

Vpliv prostorskih dejavnikov na pojavljanje plazov (analiza prekrivanja)

Influence of the spatial factors on the landslide occurrence (cross-tabulation statistics)

Marko KOMAC

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
E-mail: marko.komac@geo-zs.si

Ključne besede: plazovi, vplivni dejavniki, kritičen kot pojavljanja plazov

Key words: landslides, influence factors, critical angle of landslide occurrence

Kratka vsebina

Vedno bolj detajlni prostorski podatki omogočajo natančnejše prostorske analize in napovedi tveganj pred naravnimi nevarnostmi. Namen prispevka je bil ugotoviti uporabnost geoloških, topoloških, klimatskih ter hidroloških podatkov pri omenjeni problematiki. Določeni so bili vplivi omenjenih prostorskih dejavnikov na 614 kartiranih plazovih. Izkazalo se je, da na pojavljanje plazov najbolj vplivajo litološke lastnosti obravnavanega prostora, sledijo jim podatki o naklonu pobočja, njegovi ukrivljenosti, oddaljenosti od strukturnih elementov, oddaljenost od površinskih vod, orientacija pobočja in nadmorska višina pojava plazjenja. Določen je bil kritičen kot pojavljanja plazov, ki znaša 9°.

Abstract

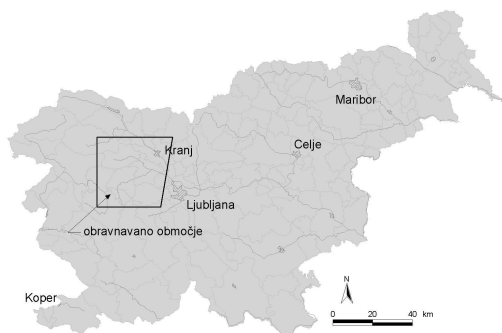
More and more detailed spatial data enable the scientists more precise and detailed spatial analysis' and with that the natural hazard risk assessment. The purpose of the paper was to determine the applicability of the geologic, topologic, climatic and hydrologic data with the mentioned topic. For this purpose, the area of the central Slovenia was chosen, where 614 landslides were mapped. The influence of the spatial factors on the landslides was determined. The results showed that the most influential factor was lithology, followed by slope inclination, terrain curvature, distance from structural elements, distance from surface waters, aspect, and elevation. The critical angle of landslide occurrence was determined at 9°.

Uvod

Ohranjanje kvalitete življenjskega okolja sodobnega človeka zahteva vedno večje poznavanje, napovedovanje in preprečevanje obvladljivih naravnih procesov. Vedno bolj detajlni prostorski podatki omogočajo natančnejše prostorske analize in napovedi tveganj pred naravnimi nevarnostmi, med katere sodijo tudi plazovi. Letno so plazovi po vsem

svetu vzrok okoli 1000 mrtvim in okoli 4 milijardam € škode (Singhroy et al., 2000), nekateri strokovnjaki (Alexander, 1993 in Van Westen, 1993b) pa predvidevajo, da te vrednosti iz leta v leto naraščajo. Prave posledice plazov se večinoma pojavijo šele nekaj časa po dogodku in se pokažejo v obliki ekonomsko-eksistencialnih problemov ter obremenjenosti občinskih in državnih proračunov. Vse skupaj kliče k boljšemu pozna-

vanju problematike in smotrnosti ugotavljanja vplivnih dejavnikov na pojavljanje plazov. Namen prispevka je bil ugotoviti uporabnost prostorskih podatkov pri napovedi prostorskega pojavljanja plazov. Za testno območje je bil izbran osrednji del Slovenije, med Preddvorom na SV in Idrijo na JZ (Slika 1). Na podlagi analiz vzorčnih plazov so bili določeni vplivi omenjenih prostorskih dejavnikov.

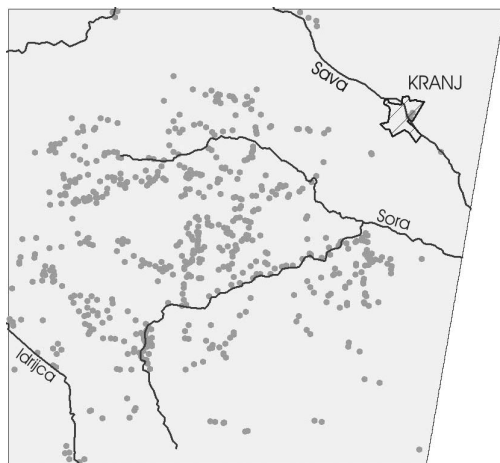


Slika 1 – Obravnavano območje (okoli 1220 km²)

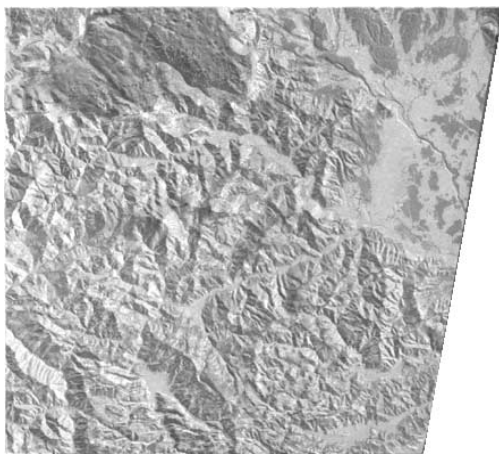
Uporabljeni prostorski podatki in vpliv faktorjev na pojavljanje plazov

Najosnovnejši in najpomembnejši podatki pri prostorski analizi tveganja pred plazovi so seveda podatki o znanih obstoječih plazovih. Podatkovna baza plazov na obravnavanem ozemlju je sestavljena iz katastra plazov, ki je bil izdelan na Inštitutu za geologijo, geotehniko in geofiziko (današnji Geološki zavod Slovenije) in dopolnjen z nekaterimi podatki iz arhiva podjetja Geoinženiring, d.o.o. V njej se nahaja 614 točkovno lociranih pojavov plazjenja na obravnavanem območju (Slika 2). Plazovi so bili razdeljeni na tipe plazenj; na fosilne plazove (11 %), na gibanja s prekinitvami (67,3 %), na počasna plazjenja (9,3 %) in na trenutne zdrse (9,8 %).

Digitalni model višin predstavlja del digitalnega modela reliefa, v katerem so zapisani podatki o višini točk v prostoru (Kvamme et al. 1997). Digitalni model višin (Slika 3), kot informacijski sloj, in njegove izpeljanke, naklon, ukrivljenost in usmerjenost pobočij ter nadmorska višina igrajo pri GIS modeliranju pomembnejšo vlogo. Kot pomemben vir podatkov se je izkazal tudi pri napovedovanju plazovitih območij. Uporabljeni so



Slika 2 – 614 točkovno lociranih pojavov



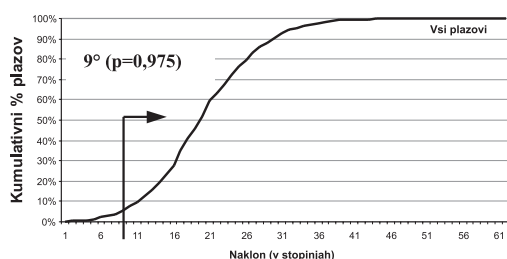
Slika 3 – DMV in satelitski posnetek plazjenja na obravnavanem območju

bili podatki InSAR DMV 25, ki so last Geodetske uprave Republike Slovenije.

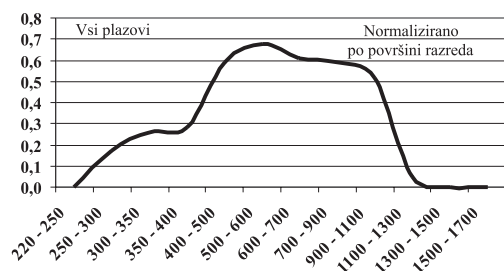
Različni avtorji spodnjo mejo pojavljanja plazov postavljajo različno; na 5,5° (Ricchetti, 2000), na 10° (Chung & Fabbri, 1999), na 14° (Bernkopf et al., 1988) in na 15° (Carrara, 1983; Rautela, 1999). Na obravnavanem območju so bili določeni koti kritičnih nagibov za posamezne tipe plazenj, za fosilne plazove ($\varphi \approx 10^\circ$), za gibanja s prekinitvami ($\varphi \approx 9^\circ$), za počasna plazjenja ($\varphi \approx 9^\circ$) za trenutne zdrse ($\varphi \approx 13^\circ$) ter za vse skupaj ($\varphi \approx 9^\circ$) (Slika 4).

Vrednosti na ordinatnih oseh na slikah 5 – 9 so orientacijske in predstavljajo vrednosti po normalizaciji po površini razredov. Axis values for ordinate axes in figures 5 – 9 are given as an orientation and are the result of the data normalisation by class area. (*Vsi plazovi* – All landslides); (*Normalizirano po površini razreda* – Normalised by the class area).

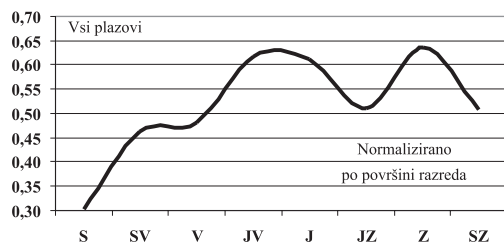
Obravnavano območje, ki sega na štiri geološke karte O GK1, Kranj (Grad & Ferjančič, 1974), Tolmin (Buser, 1987), Postojna (Buser, 1968) in Gorica (Buser et al., 1967), po katerih je bila tudi povzeta. Litostratigrafska razčlenitev območja je pestra in obsega kamnine v starostnem razponu od zgornjega karbona (C_2) do najmlaj-



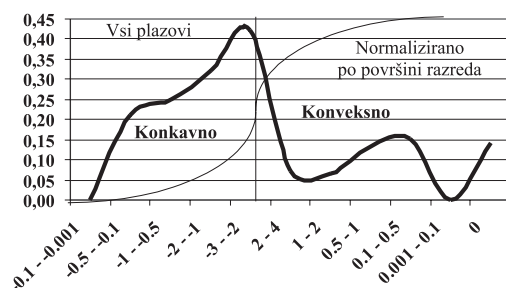
Slika 4 – Pojavljanje plazov glede na naklon pobočja.



Slika 5 – Večina plazov (97,5 %) se pojavlja med 300 in 1100 metrov n.m.š.



Slika 6 – Prevladujoče je pojavljanje plazov na prisojnih pobočjih.



Slika 7 – Prevladujoče pojavljanje plazov na strmih konkavnih pobočjih.

ših, holocenskih sedimentov (aluvij). Členi so bili končno združeni v 31 samostojnih litoloških enot, ki so služile kot osnova za razdelitev glede na trdnost. Pri določanju vpliva prostorskih dejavnikov na pojave plazov so bili upoštevani tudi strukturni elementi (Slika 8), ki se pojavljajo na geoloških kartah.

Največ plazov se, glede na površino člena, pojavlja na pobočnih gruščih, sledijo jim glinasti skrilavci s podrejeno drugimi kamninami, psevdosiljski skladi, peščenjaki z argiliti in tuč, grôdenski skladi, nanosi rek in potokov, kisli piroklastiti, apnenci z laporji, bazični piroklastiti ter konglomerat s peščenjaki.

Podatki o površinskih tokovih so bili zajeti z rastrske podlage, skanogramov TK 50 v lasti Geodetske uprave Republike Slovenije, po metodi ročne vektorizacije. Med zajemom so bili na osnovi novejših podatkov, digitalnega modela višin InSAR DMV 25 in satelitskih posnetkov v lasti Sovinformsputnik iz Rusije, vnešeni nekateri popravki in dodatki.

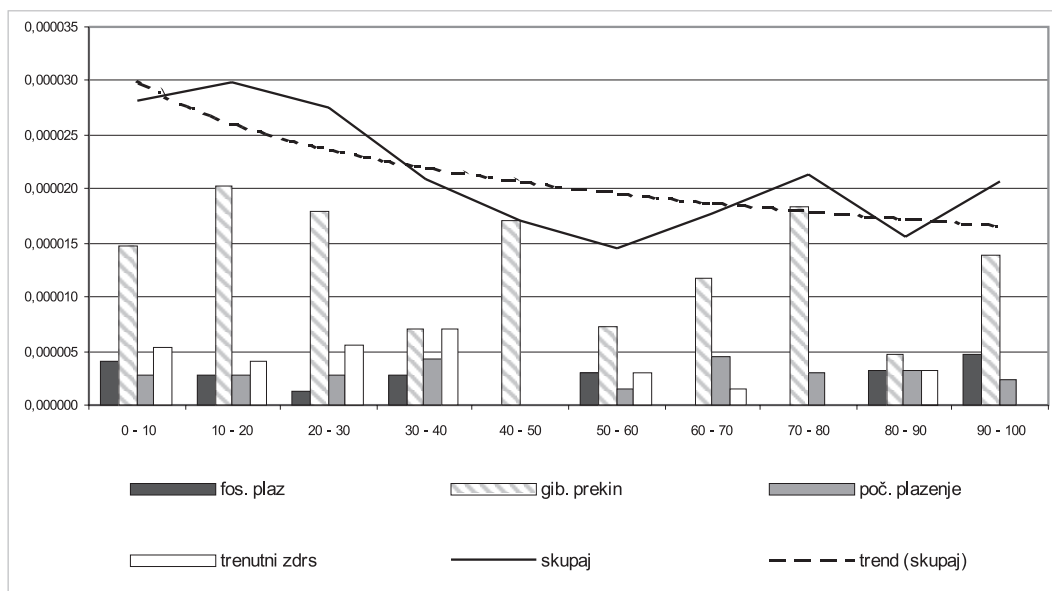
Poleg lokacije je v podatkovni bazi za beleženih še 24 drugih parametrov, ki opisujejo lastnost popisane plaz. Med njimi so tudi podatki o prisotnosti vlage oz. močil na območju posameznega plaz (Slika 10).

Zaključki

Posamezni in skupni vpliv dejavnikov na prostorsko pojavljanje plazov sta bila določena z nenadzirano klasifikacijo zloženek treh dejavnikov skupaj na nizu 293-ih učnih in nizu 321-ih testnih plazov. Najboljše rezultate, 73,8 % pravilno klasificiranih plazov,

Tabela 1 – Statistične vrednosti kotov porušitev za različne kamnine na obravnavanem območju. Zadnji stolpec predstavlja minimalne vrednosti brez ekstremov

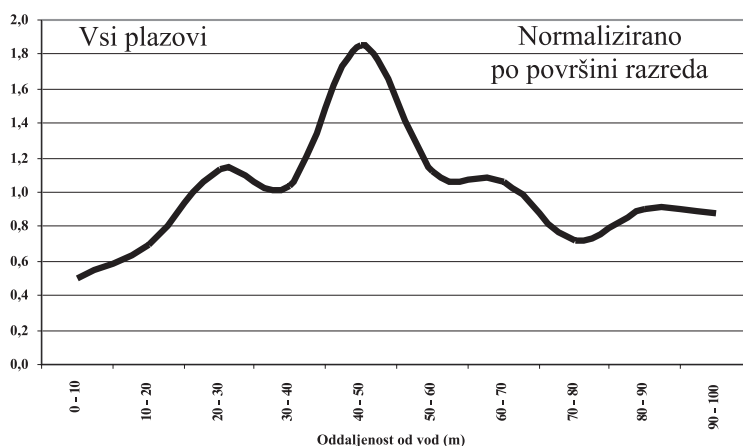
Litološki člen	n	Min	Max	Mediana	SD	Min (ekstr)
Nanosi rek in potokov	51	1,5°	32°	15°	6,6°	2,3°
Pobočni grušč	23	11,5°	37,3°	22°	5,2°	16°
Konglomeratni zasip	4	4°	20,4°	7,4°	7,4°	5,5°
Glinasti skrilavec, podrejeno dr. kamnine	257	1,7°	44°	18,7°	7,1°	4°
Apnenec in dolomit	33	13,3°	43°	27°	8,1°	16°
Dolomit	18	11,5°	36,3°	26,4°	7,8°	11,5°
Peščenjak, argilit, tuf	24	6,0°	32°	16°	6,1°	9,7°
Psevdoziljski skladi	61	5,7°	33°	20,7°	6,2°	6°
Kisli piroklastiti	18	9,0°	31,6°	24,4°	5,7°	13,6°
Laporni apnenec, dolomit, peščen glin..	33	9,7°	38,2°	23,7°	7,6°	11,6°
Grödenski skladi	72	5,7°	32°	20°	5,3°	10,7°



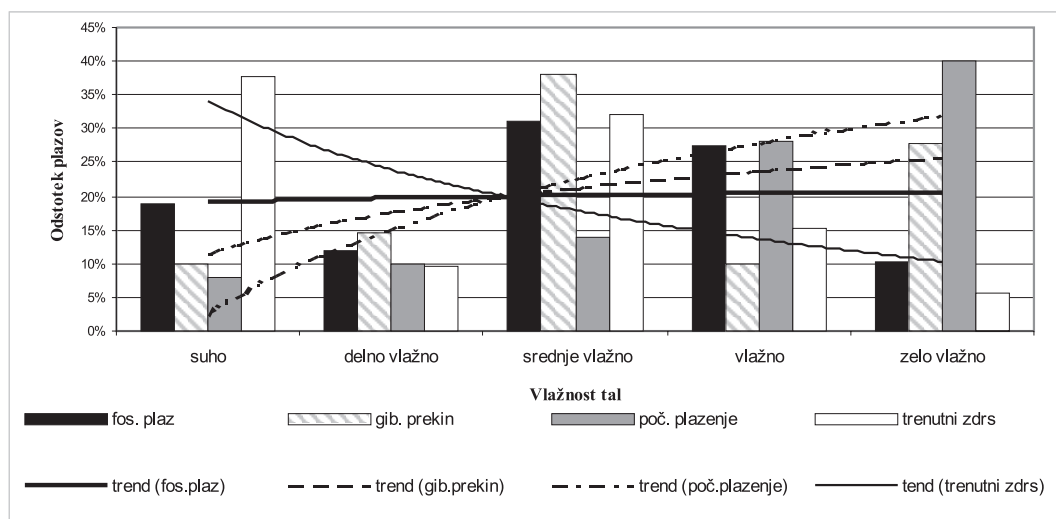
Slika 8 – Pojavljanje plazov glede na oddaljenost od strukturnih elementov. V pasu 100-ih metrov se nahaja 145 plazov (23,6 %); v pasu 30-ih metrov pa 63 plazov (10,3 %).

je dala kombinacija litologije, nagibov pobočij in njihove ukrivljenosti. Napaka ? je bila velika 13,8 % in napaka β 12,4 %. Po pomembnosti posameznih dejavnikov je na prvem mestu litologija, sledijo ji nagib pobočja, oddaljenost od strukturnih elementov, ukrivljenost pobočij. Slednji trije od upoštevanih vplivnih dejavnikov, oddaljenost od površinskih vod, orientacija pobočij in nadmorska višina niso bistveno vplivali na pojavljanje plazov.

Ob prikazanih rezultatih je potrebno upoštevati dejstvo, da na pojavljanje plazov vpliva mnogo dejavnikov in da je interakcija med njimi kompleksna, včasih zelo težko matematično izražena. Podatki, upoštevani v predstavljenem prispevku, so zaradi svojega merila splošne narave in prikazujejo generalne lastnosti območja. Lokalne lastnosti, kot so mikrotektonika, litološke nezveznosti, menjavanje plasti različnih kamnin, ki so na Osnovni geološki karti SFRJ prikazane kot



Slika 9 – Pojavljanje plazov glede na oddaljenost od površinskih vod. Največ se jih pojavlja v pasu 40-50 metrov.



Slika 10 – Pojavljanje plazov v odvisnosti od vlage oz. močil na plazišču.

homogen člen idr. lahko močno vplivajo na pojavljanje plazov. Tako so dani rezultati uporabljeni pri regionalnem prostorskem planiranju, pri prostorskih ureditvah državnega pomena in pri razvoju krajine ter okolja.

Literatura

Alexander, D. 1993: Natural disasters.- UCL Press Ltd., University College London, 632 pp, London.

Bernkopf, R. L., Campbell, R. H., Brookshire, D. S. & Shapiro, C. D., 1988: A probabilistic approach to landslide hazard mapping in Cincinnati, Ohio, with applications for economic evaluation.- *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, Vol. XXV, No. 1, International Association of Engineering Geology, p. 39-56, Dallas.

Buser, S. 1968: Osnovna geološka karta SFRJ, lista Gorica, 1:100.000.- Zvezni geološki zavod, Beograd.

Buser, S., 1987: Osnovna geološka karta SFRJ, list Tolmin in Videm, 1:100.000.- Zvezni geološki zavod, Beograd.

Buser, S., Grad, K., Pleničar, M., 1967: Osnovna geološka karta SFRJ, list Postojna, 1:100.000. Zvezni geološki zavod., Beograd.

Carrara, A. 1983: Multivariate models for landslide hazard evaluation.- *Mathematical Geology*, Vol. 15, Kluwer Academic Publishers, p. 403-426, Dordrecht.

Chung, C.-J. F. & Fabbri, A. G. 1999: Probabilistic Prediction Models for Landslide Hazard Mapping.- *Photogrammetric engineering and remote sensing*, Vol. 65(12), American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, p. 1389-1399, Falls Church.

Dhakal, A. S., Amada, T. & Aniya, M. 2000: Landslide hazard mapping and its evaluation using GIS: An investigation of sampling schemes for a grid-cell based quantitative method.- *Photogrammetric engineering and remote sensing*, Vol. 66(8), American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, p. 981-989, Falls Church.

Grad, K., Ferjančič, L., 1974: Osnovna geološka karta SFRJ, list Kranj, 1:100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd.

Kvamme, K., Oštir-Sedej, K., Stančič, Z. & Šumrada, R. 1997: Geografski informacijski sistemi.- Znanstvenoraziskovalni center

Slovenske akademije znanosti in umetnosti, 476 str., Ljubljana.

Ricchetti, E. 2000: Multispectral satellite image and ancillary data integration for geological classification.- *Photogrammetric engineering and remote sensing*, Vol. 66(4), American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, p. 429-435, Falls Church.

Van Westen, C. J. 1993b: Remote Sensing and Geographic Information Systems for Geological Hazard Mitigation.- *ITC-Journal*, 1993(4), ITC, p. 393-399, Enschede.

Splet

Singhroy, V., Van Westen, C.J., Banerjee, D., Wasowski, J., Lacoul, M., Okura, H., Mitchell, C. & Massonnet, D. 2000: Report of the Landslide Hazard Team – Executive Summary.- The CEOS Group, Committee on Earth Observation Satellites Disaster Management Support Group, USA.

(<http://disaster.ceos.org/landslide.htm>, 2001)