

Formiranje i upotreba digitalnih baza podataka o klizištima u svijetu i Hrvatskoj

Primjer dostupnosti podataka na riječkom području

Sanja Faivre, Petra Radeljak, Renata Grbac Žiković

U radu se daje pregled formiranja digitalnih baza podataka o klizištima u svijetu i stanja u Hrvatskoj. Kao primjer izabrane su države iznimno ugrožene padinskim procesima i/ili one koje imaju razrađene i dostupne baze klizišta (npr. Japan, Kina i Novi Zeland). Prikazuju se parametri od kojih su pojedine baze načinjene (Italija, Slovenija i Hrvatska) te daje prikaz preporučenih kategorija pri izradi inventara i baza klizišta na svjetskoj razini. Također se iznosi pregled osnovne terminologije, iznimno važne u istraživanju i evaluaciji podložnosti padina klizanju, hazarda i rizika. Dostupnost podataka u Hrvatskoj razmotrena je na primjeru riječkog područja.

Ključne riječi: klizišta, inventar klizišta, digitalna baza klizišta, podložnost padina klizanju, hazard, rizik

Formation and Usage of Landslide Digital Databases: Examples from Various Countries and Croatia

Availability of Landslide Data in the Rijeka Area

This paper reviews development of digital landslide databases in various countries and in Croatia. Countries that were chosen are those endangered by slope processes and/or those that have landslide databases established and available for review (e.g. Japan, China, New Zealand). The paper shows parameters used in the databases (in Italy, Slovenia and Croatia) and categories recommended for landslide inventory and database development at the global level. Terminology important in research and evaluation of landslide susceptibility, hazard, and risk is also reviewed. The availability of landslide data in Croatia is shown using the example of Rijeka area.

Key words: landslide, landslide inventory, digital landslide database, landslide susceptibility, hazard, risk

UVOD

Više od stotinu godina znanstvenici različitih struka pokušavaju razlikovati, definirati i klasificirati procese koji se odvijaju na padinama. Prve klasifikacije bile su vrlo jednostavne. Uglavnom su se temeljile na razlikovanju pojedinih vrsta padinskih procesa i procjeni količine pokrenutog materijala. S vremenom raznovrsnost i kompleksnost pokreta masa na padinama postaju evidentne, počevši od razlika u okolišu u kojem se proces odvija, npr. planinskome ili obalnome. Potom autori počinju uzimati u obzir i način na koji se materijal kreće niz padinu (Heim, 1882, 1932) te procjenjivati brzinu pokreta. I dan-danas većina recentnih klasifikacija temelji se na vrsti pokrenutog materijala i tipu pokreta (Varnes, 1978), čemu se pridodaje i izravni pokretač samog procesa.

Klizanje je padinski proces pod kojim u užem smislu razumijevamo kretanje materijala, tla ili stijenskog materijala niz padinu po kliznoj plohi pod utjecajem gravitacije (Nonveiller, 1987; Bognar, 1996). Pritom voda i led mogu utjecati na te procese, ali oni nisu primarni prijenosnici (Crozier, 1999). Klizišta se od drugih padinskih procesa razlikuju postojanjem izraženih granica u odnosu na susjedni prostor i brzinom kretanja materijala (Glade i dr., 2005).

Pojmom klizišta u širem smislu većina autora obuhvaća niz procesa na padinama (Petley, 2010; Bălteanu i dr., 2010) uključujući urušavanje, prevrtanje, klizanje (u užem smislu), bočno širenje, tečenje i druge kompleksne pokrete. Klizište u užem smislu, prema obliku klizne plohe, može biti rotacijsko i translacijsko (Varnes, 1978; Cruden i Varnes, 1996; Dikau i dr., 1996; Glade i dr., 2005; Petley, 2010). Široko rasprostranjeni padinski procesi kao što su puzanje, subsidencija, bubrenje i slijeganje uglavnom se ne smatraju klizištima. Kriteriji na temelju kojih se izdvajaju tipovi klizišta uključuju mehanizme pokreta (npr. klizanje, tečenje), vrstu materijala (stijena, rastrošni materijal, tlo), oblik klizne plohe (zakrivljena ili planarna), stupanj poremećenosti pokrenute mase i brzinu pokreta (Glade i dr., 2005).

Dva su značajna obilježja klizišta njihova široka rasprostranjenost i velika osjetljivost na promjene, bilo prirodne, bilo antropogene (Gutiérrez i dr., 2010). Budući da se ubrajaju među najizrazitije padinske destruktivne procese, a njihova pojava često nanosi velike štete naseljima, objektima komunalne infrastrukture, poljoprivrednim i šumskim površinama (Bognar, 1996), klizišta su ponajprije područje interesa geomorfologa, geologa te inženjera građevinarstva.

Kod istraživanja klizišta vrlo je važno razdvojiti uzroke njihova nastanka od izravnih pokretača pojedinog događaja. Uzroci mogu biti pasivni i aktivni. Pasivni su čimbenici primjerice litološki sastav, nagib slojeva, nagib padine, ekspozicija padine i dr. Aktivni čimbenici djeluju izravno u smjeru destabilizacije padina. To su npr. trošenje, promjene nagiba padina, opterećenje padine dodatnim materijalom (prirodno ili antropogeno odlaganjem ili gradnjom), promjena razine vode temeljnice te uklanjanje vegetacije. S druge strane, do konačnog aktiviranja klizišta dolazi djelovanjem jasnih pokretača samog procesa klizanja, kao što su povećanje hidrostatskog tlaka u porama zbog jakih kiša ili otapanja snijega, potresi ili antropogeno djelovanje (primjerice kamenolomi, gradnja tunela i cesta) (Smith i Petley, 2009). Identifikacija uzroka kao i pokretača procesa klizanja, te ugroženih antropogenih elemenata ključan je aspekt smanjivanja prirodne opasnosti od

klizanja. Prvi korak u ostvarivanju prevencije opasnosti od klizanja jest izrada inventarâ klizišta koji omogućuju daljnju analizu. Ona može biti različite složenosti (na tri razine) ovisno o količini dostupnih podataka: analiza podložnosti padina klizanju (engl. *landslide susceptibility*), analiza hazarda (opasnosti) i analiza rizika klizanja.

INVENTARI KLIZIŠTA, PODLOŽNOST PADINA KLIZANJU, HAZARD I RIZIK

Inventari klizišta jesu kompilacije (papirnatih) podataka o klizištima na nekom području. Inventar obično uključuje lokaciju, klasifikaciju, površinu (volumen), aktivnost i datum aktivnosti svakoga pojedinoga klizišta (trenutačno aktivnih i onih aktivnih u prošlosti). Ne sadržavaju nužno interpretacijske podatke. Jedan oblik inventara klizišta jesu i inventarne karte klizišta, koje prikazuju vrstu i lokaciju (prostornu distribuciju) klizišta. Guzzetti i dr. (2012) pojmove *inventar klizišta* i *inventarna karta klizišta* upotrebljavaju kao sinonime. Inventari i inventarne karte klizišta neophodni su u analizi podložnosti padina klizanju, hazarda i rizika.

Podložnost padina klizanju prva je interpretacijska razina. To je relativna prostorna vjerojatnost pojave klizišta određenog tipa i volumena. Osnovu kartiranja podložnosti padina klizanju čini identifikacija zona postojećih i potencijalnih klizišta. Izrada karata podložnosti padina klizanju rezultira prostornom distribucijom, tj. rangiranjem jediničnih područja prema njihovoj podložnosti klizanju, što primarno ovisi o morfološkim, geološkim, geotehničkim, klimatskim, vegetacijskim i antropogenim obilježjima analiziranog područja. Klasifikacija može biti kvalitativna ili kvantitativna. To je osnova za daljnju procjenu hazarda.

Hazard se definira kao vjerojatnost (frekvencija) pojavljivanja potencijalno štetnih prirodnih pojava određene jačine (Crozier, 1999). U slučaju klizišta *hazard (H)* jest dakle vjerojatnost da se dogodi (frekvencija) klizanje određene jačine i tipa, na određenoj lokaciji i u određenom razdoblju. S druge strane, očekivani stupanj gubitka jednoga ili više ugroženih elemenata pri događaju određene jačine naziva se *ranjivost (V)* (engl. *vulnerability*). Kada stavimo u odnos hazard i ranjivost nekog područja, dobijemo *rizik* ($H \times V = \text{rizik}$). *Ukupni rizik* izračunavamo formulom: hazard x ugroženi elementi x ranjivost (Crozier, 1999). *Ugroženi elementi* jesu ljudi, nekretnine, infrastruktura, djelatnosti i dr. *Ukupni rizik* jest dakle očekivani gubitak na određenoj lokaciji i u određenom razdoblju pri hazardu određene jačine (Varnes, 1984; Crozier, 1993, 1999).

Procjena hazarda polazna je točka za bilo koju analizu rizika, pri čemu su iznimno važne informacije o učestalosti, jačini i učinku klizišta. Trenutačno se procjena vjerojatnosti klizanja postiže monitoringom aktivnih klizišta, proučavanjem aktivnosti klizišta u prošlosti, proučavanjem obilježja padina terenskim istraživanjima, daljinskim istraživanjima i računalnim simulacijama procesa koji pokreću proces klizanja (Glade i Crozier, 2005), i to često uz pomoć GIS-tehnologije (Carrara i dr., 1995). Ugroženi elementi mogu biti određeni upotrebom postojećih baza podataka i službene statistike ili provedbom terenskih istraživanja. Pri procjeni ugroženih elemenata valja uzeti u obzir ukupnu novčana vrijednost, ali i socijalne i psihološke posljedice događaja (Glade i Crozier, 2005). Kod ranjivosti se izračunava očekivani stupanj štete – koliko ugroženi element može izgubiti

na vrijednosti pri hazardu određene jačine (Glade i dr., 2005). Hazard se stoga obično izražava u okvirima vjerojatnosti, ugroženi elementi definiraju se kroz svoju vrijednost i zastupljenost na određenom prostoru, a ranjivost se određuje (očekivani stupanj gubitka pojedinoga ugroženog elementa) na ljestvici od 0 do 1 (ili od 0% do 100% štete). Ukupni rizik dobije se množenjem hazarda očekivanim gubicima za sve ugrožene elemente (Hervás i Bobrowsky, 2009).

Jedan od najvažnijih segmenata u procjeni i ublažavanju rizika jest analiza prijašnjih događaja. Pritom je značajna uloga geografa u terenskoj analizi i geomorfološkom kartiranju kako bi se identificirala obilježja klizišta, zatim u istraživanju uzroka događaja integracijom informacija iz višestrukih izvora, uključujući povijesne zapise, urbani razvoj, klimatske zapise, geologiju, geomorfologiju i hidrologiju, te također u procjeni ranjivosti i rizika kroz analizu fizičkih i socioekonomskih čimbenika, i to uz pomoć GIS-a (Crozier, 1999).

Tab. 1. Odnos razine analize (zoniranja) i osnovnih parametara pojedine analize (modificirano prema: *Guideline for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning, 2007*)

Tab. 1 Relation between the analytical level of zoning and main parametres of particular analysis (modified after: *Guideline for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning, 2007*)

Razina analize	analiza rizika						
	analiza hazarda						
	analiza podložnosti padina klizanju						
	stvaranje inventara klizišta						
Osnovni parametri analize	inventar postojećih klizišta	obilježja potencijalnih klizišta	površina klizišta i brzina klizanja	procjena frekvencije	prostorno-vremenska vjerojatnost	ugroženi elementi	ranjivost

Na temelju istraživanja padinskih procesa općenito, obilježja hazarda kao i identifikacije područja izloženih riziku klizanja obavlja se zoniranje te izrađuju karte podložnosti padina klizanju, karte hazarda i karte rizika klizanja, koje, kao što je već rečeno, uključuju redom sve kompleksniju interpretacijsku razinu (tab. 1). Izrada karata podložnosti padina klizanju i hazarda klizanja počinje sedamdesetih godina 20. stoljeća (npr. Brabb i dr., 1972; Kienholz, 1978; Nilsen i dr., 1979). Te su se karte uglavnom temeljile na kvalitativnoj procjeni frekvencije klizanja. Naime preduvjet procjene hazarda i rizika klizanja danas su kvalitetne digitalne geodetske podloge, geološke karte, seizmološke karte, geotehnički katastar i katastar klizišta na nacionalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini (Mihalić i Stanić, 1995). Tu svakako treba dodati i geomorfološke karte, koje su iznimno važne jer kompiliraju morfometrijska obilježja reljefa s procesima koji se odvijaju na padinama.

Iz navedenih razloga kartiranje rizika klizanja još je uvijek mnogo rjeđe od kartiranja podložnosti padina klizanju ili kartiranja hazarda. Vrednovanje rizika klizanja, posebno u kvantitativnom obliku, vrlo je složen zadatak (Vivian i dr., 1994). Ipak, planeri i nadležne službe trebali bi poznavati koncepte, metode i ograničenja izračuna ukupnog rizika. Ograničenja procjene rizika klizanja proizlaze iz ovisnosti modela o kvaliteti i kvantiteti

ulaznih podataka koji utječu na točnost konačne procjene, o kvaliteti procjene ranjivosti (procjena uglavnom može biti samo gruba) i o činjenici da je izračunati rizik klizanja statičan izraz stvarnosti u vrijeme analize (Glade i Crozier, 2005). S druge strane, vrijednosti rizika lako su shvatljive i uporabljive, a mnogi modeli rizika klizanja mogu se i naknadnim ažuriranjem prilagoditi promjenama u okolišu, npr. promjenama vegetacijskog pokrova ili onima u upotrebi i namjeni zemljišta (Glade i Crozier, 2005). Budući da su potencijalno ugroženi elementi često prostorno-vremenski promjenjivi, karte rizika valja stalno ažurirati. Na temelju jedne analize hazarda klizanja može se napraviti nekoliko različitih karata rizika da bi se primjerice pokazao učinak različitih razvojnih planova na upravljanje rizikom (Fell i dr., 2008).

U nekim državama postoje dokumenti na nacionalnoj razini koji definiraju zone rizika i mjere njihove sanacije na razini općina, npr. PPR (*Plans de Prevention des Riques Naturels Previsibles*) u Francuskoj (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1999) ili na razini kantona u Švicarskoj *Cartes de Dangers* ili *Gefahrenkarten*, koje su financirane na nacionalnoj razini (Leroi i dr., 2005; Fell i dr., 2008).

Unatoč naglom porastu broja objavljenih radova o klizištima u posljednjim desetljećima, zbog značajnog povećanja resursa usmjerenih na istraživanja klizišta i ublažavanja rizika, i dalje raste šteta uzrokovana klizištima. Tome pridonose brojni čimbenici, među kojima su i izloženost sve većeg broja ljudi i imovine klizištima, porast aktivnosti klizišta općenito, neučinkoviti prijenos znanja o analizi i ublažavanju rizika klizanja iz znanstvene zajednice na osobe odgovorne za planiranje upotrebe zemljišta i upravljanje rizicima i dr. (Gutiérrez i dr., 2010). U manje razvijenim zemljama zbog spleta ekonomskih, političkih, kulturnih i drugih okolnosti primjena strategije ublažavanja rizika još je teža. Utjecaj geomorfoloških hazarda, posebno klizišta, u pojedinim zemljama izravno je povezan sa stupnjem ekonomskog razvoja. Uobičajeno je da se kao posljedica prirodnih katastrofa u nerazvijenim zemljama prije svega zbrajaju ljudske žrtve, a u razvijenima stradala imovina. Pritom valja napomenuti i da ekonomski gubici u manje razvijenim zemljama, iako u apsolutnom iznosu manji, čine znatno veći udio njihova bruto društvenog proizvoda (Gutiérrez i dr., 2010; Zorn i Komac, 2011a). Također treba naglasiti da veće štete društvu nanose brojna manja i srednje velika klizišta nego katastrofalna klizišta, koja su znatno rjeđa pojava (Gutiérrez i dr., 2010).

Napori za sprečavanje prirodnih katastrofa, pa tako i onih izazvanih padinskim procesima odnosno klizanjem, briga su nacionalnih vlada prije svega iz financijskih razloga, tj. zbog utjecaja na ekonomiju pojedinih država. Velike štete procijenjene su još sedamdesetih godina npr. za područje Italije i SAD-a, stoga preventiva i planiranje u svrhu predviđanja katastrofa moraju biti dio nacionalne politike. Još je uvijek teško predvidjeti klizanje u vremenu, ali je relativno jednostavno definirati zone potencijalnoga klizanja jer prevencija ima prije svega prostornu dimenziju. Stoga se u posljednjih četrdesetak godina izrađuju inventari klizišta, inventarne karte klizišta i digitalne baze.

DIGITALNE BAZE KLIZIŠTA

Tijekom vremena inventari su se uz dodatnu obradu i analizu daljinskih digitalnih snimaka i digitalnih modela reljefa te integraciju informacija razvili u digitalne baze

podataka (Hervás i Bobrowsky, 2009). Pri stvaranju i održavanju inventara klizišta sve se više upotrebljavaju daljinske snimke, koje služe određivanju klizišta te interpretaciji njihovih morfoloških, teksturnih i strukturnih karakteristika (Singhroy, 2009). Baze podataka klizišta mogu se smatrati digitalnim inventarima klizišta te podrazumijevaju detaljni registar prostorne distribucije i obilježja klizišta (Van Den Eeckhaut i Hervás, 2012a, 2012b; Hervás, *u tisku*). Uz pojmove *inventar*, *inventarna karta* i (*digitalna*) *baza podataka*, za skupove podataka o klizištima upotrebljavaju se i primjerice pojmovi *inventarna baza*, *katalog*, *registar* i *katastar* klizišta.

Kod inventara klizišta načinjenih u GIS-u prikazi karata popraćeni su atributnim tablicama s opisnim podacima o objektima, koje su dio GIS-datoteke ili su povezane s vanjskim bazama podataka (Hervás i Bobrowsky, 2009). Hervás (*u tisku*) podijelio je sadržaj baza podataka klizišta u tri kategorije: temeljni atributi, dodatne informacije i prateći podaci. **Temeljni atributi** obuhvaćaju jedinstveni identifikacijski kod, lokaciju (geografske koordinate, ime lokaliteta, općinu, pokrajinu, regiju i državu), tip klizišta, datum aktivnosti ili posljednje reaktivacije, status aktivnosti te volumen ili površinu klizišta. **Dodatne informacije** mogu uključivati geometriju klizišta (precizne dimenzije klizišta, dubinu klizne plohe i dr.), geološka obilježja (litološka i strukturna obilježja te vrstu materijala), hidrogeološka obilježja, zemljišni pokrov i upotrebu zemljišta, morfometrijska obilježja padina, pokretače klizanja, mogući utjecaj klizanja na čovjeka (žrtve i šteta), mjere sanacije, datum i metode istraživanja, ime istraživača i bibliografske reference. **Prateći podaci** mogu biti ilustracije, terenske fotografije ili aerofotografije te podaci dobiveni praćenjem stanja (monitoringom). Za svako klizište informacije trebaju biti pohranjene tako da korisnici mogu automatski doći do njih te ih po potrebi mijenjati ili ažurirati (Van Den Eeckhaut i Hervás, 2012a).

Inventari klizišta s prikupljenim podacima o značajkama pojedinih klizišta mogu se upotrijebiti za računanje podložnosti padina klizanju. Ako inventari sadržavaju podatke o razdoblju i veličini klizišta, može se procijeniti vjerojatnost pojave klizišta određene veličine u vremenu i prostoru, tj. hazard klizanja (Glade i Crozier, 2005). Inventari klizišta mogu se upotrijebiti i za buduće provjere izračunate podložnosti padina klizanju te provjere dosadašnjih procjena hazarda (Glade i Crozier, 2005). U konačnici inventari odnosno detaljne baze podataka o klizištima mogu pridonijeti najvišoj interpretacijskoj razini – procjeni rizika.

BAZE KLIZIŠTA U SVIJETU

Veliki dio dosadašnjih napora u formiranju inventara klizišta usmjeren je na manja područja, tj. izradu lokalnih i regionalnih karata s lokacijama i temeljnim obilježjima klizišta. Izrada tih inventara temelji se prije svega na interpretaciji aerofotogrametrijskih snimaka iz različitih razdoblja ili na kombinaciji daljinskih i terenskih istraživanja (Kirschbaum i dr., 2010). Postoje i precizne nacionalne baze podataka, ali uglavnom nisu homogene. Usporedimo li pak baze različitih država, vidimo da kriteriji često nisu usporedivi (Casagli i dr., 2009).

Značajni pomak u istraživanju klizišta postignut je tijekom Međunarodnog desetljeća posvećenog smanjenju prirodnih katastrofa (International Decade of Natural Disaster Reduction – IDNDR, 1990. – 2000.), koje su proglasili Ujedinjeni narodi. U tom

razdoblju uspostavljene su radne skupine za klizišta. Jedna od njih bila je i Radna skupina za Svjetski inventar klizišta (International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory – WP/WLI), koja je pridonijela definiranju međunarodnih standarda u istraživanju klizišta te potaknula niz istraživanja i publikacija (Gutiérrez i dr., 2010). U devedesetima su načinjena dva značajna projekta: *World Area Slope Stability Server* (WASSS) i *World Landslide Inventory* (WLI), no nisu uspjela u jednakoj mjeri pokriti cijeli svijet (Casagli i dr., 2009). U sljedećem je desetljeću IDNDR zamijenjen Međunarodnom strategijom za smanjenje katastrofa (International Strategy for Disaster Reduction – ISDR), a važan poticaj proučavanju klizišta dan je i osnivanjem Međunarodnoga konzorcija za klizišta (International Consortium on Landslides – ICL) 2002. (Gutiérrez i dr., 2010). Međunarodni program o klizištima (The International Program on Landslides – IPL) djeluje od 2002. kao inicijativa ICL-a, s glavnim ciljem suradnje na istraživanjima klizišta i ublažavanju rizika od klizanja. Od svoga osnutka Program je podržao više od šezdeset projekata diljem svijeta. Jedan je od njih i projekt izrade Svjetske baze podataka o klizištima (World landslide database), kojom se obuhvaćaju klizišta koja su prouzročila žrtve (Casagli i dr., 2009).

I drugi primjeri globalnih baza klizišta unatoč nepotpunim podacima jasno pridonose razumijevanju pojave klizišta na globalnoj razini. Kirschbaum i dr. (2010) načinili su globalni inventar klizišta čiji je pokretač bila jaka kiša za 2003., 2007. i 2008. godinu, koristeći se izvješćima vlada i nevladinih organizacija, znanstvenim i stručnim radovima, novinskim izvještajima, postojećim bazama i dr. Klizišta u inventaru opisana su kroz primarne elemente (lokaciju, vrijeme aktivnosti i, kao što je definirano istraživanjem, jakom kišom kao izravnim pokretačem) te sekundarne elemente ako su bili dostupni (vrstu i veličinu klizišta, geografsku širinu i duljinu, zabilježene posljedice i dr.). Unatoč ograničenjima koja proizlaze iz načina formiranja takva inventara na svjetskoj razini, s obzirom na dostupnost podataka i heterogene izvještaje, globalni katalog klizišta može biti koristan u procjeni prostornih i vremenskih trendova pojave klizišta na globalnoj razini, u vrednovanju globalnih i regionalnih analiza hazarda klizanja te procjeni ukupnog broja žrtava i ekonomskih gubitaka (Kirschbaum i dr., 2010).

Na International Disaster Database EM-DAT – The OFDA/CRED evidentiraju se događaji s više od deset žrtava, oni u kojima je izravno pogođeno više od sto osoba, događaji nakon kojih se zatražilo međunarodnu pomoć ili pak oni zbog kojih se proglasilo izvanredno stanje, a žrtve se pripisuju samo jednome glavnom događaju. Geološki institut SAD-a npr. (U.S. Geological Survey) sustavno prikuplja informacije o takvim događajima od 2004., a baza Davea Petleyja The Landslide Blog obuhvaća događaje od 2007. (Van Den Eeckhaut i Hervás, 2012).

Poteškoću u kompiliranju globalnoga kataloga predstavlja ustupanje informacija iz postojećih studija ili nacionalnih baza podataka zbog restrikcija ili nevoljkoga davanja podataka. Bez obzira na razlike u metodologiji izrade postojeći inventari klizišta te informacije o njima trebali bi biti dostupni kako bi se bolje razumjele posljedice klizišta na svjetskoj razini (Kirschbaum i dr., 2010).

Mnoge države načinile su nacionalne baze podataka o klizištima ili su u postupku njihova stvaranja. Razmotrit će se nekoliko primjera.

Australija

U Australiji je pod vodstvom Agencije za unutarnje resurse, energetiku i turizam Geoscience Australia proveden projekt *The landslide interoperability* s ciljem povezivanja nekoliko postojećih inventara klizišta kroz sučelje jedne mrežne stranice (Mazengarb i dr., 2010). U projekt je uključena nacionalna baza koju vodi Geoscience Australia, regionalna baza koju vodi Mineral Resources Tasmania te lokalna baza University of Wollongong. Rezultat projekta jest Australian Landslide Database (ALD), „virtualna” baza podataka o klizištima koja povezuje informacije o vremenu aktivnosti i tipovima klizišta, njihovim uzrocima i posljedicama. Razvoj te baze može doprinjeti budućem upravljanju podacima o prirodnim hazardima u Australiji (Osuchowski, 2008). Budući da su postojeće baze razvijane uglavnom neovisno jedna o drugoj te za različite svrhe, bilo je potrebno uložiti veliki trud u standardizaciju strukture i terminologije. Kako bi se poboljšala funkcionalnost baze, bit će potrebni daljnji naponi u razvoju njezinih različitih aspekata (Mazengarb i dr., 2010).

Novi Zeland

S obzirom na vrlo raširen utjecaj klizišta diljem Novog Zelanda, iznimno je važno stalno prikupljanje informacija, uz njihovo objedinjavanje u nacionalnu bazu podataka ili barem standardizirani način prikupljanja i bilježenja informacija (Glade i Crozier, 1996). U tom se smislu od devedesetih godina 20. stoljeća u Novom Zelandu ulaže veliki trud u razvoj nacionalne baze podataka. Bazom podataka o klizištima upravlja GNS Science (istraživački institut u vlasništvu novozelandske vlade, s neovisnom upravom). Baza uključuje vrijeme aktivnosti, lokaciju, veličinu i štetu prouzročenu značajnim klizištima te popis svih poznatih klizišta (GNS Science, Landslide Monitoring). Pri oblikovanju baze bilo je potrebno razviti model podataka koji bi uključio nekoliko već postojećih baza izrađenih za različite potrebe te nove prikupljene podatke. Model podataka temelji se na generičkome modelu koji se upotrebljava za različite geoznanstvene discipline, što omogućuje upotrebu i drugih podataka (primjerice geoloških karata te baza podataka o podzemnim vodama, litološkim značajkama i potresima) u analizi klizišta (Dellow i dr., 2003).

Japan

Japan je zemlja koja je iznimno pogođena pokretima masa na padinama, kako po broju i vrsti klizišta tako i po utjecaju na antropogene konstrukcije i ljudsku djelatnost općenito. To je primarno posljedica reljefnih karakteristika Japana (sedamdeset posto japanskog otočja čine planinski prostori, pa su nagibi veliki), ali i klimatskih obilježja, seizmičke aktivnosti te, svakako, sveprisutne antropogene djelatnosti. Zbog izuzetnoga gospodarskog razvoja smatra se da je osamdesetih godina u Japanu prosječno nastajalo od četiristo do petsto novih klizišta godišnje.

NIED (Japanski nacionalni istraživački institut za geoznanosti i prevenciju katastrofa) stvara bazu karata distribucije klizišta koje su digitalizirane i dostupne na internetu s mogućnošću kombiniranja slojeva. NIED također vodi bazu 117 velikih klizišta koja su se dogodila na području Japana prije 2000., obuhvaćajući vrijeme aktivnosti, lokaciju i prouzročenu štetu (NIED, Landslide disasters).

Kina

Prostorna distribucija klizišta u Kini uvjetovana je topografijom, kompleksnim geološkim i klimatskim obilježjima te tektonikom. Među pokretačima klizišta posebno se ističu kiše i potresi te utjecaj čovjeka. Postoji niz povijesnih zapisa usmjerenih na štete prouzročene klizištima u Kini. Klizišta uzrokovana potresima su iznimno česta. Od 780. prije Krista do 1976. zabilježeno je 656 potresa magnitude 6. Primjerice potres koji je pogodio Haiyuan 16. prosinca 1920. (magnitude 8,5) pokrenuo je 657 klizišta. Sustavna istraživanja klizišta počinju šezdesetih godina 20. stoljeća, a pravi zamah kreće osamdesetih (Huang i Li, 2011). Prva nacionalna *inventarna baza podataka* o klizištima na području Kine proizašla je iz projekta istraživanja geohazarda i razvoja sustava upozoravanja (u mjerilu 1 : 100.000) koji je trajao od 1999. do 2008. i obuhvatio 1640 okruga, odnosno područje na kojem živi 790 milijuna ljudi. U uspostavljanju baze, prikupljanju i održavanju podataka glavnu ulogu imao je Kineski institut za monitoring okoliša, koji je radi homogeniziranja i integriranja podataka o klizištima razvio softverske komponente za unos, upravljanje podacima i provjeru njihove kvalitete te upute i priručnike za izradu baze, uključujući kartografski standard (Wu i dr., 2010). Godine 2005. Kineski geološki institut pokreće novi projekt istraživanja klizišta u mjerilu 1 : 50.000 na odabranim područjima, temeljen na interpretaciji daljinskih snimaka, terenskim istraživanjima i detaljnoj studiji geohazarda. Na taj je način prikupljena velika količina podataka za nacionalnu bazu. Osim dvaju navedenih projekata valja spomenuti i niz drugih istraživanja klizišta na različitim prostornim razinama (Wu i dr., 2010). Uz rad na poboljšanju kvalitete i dostupnosti podataka glavni izazov predstavlja promptno ažuriranje nacionalne baze, što proizlazi iz činjenice da se u Kini godišnje zabilježi više od 10.000 novih klizišta (Wu i dr., 2010).

Hong Kong

Područje Hong Konga također je izloženo hazardu klizanja. Tamošnja je vlada osnovala Ured za geotehničko inženjerstvo, koji je izradio inventar klizišta (tj. bazu podataka o klizištima) utemeljenu na aerofotogrametrijskim snimkama i dokumentima o više od 26.000 klizišta koja su se pojavila na području Hong Konga od 1945. (Nichol i Wong, 2005).

Nikaragva

U srednoameričkim državama velika klizišta bilježe se svake godine, primarno tijekom vlažne sezone (od svibnja do listopada), no i tijekom suhe sezone pokreću ih potresi i vulkanske erupcije (Devoli i dr., 2007). Stoga Nikaragvanski institut geoznanosti (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales – INETER) od 2003. razvija digitalnu bazu podataka klizišta za cijelu zemlju u sklopu sveobuhvatnoga geografskog informacijskog sustava za sve tipove geohazarda. Podaci o klizištima prikupljeni su iz različitih izvora, uključujući povijesne dokumente, znanstvene radove, tehnička izvješća i inventarne karte klizišta temeljene velikim dijelom na terenskim istraživanjima i analizi zračnih snimaka koje su provodile strane razvojne agencije u suradnji s INETER-om i drugim nikaragvanskim institucijama (Devoli i dr., 2007).

SAD

U SAD-u još uvijek ne postoji inventar klizišta na saveznoj razini. Godine 1983. objavljena je pregledna karta područjâ s većom gustoćom klizišta te onih podložnih nastanku budućih klizišta (Radbruch-Hall i dr., 1983), no zbog nedovoljne preciznosti i relativno sitnog mjerila neprikladna je za planiranje na lokalnoj razini. Nekoliko država i regija u SAD-u ima detaljnije inventare klizišta u obliku karata ili baza podataka, koje su izradili geološki instituti tih država u suradnji s lokalnom upravom i drugim organizacijama. Ekstenzivni programi kartiranja i inventarizacije klizišta u nekim područjima provedeni su u suradnji sa saveznim agencijama, npr. u područjima Cincinnatija, San Francisca i Colorada. Nacionalni inventar klizišta bio bi važan korak u sveobuhvatnom određivanju hazarda, a omogućio bi i sigurniju procjenu ekonomskih gubitaka i šteta uzrokovanih klizištima. Individualne komponente nacionalnog inventara trebale bi okupiti relevantne državne i lokalne službe u suradnji sa saveznim agencijama. Program ublažavanja hazarda od klizanja na području SAD-a (*National Landslide Hazards Mitigation Program*) može pritom imati važnu ulogu u procjeni metoda te postavljanju standardâ i kriterijâ za izradu jedinstvenoga nacionalnog inventara (Committee on the Review of the National Landslide Hazards Mitigation Strategy, National Research Council, 2004).

Baze klizišta u Europi

Proces izrade katastra klizišta u nekim je europskim državama počeo još sedamdesetih godina prošlog stoljeća (npr. Makedonija i Mađarska – inventarne karte u mjerilu 1 : 000.000) i osamdesetih (npr. Španjolska – karte u mjerilu 1 : 200.000). Devedesetih godina uglavnom se izrađuju karte sitnih mjerila (npr. Slovenija, Francuska, Švicarska, Švedska, Island, Italija i Bugarska). Van Den Eeckhaut i Hervás (2012a) analizirali su 24 nacionalne i 22 regionalne baze podataka o klizištima u državama članicama i kandidatkinjama za članstvo u EU-u te članicama EFTA-e¹. Nacionalne baze Austrije, Češke, Francuske, Norveške, Poljske, Slovačke i Velike Britanije obuhvaćaju ukupno između 10.000 i 25.000 klizišta. Italija ima dvije nacionalne baze klizišta, AVI (Aree Vulnerate Italiane da frane ed inondazioni) od 1990. s 21.159 klizišta i IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) od 1999. s 485.004 evidentirana klizišta. S druge strane, pojedine su baze fokusirane isključivo na manji broj važnijih klizišta te uključuju i vrlo detaljne informacije.

Više od polovine analiziranih baza (58%) uključuje i druge prirodne hazarde. Većina podataka prikupljena je analizom postojećih dokumenata (znanstvenih i stručnih radova te tehničkih izvješća), terenskim istraživanjima te interpretacijom zračnih snimaka. Van Den Eeckhaut i Hervás (2012a) također su klasificirali baze s obzirom na mogućnost procjene podložnosti padina klizanju te s obzirom na mogućnost procjene hazarda i rizika. Zaključili su da do sada samo šest država raspolaže dovoljnom količinom podataka za procjenu rizika (Bosna i Hercegovina, Francuska, Irska, Italija /AVI baza/, Mađarska i Švedska), jedna (Češka) za procjenu hazarda, dok četrnaest država može provesti jedino analizu podložnosti padina klizanju. Moguća integracija baza podataka o klizištima na europskoj razini trenutačno je otežana zbog vođenja baza na službenim jezicima pojedinih država, razlika u klasifikaciji tipova i aktivnosti klizišta, nedostatka digitalne povezanosti

prostornih i alfa-numeričkih podataka (digitalno su povezani samo u 58% država s nacionalnim bazama) te ograničenog pristupa podacima. Predložen je i popis atributa koje bi trebalo uključiti u nacionalne baze podataka o klizištima kako bi se pridonijelo njihovoj harmonizaciji. To su jedinstveni europski identifikacijski kod, lokacija klizišta (geografske koordinate), tip klizišta i status aktivnosti (Cruden i Varnes, 1996), vrijeme pojave i posljednje reaktivacije, površina i volumen klizišta, pokretači klizanja i posljedice (žrtve i šteta). Radi kontrole kvalitete trebali bi biti dostupni i osnovni metapodaci – o metodi prikupljanja podataka, izvorima, imenu istraživača i datumu unosa pojedinoga klizišta u bazu (Van Den Eeckhaut i Hervás, 2012).

Italija

Najveći broj evidentiranih klizišta i najveća površina zahvaćena procesom klizanja u Europi nalazi se u Italiji. Stoga ne čudi što je jedan od najboljih primjera baza podataka o klizištima na nacionalnoj razini talijanska baza IFFI. S obzirom na veliku rasprostranjenost klizišta te njihov međuutjecaj s antropogenim aktivnostima u Italiji je prisutna duga tradicija inventariziranja klizišta te procjene hazarda i rizika. Projekt IFFI provodio je od 1999. do 2004. (uz kasnije ažuriranje) Institut za zaštitu i istraživanje okoliša (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – ISPRA), tj. Talijanski geološki institut (Servizio Geologico d'Italia), koji djeluje u okviru prvospomenutog, u suradnji s regijama i autonomnim provincijama. Pri izradi su upotrijebljene zračne snimke, povijesni dokumenti, arhivski podaci i terenska istraživanja, a radi homogenizacije podataka definiran je inventarni list. Klasifikacija i nomenklatura klizišta temeljile su se (uz određene modifikacije) na Varnesovoj klasifikaciji iz 1978., preporukama International Association of Engineering Geology (IAEG, 1990.), International Geotechnical Societies UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (WP/WLI, 1990., 1991., 1993., 1994.), Multilingual Landslide Glossary (WP/WLI, 1993.), International Union of Geological Science Working Group on Landslides (IUGS/WGL, 1995.) te klasifikaciji koju su predložili Cruden i Varnes 1996. (IFFI, http://www.mais.sinanet.apat.it/cartanetiffi/default_nosso.asp; *Landslides in Italy, Special Report 2008*, ISPRA). Inventarni list organiziran je u tri informacijske razine (tab. 2). Prva sadržava osnovne podatke o lokaciji klizišta, vrsti pokreta i statusu aktivnosti, druga daje geometrijske, geomorfološke, geološke i litološke značajke, podatke o upotrebi zemljišta, uzrocima i vremenu aktivnosti, dok treća pruža informacije o prouzročenoj šteti, istraživanjima i mjerama za ublažavanje rizika. GIS-baza podataka sadržava vektorske slojeve klizišta i alfa-numerički skup atributa. Inventar je prva homogena i ažurirana baza podataka u kojoj su trenutačno 485.004 klizišta što su se pojavila na području Italije. Razvojem mrežnih GIS-aplikacija širokom krugu korisnika omogućuje se pregledavanje klizišta iz inventara zajedno s drugim vektorskim (npr. urbana i prometna mreža, administrativne granice) i rasterskim slojevima (digitalni model reljefa, digitalne ortofotokarte, satelitske snimke i topografske karte). Također se mogu pregledavati informacije o najvažnijim parametrima klizišta, dokumenti, fotografije i videosnimke. Inventar tako služi kao iznimno koristan alat za planiranje upotrebe zemljišta, procjenu rizika i zaštitu (IFFI, http://www.mais.sinanet.apat.it/cartanetiffi/default_nosso.asp; *Landslides in Italy, Special Report 2008*, ISPRA).

Slovenija

U vrijeme nastanka talijanske nacionalne baze IFFI, u prvoj polovini prošlog desetljeća, izrađena je i nacionalna baza klizišta Slovenije. Ona obuhvaća nekoliko tisuća zabilježenih pokreta na padinama u gotovo svim dijelovima zemlje. Osnovni ciljevi projekta bili su uspostava ažurirane središnje baze podataka o klizištima (uporabljive i za bilježenje drugih prirodnih fenomena) i izgradnja informacijskog sustava koji bi različitim korisnicima omogućio unos podataka. Zamisljeno je da ta baza podataka bude osnova za prostornu analizu distribucije klizišta te da podaci o klizištima budu dostupni nizu korisnika i službi. Baza treba služiti i za izradu karata hazarda i rizika u različitim mjerilima (Fajfar i dr., 2005). Postojeći podaci o klizištima prikupljeni su iz različitih izvora: Uprave Republike Slovenije za zaštitu i spašavanje pri Ministarstvu obrane, Direkcije Republike Slovenije za ceste pri Ministarstvu prometa, Ministarstva za okoliš i prostor, Geološkog zavoda Slovenije, Instituta za rudarstvo, geotehnologiju i okoliš, Instituta građevinarstva ZRMK i općina. Ti su podaci analizirani i povezani u središnju bazu podataka. Pritom su se pojavili problemi različitih atributa u pojedinačnim bazama, kao i nedostatka ili multipliciranja podataka. Informacijski sustav klizišta sastoji se od atributnih i prostornih podataka, a korisnici su interni i eksterni, s različitim pravima pristupa (Fajfar i dr., 2005). Sredinom 2005., kada je projekt dovršen, nacionalna baza obuhvaćala je 6602 zabilježene pojave padinskih procesa, od kojih je bilo 3257 prostorno lociranih (Komac i dr., 2008). Baza podataka sastavljena je od više skupova podataka (tab. 2): osnovnih podataka (oznaka, ime, lokacija, datum aktivnosti), registra prostornih podataka (općina, naselje), koordinata (Gauss-Krüger), stanja klizišta (status aktivnosti, brzina kretanja, dimenzije klizišta, geološka obilježja), sanacije klizišta, troškova sanacije, prioriteta, dokumentacije, aktivnosti na klizištu, posljedice pojave klizišta (oštećeni i ugroženi objekti, ceste, zgrade, javna infrastruktura i zemljište) (Komac i dr., 2008; Zorn i Komac, 2011b). Unatoč određenim nedostacima i činjenici da dio, posebno manjih, klizišta nije obuhvaćen bazom (Zorn i Komac, 2008), ona predstavlja važnu osnovu za planiranje prostora i daljnje postupanje u njemu.

Tab. 2. Detaljni prikaz kategorije talijanske baze klizišta, generalizirani prikazi slovenske baze klizišta, hrvatskoga katastra klizišta i nestabilnih padina te preporučene kategorije za izradu baza klizišta prema Van Den Eeckhaut i Hervás (2012a).

Tab. 2 Detailed presentation of the Italian landslide database categories and generalised presentation of the Slovenian landslide database, Croatian landslide and unstable slopes cadastre and recommended categories according to Van Den Eeckhaut i Hervás (2012a).

Talijanska baza <i>(Landslides in Italy, Special Report 2008, ISPR; Inventario Fenomeni Franosì in Italia, Allegato 1: Guida alla compilazione della scheda frane IFFI)</i>	Slovenska baza (Komac i dr., 2008)	Hrvatski katastar klizišta (HGI)	Preporučene kategorije (Van Den Eeckhaut i Hervás, 2012a)
Opće informacije – alfa-numerički kod – ID klizišta – datum izvješća, ime upisivača i institucija – lokacija klizišta (regija, provincija, općina) – topografska karta, mjerilo, broj – lokalitet (toponim)	Osnovni podaci – oznaka – ime – lokacija – datum aktivnosti	A) Položaj – podaci o položaju pojave prema administrativnoj podjeli, koordinatama	Temeljni atributi – jedinstveni identifikacijski kod – lokacija (geografske koordinate) – ime lokaliteta, općina, pokrajina, regija, država

<p>Talijanska baza <i>(Landslides in Italy, Special Report 2008, ISPR; Inventario Fenomeni Franosi in Italia, Allegato 1: Guida alla compilazione della scheda frae IFFI)</i></p>	<p>Slovenska baza (Komac i dr., 2008)</p>	<p>Hrvatski katastar klizišta (HGI)</p>	<p>Preporučene kategorije (Van Den Eeckhaut i Hervás, 2012a)</p>
<p>Morfometrija klizišta – nadmorska visina čela i dna klizišta (m) – duljina (m) – relativna visina (m) – nagib padine (°) – azimut (°) – ukupna površina (m²) – širina (m) – volumen pokrenutog materijala (m³) – dubina klizne plohe (m) Položaj klizišta na padini Geološka obilježja – jedinice prema službenoj geološkoj karti, opis – strukturna, litološka i geotehnička obilježja – trošenje Litologija Pokrov zemljišta Ekspozicija padine Hidrogeologija – površinska voda (+ broj izvora) – podzemna voda (+ dubina u m) Klasifikacija klizišta – tip pokreta – brzina pokreta – vrsta pokrenutog materijala – sadržaj vode Aktivnost klizišta – status – distribucija – stil Metoda upotrijebljena za klasificiranje tipa pokreta i statusa aktivnosti Datum posljednjeg opažanja radi vrednovanja statusa aktivnosti Razdoblja aktivnosti Datiranje glavnog događaja – datum (siguran/nesiguran) – radiometrijska starost – izvor podataka Uzroci nastanka klizišta – geološki, geomorfološki, fizički, antropogeni Prethodni znakovi promjena na padini Šteta – oblik štete – stupanj štete Istraživanja – tehnička izvješća – istraživanje i monitoring – troškovi istraživanja Mjere sanacije Dokumentacija Nacionalno zakonodavstvo Reference</p>	<p>Registar prostornih podataka – općina, naselje – koordinate (Gauss-Krüger) Stanje klizišta – status – brzina – dimenzije – geološka obilježja Sanacija klizišta i troškovi Prioriteti Dokumentacija Aktivnost klizišta Posljedice pojave klizišta – oštećeni i ugroženi objekti – ceste – zgrade – javna infrastruktura – zemljište</p>	<p>B) Osnovni elementi pojave – vrsta pojave – geometrijska obilježja – tip pokreta – tip pokrenutog materijala – geomorfologija padine – inženjerskegeološki i hidrogeološki elementi C) Uzroci pojave – uzroci nastanka klizišta (prirodni i antropogeni) – kinematika klizanja – stadij i starost pojave D) Štete i sanacija – opis štete i sanacija – potencijalne štete</p>	<p>– tip klizišta – datum aktivnosti ili posljednje reaktivacije – status aktivnosti – volumen ili površina klizišta Dodatne informacije – geometrija klizišta (precizne dimenzije klizišta, dubina klizne plohe i dr.) – geološka obilježja (litološka i strukturna obilježja te vrsta materijala) – hidrogeološka obilježja – zemljišni pokrov – upotreba zemljišta – morfometrijska obilježja padina – pokretači klizanja – mogući utjecaj klizanja na čovjeka (žrtve i šteta) – mjere sanacije – datum i metode istraživanja – ime istraživača – bibliografske reference Prateći podaci – ilustracije – terenske fotografije ili aerofotografije – podaci dobiveni monitoringom</p>

EVIDENTIRANJE KLIZIŠTA U HRVATSKOJ

Klizišta nastaju u svim dijelovima Hrvatske. Smatra se da se najveći broj klizišta aktivira antropogenim aktivnostima, tj. neodgovarajućim građevinskim zahvatima i obradom zemljišta (Bognar, 1996), i to, naravno, tamo gdje litološki sastav, geološka građa, hidrogeološka i geomorfološka obilježja tome pogoduju.

Klizišta se javljaju u različitim vrstama stijena različite geološke starosti, ali najčešće se vežu uz područja gdje u litološkom sastavu prevladavaju gline, fliš i naslage lesa, pa se vrlo često vežu uz predgorske stepenice (glacise), strme lesne odsjeke uz Dunav i Dravu, manje doline, često tamo gdje padine konvergiraju, te uz doline i obale oblikovane u flišu.

Brz društveno-gospodarski razvoj nužno nameće vrednovanje reljefa s aspekta funkcionalne upotrebe prostora. Još sedamdesetih godina 20. stoljeća počinju primijenjena geomorfološka istraživanja u Republici Hrvatskoj (Bognar, 1992, 1996), uglavnom u okviru izrade različitih elaborata koji nisu javno dostupni. Stoga klizišta u RH do danas nisu sustavno istražena. Istražuju se uglavnom pojedinačno nakon aktivacije samoga klizišta. Ako je prilikom aktivacije nastala i šteta, napori su koncentrirani na sanaciju i stabilizaciju, a prevenciji se dosad posvećivala znatno manja pozornost.

Sustavna istraživanja klizišta u Hrvatskoj vežu se prije svega uz okolicu Zagreba. Prva analiza stabilnosti padina grada Zagreba načinjena je 1979. usporedo s litološkom klasifikacijom. Kategorizacija je 1988. revidirana u okviru seizmičkog mikrozoniranja Zagreba, međutim bez jasno definiranih kriterija (Mihalić, 1998). Usprkos tome karte proizašle iz tih istraživanja i danas se rabe u urbanom planiranju.

Nacionalna baza podataka za klizišta na razini Republike Hrvatske još ne postoji. Njezinom izradom, tj. izradom katastra klizišta bavi se Hrvatski geološki institut (HGI). Za tu je svrhu načinjen jedinstveni obrazac radi međusobne usporedivosti i mogućnosti izrade jedinstvene inventarne karte i baze klizišta te izrade karata hazarda klizanja. Katastar klizišta i nestabilnih padina HGI-ja sastoji se od četiri osnovne cjeline (tab. 2). To su: **A) Položaj** (podaci o položaju pojave prema administrativnoj podjeli, koordinatama i sl.), **B) Osnovni elementi pojave**, tj. opis pojave (vrsta pojave, njezina geometrijska obilježja, tip pokreta, tip pokrenutog materijala, geomorfologija padine, inženjerskogeološki i hidrogeološki elementi), **C) Uzroci pojave** (uzroci nastanka klizišta, prirodni i antropogeni, kinematika klizanja, stadij i starost pojave) i **D) Štete i sanacija** (opisuju se nastale štete i njihova sanacija te procjenjuju potencijalne štete) (Miklin, 2010a).

U Hrvatskoj zasad postoji samo registar za urbanizirana područja oko grada Zagreba (HGI). Načinjena je npr. preliminarna kvalitativna karta hazarda Podsljemenske urbane zone (Miklin i dr., 2010b). Hazard je evaluiran i na širem području, tj. za područje Parka prirode Medvednica, oko 225 km² (Miklin i dr., 2009). U okviru navedenog istraživanja objavljena je preliminarna kvalitativna karta hazarda klizanja i fluvijalne erozije.

Na temelju GIS-analize načinjena je karta podložnosti padina klizanju područja Grada Lepoglave, površine 66,42 km² (Loparić i Pahernik, 2011). U GIS-analizu uvršteni su čimbenici koji uzrokuju klizanje svrstani u četiri grupe: 1) geomorfološki – nagib padine, ekspozicija, udaljenost od površinskih tokova, 2) bioklimatološki – pedološki, klimatski, vegetacijski (u literaturi često nazivani fizički čimbenici), 3) antropogeni – način upotrebe zemljišta i udaljenost od prometnica te 4) geološki – litologija.

Uz inventarne karte klizišta ključni elementi za procjenu podložnosti padina klizanju jesu geološka obilježja (litološka, obilježja strukturnog sklopa), morfometrijska obilježja padina (nagibi, ekspozicija, nadmorska visina) i topografski indeks vlažnosti (engl. *topographic wetness index*). Pojedini autori u analizama čimbenika vezanih uz nestabilnost padina upotrebljavaju i indeks snage toka (engl. *stream power index* – SPI) (npr. Gokceoglu i dr., 2005; Conoscenti i dr., 2008; Yilmaz, 2009), koji se primarno rabi u analizi podložnosti padina eroziji, primjerice u analizi jaruženja (npr. Faivre i dr., 2011).

Veliki je problem klizišta u Hrvatskoj i taj što podaci koji bi trebali biti javni, ili barem dijelom javni, često nisu dostupni. Štoviše, nalaze se u različitim institucijama i privatnim tvrtkama i nema poticaja da se barem organiziraju prema definiranim parametrima Katastra klizišta i nestabilnih padina HGI-ja koji je načinjen na temelju preporučenih globalnih parametara. Čak i grubi podaci bili bi vrijedna informacija kada bi bili objedinjeni na jednome mjestu. Primjerice obveza informiranja i pohrane podataka jedne središnje institucije i obveza deponiranja elaborata ili barem dijela podataka bila bi jednostavno rješenje za napredak. No situacija je upravo suprotna jer je do podatka gotovo nemoguće doći čak i u znanstvene svrhe.

PRIMJER DOSTUPNOSTI PODATAKA O KLIZIŠTIMA NA RIJEČKOM PODRUČJU

S ciljem uvida u stanje dostupnosti i mogućnosti upotrebe podataka o klizištima kao primjer je uzeto riječko područje. Ono osim Grada Rijeke obuhvaća i općine riječkog prstena, a u širem smislu uzet je prostor čitave Primorsko-goranske županije koji gravitira Rijeci. Naime prostor oko Rijeke iznimno je podložan nastanku klizišta, što dokazuju i brojni objavljeni radovi (npr. Nonveiller, 1954–1955; Benac i dr., 1999, 2000, 2005, 2011; Wang i dr., 2011).

Na riječkom području više je čimbenika koji pogoduju nastanku klizišta. Geološka građa, strukturni sklop i morfogeneza područja rezultiraju povoljnom predispozicijom za razvoj klizišta. Karbonatne stijene, velika litološka heterogenost flišnoga kompleksa i nevezani padinski sedimenti iznimno pogoduju aktiviranju procesa klizanja. Usto se riječko područje nalazi i u seizmotektonski aktivnom području. Najveća seizmotektonska aktivnost veže se uz područje između Klane, Rijeke i Vinodola. Seizmičnost je obilježena pojavom većeg broja relativno slabijih potresa čiji se hipocentri nalaze na dubini od svega dva do trideset kilometara. To su lokalni potresi koji obično ne zahvaćaju šire područje. Epicentri se javljaju na području Klane, Rijeke, istočno od Omišlja te između Bribira i Grižana u Vinodolskoj dolini, dok se manja epicentralna zona nalazi u dolini Kupe (Prelogović i dr., 1981; Kuk i dr., 2000; Benac i Knežević, 2011).

Valja dodati i važan klimatski, egzogeni čimbenik, a to su česte pojave kratkotrajnih jakih padalina, po čemu je taj prostor jedan od najekstremnijih u Hrvatskoj. Dnevna količina padalina od stotinjak, pa i više milimetara ima karakter relativno učestalih pojava (Gajić-Čapka i Čapka, 1997; Rubinić i dr., 2004), što utječe i na aktiviranje klizišta. Velika količina padalina u kratkom vremenskom intervalu nakon duljega sušnog razdoblja često je pokretač klizanja na riječkom području (tab. 3).

Tab. 3. Pojednostavljeni prikaz podataka dostupnih na riječkom području, okvirno prema kategorijama Katastra klizišta i nestabilnih padina (HGI)
 Tab. 3. Simplified presentation of data available on the Rijeka area roughly by category of Croatian landslides and unstable slopes cadastre (Croatian Geological Survey)

Lokacija klizišta	Tip klizišta	Geometrija klizišta	Geomorfologija padine: nagib	Litološka obilježja	Vrijeme aktivnosti	Uzroci pojave Prirodni/antropogeni	Šteta	Sanacija	Referenca
Klizište Grohovo kod brane Valiči i naselja Pašac	višestruko retrogresivno klizište i konsekventno translacijsko klizište - Klizište s 13 različitih kliznih tijela	L = 425 m, Ld = 420 m, Lr = 405 m, Wd = 200 m, Wr = 200 m, (Benac i dr., 1999) D.d. = 6 – 20 m, Dr = 6 – 9 (20) m, (Benac i dr., 2011) ΔH = 165 m ¹	prosječni nagib = 17°, raspon 15° – 24°	pretežito glinoviti do kalcirani silititi i šejlovi, a u podređenom udjelu lapori, konglomerati i vapnenci	od 1885.	- velika količina padalina - gradnja prometnice i iskop u donjem dijelu klizišta - erozija vodotoka - infiltracija padalina - vode u klizno tijelo	oštećenja županijske ceste 5017 (Devčić, 2011), pregrađivanje korita Rječine (Mihalić i dr., 2010)	dijelom sanirano	Benac, i dr., 1999; Benac i dr., 2011; Devčić, 2011; Mihalić i dr., 2010
županijska cesta 5062 Bribir – Lič (Ugrini)	višestruko retrogresivno i translacijsko klizno tijelo	L = 22 m, Ld = 18 m, Lr = 24 m, Wd = 20 m, Wr = 18 m, D.d. = 4 m, Dr = 5 m, ΔH = 10 m	prosječni nagib = 18°, raspon 12° – 22°	pokrivac: nevezani sipar (odlomci blokova sastavljeni od paleogenskih i gornjokrednih vapnenača, djelomično glinovitog veziva), podloga: fliš	veljača, 2002.	- velika količina padalina - otvoreni iskop građevne jame u zoni ceste	oštećenje prometnice	sanirano	Čorović, 2004
lokalna cesta Brod na Kupi – Donja Dobra (Zahrt)	retrogresivno klizište, konveksno translacijsko klizište	L = 85 m, Ld = 85 m, Lr = 72 m, Wd = 80 m, Wr = 80 m, D.d. = 7,5 m, Dr = 7,5 m, ΔH = 12 m	prosječni nagib = 20°, maksimalni 27°	kontakt dolomitnih stijena mezozojske starosti i klastičnih sedimentata paleozojske starosti	lipanj 2000.	- nepovoljna morfologija koja utječe na nepovoljni režim tečenja padalinskih voda - uklanjanje materijala na dnu padine	oštećenje prometnice	sanirano	Abramović, 2004
Bakar uz Pomorsku školu	višestruko retrogresivno i translacijsko	L = 85 m, Ld = 78 m, Lr = 90 m, Wd = 45 m, Wr = 50 m, D.d. = 6 m, Dr = 7 m, ΔH = 15 m	prosječni nagib = 8°, raspon 5 – 10°	pokrivac: mješavina kamenih odlomaka podrijetlom iz karbonatne stijene, osnovna stijena: fliš	jesen 1999.	- izvedba građevne jame za dvoranu Pomorske škole u Bakru - nepovoljne hidrološke prilike – podizanja razine podzemne vode	urušavanje građevne jame	djelomično sanirano	Vivoda, 2007

Formiranje i upotreba digitalnih baza podataka o klizištima u svijetu i Hrvatskoj
 Primjer dostupnosti podataka na riječkom području

Lokacija klizišta	Tip klizišta	Geometrija klizišta	Geomorfologija padine: nagib	Litološka obilježja	Vrijeme aktivnosti	Uzroci pojave Prirodni/antropogeni	Šteta	Sanacija	Referenca
Čokovo – raskrižje ŽC 5064 i ŽC 5062, odnosno raskrižje cesta Bribir – Grižane i Bribir – Selce	višestruko retrogresivno i translacijsko	L = 35 m, Ld = 20 m, Lr = 35 m, Wd = 40 m, Wr = 50 m, D.d. = 4 m, Dr = 4 m, ΔH = 8 m	20°	pokrivac: nabačaj (odlomci i kršje, rjeđe blokovi porijetlom iz vapnenca), podloga: flišna stijenska masa	ljetu 2005.	- radovi na izvedbi prometnice - neriješen problem odvodnje padalin-ske vode	oštećenja prometnice	sanirano	Pribanić, 2006
Zalesina	–	Ld = oko 500 m, Wd = 300 m, Dr = 70 m	–	naslage glavnog dolomita ispod kojih dolaze naslage gornjih rabeljskih skrlijavaca i pješčenjaka s ume-cima dolomita	1936., ljeto 1951	- obilne kiše nakon sušne 1950., razina podzemne vode - blizina rasjeda	utjecaj na željezničku prugu	sanirano	Nonveiller, 1954–1955
Smrečje – državna cesta D-32, dionica Delnice – Čabar, kraj mjestu Smrečje	–	L = 20 m, Ld = 20 m, Lr = 24 m, Wd = 60 m, Wr = 60 m, D.d. = 6 m, Dr = 6 m, ΔH = 6 m	prosječni nagib = 15°, raspon 10° – 18°	pokrivac: sačinjen od glinovitog praha, sadržava dosta odlomaka šejla, silita i trošnog pješčenjaka, podloga: litološki varijeteti od šejla do silita	Proljeće 2008., klizište aktivno više od 10 godina	- obilne padaline	oštećenja prometnice	sanirano	Morić, 2009
Slani potok i Mala Dubračina	–	duljina: 600 m, širina: 250 m, površina: oko 3 km ² (Slani potok)	–	flišni kompleks, sačinjen je od silita i silitnih lapora s rijetkim proslojcima pješčenjaka	–	–	ugrožena su naselja Belgrad, Baretći, Grižane i Kamenjak te okolne ceste	u sanaciji	Benac, i dr., 2005

Lokacija klizišta	Tip klizišta	Geometrija klizišta	Geomorfologija padine: nagib	Litološka obilježja	Vrijeme aktivnosti	Uzroci pojave Prirodni/antropogeni	Šteta	Sanacija	Referenca
klizište Draga na državnoj cesti D8	rotacijsko	–	–	podloga: naslage fiša, pokrivač: breče ili naslagame vapnenca i breče	2006.	- gradnja prometnice - razina podzemne vode	ugrožena dionica državne ceste D8 (Orehovica – Draga – Sv. Kuzam) i dio kanalizacijskog sustava	sanirano	Vuković, 2008
klizište na čvoru Orehovica na državnoj cesti D8	višestruko retrogresivno klizište	–	–	podloga: naslage fiša; pokrivač: fragmentirani karbonatni stijena	2004.	- gradnja prometnice - vremenske prilike	ugrožena dionica državne ceste D8 (Orehovica – Draga – Sv. Kuzam)	sanirano	Pale, 2009
kompleksno klizište (sastavljeno od nekoliko zasebnih klizišta) u dolini Čabranke	retrogresivna klizišta	L = 86 m, Wd = 80 m, Dr = 6 – 9 m	raspon 21° – 29°	permske sedimentne klasične stijene i sedimentne trijaskne klasične i karbonatne stijene	studeni 2000.	–	utjecaj na prometnicu	dijelom sanirano	Arbanas i dr., 2006

1 Ukupna duljina klizišta od čela do dna = L, duljina pokrenute mase = Lr, najveća duljina klizne plohe = Ld, najveća dubina klizne plohe = Dr, visinska razlika od čela do dna klizišta = ΔH (IAEG, 1990).
plohe = Wr, debljina pokrenutog materijala = D.d., najveća dubina klizne plohe = Dr, visinska razlika od čela do dna klizišta = ΔH (IAEG, 1990).

Podaci o klizištima, kao što je rečeno, postoje u različitim institucijama. Oni se jako razlikuju, od detaljnih elaborata do grubih procjena (grubog zoniranja) područja klizanja, tj. nestabilnih zona. Tako npr. u javnoj ustanovi Zavoda za prostorno uređenje Primorsko-goranske županije postoje opći podaci o klizištima. Na karti mjerila 1 : 100.000 na kojoj su definirane tzv. vrste područja (zone) kombiniraju se litološka obilježja s obilježjima erozije, klizanja, urušavanja, antropogene djelatnosti, nestabilnosti padina i dr. Kriteriji izrade karte nejasni su jer definirana područja nemaju jasnu strukturu, a time ni jasnu svrhu. Podatke na razini županije ima i Županijska uprava za ceste, koja posjeduje projektnu dokumentaciju o nekim klizištima, ali zbog problema s njihovim arhiviranjem podaci su teško dostupni (u praksi nedostupni). Sistematizirane i grafički obrađene podatke o klizištima na prostoru Grada Rijeke ima Odjel gradske uprave za razvoj, urbanizam, ekologiju i gospodarenje zemljištem, čiji su podaci dostupni te se mogu jednostavno i svrhovito primjenjivati. Dio podataka o klizištima ovog prostora u arhivu ima i Komunalno društvo Vodovod i kanalizacija d.o.o. Rijeka. To su interni podaci koji su dio elaborata izrade ili održavanja dijelova vodovodne i kanalizacijske mreže pod upravom Društva. Najveći broj podataka o klizištima i njihovoj sanaciji dostupan je na Građevinskom fakultetu u Rijeci. Naime na istraživanju klizišta Građevinski fakultet u Rijeci surađuje s upravnim tijelima i privatnim tvrtkama te sistematično pristupaju istraživanju klizišta dijelom kroz ocjene radove (Vivoda, 2007; Vuković, 2008; Morić, 2009; Pale, 2009), a dijelom kroz međunarodne projekte. Primjerice u travnju 2009. počeo je projekt *Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje rizika klizanja i bujica u Hrvatskoj*. Njime su na riječkom prostoru obuhvaćena klizišta Grohovo (Mihalić i dr., 2010) i klizišta u dolini Dubračine (Vinodolska dolina). Osim navedenih institucija podatke o klizištima imaju i pojedine građevinske tvrtke poput Instituta građevinarstva Hrvatske ili one koje su radile na njihovoj sanaciji.

Uz navedena klizišta postoje još i brojna druga zabilježena u različitim internetskim izvorima: klizišta u Ravnoj Gori – <http://www.webgradnja.hr>, Suha Ričina Bašćanska – <http://www.sn.pgz.hr>, klizište Stara Sušica – <http://www.octopus.hr>, klizište u Škurinjama – <http://novine.novilist.hr>, klizište na D40 prometnici Bakar – Čavle i klizište uz plato koksare u Bakru – <http://www.geotech.hr>, klizišta u Čabru – <http://www.sn.pgz.hr>, klizište Oštrovica – <http://www.novilist.hr>, klizište Mandli – <http://www.novilist.hr> te klizišta u Bribiru, Triblju i Driveniku – <http://www.vinodol.hr>.

Od jedanaest klizišta (navedenih u tab. 3) pet je višestrukih klizišta gdje se isti tip kretanja ponavlja (za tri nema podataka). Prema distribuciji aktivnosti klizanja, većina je klizišta (njih sedam) retrogresivna, kod kojih se ploha klizanja razvija na padini iznad klizišta. Prema obliku klizne plohe, najveći je broj klizišta translacijski (pet), a samo je jedno rotacijsko klizište (klizište Draga na D8). Za ostala klizišta (njih pet) nema podatka. Klizišta se javljaju prosječno na padinama nagiba od 15° do 25°. Litološki su to flišna područja. Aktiviranje klizišta uzrokovano je velikom količinom padalina u kombinaciji s građevinskim radovima koji dodatno destabiliziraju padinu. Štete se uglavnom odnose na prometnice, a klizišta su najčešće sanirana te ponekad dijelom sanirana.

Iz navedenoga je vidljivo da su pojave klizanja značajno zastupljene na tom području. Stoga postoji potreba za sustavnim pristupom te stvaranjem inventara klizišta i digitalne baze podataka. Konkretna primjena digitalne baze klizišta bila bi u različitim domenama

navedenih institucija, čije bi upravljanje bilo jednostavnije, kvalitetnije i brže. Takva baza služila bi za izradu i provedbu prostornih planova uređenja na različitim razinama uprave (nacionalnoj, županijskoj i gradskoj/općinskoj).

ZAKLJUČAK

Zbog velikog utjecaja na prostor, ljude i imovinu klizišta postaju sve češćom tematikom i područjem istraživanja stručnjaka iz različitih domena. Takav multidisciplinarni pristup, vidljiv na primjerima iz svijeta i Hrvatske, omogućuje razvoj kompleksnih znanja o klizištima.

Baze podataka o klizištima omogućuju brz uvid u podatke o lokaciji klizišta, razdobljima i obilježjima aktivnosti, tipovima i dimenzijama klizišta, pasivnim i aktivnim uzrocima i pokretačima klizišta te prouzročnim štetama, u svrhu istraživanja, planiranja i odlučivanja. Dakle izrada inventarnih karata klizišta i karata podložnosti padina klizanju te procjena hazarda i rizika kojem su izloženi stanovništvo, infrastruktura i imovina iznimno su važne za planiranje upotrebe (namjene) zemljišta te sve oblike zaštite.

U posljednjih četrdesetak godina postignuti su značajni rezultati na svjetskoj razini u metodologiji procjene podložnosti padina klizanju, hazarda i rizika klizanja, osobito uz pomoć GIS-a, iako još uvijek samo mali broj europskih država ima takve karte na nacionalnoj razini, što, naravno, ne umanjuje važnost lokalne i regionalne razine, kao što je prikazano u radu Zorn i dr. (2012). Iz ovog je rada jasno vidljivo da uloženi naponi kroz različite projekte na svjetskoj razini rezultiraju globalno sve ujednačenijim parametrima u inventarima i digitalnim bazama klizišta. Baze načinjene u posljednjih desetak godina sve su ujednačenije i, općenito gledano, sve detaljnije (inventarne karte izrađene u mjerilima 1 : 25.000 i krupnijima).

Jasno je da bi stvaranje jedinstvene digitalne baze podataka o klizištima u Hrvatskoj bilo korisno različitim profilima korisnika, a osobito institucijama koje se na različitim razinama bave planiranjem. Takav sistematizirani pristup omogućio bi ne samo izradu karata podložnosti padina klizanju, karata hazarda i rizika već i učinkovitije planiranje upotrebe prostora.

ZAHVALA

Iznimno smo zahvalni na pomoći kod prikupljanja podataka na riječkom području mr. sc. Josipu Rubiniću, Vanji Morić te prof. Čedomiru Bencu. Uvid u dostupne podatke dobili smo u Odjelu gradske uprave za razvoj, urbanizam, ekologiju i gospodarenje zemljištem, IGH-u te Zavodu za prostorno uređenje Primorsko-goranske županije. Stoga ovom prilikom najljepše zahvaljujemo gđi. Oštarić, g. Baueru te gđi. Jardas.

Ovaj rad načinjen je u okviru znanstvenih projekata *Geomorfološka i geokološka istraživanja krša RH* br. 119-1191306-1305 i *Geografsko vrednovanje prostornih resursa ruralnih i krških područja Hrvatske* br. 119-1191306-1369.

POZIVNE BILJEŠKE

- ¹ Podaci su prikupljeni anketnim upitnikom. Riječ je o nacionalnim bazama za Albaniju, Andoru, Austriju, Bosnu i Hercegovinu, Bugarsku, Češku, Francusku, Grčku, Island, Irsku, Italiju (dvije baze), Mađarsku, Makedoniju, Norvešku, Poljsku, Portugal, Slovačku, Sloveniju, Španjolsku, Švedsku (dvije baze), Švicarsku te Veliku Britaniju. Jedna ili više obuhvaćenih regionalnih baza vodi se u Austriji, Belgiji, Estoniji, Hrvatskoj, Italiji, Njemačkoj, Portugalu, Rumunjskoj, Srbiji i Španjolskoj. U Hrvatskoj je to registar za urbanizirana područja oko Zagreba koji vodi Hrvatski geološki institut. Rezultati istraživanja pokazali su i da u Cipru, Crnoj Gori, Danskoj, Finskoj, Malti i Nizozemskoj trenutačno ne postoje baze podataka klizišta (Van Den Eeckhaut i Hervás, 2012a).

LITERATURA

- Abramović, M., 2004: *Sanacija klizišta „Zahrt“*, diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka.
- Arbanas, Ž., Benac, Č., Grošić, M., Močibob, T., 2006: Instability phenomena in the Čabranka Valley, Croatia, u: *Proc. 13th Danube-European Conference on Geotechnical Engineering 2006 Active Geotechnical Design in Infrastructure Development*, Vol. 2 (ur. Logar, J., Gaberc, A., Majes, B.), Ljubljana, 29. – 31. svibnja 2006., Slovenian Geotechnical Society, Ljubljana, 405-410., <http://www.gradri.uniri.hr/adminmax/files/staff/ArbanasDanubeCRV.pdf> (18. 08. 2012.).
- Bălteanu, D., Chendeş, V., Sima, M., Enciu, P., 2010: A country-wide spatial assessment of landslide susceptibility in Romania, *Geomorphology* 124, 102-112.
- Benac, Č., Arbanas, Ž., Jardas, B., Kasapović, S., Jurak, V., 1999: Složeno klizanje u dolini Rječine, *Rudarsko-geološko-naftni zbornik* 11, 81-90.
- Benac, Č., Arbanas, Ž., Jurak, V., Kasapović, S., Dujmić, D., Jardas, B., Pavletić, Lj., 2000: Klizište Grohovo – složeno klizanje u dolini Rječine, u: *2. hrvatski geološki kongres: zbornik radova* (ur. Vlahović, I., Biondić, R.), Cavtat-Dubrovnik, 17 – 20. svibnja 2000., Institut za geološka istraživanja, Hrvatsko geološko društvo, Zagreb, 517-523.
- Benac, Č., Arbanas, Ž., Jurak, V., Oštrić, M., Ožanić, N., 2005: Complex landslide in the Rječina Valley (Croatia): origin and sliding mechanism, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 64 (4), 361-371.
- Benac, Č., Jurak, V., Oštrić, M., Holjević, D., Petrović, G., 2005: Pojava prekomjerne erozije u području Slanog potoka (Vinodolska dolina), u: *Knjiga sažetaka 3. hrvatskog geološkog kongresa* (ur. Velić, I., Vlahović, I., Biondić, R.), Opatija, 29. rujna – 1. listopada 2005., Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 2005., 173-174.
- Benac, Č., Knežević, R., 2011: Utjecaj geološkoga hazarda na razvoj turizma na području Kvarnera (sjeveroistočni Jadran), *Hrvatski geografski glasnik* 73 (2), 35-47.
- Benac, Č., Dugonjić, S., Vivoda, M., Oštrić, M., Arbanas, Ž., 2011: A complex landslide in the Rječina Valley: results of monitoring 1998-2010, *Geologia Croatica* 64 (3), 239-249.
- Bognar, A., 1992: Inženjerskogeomorfološko kartiranje, *Acta Geographica Croatica* 27, 173-185.
- Bognar, A., 1996: Tipovi klizišta u Republici Hrvatskoj i Republici Bosni i Hercegovini – geomorfološki i geokološki aspekti, *Acta Geographica Croatica* 31, 27-39.
- Brabb, E. E., Pampeyan, E. H., Bonilla, M. G., 1972: *Landslide susceptibility in San Mateo County, California*, U.S. Geol. Surv., Misc. Field Studies, Map MF-360. Scale 1:62,500.
- Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., 1995: GIS technology in mapping landslide hazards, u: *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards* (ur. Carrara, A., Guzzetti, F.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 135-175.
- Casagli, N., Falorni, G., Tofani, V., 2009: Projects of International Programme on Landslides, u: *Landslides – Disaster Risk Reduction* (ur. Sassa, K., Canuti, P.), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 15-28.

- Committee on the Review of the National Landslide Hazards Mitigation Strategy, National Research Council, 2004: *Partnerships for Reducing Landslide Risk: Assessment of the National Landslide Hazards Mitigation Strategy*, The National Academies Press, Washington, D.C., <http://www.nap.edu/catalog/10946.html> (18. 09. 2011.).
- Conoscenti, C., Di Maggio, C., Rotigliano, E., 2008: GIS analysis to assess landslide susceptibility in fluvial basin of NW Sicily (Italy), *Geomorphology* 94, 325-339.
- Crozier, M. J., 1993: Management issues arising from landslides and related activity, *New Zealand Geographer* 49 (1), 35-37.
- Crozier, M., 1999: Landslides, u: *Applied Geography: Principles and Practice* (ur. Pacione, M.), Routledge, London i New York, 83-95.
- Cruden, D. M., Varnes, D. J., 1996: Landslide Types and Processes, u: *Landslides. Investigation and Mitigation* (ur. Turner, A. K., Schuster, R. L.), Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D. C., 36-75.
- Ćorović, A., 2004: *Sanacija klizišta Ugrini*, diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka.
- Dellow, G. D., Glassey, P. J., Lukovic, B., Wood, P. R., Morrison, B., 2003: Data sources of the New Zealand landslide database, *Geophysical Research Abstracts* 5, European Geophysical Society, <http://www.cosis.net/abstracts/EAE03/13867/EAE03-J-13867.pdf> (03. 02. 2013.).
- Devčić, I., 2011: *Sanacija klizišta na županijskoj cesti Drenova – Grohovo kraj Rijeke*, diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka.
- Devoli, G., Strauch, W., Chávez, G., Høeg, K., 2007: A landslide database for Nicaragua: a tool for landslide-hazard management, *Landslides* 4, 163-176.
- Dikau, R., Brunsden, D., Schrott, L., Ibsen, M.-L., 1996 (ur.): *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*, Wiley & Sons, Chichester.
- Faivre, S., Pahernik, M., Maradin, M., 2011: The gully of Potovošća on the Island of Krk – The effects of a short-term rainfall event, *Geologia Croatica* 64 (1), 67-80.
- Fajfar, D., Ravnik, D., Ribičić, M., Komac, M., 2005: Slovenian National Landslide DataBase as a Solid Foundation for the Landslide Hazard Analysis, *Geophysical Research Abstracts* 7, <http://meetings.copernicus.org/www.cosis.net/abstracts/EGU05/02998/EGU05-J-02998.pdf> (18. 09. 2011.).
- Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W. S., 2008: Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning, *Engineering Geology* 102, 99-111.
- Fookes, P. G., Lee, E. M., Griffiths, J. S., 2007: *Engineering Geomorphology Theory and Practice*, Whittles Publishing, Dunbeath.
- Gajić-Čapka, M., Čapka, B., 1997: Procjene maksimalnih dnevnih količina oborine, *Hrvatske vode* 5 (20), 231-247.
- Glade, T., Anderson, M., Crozier, M. J., 2005 (ur.): *Landslide Hazard and Risk*, Glossary, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 775-793.
- Glade, T., Crozier, M., 1996: Towards a National Landslide Information Base for New Zealand, *New Zealand Geographer* 52 (1), 29-40.
- Glade, T., Crozier, M. J., 2005: Landslide Hazard and Risk – Concluding Comment and Perspectives, u: *Landslide Hazard and Risk* (ur. Glade, T., Anderson, M., Crozier, M. J.), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 767-774.
- Gokceoglu, C., Sonmez, H., Nefeslioglu, H. A., Duman, T. Y., Can, T., 2005: The 17 March 2005 Kuzulu landslide (Sivas, Turkey) and landslide-susceptibility map of its near vicinity, *Engineering geology* 81, 65-83.
- Guideline for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning, 2007: *Australian Geomechanics* 42 (1), 13-35.
- Gutiérrez, F., Soldati, M., Audemard, F., Bălteanu, D., 2010: Recent advances in landslide investigation: Issues and perspectives, *Geomorphology* 124, 95-101.

Formiranje i upotreba digitalnih baza podataka o klizištima u svijetu i Hrvatskoj
Primjer dostupnosti podataka na riječkom području

- 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.
- Heim, A., 1882: Ueber Bergsturze, *Natur. Gessel. Zürich* 83, 31.
- Heim, A., 1932: *Bergsturz und Menschenleben*, Fretz & Wasmuth Verlag, Zürich.
- Hervás, J., u tisku: Landslide inventory, u: *Encyclopedia of Natural Hazards* (ur. Bobrowsky, P.), Springer, Heidelberg.
- Hervás, J., Bobrowsky, P., 2009: Mapping: Inventories, Susceptibility, Hazard and Risk, u: *Landslides – Disaster Risk Reduction* (ur. Sassa, K., Canuti, P.), Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 321-349.
- Huang, R., Li, W., 2011: Formation, distribution and risk control of landslides in China, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* 3 (2), 97-116.
- IAEG Commission on landslide 1990: Suggested nomenclature for landslides, *Bulletin IAEG* 41, 13-16.
- Kienholz, H., 1978: Map of geomorphology and natural hazards of Grindelwald, Switzerland, scale 1:10,000. *Arctic and Alpine Research* 10, 169-184.
- Kirschbaum, D. B., Adler, R., Hong, Y., Hill, S., Lerner-Lam, A., 2010: A global landslide catalog for hazard applications: method, results, and limitations, *Natural Hazards* 52 (3), 561-575., <http://www.springerlink.com/content/572u405t63061651/> (20. 09. 2011.).
- Komac, M., Fajfar, D., Ravnik, D., Ribičič, M., 2008: Nacionalna podatkovna baza zemeljskih plazov, u: *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2007-2008* (ur. Perko, D., Zorn, M., Razpotnik, N., Čeh, M., Hladnik, D., Krevs, M., Podobnikar, T., Repe, B., Šumrada, R.), Založba ZRC, Ljubljana, 41-52.
- Kuk, V., Prelogović, E., Dragičević, I., 2000: Seismotectonically active zones in the Dinarides, *Geologia Croatica* 53 (2), 295-303.
- Leroi, E., Bonnard, C., Fell, R., McInnes, R., 2005: Risk assessment and management, u: *Landslide Risk Management* (ur. Hungr, O., Fell, R., Couture, R., Eberhardt, E.), Taylor and Francis, London, 159-198.
- Loparić, I., Pahernik, M., 2012: GIS analiza ugroženosti padina klizištima u području Grada Lepoglave, *Acta geographica Croatica* 38, 35-58.
- Mazengarb, C., Flentje, P., Miner, A. S., Osuchowski, M., 2010: Designing a Landslide Database: lessons learnt from Australian Examples, u: *Geologically Active: Proceedings of the 11th IAEG Congress*, Auckland, 5. – 10. rujna 2010., <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1593&context=engpapers> (02. 02. 2013.).
- Mihalić, S., Stanić, B., 1995: Pokreti na padinama – hazard i rizik, u: *1. hrvatski geološki kongres: zbornik radova* (ur. Vlahović, I., Velić, I., Šparica, M.), Opatija, 18 – 21. listopada 1995., Institut za geološka istraživanja, Hrvatsko geološko društvo, Zagreb, 367-372.
- Mihalić, S., 1998: Recommendations for Landslide Hazard and Risk Mapping in Croatia, *Geologia Croatica* 51 (2), 195-204.
- Mihalić, S., Arbanas, Ž., Krkač, M., Dugonjić, S., 2010: Japansko-hrvatski bilateralni projekt „Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje rizika klizanja i bujica u Hrvatskoj” – pilot područja, u: *Knjiga sažetaka 4. hrvatskog geološkog kongresa* (ur. Horvat, M.), Šibenik, 14 – 16. listopada 2010., 170-171.
- Miklin, Ž., Jurak, V., Slišković, I., Dolić, M., 2009: Heuristic approach by geotechnical hazard evaluation of the Medvednica nature park, *Rudarsko-geološko naftni zbornik* 21, 1-10.
- Miklin, Ž., 2010a: Detaljna inženjerskogeološka karta podsljemenske urbanizirane zone grada Zagreba, Tribina Geotehničkog fakulteta, Godina VI, predavanje VIII, ebookbrowse.com/miklin-prezentacija-pdf-d803 (21. 01. 2013.).
- Miklin, Ž., Ortolan, Ž., Hećimović, I., Podolszki, L., 2010b: Preliminarna karta hazarda u „Podsljemenskoj urbanoj zoni”, u: *Knjiga sažetaka 4. hrvatskog geološkog kongresa* (ur. Horvat, M.), Šibenik, 14 – 16. listopada 2010., 174-175.
- Morić, V., 2009: *Sanacija klizišta Smrečje*, diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka.

- Nichol, J., Wong, M. S., 2005: Satellite remote sensing for detailed landslide inventories using change detection and image fusion, *International Journal of Remote Sensing* 26 (9), 1913-1926.
- Nilsen, T. H., Wright, R. H., Vlastic, T. C., Spangle, W. E., 1979: *Relative slope stability and land-use planning in the San Francisco Bay region, California*, U.S. Geological Survey Professional Paper 944, 96.
- Nonveiller, E., 1954–1955: Klizište Zlesina, *Geološki vjesnik* 8-9, 141-152.
- Nonveiller, E., 1987: *Kliženje i stabilizacija kosina*, Školska knjiga, Zagreb.
- Osuchowski, M., 2008: The Australian Landslide Database: Single point of access to landslide information, *AusGeo News* 92, http://www.ga.gov.au/webtemp/image_cache/GA12709.pdf (02. 02. 2013.).
- Pale, H., 2009: *Sanacija klizišta uz čvor Orehovica na državnoj cesti Orehovica-Draga-Sv. Kuzam*, diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka.
- Petley, D., 2010: Landslide hazards, u: *Geomorphological Hazards and Disaster Prevention* (ur. Alcántara-Ayala, I., Goudie, A. S.), Cambridge University Press, New York, 63-73.
- Prelogović, E., Blašković, I., Cvijanović, D., Skoko, D., Aljinović, B., 1981: Seizmotektonske značajke vinskih područja, *Geološki vjesnik* 34, 75-93.
- Pribanić, I., 2006: *Sanacija klizišta „Čokovo” bušenim pilotima*, diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka.
- Rubinić, J., Horvat, B., Kukuljan, I., 2004: *Istraživanja međugraničnih vodonosnika s područja Jadranskog sliva Hrvatske i Slovenije – hidrološka obrada*, Građevinski fakultet u Rijeci, Rijeka, interna dokumentacija.
- Singhroy, V., 2009: Satellite Remote Sensing Applications for Landslide Detection and Monitoring, u: *Landslides – Disaster Risk Reduction* (ur. Sassa, K., Canuti, P.), Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 143-158.
- Smith, K., Petley, D. N., 2009: *Environmental Hazards, Assessing risk and reducing disaster*, Routledge, London i New York.
- Van Den Eeckhaut, M., Hervás, J., 2012a: State of the art of national landslide databases in Europe and their potential for assessing landslide susceptibility, hazard and risk, *Geomorphology* 139-140, 545-558.
- Van Den Eeckhaut, M., Hervás, J., 2012b: *Landslide inventories in Europe and policy recommendations for their interoperability and harmonisation*, A JRC contribution to the EU-FP7 SafeLand project.
- Varnes, D. J., 1978: Slope movement types and processes, u: *Special Report 176: Landslides: Analysis and Control* (ur. Schuster, R. L., Krizek, R. J.), Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33.
- Varnes, D. J., 1984: *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice*, UNESCO, Paris.
- Vivian, H., Thouret, J-C., Bocquet, G., Dedieu, J. P., Fabre, D., Thomas, A., 1994: *Les instabilités d'in bassins versant montagnard anthropise, Le torrent de l'eglise, Les arc - Savoie*, Documents du BRGM 233, Editions BRGM, France.
- Vivoda, M., 2007: *Sanacija klizišta uz Pomorsku školu u Bakru*, diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka.
- Vuković, M., 2008: *Sanacija klizišta u Dragi na državnoj cesti D8*, diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka.
- Wang, C., Marui, H., Furuya, G., Watanabe, N., 2011: Dynamic simulation of landslide and debris flow in Rječina River valley, Croatia, u: *Knjiga sažetaka – Second workshop off the monitoring and analyses for disaster mitigation of landslides, debris flow and floods*, Rijeka, 15. – 17. prosinca 2011., 8.
- Wu, S., Shi, J., Sun, P., 2010: Landslide inventory mapping in China, u: *SafeLand, Living with landslide risk in Europe: Assessment, effects of global change, and risk management strategies*, 7th Framework Programme, Cooperation Theme 6 Environment (including climate change), Sub-Activity 6.1.3 Natural Hazards, Deliverable D2.2, <http://www.safeland-fp7.eu/results/Documents/D2.2a.pdf> (13. 02. 2013.).

Formiranje i upotreba digitalnih baza podataka o klizištima u svijetu i Hrvatskoj
Primjer dostupnosti podataka na riječkom području

- Yilmaz, I., 2009: Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Kat landslides (Tokat–Turkey), *Computers & Geosciences* 35 (6), 1125-1138.
- Zorn, M., Komac, B., 2008: *Zemljski plazovi v Sloveniji*, Založba ZRC, Ljubljana.
- Zorn, M., Komac, B., 2011a: Damage caused by natural disasters in Slovenia and globally between 1995 and 2010, *Acta geographica Slovenica* 51 (1), 7-41.
- Zorn, M., Komac, B., 2011b: Applied Landslide Geomorphology – some Examples from Slovenia, *Hrvatski geografski glasnik* 73(2), 5-17.
- Zorn, M., Komac, B., Kumelj, Š., 2012: Mass movement susceptibility maps in Slovenia: The current state, *Geografski vestnik* 84(1), 88-112.

IZVORI

- Glasiilo Općine Vinodolske, *U Vinodolskoj općini jedno od najvećih klizišta u Europi*, <http://www.vinodol.hr/upload/GV14.pdf> (30. 07. 2012.).
- GNS Science, Te Pū Ao, Landslide Monitoring, <http://www.gns.cri.nz/Home/Our-Science/Natural-Hazards/Landslides/Landslide-Monitoring> (03. 02. 2013.).
- IFFI, Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, http://www.mais.sinanet.apat.it/cartanetiffi/default_nosso.asp (20. 09. 2011.).
- Inventario Fenomeni Franosi in Italia, Allegato 1: Guida alla compilazione della scheda frane IFFI*, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Servizio Geologico, http://www.mais.sinanet.apat.it/cartanetiffi/doc/Allegati_Tecnici/Allegato_1.pdf (12. 12. 2012.).
- Landslides in Italy, Special Report 2008, Rapporti 83/2008*, ISPRA, <http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010100/10108-rapporto-83-08-landslide.pdf/view> (12. 12. 2012.).
- NIED: National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Landslide disasters, <http://www.bosai.go.jp/e/activities/database/Landslide.html> (10. 02. 2013.).
- Novi list online izdanje, *Proširuje se kolnik na potezu Plešci – Mandli*, <http://novine.novilist.hr/default.asp?WCI=Rubrike&WCU=2859285C2863285F2863285A28582858285F2863288F2893288C28632863285A28602859285E285C285B2863286328632863Y> (30. 07. 2012.).
- Novi list online izdanje, *Riješeno klizište Lidla na Škurinjama*, <http://novine.novilist.hr/default.asp?WCI=Rubrike&WCU=285A285D286328602863285A2858285828602863287A287128632863285B285E285C285A2861285D28632863286328582863V> (03. 08. 2012.).
- Novilist.hr, HAK, *Na Oštrovici zatvoren izlaz za Crikvenicu i Krk (tekst ispod fotografije)*, <http://www.novilist.hr/Info-Fun/HAK/Na-Ostrovici-zatvoren-izlaz-za-Crikvenicu-i-Krk> (18. 08. 2012.).
- Octopus, Reference 2008, <http://www.octopus.hr/reference/> (18. 08. 2012.).
- Portal za graditeljstvo webgradnja.hr; Goran graditeljstvo, <http://www.webgradnja.hr/adresar/1445/goran-graditeljstvo/> (17. 08. 2012.).
- Profil tvrtke www.geotech.hr, Reference, http://www.geotech.hr/pdf/Profil_tvrtke_geotech.pdf (17. 08. 2012.).
- Službene novine, Službeno glasilo Primorsko-goranske županije, *Odluka o donošenju I. izmjena i dopuna Prostornog plana uređenja Općine Baška*, <http://www.sn.pgz.hr/default.asp?Link=odluke&id=24381> (17. 08. 2012.).
- Službene novine, Službeno glasilo Primorsko-goranske županije, *Program mjera za unapređenje stanja u prostoru Grada Čabra (za razdoblje 2003.-2004.)*, <http://www.sn.pgz.hr/default.asp?Link=odluke&id=1115> (07. 08. 2012.).

SUMMARY

Formation and Usage of Landslide Digital Databases: Examples from Various Countries and Croatia

Availability of Landslide Data in the Rijeka Area

Sanja Faivre, Petra Radeljak, Renata Grbac Žiković

Due to the high impact on environment, people and properties, landslides have become a rapidly increasing subject of investigation in different domains: geomorphology, geology, and civil engineering. This new interdisciplinary approach allows the development of complex knowledge on landslides. In the last forty years important improvements have been made in the methodology of landslide susceptibility, hazard and risk assessment. The usage of GIS was particularly helpful in developing these methodologies. The basis of any landslide analysis is the data collection, that is, the creation of landslide inventories and/or the digital databases. Consequently, it is very important to collect and organise the data according to the globally suggested categories as this could further global knowledge development.

This paper discusses the development of digital landslide databases in various countries. The countries endangered by mass movements and/or those that have landslide databases established and available for review were chosen. The situation in Japan, China, Hong Kong, Australia, New Zealand, USA and Nicaragua was compared.

Furthermore the situation in Europe was presented giving a detailed view of the Italian database and a generalised view of Slovenian and Croatian evidenced landslide parameters. They were further compared with the recommended categories for landslide inventory and database development at the global level.

Although to date only small number of countries in Europe has such maps at the national level, this paper clearly shows that the exerted efforts through various global projects have resulted in globally unifying parameters in landslides inventories and digital databases. Databases made in the last ten years have generally improved and are more detailed (inventory maps at the scale of 1:25,000 and larger scale).

The examples used to demonstrate the availability of landslide data in Croatia were drawn from Rijeka area institutions. Unfortunately the availability is rather poor. It is clear that the creation of a single digital database of landslides in Croatia would be useful to a variety of users, especially institutions that are concerned with spatial planning at different levels. Such a systematic approach would enable not only landslide susceptibility mapping, hazard and risk mapping and management, but also facilitate future land use planning.

Primljeno (Received): 15 -02-2013

Prihvaćeno (Accepted): 11-06-2013

Sanja Faivre

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb
sfaiivre@geog.pmf.hr

Petra Radeljak

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb
radeljak@geog.pmf.hr

Renata Grbac Žiković

Sveučilište u Rijeci
Fakultet za menadžment u turizmu i
ugostiteljstvu
Primorska 42, 51410 Opatija
renata.gz21@gmail.com

