

Izpostavljenost prebivalstva, objektov in infrastrukture zaradi pojavljanja zemeljskih plazov – primer petih slovenskih občin

Exposure of inhabitants, buildings and infrastructure to landslides – a case of five Slovenian municipalities

Tina PETERNEL, Jasna ŠINIGOJ, Marko KOMAC, Mateja JEMEC AUFLIČ & Matija KRIVIC

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ul. 14, SI-1000 Ljubljana; e-mail: tina.peternel@geo-zs.si; jasna.sinigoj@geo-zs.si; marko.komac@geo-zs.si; mateja.jemec@geo-zs.si; matija.krivic@geo-zs.si

Prejeto / Received 7. 10. 2014; Sprejeto / Accepted 11. 12. 2014

Ključne besede: MASREM, zemeljski plazovi, karte verjetnosti, izpostavljenost, Bovec, Laško, Slovenj Gradec, Trbovlje, Železniki

Keywords: MASPREM, landslides, susceptibility map, exposure, Bovec, Laško, Slovenj Gradec, Trbovlje, Železniki

Izvleček

V okviru nacionalnega razvojno-raziskovalnega projekta MASPREM smo izdelali ocene in karte izpostavljenosti prebivalstva, objektov in infrastrukture zaradi pojavljanja zemeljskih plazov za pet slovenskih občin. Karte izpostavljenosti predstavljajo nadgradnjo kart verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov in temeljijo na podatkovni bazi zemeljskih plazov in terenskih raziskavah. Izdelane so bile za občine Bovec, Laško, Slovenj Gradec, Trbovlje in Železniki, ki so bile izbrane na podlagi njihove izpostavljenosti pojavom zemeljskih plazov. Osnovni podatek za izdelavo izpostavljenosti prebivalstva, objektov in infrastrukture so karte verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov v merilu 1 : 25.000, ki so bile izdelane v okviru projekta Geohazard 14. Analize izpostavljenosti elementov zaradi verjetnih pojavov zemeljskih plazov v izbranih občinah smo opravili z enostavno metodo prekrivanja v programskem orodju ArcMap. Stopnjo izpostavljenosti smo razdelili na šest kategorij, pri čemer prva kategorija predstavlja zanemarljivo izpostavljenost, šesta pa zelo veliko izpostavljenost prebivalstva, objektov in infrastrukture pojavljanju zemeljskih plazov. Izdelane ocene izpostavljenosti predstavljajo dobro osnovo za nadaljnje določanje ogroženosti zaradi plazenja in posledično boljše upravljanje z njihovimi posledicami.

Abstract

In the frame of national research and innovation project MASPREM exposure maps of inhabitants, buildings and infrastructures to landslide occurrence were developed for five selected Slovenian municipalities. Maps represent an upgrade of the landslide susceptibility maps that were elaborated based on synthesis of analysis of event-based landslide inventory and field investigations. Exposure maps were developed for five municipalities: Bovec, Laško, Slovenj Gradec, Trbovlje and Železniki. Exposure of inhabitants, construction and infrastructures to landslide occurrence was analysed using simple cross-analysis of landslide susceptibility maps at scale of 1:25,000 with locations of exposed elements. All analyses were conducted in the GIS with software tool ArcMap. Exposure maps, based on landslide susceptibility, were classified into six classes, with values ranging from one to six where class one represents areas with negligible exposure and class six areas with very high exposure to landslide occurrence. Exposure maps of selected municipalities provide the basis for further assessment of risk and consequentially better risk management.

Uvod

V sklopu projekta MASPREM– Sistem zgodnjega opozarjanja za primer nevarnosti proženja zemeljskih plazov, financiranega s strani Ministrstva za obrambo (Uprava RS za zaščito in reševanje), smo izdelali karte in ocene izpostavljenosti prebivalstva, objektov ter infrastrukture zaradi pojavljanja zemeljskih plazov v merilu 1 : 25.000 za pet izbranih slovenskih občin, in sicer Bovec, Laško, Slovenj Gradec, Trbovlje in Železniki (ŠINIGOJ et al., 2013a, b).

Karte verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov predstavljajo osnovo nadaljevalnim izračunom nevarnosti (*ang. hazard*), ogroženosti (*ang. risk*) in ranljivosti (*ang. vulnerability*), kjer je glavni poudarek na proučevanju posledic za ljudi in njihovega imetja. Številni raziskovalci širom po svetu (MEJIA-NAVARRO et al., 1994; LEONE et al., 1996; RAGOZIN & TIKHVINSKY, 2000; HOLLENSTEIN, 2005) so v svoje raziskave vključili elemente ogroženosti in njihovo ranljivost, ki vplivajo na prebivalstvo, družbeno in zasebno lastnino, družbene ter ekonomske aktivnosti ogrožene na

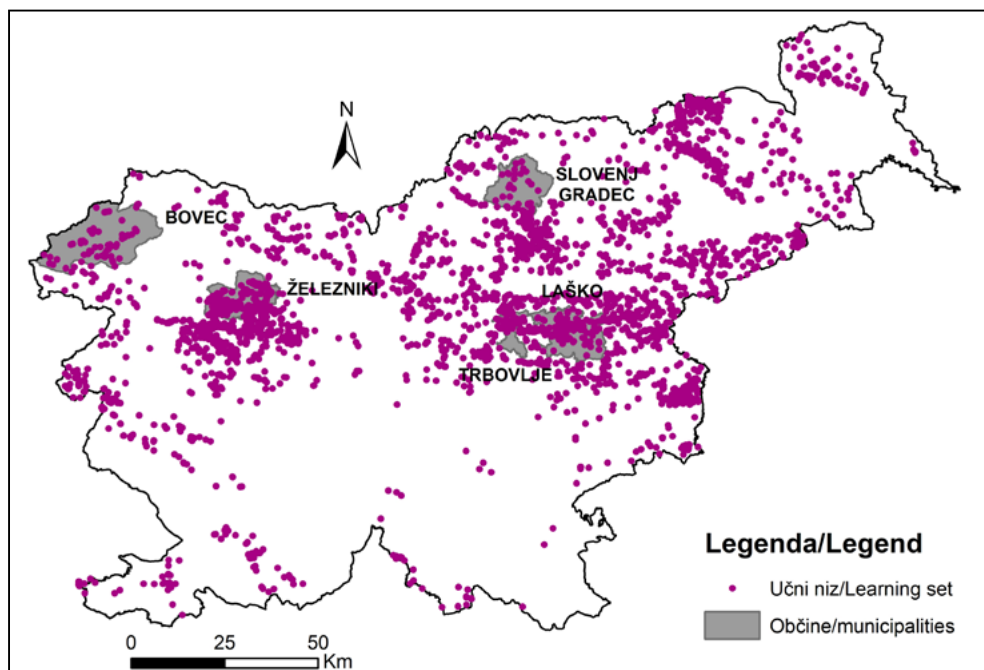
danem območju. Stopnja ogroženosti in ranljivosti je izražena z vrednostmi med 0 in 1. V pričujočem članku so predstavljene ocene izpostavljenosti, ki predstavljajo ohlapnejšo različico ocen (in kart) ogroženosti zaradi pojavov zemeljskih plazov, saj ne vsebujejo ekonomskih izračunov škod. Karte izpostavljenosti prebivalstva, objektov ter infrastrukture so nadgradnja modelov verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov slovenskih občin, izdelanih v okviru sestrskega projekta GeoHazard 14 – Izdelava prostorske baze podatkov in spletnega informacijskega sistema geološko pogojenih nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja, poplavnih, erozijskih kart ter kart snežnih plazov kot del nalog javne službe Geološkega zavoda Slovenije (BAVEC et al., 2012).

Izbrana območja

Ocene in karte izpostavljenosti prebivalcev, objektov in infrastrukture zaradi pojavljanja zemeljskih plazov v merilu 1 : 25.000 smo izdelali za pet slovenskih občin (sl. 1) (ŠINIGOJ et al., 2013b).

Prva izbrana občina Bovec leži v Julijskih Alpah. Površina občine je 367 km², povprečna nadmorska višina občine znaša 1.254 m. V občini živi 3.181 ljudi, od tega več kot polovica v občinskem središču in v naseljih v dolinah (SURS, 2014). Skozi občino potekata dve glavni prometni osi, in sicer glavna cesta (G2 203) med Predelom in Gorico ter regionalna cesta (R1 206), ki povezuje Posočje z Gorenjsko. Z gospodarskega vidika ima občina Bovec izredno dobro razvito turistično dejavnost.

Občina Laško leži v Spodnji Savinjski dolini, v Posavskem hribovju. Površina občine je 197,5 km², povprečna nadmorska višina je 474 m. V občini živi 13.409 ljudi, od tega 25 % prebivalstva v občinskem središču (SURS, 2014). Prometne osi na tem območju so glavna cesta (G1 5), ki povezuje Celje in Zidani most in regionalne povezave Laškega s Kozjanskim (R3 681), Šentjurjem ter Hrastnikom (R1 221). Z gospodarskega vidika je v občini Laško trenutno najbolj aktivna živilska industrija.



Sl. 1. Lega petih izbranih občin in lokacije 3.437-ih zemeljskih plazov, ki predstavljajo t.i. učni niz oziroma reprezentativno populacijo plazov za območje Slovenije.

Fig. 1. Location of five selected municipalities and location of 3.437 landslides which present a representative population of landslides for territory of Slovenia.

Tabela 1. Število zemeljskih plazov z znano lokacijo, ki so bili kot učni niz vključeni v analizo in izdelavo modela verjetnosti pojavljanja plazov v merilu 1 : 250.000 (KOMAC & RIBIČIČ, 2006) in njihova porazdelitev po izbranih občinah.

Table 1. Number of landslides with known location that were included in the elaboration of landslide susceptibility model of Slovenia at a scale 1 : 250,000 (KOMAC & RIBIČIČ, 2006) and their distribution by selected municipalities.

Občina/ Municipalities	Število zemeljskih plazov (učni niz) po občinah/ Number of landslides (learning set) by municipalities	Odstotek zemeljskih plazov (učni niz) po občinah (%) / Percentage of landslides by municipalities	Število zemeljskih plazov na km ² občine / Number of landslides per km ² of municipalities
Bovec	56	1,63	0,15
Laško	116	3,38	0,59
Slovenj Gradec	33	0,96	0,20
Trbovlje	55	1,60	0,95
Železniki	175	5,09	1,06
Slovenija	3.437	100 %	

Občina Slovenj Gradec leži na meji Vzhodnih Karavank, Strojne in Pohorja. Površina občine je 174 km² s povprečno nadmorsko višino 659 m. Občina ima 16.947 prebivalcev, od katerih jih 45 % živi v občinskem središču (SURs, 2014). Slovenjgraška kotlina predstavlja zgostitveno območje poselitve, po kateri poteka tudi glavna prometna os (G1 4), ki povezuje Koroško s Savinjsko statistično regijo.

Četrta izbrana občina Trbovlje obsega površino 58 km². Trbovlje je največje mesto v Zasavski regiji in hkrati tudi upravno središče Zasavja. Po zadnjih podatkih v občini Trbovlje živi 16.814 ljudi, od tega več kot 80 % v občinskem središču (SURs, 2014). V občini Trbovlje obratuje pomembna industrijska panoga (termoelektrarna Trbovlje), skozi občino pa potekajo tudi pomembne prometne povezave, glavna cesta (G2 108) med Ljubljano in Zidanim Mostom ter železniška proga Ljubljana – Zagreb.

Občina Železniki se nahaja v Selški dolini na meji Julijskih Alp in Škofjeloškega hribovja. Površina občine je 165 km², povprečna nadmorska višina znaša 895 m. V občini je 6.817 prebivalcev, od tega jih okrog 45 % živi v občinskem središču (SURs, 2014). Pomembnejša prometna povezava je regionalna cesta (R2 403), ki povezuje Selško dolino s Škofjo Loko.

Iz prekrivanja sloja občin z lokacijami plazov t.i. učnega niza, ki predstavlja reprezentativno populacijo plazov za območje Slovenije in je bil uporabljen pri razvoju modela verjetnosti pojavljanja plazov (KOMAC & RIBIČIČ, 2006), je razvidno, da v občini Bovec znaša število zemeljskih plazov na km² 0,15; v občini Laško 0,59; v občini Slovenj Gradec 0,20 in v občini Trbovlje 0,95. (Tabela 1). Glede na celotno reprezentativno populacijo zemeljskih plazov za območje Slovenije se v izbranih občinah največ zemeljskih plazov na km² nahaja v občini Železniki, in sicer 1,06. (sl. 1).

Vhodni podatki in opis metodologije

Izpostavljenost opazovanega objekta je verjetnost, da se ta nahaja v območju nevarnosti (MIKOŠ et al., 2004). Pri naravnih pojavih pomeni izpostavljenost izključno gibanje ali statičnost elementov tveganja na območjih z različno verjetnostjo pojavljanja naravnih nesreč (MIKOŠ et al., 2004).

Verjetnost sočasnosti (interakcije) elementa tveganja (V), ki se nahaja v določeni točki (x, y, z) ravno v trenutku (t), ter nastopa pojava na mestu (x, y, z) v trenutku (t) lahko izračunamo po naslednji enačbi (MIKOŠ et al., 2004):

$$K=N*I=[P(N\rightarrow x,y,z) * P(N\rightarrow t)] * [P(V\rightarrow x,y,z) * P(V\rightarrow t)] \quad (1)$$

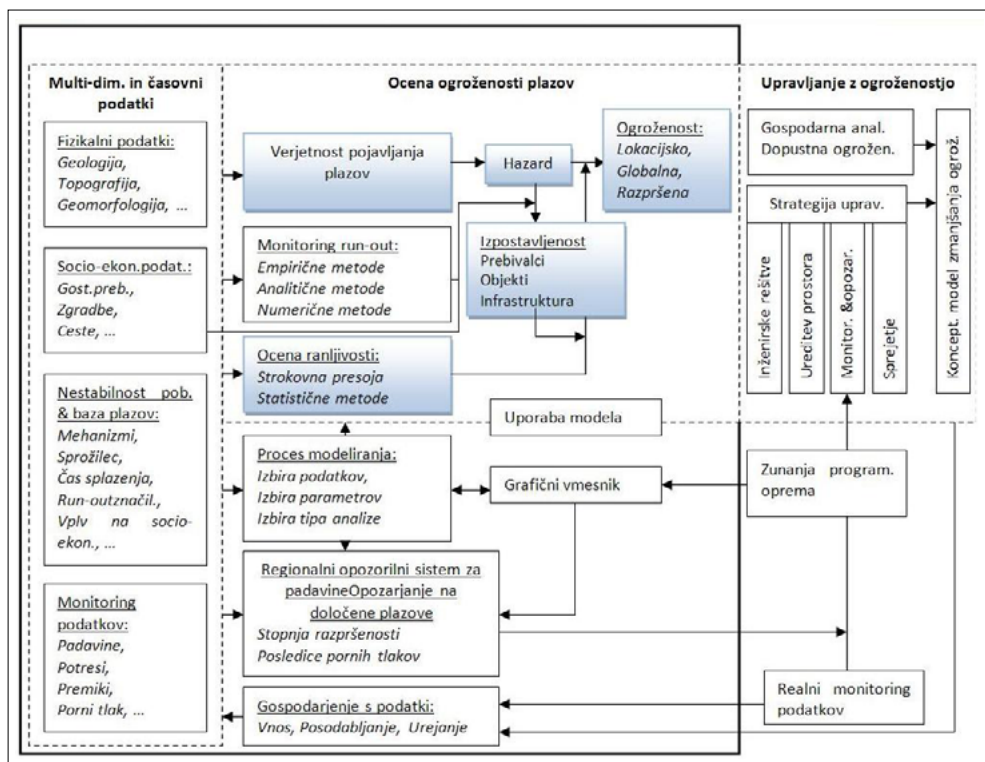
kjer *K* predstavlja verjetnost sočasnosti (interakcije), *N* verjetnost nastopa nevarnosti, *I* izpostavljenost elementov tveganja in *V* element tveganja.

Elementi tveganja (V) se določijo z identifikacijo in popisom ljudi, zgradb ali ostalih elementov na nekem območju, ki so potencialno podvrženi nevarnosti. Sledi ocenitev njihove ekonomske vrednosti in določanje vrednosti elementov tveganja, ki so dejansko izpostavljeni posledicam nevarnosti oziroma učinku pričakovane verjetnosti nastopa nevarnosti na določenem območju (MIKOŠ et al., 2004).

Prostorski in časovni nastop dogodka in prisotnost ter položaj elementa tveganja so slučajne spremenljivke z različnimi verjetnostmi porazdelitve, ki so odvisne od različnih dejavnikov, kot so npr. hitrosti prečkanja območja, hitrosti pojava, odziva elementa tveganja, opaznosti pojava in možnosti umika (MIKOŠ et al., 2004).

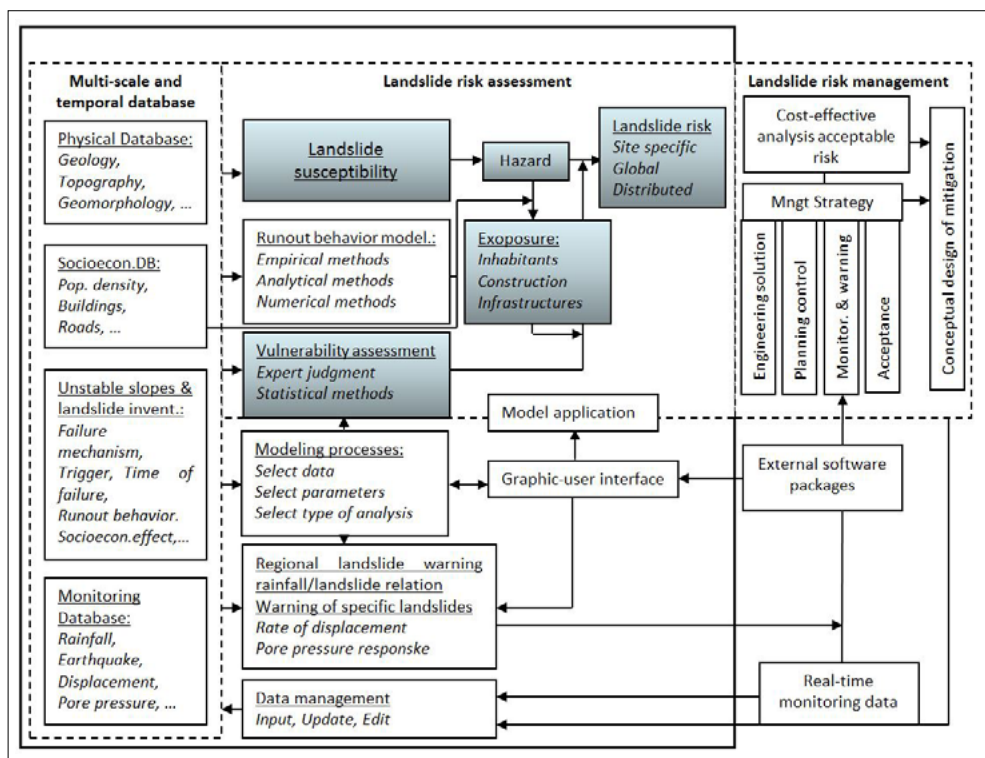
Za določanje ocene ogroženosti zaradi pojavov zemeljskih plazov in načine upravljanja z njimi, uporabljajo v tujini različne pristope, katerih pa večji del temelji na zbiranju skupnih osnovnih podatkov, ki predstavljajo osnovo za določanja ogroženosti zaradi zemeljskih plazov ter upravljanja z njimi (DAI et al., 2002; FELL et al., 2008). V nadaljevanju je predstavljen le eden izmed konceptualnih modelov, ki prikazuje celovit pregled izdelave ocene ogroženosti (sl. 2). Tovrstne metode določanja omogočajo lažje razumevanje procesov plazenja in nevarnosti zemeljskih plazov ter tako pripomorejo k racionalnejšem upravljanju z zemeljskimi plazovi. S takšnimi pristopi se lahko ublažijo številne posledice, ki nastanejo zaradi zemeljskih plazov, posledično zmanjšajo tudi ekonomske in socialne izgube.

Shematski prikaz na sliki 2, ki predstavlja konceptualni model za določanje ocene ogroženosti zaradi zemeljskih plazov, prikazuje osnovne vhodne podatke in postopke pri določanju ogroženosti ter upravljanja z zemeljskimi plazovi. V prvi fazi določanja se izdelava model verjetnosti pojavljanja, ki temelji na določitvi tipov pobočnih premikov. Model verjetnosti pojavljanja je izdelan na podlagi različnih metodologij, ki so odvisne od razpoložljivosti podatkov in opreme (hevristični, izkustveni, statistični ali deterministični pristop) (KOMAC, 2005; KOMAC & RIBIČIČ, 2006; KOMAC, 2006; KOMAC, 2012). Sledi transformacija modela verjetnosti pojavljanja v model hazarda (nevarnost), ki zahteva časovne pa tudi amplitudne podatke sproženih zemeljskih plazov. Transformacijo je mogoče izvesti z vzpostavitev vzročno-posledičnih korelacij med zemeljskimi plazovi in njihovimi sprožitvenimi dejavniki (v primeru, ko je znana frekvenca in dobro opredeljena korelacija). Za določitev frekvence zemeljskih plazov v preteklosti in za izdelavo ekstrapolacije prihodnje frekvence je treba modelirati različne scenarije na podlagi trendov, ki izhajajo iz analiz časovnih intervalov pojavljanja zemeljskih plazov. Če v model hazarda vključimo elemente kot so prebivalstvo, objekti in infrastruktura, dobimo model izpostavljenosti.



Sl. 2. Konceptualni model za določanje ocene ogroženosti zaradi zemeljskih plazov (DAI et al., 2002).

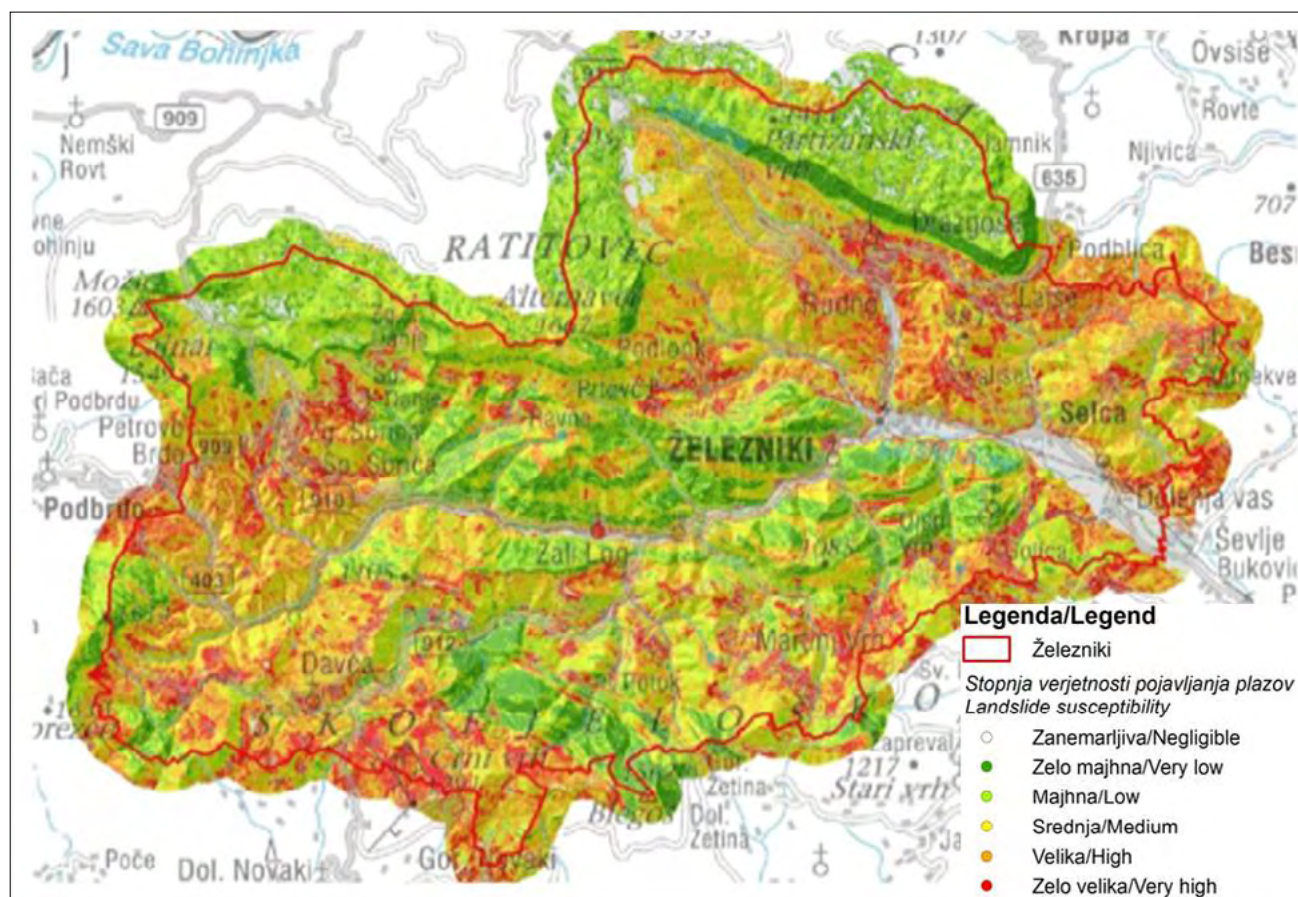
Fig. 2. Conceptual integrated system for landslide risk assessment and management (DAI et al., 2002).



Za izdelavo modela ranljivosti se upošteva analiza škode, ki je bila povzročena zaradi preteklih zemeljskih plazov na izpostavljenih elementih (prebivalstvo, objekti, infrastruktura in socialno-ekonomske aktivnosti). Izpostavljeni elementi so izraženi kot razmerje med škodo in ceno posameznega elementa. V tem primeru je ranljivost izražena kot razmerje med izgubo izkustvenih izpostavljenih elementov in njihovo vrednostjo. Ocena posrednih izgub je bolj kompleksna, predvsem zaradi običajnega

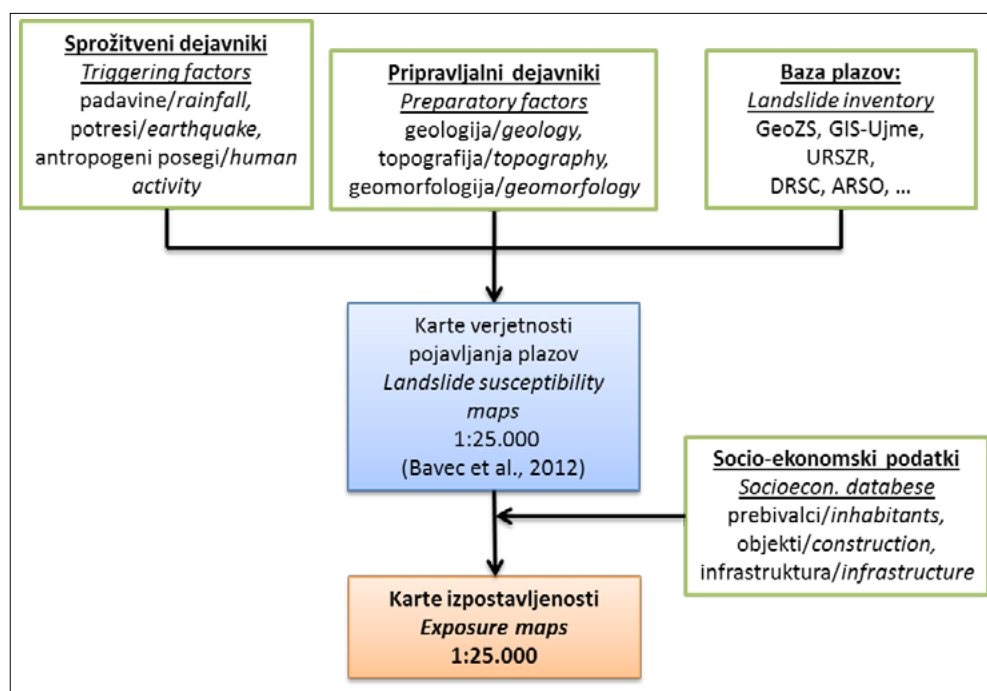
pomanjkanja podatkov. Za vzpostavitev modela ranljivosti je treba izpostaviti morebitne posredne izgube in opredeliti možne scenarije. Na podlagi izračuna modela nevarnosti, modela ranljivosti in izpostavljenosti se določi končni model ogroženosti (DAI et al., 2002).

V nadaljevanju prispevka predstavljamo metodologijo in rezultate ocen izpostavljenosti prebivalcev, objektov in infrastrukture vplivom zemeljskih plazov za pet izbranih občin.



Sl. 3. Karta verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov v merilu 1 : 25.000 za občino Železniki (BAVEC et al., 2012).

Fig. 3. Landslide susceptibility map at a scale of 1:25,000 for the municipality Železniki (BAVEC et al., 2012).



Sl. 4. Shematski prikaz izdelave ocene in kart izpostavljenosti prebivalstva, objektov in infrastrukture verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov v merilu 1 : 25.000 za pet občin.

Fig. 4. Schematic representation of determination/elaboration of exposure assessment and maps of inhabitants, construction and infrastructures to landslide susceptibility at a scale of 1 : 25,000 for five municipalities.

V nasprotju od predstavljenega teoretičnega modela (sl. 2) smo v prvi fazi, pri izračunu izpostavljenosti elementov (sl. 4), zaradi manjkajočih podatkov o pogostosti pojavljanja zemeljskih plazov in njihovi razsežnosti v prostoru, uporabili pristop brez ocene škod (ŠINIGOJ et al., 2013b).

Za osnovni vhodni podatek smo uporabili karte verjetnosti pojavljanja plazov v merilu 1 : 25.000, ki opisujejo obstoječe in predvidene pojave zemeljskih plazov inso bili izdelani v okviru projekta »Izdelava prostorske baze podatkov in spletnega informacijskega sistema geološko pogojenih

nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja, poplavnih, erozijskih kart ter kart snežnih plazov (GeoHazard 14)«, ki ga je Geološki zavod Slovenije vzporedno projektu MASPREM izvedel po naročilu Ministrstva za okolje in prostor (BAVEC et al., 2012). Karte verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov predstavljajo rastrski sloj z velikostjo celice 5×5 m. Na sliki 3 je prikazan primer karte verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov v merilu 1 : 25.000 za občino Železniki (BAVEC et al., 2012).

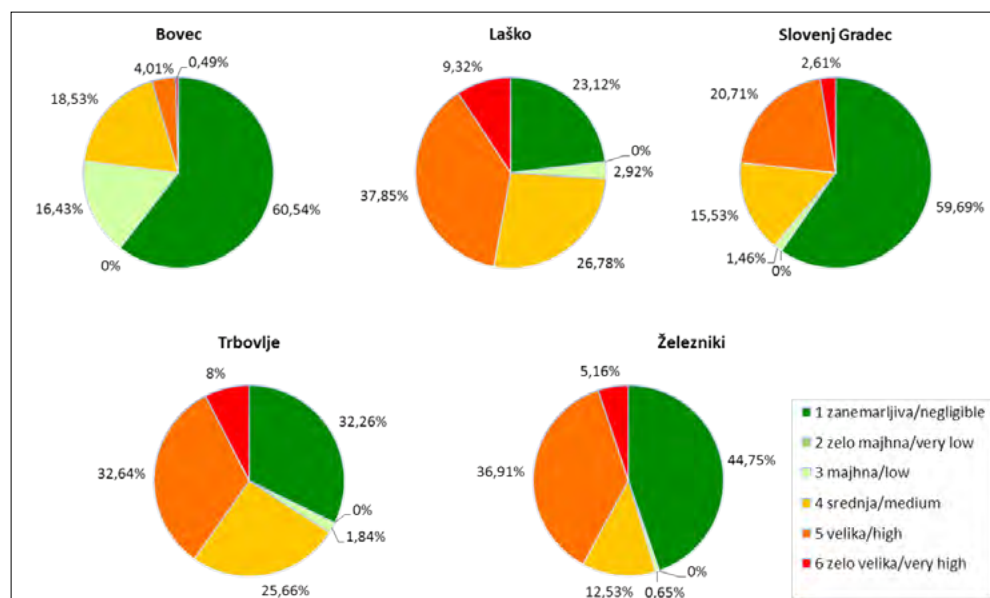
Ocena in karte izpostavljenosti temeljijo na statističnem prekrivanju kart verjetnosti pojavljanja plazov v merilu 1 : 25.000 s podatki o številu in porazdelitvi prebivalcev, objektov, in infrastrukture (GURS, 2005a; 2005b) (sl. 4).

V okviru kart izpostavljenosti smo analizirali sledeče infrastrukturne tipe in njihove elemente (sl. 5):

- ceste med katere prištevamo glavne ceste (G1, G2), regionalne ceste (R1, R2, R3), javne poti (JP), lokalne ceste (LC), gozdne ceste,
- železnico,

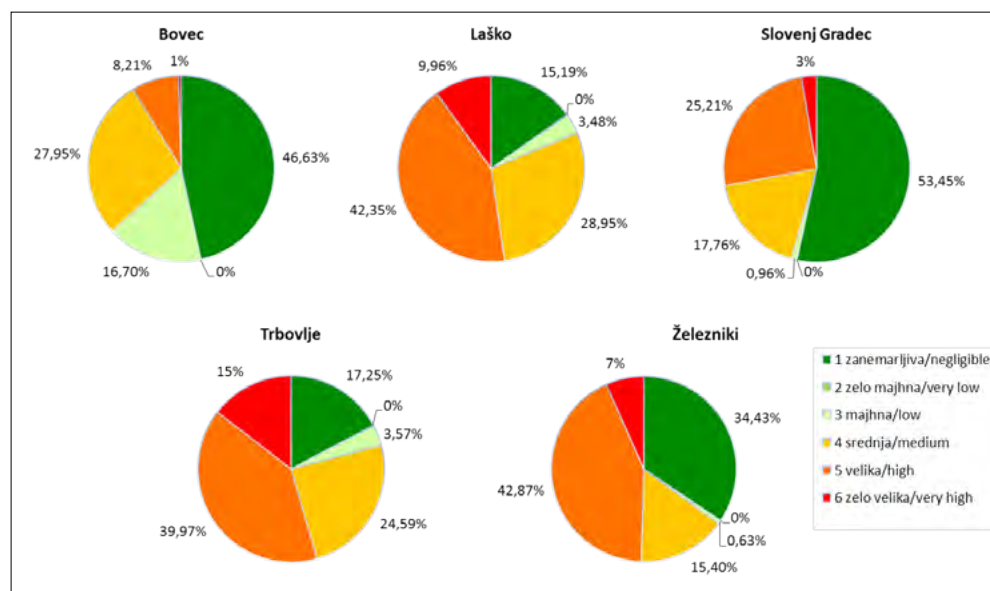
- električno omrežje (kablovod, polizolirani daljnovod in prosto zračni daljnovod),
- kanalizacijsko omrežje (kanalizacijski vodi),
- plinovodno omrežje (katodne zaščite in plinovod),
- toplotno omrežje (kinete, toplovod),
- vodovodno omrežje (vodooskrbne cevi).

Analize izpostavljenosti elementov zaradi pojavljanja zemeljskih plazov v občinah Bovec, Laško, Slovenj Gradec, Trbovlje in Železniki smo izdelali v GIS-u, s programskim orodjem ArcMap. Za izdelavo ocene izpostavljenosti smo uporabili orodje *Spatial Analyst*, ki omogoča prekrivanje podatkovnih podatkov (število in porazdelitev prebivalcev, objektov in infrastrukture) in kart verjetnosti pojavljanja plazov. Za točkovne podatke smo uporabili algoritem *Extract Values to Points*, ki omogoča izbrani točki pripisati vrednost celice rastrskega sloja kateri pripada. Vrednost se zapiše v atributni tabeli točke. Tako smo točkovnima slojema »prebivalstvo« in »objekti« dodali vrednost verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov v merilu 1 : 25.000.



Sl. 5. Izpostavljenost prebivalcev zaradi pojavljanja zemeljskih plazov.

Fig. 5. Exposure of inhabitants to landslides.



Sl. 6. Izpostavljenost objektov zaradi pojavljanja zemeljskih plazov.

Fig. 6. Exposure of construction to landslides.

Za linijske podatke smo uporabili algoritem *Overlay*, s katerim smo liniji pripisali vrednost celice rastrskega sloja, kateri pripada. Vrednosti so določene na podlagi izračuna geometrijskega presečišča rastrskega sloja in vektorskega linijskega sloja. Rezultati so segmenti infrastrukturnih linijskih tipov, ki nosijo vrednost verjetnosti pojavljanja plazov v merilu 1 : 25.000.

Rezultati

Verjetnost izpostavljenosti prebivalcev, objektov in infrastrukture verjetnosti pojava zemeljskih plazov se odraža v obliki šest stopenjske lestvice: (1) zanemarljiva, (2) zelo majhna, (3) majhna, (4) srednja, (5) velika in (6) zelo velika. Vsak razred tudi grafično ponazarja oceno izpostavljenosti. Tako dobljena izpostavljenost pove kje so prebivalci, objekti in infrastruktura zanemarljivo do zelo veliko izpostavljeni verjetnosti pojavljanju zemeljskih plazov. Rezultati analize izpostavljenosti so v obliki grafov predstavljeni na sliki 5, 6 in 7.

Slika 5 prikazuje izpostavljenost prebivalcev zaradi pojavljanja zemeljskih plazov. Največji delež izpostavljenega prebivalstva živi v občinah Laško in Železniki. Delež z veliko do zelo veliko izpostavljenostjo prebivalcev v občini Laško je 47,17 %, medtem ko v občini Železniki 42,07 %. Med analiziranimi občinami je najvišji delež z zanemarljivo stopnjo izpostavljenosti ocenjen za občino Bovec (60,54 %) in Slovenj Gradec (59,69 %).

Slika 6 prikazuje rezultat analize izpostavljenosti objektov (različni tipi objektov) zaradi pojavljanja zemeljskih plazov. Analiza je pokazala, da je veliki do zelo veliki izpostavljenosti podvrženo kar 54,97 % objektov v občini Trbovlje in 52,31 % objektov v občini Laško. Delež objektov z zanemarljivo izpostavljenostjo je največji v občini Slovenj Gradec (53,45 %).

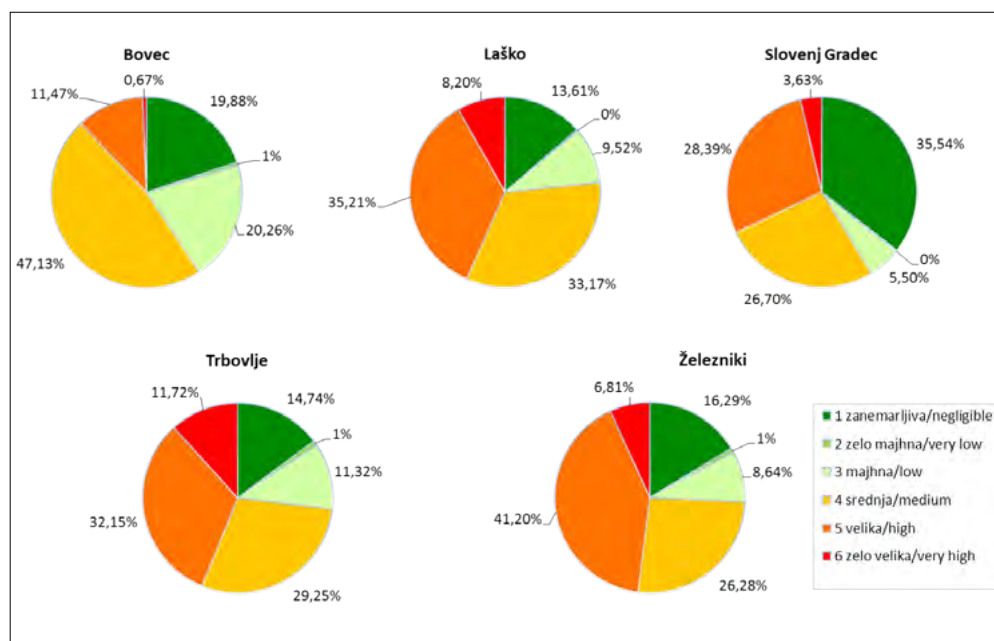
Izpostavljenost različnih tipov infrastrukture (železnica, ceste, električno, kanalizacijsko, plinovodno, toplotno in vodovodno omrežje) prikazuje slika 7. Rezultati analize izpostavljenosti so pokazali, da se na območju z veliko do zelo veliko izpostavljenostjo nahaja 48,01 % infrastrukturnih elementov v občini Železniki in 43,87 % v občini Trbovlje. Najnižja stopnja izpostavljenosti infrastrukture je bila ocenjena za občino Slovenj Gradec (35,54 %).

Rezultati prekrivanja različnih slojev so prikazani kot karte izpostavljenosti, ki izražajo stopnjo izpostavljenosti posameznih elementov (prebivalcev, objektov in infrastrukture) zaradi pojavljanja zemeljskih plazov. Karte izpostavljenosti smo izdelali za prebivalce, objekte in za vsak infrastrukturni element posebej.

V nadaljevanju podajamo zgolj dva primera kart izpostavljenosti verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov, in sicer karto izpostavljenosti prebivalstva (sl. 9) za primer občine Laško in karto izpostavljenosti cest v občini Železniki (sl. 10). V končnem poročilu MASPREM pa so bile izdelane vse različice kart izpostavljenosti za vse izbrane občine.

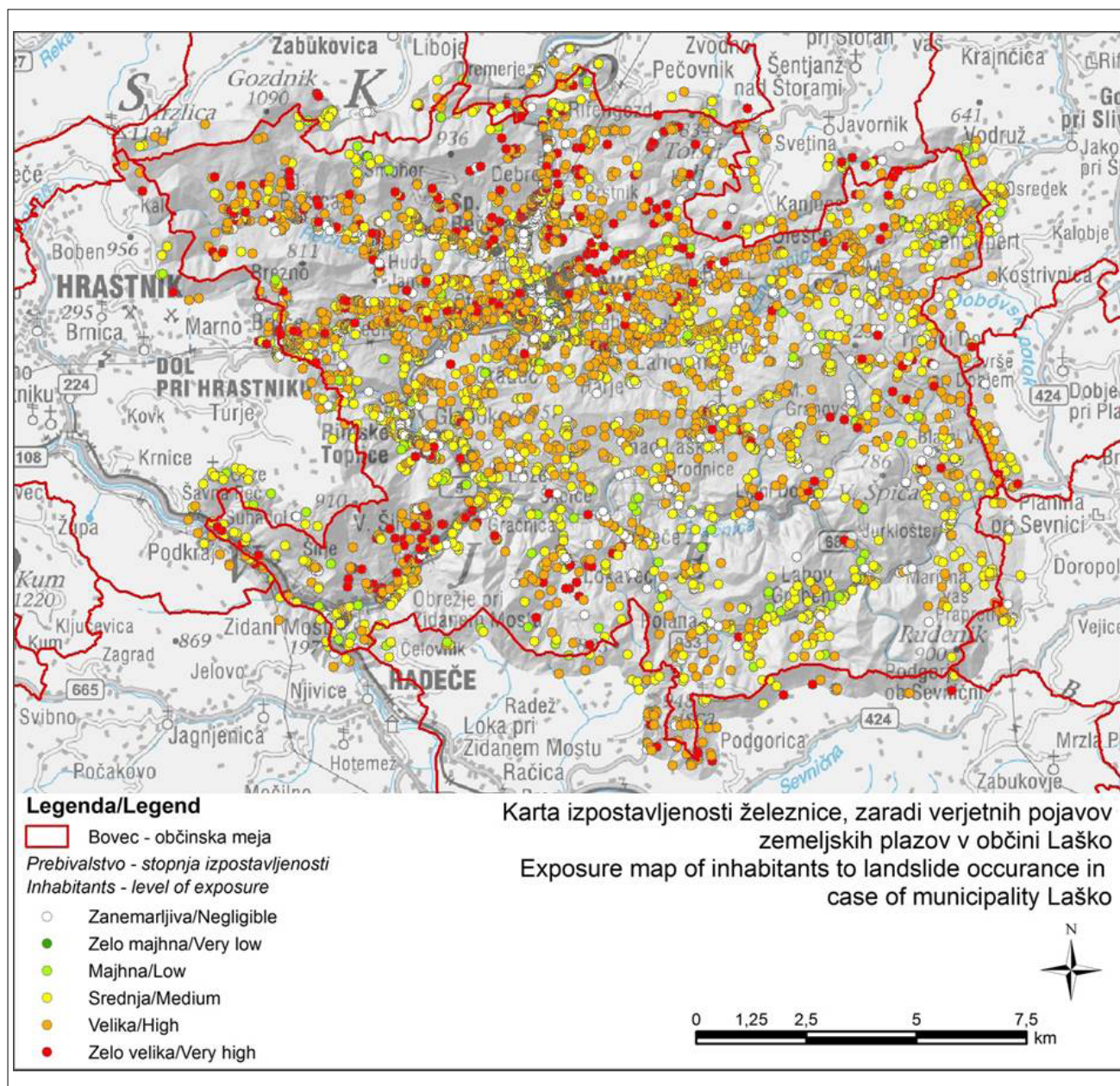
Sklep

Ocena izpostavljenosti nekega objekta je verjetnost, da se le-ta nahaja v območju nevarnosti in predstavlja eno izmed predhodnih faz izdelave ocene (in karte) ogroženosti. Izdelane karte in ocene izpostavljenosti zaradi zemeljskih plazov prebivalstva, objektov in infrastrukture predstavljajo poenostavljeno oceno ogroženosti, saj ne vključujejo izračunov ekonomske škode. Rezultati izpostavljenosti različnih elementov pojavom plazov in pravilna ocena ogroženosti ter vseh vmesnih členov (izpostavljenost) omogočajo racionalno in kvalitetno upravljanje z zemeljskimi



Sl. 7. Izpostavljenost infrastrukture zaradi pojavljanja zemeljskih plazov.

Fig. 7. Exposure of infrastructure to landslides.



Sl. 9. Karta izpostavljenosti prebivalstva zaradi verjetnih pojavov zemeljskih plazov v občini Laško (ŠINIGOJ et al., 2013b).

Fig. 9. Inhabitants exposure maps to potential landslide occurrence for the municipality Laško (ŠINIGOJ et al., 2013b).

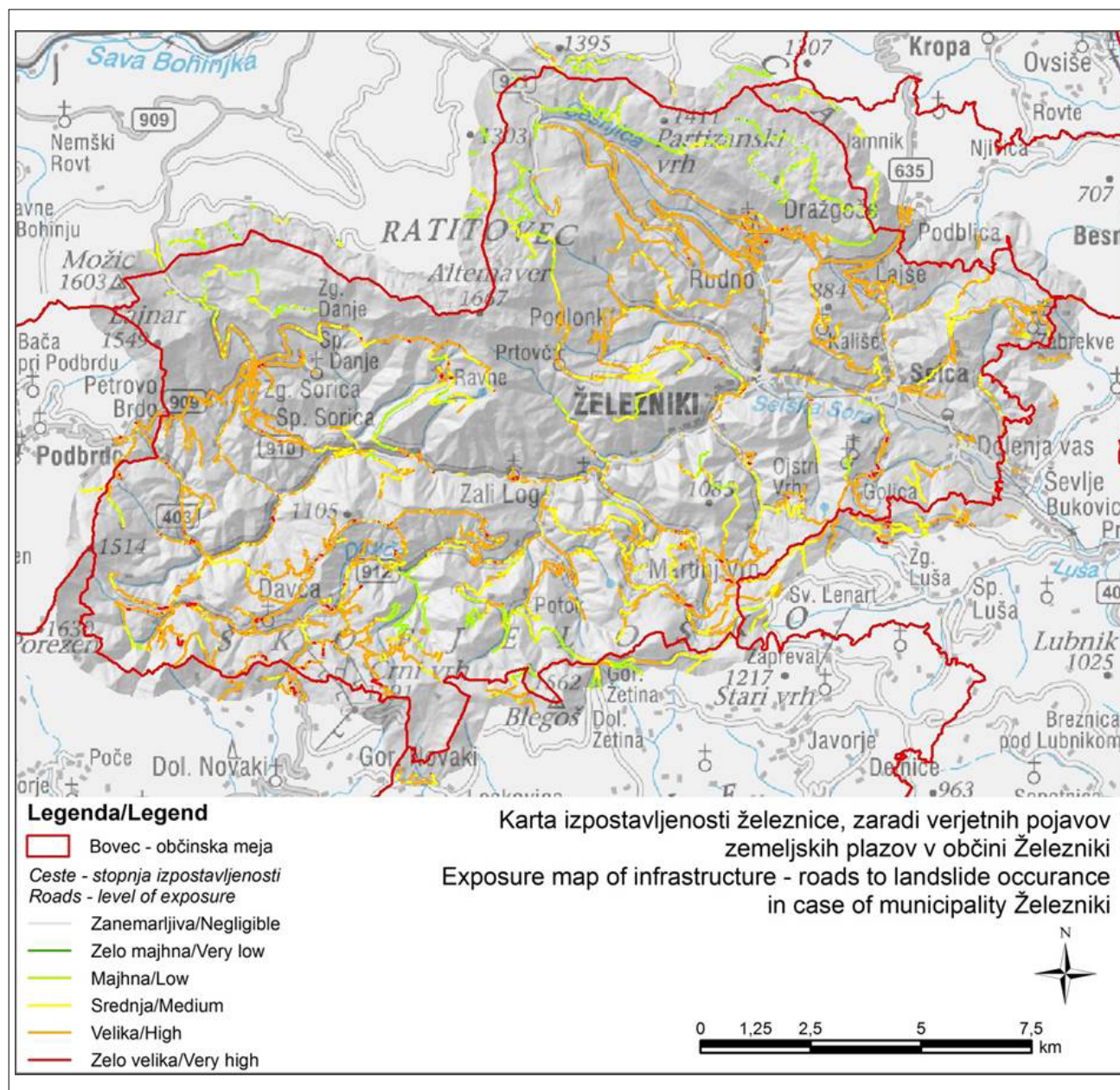
plazovi oziroma njihovimi posledicami. Tako karte izpostavljenosti predstavljajo dobro osnovo pri izdelavi nadaljnjih kart in ocen ogroženosti ter upravljanja z zemeljskimi plazovi, pri prostorskem načrtovanju in pri vzpostavljanju sistema za zgodnje opozarjanje za primer proženja zemeljskih plazov. Izdelane karte izpostavljenosti v merilu 1 : 25.000 so lahko tudi smernice končnemu uporabniku pri poseganju v prostor in varnejši gradnji objektov.

Zahvala

Raziskave so potekale v okviru raziskovalnega projekta MASPREM, ki ga je financiralo Ministrstvo za obrambo, Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje.

Viri in literatura

- BAVEC, M., BUDKOVIČ, T. & KOMAC, M. 2005: Geohazard - geološko pogojena nevarnost zaradi procesov pobočnega premikanja. Primer občine Bovec. *Geologija*, 48/2: 303–310, doi:10.5474/geologija.2005.025.
- BAVEC, M., ČARMAN, M., DURJAVA, D., JEŽ, J., KRIVIC, M., KUMELJ, Š., POŽAR, M., KOMAC, M., ŠINIGOJ, J., RIŽNAR, I., JURKOVŠEK, B., TRAJANOVA, M., POLJAK, M., CELARC, B., DEMŠAR, M., MILANIČ, B., MAHNE, M., OTRIN, J., ČERTALIČ, S., ŠTIH, J. & HRVATIN, M. 2012: Izdelava prostorske baze podatkov in spletnega informacijskega sistema geološko pogojenih nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja, poplavnih, erozijskih kart ter kart snežnih plazov. Pilotni projekt, Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.



Sl. 10. Karta izpostavljenosti cest zaradi verjetnih pojavov zemeljskih plazov v občini Železniki. (ŠINIGOJ et al., 2013b)

Fig. 10. Road exposure map to potential landslide occurrence for the municipality Železniki. (ŠINIGOJ et al., 2013b)

- DAI, F. C., LEE, C. F., NGAI, Y. Y. 2002: Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology*, 64: 65–87.
- FELL, R., COROMINAS, J., BONNARD, C., CASCINI, L., LEROI, E. & SAVAGE, W. Z. 2008: Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*, 102: 99–111.
- HOLLENSTEIN, K., 2005: Reconsidering the risk assessment concept: Standardizing the impact description as a building block for vulnerability assessment, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 5, 301–307. Internet: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/5/301/2005/>.
- KOMAC, M. 2005: Verjetnostni model napovedi nevarnih območij glede na premike pobočnih mas - primer občine Bovec. *Geologija*, 48/2: 311 – 340, doi:10.5474/geologija.2005.026.
- KOMAC, M., RIBIČIČ, M., ŠINIGOJ, J., KRIVIC, M. & KUMELJ, Š. 2005: Analiza pojavljanja plazov v Sloveniji in izdelava karte verjetnosti plazenj. Fazio poročilo, Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.
- KOMAC, M. & RIBIČIČ, M. 2006: Landslide susceptibility map of Slovenia at scale 1 : 250.000. *Geologija*, 49/2: 295–309, doi:10.5474/geologija.2006.022.
- KOMAC, M. 2006: A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. *Geomorphology*, 74/1–4: 17–28, doi: 10.1016/j.geomorph.2005.07.005.
- KOMAC, M. 2012: Regional landslide susceptibility model using the Monte Carlo approach – the case of Slovenia. *Geological Quarterly*, 56/1: 41–54.

- LEONE, F., ASTÉ, J. P., & LEROI, E. 1996: Vulnerability assessment of elements exposed to mass movements: working toward a better risk perception, in: Landslides, Glissements de terrain, Proceed. VII Int. Sym. Landslides, Trondheim, edited by: Senneset, K., Rotterdam, 263–270.
- MEJÍA-NAVARRO, M., WOHL, E.E. & OAKS, S.D. 1994: Geological hazard, vulnerability, and risk assessment using GIS: model for Glenwood Springs, Colorado, *Geomorphology* 10, 331–354.
- MIKOŠ, M., BATISTIČ, P., ĐUROVIĆ, B., HUMAR, N., JANŽA, M., KOMAC, M., PETJE, U., RIBIČIČ, M. & VILFAN, M. 2004: Metodologija za določanje ogroženih območij in način razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti zaradi zemeljskih plazov. Končno poročilo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- GURS 2005a: Podatki katastra stavb. Javne informacije Slovenije, Geodetska uprava Republike Slovenije, Ljubljana.
- GURS 2005b: Podatki zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture. Javne informacije Slovenije, Geodetska uprava Republike Slovenije, Ljubljana.
- SURS 2014: Prebivalstvo po starosti in spolu, občine, Slovenija, polletno. Statistični urad Republike Slovenije. Internet: http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=05C4002S&ti=&path=../Database/Dem_soc/05_prebivalstvo/10_stevilo_preb/20_05C40_prebivalstvo_obcine/&lang=2/ (25. 3. 2014).
- RAGOZIN, A.L. & TIKHVINSKY, I.O. 2000: Landslide hazard, vulnerability and risk assessment. In: BROMHEAD, E. DIXON, N. & IBSEN, M.L (eds.): *Proceedings of the 8th International Symposium on Landslides*. Cardiff, UK: 1257–1262.
- ŠINIGOJ, J., KOMAC, M., JEMEC AUFLIČ, M., PETERNEL, T., KRIVIC, M., POŽAR, M., PODBOJ, M., BAVEC, M., JEŽ, J., ČARMAN, M., OTRIN, J. & KRAJNIK, M. 2013a: Sistem zgodnjega opozarjanja za primer nevarnosti proženja zemeljskih plazov - MASPREM, Model verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov za območje Slovenije. Končno poročilo (delovni paket 1), Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.
- ŠINIGOJ, J., KOMAC, M., JEMEC AUFLIČ, M., PETERNEL, T., KRIVIC, M., POŽAR, M., PODBOJ, M., BAVEC, M., JEŽ, J., ČARMAN, M., OTRIN, J. & KRAJNIK, M. 2013b: Sistem zgodnjega opozarjanja za primer nevarnosti proženja zemeljskih plazov - MASPREM, Izdelava kart izpostavljenosti prebivalstva, objektov in infrastrukture vplivom zemeljskih plazov. Končno poročilo (delovni paket 2), Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.