

## László Podolszki, PhD in Technical Sciences

László Podolszki was born in Bačka Topola, Vojvodina, Serbia on February 19, 1980. He finished primary and secondary school education (High School of Natural Sciences and Mathematics) in Zadar, Croatia. He continued his education at the Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering in Zagreb in 1999. He was awarded the Rector's Award for *The role of engineering geological zoning in the waste management* with supervisors Prof. Dr. Snježana Mihalić Arbanas and Prof. Dr. Biljana Kovačević Zelić in 2004. In 2006, he graduated with the diploma thesis *Engineering geological 3D model of landslide Struga Banska-Unčani, Croatia*, under the mentorship of Prof. Dr. Snježana Mihalić Arbanas. After graduation, he worked for SAIPEM (Offshore oil and gas industry, branch office in Rijeka) as a pipeline engineer. He has worked as an engineering geologist at the Croatian Geological Survey since 2007. He started postgraduate study in Geological Engineering at the Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Zagreb in 2008. He produced two studies in Japan within the international bilateral project *Risk Identification and Land-use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia*, namely *Monitoring of landslides* in 2010 (two months) and *Risk identification of landslides* in 2011 (two months).

The doctoral thesis *Stereoscopic analysis of landslides and landslide susceptibility on the southern slopes of the Medvednica Mt.* consists of 322 pages (A4 format), 109 figures, 72 tables, 1 appendix, bibliography with 181 titles, documentation list with 43 titles, summary in Croatian, extended summary in English, brief curriculum vitae and CD.

The first chapter features description of the aim of the doctoral thesis and the researched area, the objectives, hypothesis and basic theoretical background. The second chapter describes natural features of the southern slopes of Medvednica Mt. in Zagreb area and a review of engineering geological conditions of the researched area are provided. The third chapter includes an overview of existing landslide inventory maps for the area of the City of Zagreb from 1967, 1979 and 2007, along with comparison and analysis. The fourth chapter clarifies the criteria used for landslide identification on stereomodels and describes their classification using analytic hierarchy process (AHP methodology): criteria used for reliability of landslide identification and criteria used for assessment of the possibilities of further landslide development. In addition, criteria used for the assessment of relative landslide danger with AHP methodology are provided. The fifth chapter presents the resulting developed maps for the

László Podolszki defended his doctoral thesis *Stereoscopic analysis of landslides and landslide susceptibility on the southern slopes of the Medvednica Mt.* at the Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Croatia on May 12, 2014. The committee for Defence included Assist. Prof. Dr. Dario Perković, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, chairman; Prof. Dr. Snježana Mihalić Arbanas, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Prof. Dr. Željko Arbanas, Faculty of Civil Engineering, University of Rijeka, Assist. Prof. Dr. Davor Pollak, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb and Assist. Prof. Dr. Dubravko Gajski, Faculty of Geodesy, University of Zagreb. Prof. Dr. Snježana Mihalić Arbanas was the thesis supervisor.

## Stereoscopic analysis of landslides and landslide susceptibility on the southern slopes of the Medvednica Mt.

The thesis is divided into following main chapters:

- 1 Introduction
- 2 Natural features of the researched area
- 3 Overview of existing landslide inventory maps for the area of the City of Zagreb
- 4 Methods of landslide mapping and assessment of relative danger
- 5 Results of stereomodel analysis and AHP methodology application
- 6 Discussion
- 7 Conclusion



László Podolszki je rođen 19. veljače 1980. u Bačkoj Topoli, Vojvodina, Srbija. Osnovnu školu i srednju prirodoslovnu-matematičku školu pohađao je u Zadru. U Zagrebu 1999. upisuje Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Pod mentorstvom dr. sc. Snježane Mihalić Arbanas i dr. sc. Biljane Kovačević Zelić 2004. godine je za rad *Uloga inženjersko-geološkog zoniranja pri zbrinjavanju otpada* nagrađen Rektorovom nagradom. Pod mentorstvom dr. sc. Snježane Mihalić Arbanas 2006. godine brani diplomski rad *Inženjersko-geološki 3D model klizišta Struga Banske-Unčani*. Nakon diplomiranja radi za SAIPEM (Podmorsko pridobivanje nafte i plina, podružnica u Rijeci) kao inženjer cijevovoda. Od 2007. zaposlen je u Hrvatskom geološkom institutu kao inženjerski geolog. Poslijediplomski studij upisuje na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu 2008. godine, smjer Geološko inženjerstvo. U sklopu međunarodnog projekta *Project on Risk Identification and Land-use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia* između Hrvatske i Japana završava dva dvomjesečna studijska boravka u Japanu: *Monitoring of landslides* 2010. godine i *Risk identification of landslides* 2011. godine.

Doktorski rad *Stereoskopska analiza klizišta i relativne opasnosti od klizanja na južnim obroncima Medvednice* sadrži 322 stranice formata A4, 109 slika, 72 tablice, 1 prilog, popis literature s 181 naslovom, popis dokumentacije s 43 naslova, sažetak na hrvatskom jeziku, prošireni sažetak na engleskom jeziku, kratki životopis i CD.

U prvom poglavlju je navedena svrha i područje istraživanja te su dani ciljevi i hipoteze rada s teorijskim osnovama. U drugom poglavlju je dan osvrt na prirodne značajke područja južnih obronaka Medvednice u Zagrebu s osvrtom na inženjersko-geološke uvjete na tom području. U trećem poglavlju je dan pregled povijesnih inventara klizišta na području Grada Zagreba iz 1967., 1979. i 2007. godine te je izvršena njihova usporedba i analiza. U četvrtom poglavlju su objašnjeni kriteriji identifikacije klizišta na stereomodelu i njihova klasifikacija pomoću analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP), odnosno dani su kriteriji procjene pouzdanosti identificiranih klizišta i kriteriji procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta. Također su dani i kriteriji procjene relativne opasnosti od klizišta primjenom AHP-a. U petom poglavlju su prikazane dobivene karte inventara klizišta i karte relativne opasnosti od klizišta za područje istraživanja, te je izvršena verifikacija dobivenih rezultata. U šestom poglavlju analizirane su primijenjene metode i rezultati istraživanja, dane su upute za izradu inventara klizišta primjenom stereoskopske analize stereomodela i AHP-a, prikazana je dobivena sintezna karta relativne opasnosti od klizišta (slika 1), te su dane i smjernice za izradu karte podložnosti na klizanje. U sedmom poglavlju su dani za ključni vezani za provedena istraživanja i postignute ciljeve.

## László Podolszki, doktor tehničkih znanosti

László Podolszki obranio je 12. svibnja 2014. na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu doktorski rad *Stereoskopska analiza klizišta i relativne opasnosti od klizanja na južnim obroncima Medvednice*. Doktorski rad obranjen je pred povjerenstvom u sastavu: doc. dr. sc. Dario Perkočić s Rudarsko-geološko-naftnog (RGN) fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, izv. prof. dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas s RGN fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, izv. prof. dr. sc. Željko Arbanas s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, naslovni doc. dr. sc. Davor Pollak s RGN fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i doc. dr. sc. Dubravko Gajski s Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Mentorica je bila izv. prof. dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas.

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

Doktorski rad podijeljen je na ova osnovna poglavlja:

1. Uvod
2. Prirodne značajke područja istraživanja
3. Pregled postojećih karata klizišta na području Grada Zagreba
4. Metode kartiranja klizišta i procjene relativne opasnosti
5. Rezultati analize stereomodela i primjene metode AHP
6. Rasprava
7. Zaključak

researched area: landslide inventory maps and maps of relative landslide danger. In addition, result verification is described. The sixth chapter analyses applied methodology and research results, provides instructions for landslide inventory map development using stereomodel interpretation and AHP methodology, presents the developed synthetic map of relative landslide danger (Figure 1) and provides suggestions for landslide susceptibility map development. Research conclusions and reached objectives are presented in the seventh chapter.

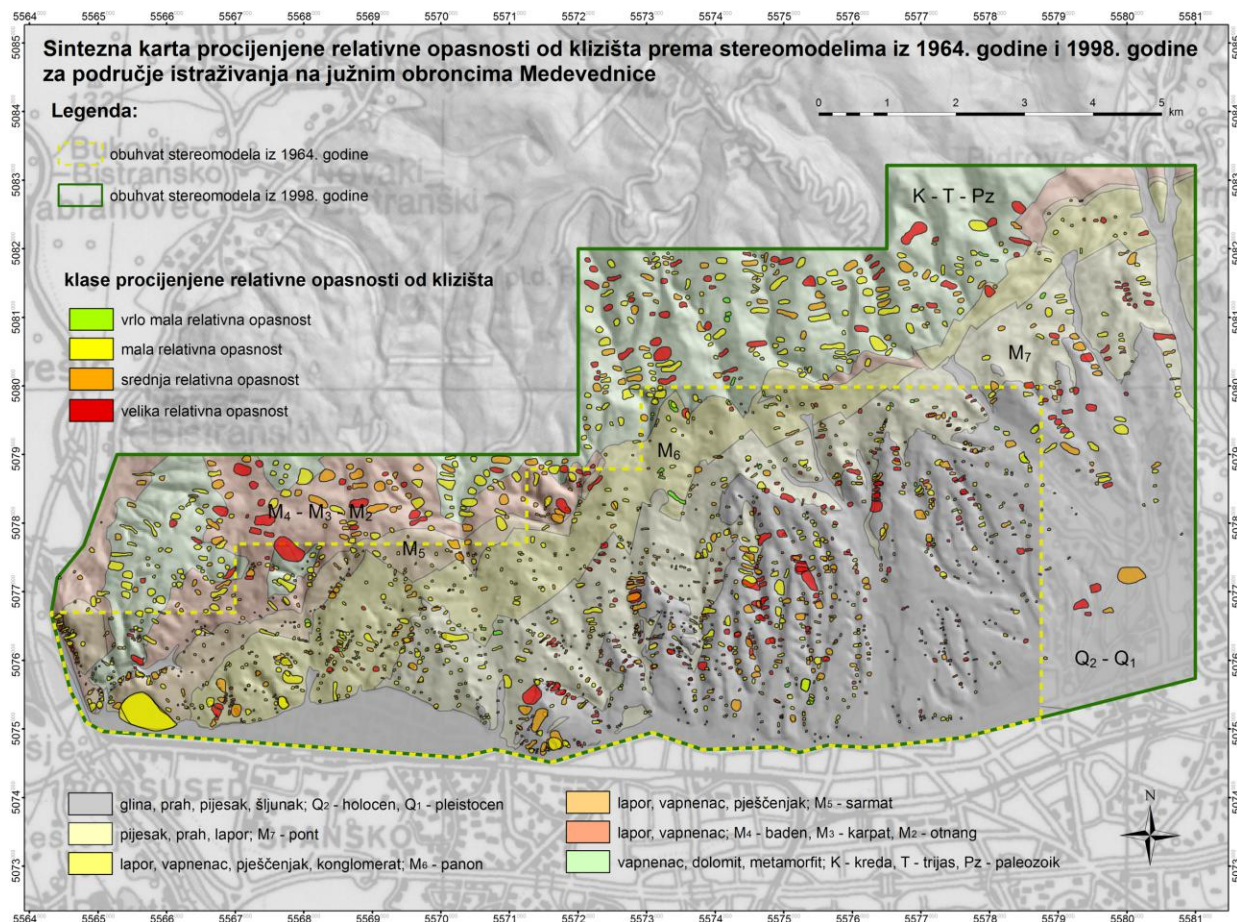
The researched area covers approximately 100 km<sup>2</sup> on the southern slopes of Medvednica Mt. where numerous landslides represent danger to the local community. Stereoscopic analysis of landslides was conducted using two stereomodels, one from 1964 in scale of 1:3000 and another from 1998 in scale of 1:20 000. Landslide identification using stereomodels was carried out using the same criteria and a landslide inventory was developed for each stereomodel. More than 2000 landslides were identified and all identified landslides and landslide features were organized into a developed database. Results were verified by comparing them with existing landslide data and existing landslide inventories and by landslide field mapping. Identified landslides were classified by using AHP according to reliability of landslide identification and according to the assessment of possibilities of further landslide development. Reliability assessment of the identified landslides was based on the assessment of visible landslide features in aerial photographs, which included: features in landslide body (accumulation and depletion) and visibility of the landslide border on the terrain surface. The type of land cover was also taken into account. Assessment of further landslide development possibilities was based on the assessment of site topography, which included: slope inclination and assessment of features at the landslide toe. Model calibration was carried out according to features of the researched area and landslide features in that area. A scoring system different from those found in literature was developed and used. Research results confirm existing landslide data (landslide density and activity), but landslides identified using stereoscopic analysis in the researched area tend to have smaller areas than landslide areas in existing inventories. In addition, the research results indicate the influence and the importance of erosion processes and anthropogenic activities on landslide activation and reactivation in the researched area.

## Stereoscopic analysis of landslides and landslide susceptibility on the southern slopes of the Medvednica Mt.

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

According to the reliability of landslides identification and the assessment of further landslide development possibilities, an assessment of relative landslide danger was also carried out and a relative landslide danger map was developed, from which the most endangered zones can be distinguished. The importance of the research lies in the applicability of the used methods and developed criteria in a quicker and cheaper, but accurate landslide inventory development in locations in which landslides exist in the same or similar geomorphological/engineering geological conditions in Croatia or worldwide and includes landslide identification, assessment of further landslide development possibilities and assessment of relative landslide danger using stereomodel analysis and AHP methodology.

*Snježana Mihalić Arbanas* ■



Slika 1. Sinteza karta procijenjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine za područje istraživanja na južnim obroncima Medvednice s prikazom klasifikacije klizišta utvrđenom pomoću AHP-a

Fig. 1. Synthetic map of relative landslide danger according to stereomodels from 1964 and 1998 for the area of research on the southern slopes of the Medvednica Mt. with landslide classification determined by AHP methodology

U radu je istraženo područje južnih obronaka Medvednice približne površine 100 km<sup>2</sup> u kojem su mnogobrojna klizišta prijetnja lokalnom stanovništvu i imovini. Upotrijebljena je stereoskopska analiza stereomodela s pomoću koje je prema istom kriteriju izvršena identifikacija klizišta i izrađen inventar klizišta za dvije generacije snimaka, iz 1964. i 1998. godine. Mjerilo stereomodela iz 1964. godine je 1:8000, a mjerilo stereomodela iz 1998. je 1:20 000. Ukupno je na stereomodelima identificirano više od 2000 klizišta, a sva identificirana klizišta i sve identificirane značajke klizišta vezane uz izraženost značajki klizišta u tijelu klizišta, izraženost granice klizišta, morfologija padine, stanje u nožici klizišta i tip pokrova upisane su u izrađenu bazu podataka. Provedena je i verifikacija rezultata istraživanja usporedbom s postojećim inventarima, izvještajima o klizištima, ali i terenskom provjerom. Identificirana klizišta su s pomoću AHP-a klasificirana s obzirom na pouzdanost identifikacije i prema mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta. Procjena pouzdanosti identifikacije klizišta bila je temeljena na vidljivim značajkama klizišta na zračnim snimkama, a koja su uključivala: izraženost značajki u tijelu klizišta i izraženost granice klizišta. Vrednovan je i tip pokrova zemljišta. Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta bila je temeljena na procjeni

topografije lokacije, a koja je uključivala: nagib padine i značajke u nožici klizišta. Također je vrednovan i tip pokrova zemljišta. U radu se provela kalibracija sustava bodovanja AHP-a i izmjenjeni su kriteriji poznati iz literature u skladu sa značajkama područja istraživanja. Analizom stereomodela iz obje generacije snimaka izrađena je i karta relativne opasnosti od klizišta iz koje su vidljiva najugroženija područja. Rezultati istraživanja potvrđuju ranije podake o velikoj gustoći klizišta i njihovoj aktivnosti na istraživanom području, ali je njihova prosječna površina manja nego prosječne površine klizišta u postojećim inventarima. Također, iz rezultata istraživanja je vidljiv vrlo velik utjecaj erozijskog djelovanja vodotokova i antropogen utjecaj na stvaranje i razvoj klizišta. Značaj rada je i u mogućnosti primjene utvrđenih metoda i kriterija koji omogućuju bržu i jeftiniju, ali pouzdanu izradu inventara klizišta i na područjima sličnih uvjeta, odnosno značaj znanstvenog doprinosa proizlazi iz mogućnosti primjene prikazane metode na svim područjima na kojima su klizišta razvijena i postoje u istim ili sličnim geomorfološkim/inženjerskogeološkim uvjetima, a uključuje identifikaciju klizišta, procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja i procjenu njihove relativne opasnosti primjenom stereoskopske analize stereomodela i AHP-a.

Snježana Mihalić Arbanas ■