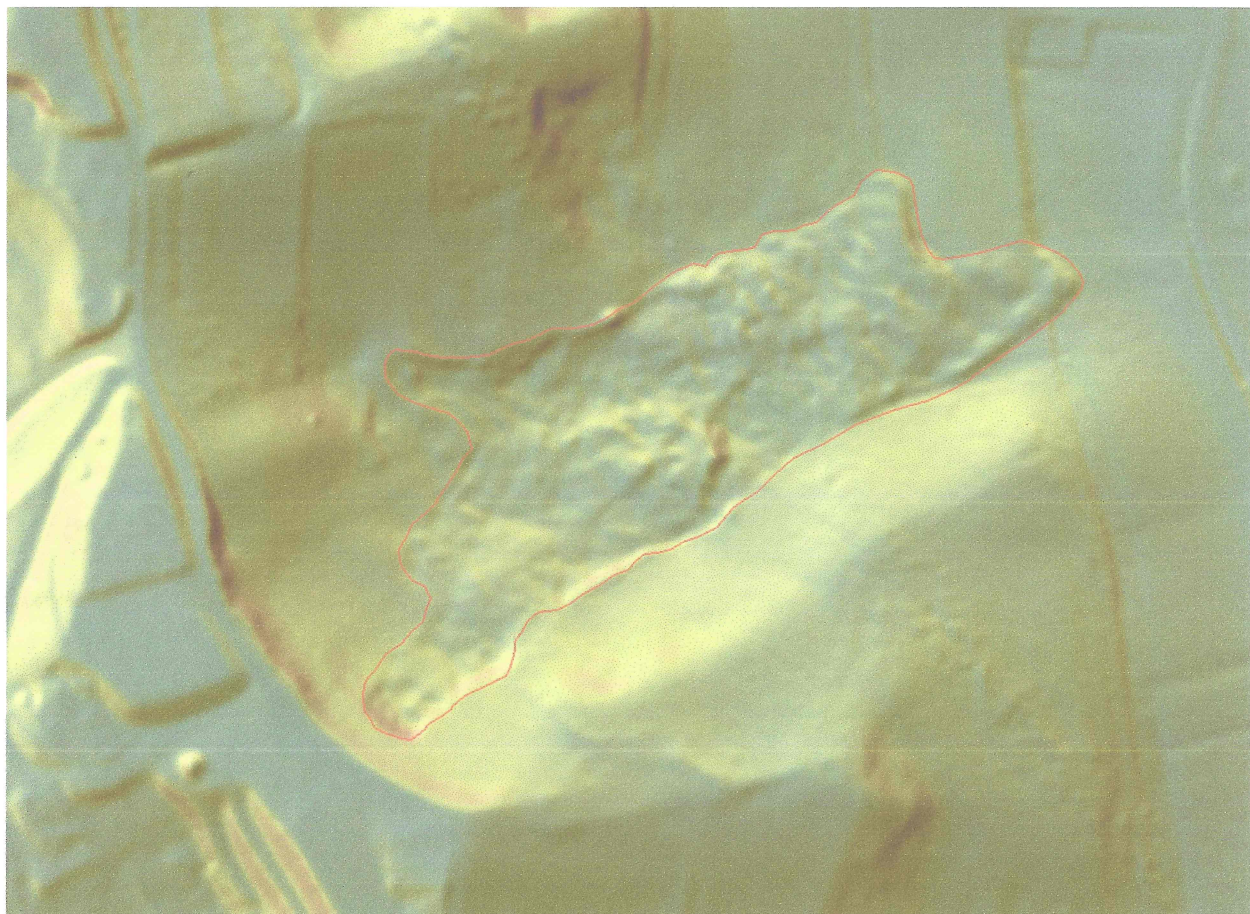


## Studija podložnosti na klizanje na prostoru Krapinsko-zagorske županije



Broj: 028/25

Predstojnik Zavoda:

Dr.sc. Kosta Urumović, dipl.ing.geol.

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT  
1 ZAGREB - Sachsova 2

Ravnateljica Instituta:

Dr.sc. Staša Borović, dipl.ing.geol.

Zagreb, lipanj 2025. godine



Naručitelj i investitor:

ZAVOD ZA PROSTORNO UREĐENJE KRAPINSKO - ZAGORSKE ŽUPANIJE  
Magistratska 1  
49 000 Krapina

Izvršitelj radova:

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT  
Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju  
Sachsova 2  
10 000 Zagreb

Sadržaj istraživanja:

Studija podložnosti na klizanje na prostoru Krapinsko-zagorske županije

Broj ugovora (HGI): 3150/24

Voditelj istraživačkih radova:

Dr.sc. Vlatko Gulam, dipl.ing.geol.

Autori:

Dr.sc. Vlatko Gulam, dipl.ing.geol.

Dr.sc. Iris Bostjančić, dipl.ing.geol.

Dr.sc. Davor Pollak, dipl.ing.geol.

Suradnici:

Dr.sc. Tihomir Frangen, dipl.ing.geol.

Dr.sc. Marina Filipović, dipl.ing.geol.

Mario Dolić

Hrvoje Burić

Nataša Pomper

## Sadržaj:

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Popis priloga .....                                                             | 5  |
| Popis kratica .....                                                             | 6  |
| Pojmovnik .....                                                                 | 7  |
| 1 UVOD .....                                                                    | 8  |
| 2 ULAZNI PODACI I METODE ISTRAŽIVANJA .....                                     | 10 |
| 2.1 Digitalni model terena deriviran iz LiDAR snimanja .....                    | 10 |
| 2.1.1 Karakteristike LiDAR snimanja i digitalnog modela terena .....            | 10 |
| 2.1.2 Primjena LiDAR podataka u izradi Studije .....                            | 10 |
| 2.1.3 Izrada katastra klizišta .....                                            | 12 |
| 2.2 Osnovna geološka karta u mjerilu 1:100.000 .....                            | 14 |
| 2.3 Katastar klizišta Zavoda za prostorno uređenje .....                        | 15 |
| 2.4 Metoda izrade Karte podložnosti na klizanje .....                           | 15 |
| 3 ANALIZA ULAZNIH PODATAKA .....                                                | 18 |
| 3.1 Katastar klizišta .....                                                     | 18 |
| 3.2 Geologija i energija reljefa .....                                          | 19 |
| 4 KARTA PODLOŽNOSTI NA KLIZANJE .....                                           | 23 |
| 4.1 Težinski faktori preduvjeta klizanja .....                                  | 23 |
| 4.2 Zoniranje podložnosti na klizanje .....                                     | 25 |
| 4.3 Prilagodba karte podložnosti na klizanje mjerilu 1:25.000 .....             | 26 |
| 4.4 Verifikacija karte podložnosti na klizanje .....                            | 27 |
| 4.5 Analiza podložnosti na klizanje na županijskoj razini .....                 | 29 |
| 4.6 Analiza podložnosti na klizanje na razini jedinica lokalne samouprave ..... | 32 |
| 4.6.1 Jedinice lokalne samouprave GRUPE 1 .....                                 | 35 |
| 4.6.1.1 Općina Zlatar Bistrica .....                                            | 36 |
| 4.6.1.2 Općina Konjščina .....                                                  | 39 |
| 4.6.1.3 Grad Oroslavje .....                                                    | 42 |
| 4.6.2 Jedinice lokalne samouprave GRUPE 2 .....                                 | 45 |
| 4.6.2.1 Grad Zabok .....                                                        | 46 |
| 4.6.2.2 Općina Stubičke Toplice .....                                           | 49 |
| 4.6.2.3 Grad Zlatar .....                                                       | 52 |
| 4.6.2.4 Općina Kraljevec na Sutli .....                                         | 55 |
| 4.6.2.5 Općina Hrašćina .....                                                   | 58 |



|          |                                                                                                                                              |                                     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 4.6.2.6  | Općina Budinščina .....                                                                                                                      | 61                                  |
| 4.6.2.7  | Općina Lobor .....                                                                                                                           | 64                                  |
| 4.6.2.8  | Općina Gornja Stubica .....                                                                                                                  | 67                                  |
| 4.6.2.9  | Općina Mihovljan.....                                                                                                                        | 70                                  |
| 4.6.2.10 | Grad Donja Stubica .....                                                                                                                     | 73                                  |
| 4.6.3    | <i>Jedinice lokalne samouprave GRUPE 3.....</i>                                                                                              | <i>76</i>                           |
| 4.6.3.1  | Općina Bedekovčina .....                                                                                                                     | 77                                  |
| 4.6.3.2  | Općina Marija Bistrica.....                                                                                                                  | 80                                  |
| 4.6.3.3  | Općina Mače.....                                                                                                                             | 83                                  |
| 4.6.3.4  | Općina Radoboj .....                                                                                                                         | 86                                  |
| 4.6.3.5  | Općina Jesenje.....                                                                                                                          | 89                                  |
| 4.6.3.6  | Općina Đurmanec .....                                                                                                                        | 92                                  |
| 4.6.3.7  | Općina Novi Golubovec.....                                                                                                                   | 95                                  |
| 4.6.3.8  | Općina Sveti Križ Začretje .....                                                                                                             | 98                                  |
| 4.6.3.9  | Općina Veliko Trgovišće .....                                                                                                                | 101                                 |
| 4.6.3.10 | Grad Krapina.....                                                                                                                            | 104                                 |
| 4.6.3.11 | Općina Zagorska Sela .....                                                                                                                   | 107                                 |
| 4.6.3.12 | Grad Pregrada .....                                                                                                                          | 110                                 |
| 4.6.3.13 | Općina Kumrovec .....                                                                                                                        | 113                                 |
| 4.6.3.14 | Općina Tuhelj.....                                                                                                                           | 116                                 |
| 4.6.3.15 | Općina Desinić.....                                                                                                                          | 119                                 |
| 4.6.3.16 | Općina Krapinske Toplice.....                                                                                                                | 122                                 |
| 4.6.3.17 | Općina Hum na Sutli .....                                                                                                                    | 125                                 |
| 4.6.3.18 | Općina Petrovsko.....                                                                                                                        | 128                                 |
| 4.6.3.19 | Grad Klanjec .....                                                                                                                           | 131                                 |
| 4.6.4    | <i>Zaključak: Od podložnosti prema riziku – orijentacijski alat za određivanje prioriteta.....</i>                                           | <i>134</i>                          |
| 5        | <b>ZAKLJUČNE PREPORUKE PRILIKOM ZAHVATA U PROSTORU NA POJEDINOJ ZONI<br/>PODLOŽNOSTI NA KLIZANJE .....</b>                                   | <b>137</b>                          |
| 5.1      |  <b>ZELENA ZONA – NISKA PODLOŽNOST NA KLIZANJE.....</b>   | <b>138</b>                          |
| 5.2      |  <b>ŽUTA ZONA – SREDNJA PODLOŽNOST NA KLIZANJE.....</b>   | <b>139</b>                          |
| 5.3      |  <b>CRVENA ZONA – VISOKA PODLOŽNOST NA KLIZANJE .....</b> | <b>140</b>                          |
| 5.4      | <b>Detaljna karta podložnosti na klizanje.....</b>                                                                                           | <b>142</b>                          |
| 6        | <b>Zaključne napomene .....</b>                                                                                                              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 7        | <b>LITERATURA .....</b>                                                                                                                      | <b>144</b>                          |

## Popis priloga

### *Karte podložnosti na klizanje*

|           |                            |
|-----------|----------------------------|
| Prilog 1  | Općina Bedekovčina         |
| Prilog 2  | Općina Budinščina          |
| Prilog 3  | Općina Desinić             |
| Prilog 4  | Grad Donja Stubica         |
| Prilog 5  | Općina Đurmanec            |
| Prilog 6  | Općina Gornja Stubica      |
| Prilog 7  | Općina Hrašćina            |
| Prilog 8  | Općina Hum na Sutli        |
| Prilog 9  | Općina Jesenje             |
| Prilog 10 | Grad Klanjec               |
| Prilog 11 | Općina Konjščina           |
| Prilog 12 | Općina Kraljevec na Sutli  |
| Prilog 13 | Grad Krapina               |
| Prilog 14 | Općina Krapinske Toplice   |
| Prilog 15 | Općina Kumrovec            |
| Prilog 16 | Općina Lobor               |
| Prilog 17 | Općina Mače                |
| Prilog 18 | Općina Marija Bistrica     |
| Prilog 19 | Općina Mihovljan           |
| Prilog 20 | Općina Novi Golubovec      |
| Prilog 21 | Grad Oroslavje             |
| Prilog 22 | Općina Petrovsko           |
| Prilog 23 | Grad Pregrada              |
| Prilog 24 | Općina Radoboj             |
| Prilog 25 | Općina Stubičke Toplice    |
| Prilog 26 | Općina Sveti Križ Začretje |
| Prilog 27 | Općina Tuhelj              |
| Prilog 28 | Općina Veliko Trgovišće    |
| Prilog 29 | Grad Zabok                 |
| Prilog 30 | Općina Zagorska Sela       |
| Prilog 31 | Grad Zlatar                |
| Prilog 32 | Općina Zlatar Bistrica     |

## Popis kratica

AUC – *Area Under Curve* (Površina ispod krivulje)

DGU – Državna geodetska uprava

DMT – Digitalni model terena

FR – *Frequency Ratio* (Omjer frekvencija)

Institut – Hrvatski geološki institut

JLS – Jedinica lokalne samouprave

KZŽ – Krapinsko-zagorska županija

LiDAR – Lasersko snimanje (iz zraka)

LiDAR-DMT – Digitalni model terena deriviran iz LiDAR snimanja

LSI – Indeks podložnosti na klizanje

OGK – Osnovna geološka karta Republike Hrvatske u mjerilu 1:100.000

ROC - *Receiver Operating Characteristic* (Krivulja operativnih karakteristika prijemnika)

Studija – Studija podložnosti na klizanje na prostoru Krapinsko-zagorske županije, 2025.

Zavod – Zavod za prostorno uređenje Krapinsko-zagorske županije

## Pojmovnik

Pojmovnikom su definirani osnovni termini koji su važni za razumijevanje ove Studije, a vezani su uz upravljanje rizicima od klizišta.

*Klizanje u širem smislu (eng. Landsliding)* je, prema najjednostavnijoj definiciji, kretanje mase stijene ili tla niz padinu pod utjecajem gravitacije (Cruden, 1991). Ovaj izraz obuhvaća čitav niz procesa na padinama, bez obzira na mehanizam gibanja ili vrstu pokrenutog materijala. Upravo zbog toga se često koristi i širi pojam – *Pokreti masa na padini (eng. Mass movement)*, pri čemu je klizanje samo jedan od tipova pokreta.

*Osnovna klasifikacija pokreta na padinama* (Varnes, 1978; Cruden & Varnes, 1996) temelji se na mehanizmu gibanja i vrsti pokrenutog materijala. Prema mehanizmu gibanja razlikuje se pet osnovnih procesa: *klizanje u užem smislu (eng. Slide)*, *tečenje (eng. Flow)*, *odronjavanje (eng. Fall)*, *prevrtanje (eng. Topple)* i *bočno razmicanje (eng. Lateral spread)*.

*Klizište u širem smislu (eng. Landslide)* je reljefni oblik nastao procesom klizanja, odnosno teren s aktivnim ili umirenim procesom klizanja.

*Utjecajni faktori (eng. Conditioning factors)* predstavljaju preduvjete za aktivaciju klizišta, a uključuju geološke i inženjerskogeološke značajke materijala, geomorfološke značajke padine te hidrogeološke karakteristike. Ovi faktori ne uzrokuju pokretanje materijala, već dovode padinu u granično stanje ravnoteže.

*Pokretači (eng. Triggering factors)* iniciraju pokretanje materijala te padinu iz graničnog stanja ravnoteže dovode u nestabilno stanje. Najčešći prirodni pokretači klizanja su intenzivne i/ili dugotrajne oborine, naglo topljenje snijega i potresi. Uz njih, često je pokretač klizanja i čovjek koji svojim intervencijama u okoliš narušava prirodnu ravnotežu padine.

*Katastar klizišta (eng. Landslide inventory)* prikazuje prvenstveno lokacije postojećih klizišta, a ukoliko su poznate, u popratnoj atributnoj tablici za njih se vežu i ostale informacije kao što su mehanizam gibanja, vrijeme aktivacije, stupanj aktivnosti, volumen pokrenute mase i dr. (Guzzetti i dr., 2012; Fell i dr., 2008).

*Zoniranje klizanja (eng. Landslide zoning)* odnosi se na izdvajanje određenog područja u homogene zone rangirane prema stupnju stvarne ili potencijalne podložnosti, hazarda ili rizika od klizanja. Prema tome, zoniranje se izvodi s ciljem izrade sljedećih predikcijskih karata (Fell i dr., 2008):

*Karta podložnosti na klizanje (eng. Landslide susceptibility map)* prikazuje prostornu vjerojatnost pojave klizanja na nekom području;

*Karta hazarda od klizanja (eng. Landslide hazard map)*, uz prostornu vjerojatnost pojave klizanja, procjenjuje i učestalost (godišnju vjerojatnost) pojave klizanje;

*Karta rizika od klizanja (eng. Landslide risk map)* dodatno prikazuje i očekivane godišnje gubitke od klizanja na nekom području, integrirajući elemente koji mogu biti pogođeni klizanjem – poput stanovništva, infrastrukture, gospodarskih objekata i okoliša.

## 1 UVOD

Studija podloţnosti na klizanje na prostoru Krapinsko-zagorske ţupanije (u daljnjem tekstu: *Studija*) izrađena je temeljem Ugovora o jednostavnoj nabavi (KLASA: 400-07/24-01/06; URBROJ: 2140-46-24-14; od 15. studenog 2024.), sklopljenog između Zavoda za prostorno uređenje Krapinsko-zagorske ţupanije (u daljnjem tekstu: *Zavod*) i Hrvatskog geološkog instituta (u daljnjem tekstu: *Institut*).

Izrada ove Studije neposredno je povezana s preporukama iz *Stručne podloge za Drţavni plan prostornog razvoja Republike Hrvatske - Kartografski podaci o klizištima u GIS-u kao tematski sloj prirodnih ograničenja vezanih uz klimatske promjene* (Mihalić Arbanas, 2019), u kojoj je Krapinsko-zagorska ţupanija (KZŹ) prepoznata kao jedno od podruĉja s najvećom podloţnošću na klizanje u Republici Hrvatskoj. Prema navedenoj podlozi, 57,6 % površine KZŹ-a klasificirano je kao podruĉje visoke, a dodatnih 19,7 % kao podruĉje niske podloţnosti na klizanje, ĉime KZŹ ima najveći relativni udio visoke podloţnosti među svim ţupanijama. Sukladno tome, KZŹ je oznaĉena kao prioritetno podruĉje za provedbu detaljnih prostornih analiza i izradu karata krupnijeg mjerila, prikladnih ţupanijskom mjerilu, koje bi sluţile kao tematski slojevi za prostorno planiranje na regionalnoj razini, a istovremeno i kao temelj za identifikaciju najugroţenijih, odnosno prioriternih podruĉja na lokalnoj razini.

Studija je izrađena u skladu s tehniĉkim specifikacijama definiranim u Projektnom zadatku (*Poziv na dostavu ponude*, KLASA: 400-07/24-01/06; URBROJ: 2140-46-24-2; od 4. rujna 2024.), s ciljem identifikacije podruĉja podloţnih klizanju i izrade kartografske podloge korisne za prostorno planiranje na ţupanijskoj razini. Glavni zadatak bio je izraditi kartu podloţnosti na klizanje u mjerilu 1:25.000 za podruĉje KZŹ-a, temeljenu na integraciji javno dostupnih prostornih podataka uz primjenu suvremenih statistiĉkih metoda za procjenu podloţnosti.

Ciljevi Studije ukljuĉuju:

- procjenu prostorne vjerojatnosti pojave klizišta na podruĉju KZŹ-a,
- zonaciju podruĉja u tri zone podloţnosti (niska, srednja i visoka),
- preporuke za prostorno planiranje i upravljanje rizicima od klizanja,
- doprinos preciznijem prostornom planiranju kroz smjernice za izradu prostornih planova jedinica lokalne samouprave (JLS-ova),
- podlogu za odreĉivanje prioriteta detaljnih geoloških istraţivanja.

Karta podloţnosti na klizanje izrađena u sklopu Studije koristi se kao orijentacijski alat u kontekstu prostornog planiranja i upravljanja rizicima, ukljuĉujući planiranje graĉevinskih zahvata i preventivne mjere zaštite prostora.

Iako je Studija izrađena u mjerilu 1:25.000, potrebno je naglasiti metodološko ograniĉenje vezano uz ulazne podatke – korištenje osnovne geološke karte Republike Hrvatske u mjerilu 1:100.000. Zbog nepostojanja geološke karte krupnijeg mjerila za ĉitavo podruĉje KZŹ-a, korištenje navedene karte predstavlja razuman kompromis između razine dostupnosti i struĉne potrebe za izradom prostorno relevantne podloge.



Poseban kvalitativni iskorak Studije ostvaruje se u činjenici da je izrađen cjelokupan katastar klizišta kao neovisna podloga za cijelo područje KZŽ-a. Time su osigurane metodološka konzistentnost, prostorna homogenost i kvantitativna pouzdanost, što je u konačnici omogućilo modeliranje podložnosti na klizanje u mjerilu 1:25.000. Ovaj korak predstavlja ključan doprinos vrijednosti i operativnoj primjenjivosti Studije.

Studija je namijenjena kao stručna podloga za:

- izradu i izmjene prostornih planova na županijskoj razini i razini JLS-ova,
- prioritizaciju detaljnih istraživanja na područjima visoke i srednje podložnosti na klizanje,
- procjenu rizika u urbanističkom i infrastrukturnom planiranju,
- informiranje javnosti i dionika o prostornoj ranjivosti od klizanja.

Ovim dokumentom po prvi put je izrađena županijska karta podložnosti na klizanje visoke prostorne rezolucije, što predstavlja značajan iskorak u razvoju učinkovitih instrumenata prostornog upravljanja i smanjenja rizika od prirodnih nepogoda u KZŽ-u.

## 2 ULAZNI PODACI I METODE ISTRAŽIVANJA

Ulazni podaci koji čine temelj za izradu Studije definirani su u dokumentu *Poziv na dostavu ponude – usluga izrade Studije podložnosti na klizanje na prostoru Krapinsko-zagorske županije (KLASA: 400-07/24-01/06, URBROJ: 2140-46-24-2, od 4. rujna 2024.)*. U navedenom dokumentu propisana je izrada Studije temeljem identifikacije, pripreme i obrade javnih prostornih podataka koji nužno uključuju:

- Digitalni model terena deriviran iz LiDAR snimanja (LiDAR-DMT),
- Osnovnu geološku kartu u mjerilu 1:100.000,
- Registar klizišta Zavoda.

Radi se o javno dostupnim podacima koji predstavljaju temelj za analizu preduvjeta klizanja, izradu karte podložnosti na klizanje i interpretaciju rezultata. Njihova primjena omogućuje transparentnost, ponovljivost i pouzdanost u znanstveno-stručnoj obradi podložnosti na klizanje.

Važno je napomenuti da su ovi podaci georeferencirani i primjenjivi unutar službenog koordinatnog sustava Republike Hrvatske (HTRS96/TM), što osigurava kompatibilnost s drugim prostornim podacima i planskom dokumentacijom.

### 2.1 Digitalni model terena deriviran iz LiDAR snimanja

LiDAR-DMT bio je ključan ulazni podatak za izradu Studije. Ovaj skup prostornih podataka dobiven je na temelju zračnog laserskog snimanja (LiDAR) koje je provela Državna geodetska uprava (DGU) u sklopu projekta *Multisenzorsko zračno snimanje Republike Hrvatske za potrebe procjene smanjenja rizika od katastrofa*. Projekt je proveden u razdoblju od 11. svibnja 2020. do 11. svibnja 2023. godine.

Institut je službeno zatražio ove podatke od DGU-a početkom 2024. godine.

#### 2.1.1 Karakteristike LiDAR snimanja i digitalnog modela terena

LiDAR snimanje provedeno je s minimalnom gustoćom od 4 točke/m<sup>2</sup> u izvan-urbanim područjima (nenaseljenim i rjeđe naseljenim mjestima) i 8 točaka/m<sup>2</sup> u urbanim područjima (gradovima i naseljima veće gustoće), kao i s minimalnom gustoćom od 4 točke/m<sup>2</sup> u područjima prekrivenim šumama. Visinska točnost izmjerenih laserskih točaka iznosi  $\pm 0,1$  m, dok je položajna točnost  $\pm 0,2$  m (Babić i dr., 2022).

Dobiveni oblak točaka klasificiran je u deset klasa, uključujući tlo/teren, nisku, srednju i visoku vegetaciju, zgrade te vodene površine. Za derivaciju DMT-a korištene su točke izdvojene u kategoriji tlo/teren, a derivirani LiDAR-DMT ima prostornu rezoluciju od 1 m.

#### 2.1.2 Primjena LiDAR podataka u izradi Studije

Visoko-rezolucijski LiDAR-DMT korišten je za izradu sljedećih derivata:

- Karte osjenčanog reljefa,
- Karte nagiba terena,

- Karte energije reljefa.

Navedeni LiDAR-DMT derivati izrađeni su s veličinom ćelije od 1 m, što omogućuje preciznu detekciju lokalnih morfoloških varijacija i njihovu korelaciju s drugim geoinformacijama.

Sve prostorne analize koje su prethodile izradi karte podložnosti na klizanje provedene su u softveru ESRI ArcGIS 10.2.

#### *Karta osjenčanog reljefa*

Karta osjenčanog reljefa izrađena je korištenjem alata *Hillshade* u dvije varijante – prva s azimutom 315° i visinom 45°, te druga s azimutom 45° i istom visinom.

Korištenje dva suprotna azimuta omogućilo je bolju prostornu percepciju terena, osobito u područjima sa složenim reljefnim karakteristikama, gdje pojedini nagibi mogu biti slabo vidljivi pri osvjetljenju iz samo jednog smjera. Takav pristup važan je u procesu vizualne interpretacije za potrebe izrade katastra klizišta, jer bi se korištenjem samo jedne podloge lako mogla previdjeti manja ili nejasno izražena klizišta, osobito ona čiji su tragovi „u sjeni“.

#### *Karta nagiba terena*

Karta nagiba terena izrađena je primjenom alata *Slope*. Ova karta prikazuje nagib terena u stupnjevima, pri čemu svaka ćelija rastera dobiva vrijednost temeljenu na promjeni nadmorske visine između susjednih ćelija. Izlazna prostorna razlučivost od 1 m omogućuje visoku detaljnost prikaza i detaljnu detekciju promjena nagiba na površini.

Karta nagiba bila je jedna od temeljnih podloga u izradi detaljnog katastra klizišta, gdje je korištena u kombinaciji s osjenčanim reljefom. Najčešće je primjenjivana kao transparentna podloga preko karte osjenčanog reljefa, čime se omogućila istovremena vizualizacija morfoloških značajki terena. Ovakav način kombinirane vizualne interpretacije pokazao se osobito korisnim pri identifikaciji granica klizišta.

#### *Karta energije reljefa*

Karta energije reljefa izrađena je korištenjem alata *Focal Statistics*. Energija reljefa definirana je kao razlika između najviše i najniže nadmorske visine unutar kružnog pomičnog prozora radijusa 125 m, čime se dobiva prostorna distribucija relativnih visinskih razlika na terenu.

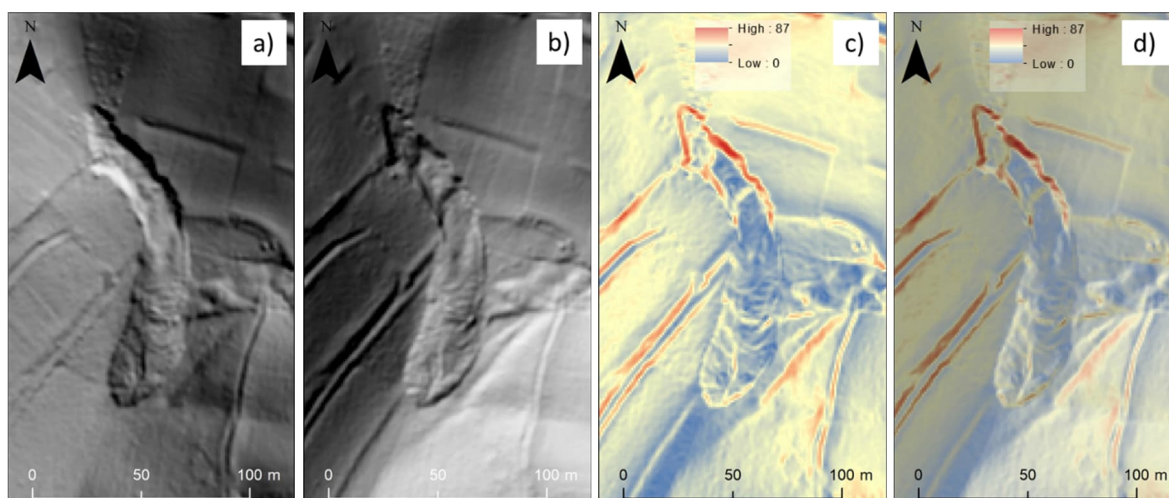
Dobiveni raster odražava intenzitet reljefnih promjena, odnosno dinamičnost terena, što je izravno povezano sa stanjem stresa stijenske mase na površini. Kao takav, ovaj pokazatelj omogućuje prepoznavanje zona u kojima su geomorfološki procesi, uključujući i klizanje, najizraženiji. Visoka rezolucija izrađene podloge omogućuje preciznu detekciju lokalnih reljefnih varijacija i njihovu korelaciju s drugim geoinformacijama.

Kao kvantitativni pokazatelj morfodinamičkog potencijala terena, karta energije reljefa predstavlja važnu dopunu klasičnim morfometrijskim analizama, a njezina integracija u prostornu analizu podložnosti na klizanje doprinosi pouzdanosti i interpretativnoj vrijednosti konačne Studije.

### 2.1.3 Izrada katastra klizišta

Primjena LiDAR tehnologije značajno je porasla tijekom posljednjeg desetljeća i postala je obećavajuća metoda za kartiranje, praćenje i modeliranje klizišta (Derron & Jaboyedoff, 2010). U kontekstu izrade katastra klizišta, mnogi autori ističu prednosti korištenja LiDAR-DMT-a u odnosu na konvencionalne metode, kao što su geomorfološko kartiranje i vizualna interpretacija stereoskopskih zračnih snimaka (npr. Van Den Eeckhaut i dr., 2007; Jaboyedoff i dr., 2012; Guzzetti i dr., 2012; Görüm, 2019). S obzirom na to da LiDAR-DMT omogućuje prikaz ogoljele površine terena (bez vegetacije i umjetnih objekata) ova je metoda osobito učinkovita za detekciju klizišta i u vegetacijski prekrivenim područjima.

Katastar klizišta u sklopu ove Studije izrađen je vizualnom interpretacijom LiDAR-DMT derivata – osjenčanog reljefa i nagiba terena (Slika 1), polazeći od jednog od osnovnih principa kartiranja klizišta – *klizišta ostavljaju karakteristične morfološke tragove koji se mogu uočiti, klasificirati i kartirati* (Guzzetti i dr., 2012). S obzirom na to da je metoda vizualne interpretacije podložna visokoj razini subjektivnosti, projektni tim Instituta razvio je pristup prilagođen mjerilu istraživanja te površini istraživanja koja je ekvivalentna jednoj županiji. Razvijeni pristup imao je za cilj smanjiti razinu subjektivnosti, uz istovremeno „pokrivanje“ cijele županije metodološki uniformnim i homogenim katastrom klizišta.



Slika 1 LiDAR-DMT derivati korišteni za izradu katastra klizišta: a) osjenčani reljef (315/45), b) osjenčani reljef (45/45), c) nagib terena, d) osjenčani reljef (315/45) preklapljen s nagibom terena (transparentnost 40 %)

U okviru ove Studije, prije samog definiranja konture poligona klizišta, jedan član projektnog tima proveo je vizualnu interpretaciju cijelog teritorija KZŽ-a u mjerilu 1:3.000, a na svaku lokaciju za koju je procijenjeno da predstavlja klizište je postavio točku. Ove točke predstavljale su početnu orijentaciju za ostale istraživače, koji su potom definirali granice poligona klizišta. Iscrtani poligoni klizišta u sebi su morali sadržavati prethodno definirane točke. Na taj je način smanjena subjektivnost, a izlazni katastar klizišta predstavlja statistički homogeniju populaciju u smislu subjektivnosti.

Granice klizišta iscrtavane su u „zaključanom“ mjerilu 1:2.000, kako bi se i na taj način smanjila subjektivnost među istraživačima, s gustoćom verteksa (lomne točke poligona) približno

svakih 8–10 m (odnosno 4–5 mm na ekranu), čime se nastojalo dobiti maksimalni broj lomnih točaka na poligonu klizišta u unaprijed zadanom mjerilu.

Uz prostorni poligon svakog klizišta, za svaku je pojavu ispunjena i atributna tablica, koja uključuje sljedeća polja:

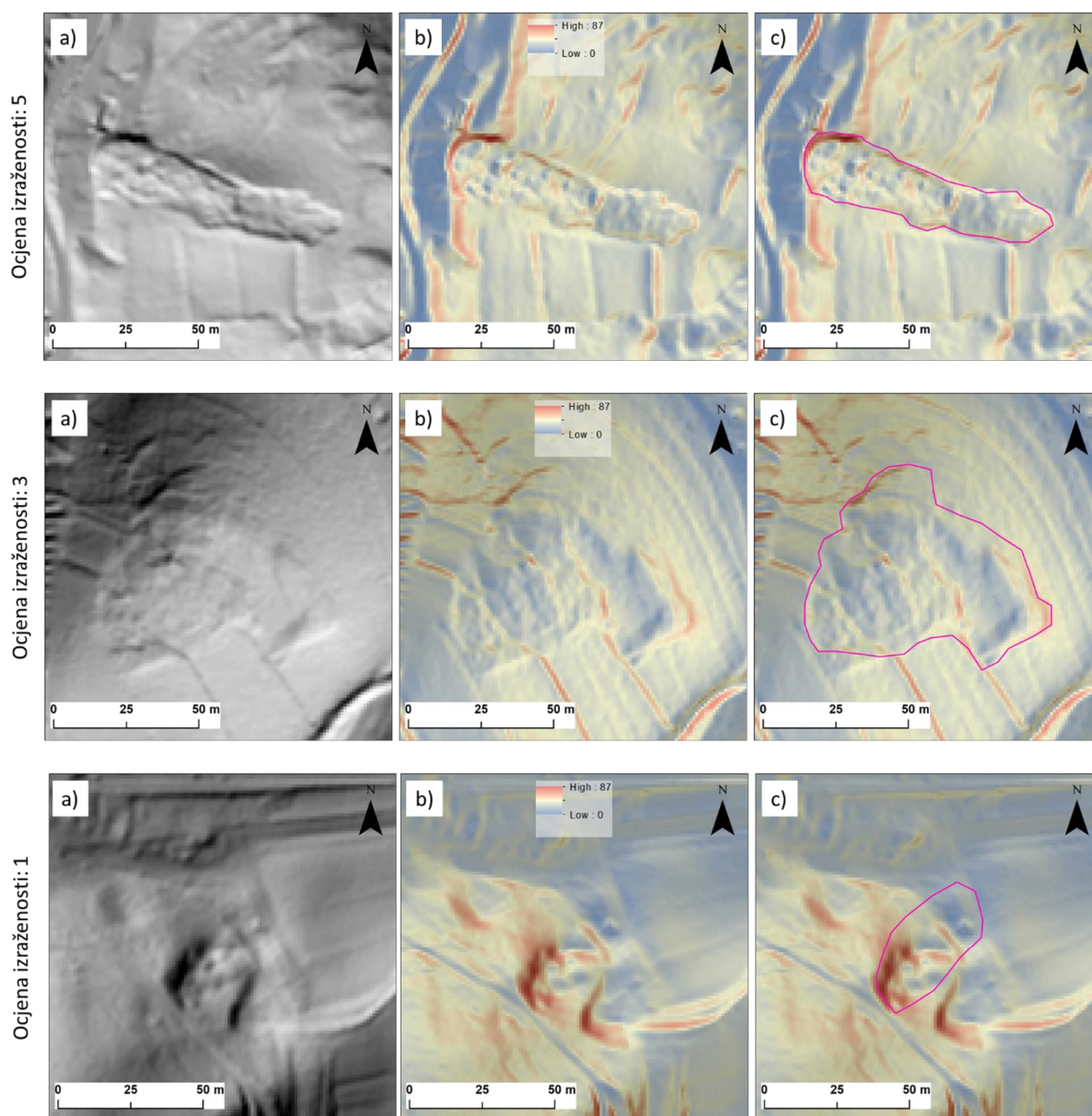
- Izraženost klizišta – ocjena izraženosti granica i značajki klizišta u rasponu od 1 do 5;
- Proces – mehanizam gibanja (npr. klizanje, tečenje);
- Katastar ispunio – osoba koja je izvršila digitalizaciju;
- Napomena – prostor za bilješke i opažanja;
- SHAPE\_Length i SHAPE\_Area – automatski izračunate vrijednosti duljine i površine;
- TxtID, GlobalID i OBJECTID – identifikacijska polja baze podataka.

Tako izrađen katastar omogućuje ne samo identifikaciju poznatih klizišta već i procjenu pouzdanosti kontura svake pojedine pojave, temeljem ocjene unutar polja *Izraženost klizišta*. Karakteristike poligona klizišta za pojedinu ocjenu izraženosti prikazane su u Tablici (Tablica 1), a primjeri odlično, dobro i vrlo slabo izraženog klizišta prikazani su na Slici (Slika 2).

Tablica 1 Kategorije izraženosti klizišta

| Ocjena | Naziv kategorije             | Opis izraženosti klizišta                                                                                                                                          |
|--------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Vrlo slabo izraženo klizište | Značajke klizišta gotovo neuočljive; granica nije jasna niti sljediva; morfologija terena u tijelu klizišta jedva primjetna.                                       |
| 2      | Slabo izraženo klizište      | Značajke su slabo uočljive; granica djelomično sljediva do 20 % ukupne duljine; morfologija terena blago razvedena.                                                |
| 3      | Dobro izraženo klizište      | Značajke klizišta su vidljive; granica djelomično oštra i jasno sljediva u rasponu od 20 do 70 % ukupne duljine; moguće uočiti glavne dijelove klizišta.           |
| 4      | Vrlo dobro izraženo klizište | Značajke klizišta su izražene; granica oštra i jasno sljedive u rasponu od 70 do 90 % ukupne duljine; dijelovi klizišta lako prepoznatljivi.                       |
| 5      | Odlično izraženo klizište    | Značajke klizišta su vrlo izražene; granica oštra i jasno sljediva preko 90 % ukupne duljine; svi dijelovi klizišta jasno uočljivi; svježa i dobro očuvana pojava. |





Slika 2 Primjer odlično (ocjena 5), dobro (ocjena 3) i vrlo slabo (ocjena 1) izraženog klizišta: a) osjenčani reljef, b) osjenčani reljef preklapljen s nagibom terena (transparentnost 40 %), c) kontura klizišta

## 2.2 Osnovna geološka karta u mjerilu 1:100.000

Osnovna geološka karta Republike Hrvatske (OGK) predstavlja ključni izvor informacija o geološkim značajkama terena i kao takva predstavlja nezaobilaznu ulaznu podlogu u procesu izrade karte podložnosti na klizanje za područje KŽŽ-a. Sve osnovne geološke karte na teritoriju Republike Hrvatske izrađivane su u razdoblju od 1960. do 1990. godine, u okviru velike državne geološke kartografije bivše SFR Jugoslavije. Taj se opsežan projekt odvijao pod stručnim vodstvom Saveznog geološkog zavoda u Beogradu, a u suradnji s republičkim geološkim institutima, uključujući i današnji Institut u Zagrebu (Pikija i Halamić, 2009).

Karte su publicirane u mjerilu 1:100.000, a temelje se na opsežnim terenskim radovima, kartiranju i geološkim analizama koje su provedene u skladu s tadašnjim znanstvenim



standardima. Iako izrađene u prošlom stoljeću, OGK i danas predstavlja najpouzdaniju i najcjelovitiju javno dostupnu geološku podlogu na državnoj razini.

Područje KZŽ-a obuhvaćeno je s četiri lista OGK-a:

- list VARAŽDIN (Šimunić i dr., 1982) s pripadajućim Tumačem (Šimunić i dr., 1981),
- list ROGATEC (Aničić & Juriša, 1984) s pripadajućim Tumačem (Aničić & Juriša, 1985),
- list IVANIĆ GRAD (Basch, 1981) s pripadajućim Tumačem (Basch, 1983),
- list ZAGREB (Šikić i dr., 1977) s pripadajućim Tumačem (Šikić i dr., 1979).

Analizom kartografske pokrivenosti, najveći dio teritorija KZŽ-a pripada listu ROGATEC ( $\approx 547$  km<sup>2</sup>), slijede listovi VARAŽDIN ( $\approx 317$  km<sup>2</sup>), ZAGREB ( $\approx 97$  km<sup>2</sup>) i IVANIĆ GRAD ( $\approx 71$  km<sup>2</sup>). Ukupna površina svih listova koji obuhvaćaju KZŽ iznosi 1.229 km<sup>2</sup>.

Vektorizirani geološki podaci iz svih navedenih listova prethodno su objedinjeni i tehnički usklađeni u sklopu projekta *Rudarsko-geološka studija Krapinsko-zagorske županije* (Dedić i dr., 2015). Time je izrađena jedinstvena i funkcionalna geološka podloga, prikladna za provođenje prostornih analiza u okviru ove Studije.

### **2.3 Registar klizišta Zavoda za prostorno uređenje**

U Zavodu se kontinuirano ažuriraju podaci o klizištima na prostoru KZŽ-a, a predstavljeni su registrom klizišta koji sadrži podatke o lokaciji i vremenu nastanka/sanacije/ponovne aktivacije klizišta te podatke o postojanju/nepostojanju tehničke dokumentacije i izrađivaču/posjedniku tehničke dokumentacije za sanaciju klizišta, a za 434 lokacije. Registar klizišta Zavoda kreiran je temeljem podataka prikupljenih slanjem upita Hrvatskim cestama, Županijskoj upravi za ceste KZŽ-a i JLS-ovima te objavom Upitnika na mrežnim stranicama Županije i Zavoda u tijeku izrade predmetne Studije.

Ovi podaci poslužili su kao jedan od skupova za verifikaciju karte podložnosti na klizanje.

### **2.4 Metoda izrade Karte podložnosti na klizanje**

Karta podložnosti na klizanje za područje KZŽ-a u mjerilu 1:25.000 izrađena je primjenom statističke metode *Frequency Ratio (FR)* uz korištenje prostornih alata unutar softverskog paketa ArcGIS 10.2.

Općenito, osnovno načelo na kojem se temelji izrada karata podložnosti na klizanje glasi: „*Prošlost i sadašnjost su ključ za budućnost*“ (Varnes & IAEG, 1984). To podrazumijeva da se prostorna predikcija budućih klizišta temelji na determiniranju područja koja dijele iste ili slične karakteristike utjecajnih faktora (kao što su geološke, geomorfološke i hidrogeološke karakteristike) s onima na kojima su se klizišta već dogodila. Na toj osnovi razvijene su različite metode za procjenu podložnosti na klizanje, koje na različite načine određuju vezu između evidentiranih klizišta i utjecajnih faktora.

Za primjenu statističkih metoda, katastar klizišta je neophodan, jer se upravo on koristi kao zavisna varijabla te se kombinira s kartama utjecajnih faktora koje predstavljaju preduvjete klizanja, a tretiraju se kao nezavisne varijable. Na temelju njihovog prostornog preklapanja

izračunavaju se težinski faktori za svaku klasu pojedinog faktora, čime se kvantificira doprinos svake klase faktora podložnosti na klizanje.

FR metoda, koja je korištena u sklopu ove Studije, jedna je od najčešće primjenjivanih bivarijantnih statističkih metoda u procjeni podložnosti na klizanje (Barman i dr., 2020; Shano i dr., 2020). Prema Lee & Talib (2005), omjer frekvencija ( $FR_i$ ) računa se za svaku klasu pojedinog faktora kao omjer postotka površine klizišta unutar te klase i postotka površine koju ta klasa zauzima na ukupnom području istraživanja (Jednadžba 1).

$$FR_i = \frac{\frac{AL_i}{AL_T}}{\frac{A_i}{A_T}}, \quad (\text{Jednadžba 1})$$

gdje je:

$AL_i$  – površina klizišta unutar klase faktora  $i$ ,  $AL_T$  – ukupna površina klizišta na istraživanom području,  $A_i$  – površina klase faktora,  $A_T$  – ukupna površina istraživanog područja

Doprinos svakog pojedinog faktora ukupnoj podložnosti na klizanje dodatno je vrednovan pomoću *Prediction rate* ( $PR_j$ ), prema sljedećoj jednadžbi (Jednadžba 2):

$$PR_j = \frac{(\max RF_i - \min RF_i)}{(\max RF_i - \min RF_i)_{\min}}, \quad (\text{Jednadžba 2})$$

gdje je:

$\max RF_i$  – maksimalni relativni omjer frekvencija klase faktora  $i$ ,  $\min RF_i$  – minimalni relativni omjer frekvencija klase faktora  $i$ ,  $(\max RF_i - \min RF_i)_{\min}$  – minimalna razlika maksimalnog i minimalnog omjera frekvencija svih faktora.

Relativni omjer frekvencija pomnožen sa 100 i izražen u *integer* obliku ( $RF(\text{int})$ ) i  $PR$  vrijednosti čine ulazne podatke za izračun indeksa podložnosti na klizanje ( $LSI$ ) (Jednadžba 3), pri čemu veća  $LSI$  vrijednost ukazuje na veću podložnost.

$$LSI = \sum (RF(\text{int})_i * PR_j), \quad (\text{Jednadžba 3})$$

Katastar klizišta koji je izrađen u sklopu ove Studije vizualnom interpretacijom iz visoko-rezolucijskog LiDAR-DMT-a predstavljao je zavisnu varijablu. Prema ocjeni izraženosti klizišta, katastar je podijeljen na dva skupa podataka:

- trening skup s klizištima ocjene  $\geq 3$ , korišten za izradu modela podložnosti na klizanje;
- testni skup s klizištima ocjene 1 i 2, korišten za verifikaciju modela.

Kao utjecajni faktori analizirani su:

- Osnovna geološka karta, pri čemu su kao klase zadržane sve definirane geološke jedinice bez dodatnog generaliziranja;
- Karta energije reljefa, klasificirana u 7 klasa metodom *Natural Breaks*.

Obje faktorske karte transformirane su u raster veličine ćelije  $1 \times 1$  m. Upravo je ovako definirana pravilna ćelija korištena i kao jedinica za kartiranje podložnosti na klizanje. To znači

da je za svaku ćeliju rastera veličine 1\*1 m izračunata LSI vrijednost. Kako bi se područje KZŽ-a prikazalo zonama iste ili slične podložnosti, LSI je klasificiran temeljem njegovog odnosa s kumulativnom površinom klizišta (koristeći trening skup klizišta ocjene  $\geq 3$ ). Na taj način područje je zonirano u tri zone podložnosti na klizanje:

- zonu niske podložnosti na klizanje (zelena boja),
- zonu srednje podložnosti na klizanje (žuta boja),
- zonu visoke podložnosti na klizanje (crvena boja).

U konačnici, karta podložnosti na klizanje prilagođena je izlaznom mjerilu 1:25.000. Veličina ćelije rastera povećana je na 15 m, u skladu s pravilom kartografske generalizacije prema kojem prostorna razlučivost mora biti proporcionalna mjerilu karte (Tobler, 1987). Osim toga, kako bi zone podložnosti bile što cjelovitije i homogenije, provedena je prostorna generalizacija primjenom alata *Focal statistics*.

Točnost modela podložnosti na klizanje procijenjena je analizom krivulje operativnih karakteristika prijemnika (eng. *Receiver Operating Characteristic – ROC*) i površine ispod krivulje (eng. *Area Under Curve – AUC*), odvojeno za trening i testni skup podataka. Trening skup (klizišta ocjene  $\geq 3$ ) poslužio je za procjenu uspješnosti modela (eng. *Success rate*), dok je testni skup (klizišta ocjene 1 i 2) korišten za ocjenu točnosti predikcije (eng. *Prediction rate*). ROC krivulja grafički prikazuje sposobnost modela da razlikuje pozitivne i negativne slučajeve, odnosno područja s i bez klizišta, na temelju odnosa između udjela točno pozitivnih (osjetljivost) i lažno pozitivnih rezultata (1-specifičnost) za različite pragove klasifikacije. AUC vrijednost kvantificira diskriminacijsku sposobnost modela i njezine se vrijednosti interpretiraju na sljedeći način: AUC = 0.5: bez diskriminacije (nasumična predikcija), AUC = 0.7–0.8: prihvatljiva diskriminacija, AUC = 0.8–0.9: izvrsna, AUC  $\geq 0.9$ : izvanredna diskriminacija.

Konačna karta podložnosti na klizanje verificirana je LiDAR-katastrom klizišta KZŽ-a, ali i ostalim dostupnim podacima o klizištima na području KZŽ-a – katastrom klizišta deriviranom iz geoloških karata različitih mjerila, te podacima iz registra klizišta Zavoda. Klizišta u spomenutim katastrima prikazana su ili kao poligoni ili kao točke. Zbog mogućnosti usporedbe rezultata verifikacije, za potrebe verifikacije sva su klizišta prikazana kao točkasti podaci. Kao mjera verifikacije korišten je indeks relativne gustoće klizišta (RLDI), koji se, prema Jednadžbi 4, definira kao omjer gustoće klizišta unutar određene klase podložnosti i ukupne gustoće u svim klasama, izražen u postocima (Baeza i Corominas, 2001):

$$RLDI = \frac{\left(\frac{n_i}{N_i}\right)}{\sum \left(\frac{n_i}{N_i}\right)} * 100, \quad (\text{Jednadžba 4})$$

gdje je:

$n_i$  – broj klizišta unutar određene zone podložnosti,  $N_i$  – površina koju zauzimaju ćelije te zone.

### 3 ANALIZA ULAZNIH PODATAKA

U ovom poglavlju prikazana je analiza temeljnih ulaznih podloga koje čine osnovu za izradu karte podločnosti na klizanje na prostoru KZŽ-a. Riječ je o tri ključna skupa podataka – katastru klizišta, geološkoj građi prostora i energiji reljefa. S obzirom na njihovu važnu ulogu u modeliranju podločnosti, sve podloge su ovdje preliminarno analizirane i interpretirane kako bi se dobio uvid u prostornu distribuciju elemenata koji najviše utječu na procese klizanja.

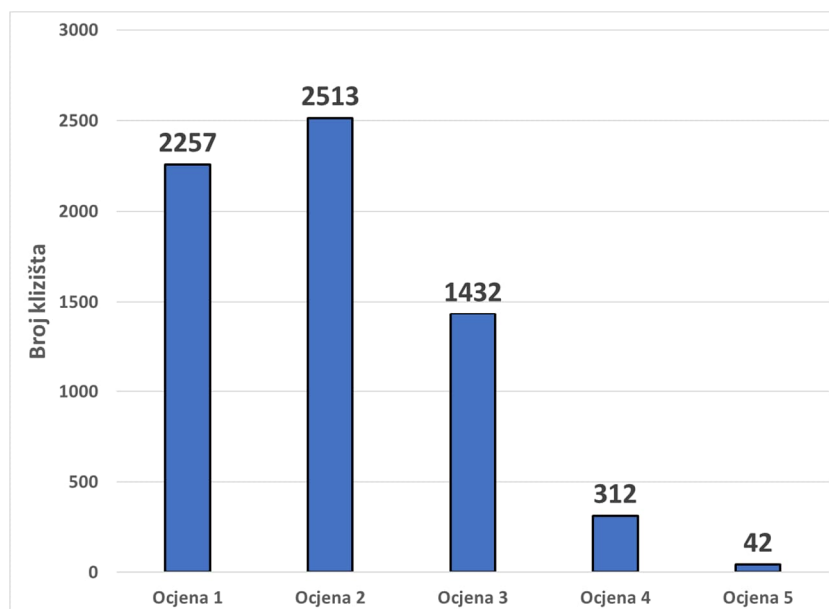
Cilj ove preliminarne analize nije izravna kategorizacija podločnosti, već razumijevanje prostorne interakcije između prirodnih čimbenika i dosadašnjih pojava klizanja. Time se omogućuje stvaranje osnovnog dojma o tome koji će dijelovi svake podloge imati najznačajniji utjecaj na konačni kartografski prikaz podločnosti.

#### 3.1 Katastar klizišta

##### *Broj klizišta*

Metodom vizualne interpretacije LiDAR-DMT derivata na prostoru KZŽ-a izdvojeno je ukupno 6.556 klizišta. Ukupna površina klizišta iznosi oko 22,04 km<sup>2</sup>, što predstavlja 1,79 % ukupne površine KZŽ-a.

Prosječna ocjena izraženosti klizišta na razini cijele KZŽ iznosi 0,99, što ukazuje na činjenicu da je većina klizišta slabije izražena. To zorno prikazuje i histogram na slici (Slika 3), s najvećim udjelom vrlo slabo (ocjena 1) i slabo izraženih (ocjena 2) klizišta, koji čini više od 72 %. Vrlo dobro (ocjena 4) i odlično izražena (ocjena 5) klizišta predstavljena su udjelom tek nešto većim od 5 %.



Slika 3 Distribucija klizišta prema kategoriji izraženosti klizišta na području Krapinsko-zagorske županije

### Površina klizišta

Prema površini, klizišta KZŽ-a dominantno pripadaju kategoriji srednje velikih klizišta, s preko 94 % ukupnog broja klizišta, dok u kategoriju malih klizišta spada tek nešto više od 5 % ukupnog broja klizišta. Distribucija klizišta prema površini prikazana je u sljedećoj tablici (Tablica 2).

Tablica 2 Distribucija klizišta prema kategoriji površine klizišta na području Krapinsko-zagorske županije (kategorije su definirane prema McColl & Cook, 2024)

| Kategorija površine klizišta            | Naziv kategorije        | Broj klizišta |
|-----------------------------------------|-------------------------|---------------|
| do 1 m <sup>2</sup>                     | Vrlo mala klizišta      | 0             |
| od 1 do 500 m <sup>2</sup>              | Mala klizišta           | 340           |
| od 500 do 100 000 m <sup>2</sup>        | Srednje velika klizišta | 6215          |
| od 100 000 do 10 000 000 m <sup>2</sup> | Velika klizišta         | 3             |

## 3.2 Geologija i energija reljefa

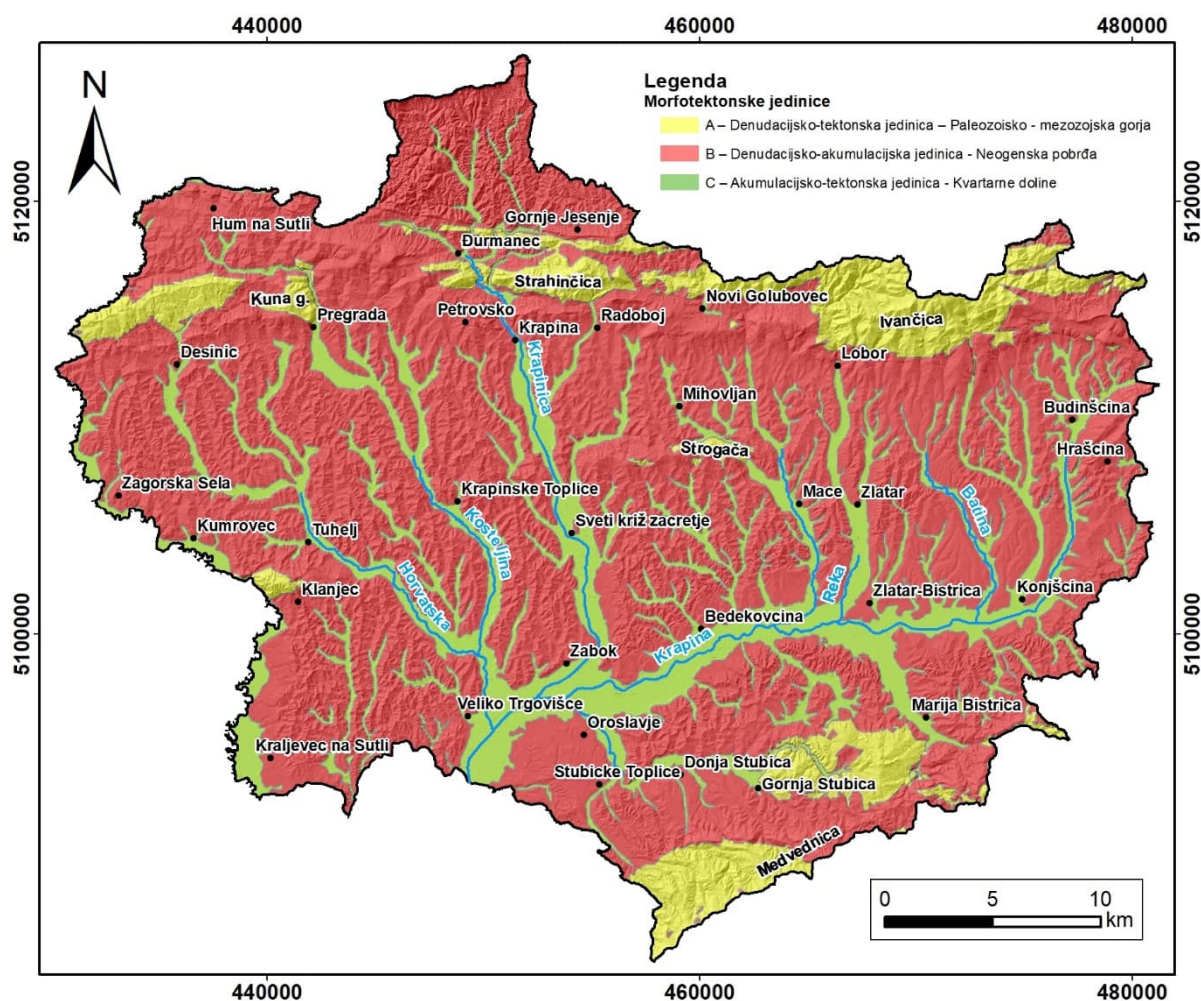
Prostor KZŽ-a, smješten unutar sjeverozapadnog dijela Hrvatske, geološki je iznimno raznolik i kompleksan. U svrhu analize podložnosti na klizanje, geološka karta u mjerilu 1:100.000 interpretirana je kroz podjelu na tri regionalne morfotektonske jedinice, sukladno morfostrukturnoj i geodinamičkoj raznolikosti terena. Ovakva kategorizacija slijedi pristup predstavljen u znanstvenoj literaturi (Bognar, 1996; Gulam i dr., 2025) i omogućuje jasno razumijevanje odnosa između litoloških značajki, egzogenetskih i endogenetskih procesa koji utječu na aktivaciju klizišta.

U tom smislu moguće je definirati sljedeće morfotektonske jedinice na prostoru KZŽ-a:

- A – Denudacijsko-tektonska jedinica – Paleozojsko - mezozojska gorja;
- B – Denudacijsko-akumulacijska jedinica - Neogenska pobrđa;
- C – Akumulacijsko-tektonska jedinica - Kvartarne doline.

Distribuciju gore navedenih morfotektonskih jedinica prikazuje karta na slici (Slika 4).





Slika 4 Morfotektonske jedinice na području Krapinsko-zagorske županije

#### A – Denudacijsko-tektonska jedinica

Denudacijsko-tektonska jedinica obuhvaća hipsometrijski najizraženija područja KZŽ-a, uglavnom izgrađena u najvećoj mjeri od mezozojskih te podređeno paleozojskih čvršćih geoloških jedinica. Prostorno, ova područja su vezana uz gore: Ivanščicu (1060 m.n.m.) i Strahinjšćicu (846 m.n.m.) na sjeveru i sjeveroistoku, Kuna goru (521 m.n.m.) i Sunčanu goru (484,5 m.n.m.) na sjeverozapadu, Cesarsko brdo (509 m.n.m.) na zapadu, Medvednicu (1033 m.n.m.) na jugu te Strogaču (411 m.n.m.) u samom središtu KZŽ-a.

Litološki je ova morfotektonska jedinica građena uglavnom od čvrstih karbonatnih, klastičnih, metamorfinih, vulkanskih i vulkanogeno-sedimentnih stijena paleozojske i mezozojske starosti (dominiraju vapnenci, dolomiti, dolomitna breča, dijabazi, spiliti, rožnjaci, pješčenjaci, šejlovi), u kojima se rijetko očekuje pojava većih klizišta zbog visoke čvrstoće stijenke mase. Uz visoku čvrstoću, litološke članove ove morfotekstnoske jedinice karakterizira i relativno visoka postojanost (otpornost prema procesima mehaničkog trošenja), zbog čega se na ovim jedinicama najčešće ne formiraju deblji površinski slojevi regolita, a ako se i formiraju bivaju „isprani“ erozijskim procesima zbog visoke energije reljefa.



Jedinica se prostire na 126,9 km<sup>2</sup> što čini približno 10 % površine KZŽ-a. Kvantitativna analiza potvrđuje ove geološko-morfotektonske pretpostavke o očekivano malom broju klizišta, usprkos najvišoj prosječnoj energiji reljefa među razmatranim morfotektonskim jedinicama – od 94,0 m. Unutar ove jedinice registrirano je samo 264 klizišta na ukupno 1,96 km<sup>2</sup>, što čini 0,16 % ukupne površine KZŽ-a. Ovi podaci potvrđuju da se klizišta u ovoj jedinici javljaju lokalno i rijetko, unatoč izraženoj reljefnom potencijalu.

#### *B – Denudacijsko-akumulacijska jedinica*

Denudacijsko-akumulacijska jedinica prostorno je dominantna te obuhvaća miocenska pobrđa i blago-valovite terene koji čine prijelaz između gorskih zona i riječnih dolina. U ovoj jedinici prevladavaju slabo konsolidirani klastiti i piroklastiti neogenske starosti (najčešće sarmata, panona i ponta), koji u kombinaciji s naglašenom reljefnom energijom i zasićenošću vodom predstavljaju najizraženiji predisponirajući čimbenik za pojavu klizišta.

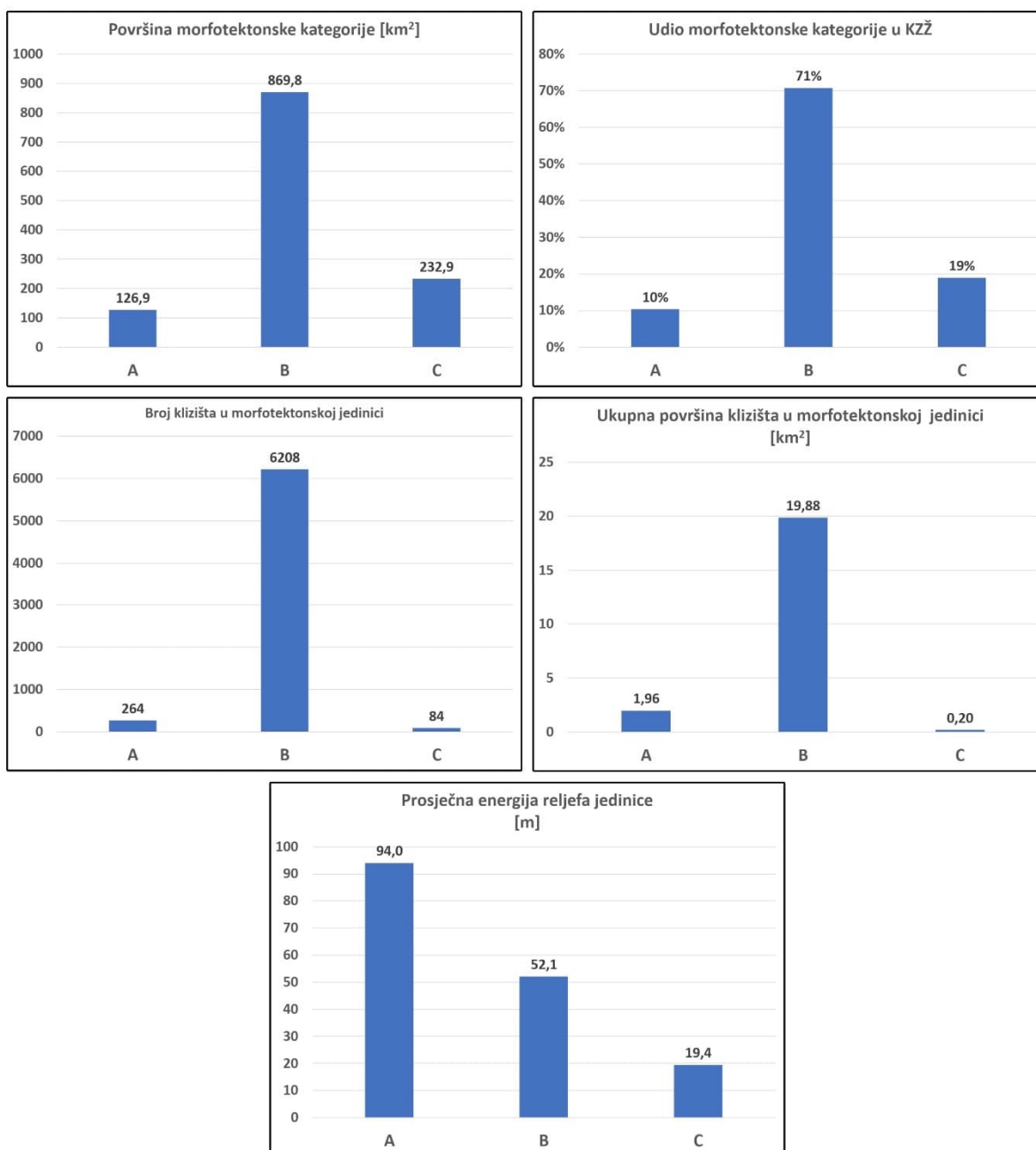
Jedinica se prostire na 869,8 km<sup>2</sup> što čini približno 71 % površine KZŽ-a. Ova jedinica sadrži čak 6.208 registriranih klizišta, čija ukupna površina iznosi 19,88 km<sup>2</sup>, odnosno 1,62 % površine KZŽ-a. Prosječna energija reljefa iznosi 52,1 m. Sukladno tomu, upravo je jedinica B u preliminarnim razmatranjima naznačena kao najpodložnija na klizanje.

#### *C – Akumulacijsko-tektonska jedinica*

Akumulacijsko-tektonska jedinica uključuje najniže reljefne dijelove KZŽ-a – doline rijeka Krapine i Sutle te njezinih pritoka Selnice, Batine, Reke, Velike reke, Krapinice, Pačetine, Kosteljine, Horvatske te Bistrice. Te doline prekrivene su aluvijalnim – riječnim kvartarnim sedimentima (šljunak, pijesak, prah i glina u različitim omjerima) koje same po sebi imaju nisku otpornost na klizanje, no niska reljefna energija i gotovo horizontalna morfologija ograničavaju pojavu klizišta, osim u slučajevima izrazite erozije riječnih obala.

Jedinica se prostire na 232,9 km<sup>2</sup> što čini približno 19 % površine KZŽ-a. Jedinicu karakterizira prosječna energija reljefa od svega 19,4 m. Unatoč tome, u geomehaničkom smislu, u slaboj litološkoj cjelini, broj zabilježenih klizišta iznosi tek 84. Izdvojena klizišta pokrivaju ukupnu površinu od 0,20 km<sup>2</sup>, što čini zanemarivih 0,02 % ukupnog prostora KZŽ-a.

Svi ključni podaci koji se odnose na površinu, brojnost i prostorni udio klizišta, kao i prosječnu energiju reljefa unutar tri definirane morfotektonske jedinice, sažeto su prikazani na sljedećem grafikonu (Slika 5).



Slika 5 Usporedba morforektonskih jedinica na području Krapinsko-zagorske županije prema površini, pojavi klizišta i energiji reljefa

## 4 KARTA PODLOŽNOSTI NA KLIZANJE

Cilj ovog dijela Studije nije samo izrada karte, već stvaranje pouzdanog alata za razumijevanje i predviđanje ponašanja prostora u uvjetima podložnim klizanju. Korišteni pristup temelji se na statističkom modeliranju, koje omogućuje objektivnu procjenu, a uvažena je i potreba za prilagodbom karte operativnoj primjeni – kako prostorno tako i u smislu čitljivosti podataka. Poglavlje obuhvaća ključne faze: određivanje težinskih faktora, izračun i klasifikaciju indeksa podložnosti, prilagodbu mjerilu, te završnu verifikaciju. Karta podložnosti na klizanje prikazana je u mjerilu 1:25.000 na 32 priloga, zasebno po pojedinom JLS-u unutar KŽŽ-a.

### 4.1 Težinski faktori preduvjeta klizanja

Rezultati FR metode, korištene za kvantitativno rangiranje klasa svakog utjecajnog faktora u odnosu na podložnost na klizanje, prikazani su u Tablicama (Tablica 3 i Tablica 4). Klase faktora s FR vrijednostima većim od 1 definirane su kao najpovoljnije za pojavu klizišta.

U pogledu energije reljefa (Tablica 3), klase 4, 5 i 3 imaju najviše FR vrijednosti – 2,41, 1,18 i 1,15. Unutar tih klasa nalazi se čak 88 % ukupne površine klizišta. Najniže FR vrijednosti imaju klase 1 i 7 – 0,01 i 0,03, a unutar te dvije klase sa samo 0,20 % ukupne površine klizišta, klizišta gotovo nisu prisutna. Unutar klase 2 nalazi se nešto više od 10 % ukupne površine klizišta, gotovo jednako kao i unutar klase 5. Ipak FR vrijednost klase 2 iznosi 0,48, što je mnogo niže od klase 5, a razlog tomu je površina ove klase koja iznosi preko 20 % ukupne površine KŽŽ-a.

Tablica 3 Izračun težinskih faktora za pojedine klase energije reljefa

| R. br. | Energija reljefa (m) | Površina klizišta (%) | Površina klase (%) | FR   | RF   | RF*100 | RF(int) | RF(int) * PR <sup>1</sup> |
|--------|----------------------|-----------------------|--------------------|------|------|--------|---------|---------------------------|
| 1      | 0-20                 | 0,15                  | 17,14              | 0,01 | 0,00 | 0,16   | 0       | 0,00                      |
| 2      | 21-40                | 10,30                 | 21,60              | 0,48 | 0,09 | 8,74   | 9       | 29,66                     |
| 3      | 41-57                | 30,14                 | 26,30              | 1,15 | 0,21 | 21,00  | 21      | 69,20                     |
| 4      | 58-76                | 48,08                 | 19,98              | 2,41 | 0,44 | 44,09  | 44      | 145,00                    |
| 5      | 77-100               | 10,32                 | 8,78               | 1,18 | 0,22 | 21,54  | 22      | 72,50                     |
| 6      | 101-133              | 0,96                  | 4,47               | 0,21 | 0,04 | 3,94   | 4       | 13,18                     |
| 7      | 134-238              | 0,05                  | 1,73               | 0,03 | 0,01 | 0,52   | 1       | 3,30                      |

<sup>1</sup>PR = 3,295

Što se tiče geoloških značajki (Tablica 4), FR vrijednosti veće od 1 ima osam geoloških jedinica, unutar kojih se nalazi 87 % ukupne površine klizišta. Ipak, najveća površina klizišta vezana je za samo dvije geološke jedinice – M<sub>7</sub> i M<sub>6</sub>, koje unutar svojih gotovo 45 % ukupne površine Županije sadrže oko 65 % ukupne površine klizišta. Unutar jedinica M<sub>2</sub>, Ol,M i P<sub>1</sub>? nalazi se manje od 1 % ukupne površine klizišta, ali upravo i zbog njihove vrlo male prostorne pokrivenosti od 0,74 % ukupne površine, FR vrijednost prelazi 1. Za čak 13 geoloških jedinica FR vrijednost jednaka je nuli, odnosno unutar tih jedinica nije zabilježena pojava klizanja. Ipak, potrebno je napomenuti kako se ove jedinice prostiru na vrlo maloj površini, koja je za svaku

ovu jedinicu manja od 1 % ukupne površine, osim za jedinicu T<sub>2</sub> (karbonatne i eruptivne stijene) koja zauzima 1,47 % ukupne površine KZZ-a.

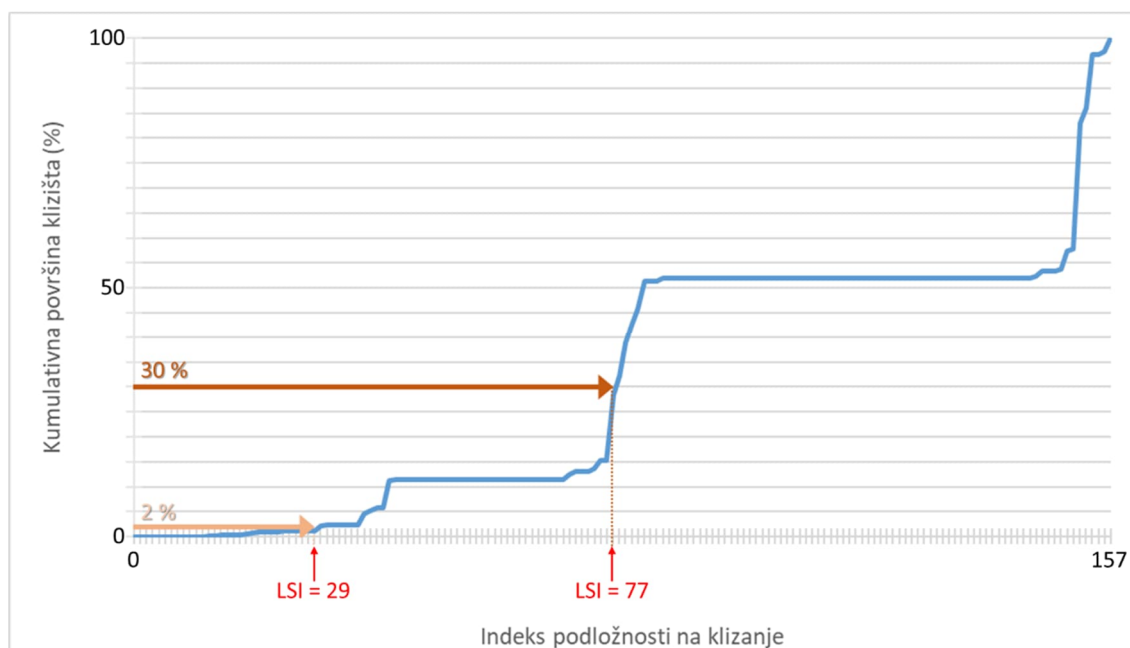
Tablica 4 Izračun težinskih faktora za pojedine geološke jedinice

| R. br. | Geološka jedinica                      | Površina klizišta (%) | Površina klase (%) | FR   | RF   | RF*100 | RF(int) | RF(int) * PR <sup>2</sup> |
|--------|----------------------------------------|-----------------------|--------------------|------|------|--------|---------|---------------------------|
| 1      | Q <sub>2</sub> -al                     | 1,87                  | 18,94              | 0,10 | 0,01 | 0,59   | 1       | 1,00                      |
| 2      | Q <sub>2</sub> -d                      | 0,03                  | 0,17               | 0,19 | 0,01 | 1,14   | 1       | 1,00                      |
| 3      | Q <sub>2</sub> -l                      | 0,38                  | 3,13               | 0,12 | 0,01 | 0,72   | 1       | 1,00                      |
| 4      | Pl,Q                                   | 8,35                  | 4,28               | 1,95 | 0,12 | 11,66  | 12      | 12,00                     |
| 5      | M <sub>7</sub>                         | 43,95                 | 31,20              | 1,41 | 0,08 | 8,41   | 8       | 8,00                      |
| 6      | M <sub>6</sub>                         | 20,55                 | 12,83              | 1,60 | 0,10 | 9,57   | 10      | 10,00                     |
| 7      | M <sub>5</sub>                         | 6,25                  | 2,80               | 2,23 | 0,13 | 13,33  | 13      | 13,00                     |
| 8      | Theta(M <sub>2,3</sub> )               | 0,00                  | 0,03               | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0       | 0,00                      |
| 9      | M <sub>4</sub>                         | 7,16                  | 7,24               | 0,99 | 0,06 | 5,91   | 6       | 6,00                      |
| 10     | M <sub>2,3</sub>                       | 0,11                  | 0,31               | 0,36 | 0,02 | 2,17   | 2       | 2,00                      |
| 11     | Theta(M <sub>2</sub> )                 | 0,11                  | 0,10               | 1,12 | 0,07 | 6,66   | 7       | 7,00                      |
| 12     | M <sub>1,2</sub>                       | 1,40                  | 4,04               | 0,35 | 0,02 | 2,08   | 2       | 2,00                      |
| 13     | Theta(Ol,M)                            | 0,29                  | 0,15               | 1,90 | 0,11 | 11,34  | 11      | 11,00                     |
| 14     | OM                                     | 7,08                  | 4,45               | 1,59 | 0,09 | 9,50   | 9       | 9,00                      |
| 15     | Ol <sub>2</sub>                        | 0,00                  | 0,00               | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0       | 0,00                      |
| 16     | Pc                                     | 0,00                  | 0,02               | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0       | 0,00                      |
| 17     | K <sub>1,2</sub>                       | 0,19                  | 2,64               | 0,07 | 0,00 | 0,42   | 0       | 0,00                      |
| 18     | ββ(K <sub>2</sub> )                    | 0,00                  | 0,74               | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0       | 0,00                      |
| 19     | J,K                                    | 0,00                  | 0,14               | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0       | 0,00                      |
| 20     | J <sub>1</sub>                         | 0,00                  | 0,00               | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0       | 0,00                      |
| 21     | T <sub>1</sub> J                       | 0,00                  | 0,01               | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0       | 0,00                      |
| 22     | T <sub>3</sub>                         | 0,00                  | 0,92               | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0       | 0,00                      |
| 23     | T <sub>2,3</sub>                       | 0,00                  | 0,20               | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0       | 0,00                      |
| 24     | T <sub>2</sub> (klastiti)              | 0,98                  | 1,25               | 0,79 | 0,05 | 4,70   | 5       | 5,00                      |
| 25     | T <sub>2</sub> (karbonat)              | 0,63                  | 1,71               | 0,37 | 0,02 | 2,19   | 2       | 2,00                      |
| 26     | T <sub>2</sub> (eruptivci)             | 0,04                  | 0,12               | 0,29 | 0,02 | 1,75   | 2       | 2,00                      |
| 27     | T <sub>2</sub> (karbonati i eruptivci) | 0,01                  | 1,47               | 0,00 | 0,00 | 0,02   | 0       | 0,00                      |
| 28     | T <sub>1</sub>                         | 0,03                  | 0,32               | 0,08 | 0,01 | 0,50   | 1       | 1,00                      |
| 29     | β(T <sub>1</sub> )                     | 0,00                  | 0,11               | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0       | 0,00                      |
| 30     | P <sub>1</sub> ?                       | 0,59                  | 0,48               | 1,23 | 0,07 | 7,34   | 7       | 7,00                      |
| 31     | D,C?                                   | 0,00                  | 0,19               | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0       | 0,00                      |
| 32     | Pz <sub>2</sub>                        | 0,00                  | 0,03               | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0       | 0,00                      |

<sup>2</sup>PR = 1,000

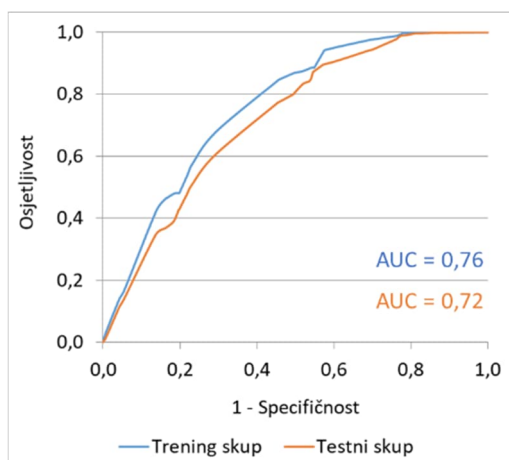
## 4.2 Zoniranje podloţnosti na klizanje

Kombinirajući teţiinske faktore geoloških jedinica i energije reljefa, LSI vrijednosti mogu se kretati u rasponu od 0 do 157. Kako bi se prostor KZŽ-a prikazao u tri zone podloţnosti na klizanje, provedeno je zoniranje na temelju graničnih vrijednosti LSI-a, definiranim prema njihovom odnosu s kumulativnom površinom klizišta (Slika 6). Pri tome je granica između zone niske i srednje podloţnosti određena pomoću LSI vrijednosti koja odgovara kumulativnoj površini klizišta od 2%, dok je granica između zone srednje i visoke podloţnosti definirana pomoću LSI vrijednosti koja odgovara kumulativnoj površini klizišta od 30 %.



Slika 6 Određivanje graničnih vrijednosti indeksa podloţnosti na klizanje za definiranje zona podloţnosti

ROC krivulje, kojima je procijenjena točnost modela, prikazane su na slici (Slika 7), zajedno s pripadajućim AUC vrijednostima, koje se kreću u rasponu od 0.7 do 0.8, čime se diskriminacijska sposobnost modela interpretira kao prihvatljiva.



Slika 7 ROC krivulja i pripadajuća AUC vrijednost za trening skup – klizišta s ocjenom izraţenosti  $\geq 3$  (uspješnost modela) i testni skup – klizišta s ocjenom izraţenosti 1 i 2 (točnost predikcije)

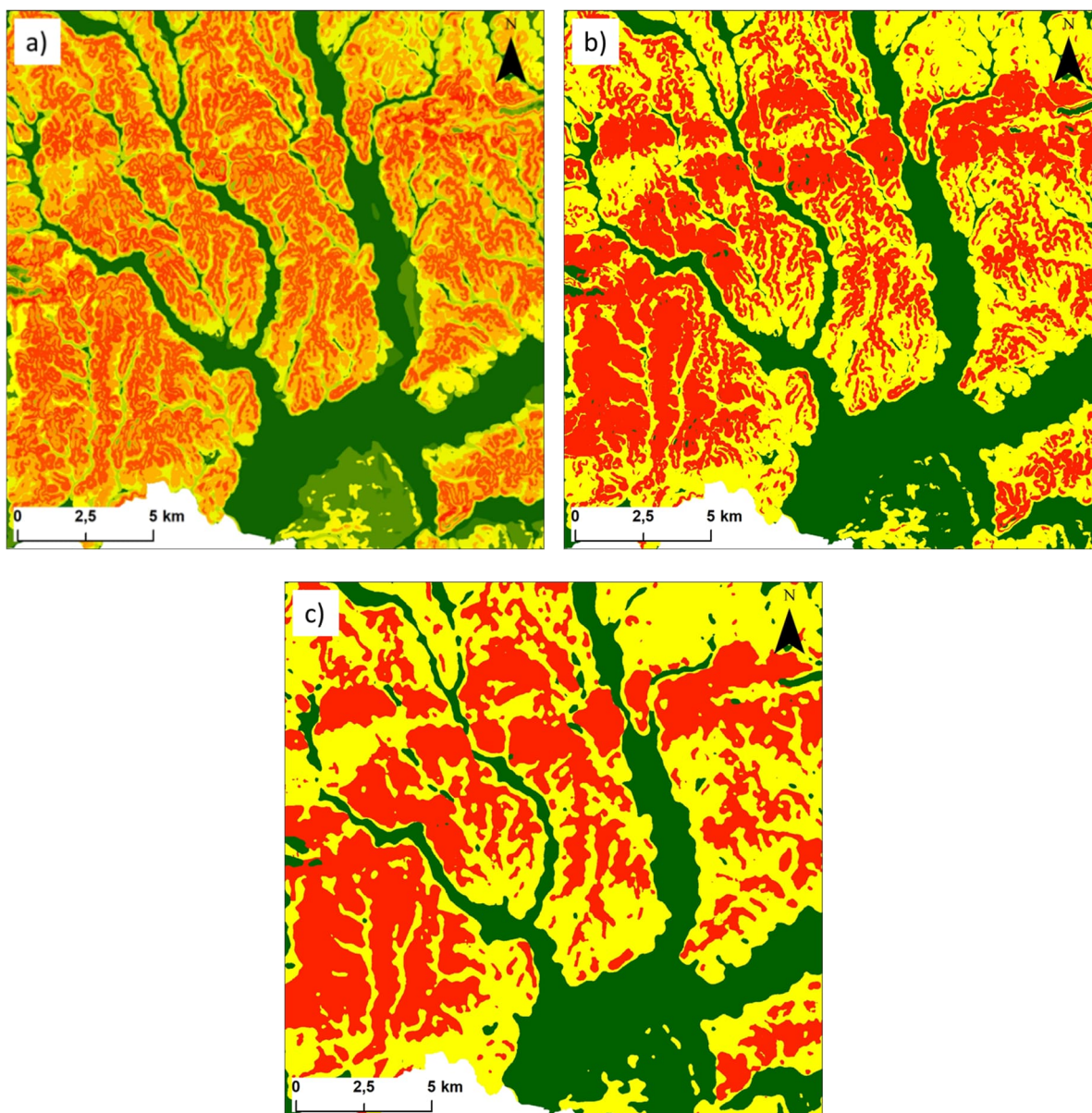


### 4.3 Prilagodba karte podloţnosti na klizanje mjerilu 1:25.000

Karta podloţnosti na klizanje prilagođena je mjerilu 1:25.000 na sljedeći način:

- kartografskom generalizacijom (promjenom veličine ćelije na 15 m),
- prostornom generalizacijom (korištenjem alata *Focal statistics*).

U nastavku je na uvećanom odabranom području unutar KZŽ-a prikazan postupak deriviranja konačne karte podloţnosti na klizanje koja prikazuje nekoliko ključnih koraka, od izračuna indeksa podloţnosti na klizanje, preko provođenja zoniranja podloţnosti na klizanje, do provođenja navedenih postupaka generalizacije (Slika 8).



Slika 8 Postupak deriviranja konačne karte podloţnosti na klizanje: a) podloţnost na klizanje prikazana indeksom podloţnosti na klizanje; b) zoniranje podloţnosti na klizanje na temelju graničnih vrijednosti indeksa podloţnosti na klizanje; c) karta podloţnosti na klizanje nakon provođenja kartografske i prostorne generalizacije

Potrebno je napomenuti kako postupci generalizacije nisu utjecali na udjele površina pojedinih zona na područje KŽŽ-a (Tablica 5).

Tablica 5 Površina pojedinih zona podložnosti na klizanje za derivirane karte podložnosti na klizanje

| Zona podložnosti na klizanje | Površina (%)                                |                                                                            |                                                                         |
|------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|                              | Podložnost na klizanje: veličina ćelije 1 m | Podložnost na klizanje: kartografska generalizacija (veličina ćelije 15 m) | Podložnost na klizanje: veličina ćelije 15 m - prostorna generalizacija |
| Niska                        | 23,34                                       | 23,34                                                                      | 22,75                                                                   |
| Srednja                      | 43,97                                       | 43,98                                                                      | 44,56                                                                   |
| Visoka                       | 32,68                                       | 32,68                                                                      | 32,69                                                                   |
| Zbroj                        | 100,00                                      | 100,00                                                                     | 100,00                                                                  |

#### 4.4 Verifikacija karte podložnosti na klizanje

Konačna karta podložnosti na klizanje verificirana je koristeći različite podatke o klizištima koji su trenutačno dostupni za područje KŽŽ-a. Svrha ove analize bila je procijeniti prostornu pouzdanost izrađene karte u odnosu na stvarno zabilježena klizišta. Za verifikaciju su korištena četiri skupa podataka – katastra različitih izvora (Tablica 6), koji zajedno uključuju ukupan broj od 7.104 klizišta.

Tablica 6 Klizišta korištena za verifikaciju karte podložnosti na klizanje

| Katastar                                        | Izvor podataka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Broj klizišta |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| LiDAR-katastar klizišta (Trening skup)          | Visoko-rezolucijski LiDAR-DMT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1.786         |
| LiDAR-katastar klizišta (Testni skup)           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4.770         |
| Katastar klizišta deriviran iz geoloških karata | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inženjerskogeološka karta mjerila 1:500.000 (Čubrilović i dr., 1967) (23 klizišta)</li> <li>- Osnovna geološka karta mjerila 1:100.000 (listovi Rogatec, Varaždin i Zagreb) (10 klizišta)</li> <li>- Radne terenske geološke karte mjerila 1:25.000 (114 klizišta)</li> </ul>                                              | 147           |
| Registar klizišta Zavoda                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lokacije klizišta prikupljene od JLS-ova (309 klizišta)</li> <li>- Lokacije klizišta prikupljene od Hrvatskih cesta (29 klizišta)</li> <li>- Lokacije klizišta prikupljene od Županijskih cesta (63 klizišta)</li> <li>- Lokacije klizišta prikupljene putem Upitnika dostupnog tijekom izrade ove Studije (33)</li> </ul> | 434           |

U tablicama u nastavku za svaki skup verifikacije prikazani su po pojedinim zonama podložnosti na klizanje broj klizišta, gustoća klizišta i indeks relativne gustoće (Tablica 7, Tablica 8, Tablica 9 i Tablica 10).

Tablica 7 Verifikacija karte podložnosti uz korištenje trening skupa LiDAR-katastra

| Zona podložnosti na klizanje | Površina (km <sup>2</sup> ) | Površina (%) | Broj klizišta | Broj klizišta (%) | Gustoća klizišta | Indeks relativne gustoće |
|------------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|-------------------|------------------|--------------------------|
| Niska                        | 279,8                       | 22,8         | 13            | 0,7               | 0,0              | 1,1                      |
| Srednja                      | 547,9                       | 44,6         | 496           | 27,8              | 0,9              | 21,9                     |
| Visoka                       | 402,0                       | 32,7         | 1277          | 71,5              | 3,2              | 76,9                     |
| Zbroj                        | 1229,6                      | 100,0        | 1786          | 100,0             | 4,1              | 100,0                    |

Tablica 8 Verifikacija karte podložnosti uz korištenje testnog skupa LiDAR-katastra

| Zona podložnosti na klizanje | Površina (km <sup>2</sup> ) | Površina (%) | Broj klizišta | Broj klizišta (%) | Gustoća klizišta | Indeks relativne gustoće |
|------------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|-------------------|------------------|--------------------------|
| Niska                        | 279,8                       | 22,8         | 67            | 1,4               | 0,2              | 2,2                      |
| Srednja                      | 547,9                       | 44,6         | 1450          | 30,4              | 2,6              | 24,1                     |
| Visoka                       | 402,0                       | 32,7         | 3253          | 68,2              | 8,1              | 73,7                     |
| Zbroj                        | 1229,6                      | 100,0        | 4770          | 100,0             | 11,0             | 100,0                    |

Tablica 9 Verifikacija karte podložnosti uz korištenje katastra deriviranog iz geoloških karata

| Zona podložnosti na klizanje | Površina (km <sup>2</sup> ) | Površina (%) | Broj klizišta | Broj klizišta (%) | Gustoća klizišta | Indeks relativne gustoće |
|------------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|-------------------|------------------|--------------------------|
| Niska                        | 279,8                       | 22,8         | 9             | 6,1               | 0,0              | 9,4                      |
| Srednja                      | 547,9                       | 44,6         | 50            | 34,0              | 0,1              | 26,7                     |
| Visoka                       | 402,0                       | 32,7         | 88            | 59,9              | 0,2              | 63,9                     |
| Zbroj                        | 1229,6                      | 100,0        | 147           | 100,0             | 0,3              | 100,0                    |

Tablica 10 Verifikacija karte podložnosti uz korištenje registra klizišta Zavoda

| Zona podložnosti na klizanje | Površina (km <sup>2</sup> ) | Površina (%) | Broj klizišta | Broj klizišta (%) | Gustoća klizišta | Indeks relativne gustoće |
|------------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|-------------------|------------------|--------------------------|
| Niska                        | 279,8                       | 22,8         | 21            | 4,8               | 0,1              | 7,6                      |
| Srednja                      | 547,9                       | 44,6         | 179           | 41,2              | 0,3              | 33,2                     |
| Visoka                       | 402,0                       | 32,7         | 234           | 53,9              | 0,6              | 59,2                     |
| Zbroj                        | 1229,6                      | 100,0        | 434           | 100,0             | 1,0              | 100,0                    |

Ukupni rezultati verifikacije pokazuju da se, za sve skupove podataka, najmanje 93 % zabilježenih lokacija klizišta nalazi unutar zona visoke i srednje podložnosti na klizanje. Istodobno, udio klizišta u zonama niske podložnosti nije prešao 7 %, što potvrđuje dobru diskriminativnu sposobnost modela.

Najbolji rezultati postignuti su kod skupova temeljenih na LiDAR-katastru, gdje se čak 71,5 % (trening skup) odnosno 68,2 % (testni skup) svih klizišta nalazi u zoni visoke podložnosti, dok je udio klizišta u zoni niske podložnosti vrlo mali – 0,7 % odnosno 1,4 %. To je očekivano s obzirom na vrlo visoku rezoluciju LiDAR-DMT-a i preciznost Katastra izrađenog u mjerilu 1:2.000.

Za katastar deriviran iz geoloških karata, iako su rezultati nešto slabiji, više od 59 % klizišta i dalje je smješteno unutar zone visoke podložnosti. Ovdje je, od svih skupova podataka, zabilježen najveći udio klizišta u zoni niske podložnosti (6,1 %), što se može objasniti sitnijim mjerilom geoloških karata iz kojih je katastar deriviran, što je utjecalo na prostornu preciznost klizišta.

Kod registra klizišta Zavoda, koji je temeljen na podacima različitih izvora, 53,9 % klizišta nalazi se u zoni visoke podložnosti, dok se njih 4,8 % pojavljuje u zoni niske podložnosti.

Dodatni uvid u funkcionalnost modela pružaju vrijednosti gustoće klizišta i indeksa relativne gustoće. U svim skupovima jasno je vidljiv porast gustoće klizišta od niske prema visokoj podložnosti, što potvrđuje konzistentnost klasifikacije podložnosti. Primjerice, u testnom skupu LiDAR-katastra, gustoća raste od 0,2 klizišta/km<sup>2</sup> u zoni niske podložnosti do 8,1 klizišta/km<sup>2</sup> u zoni visoke podložnosti. Istodobno, indeks relativne gustoće raste od 2,2 do 73,7, što upućuje na znatno veću učestalost klizišta upravo u najrizičnijim zonama.

Na temelju raspodjele klizišta, može se zaključiti da model podložnosti pokazuje visok stupanj prostorne konzistentnosti. Uspješna diskriminacija između različitih klasa podložnosti potvrđena je i relativnim indeksima gustoće.

#### **4.5 Analiza podložnosti na klizanje na županijskoj razini**

U ovom poglavlju dobivena karta podložnosti na klizanje analizira se iz dva aspekta:

- Uspoređuju se promjene u zonama podložnosti na klizanje u odnosu na kartu podložnosti na klizanje izrađene kao dio Stručne podloge za Državni plan prostornog razvoja Republike Hrvatske (Mihalić Arbanas, 2019);
- Analizira se prostorna distribucija podložnosti na klizanje na području KŽŽ-a.

##### *Usporedba karte podložnosti na klizanje u državnom i županijskom mjerilu*

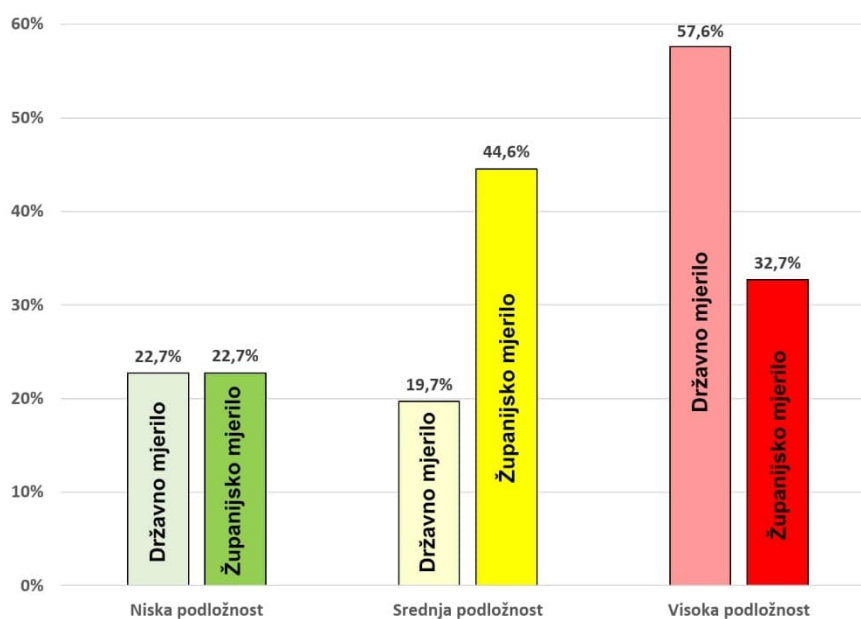
Za razliku od državne karte, koja podložnost prikazuje u grubom mjerilu i temelji se na generaliziranim podacima prikladnim za strateško planiranje, županijska karta koristi visoko-rezolucijske ulazne podatke. Konkretno, izrađena je na temelju:

- LiDAR-DMT-a visoke rezolucije od 1m,
- detaljnije geološke karte mjerila 1:100.000,
- katastra klizišta izrađenog za cijelo područje KŽŽ-a.

Na korištenim podlogama primijenjene su statističke metode procjene prostorne vjerojatnosti pojave klizišta, što je omogućilo precizniju i pouzdaniju prostornu diskriminaciju.

Usporedba karata u različitim mjerilima ne služi procjeni njihove vrijednosti, već naglašavanju njihove komplementarne uloge u prostornom planiranju. Državna karta logično koristi podatke niže rezolucije koji su dostupni za širu teritorijalnu cjelinu, dok županijsko mjerilo omogućuje detaljniju obradu lokalnih značajki kroz detaljnije i preciznije ulazne podatke i sofisticiranije metode analize.

Usporedba površina zona podložnosti za KZŽ na kartama u državnom i županijskom mjerilu prikazana je na sljedećem dijagramu (Slika 9).



Slika 9 Usporedba površina zona podložnosti za Krapinsko-zagorsku županiju na kartama u državnom i županijskom mjerilu

Razlika između dviju razina jasno je vidljiva: došlo je do značajnog smanjenja crvenih zona (s 57,6 % na 32,7 %) te izraženog povećanja žutih zona (s 19,7 % na 44,6 %). Ovakva redistribucija rezultat je preciznijeg zoniranja, što omogućuje točnije identificiranje stvarno rizičnih područja. Time se smanjuje potreba za skupim i detaljnim istraživanjima na velikim površinama, a istovremeno se optimizira planiranje i štedi javni novac.

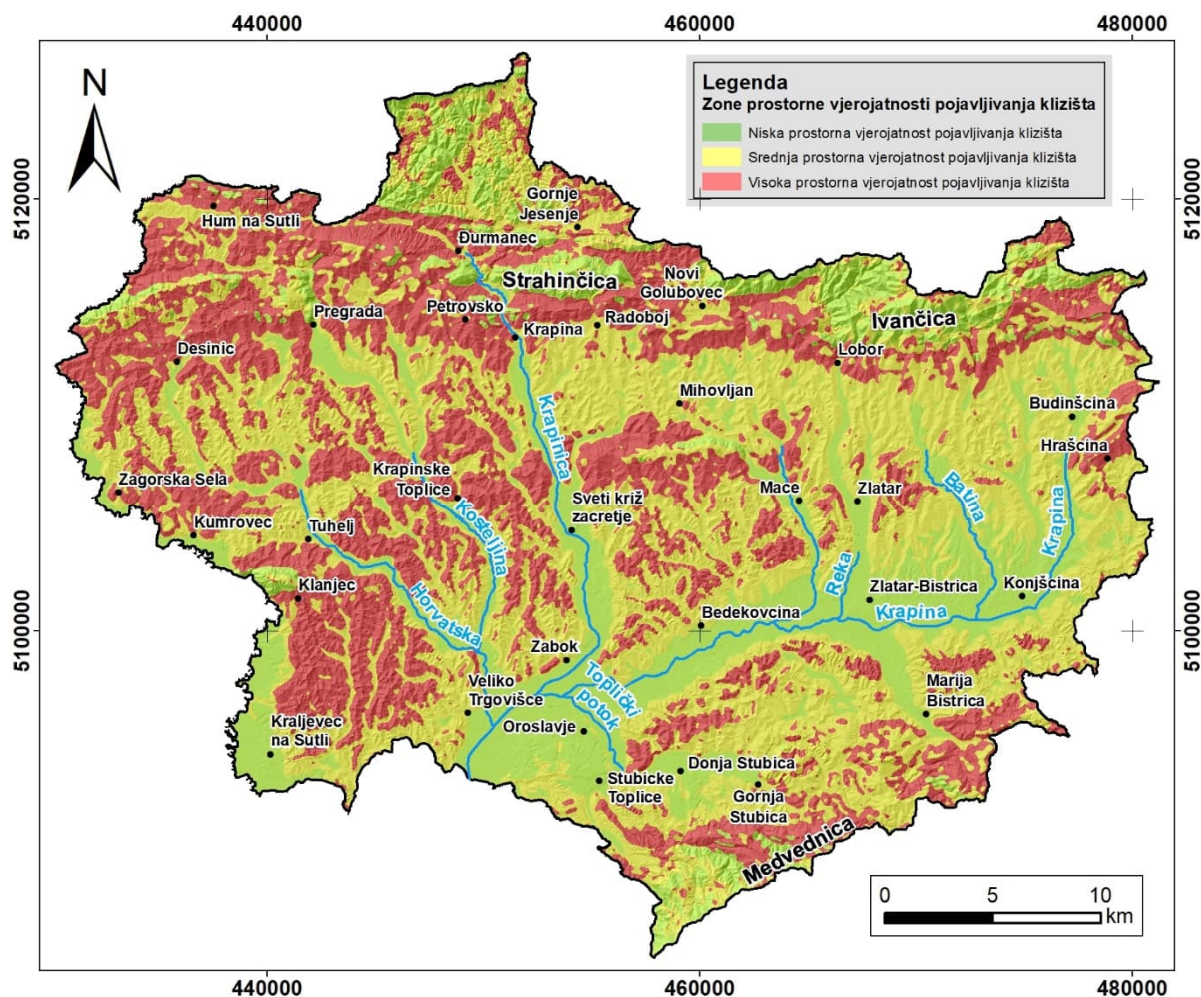
## Prostorna raspodjela zona

Na karti županijske razine (Slika 10) jasno se ističe zelena zona (niska podložnost) u dolini rijeke Krapine, koja se proteže središnjim dijelom KZŽ-a. Slične, ali užih razmjera, zelene zone prate doline njezinih pritoka – Krapinice, Topličkog potoka, Kosteljine, Horvatske, Velike reke, Reke i Batine. Na krajnjem zapadnom dijelu, uz granicu Hrvatske i Slovenije, proteže se uska zelena zona vezana uz dolinu rijeke Sutle. Zelena zona također pokriva središnje dijelove Ivanščice i Strahinjščice, te dijelove Medvednice na južnom dijelu KZŽ-a gdje dominiraju čvršće geološke formacije koje nisu sklone procesima klizanja.



Crvene zone (visoka podložnost) su najizraženije u zapadnom dijelu KŽŽ-a, no prisutne su i na južnim obroncima Ivančice te sjevernim padinama Medvednice, gdje kombinacija nagiba i geološke građe pogoduje nestabilnosti padina.

Žute zone (srednja podložnost) prevladavaju u istočnim dijelovima KZŽ-a, posebice na području grada Zlatara. Područja koja su označena žutom bojom karakterizira kombinacija geoloških i geomorfoloških uvjeta koji zahtijevaju dodatnu pažnju prilikom planiranja korištenja prostora.



Slika 10 Karta podložnosti na klizanje Krapinsko-zagorske županije

### Završna napomena o mjerilu i pouzdanosti karte

Karta podložnosti na klizanje izrađena je u mjerilu 1:25.000, te je u tom obliku prikazana kroz 32 zasebna priloga, na temelju definiranih granica JLS-ova. Ti su prilozi sastavni dio ove Studije i služe kao temelj za daljnju razradu prostornih planova na lokalnoj razini.

Međutim, iako je kartografski prikaz izrađen u mjerilu 1:25.000, važno je naglasiti određeno metodološko ograničenje vezano uz geološku podlogu korištenu pri izradi karte. Naime, zbog činjenice da za područje županije ne postoji geološka karta odgovarajuće razine detaljnosti, korištena je geološka karta u mjerilu 1:100.000 – što predstavlja kompromis između



dostupnosti podataka i potrebe za izradom korisne stručne podloge u razumnom vremenskom i financijskom okviru.

Stručnjaci Hrvatskog geološkog instituta procijenili su da je, unatoč navedenom ograničenju, moguće dobiti vjerodostojan prikaz prostorne distribucije podložnosti koji će služiti svrsi prostornog planiranja. Ipak, s geološko-kartografskog stajališta, mjerilo prikaza treba tumačiti uvjetno – granice zona podložnosti nisu precizne, već indikativne, te ih treba promatrati s određenom rezervom, osobito pri operativnoj primjeni u planiranju zahvata u prostoru.

Ova karta, iako kompromisna u pogledu ulaznih geoloških podataka, predstavlja prvi cjeloviti županijski prikaz podložnosti na klizanje u visokoj prostornoj razlučivosti, te kao takva pruža čvrstu osnovu za daljnju razradu detaljnijih analiza na razini pojedinačnih jedinica lokalne samouprave i lokacija, po potrebi.

Osnovne karakteristike terena za svaku kategoriju podložnosti na klizanje opisane su u sklopu poglavlja 5.

#### **4.6 Analiza podložnosti na klizanje na razini jedinica lokalne samouprave**

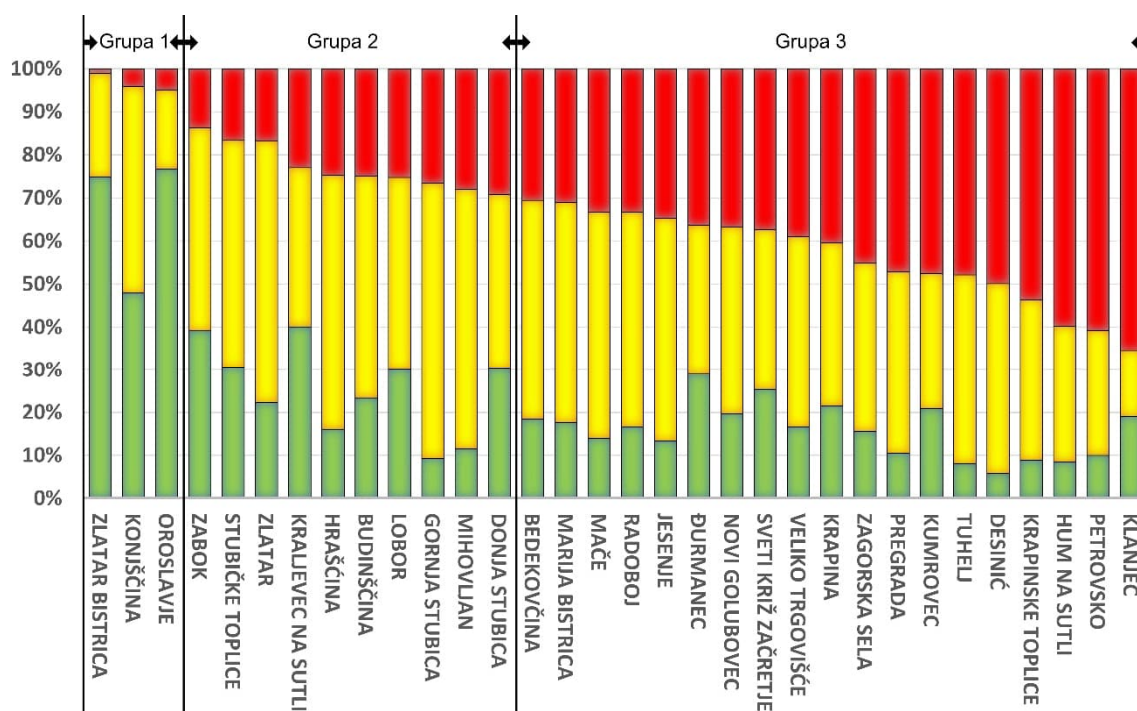
Analiza podložnosti na klizanje na razini JLS-ova predstavlja važan korak u planiranju budućih istraživanja i usmjeravanju razvojnih aktivnosti na prostoru KZŽ-a. Kako bi se dobio jasniji uvid u stanje na terenu, izrađena je rang-lista svih 32 utvrđenih gradova i općina, temeljena na udjelu površina visoke podložnosti na klizanje u ukupnoj površini JLS-a.

Prikaz rezultata na dijagramu (Slika 11) omogućuje jednostavno uspoređivanje JLS-ova. Subjektivnom metodom su jedinice razvrstane u tri kategorije prema stupnju ugroženosti:

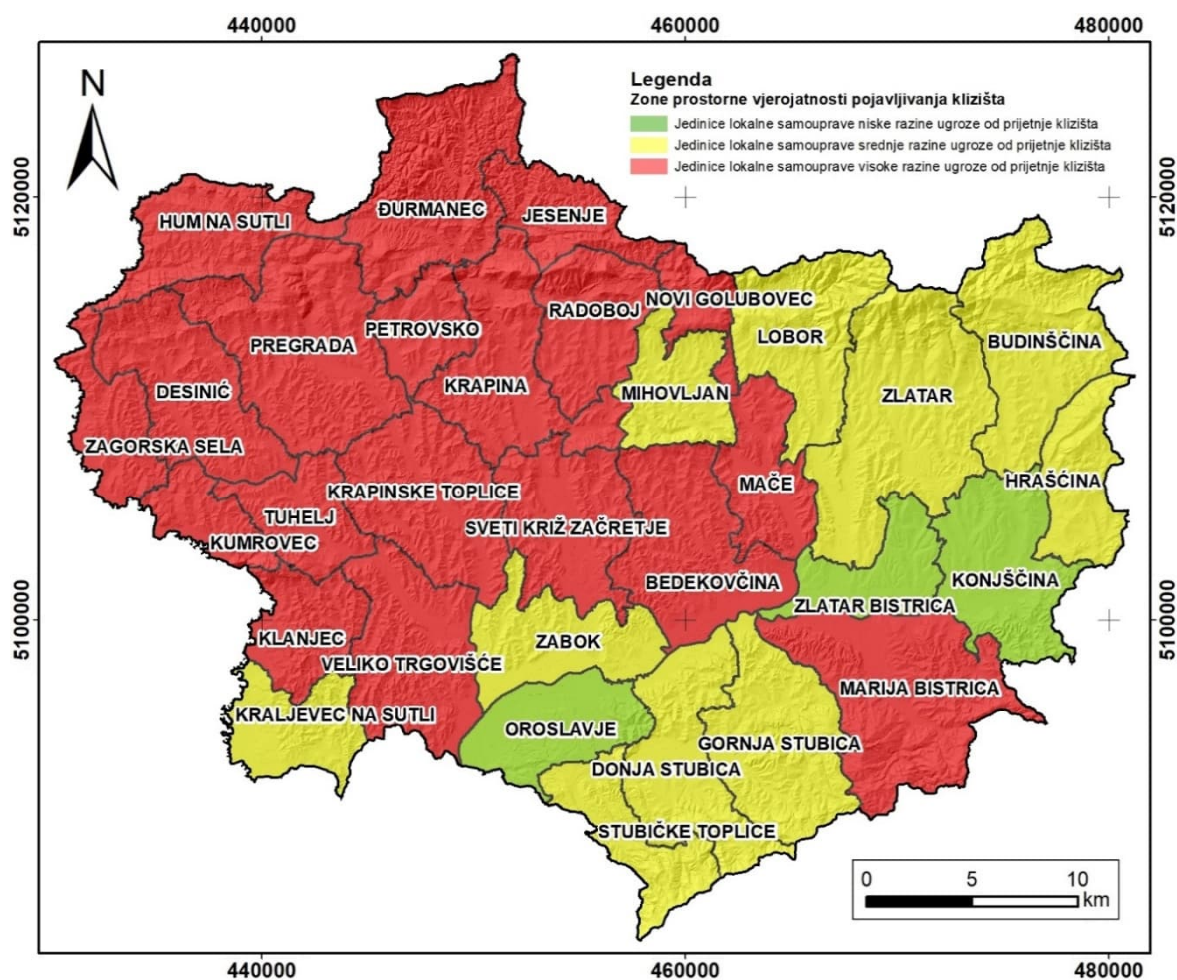
- Grupa 1 – slabo ugrožene JLS s udjelom crvene zone manjim od 5 %;
- Grupa 2 – srednje ugrožene JLS s udjelom crvene zone između 5 % i 30 %;
- Grupa 3 – jako ugrožene JLS s udjelom crvene zone većim od 30 % ukupne površine.

Ovakva klasifikacija može poslužiti kao način određivanja prioritetnih područja na kojima je potrebno provesti detaljnija geološka istraživanja. Cilj takvih istraživanja je izrada karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu, koje su nužne za davanje konkretnih preporuka prilikom planiranja i izgradnje – kako složenijih, tako i jednostavnijih objekata – osobito na terenima s visokim rizikom od klizanja.

Ovakav pristup pruža važnu podršku donositeljima odluka u definiranju županijskih i lokalnih proračunskih prioriteta, a time osigurava odgovornije i sigurnije upravljanje prostorom. Kako bi se JLS-ove što jasnije prostorno definirale prema zastupljenosti prijetnje od klizanja, načinjena je jednostavna karta na temelju definiranih JLS grupa, na kojoj je JLS grupa 3 prikazana crvenom, JLS grupa 2 žutom, a JLS grupa 1 zelenom bojom (Slika 12).



Slika 11 Udjeli zona podločnosti na klizanje u jedinicama lokalne samouprave Krapinsko-zagorske županije



Slika 12 Grupe jedinica lokalne samouprave Krapinsko-zagorske županije definirane prema prijetnji od klizišta

Dodatno, kako bi se suzila područja na kojima će se izrađivati detaljne podloge, podaci o podložnosti na klizanje dobiveni ovom Studijom preklapljeni su s poligonima građevinskih područja definiranih prostornim planovima uređenja JLS-ova, koji su Institutu dostavljeni od strane Zavoda. Zoniranje tih poligona napravljeno je prema načelu maksimalne sigurnosti – ako poligon obuhvaća i najmanji dio crvene zone, cijeli je poligon klasificiran kao „crveni“; ako sadrži samo žutu i zelenu, klasificira se kao „žuti“, dok su oni u cijelosti unutar zelene kategorije označeni kao „zeleni“.

Ovaj konzervativni pristup uzima u obzir i ograničenja mjerila karte te dodatno doprinosi sigurnijem planiranju prostornog razvoja.

U nastavku poglavlja slijedi prikaz rezultata za svaku pojedinu JLS, s kratkom analizom udjela rizičnih površina i smjernicama za daljnje postupanje. Uz analizu su prikazane i karte kategoriziranih poligona građevinskih područja na zasebnim slikama kako bi se stekao dojam prostorne distribucije definiranih poligona, posebice onih najugroženijih.

#### 4.6.1 Jedinice lokalne samouprave **GRUPE 1**

JLS grupu 1 karakterizira visoki udio zelene zone (vrlo blizu 50 % ili iznad 50 %) u ukupnoj površini te vrlo nizak udio crvene zone (manji od 5 %). U ovu grupu spadaju općine Konščina i Zlatar Bistrica te grad Oroslavje, svi vezani za dolinu rijeke Krapine, a postotak površine koju prekrivaju klizišta u njima iznosi približno 1,03 %.

Iako se radi o područjima s najmanjim udjelom crvene zone, važno je istaknuti da to ne isključuje potrebu za pažljivim prostornim planiranjem, osobito na mikrolokacijama gdje je geomorfologija složenija, a gdje bi i manji lokalni poremećaji mogli izazvati pojave nestabilnosti (posebice zone visoke podložnosti na klizanje – crvene zone).

Zbog povoljnije prostorne slike, za ov JLS-ove trenutno nije potrebna hitna izrada detaljnih karata podložnosti na klizanje, ali se preporučuje kontinuirano praćenje stanja na terenu, kao i uvođenje odgovarajućih mjera zaštite u sklopu planskih dokumenata, osobito u slučaju potrebe širenja građevinskih područja na prostor žute i crvene zone.

#### 4.6.1.1 Općina Zlatar Bistrica

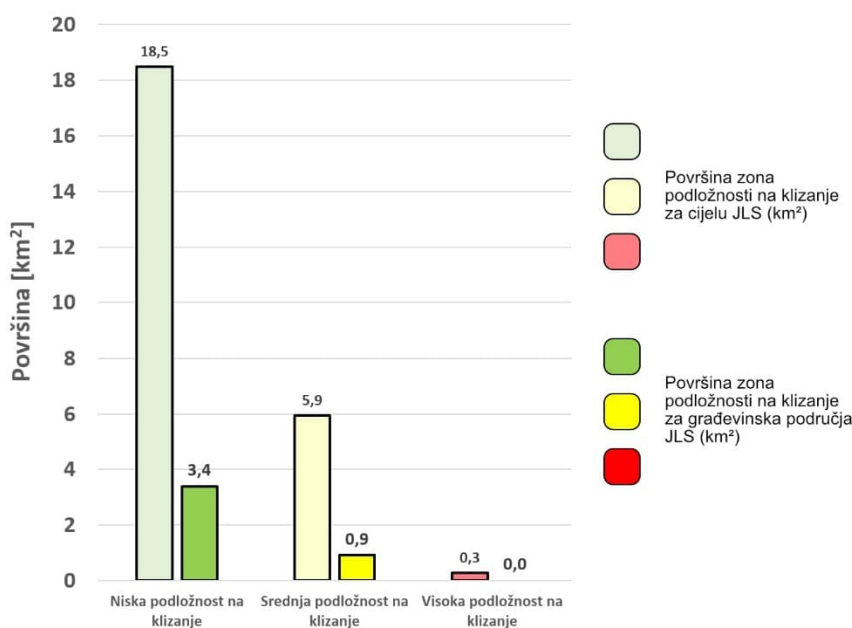
Općina Zlatar Bistrica smještena je u središnjem dijelu KZŽ-a, s površinom od približno 24,7 km<sup>2</sup>. Geomorfološki gledano, područje općine Zlatar Bistrica moguće je podijeliti na dvije cjeline. Južni dio Općine smješten je u ravničarskoj zoni doline rijeke Krapine, gdje prevladavaju kvartarne aluvijalne naplavine i blagi nagibi. Nasuprot tome, sjeverni dio Općine reljefno je razvedeniji, s izraženim padinama i brežuljkastim terenom, te nešto starijim i nestabilnijim kvartarnim, plio-kvartarnim i miocenskim geološkim jedinicama. Navedene dijelove karakterizira povećani geomorfološki rizik od klizanja.

#### Katastar klizišta

Na krajnjim sjevernim dijelovima Općine izdvojen je najveći broj klizišta. Analiza katastra klizišta pokazala je da je općina Zlatar Bistrica relativno slabo ugrožena prijetnjom klizišta, jer je izdvojeno tek 39 poligona ukupne površine 0,17 km<sup>2</sup>. Od navedenog broja samo je 14 poligona klizišta ocjenjeno ocjenom 3 i višom, što znači da su najjasnija, a time vjerojatno i najmlađa klizišta ipak nešto manje zastupljena.

#### Zone podložnosti na klizanje

Analiza zona podložnosti ukazuje da u Općini dominira zelena zona, koja obuhvaća približno 74,8 % površine Općine. Slijedi žuta sa 24,0 %, a crvene zone gotovo da i nema, tek 1,1 % (Slika 13). Prostorna distribucija zona podložnosti na klizanje ukazuje da je južni dio Općine uglavnom karakteriziran zelenom zonom. Žuta zona donekle dominira na sjevernom dijelu Općine, dok se crvena pojavljuje tek u najsjevernijem dijelu (*Prilog 32*).



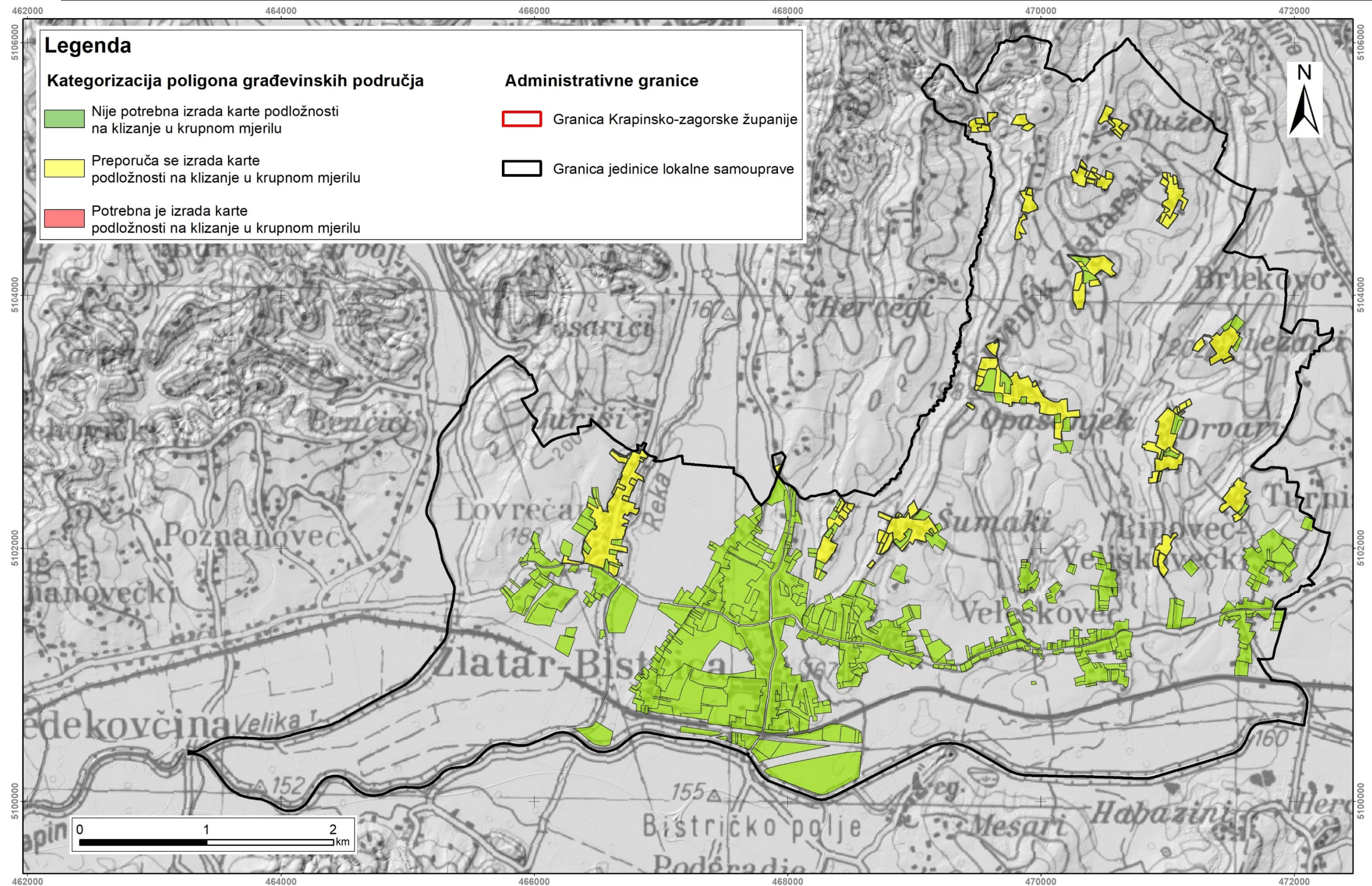
Slika 13 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Zlatar Bistrica



*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Dijagram na slici (Slika 13) pokazuje i distribuciju površina poligona građevinskih područja prema podložnosti na klizanje. Jasno je vidljivo da prevladavaju zeleni poligoni za koje nije potrebno izrađivati kartu podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Crvenih poligona građevinskih područja nema, dok su žuti poligoni zastupljeni na površini od 0,9 km<sup>2</sup> i to na sjevernom dijelu Općine. Za žute poligone se preporučaju detaljnija istraživanja koja bi rezultirala još boljim zoniranjem prostora sa jasnim preporukama za sigurnu gradnju. Prostornu distribuciju poligona prikazuje karta na slici (Slika 14).





Slika 14 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Zlatar Bistrica



#### 4.6.1.2 Općina Konjščina

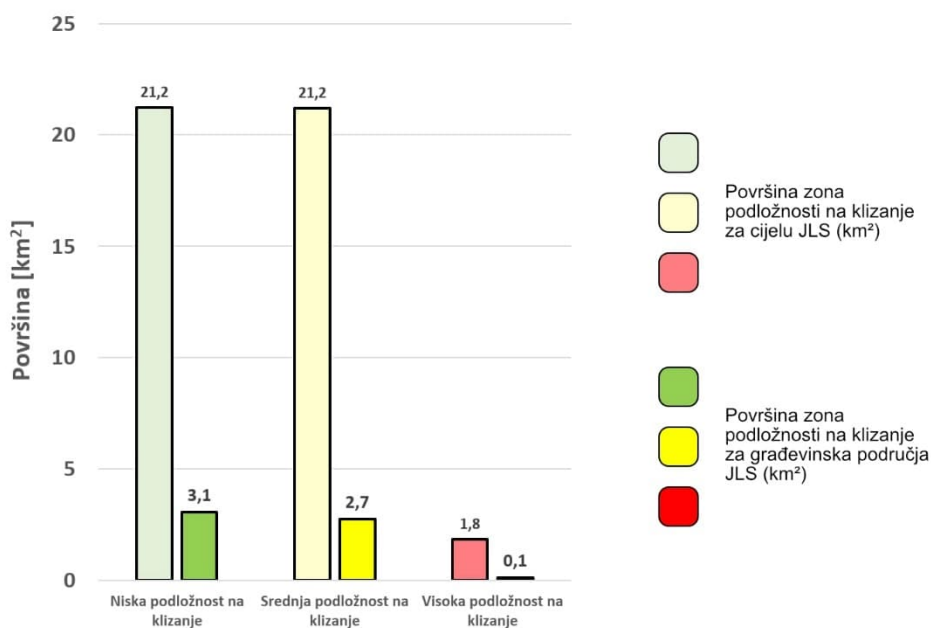
Općina Konjščina smještena je u istočnom dijelu KŽŽ-a, s ukupnom površinom od približno 44,29 km<sup>2</sup>. Reljefno se može podijeliti u tri geomorfološke cjeline. Sjeverni dio Općine čini brežuljkasti teren građen od slabokonsolidiranih kvartarnih i plio-kvartarnih naslaga. Središnji dio karakterizira nizina rijeke Krapine s pravcem pružanja sjeveroistok-jugozapad, te doline njenih pritoka Selnice i Batine, koje generalno teku u pravcu sjever-jug. Ovaj dio karakteriziraju pretežno aluvijalne naslage kvartarne starosti. Južni dio Općine zauzimaju sjeverne padine Medvednice, građene uglavnom od mlađih miocenskih jedinica koje su podložne klizanju i zahtijevaju dodatnu pažnju u planiranju korištenja prostora.

#### Katastar klizišta

Na području općine Konjščina evidentirano je ukupno 88 klizišta ukupne površine 0,68 km<sup>2</sup>. Od toga, 23 klizišta ocijenjena su ocjenom 3 ili višom, što ukazuje na prisutnost jasno izraženih i potencijalno aktivnih procesa klizanja, osobito u južnim dijelovima Općine gdje dominiraju, već spomenute, mlađe miocenske naslage.

#### Zone podložnosti na klizanje

Analiza karte podložnosti na klizanje pokazuje jednaku zastupljenost zelene (47,9 %) i žute zone (47,9 %), dok crvena zona zauzima 4,1 % površine (Slika 15). Zelena i žuta zona dominantne su u središnjem i sjevernom dijelu Općine, dok se crvena javlja pretežito na južnim obroncima. Više većih crvenih poligona identificirano je upravo na lokacijama izgrađenima od miocenskih naslaga (*Prilog 11*).

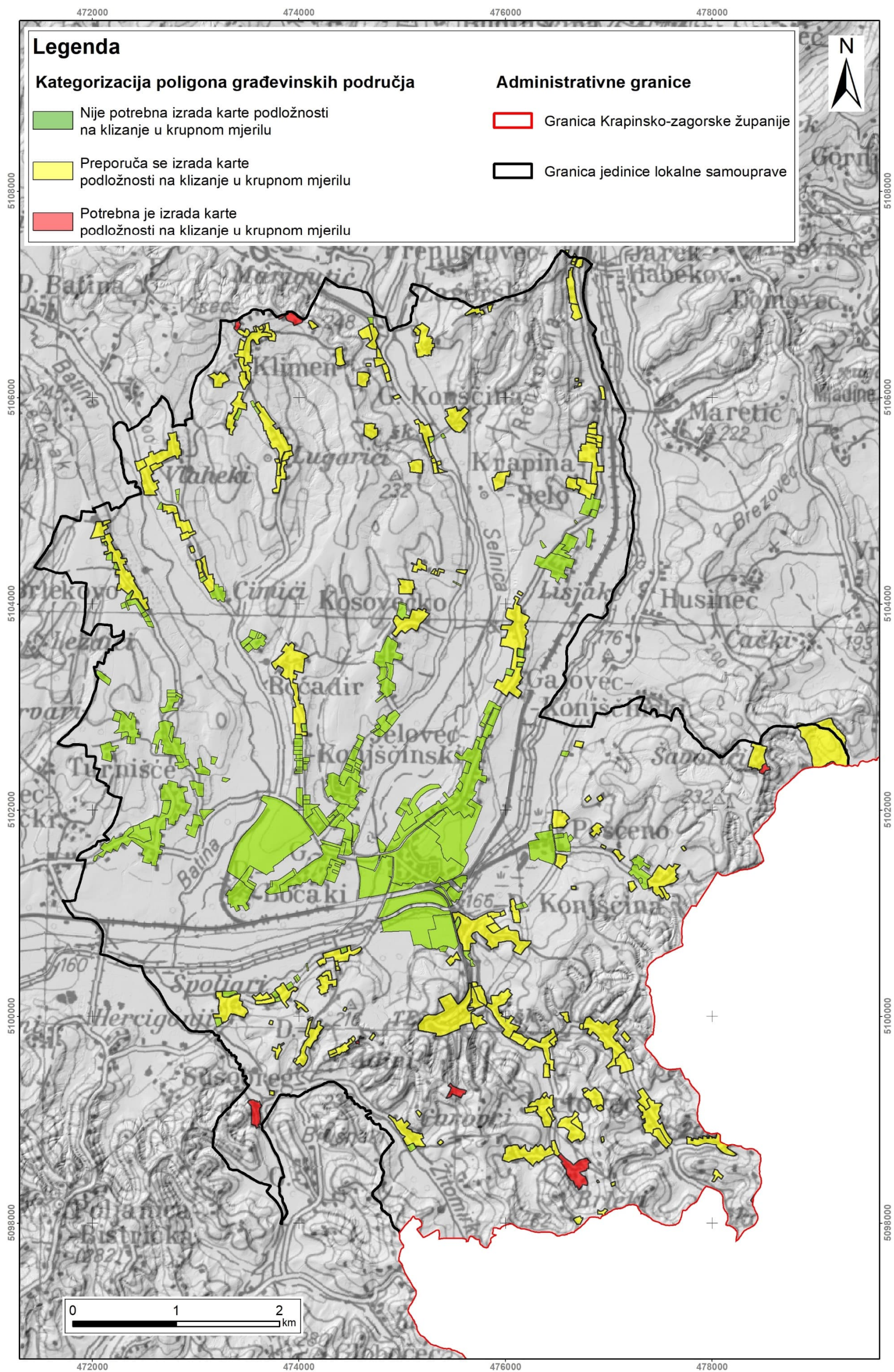


Slika 15 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Konjščina

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni općine Konjščina najvećim su dijelom smješteni u zelenoj zoni (3,1 km<sup>2</sup>), dok se žuti poligoni nalaze na površini od 2,7 km<sup>2</sup>, a crveni na 0,1 km<sup>2</sup> (Slika 15). Crveni poligoni nalaze se na južnim dijelovima Općine, uz kontaktno područje Medvednice. Za sve građevinske poligone unutar žute zone preporučuje se provođenje dodatnih inženjersko-geomorfoloških istraživanja radi preciznijeg zoniranja i definiranja uvjeta za sigurnu buduću gradnju. Za nekoliko crvenih poligona na krajnjem sjeveru i jugu Općine potrebno je provođenje detaljnih istraživanja, tj. izrada karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Prostorna distribucija građevinskih poligona po zonama podložnosti prikazana je na slici (Slika 16).





Slika 16 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Konjščina



#### 4.6.1.3 Grad Oroslavje

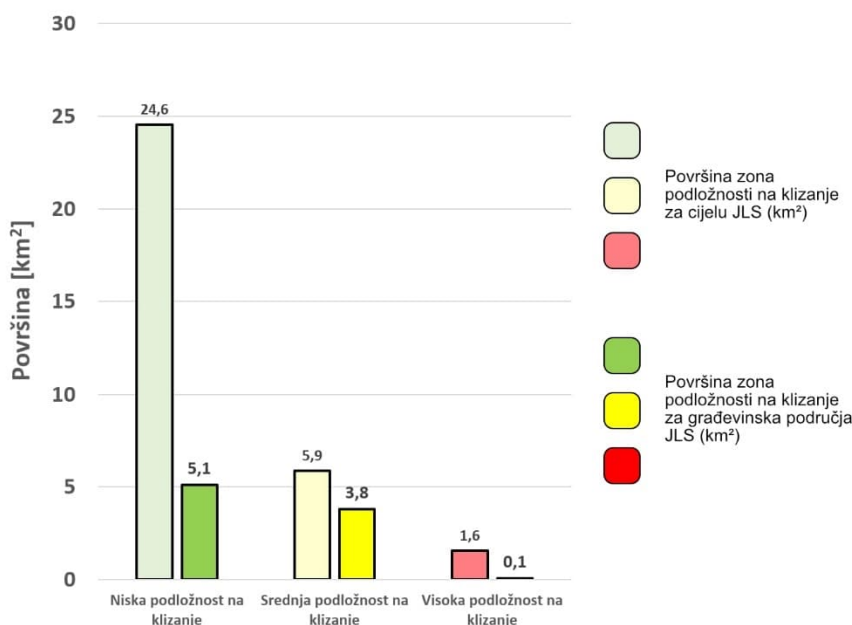
Grad Oroslavje obuhvaća površinu od 32,05 km<sup>2</sup> i prostorno se može podijeliti u tri geomorfološke cjeline. Sjevernu i zapadnu granicu Grada definira rijeka Krapina, uz koju se prostire široko ravničarsko područje građeno od najmlađih kvartarnih aluvijalnih naslaga. Sličan geomorfološki karakter ima i dolina Topličkog potoka, pritoke rijeke Krapine. Istočni dio Grada reljefno je najrazvedeniji, građen od miocenskih naslaga, koje su poznate po svojoj nestabilnosti. Središnji i južni dio Grada obilježavaju kvartarne lesne i plio-kvartarne naslage, koje čine blago izdignuto i valovito područje prijelaznog karaktera između nizina i istočnog pobrđa.

#### Katastar klizišta

Na području grada Oroslavja evidentirano je ukupno 90 klizišta ukupne površine 0,18 km<sup>2</sup>, što čini svega 0,58 % ukupne površine Grada. Od ukupnog broja klizišta, njih 32 ocijenjena su ocjenom 3 ili višom, što upućuje na prisutnost relativno svježih i jasno izraženih oblika, većinom koncentriranih u istočnim uzvisinama Grada.

#### Zone podložnosti na klizanje

Analiza karte podložnosti pokazuje da zelena zona pokriva najveći dio površine Grada, odnosno 76,7 % (Slika 17). U njoj se nalaze gotovo sve riječne nizine te velik dio središnjeg područja. Žuta zona obuhvaća 18,4 % površine, dok se crvena zona javlja na 4,9 % prostora, dominantno na istočnom pobrđu. Upravo u tim dijelovima dolazi do podudaranja nepovoljne geološke građe i izraženog reljefa, što povećava podložnost klizanju. Prostornu distribuciju zona podložnosti na klizanje prikazuje karta prikazana kao *Prilog 21* ove Studije.

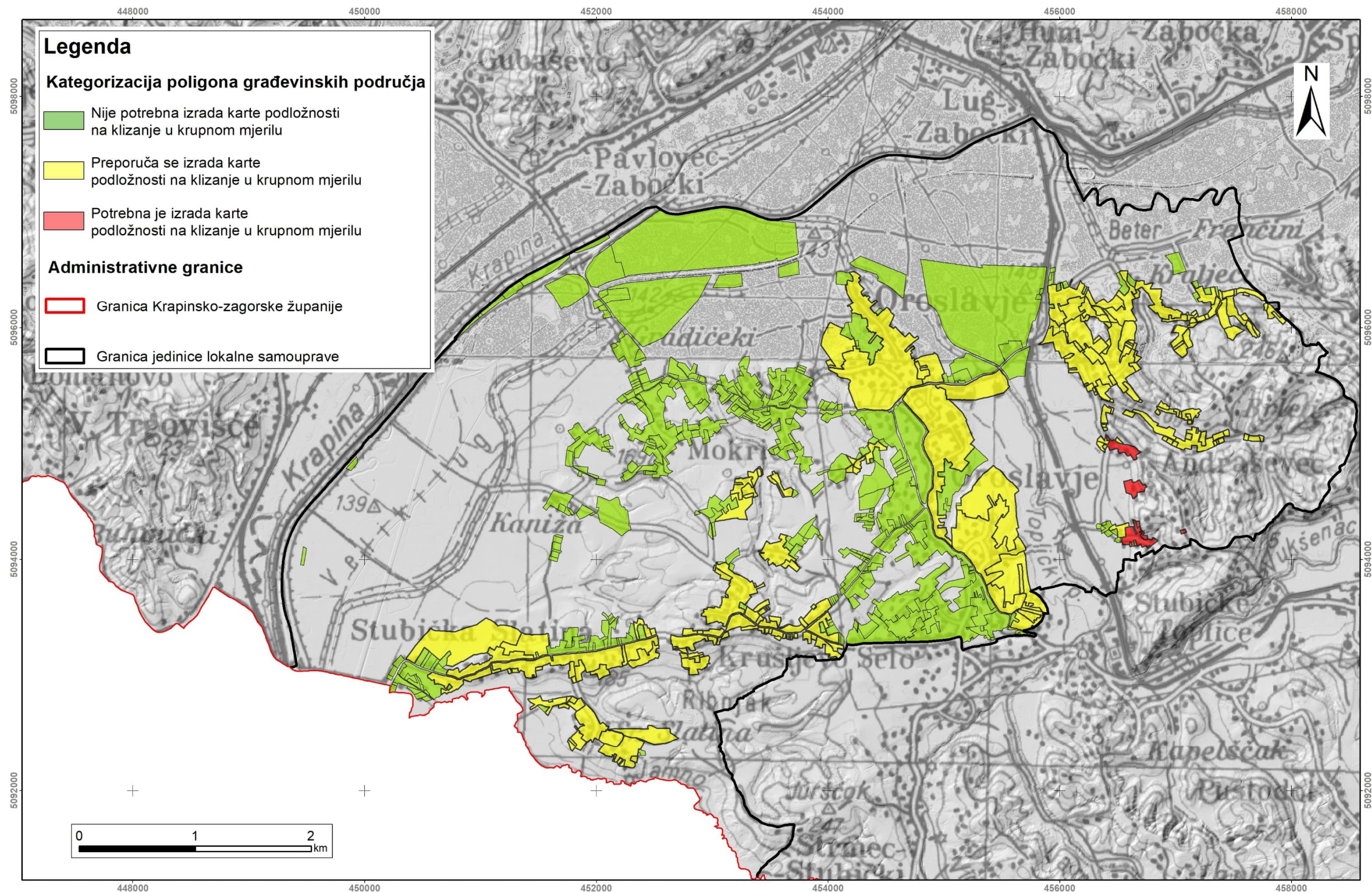


Slika 17 Udio zona podložnosti na klizanje za grad Oroslavje

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Oroslavju najvećim su dijelom smješteni u zoni niske podložnosti na klizanje (5,1 km<sup>2</sup>), i na njima nije potrebno provoditi dodatna istraživanja. Poligoni koji zahvaćaju žutu zonu prostiru se na 3,8 km<sup>2</sup>, a za njih se preporučuju dodatna inženjersko-geomorfološka istraživanja radi preciznijeg definiranja zona podložnosti sa jasnim preporukama prilikom izricanja uvjeta gradnje. Crvenih građevinskih poligona ima vrlo malo, svega 0,1 km<sup>2</sup>, no zbog povećane podložnosti na klizanje, za njih su potrebna detaljna istraživanja kao preduvjet bilo kakvih budućih građevinskih aktivnosti. Prostornu distribuciju poligona građevinskih područja prikazuje slika (Slika 18).





Slika 18 Kategorizacija poligona građevinskih područja za grad Oroslavje



#### **4.6.2 Jedinice lokalne samouprave GRUPE 2**

JLS grupe 2 karakterizira povećani udio površina crvene zone, koji se kreće u rasponu od 5 % do 30 % ukupne površine pojedine JLS. U ovoj grupi nalazi se deset gradova i općina: Zabok, Stubičke Toplice, Zlatar, Kraljevec na Sutli, Hrašćina, Budinščina, Lobar, Gornja Stubica, Mihovljan i Donja Stubica. Redoslijed kojim su navedene odgovara rastućem udjelu crvene zone u ukupnoj površini.

Ukupna površina koju u ovim JLS-ovima prekrivaju evidentirani poligoni klizišta iznosi približno 1,36 % – što je viši udio nego u jedinicama grupe 1 – i podudara se s vidljivim porastom površina crvene zone (zone visoke podložnosti). Povećana prostorna zastupljenost žutih i crvenih zona najčešće je povezana s izraženijom razvedenošću terena te prisutnošću slabokonsolidiranih geoloških jedinica često smještenih u zonama nešto više energije reljefa.

Iako nisu među najugroženijim jedinicama na razini KZŽ-a, JLS grupe 2 zahtijevaju pojačanu pažnju u prostornom planiranju, posebice u dijelovima gdje se planira širenje građevinskih zona unutar žutih ili crvenih područja. Za ovakve zone preporučuje se izrada karata podložnosti na klizanje u krupnijem mjerilu, s ciljem preciznijeg zoniranja i davanja konkretnih preporuka za sigurno građenje.

Ova JLS grupa predstavlja drugu razinu prioriteta u kontekstu potrebe za izradom karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Iako se njihova obrada može privremeno odgoditi u slučaju ograničenih proračunskih sredstava, sustavno planiranje geoloških istraživanja mora uključivati ovu skupinu, kako bi se u što skorijem roku osigurala odgovarajuća tehnička podloga za prostorno planiranje i upravljanje rizicima na područjima srednje ugroženosti.



#### 4.6.2.1 Grad Zabok

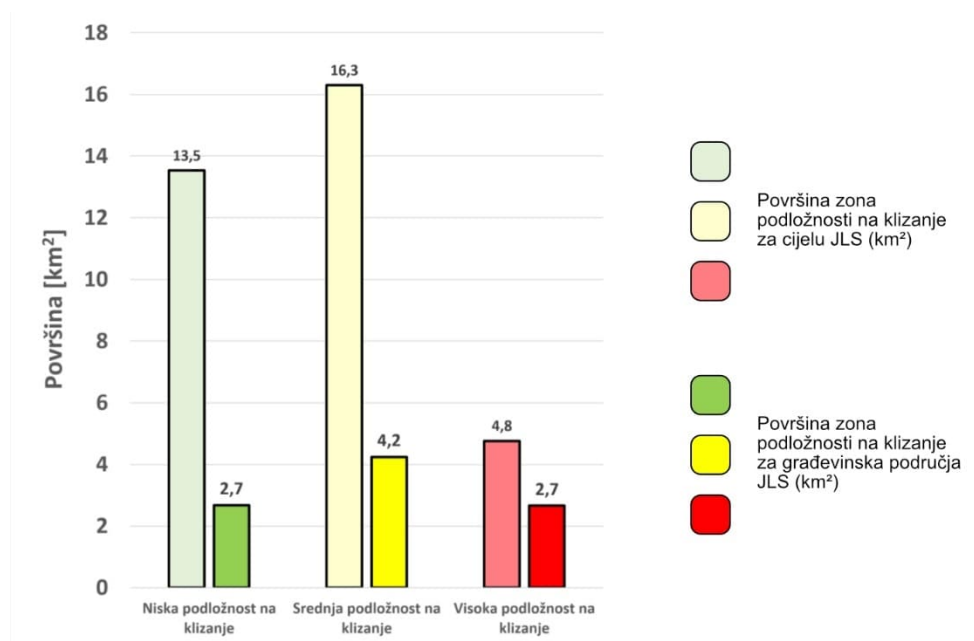
Grad Zabok prostire se na površini od približno 34,60 km<sup>2</sup>. Geomorfološki, područje Grada dijeli se na dvije glavne cjeline. Prvu čine nizine uz rijeku Krapinu na istoku i jugu te uz njezine desne pritoke – Krapinicu u središnjem dijelu i Kosteljinu na zapadu. Ovi prostori izgrađeni su od najmlađih kvartarnih aluvijalnih naslaga i karakterizira ih ravničarski reljef s niskim nagibima. Drugu geomorfološku cjelinu čine dva područja pobrđa. Jedno se nalazi u sjeveroistočnom dijelu Grada i obuhvaća veća naselja Gradenci, Hum Zabočki, Dubrava Zabočka i Mački, dok se drugo proteže u sjeverozapadnom dijelu, sjeverno od Pavlovca Zabočkog. Ova pobrđa izgrađena su od najmlađih miocenskih geoloških jedinica koje su u pravilu nestabilne i podložne klizanju.

#### Katastar klizišta

Na području grada Zaboka evidentirano je ukupno 164 klizišta, što predstavlja 1,54 % ukupne površine – nešto iznad prosjeka grupe 2. Od ukupnog broja, 37 klizišta ocijenjena su ocjenom 3 ili višom, pri čemu se posebno ističe 8 klizišta ocijenjenih ocjenom 4. Nijedno klizište nije ocijenjeno najvišom ocjenom 5. Ovakva raspodjela može ukazivati na slabije izražene, vjerojatno starije procese klizanja koji su uočljivi, ali ne i vrlo aktivni u recentnom razdoblju.

#### Zone podložnosti na klizanje

Analiza karte podložnosti na klizanje pokazuje da je zelena zona zastupljena s 39,1 % površine Grada, dok žuta zona pokriva 47,1 %, a crvena zona 13,8 % (Slika 19). Crvena zona prostorno je koncentrirana upravo na pobrđima sjevernog i sjeveroistočnog dijela Grada, gdje se podudaraju nepovoljna litološka građa i izraženija morfološka razvedenost. Karta prostorne distribucije zona podložnosti prikazana je u *Prilogu 29*.

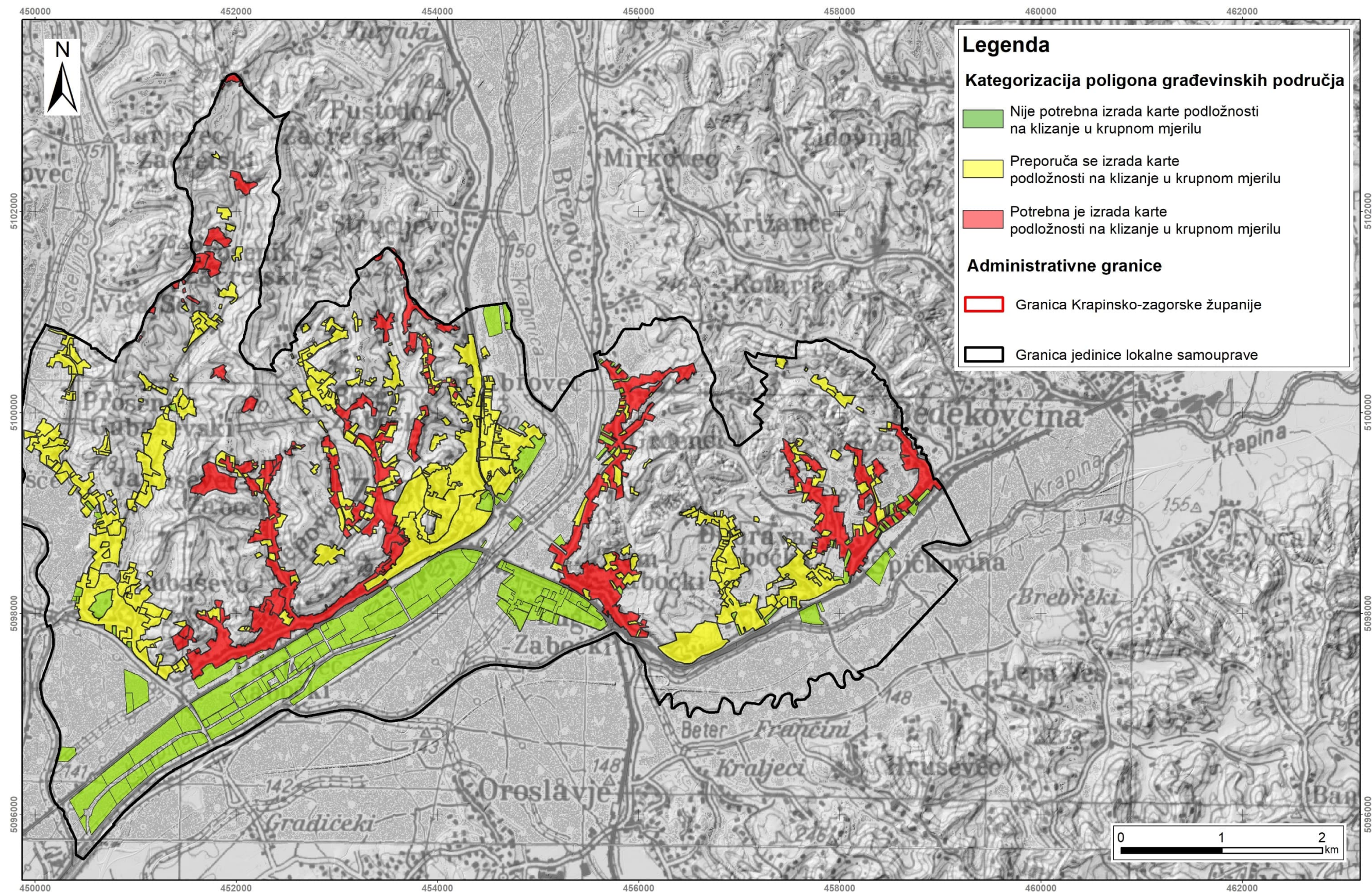


Slika 19 Udio zona podložnosti na klizanje za grad Zabok

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Zaboku prostorno su raspoređeni kroz sve tri zone podložnosti. Zeleni poligoni zauzimaju 2,7 km<sup>2</sup> i za njih nisu potrebna dodatna istraživanja. U pravilu su pozicionirani u dolinama rijeka. Žuti i crveni poligoni karakteristični su za pobrđa. Žutih poligona ima najviše – 4,2 km<sup>2</sup> – a njihov prostorni smještaj nalaže preporuku provođenja dodatnih inženjersko-geomorfoloških istraživanja u svrhu još preciznijeg diskretiziranja. Crveni građevinski poligoni obuhvaćaju čak 2,7 km<sup>2</sup>, što je značajan udio u kontekstu visoke podložnosti, i za njih su nedvosmisleno potrebna detaljna istraživanja prije bilo kakvih budućih građevinskih zahvata. Prostorna distribucija građevinskih poligona prikazana je na slici (Slika 20).





Slika 20 Kategorizacija poligona građevinskih područja za grad Zabok



#### 4.6.2.2 Općina Stubičke Toplice

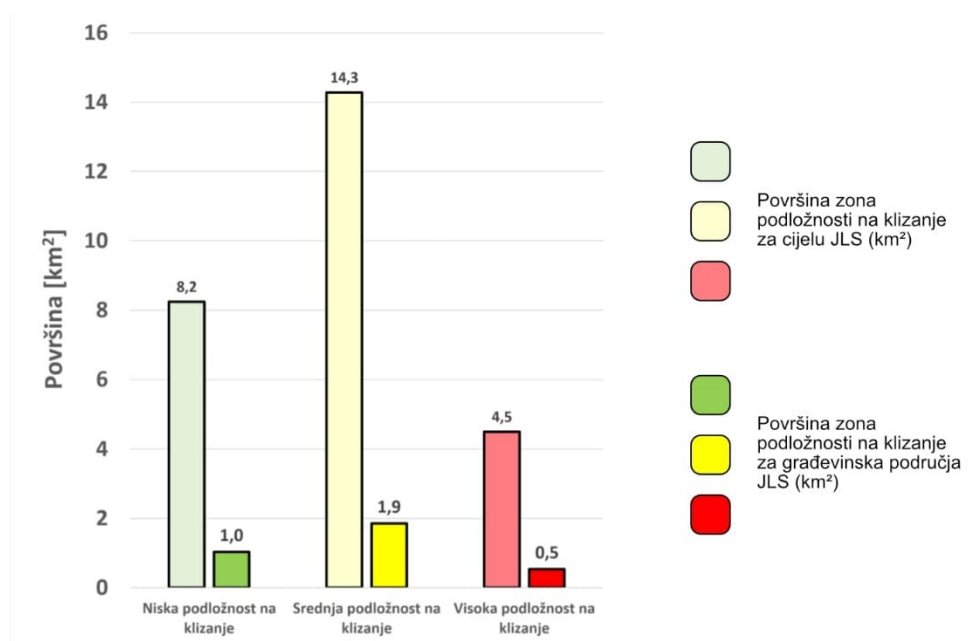
Općina Stubičke Toplice obuhvaća površinu od 27,02 km<sup>2</sup>. Prostorno se može podijeliti na tri geomorfološke cjeline. Hipsometrijski najistaknutiji dio nalazi se na jugoistoku, gdje se uzdiže dio Medvedničkog masiva izgrađen od starijih krednih stijena. Ovo područje, unatoč morfološkoj izraženosti, relativno je stabilno u pogledu podložnosti na klizanje upravo zbog nešto čvršćih krednih geoloških jedinica. Nasuprot tome, sjeverozapadni dio Općine obilježavaju blaže padine razvijene u plikvartarnim naslagama, dok su u podređenoj mjeri prisutni i razvedeniji reljefni oblici povezani s miocenskim jedinicama. U tom dijelu nalazi se i uska dolina Vidak potoka, koja predstavlja morfološki najnižih zonu Općine.

#### Katastar klizišta

Na prostoru općine Stubičke Toplice evidentirano je ukupno 94 klizišta, čime je klizanjem zahvaćeno 1,28 % površine Općine. Od ukupnog broja, 21 klizište ocijenjeno je ocjenom 3 ili višom – od toga 20 klizišta s ocjenom 3 i jedno s ocjenom 4. Nema klizišta najviše razine izraženosti (ocjena 5), što može ukazivati na prisutnost fosilnih oblika klizanja s manjom recentnom dinamikom.

#### Zone podložnosti na klizanje

Prema karti podložnosti na klizanje, zelena zona obuhvaća 30,5 % površine Općine, žuta zona 52,8 %, dok crvena zona pokriva 16,6 % površine (Slika 21). Prostorna distribucija zona jasno odražava geološke i morfološke karakteristike terena: crvena zona koncentrirana je u sjeverozapadnom dijelu, gdje prevladavaju plikvartarne i miocenske naslage, dok žuta i zelena zona dominiraju na prostoru krednog masiva Medvednice. Detaljan prikaz prostornog rasporeda zona podložnosti dan je u *Prilogu 25*.

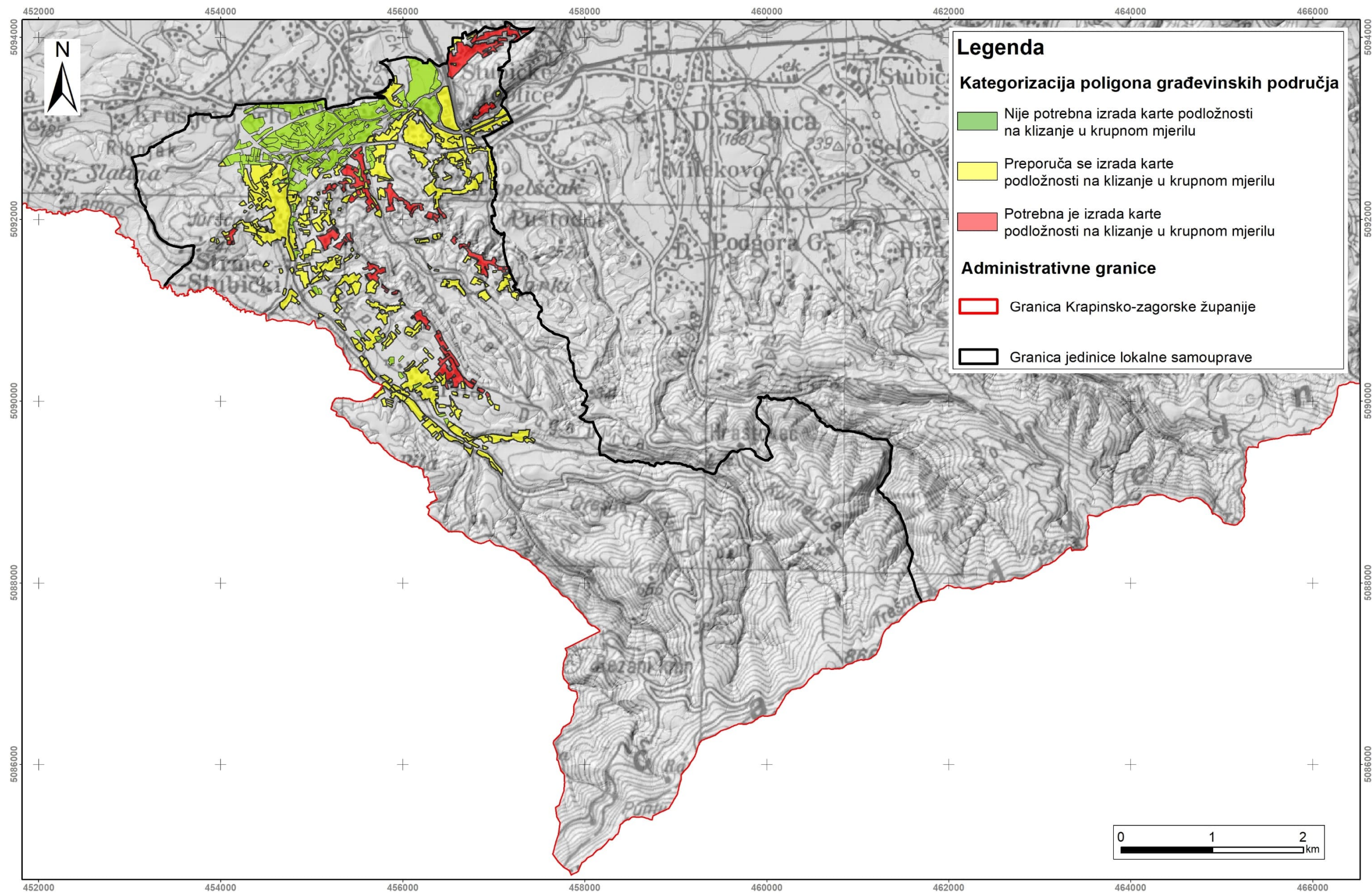


Slika 21 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Stubičke Toplice



*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Stubičkim Toplicama najvećim su dijelom smješteni unutar žute zone (1,9 km<sup>2</sup>), dok se u zelenoj zoni nalazi 1,0 km<sup>2</sup> površine namijenjene gradnji. Unutar crvene zone smješteno je 0,5 km<sup>2</sup> građevinskih poligona. Iako ukupni udio crvene zone u površini Općine iznosi relativno visokih 16,6 %, udio crvenih građevinskih površina je razmjerno manji. Međutim, za te površine je potrebno provesti detaljna istraživanja s ciljem generiranja karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Za žute građevinske zone preporučuju se detaljna istraživanja, dok za zelene zone detaljna istraživanja nisu potrebna. Prostorna distribucija građevinskih poligona po zonama prikazana je na slici (Slika 22).



Slika 22 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Stubičke Toplice

#### 4.6.2.3 Grad Zlatar

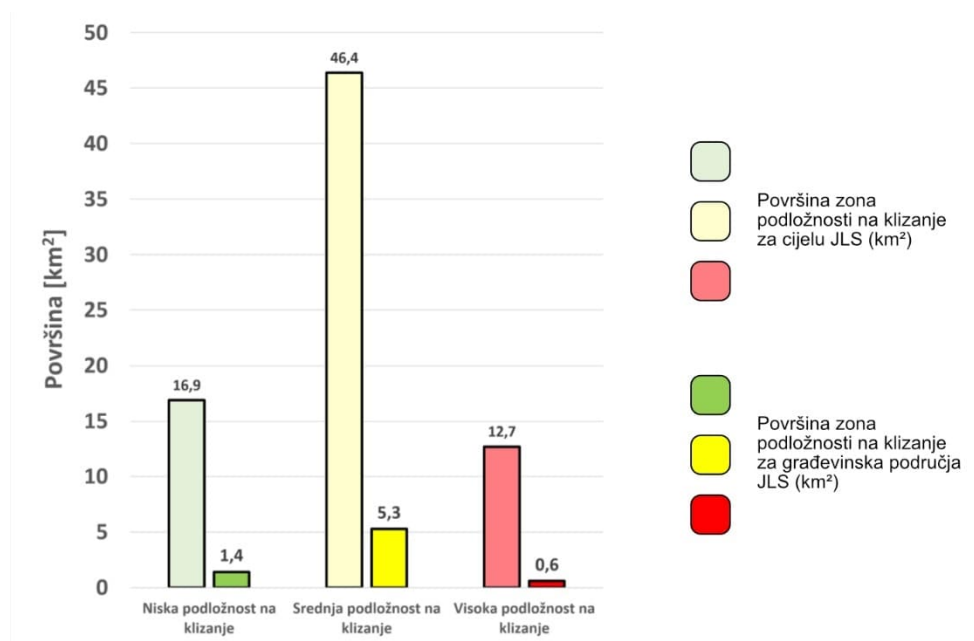
Grad Zlatar, s površinom od 76,03 km<sup>2</sup>, predstavlja površinom najveću JLS u na području KŽŽ-a. Reljefno gledano, prostor Grada može se podijeliti u tri osnovne geomorfološke cjeline. Najsjeverniji dio naslanja se na masiv Ivančice i predstavlja hipsometrijski najistaknutije područje, izgrađeno pretežno od trijaskih karbonatnih stijena. Ovo područje karakterizira relativno visoka stabilnost tla, s obzirom na čvrstoću i otpornost geološkog supstrata. Prema jugu, ulazi se u geološki i morfološki složenije pobrđe koje je izgrađeno većinom od miocenskih naslaga, često podložnih klizanju, te mjestimično i od pliokvartara. Ovaj središnji pojas Grada predstavlja područje s povećanom podložnosti na klizanje. Najjužniji dio čine uske doline vodotoka Reka i Batina, koje prekrivaju najmlađe kvartarne aluvijalne naslage i prostorno su ograničenog, ali stabilnog karaktera.

#### Katastar klizišta

Na području grada Zlatara evidentirano je ukupno 157 klizišta, koja pokrivaju 1,06 % ukupne površine Grada – udio koji je nešto niži od prosjeka grupe 2. Od ukupnog broja, 26 klizišta ocijenjeno je ocjenom 3 i višom. Prisutnost različitih ocjena upućuje na prostornu raznolikost intenziteta klizanja i moguće razlike u starosti i aktivnosti klizišta.

#### Zone podložnosti na klizanje

Zelena zona zauzima 22,2 % površine Grada, žuta zona 61,0 %, a crvena zona 16,7 % (Slika 23). Zelene zone dominantno se javljaju na sjevernom dijelu (masiv Ivančice) i u dolinama južnih vodotoka. Žute zone karakteristične su za središnji, miocenski dio Grada, dok su crvene zone koncentrirane na južnim obroncima Ivančice gdje se susreću nepovoljne geološke jedinice i izraženija energija reljefa. Prostorna distribucija zona podložnosti prikazana je u *Prilogu 31*.



Slika 23 Udio zona podložnosti na klizanje za grad Zlatar

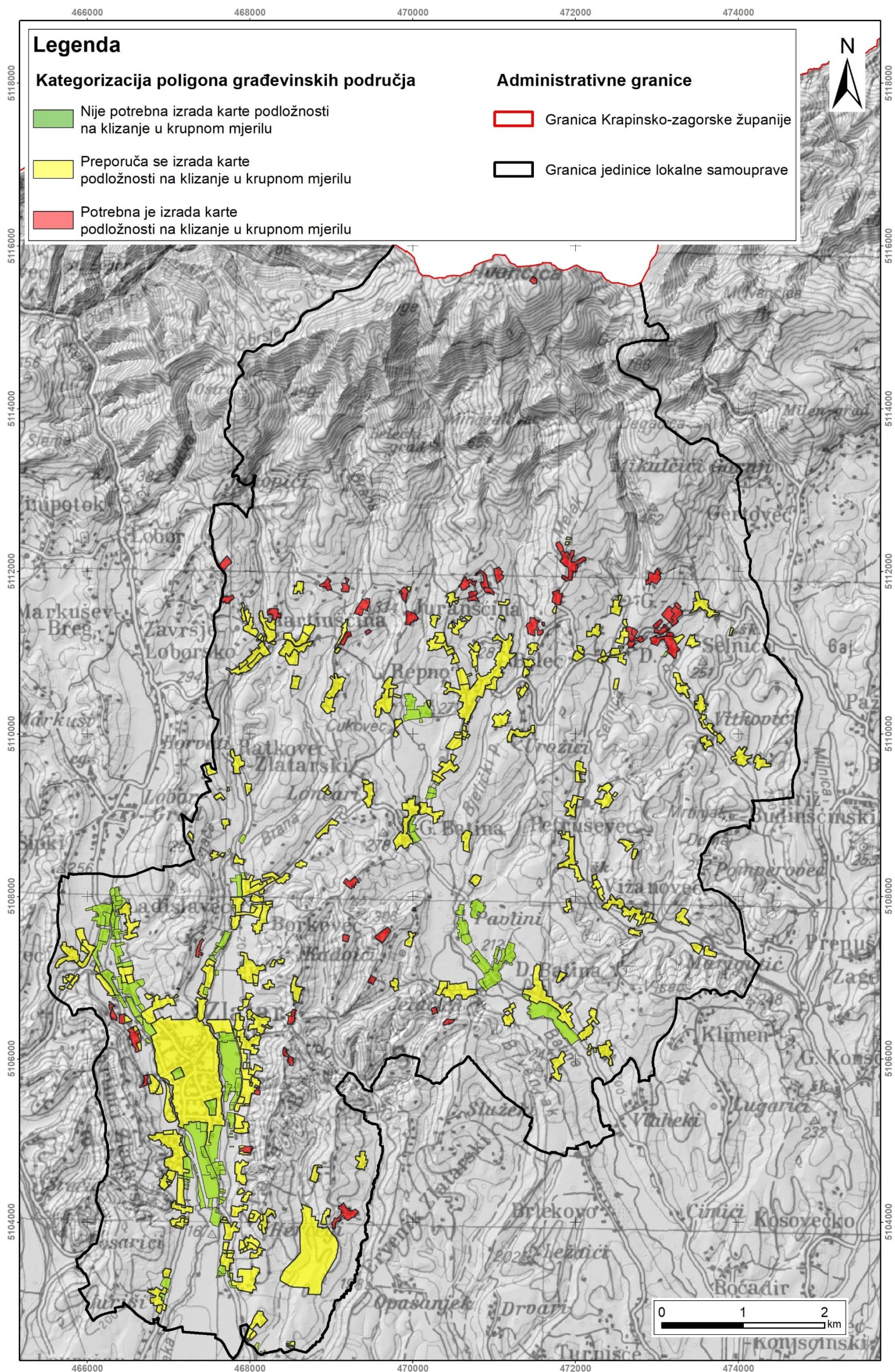


*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Zlataru pokrivaju sve tri zone podložnosti. U zelenoj zoni nalazi se 1,4 km<sup>2</sup> građevinskih površina, gdje nije potrebno detaljno istraživati. U žutoj zoni smješteno je 5,3 km<sup>2</sup> građevinskih poligona, za koje se preporučuju detaljna istraživanja s ciljem generiranja karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Površina crvenih građevinskih poligona iznosi 0,6 km<sup>2</sup>, i za te je poligone potrebno izvršiti detaljna istraživanja s istim ciljem.

Slika (Slika 24) predstavlja prostornu distribuciju kategoriziranih poligona građevinskih područja na kojoj zbog najveće koncentracije stanovništva valja istaći žuti poligon koji obuhvaća administrativno središte Grada. Iako većina njegove površine zapravo pripada zelenoj zoni, poligon je klasificiran kao žuti zbog činjenice da se njegov sjeverni rub naslanja na izraženije morfološke oblike i geološke jedinice povećane podložnosti (najmlađe miocenske naslage). Zbog povećanog rizika uvjetovanog nešto većom koncentracijom stanovništva ovaj poligon je potrebno detaljnije zonirati u pogledu podložnosti na klizanje.





Slika 24 Kategorizacija poligona građevinskih područja za grad Zlatar



#### 4.6.2.4 Općina Kraljevec na Sutli

Općina Kraljevec na Sutli prostire se na površini od 26,77 km<sup>2</sup> i smještena je u jugozapadnom dijelu KZŽ-a. To je jedina JLS grupe 2 koja se nalazi na zapadnom – geomorfološki i geodinamički aktivnijem dijelu Županije.

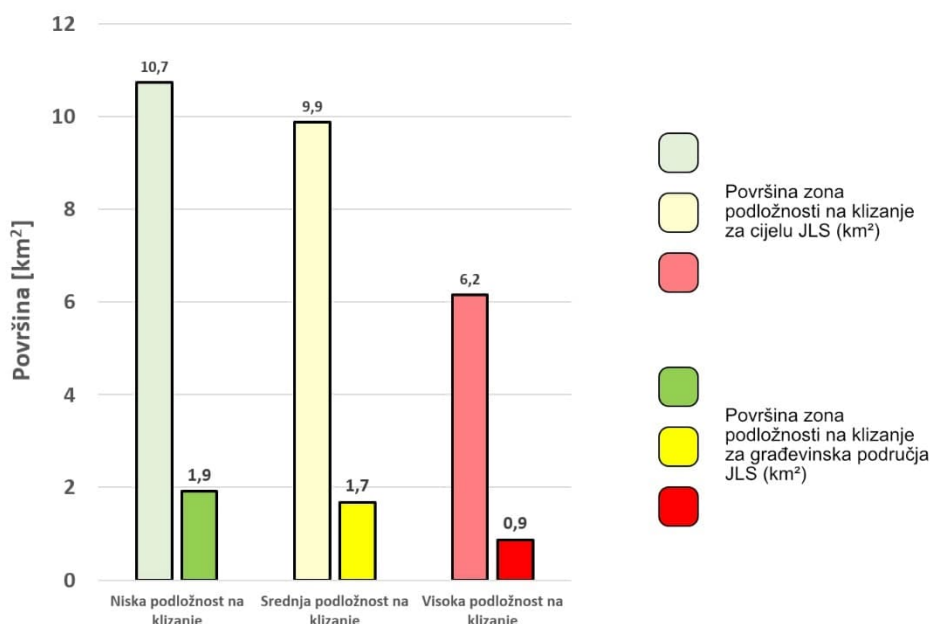
Reljefno se područje Općine može podijeliti u dvije osnovne cjeline. Zapadni nizinski dio uz rijeku Sutlu izgrađen je od kvartarnih aluvijalnih naslaga. Nasuprot tome, središnji i istočni dio Općine čine pobrđa izgrađena od miocenskih i pliokvartarnih geoloških jedinica. Taj je prostor znatno razvedeniji, a u pogledu podložnosti na klizanje pokazuje izraženiju aktivnost.

#### Katastar klizišta

Na području općine Kraljevec na Sutli izdvojeno je ukupno 137 klizišta, što odgovara 1,36 % površine Općine – identično prosječnom udjelu za JLS grupe 2. Od toga, 45 klizišta ocijenjeno je ocjenom 3 ili višom, s jednim klizištem s najvišom ocjenom 5. Ovakva struktura ukazuje na prisutnost većeg broja klizišta s jasno izraženim značajkama, što može značiti i veći potencijal za reaktivaciju u slučaju promjene režima oborina ili intervencija u prostoru.

#### Zone podložnosti na klizanje

Zelena zona zauzima 40,1 % površine Općine i prostorno se koncentrira na zapadnom dijelu, uz dolinu rijeke Sutle. Žuta zona obuhvaća 36,9 % površine i prostire se u središnjem i jugoistočnom dijelu Općine. Crvena zona zauzima 23,0 % i javlja se na energetski najizrazitijim dijelovima sjeveroistočnih pobrđa (Slika 25). Prostorna distribucija zona podložnosti prikazana je u *Prilogu 12*.



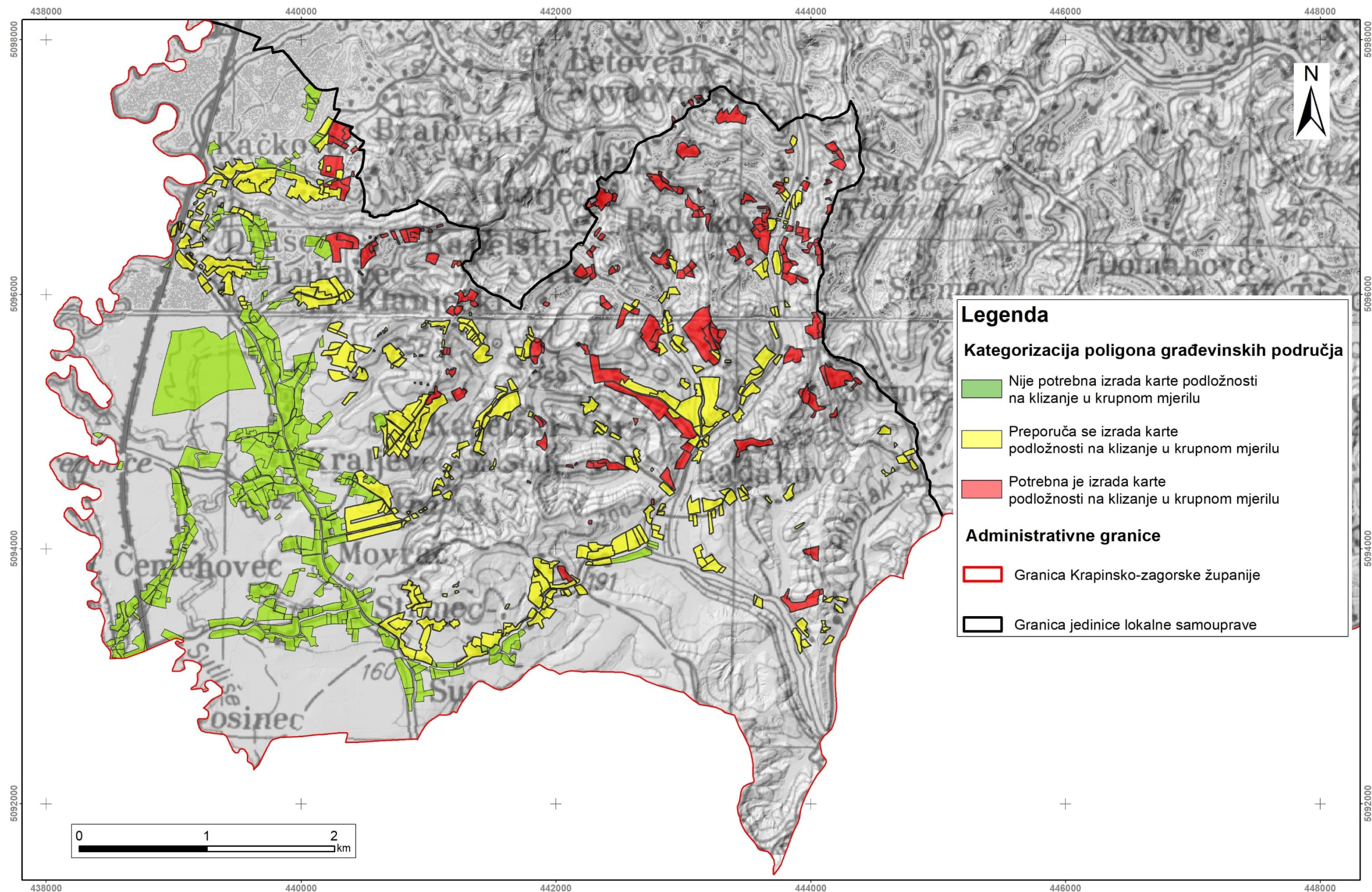
Slika 25 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Kraljevec na Sutli

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u općini Kraljevec na Sutli također obuhvaćaju sve tri zone podložnosti. Površina građevinskih zona unutar zelene zone iznosi 1,9 km<sup>2</sup>, za koje nije potrebno detaljno istraživati. U žutoj zoni nalazi se 1,7 km<sup>2</sup> građevinskih površina, za koje se preporučuju detaljna istraživanja s ciljem generiranja karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Unutar crvene zone nalazi se 0,9 km<sup>2</sup> građevinskih poligona, za koje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja s istim ciljem. Distribucija građevinskih poligona po zonama podložnosti prikazana je na slici (Slika 26).

Općina Kraljevec na Sutli prostorno se uklapa u obrazac karakterističan za JLS grupe 2. Nema posebnih iznimki u distribuciji ili tipu ugroženosti koje bi zahtijevale odstupanje od standardnih preporuka.





Slika 26 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Kraljevec na Sutli



#### 4.6.2.5 Općina Hrašćina

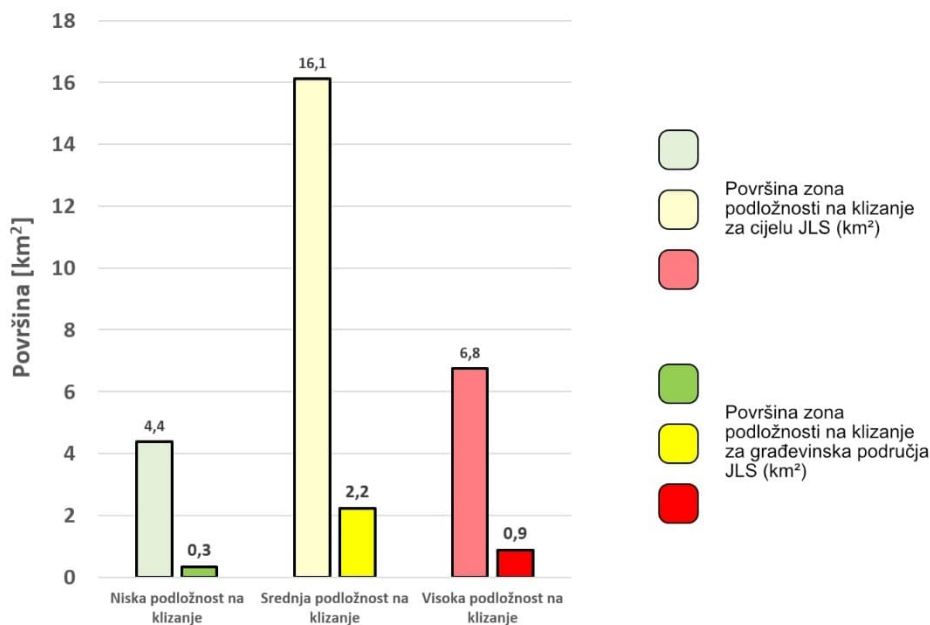
Općina Hrašćina prostire se na površini od 27,27 km<sup>2</sup> i smještena je na krajnjem istočnom dijelu KZŽ-a. Reljefno se može podijeliti na dva osnovna dijela. Zapadni dio obuhvaća dolinu rijeke Krapine i kao takav je nizinskog karaktera. Prekrivaju ga kvartarne aluvijalne naslage. Središnji i istočni dio Općine čine pobrđa, izgrađena od miocenskih i kvartarnih lesnih naslaga, koja su geomorfološki razvedenija i podložnija klizanju.

#### Katastar klizišta

Na prostoru općine Hrašćina evidentirano je ukupno 40 klizišta, što je najmanji broj u JLS grupi 2. Površinom su klizišta obuhvatila relativno nizak postotak ukupne površine Općine, tek nekih 0,89 %. Od ukupnog broja, 9 klizišta ocijenjeno je ocjenom 3 ili višom: četiri klizišta s ocjenom 3, četiri s ocjenom 4 i jedno s ocjenom 5. Iako je broj klizišta relativno nizak, prisutnost viših ocjena, te njihov udio u ukupnom broju klizišta, sugerira mogućnost ozbiljnijih lokalnih nestabilnosti, posebice u morfološki izraženijim dijelovima.

#### Zone podločnosti na klizanje

Zelena zona zauzima 16,1 % površine Općine i prostorno je ograničena uglavnom na dolinu Krapine na zapadu. Žuta zona obuhvaća 59,1 % i rasprostire se kroz središnji i južni dio pobrđa. Crvena zona zauzima 24,8 % površine i koncentrirana je u sjevernom, energetski najistaknutijem dijelu Općine (Slika 27). Prostorna distribucija zona prikazana je u *Prilogu 7*.

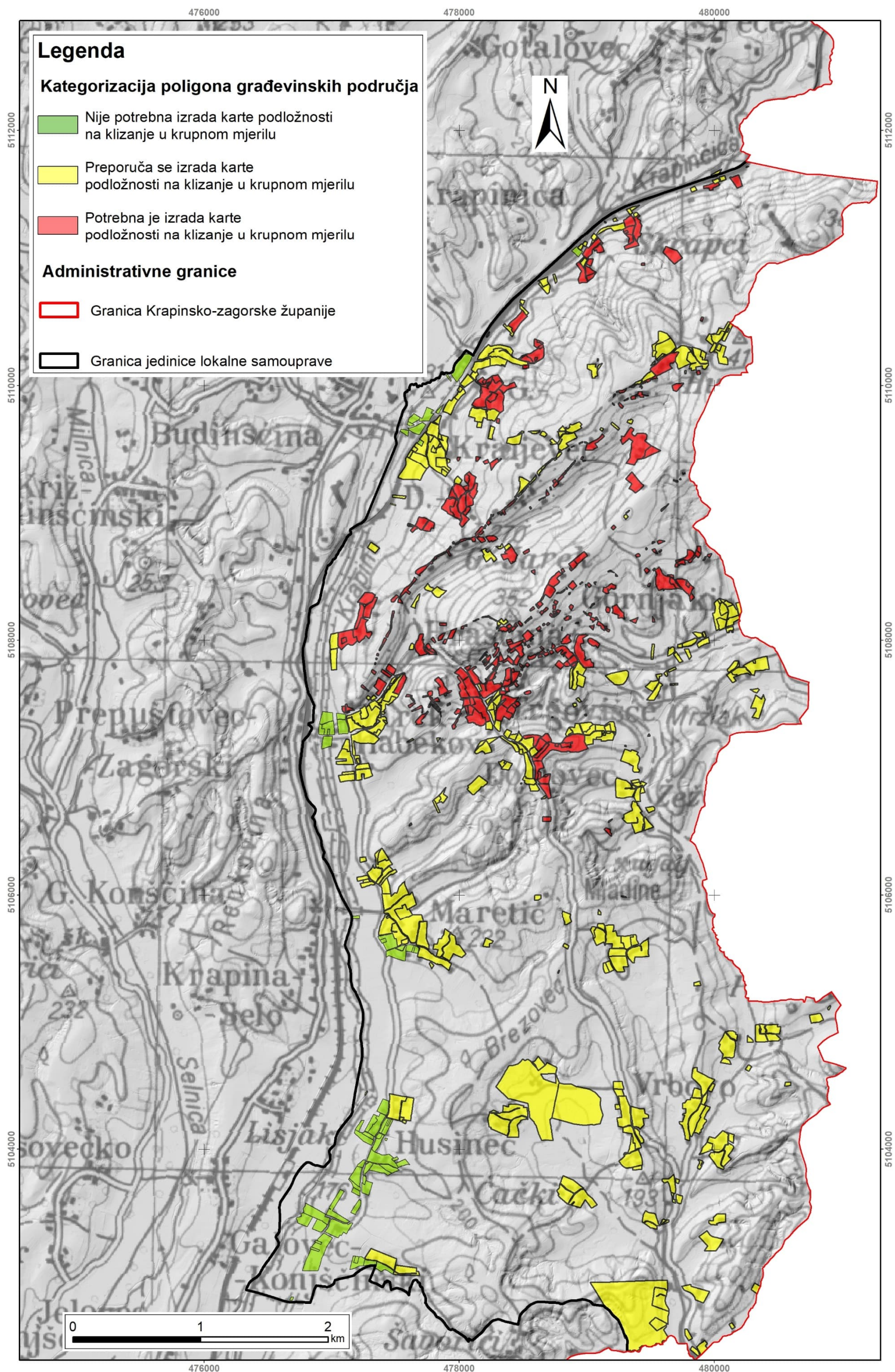


Slika 27 Udio zona podločnosti na klizanje za općinu Hrašćina

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Hrašćini najvećim su dijelom smješteni u žutoj zoni (2,2 km<sup>2</sup>), za koje se preporučuju detaljna istraživanja s ciljem generiranja karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. U crvenoj zoni nalazi se 0,9 km<sup>2</sup> građevinskih poligona, koji su najčešće površinski vrlo mali i razmješteni u sjevernim dijelovima Općine. Upravo ta prostorna usitnjenost može dodatno otežati provedbu detaljnog zoniranja i interpretaciju podataka u krupnijem mjerilu. Unatoč tome, za te poligone potrebno je izvršiti detaljna istraživanja. Zeleni građevinski poligoni obuhvaćaju svega 0,3 km<sup>2</sup>, a nalaze se u dolini rijeke Krapine i za njih nije potrebno detaljno istraživati. Prostorna raspodjela građevinskih zona prikazana je na slici (Slika 28).





Slika 28 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Hrašćina



#### 4.6.2.6 Općina Budinščina

Općina Budinščina smještena je na krajnjem sjeveroistočnom dijelu KZŽ-a i prostire se na 55,03 km<sup>2</sup>. Geomorfološki je vrlo slična susjednom gradu Zlataru, s jasnom podjelom između sjevernog planinskog dijela i južnih pobrđa.

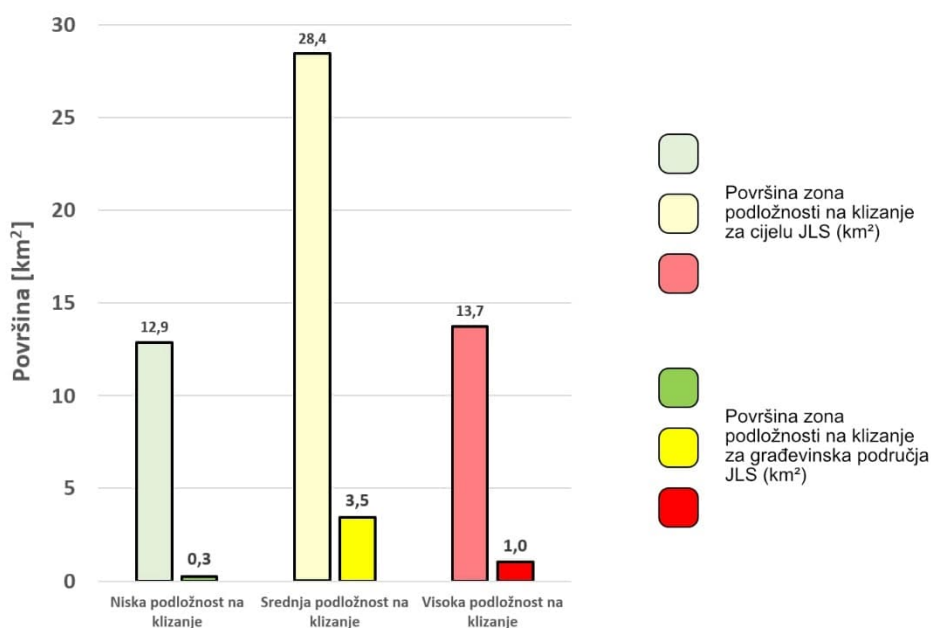
Sjeverni dio Općine obuhvaća obronke masiva Ivančice, izgrađene od trijaskih i oligocensko-miocenskih stijena, uključujući dolomite, klastite i efuzive. Južnije se nalazi valovito pobrđe, izgrađeno od najmlađih miocenskih naslaga i kvartarnih lesnih sedimenata. Doline vodotoka Milnica i najvišeg toka rijeke Krapine prostiru se u uskom pojasu južnog dijela Općine i karakterizira ih niska podložnost zbog pretežito aluvijalnih naslaga koje se nalaze na reljefu niže energije.

##### *Katastar klizišta*

Na području općine Budinščina izdvojeno je 80 klizišta, što je relativno nizak broj s obzirom na površinu Općine. Klizišta ukupno zahvaćaju 0,71 % površine, što je jedan od najnižih udjela unutar JLS grupe 2. Samo 5 klizišta ocijenjeno je ocjenom 3, dok klizišta ocijenjena ocjenama 4 i 5 nisu zabilježena. Prosječna ocjena klizišta iznosi svega 1,4, što ukazuje na nisku izraženost izdvojenih klizišta i moguće slabiju recentnu aktivnost.

##### *Zone podložnosti na klizanje*

Zelena zona zauzima 23,4 % površine Općine i prostorno se podudara s najsjevernijim trijaskim dijelom Ivančice i dolinama vodotoka na krajnjem jugu Općine. Žuta zona pokriva 51,6 % površine i dominantno se proteže južnim pobrđem. Crvena zona obuhvaća 25,0 % površine i prostire se u središnjem dijelu, gdje su prisutne oligocensko-miocenske stijene, te na sjevernom miocenskom pojasu koji se naslanja na masiv Ivančice (Slika 29). Prostorna distribucija zona prikazana je u *Prilogu 2*.

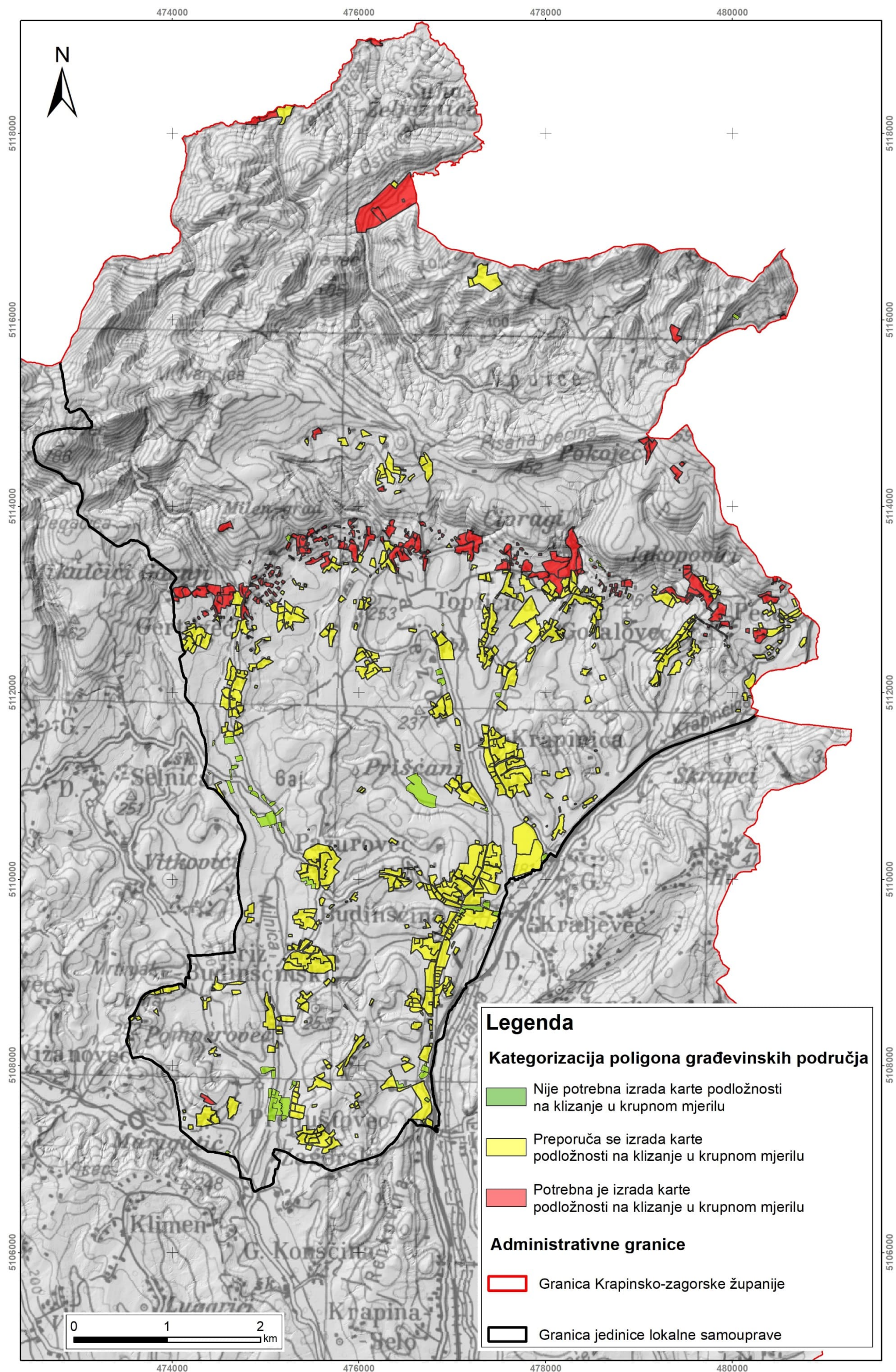


Slika 29 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Budinščina

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Poligoni građevinskih područja općine Budinščina najvećim su dijelom smješteni u žutoj zoni (3,5 km<sup>2</sup>), za koje se preporučuju detaljna istraživanja s ciljem generiranja karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Površina crvenih građevinskih poligona iznosi 1,0 km<sup>2</sup>, a većina ih se nalazi na sjevernim miocenskim padinama. Za ove površine potrebno je izvršiti detaljna istraživanja. Zeleni građevinski poligoni zauzimaju samo 0,3 km<sup>2</sup> i nalaze se uglavnom uz doline vodotoka, gdje nije potrebno detaljno istraživati. Prostorna distribucija poligona građevinskih područja po zonama podložnosti prikazana je na slici (Slika 30).





Slika 30 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Budinščina



#### 4.6.2.7 Općina Lobar

Općina Lobar prostire se na površini od 43,23 km<sup>2</sup> i pripada sjeveroistočnom dijelu KŽŽ-a. Geomorfološki pokazuje sličnosti s općinama Zlatar i Budinščina, s karakterističnim geološkim i geomorfološkim kontrastnom situacijom u smjeru sjever–jug.

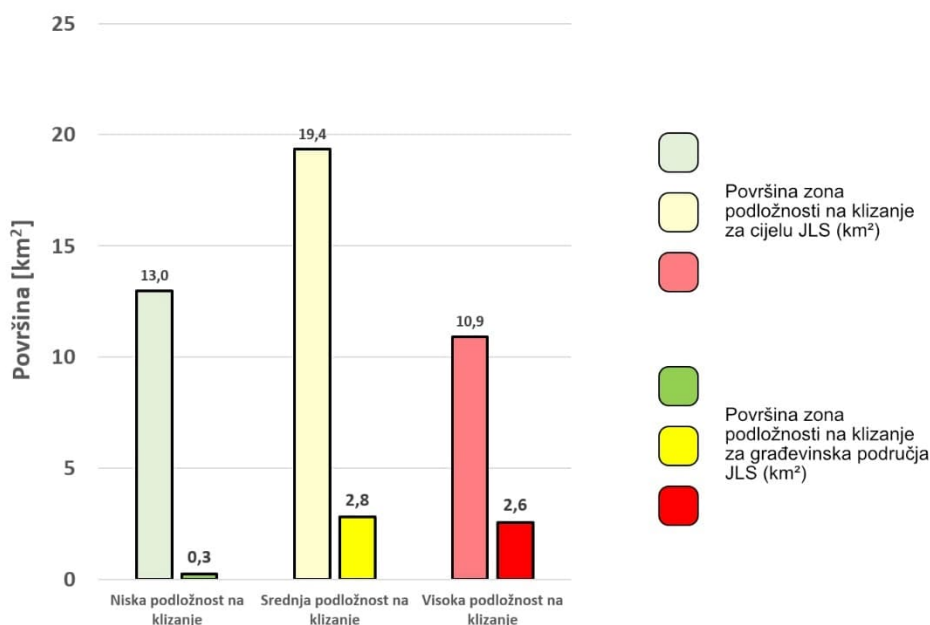
Sjeverni dio Općine zauzima hipsometrijski najistaknutiji prostor masiva Ivančice, izgrađen od raznolikih mezozojskih stijena. Unutar ovog kompleksa, posebno su izražene nestabilne jedinice oligocensko–miocenskog sastava. Središnji i zapadni dio Općine karakteriziraju miocenske naslage niže nadmorske visine, ali izraženije nestabilnosti. Južni dio Općine, izgrađen od najmlađih miocenskih naslaga, predstavlja zonu s niskom energijom reljefa.

#### Katastar klizišta

Na području općine Lobar evidentirana su 82 klizišta, koja ukupno zahvaćaju 1,09 % površine Općine. Od ukupnog broja, 30 klizišta ocijenjeno je ocjenom 3 ili višom (23 s ocjenom 3, 4 s ocjenom 4 i 3 s najvišom ocjenom 5). Raspodjela ocjena ukazuje na prisutnost procesa klizanja različitog stupnja izraženosti, od manje vidljivih do potencijalno aktivnih.

#### Zone podložnosti na klizanje

Na temelju dostupnih podataka, zelena zona obuhvaća 30,0 % površine Općine, žuta zona 44,8 %, a crvena zona 25,3 % (Slika 31). Prostorna distribucija zona podložnosti usklađena je s geološkom i morfološkom strukturom terena: sjeverni dio Općine, koji se naslanja na stabilnije trijasko i kredne naslage, pretežito je unutar zelene zone, dok su središnji i zapadni dijelovi, izgrađeni od oligocensko-miocenskih jedinica, dominantno unutar crvene zone. Najjužnija zona Općine, geološki najmlađa i morfološki najmirnija, pretežno je u žutoj zoni. Detaljan prostorni raspored zona prikazan je u *Prilogu 16*.



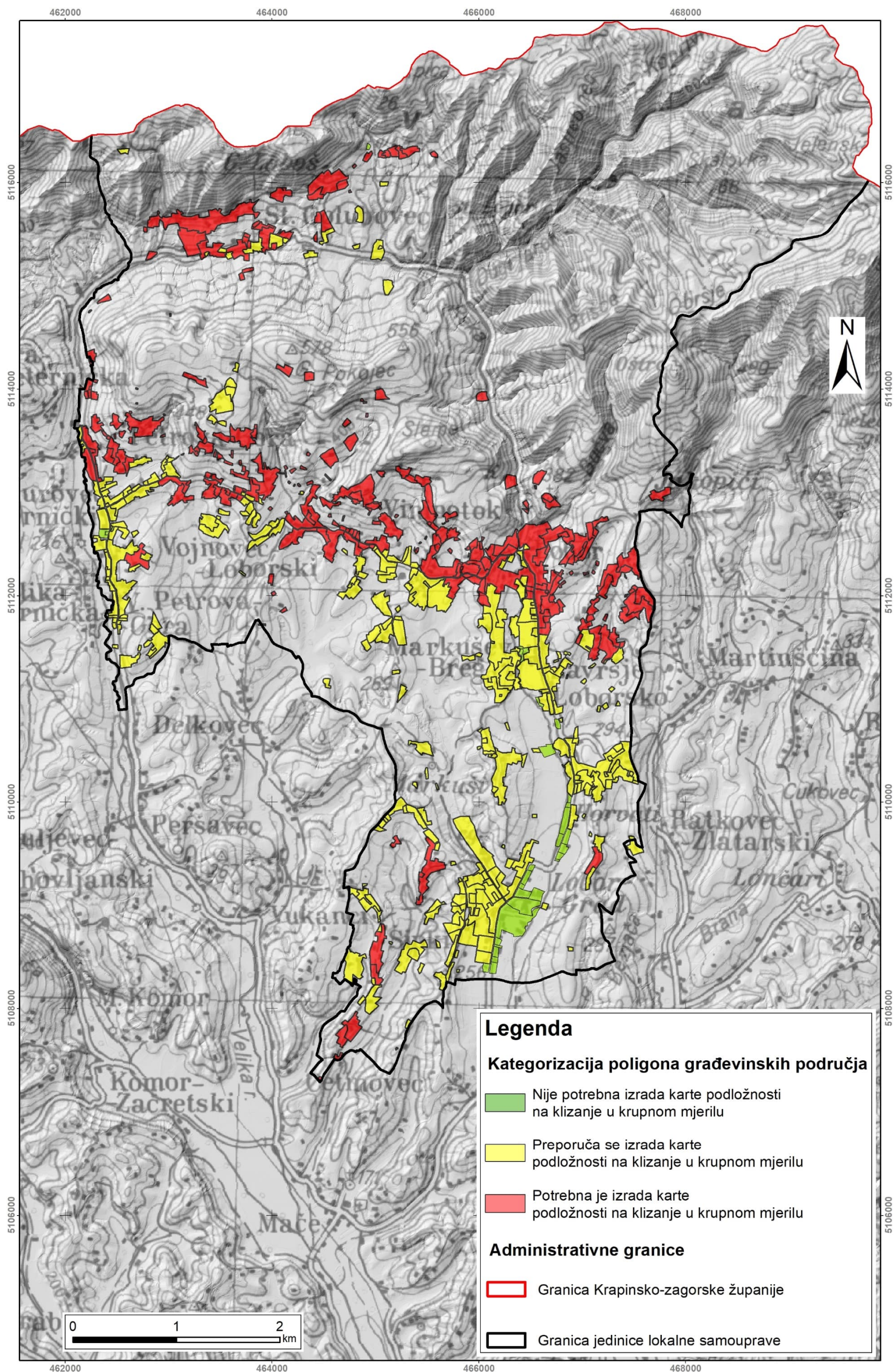
Slika 31 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Lobar

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Poligoni građevinskih područja u općini Lobar površinski su raspoređeni uglavnom unutar žute i crvene zone. Žuta zona obuhvaća 2,8 km<sup>2</sup> građevinskih površina, za koje se preporučuju detaljna istraživanja s ciljem generiranja karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. U crvenoj zoni nalazi se 2,6 km<sup>2</sup> građevinskih poligona, što je značajan udio, a za koje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja. Zelena zona, s površinom od svega 0,3 km<sup>2</sup>, prisutna je u vrlo ograničenom opsegu, gotovo isključivo na krajnjem jugu Općine, gdje nije potrebno provoditi dodatna istraživanja.

Distribucija građevinskih poligona uvelike prati prostornu raspodjelu podložnosti na klizanje, a ističe se gotovo potpuni izostanak građevinskih zona u stabilnijim dijelovima terena. Prostorna raspodjela poligona prikazana je na slici (Slika 32).





Slika 32 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Lobar



#### 4.6.2.8 Općina Gornja Stubica

Općina Gornja Stubica smještena je u jugozapadnom dijelu KZŽ-a, na sjevernim obroncima Medvednice. Obuhvaća površinu od 48,69 km<sup>2</sup> i predstavlja jednu od reljefno i geodinamički složenijih JLS-ova.

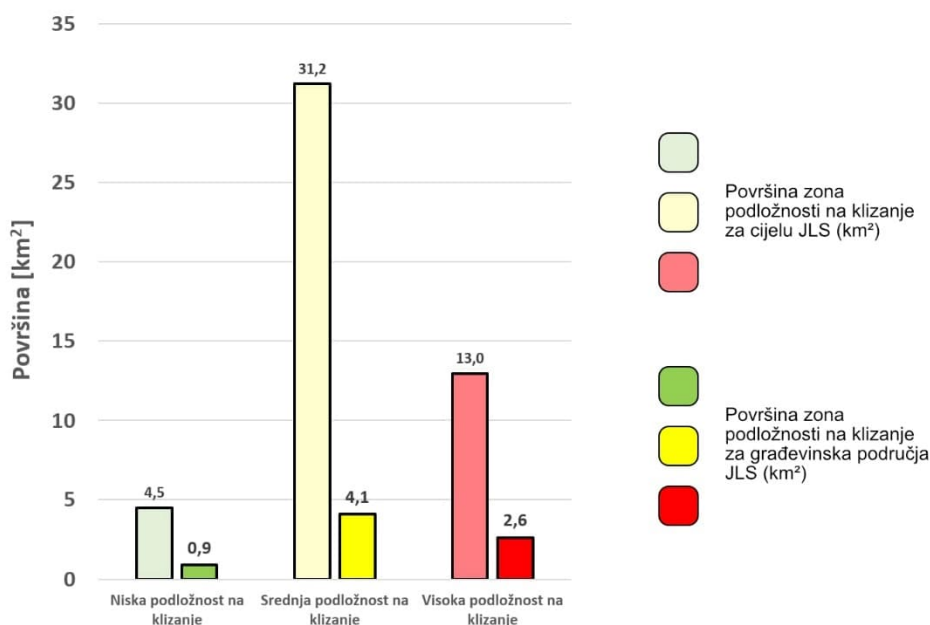
Reljefno i geološki, Općina se dijeli na dva kontrastna dijela. Južni dio je hipsometrijski izraženiji i morfološki razveden, a izgrađen je od starijih stabilnijih (viši stupanj konsolidacije) i mlađih nestabilnijih (niži stupanj konsolidacije) miocenskih naslaga te mezozojskih geoloških jedinica. Sjeverni dio, nešto niži i također razveden, izgrađen je većinom od mlađih miocenskih naslaga te dijelom od krednog vulkanogeno-sedimentnog kompleksa s izmjenama nešto nestabilnijih klastita i stabilnih dijabaza. Granicu između ovih dviju zona prirodno definira potok Burnjak. Krajnji sjeverni rub Općine ulazi u dolinu rijeke Krapine.

#### Katastar klizišta

Na području općine Gornja Stubica evidentirano je ukupno 206 klizišta, što predstavlja vrlo visok udio — 2,85 % ukupne površine. Od navedenih, 28 klizišta ocijenjeno je ocjenom 3 i višom (25 klizišta ocjene 3, 2 klizišta ocjene 4 i 1 klizište ocjene 5). Ova brojnost i izraženost klizišta potvrđuju relativno visok geomorfološki i geodinamički rizik na prostoru Općine.

#### Zone podložnosti na klizanje

Zelena zona zauzima tek 9,3 % površine Općine, žuta zona 64,1 %, dok crvena zona obuhvaća 26,6 % (Slika 33). Prostorna distribucija jasno pokazuje dominaciju žute zone u središnjem dijelu Općine, crvene zone u južnom dijelu, te ograničene zelene površine na sjeveru i zapadu u dolinama rijeke Krapine i potoka Burnjaka. Prostorna raspodjela podložnosti prikazana je u Prilogu 6.

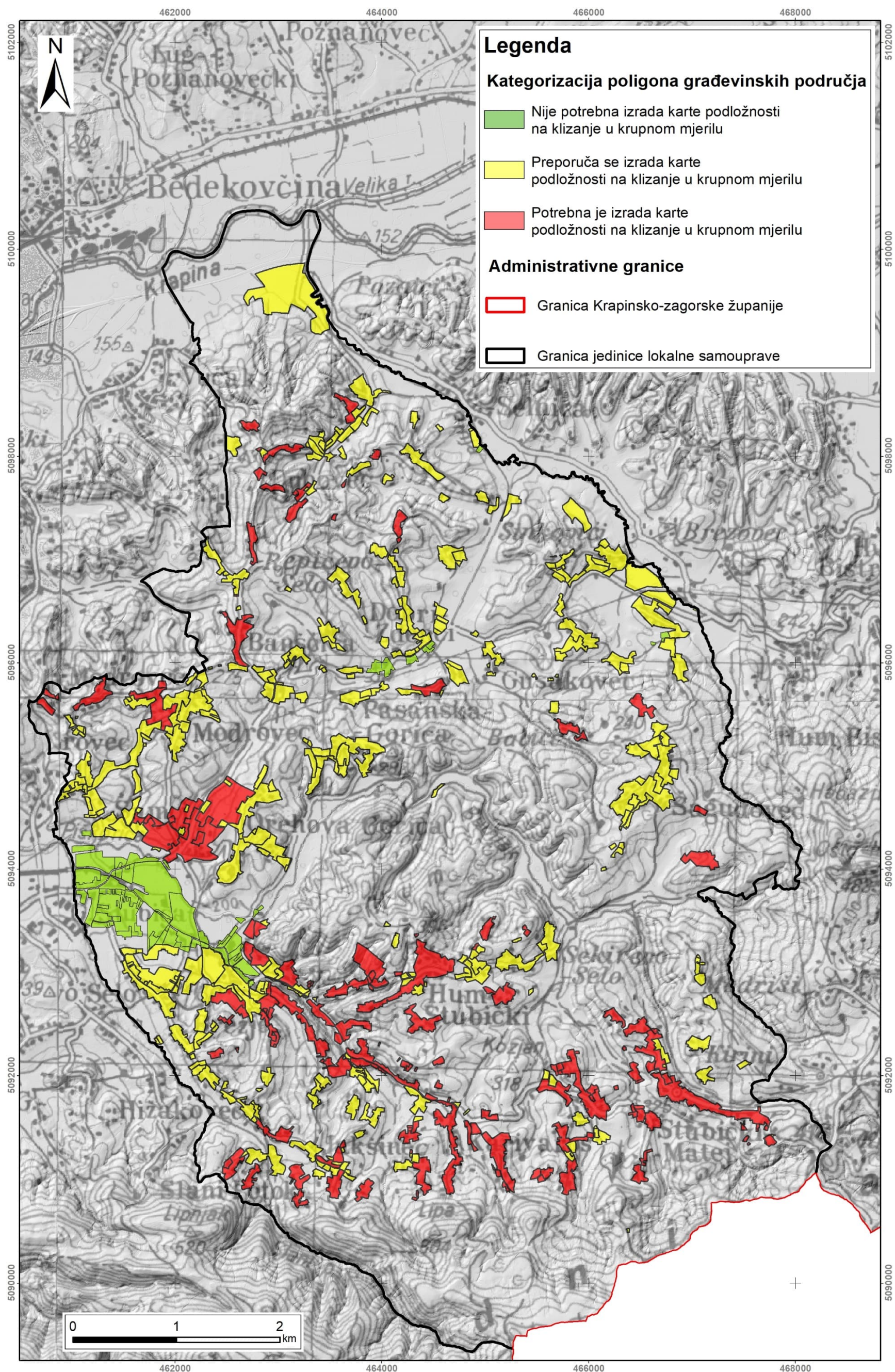


Slika 33 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Gornja Stubica

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni raspoređeni su kroz sve tri zone podložnosti. U žutoj zoni smješteno je najviše građevinskih površina (4,1 km<sup>2</sup>), za koje se preporučuju detaljna istraživanja s ciljem generiranja karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Crveni poligoni, koji zauzimaju 2,6 km<sup>2</sup>, dominantno su locirani u južnom dijelu Općine, gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja. Zeleni poligoni građevinskih područja čine svega 0,9 km<sup>2</sup> i nalaze se na zapadu, gdje se nalazi i administrativno središte Općine; za ove površine nije potrebno detaljno istraživati. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 34).





Slika 34 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Gornja Stubica



#### 4.6.2.9 Općina Mihovljan

Općina Mihovljan smještena je u središnjem dijelu KŽŽ-a i prostire se na površini od 26,17 km<sup>2</sup>. Područje Općine proteže se između Gregurovca Veterničkog na sjeveru i Strogače na jugu, koji ujedno predstavljaju dvije hipsometrijski najizraženije točke prostora.

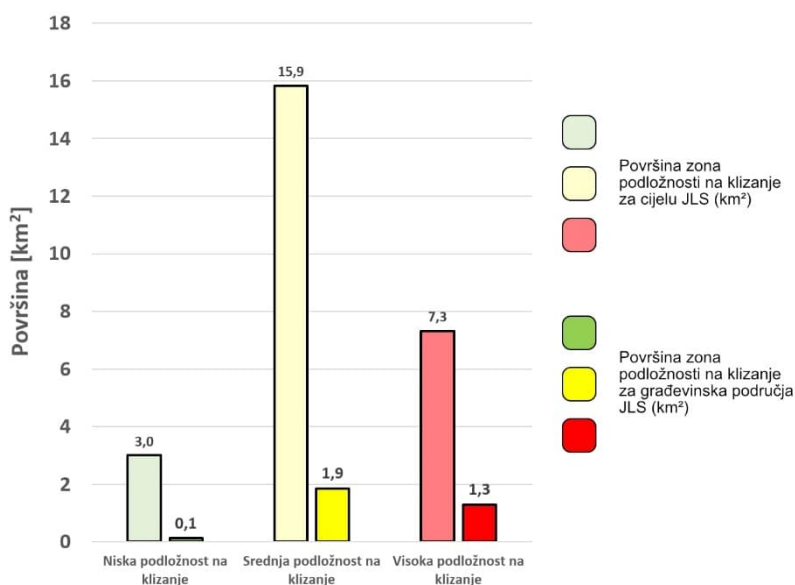
Cijelo područje općine Mihovljan geomorfološki pripada pobrđu. Većinu prostora grade miocenske naslage, dok se samo južni dio Općine, koji se naslanja na masiv Strogače, sastoji od trijaskih karbonatnih stijena, koje se u pogledu stabilnosti ne smatraju podložnima procesima klizanja. Najizraženije zone reljefne energije, kao i najveći rizici, nalaze se na sjeveru i jugozapadu, gdje dominiraju srednje-miocenske nestabilnije jedinice.

#### Katastar klizišta

Na prostoru općine Mihovljan evidentirano je 71 klizište, koja pokrivaju 1,35 % ukupne površine. Od toga je 11 klizišta ocijenjeno s ocjenom 3 ili višom (7 klizišta s ocjenom 3, 3 klizišta s ocjenom 4 i 1 klizište s najvišom ocjenom 5). Ovakva raspodjela pokazuje prisutnost aktivnih i potencijalno opasnih klizišta u zoni srednje do visoke podločnosti, unatoč nešto manjoj ukupnoj površinskoj rasprostranjenosti klizišta. U pogledu procijenjene aktivnosti ističe se sjeverozapadni prostor južnih obronaka Gore Veterničke.

#### Zone podločnosti na klizanje

Zelena zona zauzima svega 11,5 % površine Općine, žuta zona je dominantna, s udjelom od 60,6 %, dok crvena zona zauzima 27,9 % površine (Slika 35). Žuta zona karakterizira središnji dio Općine izgrađen od slabije konsolidiranih miocenskih naslaga. Crvene zone dominiraju na sjevernim i jugozapadnim dijelovima, gdje se bilježi izraženija energija reljefa. Zelena zona prostorno je ograničena na sjeverne obronke Strogače te na nekoliko nepovezanih "otoka" unutar središnje žute zone. Prostorna podjela zona prikazana je u *Prilogu 19*.



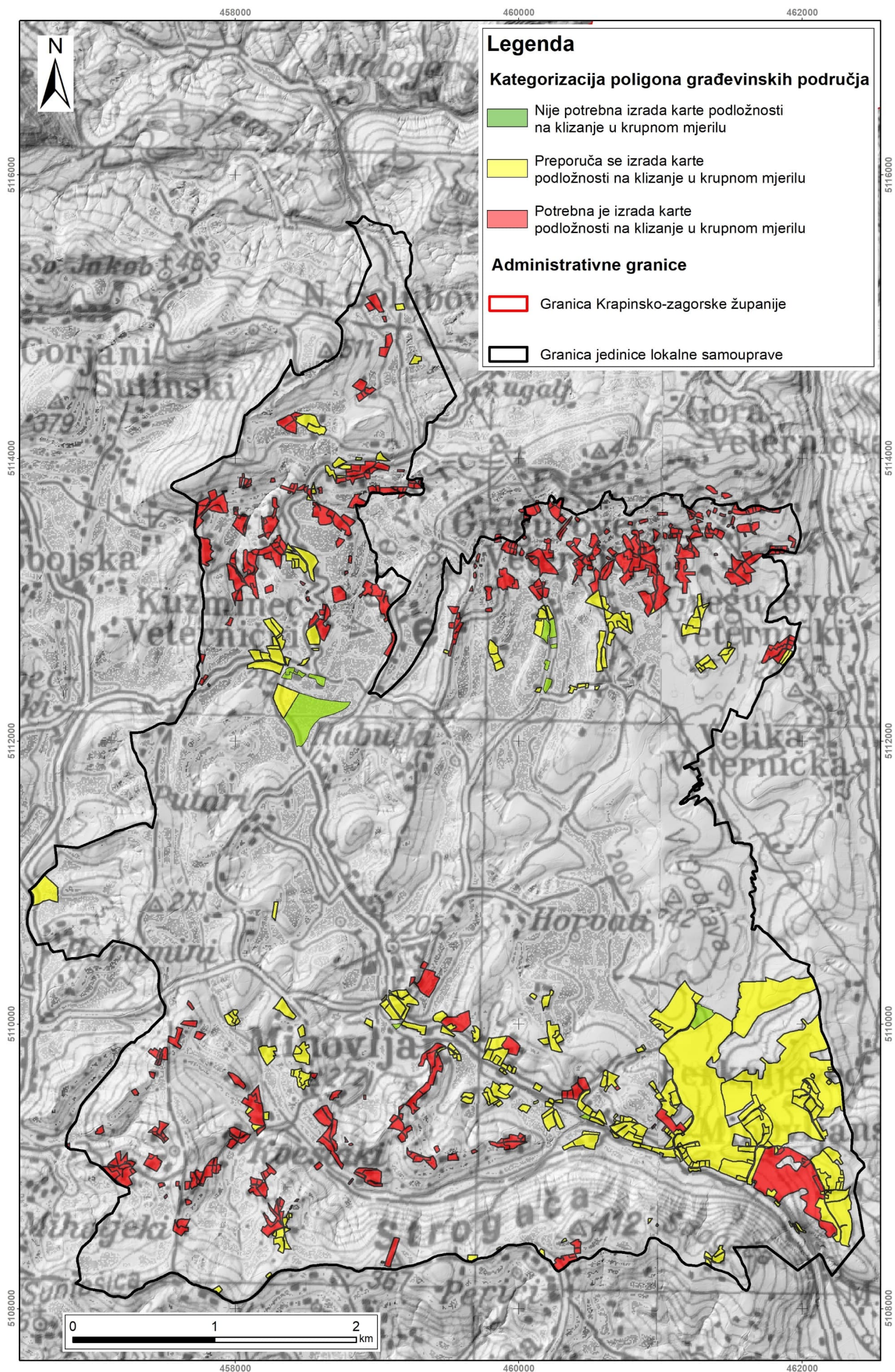
Slika 35 Udio zona podločnosti na klizanje za općinu Mihovljan

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Mihovljanu gotovo su u cijelosti smješteni u žutim i crvenim zonama – 1,8 km<sup>2</sup> u žutoj zoni i 1,3 km<sup>2</sup> u crvenoj zoni. Samo 0,1 km<sup>2</sup> građevinskih površina nalazi se u zelenoj zoni, gdje nije potrebno dodatno istraživati. Za sve građevinske poligone unutar žute zone preporučuju se detaljna istraživanja, dok je za poligone u crvenoj zoni potrebno je izvršiti detaljna istraživanja s ciljem generiranja karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu.

S obzirom na činjenicu da su građevinske zone gotovo u potpunosti smještene unutar žute i crvene kategorije, te uz izraženu prisutnost reljefno osjetljivih prostora, općinu Mihovljan bi, bez obzira na nešto niži ukupni udio crvene zone, bilo razborito razmotriti za uključivanje u najugroženije - JLS grupe 3. Iz prostorne distribucije poligona građevinskih područja jasno je vidljivo da je većina stanovništva naseljeno u najugroženijim dijelovima Općine čime je rizik od klizanja u ovoj Općini ipak nešto viši. Prostorna distribucija građevinskih poligona prikazana je na slici (Slika 36).





Slika 36 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Mihovljan



#### 4.6.2.10 Grad Donja Stubica

Grad Donja Stubica, površine 43,54 km<sup>2</sup>, smješten je u južnom dijelu KŽŽ-a. Geografski se proteže od medvedničkog masiva na jugu do doline rijeke Krapine na sjeveru, obuhvaćajući nizinsko i brežuljkasto područje različitih geomorfoloških karakteristika.

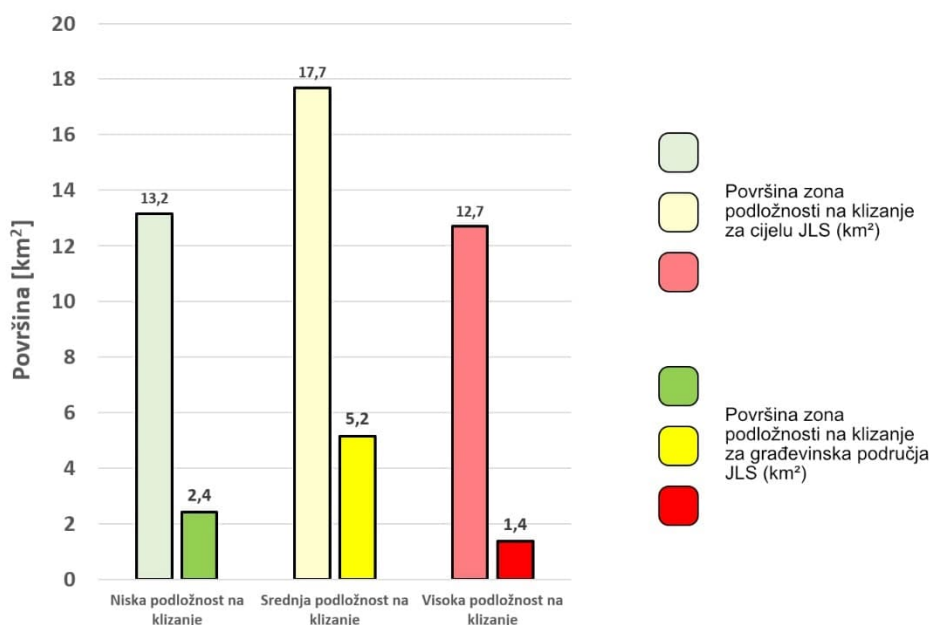
Grad pokriva tri glavne geomorfološke cjeline: na sjeveru se nalazi dolina rijeke Krapine, dok središnji dio čini dolina vodotoka Vukšenac, koji prolazi kroz administrativno središte Grada. Obje ove nizinske zone izgrađene su od kvartarnih aluvijalnih naslaga. Južni dio pripada medvedničkom masivu, izgrađenom od starijih, stabilnijih permjskih klastita. Između ovih stabilnijih područja proteže se brežuljkasta zona izgrađena od najmlađih miocenskih i plio kvarternih naslaga – geomorfološki i geološki najnestabilniji dio Grada.

#### Katastar klizišta

Na području Donje Stubice evidentirana su ukupno 242 klizišta, što čini 1,47 % ukupne površine Grada. Klizišta su izraženija i dinamičnija u odnosu na većinu drugih JLS-ova, što potvrđuje i prosječna ocjena njihove izražajnosti od 2,3 – među najvišima u grupi 2. Ocjenom 3 ili višom ocijenjena su čak 93 klizišta (61 klizišta ocjene 3, 30 klizišta ocjene 4 i 2 klizišta ocjene 5), što ukazuje na značajan rizik od aktivacije klizišta.

#### Zone podločnosti na klizanje

Zelena zona zauzima 30,2 %, žuta zona 40,6 %, a crvena zona 29,2 % ukupne površine Grada (Slika 37). Zone su razmjerno ravnomjerno raspoređene, a prostorna distribucija dobro korelira s litološko-geomorfološkim zonama: zelene zone se nalaze uz vodotoke i dijelove medvedničkog masiva, crvene su vezane uz sjeverna i južna pobrđa, dok žute čine prijelazne zone u središnjem dijelu. Detaljan prostorni prikaz dan je u *Prilogu 4*.

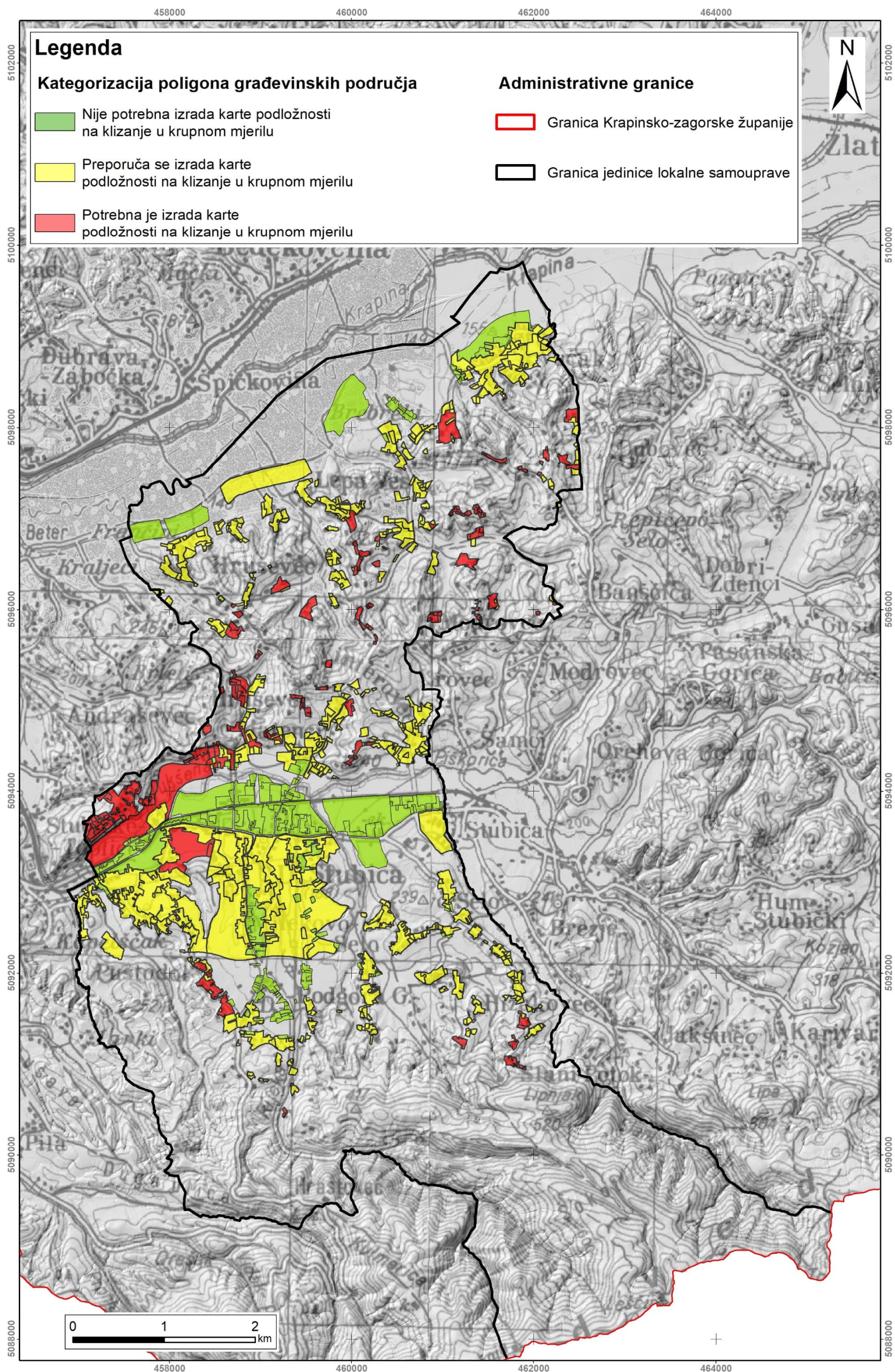


Slika 37 Udio zona podločnosti na klizanje za grad Donju Stubicu

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Poligoni građevinskih područja raspoređeni su u sve tri zone podložnosti. Površina građevinskih zona unutar zelene podložnosti iznosi 2,4 km<sup>2</sup>, u žutoj zoni 5,2 km<sup>2</sup>, a u crvenoj 1,4 km<sup>2</sup>. Zeleni poligoni uglavnom su vezani uz doline vodotoka i ne zahtijevaju dodatna istraživanja. Crveni poligoni nalaze se većinom na sjevernom pobođu, između doline Krapine i vodotoka Vukšenac, gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja. Najveći žuti poligoni smješteni su u središnjem dijelu Grada, gdje se nalazi i gradsko središte. Zbog veće gustoće naseljenosti i infrastrukturne važnosti, za te poligone se naglašeno preporučuje izrada karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Prostorna distribucija građevinskih poligona prikazana je na slici (Slika 38).





Slika 38 Kategorizacija poligona građevinskih područja za grad Donja Stubica



#### 4.6.3 Jedinice lokalne samouprave GRUPE 3

Treću skupinu čine jedinice lokalne samouprave koje su, prema analiziranim podacima, najizrazitije ugrožene pojavama klizanja. Ovu grupu karakterizira visok udio površina crvene kategorije – u pravilu iznad 30 % ukupne površine pojedine JLS – što ukazuje na prostornu dominaciju geoloških, geomorfoloških i klimatskih uvjeta koji pogoduju razvoju klizišnih procesa. Ova grupa uglavnom pokriva središnje, sjeverozapadne i zapadne dijelove županije (Slika 12).

Zajedničke karakteristike jedinica grupe 3 uključuju:

- izraženu reljefnu razvedenost i energiju reljefa,
- prisutnost slabokonsolidiranih miocenskih i pliokvartarnih naslaga,
- značajnu prostornu podudarnost između građevinskih poligona i crvenih zona visoke podložnosti.

Prosječan udio površine zahvaćene klizištima u jedinicama ove skupine iznosi 2,15 %, što je najviši udio među sve tri analizirane grupe. To ukazuje na povećani geodinamički rizik i potrebu za sustavnim pristupom planiranju zahvata u prostoru.

U mnogim od ovih JLS, zone visoke podložnosti prostorno se podudaraju s postojećim ili planiranim građevinskim poligonima, čime se značajno povećava razina prostornog rizika. Takva situacija izravno utječe na sigurnost stanovništva, infrastrukturu i održivost razvoja.

Stoga se jedinice grupe 3 moraju smatrati prioritetnima u planiranju svih daljnjih istražnih i preventivnih aktivnosti. Za njih se ne preporučuje, već nalaže izrada detaljnih karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu, kao preduvjet za definiranje uvjeta gradnje, infrastrukturno planiranje i krizno upravljanje. Navedena detaljna istraživanja moraju biti pokrenuta u hitnom roku kako bi preventivne aktivnosti (izdavanje uvjeta gradnje sukladno uputama izrađenih karata u krupnom mjerilu, priprema planova i procedura civilne zaštite, zaštita kritičnih infrastrukturnih objekata) što prije započela.

Još konkretnije, za sve nove zahvate u prostoru nije uputno izdavati dozvole dok se ne izvedu gore predložena detaljna istraživanja čiji su minimalni zahtjevi propisani u poglavlju 5.4.

U ovu grupu ulaze sljedećih 19 jedinica lokalne samouprave poredanih prema udjelu crvene zone u ukupnoj površini pojedine jedinice: Bedekovčina, Marija bistrica, Mače, Radoboj, Jesenje, Đurmanec, Novi Golubovec, Sveti Križ Začretje, Veliko Trgovišće, Krapina, Zagorska Sela, Pregrada, Kumrovec, Tuhelj, Desinić, Krapinske Toplice, Hum na Sutli, Petrovsko i Klanjec.

#### 4.6.3.1 Općina Bedekovčina

Općina Bedekovčina smještena je u središnjem dijelu KZŽ-a, a prostire se na površini od 51,43 km<sup>2</sup>. Reljefno se proteže od doline rijeke Krapine na jugu do južnih obronaka gore Strogača na sjeveru, čime zahvaća širok raspon geoloških jedinica i morfoloških karakteristika.

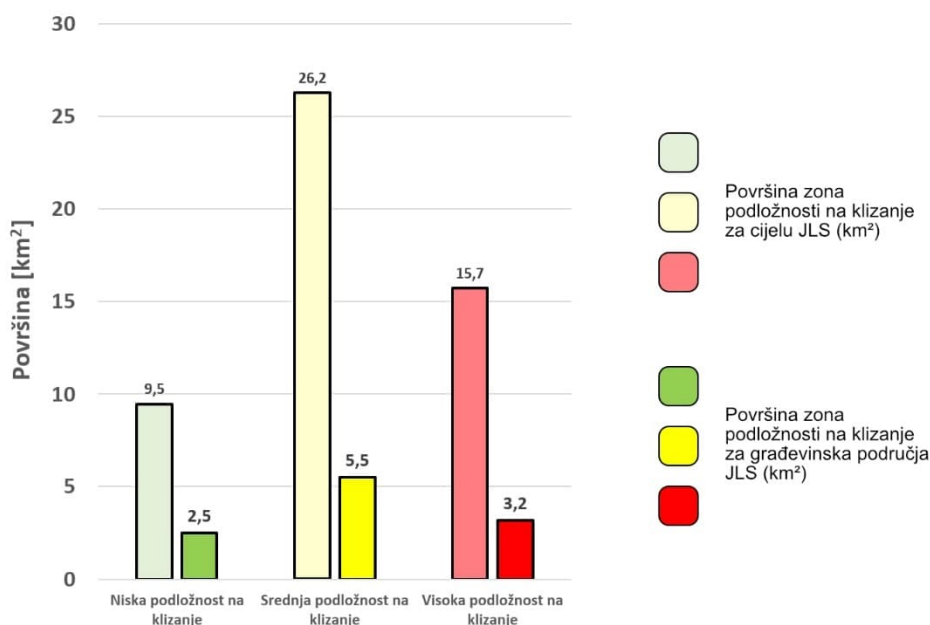
Prostor Općine može se grubo podijeliti u dvije glavne zone. Južni dio, uz rijeku Krapinu, čini nizinski pojas izgrađen od kvartarnih aluvijalnih naslaga i karakterizira ga stabilniji teren s niskom podložnošću na klizanje. Nasuprot tome, veći dio Općine zauzima sjeverno pobrđe, koje je pretežito građeno od slabije konsolidiranih i geomehanički nepovoljnih miocenskih naslaga. U krajnjem sjevernom pojasu, na južnim obroncima Strogača, mjestimično se javljaju i stabilnije trijasko karbonatne stijene.

##### Katastar klizišta

Na prostoru općine Bedekovčina evidentirano je ukupno 299 klizišta, što predstavlja udio od 1,74 % ukupne površine. Od toga je 56 klizišta ocijenjeno ocjenom 3 ili višom (46 klizišta ocjene 3, 4 klizišta ocjene 4 i 6 klizišta ocjene 5). Visok broj klizišta, uz relativno visok prostorni udio, potvrđuje prisutnost aktivnih geomorfoloških procesa, posebice u središnjem i sjevernom pobrđu.

##### Zone podložnosti na klizanje

Zelena zona zauzima 30,2 %, žuta zona 40,6 %, a crvena zona 29,2 % površine Općine (Slika 39). Prostorna raspodjela ukazuje na nizinsku stabilnost doline Krapine (zelena zona), dok središnji dio pobrđa bilježi kombinaciju žute i crvene zone. Crvene zone posebno su naglašene na krajnjem sjeveru, na južnim obroncima Strogača. Detaljan prostorni raspored zona podložnosti prikazan je u *Prilogu 1*.

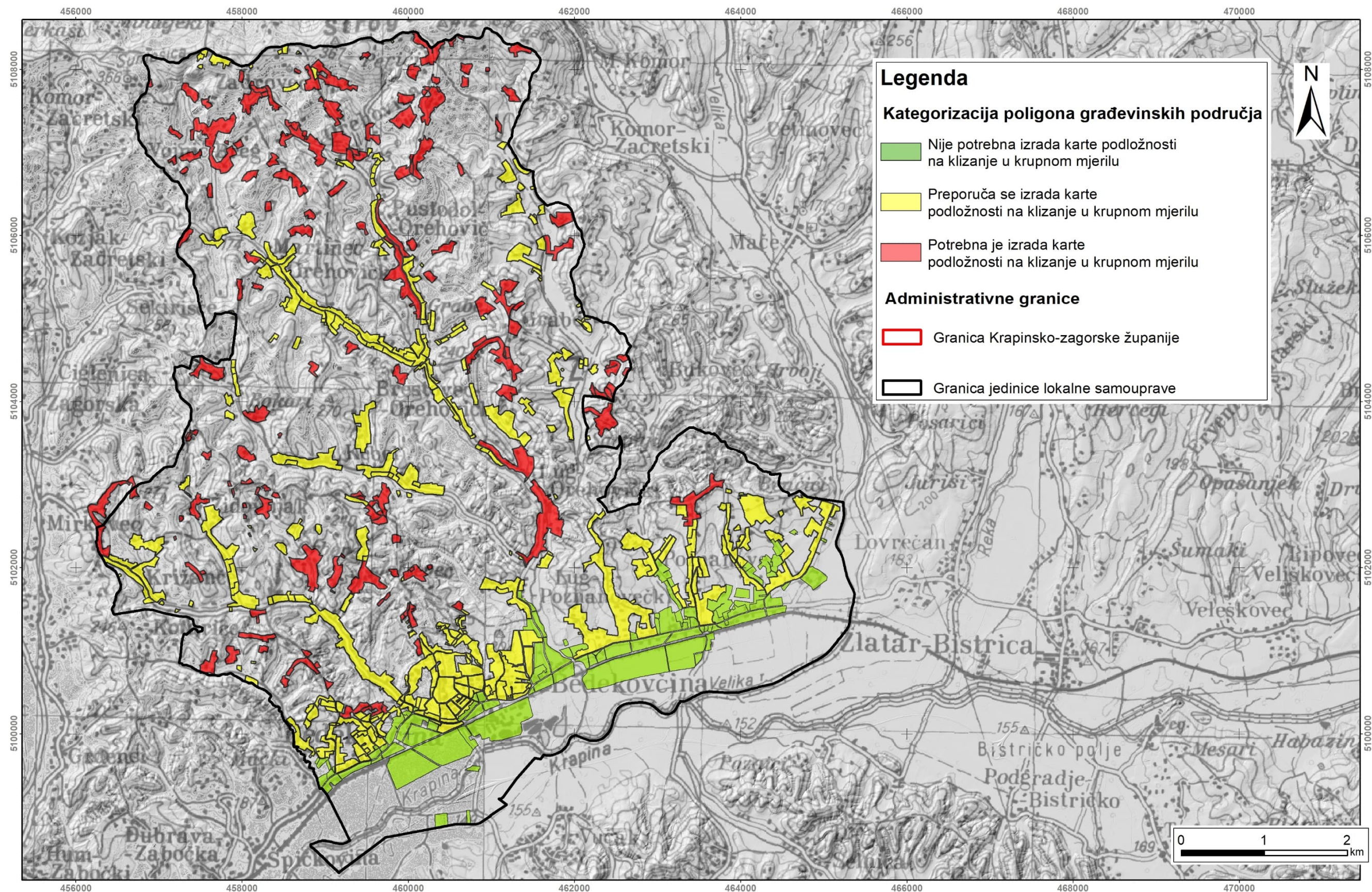


Slika 39 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Bedekovčina

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Bedekovčini raspoređeni su u sve tri zone podložnosti. Zelena zona obuhvaća 2,4 km<sup>2</sup> građevinskih površina, dominantno smještenih uz dolinu rijeke Krapine, za koje nije potrebno detaljno istraživati. U žutoj zoni nalazi se 5,2 km<sup>2</sup> građevinskih poligona, koji su rasprostranjeni u nizinskom i prijelaznom pojasu, a za koje se preporučuju detaljna istraživanja. Crveni građevinski poligoni, ukupne površine 1,4 km<sup>2</sup>, nalaze se većinom u središnjem pobrđu i na južnim obroncima Strogača, gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja s ciljem izrade karte podložnosti u krupnom mjerilu. Prostorna distribucija građevinskih poligona prikazana je na slici (Slika 40).





Slika 40 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Bedekovčina



#### 4.6.3.2 Općina Marija Bistrica

Općina Marija Bistrica prostire se na površini od 68,56 km<sup>2</sup>, što je svrstava među prostorno veće JLS-ove na području KZŽ-a. Smještena je između doline rijeke Krapine na sjeveru i obronaka Medvednice na jugu, pri čemu zahvaća izrazito raznolik geološki i geomorfološki prostor.

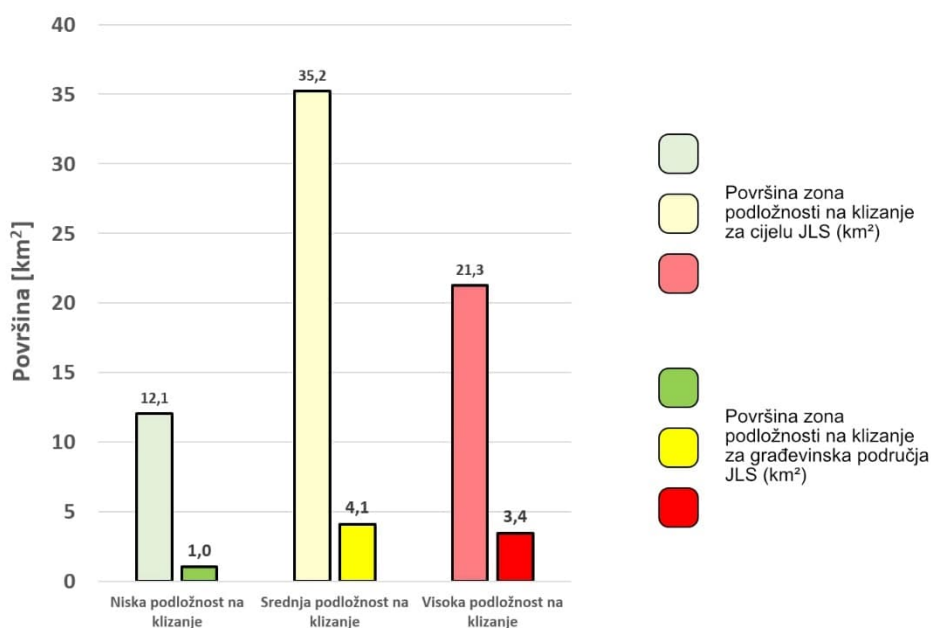
Reljefno se ističu tri glavne cjeline. Na sjeveru i u središtu nalaze se doline vodotoka – rijeke Krapine i potoka Bistrica – koje predstavljaju stabilne, nizinske zone građene od kvartarnih aluvijalnih naslaga. Središnji zapadni i istočni dijelovi pripadaju brežuljkastom području izgrađenom od slabije konsolidiranih mlađih miocenskih i plio kvarternih naslaga, s većom morfološkom razvedenošću. Južni dio pripada medvedničkom brdskom području koje čine miocenske stijene, kredni vulkanogeno-sedimentni kompleks, te na pojedinim mjestima trijaski klastiti – stabilniji u odnosu na druge jedinice.

##### *Katastar klizišta*

Na području općine Marija Bistrica evidentirano je čak 396 klizišta, čime je obuhvaćeno 3,66 % ukupne površine – najviši udio površina klizišta među svim JLS-ovima KZŽ-a. Od ukupnog broja, 72 klizišta ocijenjena su ocjenom 3 i višom (63 klizišta ocjene 4, 8 klizišta ocjene 4 i 1 klizište ocjene 5), što ukazuje na značajan broj jasno izraženih klizišta.

##### *Zone podložnosti na klizanje*

Zelena zona zauzima 17,6 %, žuta zona 51,4 %, a crvena zona 31,0 % ukupne površine Općine (Slika 41). Zelene zone prostorno su ograničene na doline rijeka i dijelove medvedničkog područja izgrađene od stabilnijih trijaskih stijena. Crvene zone, koje označavaju najviši stupanj podložnosti, najizraženije su na visinskim dijelovima Medvednice, gdje se podudaraju viša energija reljefa i nepovoljni litološki sastav. Žuta zona nepravilno je rasprostranjena gotovo po cijeloj površini Općine. Detaljna prostorna podjela prikazana je u *Prilogu 18*.

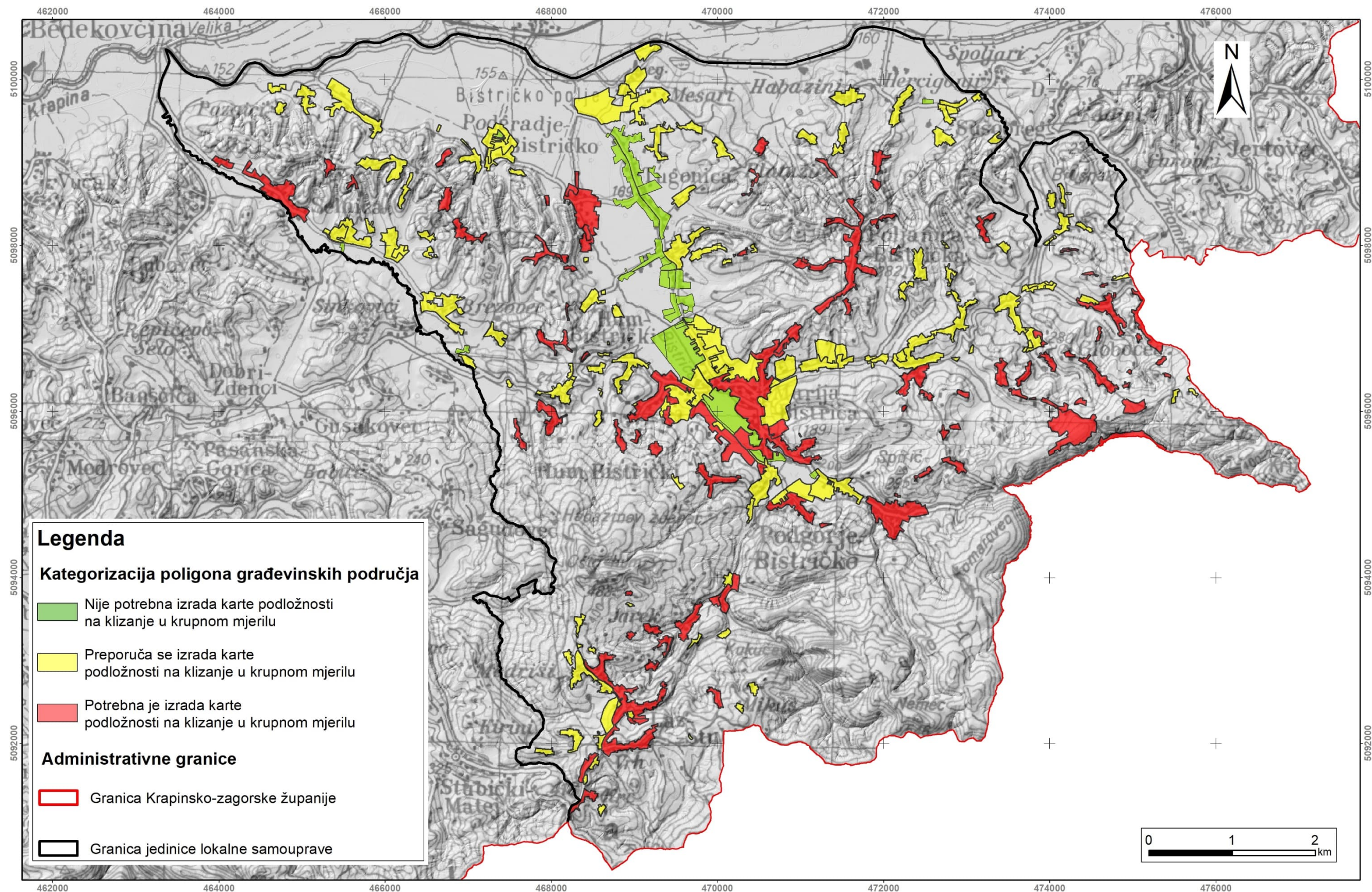


Slika 41 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Marija Bistrica

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u općini Marija Bistrica obuhvaćaju sve tri zone podložnosti. U zoni niske podložnosti nalazi se 1,0 km<sup>2</sup>, vezano pretežno uz dolinu potoka Bistrica, gdje nije potrebno detaljno istraživati. Najveći udio građevinskih površina nalazi se u žutoj zoni (4,1 km<sup>2</sup>), ravnomjerno raspoređen kroz područje Općine, za koje se preporučuju detaljna istraživanja. Crveni građevinski poligoni zauzimaju 3,4 km<sup>2</sup> i također su disperzirani, s naglašenom prisutnošću u višim zonama. Za te je površine potrebno izvršiti detaljna istraživanja s ciljem generiranja karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 42).





Slika 42 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Marija Bistrica



#### 4.6.3.3 Općina Mače

Općina Mače smještena je u središnjem dijelu KŽŽ-a i obuhvaća površinu od 27,79 km<sup>2</sup>. Prostorno je izdužena u smjeru sjever–jug, a karakterizira je izražena podjela na nizinski i brežuljkasti dio, što se odražava i u geološkoj i geomorfološkoj građi.

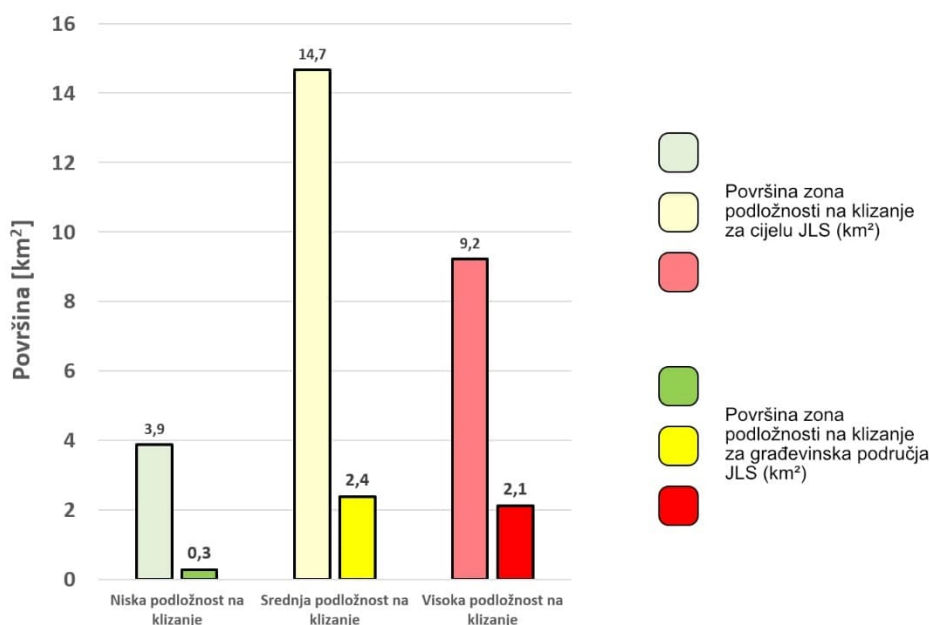
Većina površine Općine nalazi se unutar pobrđa prekrivenog miocenskim naslagama, koje su geomehanički nepovoljne i podložne klizanju. Dolina Velike rijeke, koja presijeca prostor Općine u smjeru sjever-jug, čini nizinsku zonu izgrađenu od kvartarnih aluvijalnih naslaga te predstavlja relativno stabilno područje. Manji sjeverozapadni dio Općine, na istočnim obroncima Strogača, izgrađen je od stabilnijih trijaskih karbonatnih stijena.

#### Katastar klizišta

Na području općine Mače evidentirano je 131 klizište, što čini 1,86 % ukupne površine. Iako se radi o relativno visokom broju, prosječna ocjena izraženosti iznosi 1,6, što ukazuje na nešto nižu izraženost, a vjerojatno i aktivnost u odnosu na druge jedinice iz JLS grupe 3. Ipak među izdvojenim klizištima ističe se 5 klizišta s ocjenom 5, što upućuje na jasnija klizišta, a sukladno tome i nešto mlađe pojave.

#### Zone podložnosti na klizanje

Zelena zona zauzima 14,0 % površine, žuta zona 52,8 %, a crvena zona 33,2 % (Slika 43). Prostorna razdioba jasno pokazuje da se zelene površine koncentriraju uz dolinu Velike rijeke u središnjem dijelu Općine, dok se crvene i žute zone izmjenjuju duž čitavog pobrđa. Ovakva raspodjela ukazuje na potrebu za opreznim prostornim planiranjem, osobito u dijelovima s povećanim nagibima i nestabilnim geološkim sastavom. Detaljna prostorna analiza prikazana je u *Prilogu 17*.

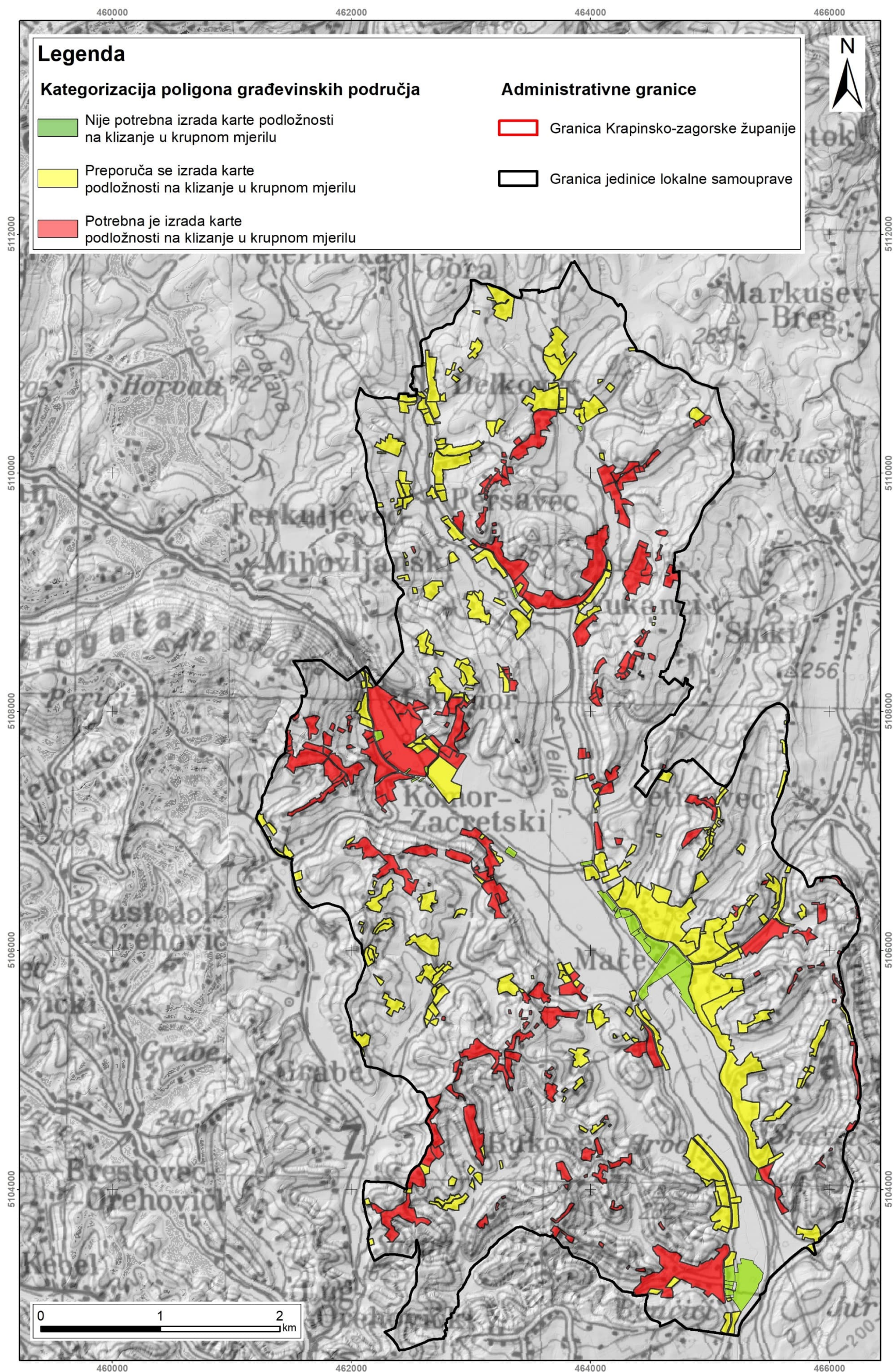


Slika 43 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Mače

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Zeleni građevinski poligoni zauzimaju svega 0,3 km<sup>2</sup> i nalaze se uglavnom u središnjoj zoni Općine, u administrativnom središtu općine Mače, gdje nije potrebno dodatno istraživati. Žuti poligoni (2,4 km<sup>2</sup>) dominiraju u istoj zoni, ali su smješteni nešto istočnije, te se za njih preporučuju detaljna istraživanja. Crveni poligoni (2,1 km<sup>2</sup>) raspoređeni su duž čitavog pogrđa Općine, često u kombinaciji sa žutim zonama, i za njih je potrebno izvršiti detaljna istraživanja s ciljem izrade karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 44).





Slika 44 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Mače



#### *4.6.3.4 Općina Radoboj*

Općina Radoboj prostire se na 33,06 km<sup>2</sup> i smještena je u sjevernom dijelu KZŽ-a. Reljefno je vrlo dinamična, a prostorom dominira masiv Strahinšćice, čime je Općina prepoznatljiva po izraženoj geomorfološkoj razvedenosti i litološkoj raznolikosti.

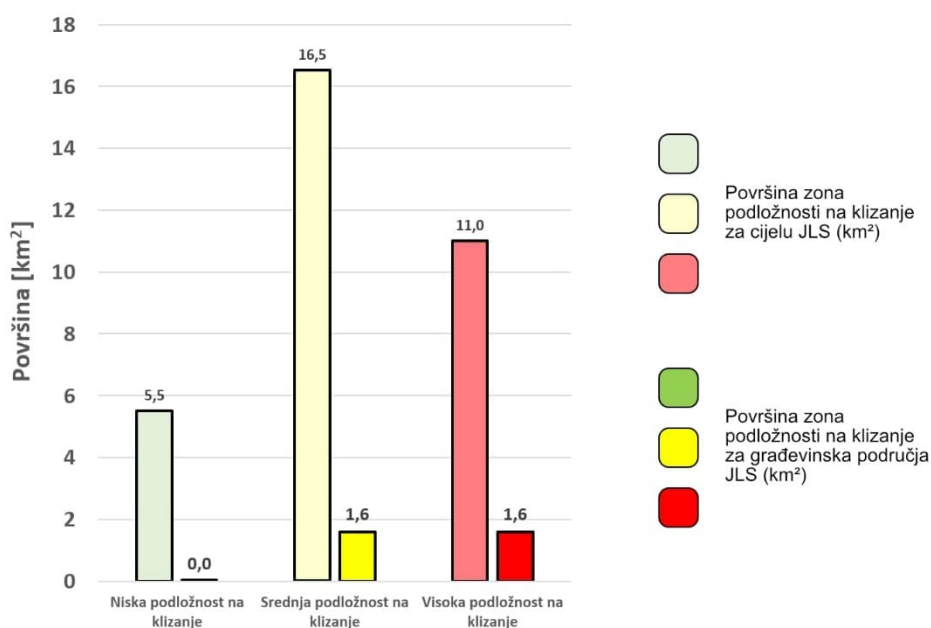
Prostor Općine može se podijeliti na dvije geomorfološke cjeline. Južni dio obuhvaća brežuljkasti teren izgrađen od miocenskih naslaga, slabije konsolidiranih i geomehanički nepovoljnih u pogledu stabilnosti. Sjeverni dio, kojim dominira planinski masiv Strahinšćice, izgrađen je od trijaskih karbonata, dijabaza i spilita – stijena koje se generalno smatraju stabilnima u kontekstu procesa klizanja. Međutim, podnožje Strahinšćice okruženo je zonama oligocensko-miocenskih klastičnih i piroklastičnih stijena, koje su znatno podložnije pojavi klizanja.

#### *Katastar klizišta*

Na području općine Radoboj evidentirano je 71 klizište, što predstavlja najniži udio klizišta unutar JLS grupe 3 i jedan od najnižih na razini cijele Županije. Od ukupnog broja, 17 klizišta je ocijenjeno s ocjenom 3 i višom (14 klizišta ocjene 3 i 3 klizišta ocjene 4), dok klizišta s najvišom ocjenom (5) nisu zabilježena. Ovi podaci ukazuju na relativno stabilnije uvjete, osobito u sjevernom dijelu Općine, unatoč velikom udjelu crvenih zona u prostornim analizama.

#### *Zone podložnosti na klizanje*

Zelena zona zauzima 16,7 % površine i prostorno se podudara sa stabilnijim litološkim kompleksom Strahinšćice. Žuta zona obuhvaća 50,0 % površine i proteže se uglavnom kroz južni brežuljkasti dio Općine. Crvena zona obuhvaća 33,3 % prostora i najizraženija je na prijelazima između stabilnijih stijena i nestabilnijeg oligocensko-miocenskog kompleksa u podnožju Strahinšćice (Slika 45). Detaljna prostorna podjela prikazana je u *Prilogu 24*.

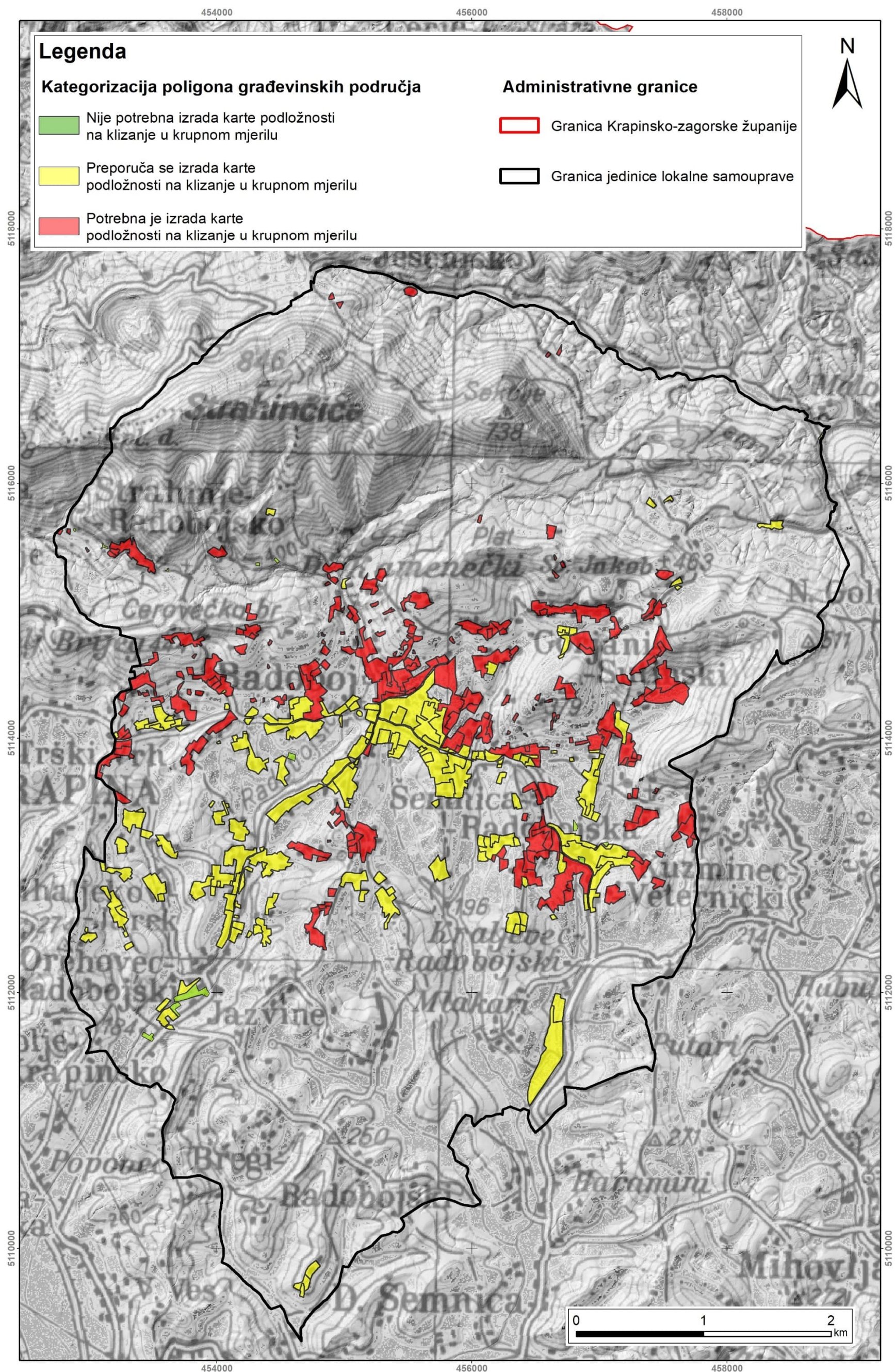


Slika 45 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Radoboj

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Radoboju prostorno su raspoređeni gotovo isključivo u žutoj (1,6 km<sup>2</sup>) i crvenoj zoni (1,6 km<sup>2</sup>), dok zeleni građevinski poligoni gotovo u potpunosti izostaju, osim rijetkih slučajeva na jugozapadu, uz tok potoka Radobojšica. Žuti poligoni koncentrirani su u južnom dijelu Općine, a crveni poligoni pojavljuju se uzduž sjevernih padinskih zona oligocensko-miocenskih naslaga. Za žute poligone preporučuju se detaljna istraživanja, dok je za crvene potrebno izvršiti detaljna istraživanja s ciljem izrade karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Prostorna distribucija građevinskih poligona prikazana je na slici (Slika 46).





Slika 46 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Radoboj



#### 4.6.3.5 Općina Jesenje

Općina Jesenje, površine 24,47 km<sup>2</sup>, smještena je u sjevernom dijelu KZŽ-a, između sjevernih obronaka Strahinšćice i granice sa Slovenijom.

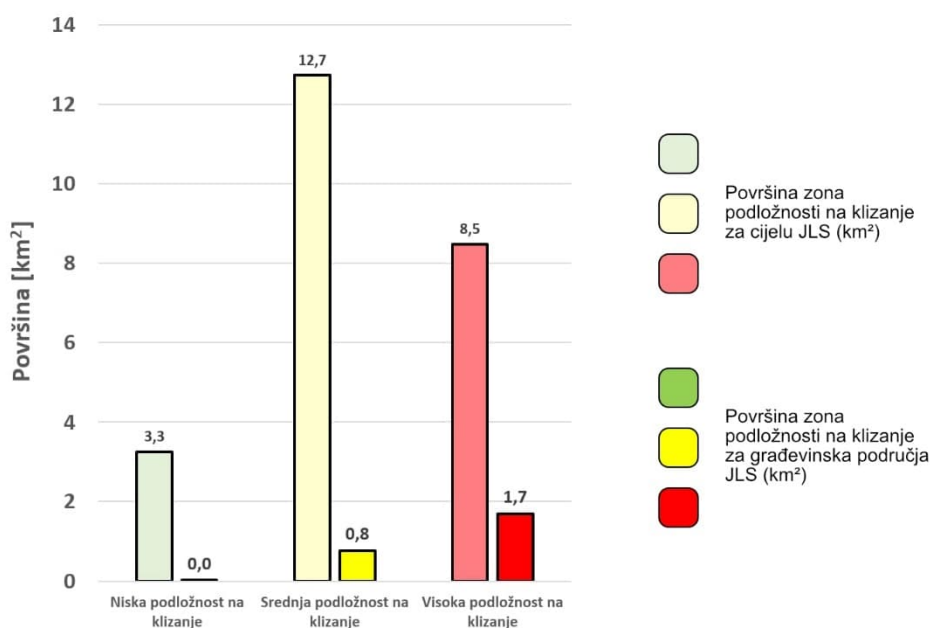
Geomorfološki i geološki, cijeli prostor Općine izrazito je kompleksan. Kvartarne naslage prisutne su na manjoj površini, dok padinske procese prati razvoj deluvijalnih nanosa, osobito na sjevernim obroncima Strahinšćice. Južni dio Općine karakteriziraju trijaski klastiti i tufovi (nestabilniji), te stabilniji trijaski karbonati. Na jugoistoku se javljaju oligocensko-miocenski klastični i piroklastični kompleksi, karakteristični po nešto povećanoj podložnosti klizanju. Sjeverni dio Općine prekrivaju stariji miocenski klastiti s vulkanskim stijenama, koji zbog svoje heterogenosti na mikrolokacijama mogu pokazivati vrlo različite geomehaničke karakteristike – od izrazite stabilnosti do visoke podložnosti na klizanje. Ovakva heterogenost ukazuje na potrebu izrade preciznijih geoloških karata kao podloge za karte podložnosti u krupnijem mjerilu.

##### *Katastar klizišta*

Na području općine Jesenje evidentirano je 104 klizišta, čime je zahvaćeno 1,76 % ukupne površine. Od ukupnog broja, 43 klizišta ocijenjena su ocjenom 3 i višom (36 klizišta ocjene 3, 2 klizišta ocjene 4 i 5 klizišta ocjene 5). Relativno visok udio klizišta i izraženijih značajki upućuje na povećani rizik, osobito u dijelovima gdje prevladavaju nestabilne geološke jedinice.

##### *Zone podložnosti na klizanje*

Zelena zona zauzima 13,3 % površine Općine, žuta zona 52,0 %, a crvena zona 34,6 % (Slika 47). Crvene zone dominantno se vezuju uz nestabilne geološke jedinice – oligocensko-miocenske i heterogene miocenske stijene na sjeveru. Njihova složena litološka građa uzrokuje izmjene zona podložnosti na malim udaljenostima, što ukazuje na ograničenja primjene postojeće geološke karte u mjerilu 1:100.000. Zelene zone pretežno su povezane s trijaskim karbonatima i javljaju se u vidu izoliranih otoka na sjeverozapadnim, južnim i jugoistočnim dijelovima Općine. Prikaz prostorne raspodjele nalazi se u *Prilogu 9*.

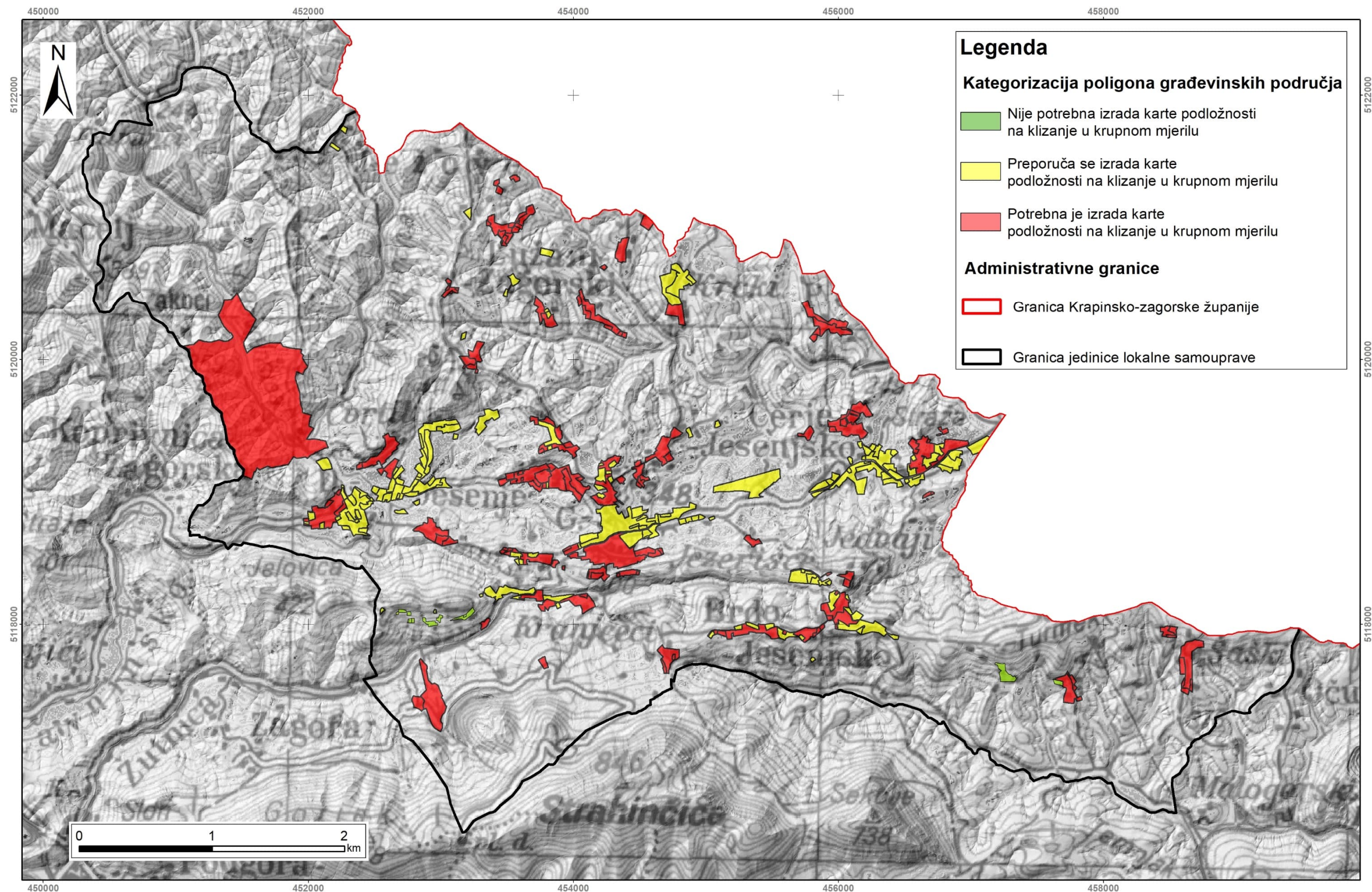


Slika 47 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Jesenje

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Jesenju u cijelosti su smješteni unutar žute i crvene zone. Crveni poligoni obuhvaćaju 1,7 km<sup>2</sup> i raspoređeni su duž čitavog brežuljkastog područja, gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja. Žuti poligoni zauzimaju 0,8 km<sup>2</sup> i također su opće prisutni, ali u nešto manjoj mjeri – za njih se preporučuju detaljna istraživanja s ciljem izrade karte podložnosti u krupnom mjerilu. Zelene građevinske površine gotovo u potpunosti izostaju, osim nekoliko izoliranih poligona u trijaskim karbonatnim zonama. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 48).





Slika 48 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Jesenje



#### 4.6.3.6 Općina Đurmanec

Općina Đurmanec obuhvaća površinu od 57,81 km<sup>2</sup> i smještena je u sjevernom dijelu KŽŽ-a. Unatoč većem udjelu crvene zone podločnosti, prostorni raspored klizišta i analiza geološke građe ukazuju na određene metodološke i interpretacijske rezerve u određivanju stvarne ugroženosti.

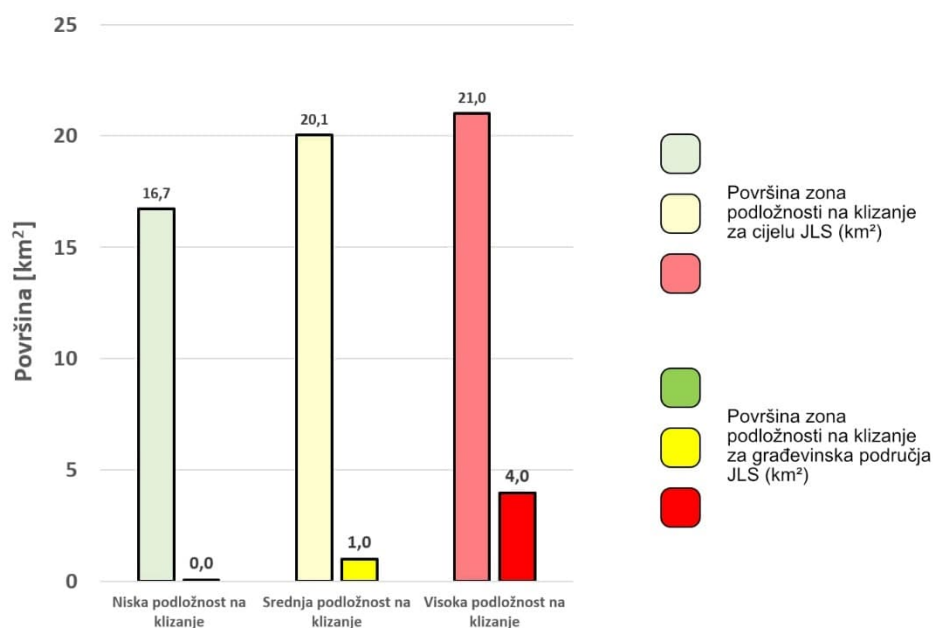
Geomorfološki se prostor Općine može podijeliti u dvije cjeline. Južni dio je blago razveden, ali hipsometrijski izraženiji, izgrađen dominantno od oligocensko-miocenskih klastita i piroklastita, te manjim dijelom od trijaskih klastita i karbonata. Sjeverni dio Općine, izdužen prema granici sa Slovenijom, čine pretežito donjomiocenski klastiti i piroklastiti. Upravo u tom dijelu geološke jedinice pokazuju veliku prostornu heterogenost, što se ne odražava uvijek dosljedno na karti podločnosti na klizanje. Naime, na ovom donjomiocenskom članu u općini Đurmanec izdvojeno je svega 16 klizišta, dok je u istom članu u susjednoj općini Jesenje zabilježen znatno veći broj. To ukazuje na potrebu za daljnjom litološkom diferencijacijom unutar postojećih geoloških jedinica i izradom preciznijih geoloških karata kao podloge za buduće studije u krupnijem mjerilu.

#### *Katastar klizišta*

Na području općine Đurmanec evidentirano je 166 klizišta, što zahvaća svega 0,56 % ukupne površine – najniži udio među svim JLS grupe 3. Od ukupnog broja, ocjenom 3 ili višom ocijenjeno je 33 klizišta (30 klizišta ocjene 3 i 3 klizišta ocjene 4), bez ijednog klizišta ocijenjenog najvišom ocjenom. Takvi podaci upućuju na mogućnost da je ova Općina, prema trenutnim metodološkim kriterijima, možda i neopravdano klasificirana unutar grupe 3, iako se u određenim zonama (osobito južno) opaža veća koncentracija procesa klizanja.

#### *Zone podločnosti na klizanje*

Zelena zona zauzima 28,9 %, žuta zona 34,7 %, a crvena zona 36,4 % površine Općine (Slika 49). Crvene zone prostorno dominiraju u južnom dijelu Općine, gdje se bilježi i veća gustoća klizišta, što potvrđuje opravdanost visokog stupnja podločnosti. Sjeverni dio Općine pokazuje vrlo heterogenu raspodjelu zona – s naglaskom na neuobičajeno visoku zastupljenost žute i crvene zone, bez jasnog prostornog odgovora u katastru klizišta, što dodatno potvrđuje ograničenja geološke podloge korištene za izradu zone podločnosti. Ovdje valja naglasiti visoki udio zelene zone u ukupnoj površini Općine (najviši udio u JLS grupi 3) što dodatno ukazuje da ova Općina možda i nije trebala biti dio JLS grupe 3. Detaljna prostorna podjela prikazana je u *Prilogu 5*.

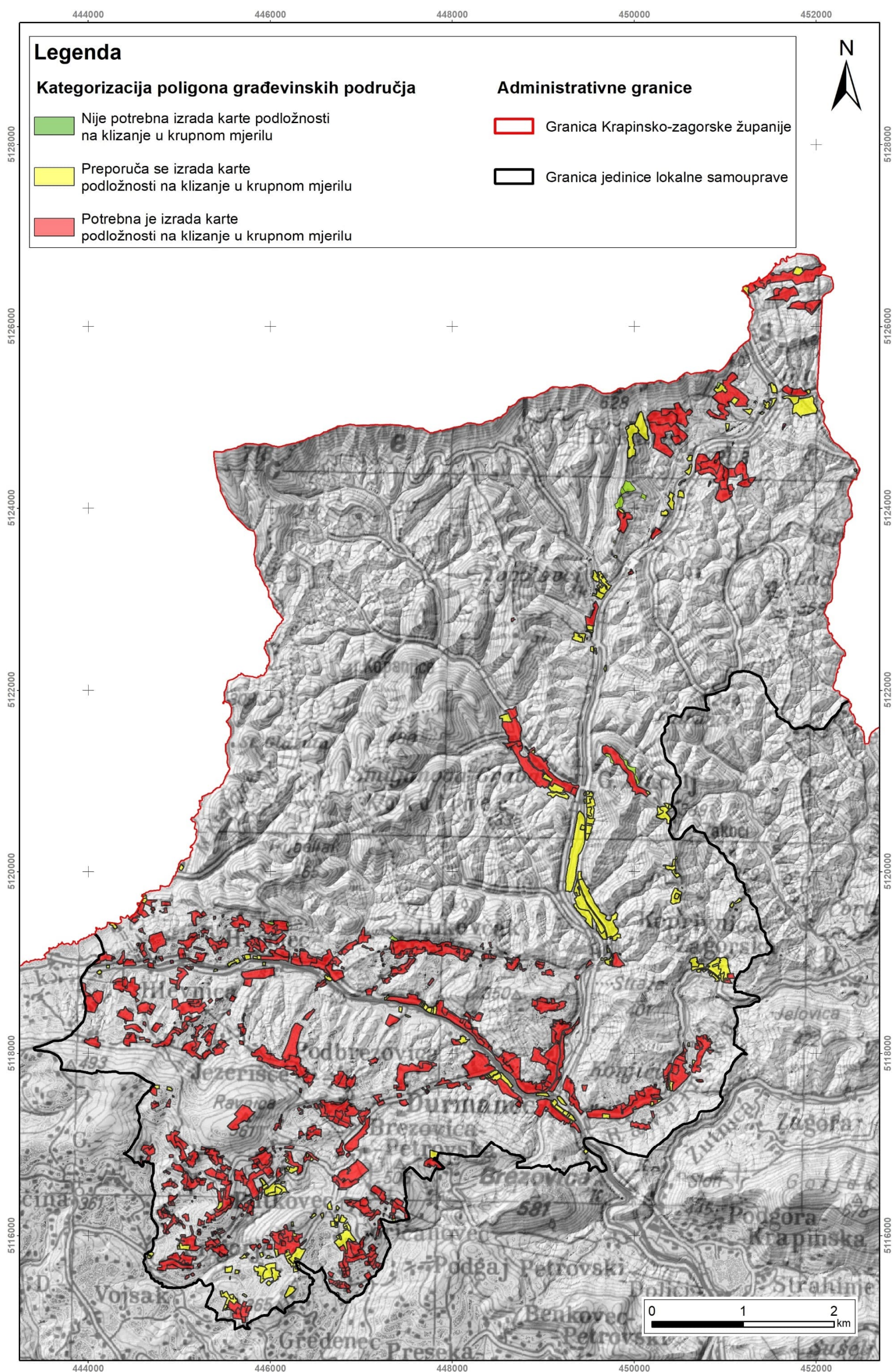


Slika 49 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Đurmanec

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Poligoni građevinskih područja u Đurmancu većinski se nalaze unutar crvene zone (4,0 km<sup>2</sup>), osobito u južnim dijelovima Općine, gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja s ciljem izrade karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. U žutoj zoni nalazi se 1,0 km<sup>2</sup> građevinskih površina, za koje se preporučuju detaljna istraživanja. Zeleni građevinski poligoni gotovo u potpunosti izostaju, osim njih nekoliko iznimno malih površina. U sjevernim dijelovima, gdje su dominantne žute i crvene zone unutar građevinskih koridora, preporuča se dodatna validacija postojećih podloga u kombinaciji s terenskim uvidima. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 50).





Slika 50 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Đurmanec



#### 4.6.3.7 Općina Novi Golubovec

Općina Novi Golubovec, s površinom od 13,68 km<sup>2</sup>, najmanja je JLS na području KŽŽ-a. Smještena je u njezinom sjevernom dijelu, uz kontakt s masivom Ivančice, te se odlikuje izrazitom hipsometrijom i složenom litološkom građom.

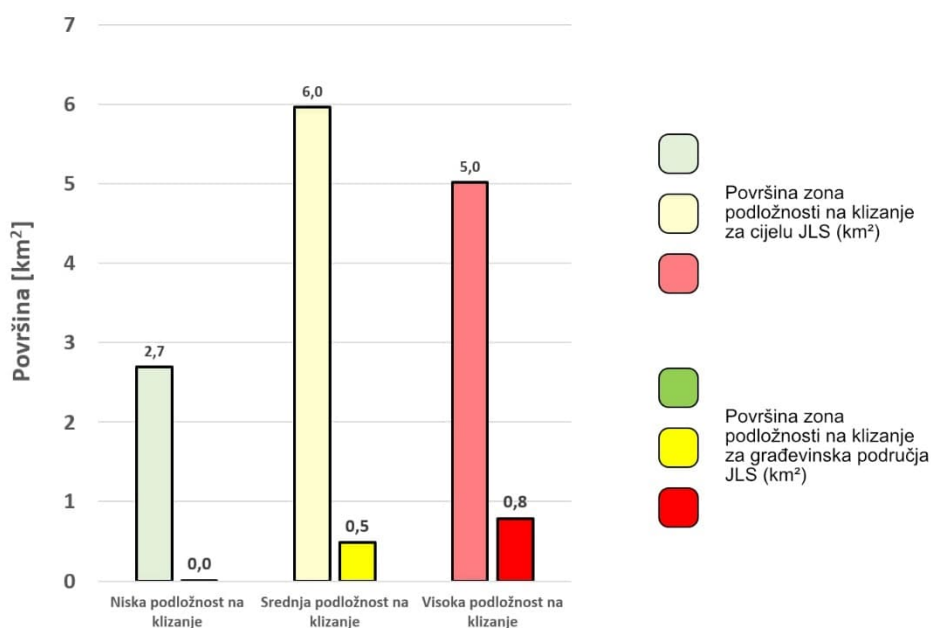
Geološki gledano, Općina prikazuje prijelaz od mlađih ka starijim geološkim jedinicama u smjeru jug prema sjeveru. Najjužniji dio izgrađen je od najmlađih miocenskih naslaga, koje su slabije konsolidirane i podložnije klizanju. U središnjem pojasu javlja se oligocensko-miocenski kompleks klastita i piroklastita, dok se sjeverni dio naslanja na trijasko geološke jedinice – karbonatne, klastične i magmatske stijene – od kojih su karbonatne stijene uglavnom stabilnije, dok su klastično-piroklastične jedinice nešto nepovoljnije u pogledu stabilnosti padina.

#### *Katastar klizišta*

Na području općine Novi Golubovec evidentirano je ukupno 64 klizišta, što predstavlja relativno visok udio u odnosu na površinu Općine – 2,21 %. Iako nije zabilježeno nijedno klizište s najvišom ocjenom izraženosti, čak 21 klizište ocijenjeno je ocjenom 3 i višom (19 klizišta s ocjenom 3 i 2 klizišta s ocjenom 4), a prosječna ocjena svih klizišta iznosi 2,2 – među višima u KŽŽ-u. Time Općina, unatoč skromnoj površini, ulazi u skupinu s povišenim geodinamičkim rizikom.

#### *Zone podložnosti na klizanje*

Zelena zona zauzima 19,7 %, žuta zona 43,6 %, a crvena zona čak 36,7 % površine Općine (Slika 51). Prostorna distribucija zona jasno odražava litološku kompleksnost: sjeverne dijelove, izgrađene od trijaskih karbonata, karakterizira zelena zona, crvene zone javljaju se u okolici oligocensko-miocenskih kompleksa na sjeveru, dok je južni dio, izgrađen od mlađih miocenskih naslaga, većim dijelom unutar žute i crvene zone. Prostorna razdioba zona podložnosti na klizanje prikazan je u *Prilogu 20*.

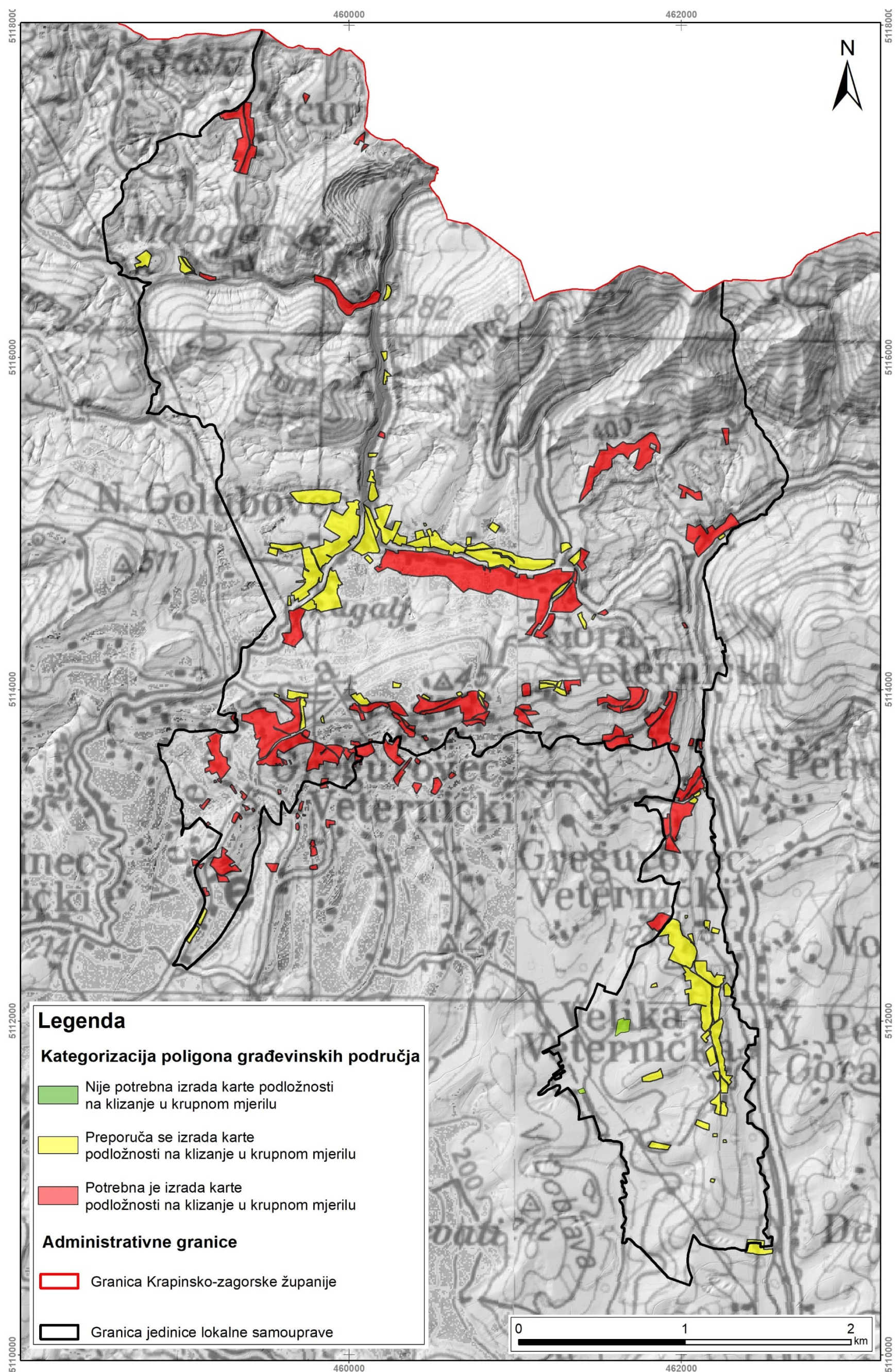


Slika 51 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Novi Golubovec

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Novom Golubovcu gotovo su u cijelosti smješteni u crvenoj (0,8 km²) i žutoj zoni (0,5 km²). Crveni poligoni dominiraju osobito u području oligocensko-miocenskih naslaga na sjeveru te u južnim miocenskim zonama, gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja s ciljem izrade karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Žuti poligoni, prisutni u manjoj mjeri, zahtijevaju dodatnu pažnju i preporučuju se za detaljna istraživanja. Zelenih građevinskih površina gotovo da i nema, što dodatno potvrđuje ranjivost prostora u kontekstu planiranja gradnje. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 52).





Slika 52 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Novi Golubovec



#### 4.6.3.8 Općina Sveti Križ Začretje

Općina Sveti Križ Začretje prostire se na površini od 40,23 km<sup>2</sup> i smještena je u samom središtu KZŽ-a. Prostorom dominira dolina vodotoka Krapinica, koja u smjeru sjever–jug dijeli Općinu na dva dijela – zapadni i istočni.

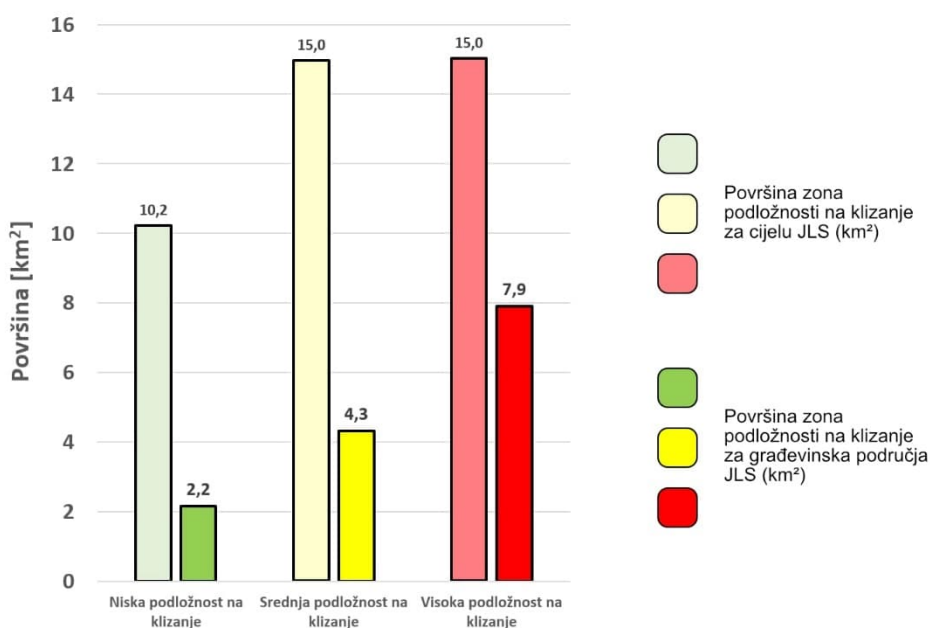
Središnji dio Općine izgrađen je od kvartarnih aluvijalnih naslaga i predstavlja stabilnu, ravničarsku zonu. Istočno i zapadno od ove doline razvijaju se pobrđa, morfometrijski razvedena, ali hipsometrijski umjereno istaknuta, izgrađena pretežito od vrlo nestabilnih klastita najmlađeg miocena. Na krajnjem sjeveru, koji je ujedno i hipsometrijski istaknutiji, nalaze se nešto starije, ali i dalje nepovoljne miocenske jedinice. Na jugu se pojavljuje veći poligon pliokvartarnih naslaga koji, zahvaljujući manjoj naglašenosti reljefa, ima stabilniji karakter.

##### *Katastar klizišta*

Na području općine Sveti Križ Začretje evidentirano je ukupno 315 klizišta, što čini 2,0 % ukupne površine – vrlo blizu prosječnog udjela za jedinice iz JLS grupe 3. Ocjenom 3 i višom ocijenjeno je 90 klizišta (79 klizišta s ocjenom 3 i 11 klizišta s ocjenom 4). Klizišta s najvećom ocjenom izraženosti nisu zabilježena. Ovakva raspodjela ukazuje na visoku učestalost procesa, ali većinom slabije izraženih značajki klizišta.

##### *Zone podložnosti na klizanje*

Zelena zona obuhvaća 25,4 %, žuta zona 37,2 %, a crvena zona 37,4 % ukupne površine općine (Slika 53). Stabilna zelena zona prostorno je ograničena na dolinu Krapinice, dok su žute i crvene zone raspoređene u pobrđu s obje strane. Na sjeveru, gdje reljef postaje izraženiji, dominira crvena zona gotovo bez izmjene s ostalima. Detaljna prostorna distribucija prikazana je u *Prilogu 26*.

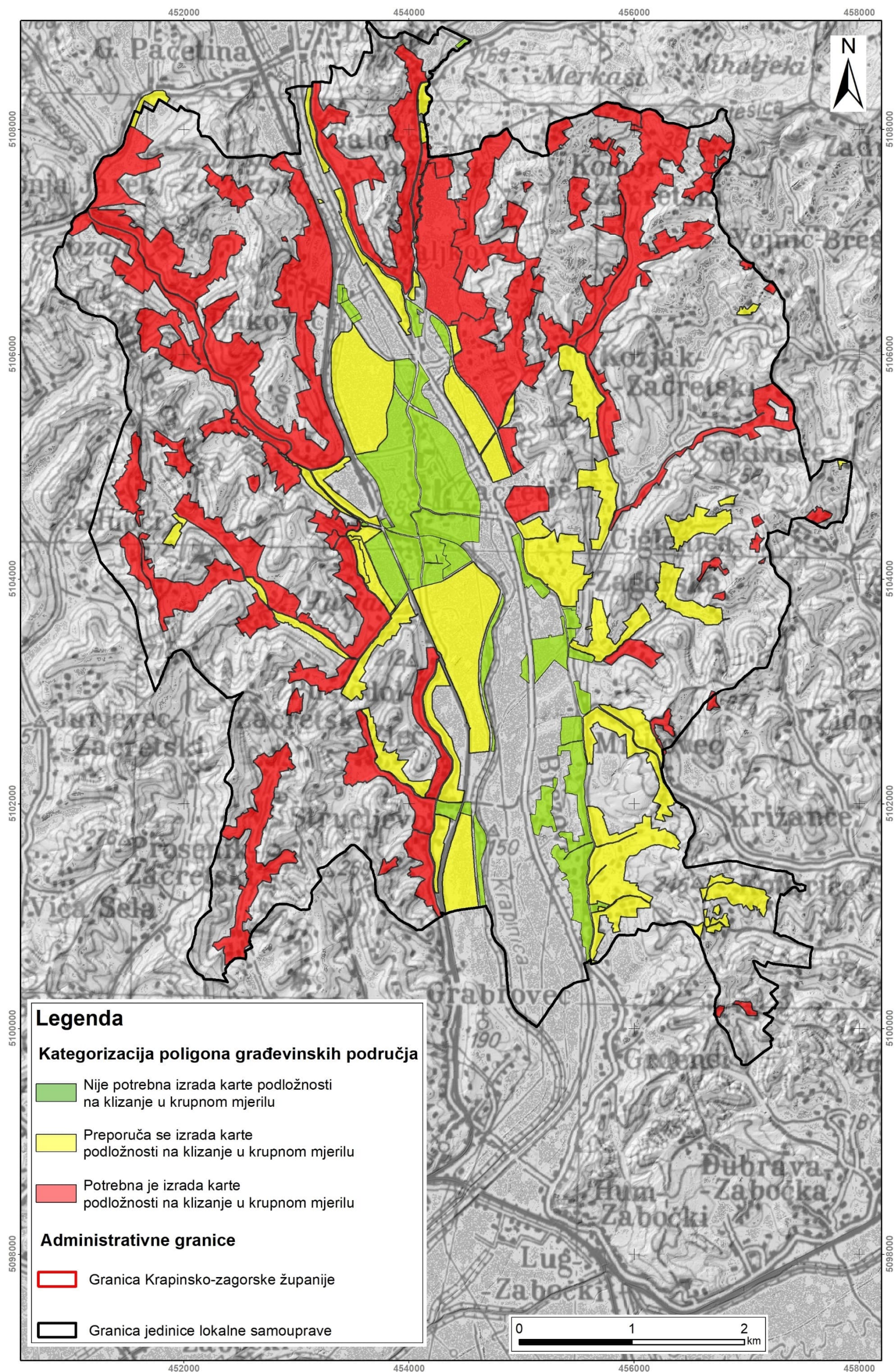


Slika 53 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Sveti Križ Začretje

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Svetom Križu Začretju prostiru se kroz sve tri zone podložnosti. Površina zelenih građevinskih poligona iznosi 2,2 km<sup>2</sup>, a smješteni su u dolini vodotoka Krapinica, gdje nije potrebno dodatno istraživati. Žuti poligoni zauzimaju 4,2 km<sup>2</sup> i uglavnom se nalaze u prijelaznoj zoni uz rubove doline, gdje se preporučuju detaljna istraživanja. Crveni poligoni dominiraju – zauzimaju čak 7,8 km<sup>2</sup> – i nalaze se pretežito na istočnim i zapadnim pobođima, gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja u svrhu izrade karte podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 54).





Slika 54 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Sveti Križ Začretje



#### 4.6.3.9 Općina Veliko Trgovišće

Općina Veliko Trgovišće prostire se na 46,69 km<sup>2</sup> i smještena je na jugozapadnom rubu KŽŽ-a. Geomorfološki i geološki raznolika, obuhvaća nizinske i brežuljkaste dijelove, pri čemu su brežuljci građeni od geoloških jedinica koje su vrlo često podložne klizanju.

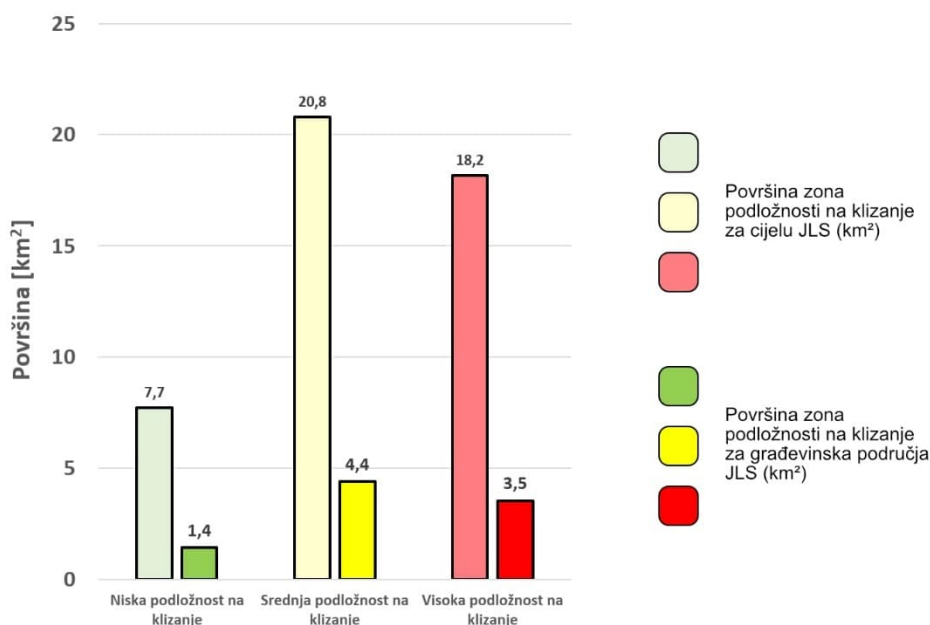
Prostor Općine podijeljen je u dvije glavne geomorfološke cjeline. Prva obuhvaća doline vodotoka Horvatska (na sjeveru) i rijeke Krapine (na jugoistočnom rubu), koje su izgrađene od kvartarnih aluvijalnih naslaga i predstavljaju stabilnije dijelove Općine. Drugu cjelinu čini brežuljkasti prostor – južni, središnji i krajnji sjeveroistočni dio Općine – izgrađen pretežno od najmlađih miocenskih naslaga, koje su slabo konsolidirane i znatno podložnije procesima klizanja.

#### Katastar klizišta

Na području općine Veliko Trgovišće evidentirano je čak 486 klizišta, što predstavlja visok udio od 2,62 % ukupne površine – viši od prosjeka JLS grupe 3. Ocjenom 3 i višom ocijenjeno je 138 klizišta (113 klizišta ocjene 3, 23 klizišta ocjene 4 i 2 klizišta ocjene 5), što ukazuje na izraženu aktivnost klizanja, posebno u brežuljkastim zonama izgrađenima od slabijih geoloških jedinica.

#### Zone podložnosti na klizanje

Zelena zona zauzima 25,4 % površine, žuta zona 37,2 %, a crvena zona 37,4 % (Slika 55). Zelena zona prostorno se podudara s dolinama spomenutih vodotoka, dok su crvene zone najzastupljenije u zapadnom dijelu i na krajnjem sjeveru Općine. Između stabilnijih dolinskih zona i brežuljaka nešto više energije reljefa razvijaju se prijelazne žute zone. Ovakva raspodjela jasno prati promjene u litološkom sastavu i energiji reljefa. Detaljna prostorna distribucija prikazana je u *Prilogu 28*.



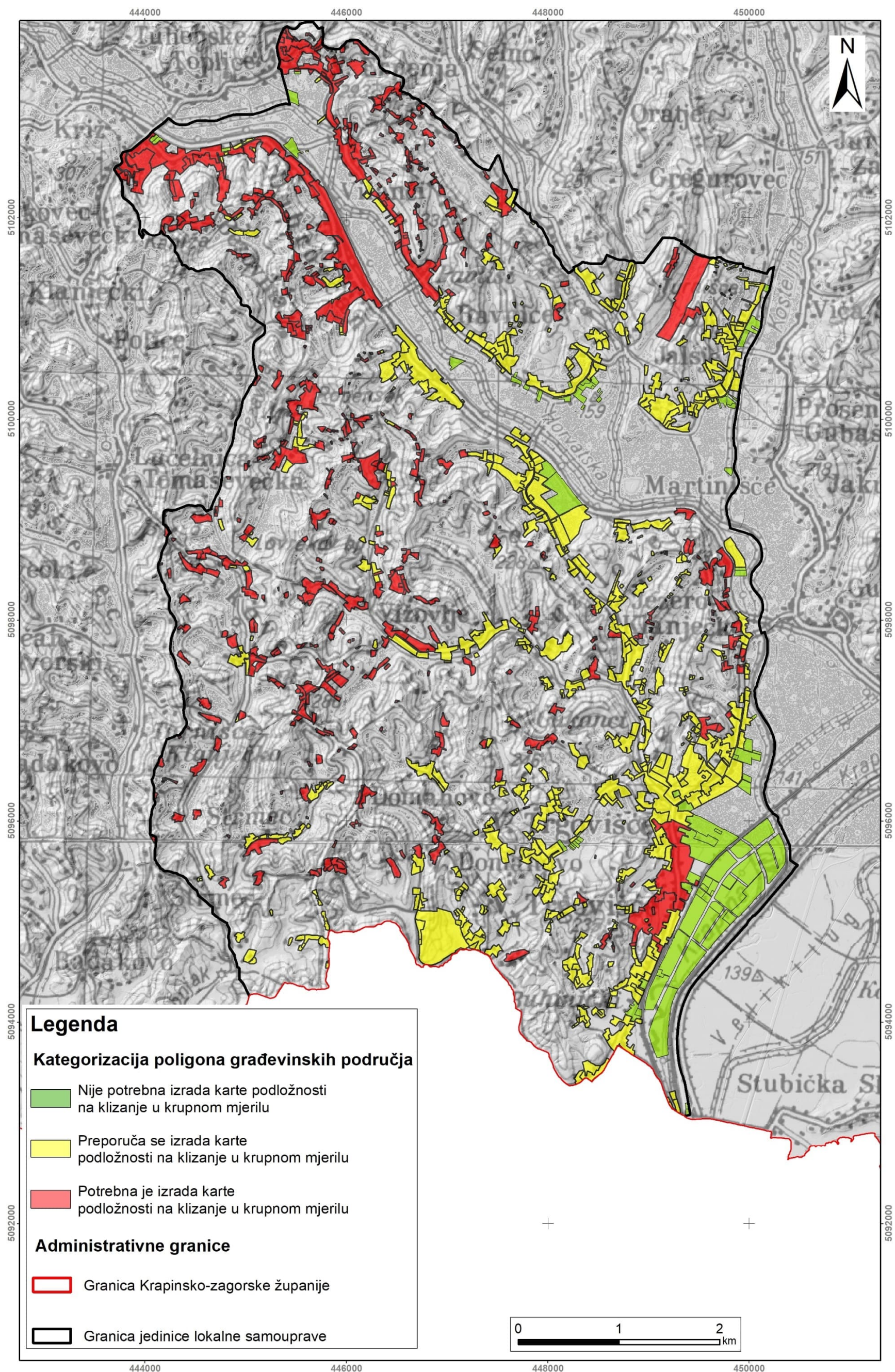
Slika 55 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Veliko Trgovišće



*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni Velikog Trgovišća pokrivaju sve tri zone podložnosti. Površina građevinskih zona u zelenoj kategoriji iznosi 2,2 km<sup>2</sup> i smještena je u stabilnim dolinama, gdje nije potrebno dodatno istraživati. Žuti građevinski poligoni zauzimaju 4,2 km<sup>2</sup> i predstavljaju prostorne prijelaze između niskih i visokih zona podložnosti – za njih se preporučuju detaljna istraživanja. Crveni građevinski poligoni dominiraju s površinom od 7,8 km<sup>2</sup>, uglavnom u zapadnim i sjevernim brežuljcima, gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja s ciljem izrade karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Prostorna raspodjela prikazana je na slici (Slika 56).





Slika 56 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Veliko Trgovišće



#### *4.6.3.10 Grad Krapina*

Grad Krapina, s površinom od 47,72 km<sup>2</sup>, predstavlja upravno, kulturno i prometno središte KZŽ-a. Prostor Grada geološki i geomorfološki je raznolik, s izraženim kontrastima između stabilnijih i vrlo nestabilnih zona.

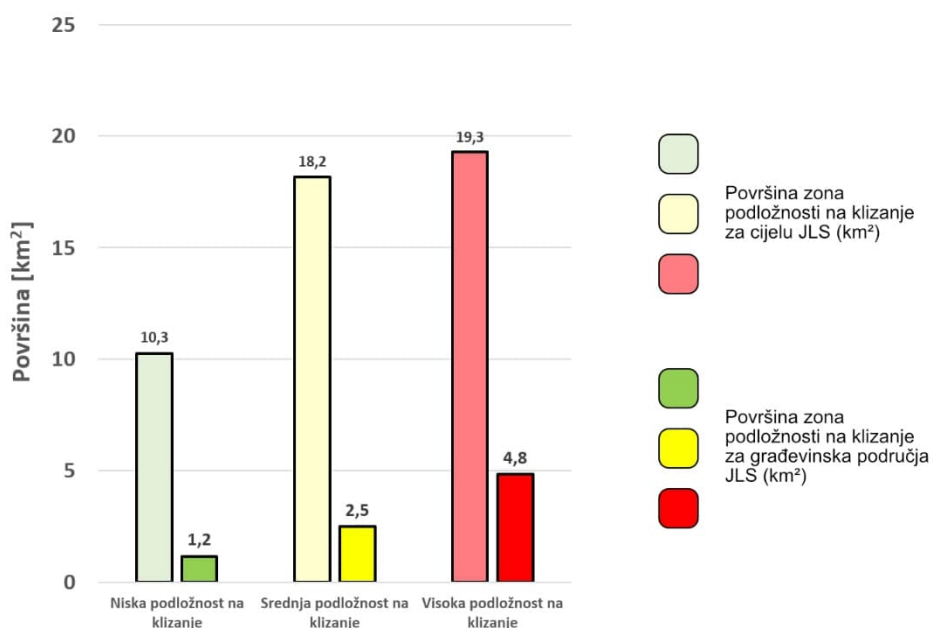
Reljefom Grada dominira sjeverni, hipsometrijski najviši dio – masiv Strahinjčice, dok se prema jugu prostiru doline vodotoka Krapinica, Radobojščica i Pačetina, čiji tokovi uglavnom prate smjer sjever–jug. Sjeverni dio Grada izgrađen je od stijena starijeg trijaskog masiva Strahinjčice – trijaskih karbonata, klastita i magmatskih stijena, te oligocensko-miocenskog klastičnog i piroklastičnog kompleksa. Središnje pobrđe prekrivaju stariji miocenski klastiti, djelomično i karbonati, dok južne dijelove Grada karakteriziraju najmlađi, slabo konsolidirani i u pogledu stabilnosti nepovoljni klastiti miocenske starosti. Dolinske ravnice građene su od kvartarnih aluvijalnih naslaga koje se nalaze u stabilnom stanju ravnoteže.

#### *Katastar klizišta*

Na području grada Krapine evidentirano je ukupno 229 klizišta, što čini 1,24 % ukupne površine. Od ukupnog broja, čak 96 klizišta ocijenjeno je ocjenom 3 i višom (83 klizišta ocjene 3, 11 klizišta ocjene 4 i 2 klizišta ocjene 5). Prosječna ocjena izraženosti je relativno visoka, što može ukazivati na učestalu pojavu procesa klizanja većeg intenziteta, posebno u brežuljkastim i južnim dijelovima Grada.

#### *Zone podložnosti na klizanje*

Zelena zona obuhvaća 21,5 %, žuta zona 38,1 %, a crvena zona 40,4 % ukupne površine Grada (Slika 57). Stabilniji dijelovi prepoznaju se na prostoru Strahinjčice (trijaski karbonatni masiv) i u dolini Krapinice. Crvene zone koncentrirane su južno, u prostorima nestabilnih oligocensko-miocenskih i miocenskih naslaga. Žute zone razvijaju se kao prijelazne površine niže reljefne energije između stabilnih i izrazito nestabilnih područja. Detaljna prostorna analiza prikazana je u *Prilogu 13*.

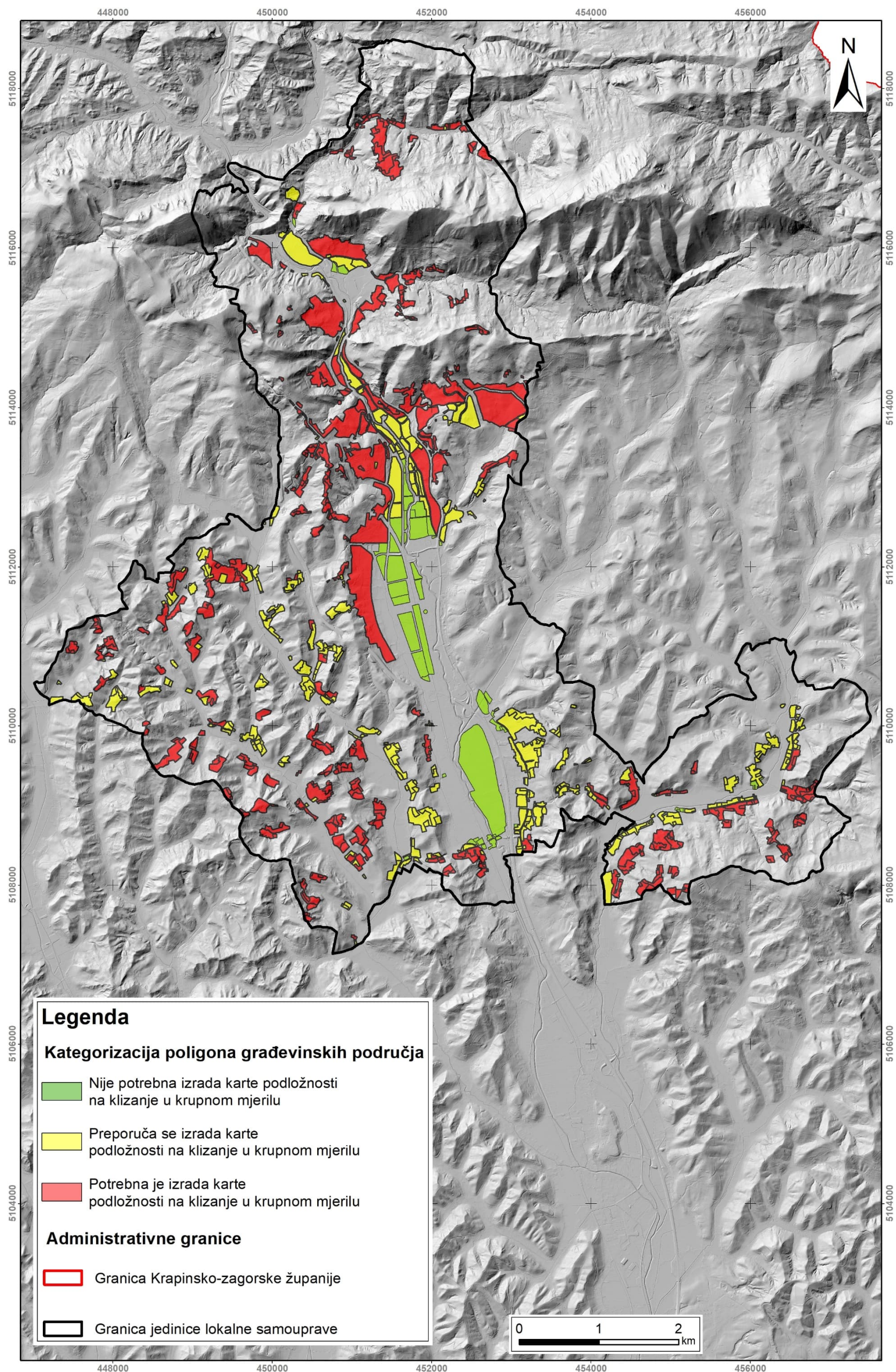


Slika 57 Udio zona podložnosti na klizanje za grad Krapinu

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Krapini najvećim su dijelom smješteni u zonama srednje i visoke podložnosti. Zelena zona pokriva 1,2 km<sup>2</sup> građevinskih površina, uglavnom u dolini Krapinice, gdje nije potrebno dodatno istraživati. Žuti poligoni zauzimaju 2,5 km<sup>2</sup>, a crveni 4,8 km<sup>2</sup>. Obje zone smještene su na područjima oligocensko-miocenskih i miocenskih stijena. Za žute zone preporučuju, a za crvene zone je potrebno izvršiti detaljna istraživanja u svrhu izrade karata podložnosti u krupnom mjerilu. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 58).





Slika 58 Kategorizacija poligona građevinskih područja za grad Krapinu



#### 4.6.3.11 Općina Zagorska Sela

Općina Zagorska Sela prostire se na 24,67 km<sup>2</sup> i predstavlja najzapadniju JLS na području KZŽ-a. Po površini spada u skupinu manjih općina, no u pogledu geomorfološke i geološke raznolikosti izuzetno je zanimljiva.

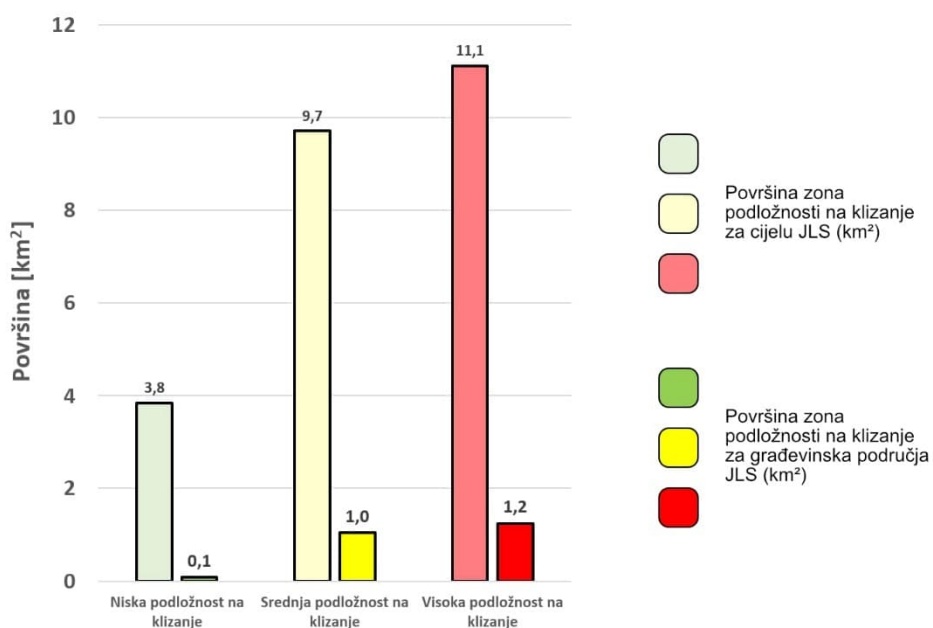
Veći dio Općine čini razvedeno pobrđe izgrađeno od nestabilnih miocenskih klastičnih naslaga, koje su često povezane s pojavom klizanja. Krajnji sjeverni dio teritorija pripada trijaskom i oligocensko-miocenskom kompleksu, litološki raznolikom i u pogledu klizišta vrlo nestabilnom. Uz zapadnu granicu sa Slovenijom proteže se dolina rijeke Sutle, izgrađena od kvartarnih aluvijalnih naslaga, koja predstavlja stabilniji, nizinski dio Općine.

#### Katastar klizišta

Na području Općine evidentirano je 291 klizište, što čini vrlo visok udio od 2,81 % ukupne površine – među najvišim u KZŽ-u. Od ukupnog broja, 49 klizišta ocijenjeno je ocjenom 3 i višom (40 klizišta ocjene 3 i 17 klizišta ocjene 4), što dodatno potvrđuje izraženu aktivnost procesa, osobito u morfološki dinamičnim zonama.

#### Zone podločnosti na klizanje

Zelena zona zauzima 15,6 %, žuta zona 39,4 %, a crvena zona čak 45,0 % površine Općine (Slika 59). Crvena zona prostorno dominira sjevernim dijelom Općine te energetskim istočnim padinama. Žuta zona se rasprostire u prijelaznim dijelovima, osobito u središnjoj zoni, dok su stabilnije zelene zone uglavnom smještene uz rijeku Sutlu i na krajnjem sjeveru, u području trijaskog kompleksa. Detaljna distribucija zona prikazana je u *Prilogu 30*.

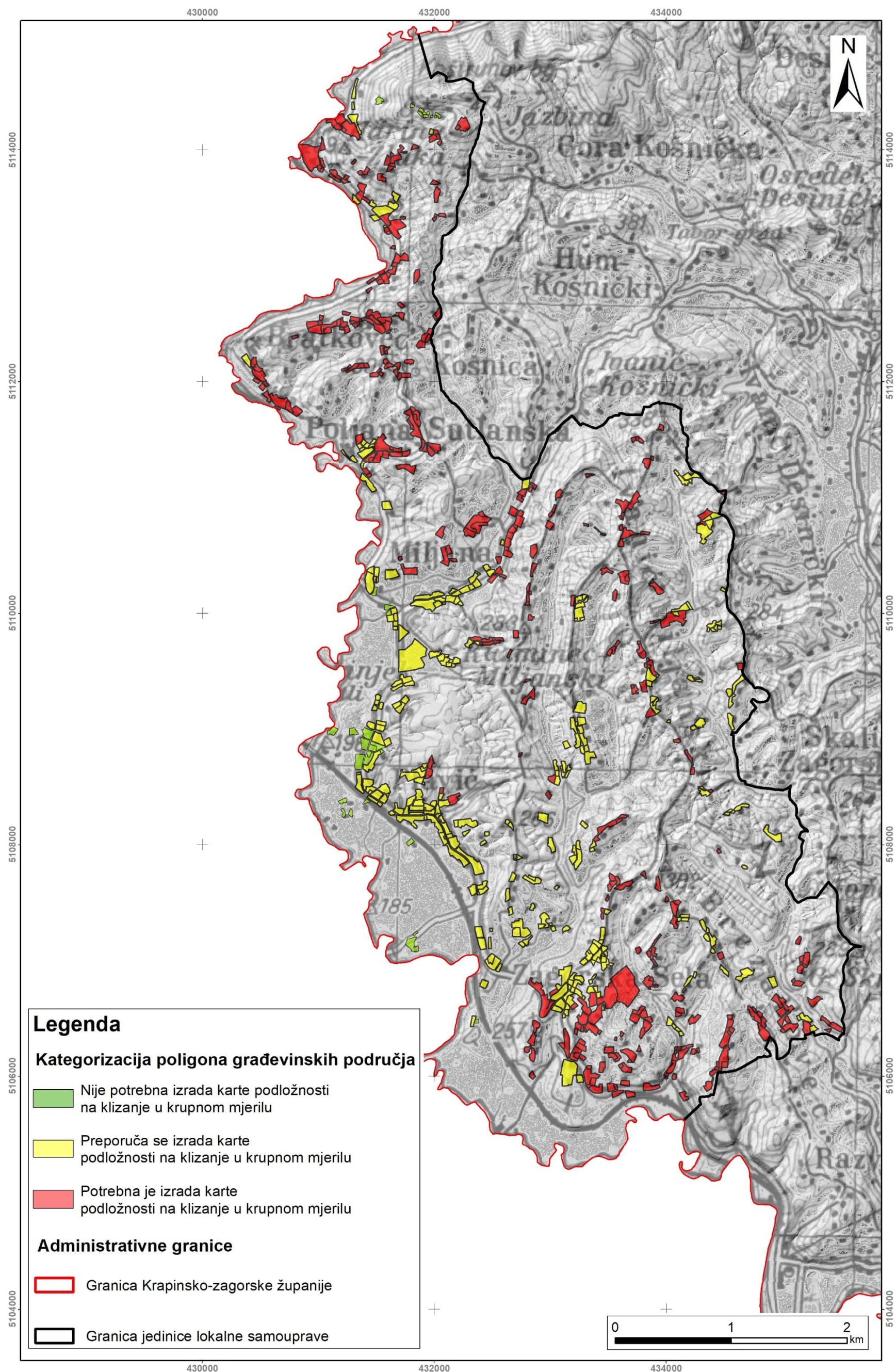


Slika 59 Udio zona podločnosti na klizanje za općinu Zagorska sela



*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u općini Zagorska Sela prostorno su raspoređeni kroz sve tri zone podložnosti. U crvenoj zoni smješteno je 1,2 km<sup>2</sup> građevinskih površina, prvenstveno duž sjevernih i južnih područja, gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja. Žuti poligoni zauzimaju 1,0 km<sup>2</sup> i koncentrirani su u središnjoj zoni s umjerenom energijom reljefa – za njih se preporučuju detaljna istraživanja. Zeleni poligoni (0,1 km<sup>2</sup>) nalaze se pretežito uz rijeku Sutlu i na krajnjem sjeveru, u području stabilnijih trijaskih stijena, gdje nije potrebno dodatno istraživati. Prostorna raspodjela prikazana je na slici (Slika 60).



Slika 60 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Zagorska sela



#### 4.6.3.12 Grad Pregrada

Grad Pregrada obuhvaća površinu od 67,47 km<sup>2</sup> i svrstava se među veće JLS na području KZŽ-a. Prostor Grada geološki i geomorfološki je raznolik, a reljefno je obilježen izraženim kontrastima između stabilnijih i nestabilnijih zona.

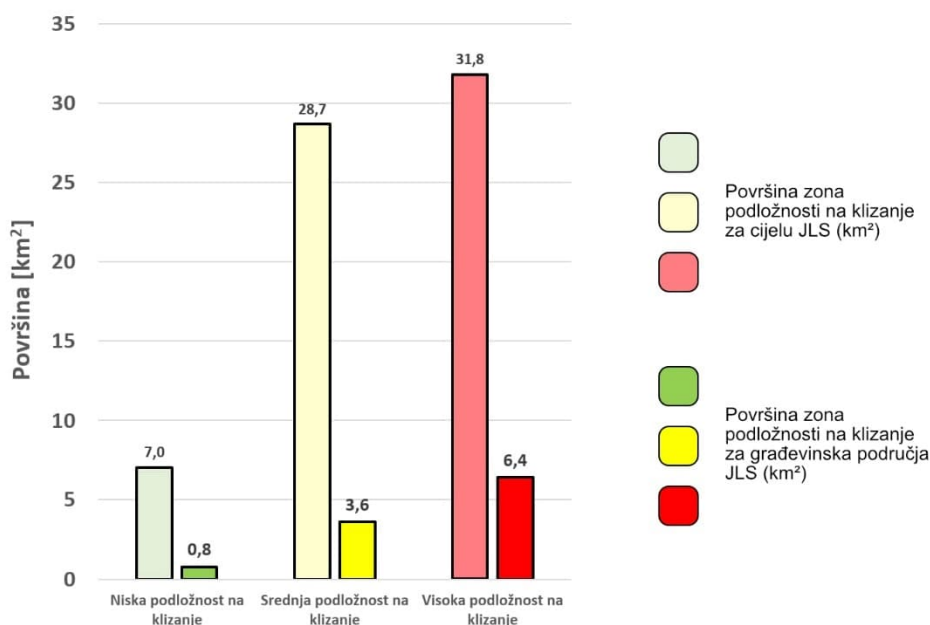
Reljefom dominiraju dvije osnovne cjeline: Kuna gora kao hipsometrijski najviši dio, te dolina vodotoka Kosteljina. Ove zone predstavljaju i geološke kontraste – Kuna gora je izgrađena od stabilnijih trijaskih karbonatnih i klastičnih stijena, dok dolina Kosteljine čini nizinski dio s kvartarnim aluvijalnim naslagama. Ove dvije cjeline prostiru se središnjim dijelom Grada i dijele ga na istočni i zapadni dio. Navedene dijelove karakteriziraju geološki najnestabilnije jedinice – oligocensko-miocenski klastični i piroklastični kompleks te miocenski klastiti. Upravo ta središnja zona predstavlja najveći rizik u pogledu pojave klizišta.

#### Katastar klizišta

Na području grada Pregrade evidentirano je ukupno 516 klizišta, čime se Grad ubraja među najpogođenije JLS-ove po apsolutnom broju klizišta. Ipak, udio površine zahvaćene klizištima iznosi 2,15 %, što je niže od prosjeka za jedinice JLS grupe 3.

#### Zone podložnosti na klizanje

Zelena zona zauzima 10,4 %, žuta zona 42,5 %, a crvena zona čak 47,1 % ukupne površine Grada (Slika 61). Zelene zone prepoznaju se na području stabilnih trijaskih karbonata (Kuna gora) i u dolini Kosteljine. Crvene zone vezane su uz klastično-piroklastični oligocensko-miocenski kompleks i izraženije brežuljke koje grade nestabilni miocenski klastiti. Žuta zona je prostorno najzastupljenija u južnim dijelovima, gdje je reljef blažeg nagiba i niže energije. Detaljna prostorna analiza prikazana je u *Prilogu 23*.

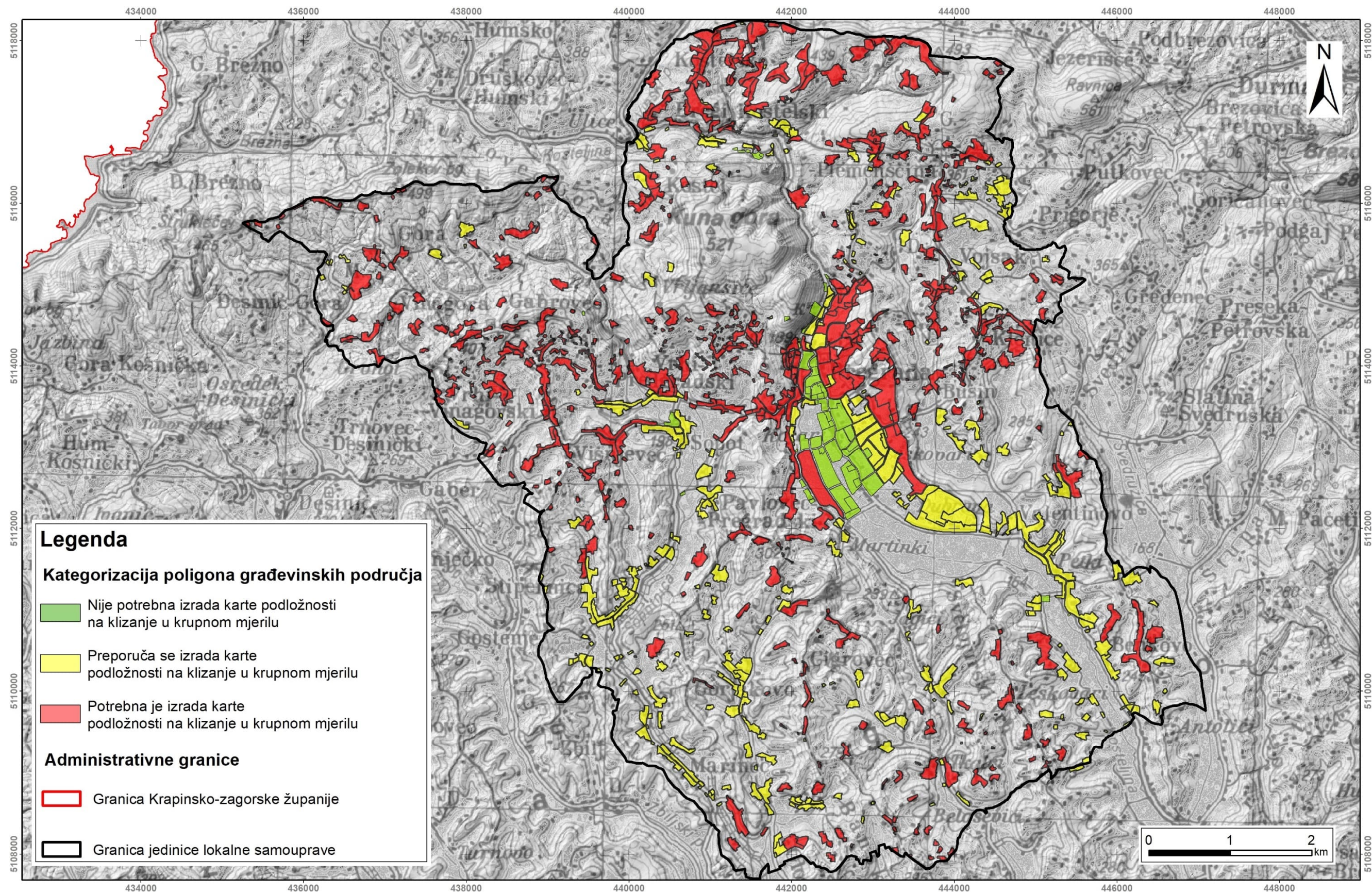


Slika 61 Udio zona podložnosti na klizanje za grad Pregradu

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Pregradi prostiru se kroz sve tri zone podložnosti. Zelena zona (0,8 km<sup>2</sup>) uglavnom je vezana uz upravno središte Grada, gdje nije potrebno provoditi dodatna istraživanja. U žutoj zoni nalazi se 3,6 km<sup>2</sup>, pretežito u jugozapadnom pobrđu i u prijelaznim zonama oko središta naselja Pregrada – za koje se preporučuju detaljna istraživanja. Crvena zona zauzima 6,4 km<sup>2</sup>, s najvećom koncentracijom građevinskih poligona južno od Kuna gore (oligocensko-miocenski kompleks) i sjeverno (miocenski klastiti), gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja s ciljem izrade karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 62).





Slika 62 Kategorizacija poligona građevinskih područja za grad Pregradu



#### 4.6.3.13 Općina Kumrovec

Općina Kumrovec prostire se na površini od 17,52 km<sup>2</sup> i ubraja se među manje JLS-ove na području KZŽ-a. Smještena je na zapadnoj granici sa Slovenijom, a njezin prostor obilježava iznimna geomorfološka i litološka raznolikost.

Unatoč maloj površini, na području Općine razvijene su sve tri osnovne geomorfološke cjeline:

- Ravničarski dijelovi smješteni su na jugozapadu (dolina rijeke Sutle) i dijelom na sjeveru (dolina vodotoka Horvatska), građeni od kvartarnih aluvijalnih naslaga;
- Morfološki razvedeno pobrđe, koje zauzima najveći dio Općine, izgrađeno je od geomehanički nepovoljnih miocenskih klastita;
- Hipsometrijski najviši dio, jugoistočno područje uz Cesarsko brdo, izgrađeno je od trijaskih stijena – stabilnih karbonata i nešto nepovoljnijih klastita.

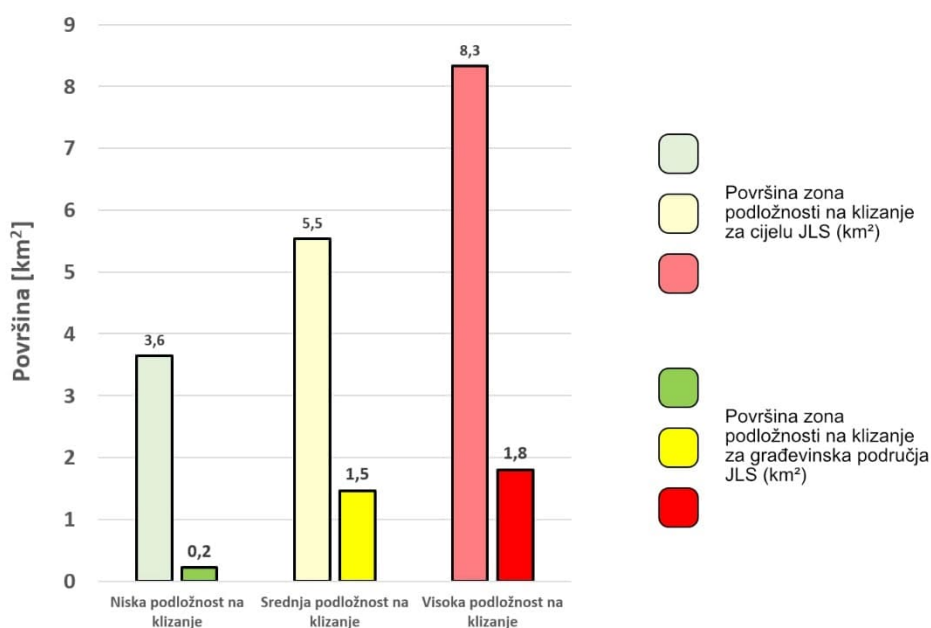
#### *Katastar klizišta*

Na području općine Kumrovec evidentirano je ukupno 164 klizišta, što čini 2,91 % ukupne površine – jedan od viših udjela u KZŽ-u. Od navedenih, 33 klizišta ocijenjena su ocjenom 3 i višom (25 klizišta ocjene 3 i 8 klizišta ocjene 4). Iako je prosječna ocjena izraženosti klizišta nešto niža (1,7), visoki prostorni udio i povezanost gotovo svih klizišta s miocenskim klastičnim kompleksom ukazuje na izraženu geomorfološku osjetljivost prostora. U stabilnijim trijaskim kompleksima (Cesarsko brdo), zabilježena su tek izolirana klizišta.

#### *Zone podložnosti na klizanje*

Zelena zona zauzima 20,8 %, žuta zona 31,6 %, a crvena zona čak 47,6 % površine Općine (Slika 63). Zelene zone koncentrirane su u dolinama rijeke Sutle i vodotoka Horvatska, kao i na dijelovima Cesarskog brda gdje dominiraju trijaski karbonati. Crvene zone prostorno dominiraju središnjim i sjevernim dijelovima Općine, gdje se prostiru nestabilni miocenski klastiti. Žuta zona najizraženija je u prijelaznim dijelovima pobrđa, posebice između naselja Kumrovec i Razdrto-Tuheljsko. Prostorna distribucija prikazana je u *Prilogu 15*.



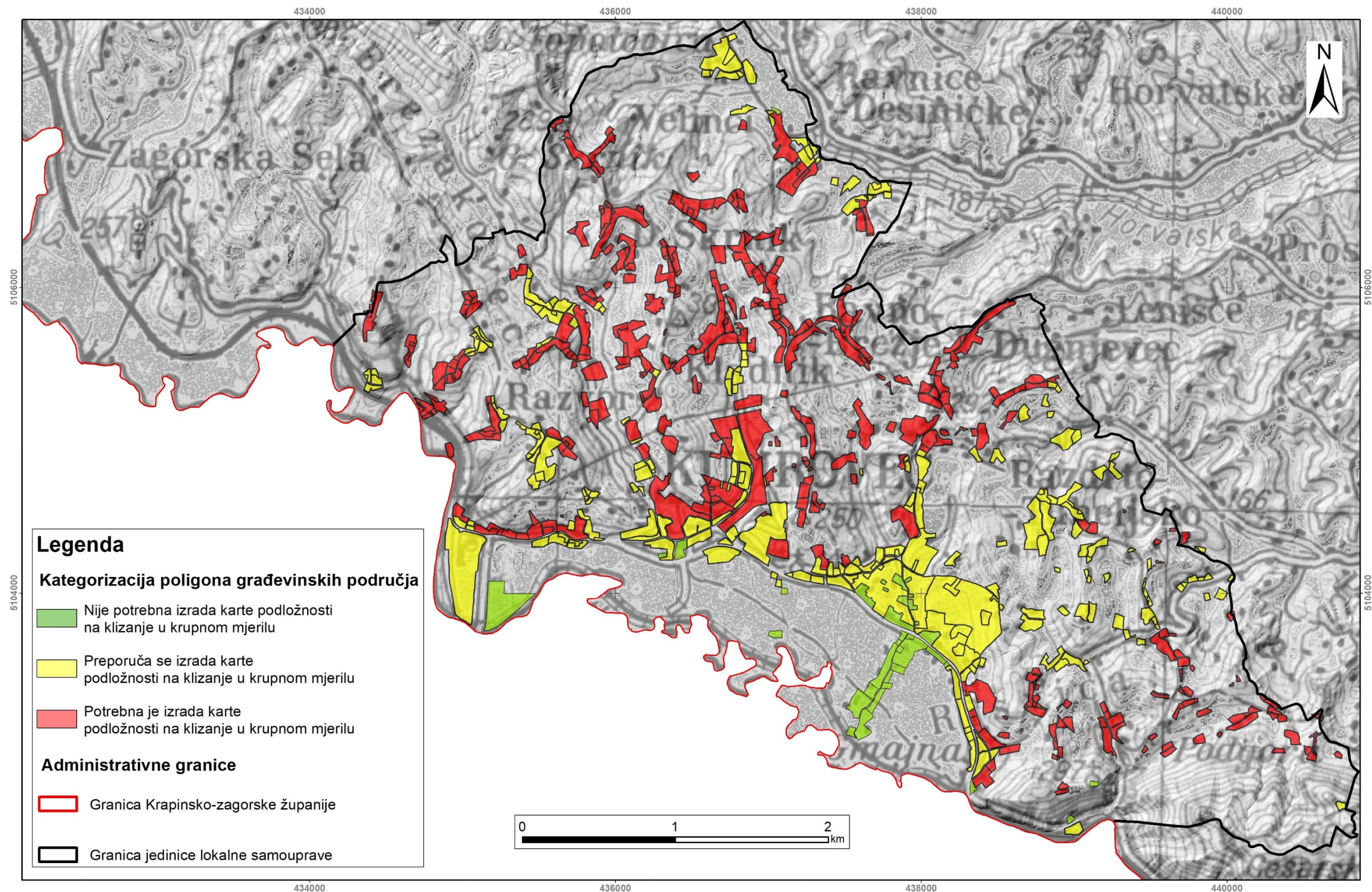


Slika 63 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Kumrovec

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Kumrovcu prostiru se u sve tri zone podložnosti. Površina zelenih građevinskih poligona iznosi svega 0,2 km<sup>2</sup> i većinom se odnosi na prostor doline Sutle, osobito u dijelu naselja Kumrovec – za te lokacije nije potrebno dodatno istraživati. Žuti poligoni (1,5 km<sup>2</sup>) također su prisutni u Kumrovcu, posebno na prijelazu iz doline u pobrđe, te se za njih preporučuju detaljna istraživanja. Crveni građevinski poligoni obuhvaćaju 1,8 km<sup>2</sup> i koncentrirani su u sjevernom pobrđu te južnim dijelovima podno Cesarskog brda, gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja. Prostorna raspodjela prikazana je na slici (Slika 64).





Slika 64 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Kumrovec



#### 4.6.3.14 Općina Tuhelj

Općina Tuhelj prostire se na 23,92 km<sup>2</sup> i smještena je u zapadnom dijelu KZZ-a. Premda manja površinom, predstavlja jednu od najugroženijih općina s aspekta podložnosti na klizanje, što je potvrđeno i kroz podatke iz katastra klizišta te zoniranja podložnosti.

Reljefno i geološki, Općina se može podijeliti na tri osnovne cjeline:

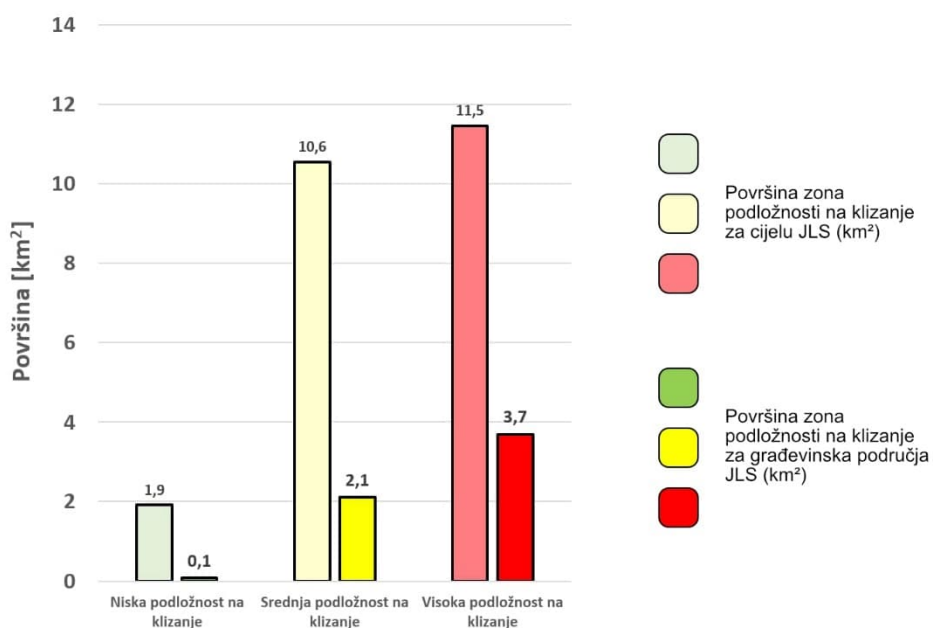
- Središnji dio čini dolina vodotoka Horvatska, smještena u uskom pojasu kvartarnih aluvijalnih naslaga i predstavlja stabilniju, nizinsku zonu;
- Istočno i zapadno od nje razvijeno je pobrđe, izgrađeno od geomehanički nepovoljnih miocenskih klastičnih naslaga;
- Južni dio Općine naslanja se na masiv Cesarskog brda, što ga čini hipsometrijski najvišim i geomorfološki najdinamičnijim dijelom.

#### *Katastar klizišta*

Na području općine Tuhelj evidentirano je 208 klizišta, što predstavlja visok udio od 2,8 % ukupne površine. Ovaj podatak svrstava Općinu među najugroženije na području KZZ-a. Od evidentiranih klizišta, 28 ih je ocijenjeno s 3 i višom ocjenom (21 klizišta ocjene 3 i 7 klizišta ocjene 4). Iako je prosječna ocjena izraženosti relativno niska (1,5), brojnost i prostorna gustoća ukazuju na značajan geodinamički rizik – osobito u srednje podložnim žutim zonama gdje se bilježi iznadprosječni broj klizišta.

#### *Zone podložnosti na klizanje*

Zelena zona zauzima 8,0 %, žuta zona 44,1 %, a crvena zona čak 47,9 % ukupne površine Općine (Slika 65). Uske zelene zone vezane su isključivo uz dolinu Horvatske. Crvene zone, kao najpodložnije, prostiru se u krajnjim dijelovima Općine – sjeveru, jugu, istoku i zapadu. Žuta zona koncentrirana je u središnjem dijelu, na području prijelaza između doline i brežuljaka. S obzirom na visoku učestalost klizišta upravo u ovoj srednje podložnoj zoni, naglašava se potreba za dodatnim istraživanjima i unutar žutih zona, što je posebno važno u kontekstu planiranja buduće gradnje. Detaljna raspodjela prikazana je u *Prilogu 27*.

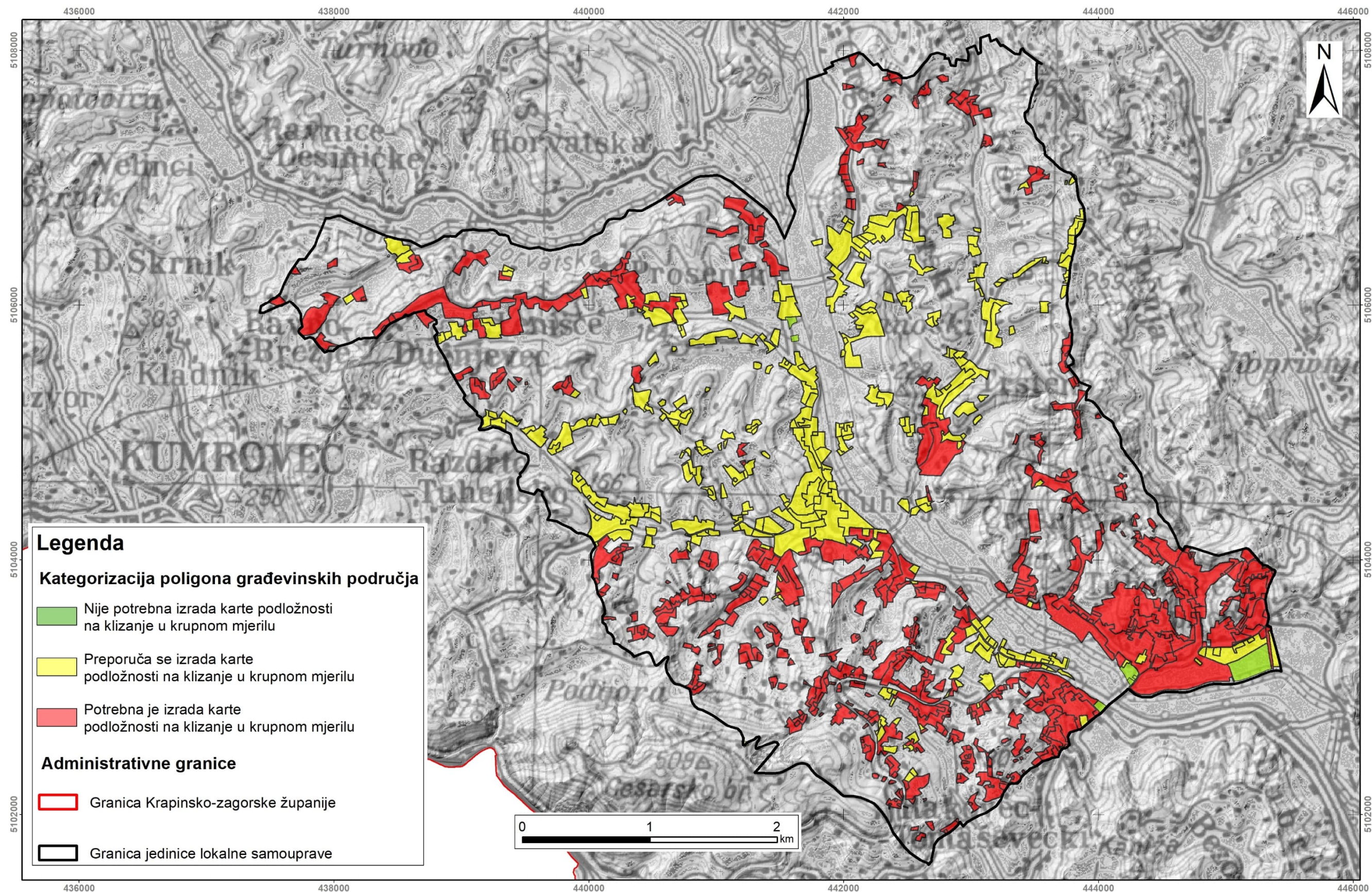


Slika 65 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Tuhelj

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Zeleni građevinski poligoni u Tuhelju zauzimaju svega 0,1 km<sup>2</sup> i vezani su uz stabilne dijelove doline Horvatske – za njih nije potrebno dodatno istraživati. Žuti poligoni (2,1 km<sup>2</sup>) smješteni su u središnjem dijelu Općine i za njih se izrazito preporučuju detaljna istraživanja. Crveni građevinski poligoni, s ukupnom površinom od 3,7 km<sup>2</sup>, dominantni su na jugu i sjeveru Općine, gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja s ciljem izrade karata podložnosti u krupnom mjerilu. Prostorna raspodjela prikazana je na slici (Slika 66).





Slika 66 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Tuhelj



#### 4.6.3.15 Općina Desinić

Općina Desinić obuhvaća površinu od 44,98 km<sup>2</sup> i smještena je na zapadu KZŽ-a. Karakterizira je izdužen oblik u smjeru sjeverozapad–jugoistok, što ujedno prati smjer glavnih dolina – Horvatske i Žbiljskog potoka.

Prostor Općine može se geomorfološki i geološki podijeliti na dvije osnovne cjeline. Sjeverozapadni dio čini Sunčana gora, hipsometrijski najviša zona koju izgrađuju stijene trijaskog i oligocensko-miocenskog kompleksa. Južno od nje prostire se valovito pobrđe, morfološki vrlo razvedeno, građeno od slabokonsolidiranih miocenskih naslaga, koje su ujedno najodgovornije za pojavu klizišta na prostoru Općine.

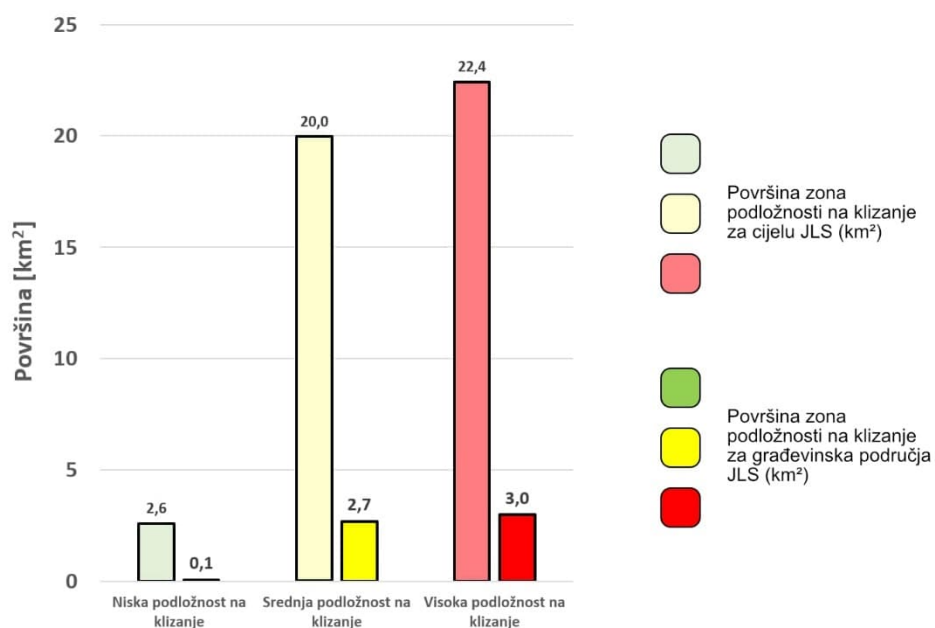
#### *Katastar klizišta*

Na području općine Desinić evidentirano je 437 klizišta, što čini 2,42 % ukupne površine – jedan od viših udjela među svim JLS-ovima u grupi 3. Od toga je 132 klizišta ocijenjeno s ocjenom 3 i višom (96 klizišta ocjene 3, 33 klizišta ocjene 4 i 3 klizišta ocjene 5). Iako je prosječna ocjena izraženosti klizišta umjerena (2,0), njihova brojnost, prostorna raširenost i podudarnost s litološki nepovoljnim kompleksima upućuju na povišeni rizik i potrebu za dodatnom analizom.

#### *Zone podložnosti na klizanje*

Zelena zona zauzima 5,7 %, žuta zona 44,4 %, a crvena zona čak 49,9 % ukupne površine Općine (Slika 67). Crvene zone dominiraju u sjevernom dijelu, gdje su prisutne nepovoljne oligocensko-miocenske naslage i izraženija energija reljefa. Južni dijelovi Općine pokriveni su uglavnom žutom zonom, iako se lokalno pojavljuju i crvene zone. Zelene površine iznimno su rijetke i uglavnom vezane uz dolinu vodotoka Horvatska. Detaljna prostorna distribucija prikazana je u *Prilogu 3*.



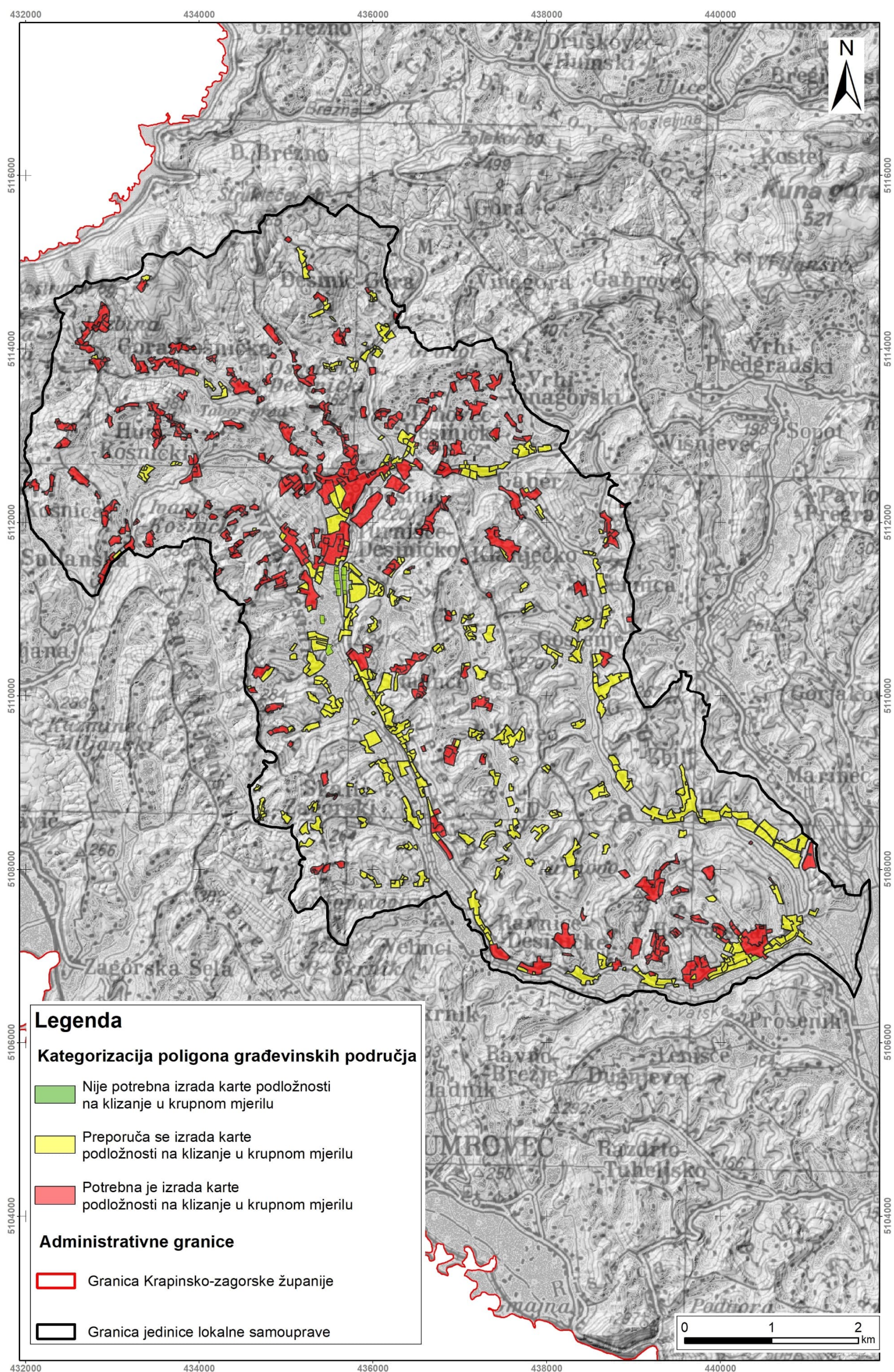


Slika 67 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Desinić

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u Desiniću prate osnovnu prostornu zonaciju. Crveni poligoni (3,0 km<sup>2</sup>) prostiru se pretežno u sjevernim dijelovima i za njih je potrebno izvršiti detaljna istraživanja. Žuti poligoni (2,6 km<sup>2</sup>) dominantni su u južnijim dijelovima pobrđa i preporučuju se za dodatna istraživanja s ciljem preciznog zoniranja. Zeleni građevinski poligoni zauzimaju svega 0,1 km<sup>2</sup> i vezani su isključivo uz stabilniji nizinski pojas u dolini Horvatske, gdje nije potrebno dodatno istraživati. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 68).





Slika 68 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Desinić



#### 4.6.3.16 Općina Krapinske Toplice

Općina Krapinske Toplice prostire se na 48,83 km<sup>2</sup> i smještena je u središnjem dijelu KŽŽ-a. Unatoč umjerenoj površini, predstavlja jedno od najugroženijih područja od prijetnje klizišta u cijeloj KŽŽ-u, što je vidljivo i kroz analizu katastra i zona podložnosti.

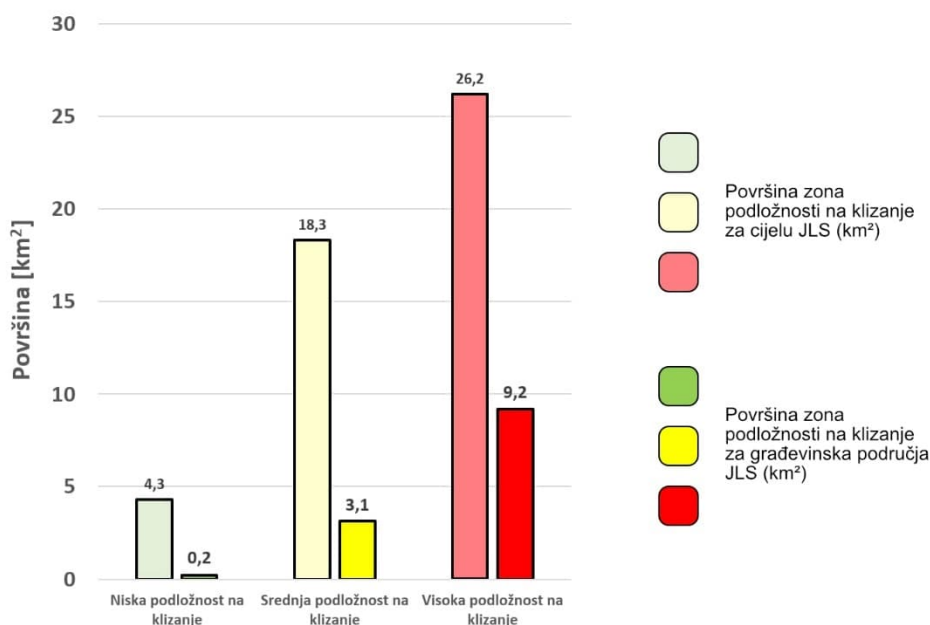
Prostor Općine dominira geomorfološki razvedenim miocenskim pobrđem, koje se nalazi s obje strane doline vodotoka Kosteljina. Ova dolina, zajedno s dolinom manjeg potoka Erpenjšica, građena je od kvartarnih aluvijalnih naslaga i čini stabilniji središnji dio Općine. Vodotok Kosteljina teče smjerom sjeverozapad–jugoistok i dijeli pobrđe na dva dijela – zapadno i istočno – oba obilježena slabokonsolidiranim i geomehnički nepovoljnim miocenskim naslagama podložna procesu klizanja.

##### Katastar klizišta

Na području općine Krapinske Toplice evidentirano je čak 534 klizišta, a ona pokrivaju najveći udio u cijeloj Županiji – 3,42 % ukupne površine. Od toga, 232 klizišta ocijenjena su ocjenom 3 i višom (187 klizišta ocjene 3, 41 klizišta ocjene 4 i 4 klizišta ocjene 5). Uz to, Općina ima i najvišu prosječnu ocjenu izraženosti klizišta – 2,4, što jasno ukazuje na to da su brojna klizišta vrlo uočljiva i vjerojatno još uvijek aktivna. Ti podaci snažno upućuju na potrebu za prioritetnim daljnjim istraživanjima.

##### Zone podložnosti na klizanje

Zelena zona zauzima 8,8 %, žuta zona 37,5 %, a crvena zona dominira s 53,6 % ukupne površine Općine (Slika 69). Crvene zone prostiru se gotovo ravnomjerno duž cijelog pobrđa. Žute zone su smještene u prijelaznim prostorima između pobrđa i dolina. Zelena zona vezana je isključivo uz dolinu Kosteljine. Prikaz prostorne distribucije nalazi se u *Prilogu 14*.



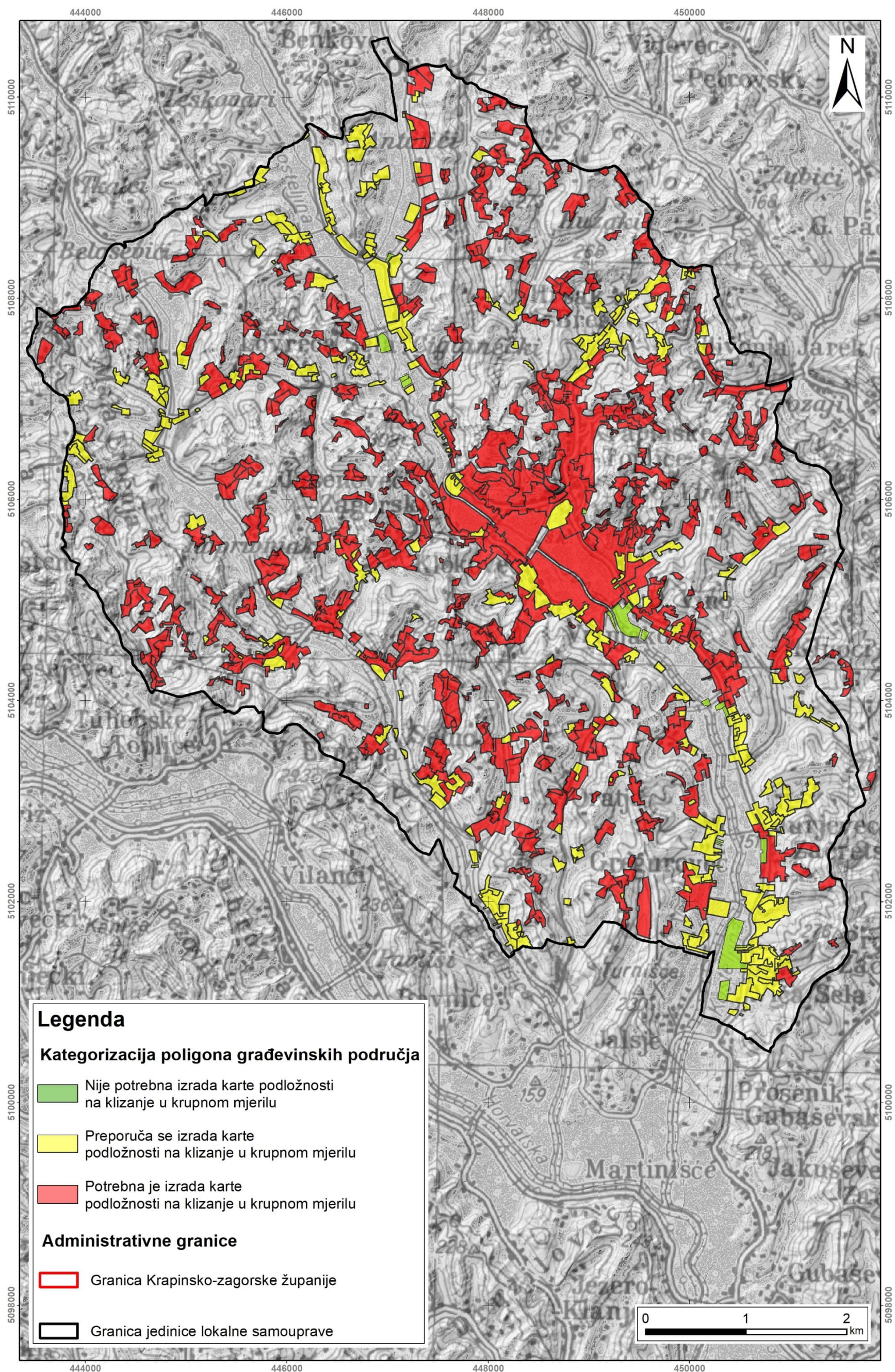
Slika 69 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Krapinske Toplice

*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Crveni građevinski poligoni zauzimaju čak 9,2 km<sup>2</sup> i dominantni su na gotovo cijelom području Općine, a ukupna površina crvenih poligona građevinskih područja je najveća na cijelom području KŽŽ-a! Žuti poligoni su zastupljeni s 3,1 km<sup>2</sup>, i nalaze se u prijelaznim zonama. Zeleni poligoni čine svega 0,2 km<sup>2</sup> i nalaze se u dolini Kosteljine – za njih nisu potrebna dodatna istraživanja. Posebnu pozornost treba posvetiti administrativnom središtu Općine, koje je prema postojećoj karti svrstano u crvenu zonu, iako se većim dijelom nalazi u dolinskoj ravnici. Za to je područje potrebno izvršiti detaljna istraživanja kako bi se izvršila korekcija i preciznije zoniranje stvarnog rizika u kontekstu planiranja prostora i izgradnje. Prostorna raspodjela prikazana je na slici (Slika 70).

Premda prema formalnom rangiranju općina, općina Krapinske Toplice (Slika 11) nije izdvojena kao najugroženija, s obzirom na broj klizišta, njihov prostorni udio i izraženost, te najveću površinu izdvojenih crvenih poligona građevinskih područja, ova Općina se s pravom može smatrati jednim od područja s najvećim stvarnim rizikom od klizanja na području KŽŽ-a. Zbog toga bi svakako trebala ući u prvi prioritetni krug daljnjih detaljnih istraživanja.





Slika 70 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Krapinske Toplice



#### 4.6.3.17 Općina Hum na Sutli

Općina Hum na Sutli, površine 36,91 km<sup>2</sup>, smještena je u sjeverozapadnom dijelu KZŽ-a, uz samu granicu sa Slovenijom. Unatoč manjoj površini, geološki je i geomorfološki iznimno kompleksna, što se reflektira i na izraženu podložnost na klizanje.

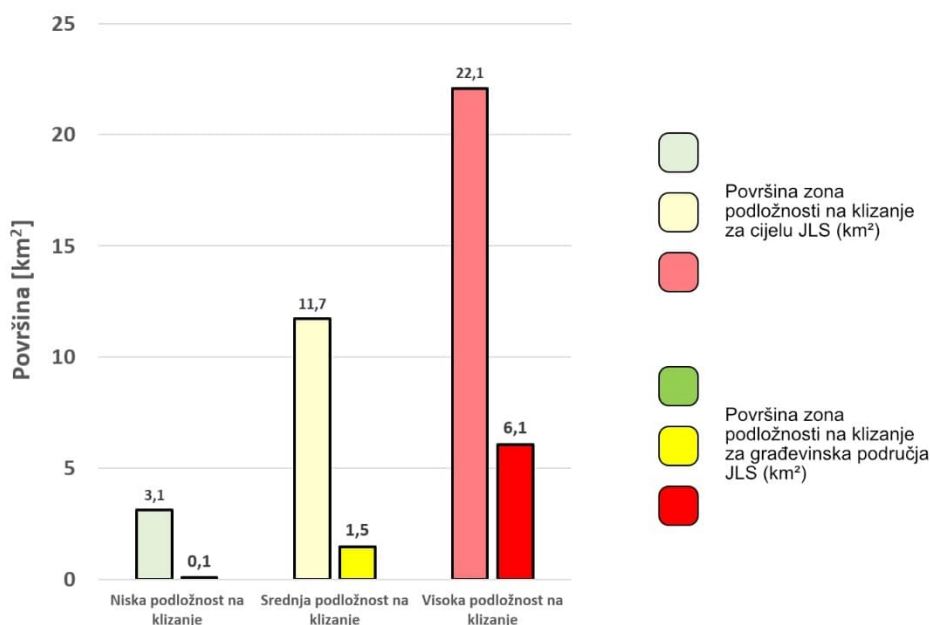
Prostor Općine gotovo je u cijelosti smješten u brežuljkastom području, koje čine nestabilni miocenski klastiti u središnjem dijelu te oligocensko-miocenske naslage na sjeveru. Južna granica Općine definirana je trijaskim karbonatno-klastičnim i magmatskim kompleksom, koji pokazuje nešto bolju stabilnost. Takva litološka raznolikost, u kombinaciji s izraženom reljefnom energijom, značajno doprinosi učestalosti pojave klizišta.

#### Katastar klizišta

Na području općine Hum na Sutli zabilježeno je 329 klizišta, što čini 2,06 % ukupne površine Općine. Od toga, 96 klizišta ocijenjeno je ocjenom 3, 23 ocjenom 4, dok je jedno klizište ocijenjeno najvišom ocjenom izraženosti (5). Prosječna ocjena iznosi 1,9, što ukazuje na umjerenu izraženost većine klizišta, no njihova brojnost i raširenost ukazuju na trajno visok rizik.

#### Zone podložnosti na klizanje

Zelena zona zauzima 19,1 %, žuta zona 15,5 %, dok crvena zona dominira s 65,4 % ukupne površine Općine (Slika 71). Crvena zona je prostorno prisutna u svim dijelovima Općine, s najvećim udjelom u središnjim i sjevernim dijelovima, gdje dominiraju geološki nepovoljne naslage. Zelene zone prate uske pojaseve trijaskih karbonata, dok su žute najzastupljenije u prijelaznim dijelovima, osobito na kontaktu oligocensko-miocenskog i miocenskog kompleksa na sjeveru. Detaljna prostorna raspodjela prikazana je u *Prilogu 8*.



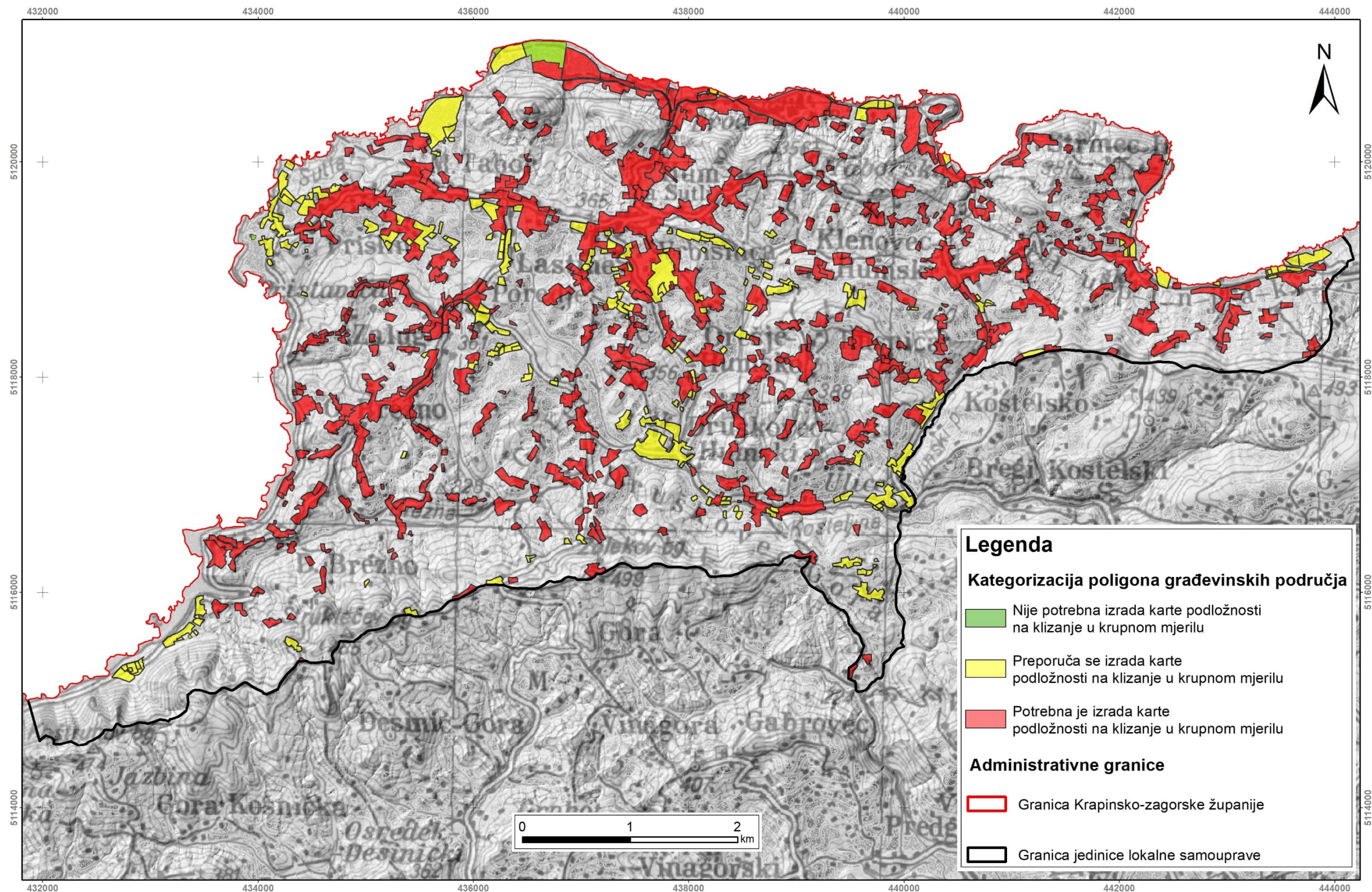
Slika 71 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Hum na Sutli



*Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u općini Hum na Sutli raspoređeni su kroz sve tri zone podložnosti. Crveni poligoni zauzimaju 2,2 km<sup>2</sup> i ravnomjerno su raspoređeni duž cijelog prostora Općine – za njih je potrebno izvršiti detaljna istraživanja s ciljem preciznog zoniranja i planiranja budućih zahvata u prostoru. Žuti poligoni prostiru se na 0,6 km<sup>2</sup> i također su ravnomjerno distribuirani – za njih se preporučuju dodatna istraživanja. Zeleni poligoni (0,5 km<sup>2</sup>) vrlo su rijetki i smješteni uz samu granicu u uskom pojasu doline rijeke Sutle, gdje nije potrebno dodatno istraživati. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 72).





Slika 72 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Hum na Sutli



#### 4.6.3.18 Općina Petrovsko

Općina Petrovsko prostire se na 18,86 km<sup>2</sup> i svrstava se među manje JLS-ove na području KZŽ-a. Unatoč skromnoj veličini, prostor Općine pokazuje izraženu geomorfološku složenost i znatan rizik od klizanja, posebno u središnjem dijelu.

Prostor Općine moguće je podijeliti na tri glavne geomorfološke cjeline:

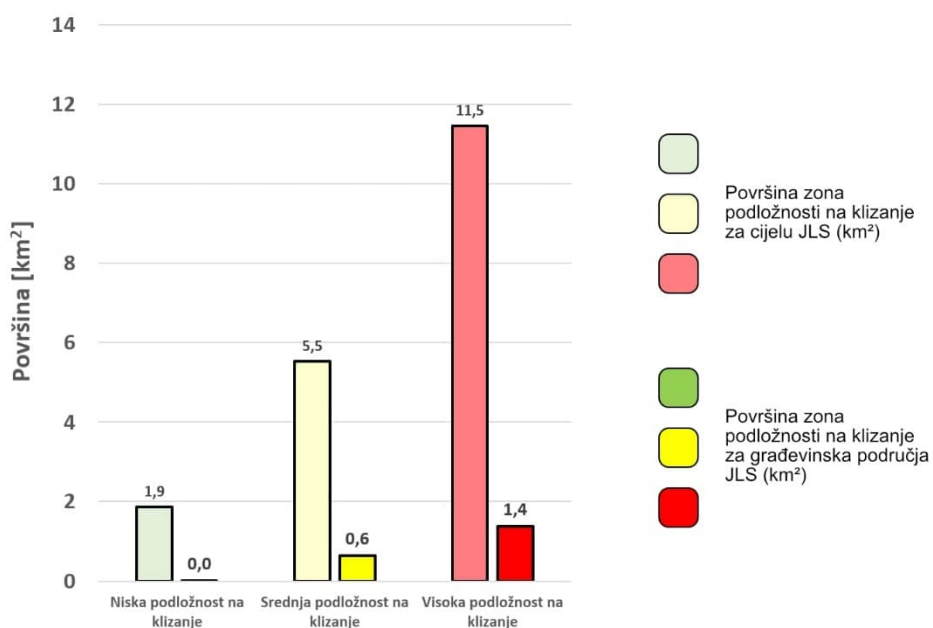
- Na sjeveru, istaknuti brdski pojas gore Brezovice, izgrađen od trijaskih karbonatnih stijena, predstavlja stabilnu jezgru Općine;
- Središnji i južni dijelovi čine morfološki razvedeno pobrđe izgrađeno od nestabilnih miocenskih klastičnih naslaga te dijelom oligocensko-miocenskog kompleksa, osobito nestabilnog u podnožju Brezovice;
- Jugozapadnim dijelom prostire se uska dolina vodotoka Pačetina, građena od stabilnih kvartarnih aluvijalnih naslaga.

#### *Katastar klizišta*

Na području općine Petrovsko evidentirano je 81 klizište, što čini 1,61 % ukupne površine. Od toga, 33 klizišta ocijenjena su ocjenom 3 i višom (27 klizišta ocjene 3 i 6 klizišta ocjene 4). Iako je udio klizišta relativno nizak, prosječna ocjena izraženosti iznosi 2,3, što upućuje na izraženije i vjerojatno aktivnije procese, osobito u središnjim i prijelaznim dijelovima Općine.

#### *Zone podložnosti na klizanje*

Zelena zona zauzima 9,9 %, žuta zona 29,3 %, a crvena zona dominira s čak 60,7 % površine Općine (Slika 73). Zelena zona ograničena je na sjeverni dio uz trijasku jezgru te na jugozapadnu dolinu Pačetine. Crvena zona dominira središnjim dijelom Općine, na području oligocensko-miocenskog i miocenskog kompleksa. Žute zone nalaze se pretežno na južnim pobrđima i prijelaznim zonama blaže reljefne energije. Detaljna prostorna distribucija prikazana je u *Prilogu 22*.

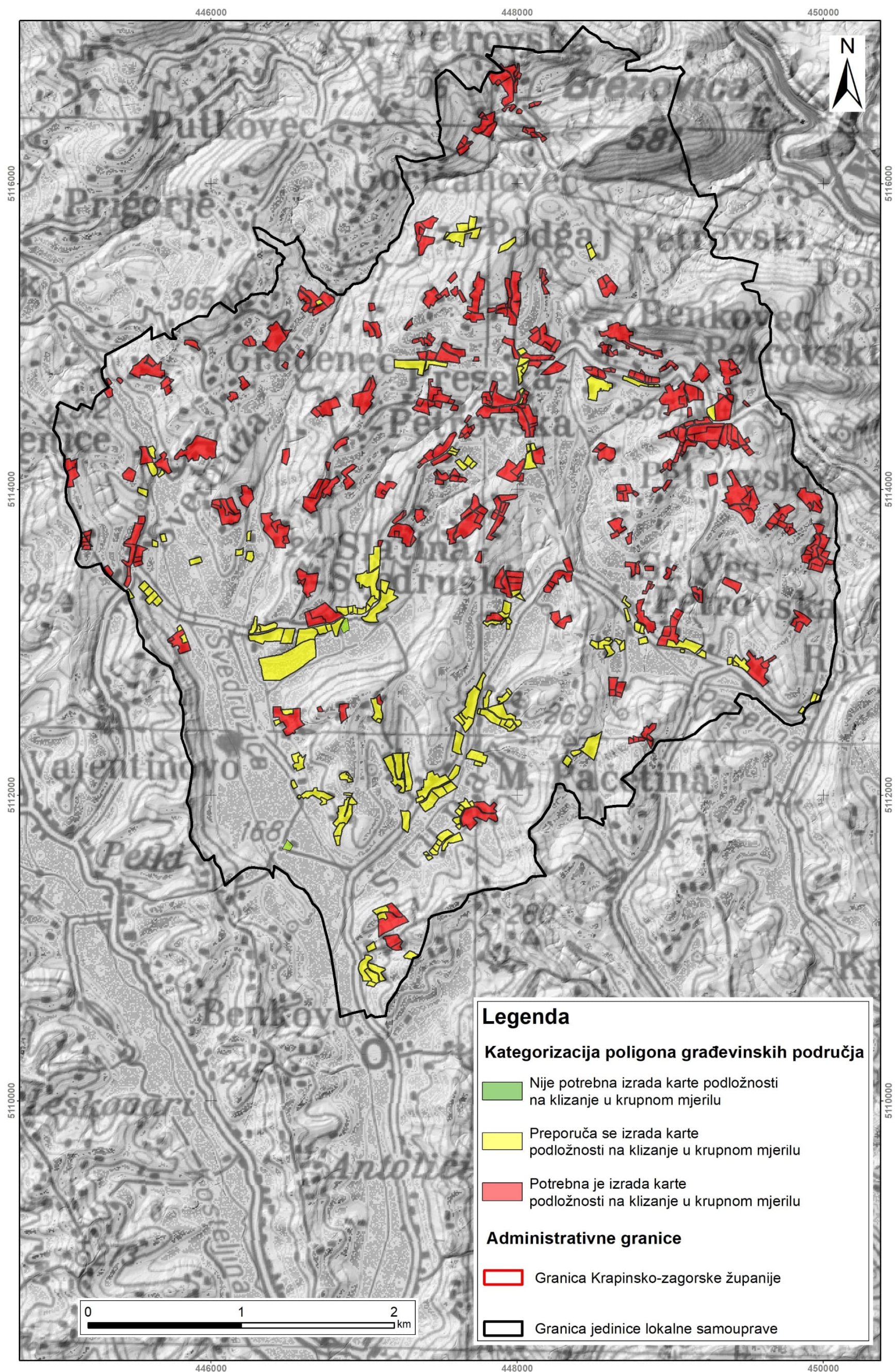


Slika 73 Udio zona podložnosti na klizanje za općinu Petrovsko

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Građevinski poligoni u općini Petrovsko najvećim su dijelom smješteni u crvenoj zoni (1,4 km²), gdje je potrebno izvršiti detaljna istraživanja prije bilo kakvih zahvata u prostoru. Žuti građevinski poligoni, koji obuhvaćaju 0,6 km², smješteni su na južnim pobrđima i za njih se preporučuju dodatna istraživanja. Zelenih građevinskih poligona gotovo da i nema – prisutni su tek manji otoci unutar doline Pačetine. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 74).





Slika 74 Kategorizacija poligona građevinskih područja za općinu Petrovsko



#### *4.6.3.19 Grad Klanjec*

Grad Klanjec prostire se na 25,62 km<sup>2</sup> i smješten je u jugozapadnom dijelu KZŽ-a. Unatoč manjoj površini, područje grada geološki je i reljefno izrazito kontrastno, što se snažno odražava na podložnost terena klizanju.

Na sjeveru dominira Cesarsko brdo, hipsometrijski i energetski najizraženije područje, izgrađeno od trijaskih karbonatnih, klastičnih i magmatskih stijena. Središnji dio Grada čini miocensko pobrđe, snažno razvedeno, izgrađeno od nestabilnih klastičnih naslaga, dok se prema zapadu proteže dolina rijeke Sutle s kvartarnim aluvijalnim naslagama. Na istoku Grada nalazi se još jedan uski nizinski pojas, dolina vodotoka Lučelnice, također građen od kvartarnih naslaga.

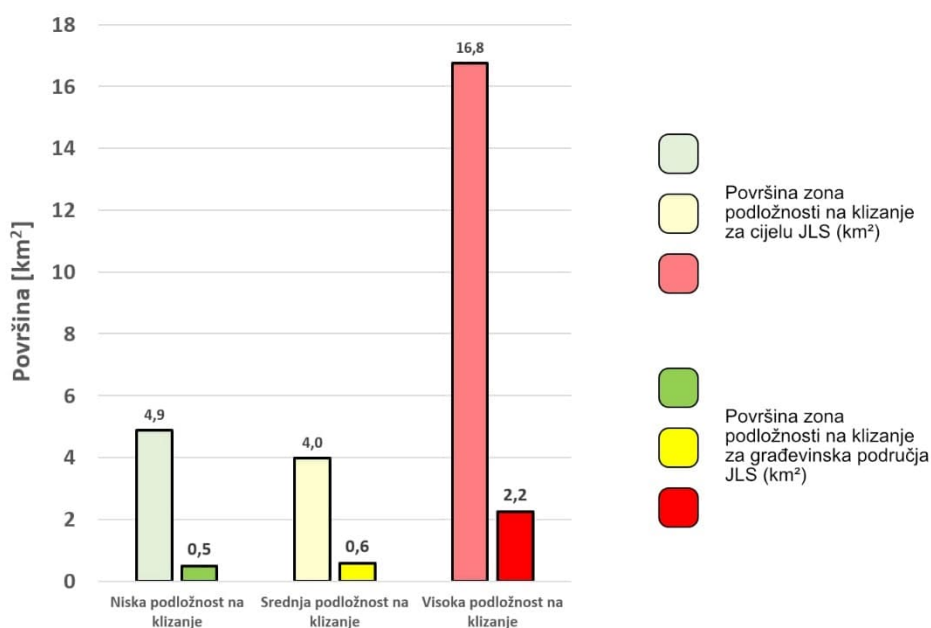
#### *Katastar klizišta*

Na području grada Klanjca evidentirano je 245 klizišta, što čini 2,27 % ukupne površine. Od toga, 33 klizišta ocijenjena su ocjenom 3 i višom (26 klizišta ocjene 3, 6 klizišta ocjene 4 i 1 klizište ocjene 5), dok je prosječna ocjena izraženosti relativno niska (1,6). Ipak, prisutnost velikog broja klizišta na ograničenom prostoru, osobito u središnjoj i istočnoj zoni, upućuje na stalni rizik.

#### *Zone podložnosti na klizanje*

Zelena zona zauzima 19,1 %, žuta zona 15,5 %, a crvena zona dominira s čak 65,4 % ukupne površine Grada, što je najveći udio crvene zone među svim JLS-ovima na području KZŽ-a (Slika 75). Crvene zone najzastupljenije su u središnjem i istočnom dijelu grada, gdje su prisutne nestabilne miocenske naslage. Zelene zone vezane su uz dolinu Sutle te uz južne padine Cesarskog brda gdje prevladavaju trijaski karbonati. Žuta zona razvija se u prijelaznim dijelovima, osobito između doline Sutle i središnjeg pobrđa te u dolini Lučelnice. Detaljna raspodjela prikazana je u *Prilogu 10*.



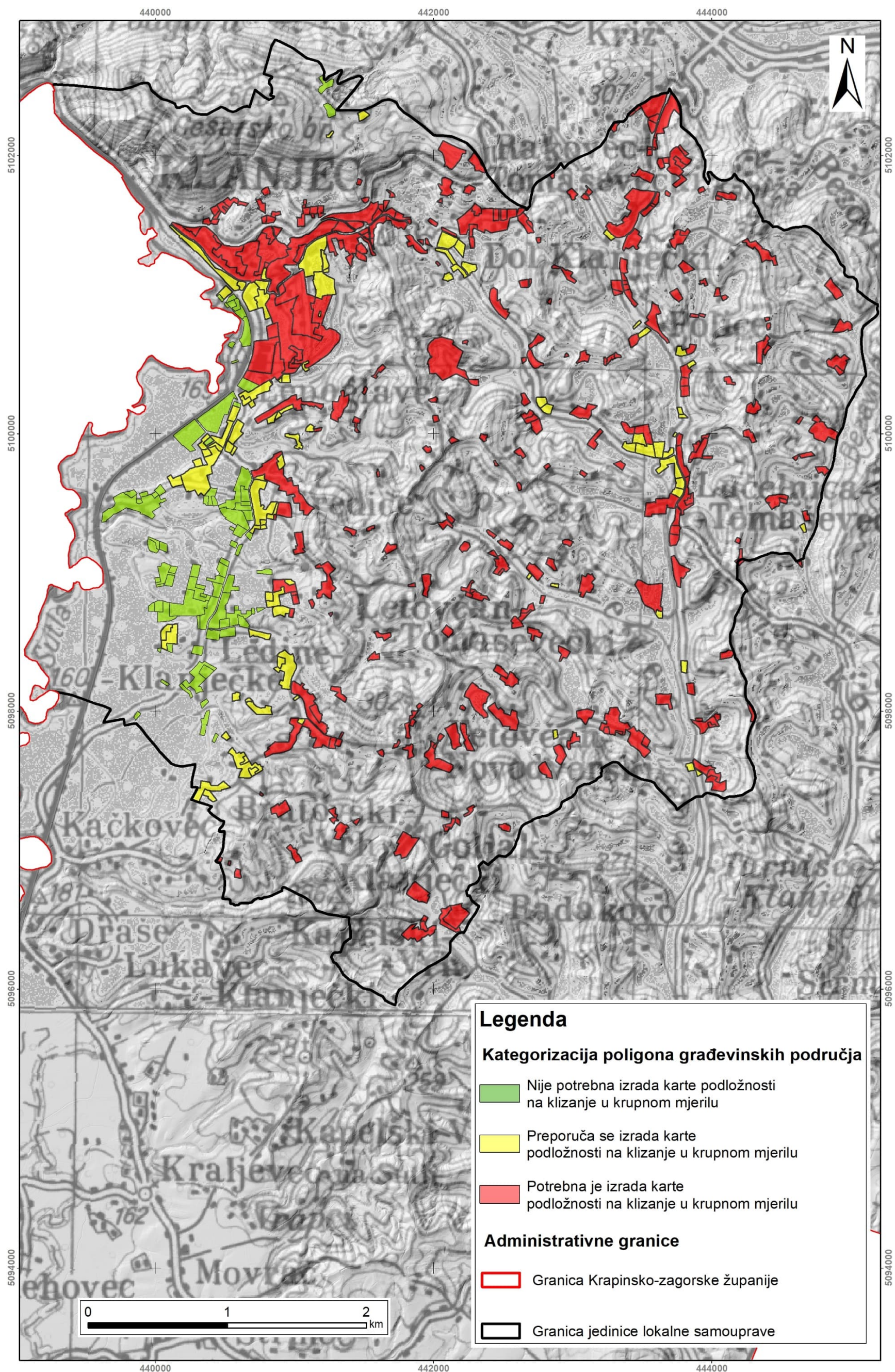


Slika 75 Udio zona podložnosti na klizanje za grad Klanjec

### *Smjernice za izradu karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu za građevinska područja*

Crveni građevinski poligoni zauzimaju 2,2 km<sup>2</sup> i smješteni su pretežno u središnjim i sjevernim dijelovima Grada, osobito u podnožju Cessarskog brda – za njih je potrebno izvršiti detaljna istraživanja. Žuti poligoni (0,6 km<sup>2</sup>) predstavljaju prijelazna područja između stabilnijih dolina i brežuljaka, te se za njih preporučuju dodatna istraživanja. Zeleni građevinski poligoni (0,5 km<sup>2</sup>) ograničeni su na zapadne dijelove Grada, vezane uz dolinu rijeke Sutle, i za njih nisu potrebna dodatna istraživanja. Prostorna distribucija prikazana je na slici (Slika 76).





Slika 76 Kategorizacija poligona građevinskih područja za grad Klanjec



#### 4.6.4 Zaključak: Od podložnosti prema riziku – orijentacijski alat za određivanje prioriteta

Analiza podložnosti na klizanje na razini JLS-ova na području KŽŽ-a, temeljena na udjelima zona visoke podložnosti (Slika 11 i Slika 12), pokazala se kao vrijedan alat za identifikaciju prostora s većom geomorfološkom osjetljivošću. Izrađena je jasna i pregledna rang-lista JLS-ova prema udjelu crvene zone, kojom se može usmjeriti pozornost na dijelove KŽŽ-a gdje je geološka podloga najnepovoljnija.

Međutim, podložnost ne znači automatski i visoki rizik. Rizik je znatno kompleksniji pojam i njegova procjena uključuje ne samo podložnost na klizanje već i elemente koji mogu biti pogođeni klizanjem – broj ljudi, prisutnost infrastrukture, objekata, funkcionalnih i administrativnih središta.

Iz tog je razloga, izvan opsega ugovorenog posla, ali u skladu s odgovornim prostornim planiranjem, izrađen orijentacijski indeks rizika koji kombinira:

- Broj stanovnika po JLS-u (Popis stanovništva iz 2011. godine),
- Površinu crvenih građevinskih zona,
- Površinu cijele jedinice.

$$IR = \frac{S \times P_{cpgn}}{P_{JLS}}, \quad (\text{Jednadžba 5})$$

gdje je:

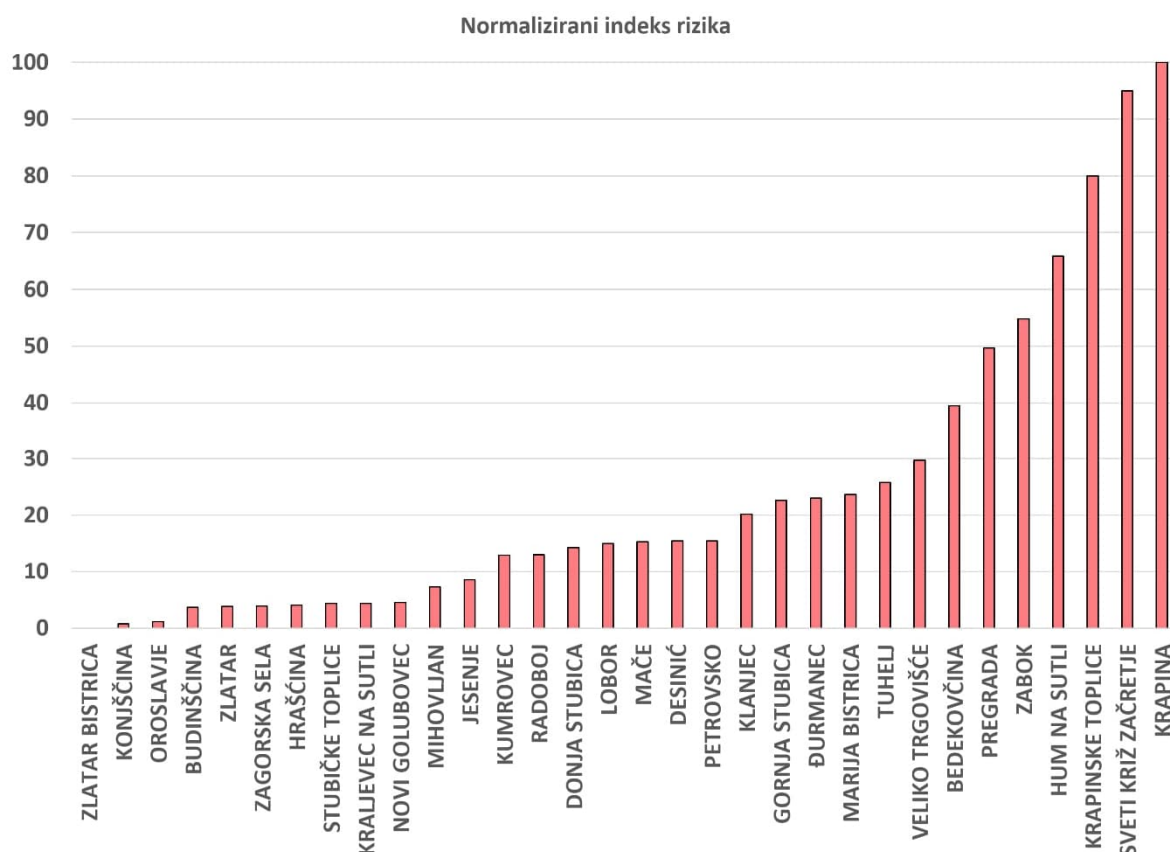
S – broj stanovnika JLS-a,  $P_{cpgn}$  – površina poligona građevinskih područja u crvenoj zoni,  $P_{JLS}$  – ukupna površina JLS-a.

Korištenjem ovog indeksa omogućena je usporedba stvarne demografsko-prostorne izloženosti JLS-ova klizištima. U tom smislu načinjen je novi dijagram koji sadrži poredak JLS-ova od one s najmanjim indeksom rizika do one s najvećim. Kako bi se podaci lakše uspoređivali, indeks rizika normaliziran je prema jednadžbi:

$$NIR = \left( \frac{IR}{IR_{max}} \right) \times 100, \quad (\text{Jednadžba 6})$$

gdje je:

IR – indeks rizika za pojedinu JLS,  $IR_{max}$  – maksimalni indeks rizika na području KŽŽ-a.



Slika 77 Redoslijed jedinica lokalne samouprave prema normaliziranom indeksu rizika

Na temelju analize indeksa rizika, po pitanju prijetnje od klizišta, kao najrizičniji gradovi i općine na području KZŽ-a identificirani su:

1. Krapina
2. Sveti Križ Začretje
3. Krapinske Toplice
4. Hum na Sutli
5. Zabok
6. Pregrada
7. Bedekovčina
8. Veliko Trgovišće
9. Tuhelj

Ove jedinice nisu nužno one s najvećom podložnosti na klizanje, ali kombiniraju velik broj stanovnika s velikom površinom crvenih građevinskih zona, što ih čini najkritičnijima u kontekstu stvarnog prostornog rizika.

### Preporuke

Pezentirani pristup, iako djelomično orijentacijski i temeljen na dostupnim skupovima podataka, predstavlja koristan alat za donositelje odluka. Omogućuje fokusiranje sredstava i



istraživačkih napora u dijelove prostora gdje su posljedice aktivacije klizišta najvjerojatnije i potencijalno najopasnije.

Zbog toga se ovaj indeks rizika predlaže kao preliminarni kriterij za:

- Određivanje prioriteta u izradi detaljnih karata podložnosti na klizanje u krupnom mjerilu (1:10.000 i 1:5.000);
- Planiranje mjera preventivne zaštite i prostorno-tehničkih ograničenja;
- Usmjeravanje županijskih i državnih sredstava za geološko-geomorfološka istraživanja.

#### *Napomena*

Važno je istaknuti da ova analiza nije bila dio ugovorenog sadržaja Studije, već je izvedena kao stručni doprinos s ciljem olakšavanja procesa donošenja odluka. Ovaj pristup treba smatrati radnim modelom koji bi u budućnosti trebalo:

- Ažurirati;
- Proširiti sa stvarnim geoprostornim podacima o gustoći stanovništva po zonama;
- Dodatno verificirati kroz terenska i analitička istraživanja.

Ipak, kao alat za brzo prepoznavanje najizloženijih područja, ova analiza može poslužiti kao osnova za formiranje prioriternih ciljeva i racionalno usmjeravanje sredstava u sljedećoj fazi planiranja sigurnog korištenja prostora na području KZŽ-a.

## **5 ZAKLJUČNE PREPORUKE PRILIKOM ZAHVATA U PROSTORU NA POJEDINOJ ZONI PODLOŽNOSTI NA KLIZANJE**

Kategorizacija prostora prema zonama podložnosti na klizanje omogućava sagledavanje razmjera problema klizišta pri planiranju upravljanja prostorom. Vidljivo je da je cjelokupan prostor KZZ-a podijeljen u tri osnovne zone pri čemu toplije boje (žuta, a osobito crvena) ukazuju na prostore kojima bi prilikom prostornog planiranja trebala biti usmjerena posebna pažnja, uz mogućnost provedbe dodatnih istraživanja.

Prije svega treba naglasiti da se izlazne karte temelje na geološkim podlogama mjerila 1:100.000 zbog čega je rezolucija izlaznih rezultata relativno slaba, pa granice među zonama nisu dovoljno precizno definirane za korištenje u krupnijim mjerilima i treba ih razmatrati orijentacijski.

U okviru ovog poglavlja, daju se općenite preporuke, ali i preporuke i mjere ograničenja za svaku od definiranih zona. Bitno je naglasiti da mjere koje se ovdje predlažu nisu zabrane, već preporuke za oprez u planiranju, temeljene na karakteristikama terena, njegovoj prirodnoj stabilnosti i osjetljivosti na pokretače klizišta (npr. oborine, potresi, ljudska djelatnost).

Zbog svega navedenog prezentirana karta podložnosti na klizanje prvenstveno može poslužiti za:

- Razvoj županijskog prostornog plana,
- Identifikaciju “ugroženih područja” na regionalnoj razini,
- Odabir područja u kojima je nužno provesti detaljnije procjene podložnosti na klizanje (detaljnije od 1:25 000),
- Izradu strategije za ublažavanje opasnosti i rizika,
- Planiranje razvoja na lokalnoj razini,
- Postavljanje ograničenja za planiranje velikih infrastrukturnih projekata,
- Informiranje lokalnih vlasti i građana.

Mjere definirane u nastavku mogu imati dvojaku funkciju:

- Regulatornu – kao osnova za izradu prostornog plana županijske razine;
- Savjetodavnu – kao pomoć nadležnim lokalnim tijelima u postupcima donošenja odluka o detaljnijim istraživanjima klizišta.

Općenite preporuke u borbi protiv ugroze od aktiviranja klizišta koja se preporučuju županijskim i lokalnim nadležnim tijelima su:

- Preventivne aktivnosti:
  - o Osiguravanje izrade karata podložnosti na klizanje i karte hazarda u prikladnim mjerilima veće rezolucije (krupnije od 1:25.000) što omogućuje preciznije lociranje granica i definiranje više zona podložnosti na klizanje i odgovarajućih mjera opreza;
  - o Sustavno vođenje evidencije o klizištima;



- o Kontinuirana edukacija nadležnih službi i eksperata;
  - o Informiranje i edukacija javnosti;
  - o Pribavljanje stručnog mišljenja ovlaštenih geotehničara i inženjerskih geologa prema potrebi (osobito u žutim i crvenim zonama).
- Hitno djelovanje:
  - o Prijave aktiviranja ili sumnja na aktivnost klizišta (lokalno stanovništvo, kumunalno redarstvo);
  - o Razrada planova za hitno djelovanje u slučajevima aktiviranja klizišta (civilna zaštita, policija, stručne službe).

U nastavku su prikazane ostale preporuke i mjere ograničenja razrađene za svaku od tri zone podložnosti. U svim zonama, pristup treba biti prilagodljiv i temeljen na lokalnim uvjetima, s naglaskom na kvalitetnu pripremu i stručnu podršku, osobito kod značajnijih građevinskih ili drugih zahvata koji značajno zadiru u okoliš.

## 5.1 ZELENA ZONA – NISKA PODLOŽNOST NA KLIZANJE

### *Karakteristike terena*

- Dominiraju ravničarski i blago nagnuti tereni (uglavnom do 2°, rjeđe do 5°) koje izgrađuju stijene nepovoljnih inženjerskogeoloških značajki (nevezana i koherentna tla aluvijalnih naslaga - pijesak, šljunak, glina).
- Mogući su i strmiji tereni (12° do 55°) građeni od čvrstih stijena (npr. dijabazi, spiliti, karbonatne stijene), koje imaju vrlo malu podložnost klizanju, no pri nesmotrenom zadiranju u prostor moguća je aktivacija odrona.
- U ovoj zoni klizišta uglavnom nisu dokumentirana, a s obzirom na dominantno blage nagibe terena vjerojatnost pojave klizišta je generalno niska.
- Izraženi su pokazatelji stabilnosti: zaravnjeni tereni, pravilne padine, stabilan vegetacijski pokrov.

### *Utjecaj okidača*

- Potreban je istovremen utjecaj više intenzivnih pokretača (npr. potres + ekstremne oborine + antropogeni zahvati) ili jedan od pokretača vrlo velike magnitude kako bi se pokrenulo klizište, odnosno odron.

### *Preporuke i mjere*

- Nema posebnih ograničenja za korištenje prostora u pogledu aktiviranja klizišta.
- Ipak, u blizini žute ili crvene zone (do 200 m) i u slučaju planiranja zahvata većeg opsega (npr. veći ili značajniji infrastrukturni objekti, veće zgrade, visoki usjeci i nasipi), preporuča se:

- o Provesti orijentacijsku procjenu stabilnosti terena, tj. pribavljanje mišljenja inženjerskog geologa o stanju stabilnosti predmetne površne terena s preporukama o eventualnoj potrebi detaljnijih inženjerskogeoloških ili geotehničkih istraživanja;
- o Geotehnički pregled s preporukama geotehničkih mjera u budućem građevinskom projektu.

## 5.2 ŽUTA ZONA – SREDNJA PODLOŽNOST NA KLIZANJE

### *Karakteristike terena*

- Dominiraju blage do umjerene padine (nagibi 5° do 12°), rijetko s lokalnim znakovima nestabilnosti.
- Strmije padine (12° do 32°) izgrađene su od stijena koje su slabo ili nisu podložne klizanju.
- Dominiraju raznovrsne klastične stijene (M<sub>7</sub> – donji pliocen, pont).
- Vjerojatnost aktiviranja klizišta je srednja, a rijetko i lokalno prisutna klizišta su s karakterističnim deformacijama tla.
- Vidljiva su „zacijeljena“ starija klizišta.

### *Utjecaj okidača*

- Teren je uglavnom bez aktivnih klizišta, ali s potencijalom za destabilizaciju kod većih antropogenih zahvata.
- U kombinaciji s antropogenim djelovanjem (npr. iskopi, sječa, loša odvodnja), padine mogu postati nestabilne i pri umjerenim oborinama ili potresima.
- Obzirom na rastući utjecaj klimatskih promjena (pojava sve češćih kratkotrajnih i/ili intenzivnih oborinskih ekstrema) u ovoj zoni može se u bliskoj budućnosti očekivati nešto brojnija aktivaciju klizišta.

### *Preporuke i mjere*

- Prilikom prenamjene ili urbanizacije zemljišta u žutim zonama, u prostornim planovima jedinica lokalne samouprave potrebno je odrediti preporuku izrade karte podložnosti na klizanje u mjerilu krupnijem od 1:25.000 koja se temelji na:
  - o Podlogama:
    - Površinska geološka i inženjerskogeološka karta (mjerila krupnijeg od 1:25.000);
    - Digitalni model terena rezolucije 50 cm;
    - Katastar klizišta u mjerilu 1:500 za cjelokupno razmatrano područje;



- o Uvažava namjenu korištenja zemljišta iz prostornog plana grada/općine;
  - o Definira 4 zone podložnosti s prikladnim mjerama i preporukama;
  - o Definira kritična područja za koja postoji potreba provedbe detaljnih geotehničkih/inženjerskogeoloških istraživanja.
- Planiranje zahvata je prihvatljivo, ali za važnije objekte (npr. prometnice, kritična infrastruktura, veći stambeni kompleksi) preporučuje se:
  - o Pribavljanje stručnog mišljenja (geotehničara ili inženjerskog geologa - definiranje utjecajnog područja i opseg potrebnih istraživačkih radova);
  - o Izrada karata podložnosti mjerila krupnijeg od 25.000;
  - o Projektiranje sustava oborinske odvodnje koji sprječava destabilizaciju tla.
- Za manje zahvate i pojedinačne objekte dovoljna je orijentacijska analiza ili stručna konzultacija.

### 5.3 CRVENA ZONA – VISOKA PODLOŽNOST NA KLIZANJE

#### *Karakteristike terena*

- Dominiraju padine srednjeg nagiba (nagibi 12° do 32°), koje su mjestimično stepeničaste, često i neravne.
- Izražena je mikoreljefna dinamika (jaruge, brazde).
- Postoji veća vjerojatnost za aktiviranja klizišta pa su klizišta relativno često vidljiva – prisutne su karakteristične deformacije terena i ostali jasni pokazatelji procesa klizanja.
- Lokalno su prisutni i drugi znakovi nestabilnosti (oštećenja na postojećoj infrastrukturi, nagnuti stupovi i ograde, oštećenja na cestima, pukotine na kućama i ostalim objektima, "pijana šuma").
- Dominiraju inženjerskogeološki „nepovoljne“ stijene - pretežito miocenski vapnenački klastiti, a često su naslage izgrađene od glinovitih tla i heterogenih tla (razne varijante glinovitih naslaga ili izmjena s glinovitim proslojcima).
- Naglašena je litološka heterogenost i zasićenost tla vodom.
- Prisutan je nedostatak ili disfunkcija odvodnih sustava.

#### *Utjecaj okidača*

- Prisutna su uvjetno stabilna ili labilna područja u kojima se klizišta mogu aktivirati čak i pri slabijim ili umjerenim intenzitetima oborina ili potresima, pogotovo ako su prisutne ljudske intervencije.

- Obzirom na rastući utjecaj klimatskih promjena (pojava sve češćih kratkotrajnih i/ili intenzivnih oborinskih ekstrema) u ovoj zoni može se u bliskoj budućnosti očekivati još brojnija aktivacija klizišta.

#### *Preporuke i mjere*

- Potreban je oprez prilikom bilo kakvog zadiranja u okoliš.
- Uvođenje obaveze izrade detaljnih karata podložnosti na klizanje (u mjerilu krupnijem od 1:25.000 – prema zahtjevima opisanim u prethodnoj, žutoj zoni).
- Na aktivnim klizištima koja ugrožavaju živote i imovinu:
  - o Uvesti monitoring klizišta;
  - o Ako je potrebno, formirati sustav ranog upozoravanja na moguću aktivaciju klizišta, s jasno definiranim elementima prema *Sendai okviru za smanjenje rizika od katastrofa 2015.–2030.* i Pojmovniku smanjenja rizika od katastrofa (UNISDR, 2009):
    - Poznavanje rizika;
    - Monitoring, analiza i predviđanje;
    - Podizanje sposobnosti reakcije lokalnih podružnica civilne zaštite (definiranje protokola, uloga i odgovornosti kako u kriznim situacijama, tako i u vremenu pripreme na krizne situacije);
    - Komunikacija i diseminacija sustava prema građanstvu, tj. njihovo upoznavanje s odgovornim institucijama, definiranim procedurama, te njihovim odgovornostima;
  - o Ako je potrebno, izraditi geotehnički elaborat s preporukama za sanaciju i implementaciju mjera stabilizacije;
  - o Rehabilitacija i stabilizacija terena gdje je potrebno i moguće (npr. drenažni sustavi, potporni sustavi, vegetacija).
- Reducirati izgradnju koliko je to moguće.
- Planiranje i gradnja u crvenim zonama nije isključena, ali se dopušta samo pod jasno definiranim uvjetima, uključujući:
  - o Sve zahvate treba razmatrati individualno, ali ne samo u području zahvata nego i u mogućoj zoni utjecaja;
  - o Provođenje namjenskih i detaljnih inženjerskogeoloških istraživanja;
  - o Izgradnju i održavanje funkcionalne mreže odvodnje otpadnih i oborinskih voda i prije zahvata.
- Ne preporučuje se:
  - o Širenje građevinskih područja;



- o Planiranje novih građevinskih područja bez prethodnog projektiranja i izgradnje sustava odvodnje otpadnih i slivnih voda;
- o Prekomjerna izgradnja;
- o Nekontrolirano i koncentrirano ispuštanje voda u okoliš;
- o Prenamjena šumskih površina;
- o Obrađivanje tla, sječa, iskopi većih dimenzija i druge promjene bez stručne podloge.

#### **5.4 Detaljna karta podložnosti na klizanje**

Detaljne karte podložnosti na klizanje predstavljaju jedan od ključnih elemenata prostornog planiranja jedinica lokalne samouprave (JLS), a njihova izrada predstavlja jednu od glavnih PREPORUKA ove Studije. Za izradu takvih karata u krupnijim mjerilima (1:5.000 do 1:10.000) nužno je osigurati vrlo precizne i specifične ulazne podatke. Budući da takvi podaci u pravilu nisu trenutno dostupni, potrebno ih je prethodno izraditi i definirati kao zasebne aktivnosti u okviru budućih projektnih zadataka.

U tom kontekstu, ova Studija navodi minimalne zahtjeve za izradu karata podložnosti na klizanje visoke razine pouzdanosti:

- Izrada i korištenje sljedećih temeljnih podloga:
  - o Površinska geološka i inženjerskogeološka karta u mjerilu krupnijem od 1:25.000;
  - o Digitalni model terena visoke rezolucije (minimalno 50 cm), dobiven LiDAR snimanjem;
  - o Katastar klizišta za cijelo analizirano područje, izrađen u mjerilu 1:500;
- Usklađivanje s prostornim planovima JLS u dijelu koji se odnosi na planiranu namjenu korištenja zemljišta;
- Klasifikacija područja prema podložnosti na klizanje u četiri zone:
  - o Niska, srednja, visoka i vrlo visoka podložnost, uz jasno definirane preporuke i mjere za svaku zonu;
- Identifikacija kritičnih područja u kojima je nužno provesti detaljna geotehnička/inženjerskogeološka istraživanja kako bi se omogućila sigurnija provedba zahvata u prostoru.

Iako je već više puta u Studiji naglašeno, ponavlja se i ovdje. Izrada detaljnih karata podložnosti na klizanje se preporučuje za područja svrstana u zone srednje podložnosti na klizanje (tzv. žute zone). Za područja označena kao zone visoke podložnosti (tzv. crvene zone), izrada takvih karata smatra potrebom, nužnom za odgovorno prostorno upravljanje ili intervenciju.

## 6 ZAKLJUČNE NAPOMENE

Predmet izrade ove Studije bila je karta podložnosti na klizanje za područje Krapinsko-zagorske županije u mjerilu 1:25.000, te izrada smjernica i preporuka za izradu prostornih planova jedinica JLS-ova. Cilj karte je definiranje prostorne vjerojatnosti pojave klizišta, klasificirane u tri zone podložnosti – nisku, srednju i visoku – kao podloge za prostorno planiranje, upravljanje rizicima i usmjeravanje daljnjih istraživačkih aktivnosti.

Karta je izrađena primjenom statističke metode *Frequency Ratio*, temeljene na korelaciji prostornih podataka o utjecajnim faktorima (geologija i energija reljefa) i zabilježenim pojavama klizišta. Ključna komponenta u procjeni podložnosti na klizanje bio je katastar klizišta izrađen za cjelokupno područje KZŽ-a na temelju vizualne interpretacije derivata visoko-rezolucijskog LiDAR-DMT-a za cijelo područje KZŽ-a.

Važno metodološko ograničenje predstavlja korištenje geološke karte u mjerilu 1:100.000. Budući da za područje KZŽ-a ne postoji geološka karta u krupnijem mjerilu, korištena je najdetaljnija dostupna javna podloga. Stoga se granice zona podložnosti moraju tumačiti indikativno, osobito u operativnom planiranju zahvata na razini pojedinačnih lokacija.

Konačna karta podložnosti predstavlja temeljni orijentacijski alat za sigurnije korištenje prostora. Verifikacija rezultata provedena s više različitih i neovisnih skupova podataka potvrdila je visoku točnost predikcije, pri čemu se, za pojedine skupove, najmanje 93 % zabilježenih lokacija klizišta nalazi unutar zona visoke i srednje podložnosti na klizanje.

Studija omogućuje jasno određivanje prostornih prioriteta za daljnja, detaljnija istraživanja, osobito na razini JLS-ova. Provedena je analiza ugroženosti JLS-ova prema udjelu visoke podložnosti, te preliminarna procjena rizika kroz preklapanje zone visoke podložnosti i građevinskih zona. Time je omogućen identifikacijski alat za usmjeravanje financijskih i stručnih resursa u najranjivija područja.

Na temelju prethodnih napomena, ova Studija predstavlja ne samo tehničku podlogu za prostorno planiranje, već i strateški instrument u kontekstu smanjenja rizika od prirodnih nepogoda i jačanja otpornosti na prostoru KZŽ-a.



## 7 LITERATURA

Aničić, B. & Juriša, M. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list ROGATEC. Savezni geološki zavod, Beograd.

Aničić, B. & Juriša, M. (1985): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list ROGATEC, L 33-68. Savezni geološki zavod, Beograd.

Babić, L., Ciprijan, M., Marjanović, M., Pejaković, M. (ur.) (2022): Specifikacija proizvoda – LiDAR snimanje iz zraka. Državna geodetska uprava, Zagreb, ISBN 978-953-293-911-8.

Baeza, C. & Corominas, J. (2001): Assessment of shallow landslide susceptibility by means of multivariate statistical techniques. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 1251-1263. doi: 10.1002/esp.263.

Barman, J., Soren, D.D.L., Biswas, B. (2020): Landslide Susceptibility Evaluation and Analysis: A Review on Articles Published During 2000 to 2020. U: Das, J. & Bhattacharya, S. (ur.) *Monitoring and Managing Multi-hazards. GIScience and Geoenvironmental Modelling*, 317-325.

Basch, O. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list IVANIĆ-GRAD. Savezni geološki zavod, Beograd.

Basch, O. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list IVANIĆ-GRAD, L 33-81. Savezni geološki zavod, Beograd.

Bognar, Aa (1996): Fizičko-geografske pretpostavke regionalnog razvoja Hrvatske. U: Pepeonik, Z. (ur.) *Zbornik radova 1. hrvatskog geografskog kongresa. Hrvatsko geografsko društvo*, Zagreb, 51-65.

Cruden, D.M. (1991): A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43, 27-29.

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996): Landslides Types and Processes. U: Turner, A.K. & Schuster, R.L. (ur.) *Landslides: Investigation and Mitigation. Transportation Research Board, Special Report 247. National Academy of Sciences, Washington, DC*, 36-72.

Čubrilović, P., Palavestrić, L., Nikolić, T. (1967): Inženjerskogeološka Karta SFR Jugoslavije 1:500 000. Savezni geološki zavod, Beograd.

Dedić, Ž., Kruk, B., Kruk, Lj., Kovačević-Galović, E., Miko, S., Crnogaj, S., Peh, Z., Avanić, R. (2015): Rudarsko-geološka studija Krapinsko-zagorske županije. Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Derron, M.-H. & Jaboyedoff, M. (2010): Preface "LIDAR and DEM techniques for landslides monitoring and characterization". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, 1877-1879. doi: 10.5194/nhess-10-1877-2010.

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*, 102(3-4), 85-98. doi: 10.1016/j.eng-geo.2008.03.022.

Görüm, M, T. (2019): Landslide recognition and mapping in a mixed forest environment from airborne LiDAR data. *Engineering Geology*, 258, 105155. doi: 10.1016/j.enggeo.2019.105155.

Gulam, V., Pollak, D., Bostjančić, I., Frangen, T. (2025): Defining the geological units susceptible to landslides in Pannonian Croatia using energy relief index. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 84, 175. doi: 10.1007/s10064-025-04186-2.

Guzzetti, F., Mondini, A.C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., Chang, K.-T. (2012): Landslide inventory maps: New tools for an old problem. *Earth-Science Reviews*, 112, 42-66. doi:10.1016/j.earsci-rev.2012.02.001.

Jaboyedoff, M., Oppikofer, T., Abellán, A., Derron, M.-H., Loye, A., Metzger, R., Pedrazzini, A. (2012): Use of LIDAR in landslide investigations: a review. *Natural Hazards*, 61, 5-28. doi: 10.1007/s11069-010-9634-2.

Lee, S. & Talib, J.A. (2005): Probabilistic Landslide Susceptibility and Factor Effect Analysis. *Environmental Geology*, 47, 982-990. doi:10.1007/s00254-005-1228-z.

McColl, S.T. & Cook, S.J. (2024): A universal size classification system for landslides, *Landslides*, 21, 111-120. doi: 10.1007/s10346-023-02131-6.

Mihalić Arbanas, S. (2019): Stručna podloga za Državni plan prostornog razvoja (DPPR) – Kartografski podaci o klizištima u GIS-u kao tematski sloj prirodnih ograničenja vezanih uz klimatske promjene. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb. Br. izvještaja: IG055-038/2019.

Pikija, M. & Halamić, J. (ur.) (2009): Hrvatski geološki institut 1909.-2009. Sto godina u službi domovine. Hrvatski geološki institut, Zagreb, ISBN 978-953-6907-20-5.

Shano, L., Raghuvanshi, T.K., Meten, M. (2020): Landslide Susceptibility Evaluation and Hazard Zonation Techniques – a Review. *Geoenvironmental Disasters* 7, 18. doi:10.1186/s40677-020-00152-0.

Šikić, K., Basch, O., Šimunić, A. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list ZAGREB. Savezni geološki zavod, Beograd.



Šikić, K., Basch, O., Šimunić, A. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list ZAGREB, L 33-80. Savezni geološki zavod, Beograd.

Šimunić, An., Pikija, M., Hećimović, I. (1982): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list VARAŽDIN. Savezni geološki zavod, Beograd.

Šimunić, An., Pikija, M., Hećimović, I., Šimunić, Al. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list VARAŽDIN, L 33-69. Geološki zavod, Zagreb.

Tobler, W. (1987): Measuring Spatial Resolution. U: Proceedings of the Land Resources Information Systems Conference, Beijing, China, 25-29 October, 12–16.

UNISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2009): Terminology on Disaster Risk Reduction. UNISDR, Geneva, Switzerland.

Van den Eeckhaut, M., Poesen, J., Verstraeten, G., Vanacker, V., Nyssen, J., Moeyersons, J., Van Beek, L.P.H., Vanndekerckhove, L. (2007): Use of LIDAR-derived images for mapping old landslides under forest. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, 754-769. doi: 10.1002/esp.1417.

Varnes, D.J. (1978): Slope movement types and processes. U: Schuster, R.L. & Krizek, R.J. (ur.) *Landslides: Analysis and Control*. Transportation Research Board, Special Report 176. National Academy of Sciences, Washington, DC, 11-33.

Varnes, D.J. & IAEG Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes (1984): *Landslides hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, Paris. ISBN 92-3-101895-7.