

## Da li karte geoloških hazarda uvek ukazuju na područja najveće opasnosti: primer klizišta na desnoj obali Save (Umka, Beograd)

---

*Cilj ovog istraživanja bila je procena objektivnosti i značaja karata hazarda kod istraživanja pojava nestabilnosti. Istraživanje je izvršeno primenom tri različita pristupa: programskim proračunom hazarda od klizišta na istraživanom području, vizuelnom interpretacijom aerostereo snimaka i terenskim istraživanjima. Rezultati primene sve tri metode u najvećem broju slučajeva su pokazali dobru povezanost. Ipak, uočena su područja za koja karte hazarda ukazuju na manji hazard od klizišta nego što je realno prisutan. Razlika u dobijenim rezultatima vezana je za parametre koji nisu uzeti u obzir prilikom izrade karte hazarda, a utiču na nastanak klizišta, kao i za subjektivnost prilikom određivanja težinskih koeficijenata kod uključenih parametara.*

---

### Uvod

Razvoj novih tehnologija doveo je do veoma brzog napretka u mnogim granama geologije i omogućio primenu različitih metoda i postupaka koji objektivnije sagledavaju istraživanu geološku sredinu po raznim kriterijumima. To je veoma značajno u istraživanju pojava nestabilnosti padina, jer se tako podaci za velike površine terena mogu obrađivati brže, a na taj način se može ukazati na predisponiranost nekih područja ka pojavi nestabilnosti. Zajedničko za metode koje se koriste prilikom istraživanja pojava nestabilnosti je to da se na osnovu ulaznih parametara i težinskih koeficijenata koji su dati ovim parametrima, mogu utvrditi područja različite podločnosti terena ka pojavi nestabilnosti. Iako mnogo objektivnije od klasičnih metoda analize pojava nestabilnosti, i kod ovih metoda može biti prisutna subjektivnost, pre svega kod određivanja težinskih koeficijenata različitim ulaznim parametrima. U skladu sa tim, u ovom radu urađena je analiza nestabilnosti padina na desnoj obali Save kod Umke na tri načina – izradom karte hazarda od klizišta, vizuelnom analizom aerostereo snimaka i terenskim opservacijama.

---

*Katarina Kovačević (1998), Beograd, Zvezdarskih jelki 12, učenica 3. razreda Treće beogradske gimnazije*

*Mila Milovanović (1998), Leskovac, Bosiljke Đurić 13, učenica 3. razreda Gimnazije Leskovac*

*MENTOR: naučni saradnik dr Ana Mladenović, dipl. inž. geologije, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu*



Slika 1. Geografski položaj područja istraživanja (prema Tumaču za list Obrenovac L34-125 OGK SFRJ)

Figure 1. Geographical position of the investigated area (Guide Book of OGK SFRJ L34-125 Obrenovac)

Cilj istraživanja bio je evaluacija objektivnosti i značaja karata hazarda kod istraživanja pojava nestabilnosti padina.

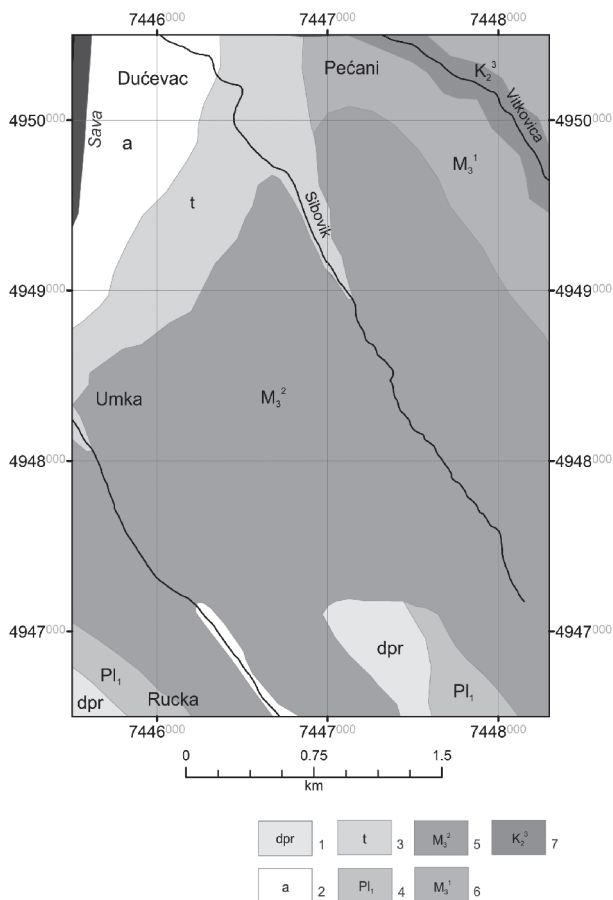
## Područje istraživanja

Istraživano područje nalazi se 20 km južno od Beograda i 10 km istočno od Obrenovca. Na slici 1 prikazan je položaj područja istraživanja.

O nestabilnosti ovog područja su pisali Luković (1951), Lokin i saradnici. (1988), Janjić (1996) i Milović i Milović (1998), koji govore o dva tipa klizišta na ovom području: o klizištima uz desnu obalu Save i o klizištima u neogenim basenima. Jelisavac i saradnici (2006) pisali su o geotehničkim uslovima nestabilnog zemljišta u okolini Umke. Vizualizacijom klizišta Umka korišćenjem programa ArcGIS bavio se Đurić (2011). U svom diplomskom radu, Đurić primenjuje GIS za analizu dinamike klizišta Umka. Abolmasov i saradnici (2015) opisali su model klizišta u neogenim tvorevinama u Srbiji fokusirajući se na klizište Umka kod Beograda.

Reljef područja istraživanja formiran je radom fluvijalnog, deluvijalnog i koluvijalnog procesa.

Na području istraživanja zastupljene su tvorevine kredne, neogene i kvartarne starosti. Najveći deo područja istraživanja zauzimaju neogeni sedimenti koji su izgrađeni od glina, peskovitih glina, glinovitih laporaca i glinaca (Filipović i Rodin 1980; Marković *et al.* 1985)



Slika 2. Geološka karta područja istraživanja sa legendom kartiranih jedinica (prema radnoj verziji OGK SFRJ 1:25000 listovi Umka, Barič, Guncati i Resnik):  
1 – deluvijalno-proluvijalni sedimenti;  
2 – aluvion; 3 – rečne terase;  
4 – laporovito-glinoviti i peskoviti sedimenti (pont); 5 – glinoviti laporci, glinci, peskovi (panon); 6 – krečnjaci, gline, peskovite gline (sarmat); 7 – fliš (senon).

Figure 2. Geological map of the investigated area with the legend of mapped units (OGK SFRJ 1 : 25000 Umka, Barič, Guncati i Resnik):  
1 – deluvial-proluvial sediments;  
2 – alluvium; 3 – river bank sediments;  
4 – marls, shales and sandstones;  
5 – clay marls and sandstones;  
6 – limestones, clays, sand clays;  
7 – flysch.

## Materijal i metode

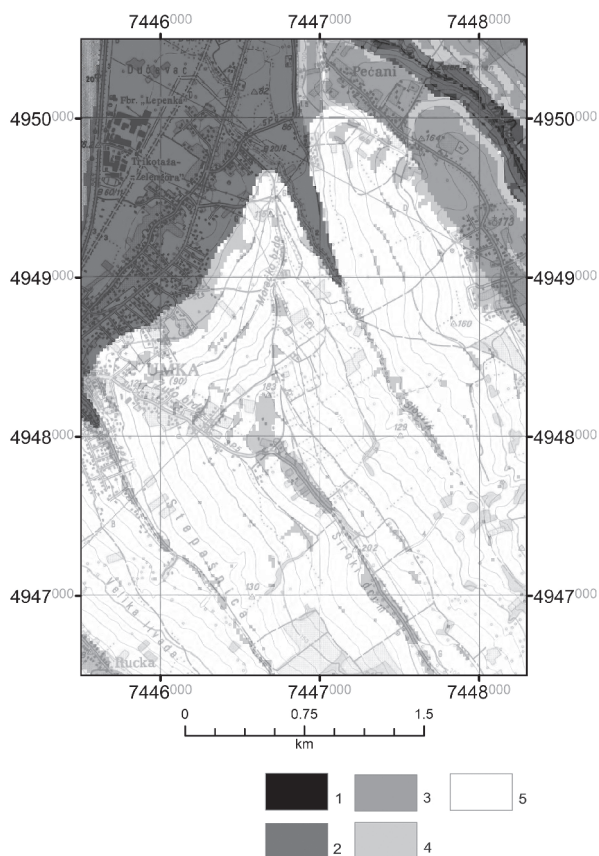
Istraživanje je izvršeno primenom tri različita pristupa: korišćenjem analitičkog hijerarhijskog postupka tokom kog je izrađena karta hazarda, vizuelnom interpretacijom aerostereo snimaka i terenskim istraživanjima.

Karta hazarda izrađena je primenom analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP), korišćenjem programa ArcMap 10.2.1. Ona predstavlja prikaz sklonosti nekog područja ka kliženju. Parametri na osnovu kojih je izrađena karta hazarda bili su litološki sastav, nagib i visina terena i udaljenost od vodotokova. U zavisnosti od toga koliko određeni parametar utiče na nestabilnost terena dodeljen mu je određeni koeficijent po obrascu:

$$(\text{geološka karta}) \cdot 0.56 + (\text{karta nagiba}) \cdot 0.28 + (\text{karta udaljenosti od vodotokova}) \cdot 0.1 + (\text{karta visina}) \cdot 0.057$$

dok je svaki piksel na karti istraživanog područja dobio određenu vrednost za svaki od navedenih kriterijuma.

Metoda daljinske detekcije (Pavlović *et al.* 2001) obuhvatila je analizu i interpretaciju aerostereo snimaka iz 2006. godine. Kategorizacija pojava



Slika 3. Karta hazarda područja istraživanja:

1 – područje sa veoma niskom opasnošću od pojave klizišta; 2 – područje sa niskom opasnošću od pojave klizišta; 3 – područje sa srednjom opasnošću od pojave klizišta; 4 – područje sa visokom opasnošću od pojave klizišta; 5 – područje sa veoma visokom opasnošću od pojave klizišta.

Figure 3. Hazard map of the investigated area:

1 – area with very low landslide risk; 2 – area with low landslide risk; 3 – area with medium landslide risk; 4 – area with high landslide risk; 5 – area with very high landslide risk.

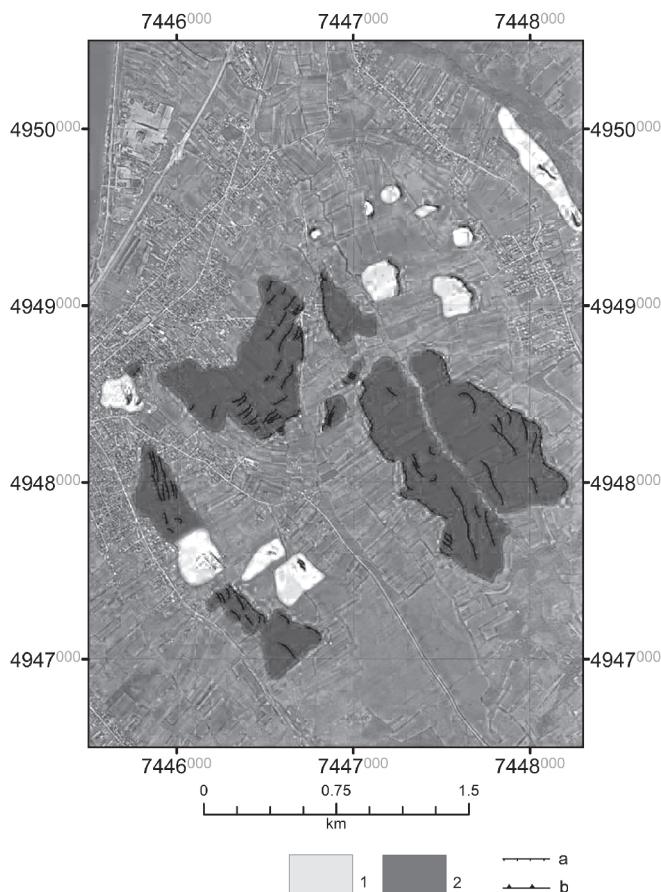
nestabilnosti je izvršena na osnovu pada terena, uočenih morfoloških promena i vlažnosti terena. U aktivna klizišta svrstana su ona kod kojih se jasno uočavaju ožiljci i kod kojih se mogu izdvojiti tela klizišta. Područja sa potencijalnim klizištima su ona za koje se pretpostavlja da bi pri uslovima povećane vlažnosti bila pokrenuta. Za delove terena na kojima su uočene pojave nestabilnosti karakterističan je pad od  $15^\circ$  do  $25^\circ$  i povećana vlažnost tla.

Terenski rad je izveden 16. avgusta 2016. godine na 10 stajnih tačaka u okviru područja istraživanja. Obuhvatio je određivanje promena u položaju aktivnih klizišta u odnosu na njihov položaj na stereo snimcima.

## Rezultati i diskusija

Rezultati analitičkog hijerarhijskog procesa prikazani su na karti hazarda (slika 3). U južnom, jugoistočnom i centralnom delu područja istraživanja u panonskim glinama, glincima i glinovitim laporcima postoji veoma visoka ili visoka opasnost od pojave klizišta.

Na istim područjima, analizom aerostereo snimaka, uočen je najveći broj aktivnih klizišta (slika 4). Tokom terenskog rada zapažene su promene



Slika 4. Karta izdvojenih aktivnih i potencijalnih klizišta:  
1 – područje sa aktivnim klizištima;  
2 – područje sa potencijalnim klizištima; a – sekundarni ožiljak klizišta; b – čeon ožiljak klizišta.

Figure 4. Map of active and potential landslides:

1 – area with active landslides;  
2 – area with potential landslides;  
a – minors scarps; b – major scarps.

u položaju ožiljaka klizišta (pomeranje uz padinu) na ovim područjima, kao i pojave novih, što ukazuje da su klizišta reaktivirana više puta u poslednjih 10 godina. U okviru područja sa veoma visokom i visokom opasnošću od pojave klizišta na aerostereo snimcima su uočena i uslovno stabilna područja, odnosno područja sa privremeno umirenim i slabije aktivnim klizištima. Ovi delovi terena takođe se nalaze u laporovitim i glinovitim sedimentima. Na područjima sa srednjom opasnošću od pojave klizišta, analizom aerostereo snimaka uočena su potencijalna i umirena klizišta, iako to nije bilo očekivano.

Pretpostavlja se da je razlika u rezultatima dobijenim različitim metodama vezana za faktore koji utiču na nastanak klizišta, ali nisu uzeti u obzir pri izradi karte hazarda (padavine, oscilacije nivoa podzemnih voda i reke Save, neplanska gradnja).

Oscilacije nivoa podzemnih voda, zajedno sa padavinama i oscilacijama nivoa Save, utiču na povećanje vlažnosti tla. Sva tri faktora mogu se smatrati uzrokom pojave klizišta, jer povećana vlažnost tla dovodi do stvaranja dobre podloge za klizanje u glinovitim sedimentima u kojima se voda zadržava, a od kojih je ovo područje većinom izgrađeno. Pored toga,

ubrzana i neplanska gradnja opteretila je već nestabilno tlo, što je takođe uticalo na stvaranje uslova za nastanak klizišta i ubrzalo proces klizjenja. Ispuštanje otpadnih voda, koje nije rešeno prilikom urbanizacije ovog područja, utiče na povećanje vlažnosti terena, a samim tim i na pojavu klizišta u okviru područja istraživanja.

Pretpostavlja se i da je subjektivnost pri zadavanju težinskih koeficijenata odgovarajućim parametrima uticala na razliku između rezultata na karti hazarda i rezultata dobijenih analizom aerostereo snimaka.

## Zaključak

Primenom tri različite metode (analitički hijerarhijski proces, daljinska detekcija i terenska istraživanja) utvrđena je nestabilnost područja u okolini Umke. Iako u najvećem broju slučajeva rezultati dobijeni različitim metodama pokazuju dobru korelaciju, na određenim područjima realni hazard je veći nego što to prikazuje karta hazarda. Parametri koji nisu uključeni u analitički hijerarhijski proces kao što su neplanska gradnja, promena nivoa podzemnih voda i reke Save i padavine, utiču na razliku u rezultatima, s obzirom da su i to faktori koji utiču na pojavu klizišta. Pored toga, ulazni težinski koeficijenti uključenih parametara zadati su, između ostalog, na osnovu iskustva subjekta u istraživanju klizišta na ovom i sličnim područjima, ali i na osnovu njegovog znanja vezanog za pojavu nestabilnosti tla, pa je subjektivnost jedan od faktora koji utiče na rezultate dobijene analitičkim hijerarhijskim procesom.

Dalja istraživanja bi trebalo posvetiti uključivanju novih parametara tokom analitičkog hijerarhijskog procesa, kao i izradi karti hazarda na različitim terenima.

---

## Literatura

- Abolmasov B., Milenković S., Marjanović M., Đurić U., Jelisavac B. 2015. A geotechnical model of the Umka landslide with reference to landslides in weathered Neogene marls in Serbia. *Landslides*, **12** (4): 689.
- Đurić U. 2011. Primena GIS-a u praćenju dinamike klizišta Umka. Diplomski rad, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
- Janjić I. 1996. Geneza i svojstva klizišta u neogenim sedimentima južnog oboda panoskog basena. Magistarski rad, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
- Jelisavac B., Vujanić V., Milenković J., Jotić S. 2006. Assessment of the geotechnical conditions of unstable terrain for urban planning of the Umka settlement, Yugoslavia. *IAEG*, 292.
- Lokin P., Sunarić D., Cvetković T. 1988. Landslide in Neogene sediments on the right Danube bank, Yugoslavia. *Fifth international Symposium on Landslide, Lausanne*, str. 202-208.



- Luković M. 1951. Važniji tipovi naših klizišta i mogućnosti njihovog saniranja. *Geološki Vesnik Savezne uprave za geološka istraživanja*, IX: 275.
- Marković B., Veselinović M., Anđelković J., Stevanović P., Roglić Č., Obradinović Z. 1985. *Tumač za list Beograd L34-133 OGK SFRJ*. Beograd: Savezni geološki zavod
- Milović S., Milović D. 1998. Landslide along the Danube river bank. *IAEG*, 21-25.
- Pavlović R., Čupković T., Marković M. 2001. *Daljinska detekcija*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet
- Protić M. 1984. *Petrologija sedimentnih stena*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet
- Filipović I., Rodin V. 1980. *Tumač za list Obrenovac L34-125 OGK SFRJ*. Beograd: Savezni geološki zavod

---

Katarina Kovačević and Mila Milovanović

## Do Hazard Maps Always Indicate the Most Dangerous Areas: Example of Landslides on the Right Coast of the River Sava (Umka, Belgrade)

The investigated area is located in Central Serbia between Belgrade and Obrenovac. The rock units in the investigated area are of Cretaceous, Neogene and Quarternary age. The dominating rocks in the area have a high clay content. The terrain is formed under the influence of colluvial, deluvial and fluvial processes.

The aim of this research was the evaluation of a hazard map, as well as its importance in landslide analysis. Analytic hierarchy process, remote sensing and field work were applied during this research. Results of all three methods showed a very good correlation, although certain areas were recognized where more landslides were noticed than expected after analyzing the hazard map. These areas are positioned in the North-Eastern part of the region. The difference in results is connected to factors which were not included in the analytic hierarchy process, but are involved in landslide formation, such as precipitation, oscillation in aquifer level, and discharge of the river Sava. Furthermore, the fast urbanization at the end of the previous and the beginning of this century weighted unstable slopes and increased wastewater release, which additionally supported landslide formation. This difference is also connected to subjectivity in the assessment of coefficients of the included parameters.

Further research could consider including a variety of additional factors in the analytic hierarchy process, as well as mapping different areas disturbed by landslides.

