

Verjetnostni model napovedi nevarnih območij glede na premike pobočnih mas – primer občine Bovec

Probabilistic model of slope mass movement susceptibility – a case study of Bovec municipality, Slovenia

Marko KOMAC

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana; marko.komac@geo-zs.si

Ključne besede: geohazard, nevarnost, verjetnost, plazovi, podori, Bovec
Key words: geohazard, danger, susceptibility, landslide, rockfall, Bovec

Povzetek

Za območje občine Bovec je bil na podlagi karte geološko pogojenih nevarnosti v merilu 1 : 25.000 in na podlagi podatkov o drugih vplivnih prostorskih dejavnikih na pojave premikov pobočnih mas izdelan verjetnostni model napovedi nevarnih območij glede na omenjene pojave. Za namen analiz je bilo izdelanih 10816 modelov, 3142 za potencialna območja pojavov plazov in 7674 za potencialna območja pojavov podorov. V obeh primerih se je pokazalo, da sta geologija oz. litologija in naklon terena najpomembnejša vplivna dejavnika. Pri plazovih so se za vplivne dejavnike izkazali še raba tal in sinhronost vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij, pri podorih pa se je za pomembnega izkazala še sinhronost vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij.

Abstract

A probabilistic model of slope mass movement susceptibility for the Bovec municipality in north-western Slovenia was developed based on the expert geohazard map at scale 1 : 25.000 and several other relevant influence factors. For analytical purposes 10816 models were developed, 3142 for landslide susceptibility and 7674 for rockfall susceptibility. In both cases geology / lithology and slope angle showed to be the most important influence factors. Regarding landslides, additional important factors were land use and synchronism of strata bedding and slope aspect, and in the case of rockfalls additional important factor was synchronism of strata bedding and slope aspect.

Uvod

Namen analiz pojavljanja premikov pobočnih mas (npr. plazovi, drobirski tokovi, podori in p.) na območju občine Bovec je določiti vplivne dejavnike, ki pripomorejo k njihovem nastanku ter proučiti posamičen in skupni vpliv dejavnikov na pojave. V analizo so bili poleg klasičnih (geologija, naklon, ukrivljenost pobočij itd.) vključeni tudi podatki, ki do sedaj še niso bili

uporabljeni t.j. podatki o vpadih plasti. Eden od glavnih ciljev analiz je bila natančnejša opredelitev relativnega prispevka posameznega dejavnika na pojavljanje plazov ali podorov. Končni rezultat prostorskih analiz je bila izdelava verjetnostnega modela napovedi nevarnih območij glede na premike pobočnih mas na nivoju posamezne občine v merilu 1 : 25.000. Dobljeni rezultati niso koristni le na področju geologije oz. geološko pogojenih nevarnosti, temveč so uporabni

tudi na področju gozdarstva, v kmetijstvu, v gradbeništvu, v zavarovalništvu pri določanju zavarovalnih premij za objekte na nevarnejših območjih in pri prostorskem planiranju na nivoju občin.

Geografski opis

Občina Bovec se nahaja v severo-zahodnem delu Slovenije in s svojo severno in zahodno mejo meji na Italijo (Slika 1). Obsega 367,3 km² ter se razteza med 315 in 2864 metri nadmorske višine. V njenem osrednjem delu leži Bovška kotlina, glavni vodotoki na Bovškem pa so reka Soča in njeni stranski pritoki Lepenca, Koritnica, Slatenik in Učja. Za klimatske razmere v Zgornjem Posočju je značilno mešanje mediteranskega in alpskega vpliva, zaradi česar je klima relativno topla in vlažna. Meteorološki podatki za Bovec med leti 1961 in 1990 tako kažejo količino povprečnih padavin nad 2650 mm na leto. Podatek je bil izračunan na podlagi podatkov povprečnih letnih padavin za referenčno obdobje med leti 1961–1990, katerih lastnik je MOP-ARSO (Zupančič,

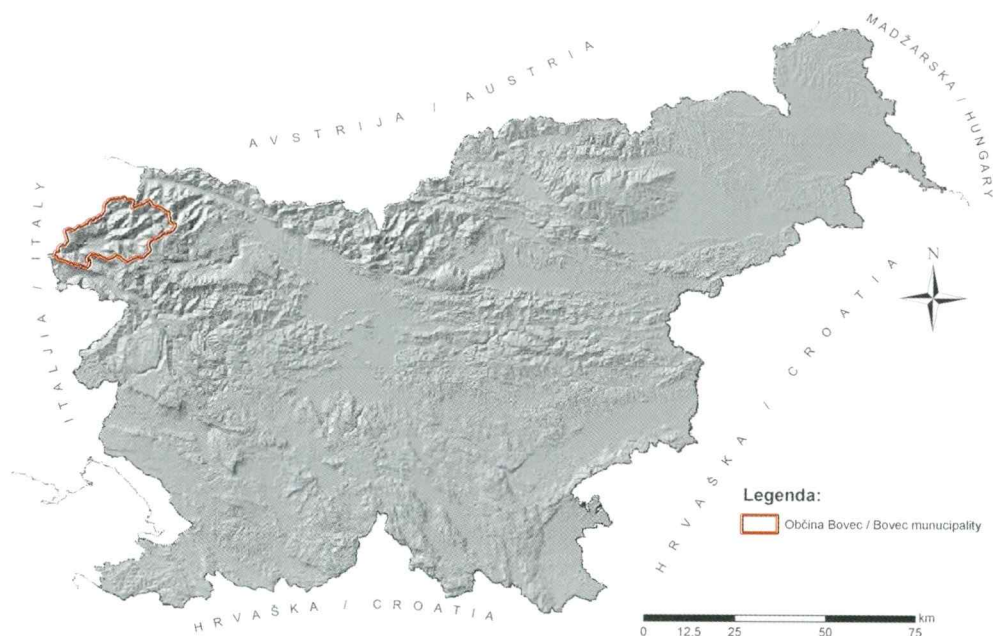
1995). Severni del občine Bovec je zgrajen večinoma iz karbonatnih kamnin, južni pa predvsem iz jurskih in krednih klastičnih ter karbonatnih kamnin (Budkovič, 2002).

Uporabljeni podatki

Vsi, v analizah uporabljeni podatkovni sloji, ki nosijo informacije o vplivnih prostorskih dejavnikih, se razprostirajo po celotnem obravnavanem območju občine Bovec, med koordinatami 377080,5 na zahodu in 410880,5 na vzhodu ter med 125716,39 na jugu in 145616,4 na severu Gauss-Krügerjevega koordinatnega sistema. Ločljivost podatkov je 25×25 metrov in obsegajo 1076192 celic (št. stolpcev 1352, št. vrstic 796), od tega 587715 celic z vrednostmi. Vplivi posameznih prostorskih dejavnikov na pojavljanje premikov pobočnih mas so opisani v Komac (2005a).

Plazovi in podori

Podatki o plazovih, med katere so bili uvrščeni tudi pojavi masnih tokov, so bili



Slika 1. Obravnavano območje – občina Bovec

Fig. 1. Study area – the Bovec municipality

sestavljani iz dveh tipov podatkov. Pri točkovnih podatkih so bile zajete le lokacije pojavov, najverjetneje centriidi izvornega območja, pri poligonskih t.j. ploskovno zajetih podatkih, pa so bila v analizo vključena območja zgornjih 25 % plazov, za katera je bilo ocenjeno, da tvorijo izvorna območja plazenj. Na območju občine Bovec se pojavlja 1040 celic plazov v inicialnem območju, od tega jih 671 predstavlja učni in 369 testni niz. Podori so prikazani/zajeti v točkovni obliki, skupaj pa jih je 83. 51 jih predstavlja učni in 32 testni niz. Pri obeh tipih premikov pobočnih mas sta bili populaciji naključno razdeljeni na učni in testni niz. V preglednici 1 so povzete lastnosti podatkov o plazovih in podorih, na sliki 2 pa so prikazane njihove lokacije v občini Bovec. Oboji podatki so bili povzeti po Budkoviču (2002) in delno po

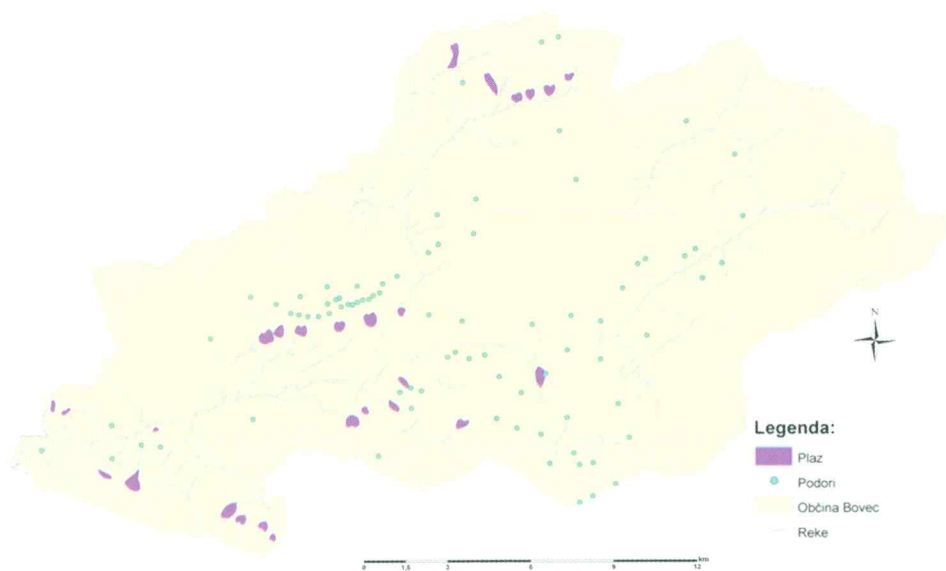
v bazi zemeljskih plazov GIS_UJME (Komač et al., 2005).

Geologija – litologija

Večidel bovške občine pokriva list Osnovne geološke karte SFRJ Beljak in Ponteba (Jurkovšek, 1987a), južni del občine pa pokriva list Tolmin in Videm (Buser, 1987). Geološke razmere so natančneje opisane v Jurkovšek (1987b) in Buser (1986). Za osnovo je služila karta geološko pogojene nevarnosti za občino Bovec v merilu 1 : 25.000 (Budkovič, 2002), kjer so formacije oz. členi tudi podrobneje opisani. Na območju občine Bovec je določil 28 različnih geoloških formacij od triasne od kvartarne starosti in jih predstavil skozi luč strokovne ocene geološko pogojene nevarnosti. Pregle-

Preglednica 1. Razdelitev populacije plazov in podorov na območju občine Bovec za namen izdelave verjetnostnega modela napovedi nevarnih območij glede na premike pobočnih mas.

	Učni niz	Testni niz	Skupaj	Tip podatkov	Opombe
Plazovi	671	369	1040	ploskovni in točkovni	pri ploskovnih uporabljena le inicialna območja (zgornjih 25 %)
Podori	51	32	83	točkovni	-



Slika 2. Lokacije znanih plazov in podorov v občini Bovec

Fig. 2. Landslide and rockfall locations in the Bovec municipality

dnica 2 podaja pojavljanje geoloških formacij na območju občine Bovec, geološka formacijska karta pa je prikazana na sliki 3.

Digitalni model višin in njegove izpeljanke

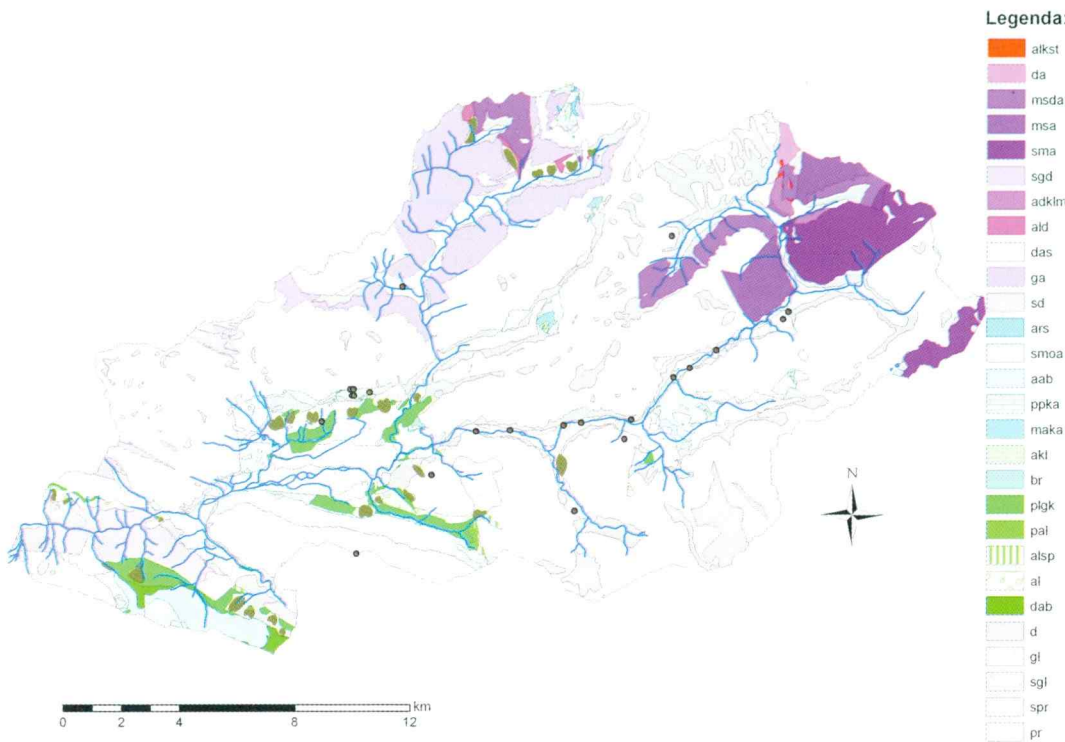
Za osnovo so služili podatki digitalnega modela višin Slovenije z ločljivostjo 25 metrov, (GURS, 2000). Podatki so bili pridobljeni z radarskim snemanjem površja. Model višin je bil izdelan iz šestindvajsetih posnetkov ERS 1 in 2. Za izdelavo približno štiridesetih delnih modelov višin je bila uporabljena metoda interferometrije. Delni modeli

so bili združeni s koherentno obteženim združevanjem ob istočasnem prilagajanju grobem zunanemu modelu, t.j. po 100-metrskemu digitalnemu modelu višin Slovenije. Boljše pokrivanje so dosegli z uporabo podatkov iz dvigajoče in padajoče orbite oziroma podatkov snemanja vzhodnega in zahodnega pobočja posamezne vzpetine ter podatkov iz DMV 100 z majhno obtežitvijo¹. Povprečna višinska natančnost modela je za ravninska območja okoli 2 m, za zmerno razgiban relief okoli 5 m in za hribovit relief okoli 10 m. Za celotno Slovenijo znaša povprečna višinska natančnost okoli 5 m. V goratih območjih se lahko pojavijo grobe na-

Preglednica 2. Pojavljanje geoloških formacij na območju občine Bovec.

Št. celic formacije	Površina formacije (%)	Opis formacije	Oznaka
176	0,03%	Apnenec z rožencem, lapornati apnenec, apneni peščenjak, lapor, skrilavec in tuf	alkst
1136	0,19%	Skladnati dolomit in apnenec	da
13095	2,23%	Masivni in skladnati dolomit in apnenec	msda
9505	1,62%	Masivni in skladnati apnenec	msa
19216	3,27%	Skladnati in masivni apnenec	sma
33761	5,74%	Skladnati glavni dolomit	sgd
1361	0,23%	Apnenec, apnenec z rožencem, dolomit, kalkarenit, lapor in meljevec	adklm
1022	0,17%	Apnenec, lapor, dolomit in dolomit z rožencem	ald
299660	50,99%	Skladnati dachsteinski apnenec s plastmi dolomita	das
934	0,16%	Grebenski apnenec	ga
21679	3,69%	Skladnati dolomit	sd
189	0,03%	Mikritni, krinoidni in lapornati apnenec, roženec, radiolarit in manganov skrilavec	ars
21169	3,60%	Skladnati mikritni in oolitni apnenec	smoa
7469	1,27%	Mikritni in krinoidni apnenec in apnenčeva breča	aab
792	0,13%	Ploščati in plastnati mikritni in krinoidni apnenec z rožencem	ppka
448	0,08%	Plastnati in ploščati mikritni apnenec, krinoidni apnenec in roženec	maka
464	0,08%	Ploščati mikritni apnenec z rožencem, kalkarenit in lapor	akl
434	0,07%	Breča	br
11781	2,00%	Peščenjak, lapor, glinovec, konglomerat	plgk
355	0,06%	Rdečkasti ploščati apnenec, lapor, pole in gomolji roženca	pal
652	0,11%	Apnenec, kalkarenit, lapor, skrilavec, peščenjak, roženec	alsp
4161	0,71%	Apnenec z redkimi lečami roženca, laporni apnenec, lapor	al
1721	0,29%	Debelozrnata apnenčeva breča	dab
61993	10,55%	Melišče	d
50085	8,52%	Nesprijeta morena	gl
2924	0,50%	Starejša sprijeta morena z večjimi in manjšimi bloki karbonatnih kamnin	sgl
8760	1,49%	Sprijeti prod	spr
12781	2,17%	Nesprijeti prod	pr

¹ Digitalni model višin je bil izdelan z uteženim povprečenjem interferogramov. Zaradi uporabe tudi manj natančnega modela DMV 100 pri uteženju so slednjemu pripisali manjšo težo (Oštir, 2000).



Slika 3. Geološka formacijska karta občine Bovec (Budkovič, 2002). Oznake formacij so razložene v preglednici 2. Na sliki so reke vrisane z modro, območja plazov pa z rjavo barvo.

Fig. 3. Geological formation map of Bovec municipality (Budkovič, 2002). Rivers are represented with blue, and landslides with brown colour.

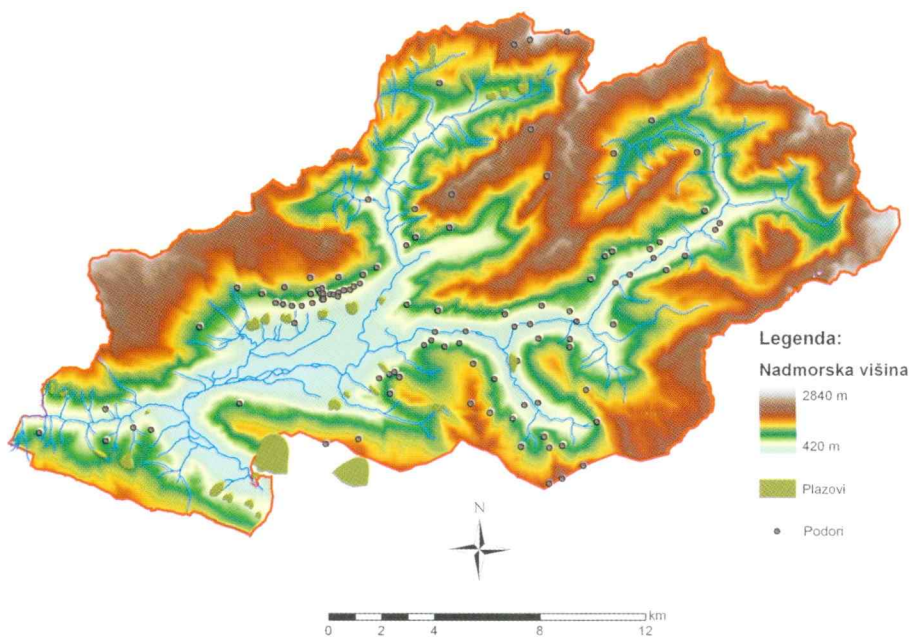
pake, ki presegajo 50 m (Oštir, 2001; osebni kontakt). Velikost celic podatkovnega sloja digitalnega modela višin je 25 metrov, kar pogojuje natančnost samega DMV-ja in njegovih izpeljank. Še posebej pridejo do izraza napake, nastale pri izdelavi izpeljank, saj so

te že druga stopnja generalizacije podatkov. Napake so posledica povprečja območij z rečnimi terasami oz. obrežij, ki so dejansko strmejša kot to prikazujejo podatki. Z zavestnim pristopom se lahko takim napakam izognemo. Preglednica 3 podaja lastnosti,

Preglednica 3. Lastnosti, opis in uporabnost izpeljank iz digitalnega modela višin (prirejeno po Gorševski et al., 2000a in 2000b).

LASTNOST	OPIS	POMEMBNOST
Naklon	Gradient pobočja	Jakost površinskega in podzemnega toka in erozije ¹ precipitacija, vegetacija, geomorfologija, zasičenost tal z vodo, primernost tal za uporabo
Nadmorska višina	Višina	Klima, vegetacija, potencialna energija.
Orientacija/usmerjenost	Azimut	Osončenost, evapotranspiracija, gostota flore in favne, uporabnost zemljišč za kmetijske namene, smer stekanja površinskih vod.
Ukrivljenost	Konveksnost/konkavnost	Pospeševanje toka, stopnja erozije/odlaganja, geofiziografija
Hidrografska mreža	Površinske vode	Oddaljenost od površinskih vod, transportna pot mase, erozijska moč.
Grebeni	Slemenitev pobočij	Oddaljenost od grebenov, hitrost odtokanja vod, potencialna energija, pripadnost porečju.

¹Na kraških območjih ni korelacije med naklonom ter jakostjo površinskega in podzemnega toka in erozije.



Slika 4. Karta nadmorskih višin za območje občine Bovec
Fig. 4. Elevation map of Bovec municipality

opis in uporabnost izpeljank iz digitalnega modela višin.

Izpeljanke, ki so bile uporabljene za prostorsko analizo pojavljanja plazov in podo-rov, so višinska lega pojavov, naklon po-bočij, njihova ukrivljenost (konveksnost/konkavnost) in usmerjenost.

Nadmorska višina

Vrednosti podatkovnega sloja nadmorskih višin za območje občine Bovec se raztezajo med 315 in 2838 metri. V preglednici 4 je

predstavljena porazdelitev površin glede na nadmorsko višino (razredi po 100 metrov), na sliki 4 pa je prikazana karta nadmorskih višin za občino Bovec.

Naklon pobočij

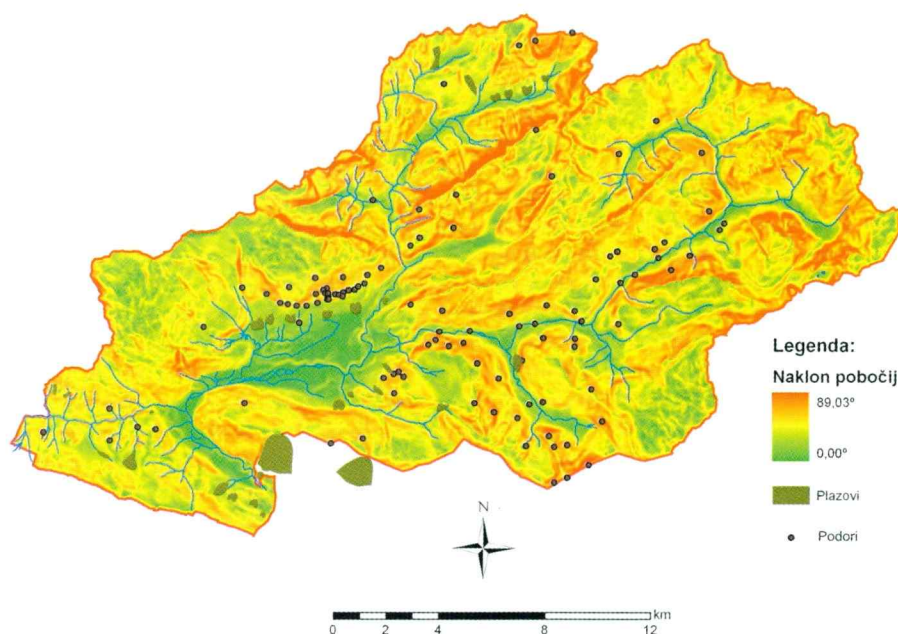
Vrednosti naklonov so porazdeljene med 0 ° in 89,03°. V preglednici 5 je predstavljena porazdelitev površin glede na naklon pobo-čij, na sliki 5 pa je prikazana karta naklonov za občino Bovec.

Preglednica 4. Porazdelitev površin obravnavanega območja glede na razrede nadmorskih višin po 100 metrov.

Razred (m)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)	Razred (m)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)	Razred (m)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)
300 - 400	32847	5,59%	1200 - 1300	38172	6,49%	2100 - 2200	11240	1,91%
400 - 500	27915	4,75%	1300 - 1400	38453	6,54%	2200 - 2300	4194	0,71%
500 - 600	29080	4,95%	1400 - 1500	34171	5,81%	2300 - 2400	6275	1,07%
600 - 700	32102	5,46%	1500 - 1600	31820	5,41%	2400 - 2500	1454	0,25%
700 - 800	30989	5,27%	1600 - 1700	33024	5,62%	2500 - 2600	267	0,05%
800 - 900	34072	5,80%	1700 - 1800	28364	4,83%	2600 - 2700	97	0,02%
900 - 1000	35938	6,11%	1800 - 1900	25566	4,35%	2700 - 2800	42	0,01%
1000 - 1100	35697	6,07%	1900 - 2000	22128	3,77%	2800 - 2900	16	0,00%
1100 - 1200	36370	6,19%	2000 - 2100	17422	2,96%			

Preglednica 5. Porazdelitev površin obravnavanega območja glede na razrede naklonov.

Razred (°)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)	Razred (m)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)	Razred (°)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)
0 - 2	8553	1,46%	29 - 32	50861	8,65%	59 - 62	6721	1,14%
2 - 5	13295	2,26%	32 - 35	52627	8,95%	62 - 65	3912	0,67%
5 - 8	12125	2,06%	35 - 38	50433	8,58%	65 - 68	1686	0,29%
8 - 11	15302	2,60%	38 - 41	44726	7,61%	68 - 71	446	0,08%
11 - 14	18592	3,16%	41 - 44	38117	6,49%	71 - 74	133	0,02%
14 - 17	23332	3,97%	44 - 47	31033	5,28%	74 - 77	25	0,00%
17 - 20	27738	4,72%	47 - 50	24728	4,21%	77 - 80	15	0,00%
20 - 23	33013	5,62%	50 - 53	18950	3,22%	80 - 83	19	0,00%
23 - 26	40109	6,82%	53 - 56	13779	2,34%	83 - 86	324	0,06%
26 - 29	45592	7,76%	56 - 59	10316	1,76%	86 - 90	1213	0,21%



Slika 5. Karta naklonov pobočij za območje občine Bovec

Fig. 5. Slope map of Bovec municipality

Ukrivljenost pobočij

Vrednosti za podatkovni sloj "ukrivljenost" se raztezajo med -5,28 in 11,68 in so brez enot. V preglednici 6 je predstavljena porazdelitev površin glede na ukrivljenost pobočij, na sliki 6 pa je prikazana karta ukrivljenosti za občino Bovec.

Usmerjenost pobočij

Vrednosti usmerjenosti pobočij se raztezajo med 0° in 359,99° (raven teren, ki obse-

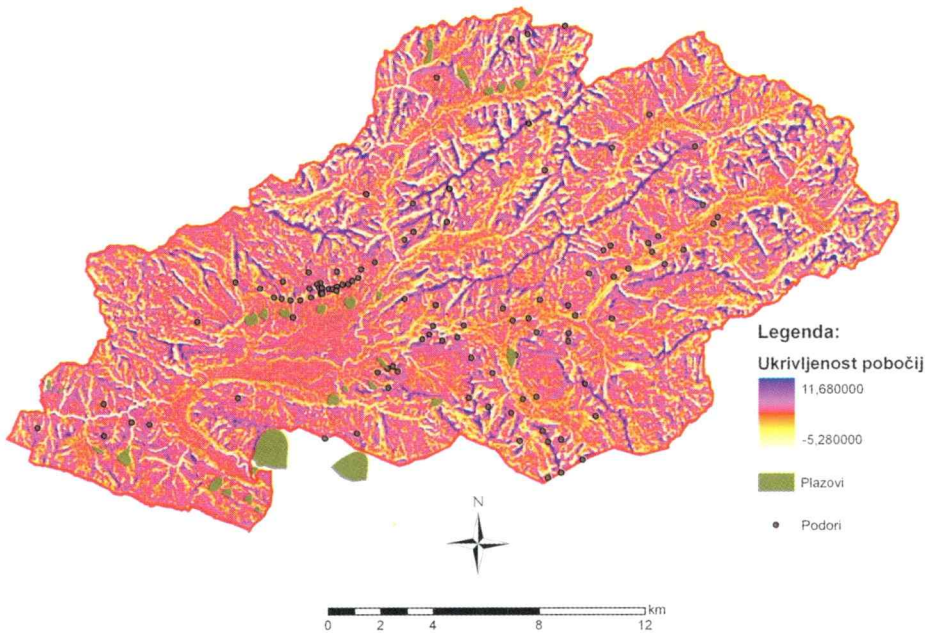
ga 0,556 km², ima vrednost -1). V preglednici 7 je predstavljena porazdelitev površin glede na usmerjenost pobočij, na sliki 7 pa je prikazana karta usmerjenosti za občino Bovec.

Oddaljenost od površinskih tokov

Vrednosti podatkovni sloj "Oddaljenost od površinskih tokov" se raztezajo med 0 in 4087,17 metrov. Originalni podatki so bili zaradi eksponentnega večanja površine oddaljenih razredov logaritmirani. V pregle-

Preglednica 6. Porazdelitev površin obravnavanega območja glede na razrede ukrivljenosti pobočij.

Razred (ukrivljenost)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)	Razred (ukrivljenost)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)	Razred (ukrivljenost)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)
-8 - -4 (konkavno)	59	0,01%	-0.5 - -0.1	162895	27,72%	1 - 2	36689	6,24%
-4 - -2	6108	1,04%	-0.1 - 0.1	67512	11,49%	2 - 4	10868	1,85%
-2 - -1	35835	6,10%	0.1 - 0.5	139982	23,82%	4 - 8	275	0,05%
-1 - -0.5	70257	11,95%	0.5 - 1	57222	9,74%	8 - 12 (konveksno)	13	0,00%



Slika 6. Karta ukrivljenosti pobočij za območje občine Bovec
Fig. 6. Curvature map of Bovec municipality

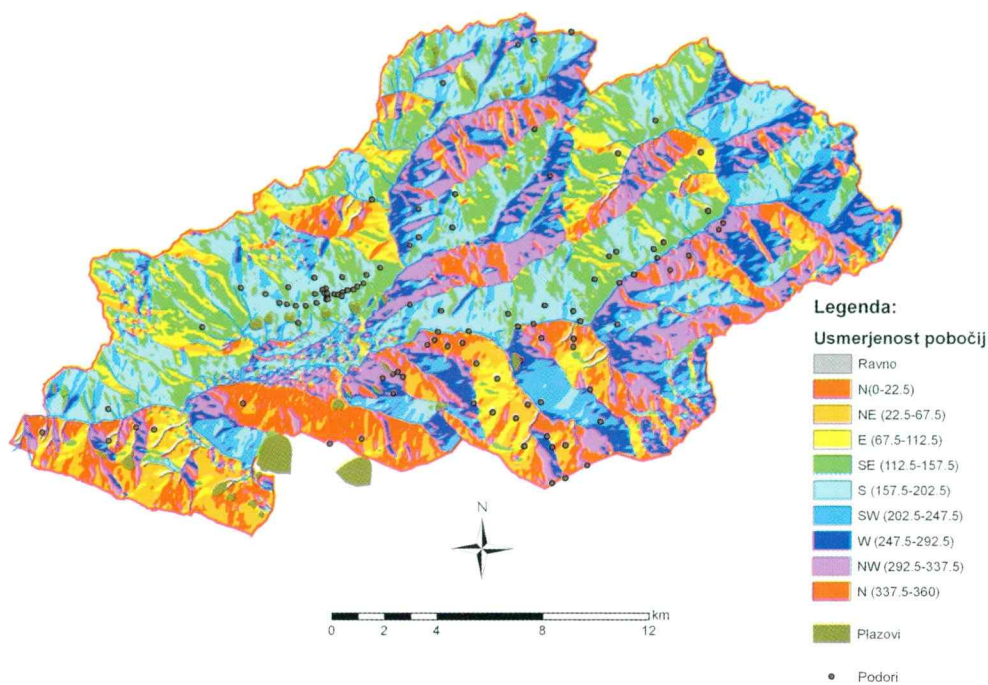
Preglednica 7. Porazdelitev površin obravnavanega območja glede na razrede usmerjenosti pobočij. V oklepajih so podane angleške oznake za strani neba.

Razred	Razred (°)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)	Razred	Razred (°)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)
S (N)	337.5 - 22.5	79174	13,49%	J (S)	157.5 - 202.5	109818	18,71%
SV (NE)	22.5 - 67.5	57870	9,86%	JZ (SW)	202.5 - 247.5	65107	11,09%
V (E)	67.5 - 112.5	44853	7,64%	Z (W)	247.5 - 292.5	58087	9,90%
JV (SE)	112.5 - 157.5	94663	16,13%	SZ (NW)	292.5 - 337.5	77253	13,16%

dnici 8 je predstavljena porazdelitev površin glede na oddaljenost lokacije od površinskih tokov, na sliki 8 pa je prikazana karta oddaljenosti od površinskih tokov za občino Bovec.

Oddaljenost od strukturnih elementov

Vrednosti za podatkovni sloj “Oddaljenost od strukturnih elementov” se raztezajo med 0 in 1621,15 metrov. Originalni podatki



Slika 7. Karta usmerjenosti pobočij za območje občine Bovec
Fig. 7. Slope aspect map of Bovec municipality

Preglednica 8. Porazdelitev površin obravnavanega območja glede na razrede oddaljenosti od površinskih tokov.

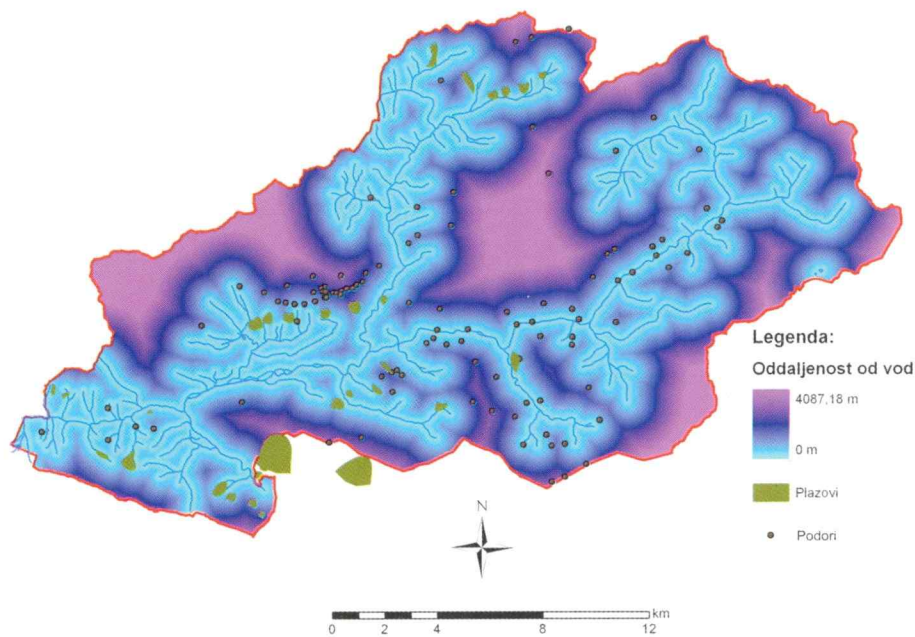
Razred (m)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)	Razred (m)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)
0-25	28685	4,88%	300-350	24744	4,21%
25-50	6662	1,13%	350-400	19961	3,40%
50-100	38150	6,49%	400-450	20728	3,53%
100-150	38663	6,58%	450-500	20910	3,56%
150-200	29161	4,96%	500-1000	140211	23,86%
200-250	26478	4,51%	> 1000	167297	28,47%
250-300	26065	4,43%			

so bili zaradi eksponentnega večanja površine oddaljenih razredov logaritmirani. V preglednici 9 je predstavljena porazdelitev površin glede na oddaljenost lokacije od strukturnih elementov, na sliki 9 pa je prikazana karta oddaljenosti od strukturnih elementov za občino Bovec.

Sinhronost usmerjenosti pobočij z vpadi plasti

Pridobitev informacije o sinhronosti vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij je bila

sestavljena iz dveh korakov. V prvem so bile za celotno raziskovano območje izračunane vrednosti smeri in naklonov vpadov z metodo inverzne obtežitve z razdaljo (*ang. Inverse Distance Weighted method*), nato pa so bile primerjane z usmeritvijo pobočij. Pomanjkljivost tega pristopa je bilo dvo-razsežnostno obravnavanje podatkov o vpadu plasti oz. upoštevanje le podatkov o smeri vpada plasti. Kakovostnejši in zato tudi bolj uporabni bi seveda bili podatki, izračunani v prostoru, kjer bi bila upoštevana smer in kot vpada plasti. Vrednosti za podatkovni



Slika 8. Karta oddaljenosti od površinskih tokov (vod) za območje občine Bovec
Fig. 8. Distance to surface rivers map of Bovec municipality

Preglednica 9. Porazdelitev površin obravnavanega območja glede na razrede oddaljenosti od strukturnih elementov.

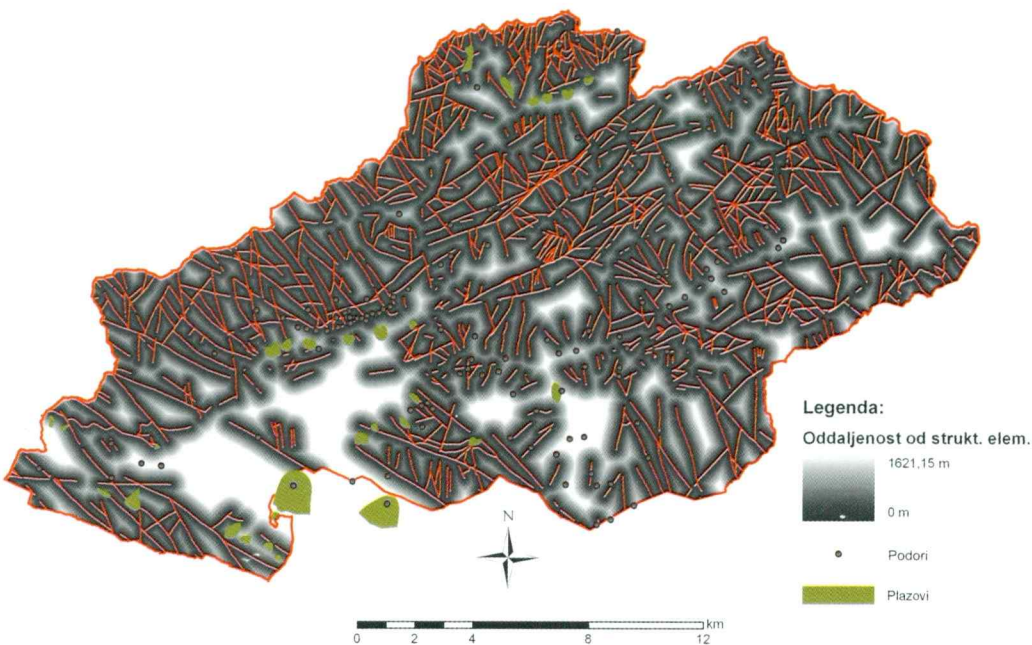
Razred (m)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)	Razred (m)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)
0-25	94668	16,11%	300-350	28852	4,91%
25-50	23991	4,08%	350-400	18565	3,16%
50-100	113648	19,34%	400-450	15332	2,61%
100-150	94634	16,10%	450-500	12021	2,05%
150-200	60528	10,30%	500-1000	37187	6,33%
200-250	45853	7,80%	> 1000	6697	1,14%
250-300	35739	6,08%			

sloj “vpadi plasti” se raztezajo med 0° in 357,0° (Preglednica 10). Vrednosti za podatkovni sloj “razlika med usmerjenostjo pobočij in vpadi plasti” se raztezajo med -345,23° in 359,54°. V preglednici 10 je predstavljena porazdelitev površin glede na razrede vpadov plasti, na sliki 10 pa je prikazana karta sinhronosti vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij za občino Bovec.

Vrednosti podatkovnega sloja “razlika med usmerjenostjo pobočij in vpadi plasti” so bile združene v nove razrede kot je prikazano v preglednici 11, preglednica 12 pa podaja porazdelitev površin obravnavanega

Preglednica 10. Porazdelitev površin obravnavanega območja glede na razrede vpadov plasti.

Razred (°)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)
0 - 45	19749	3,37%
45 - 90	66274	11,30%
90 - 135	92654	15,80%
135 - 180	28792	4,91%
180 - 225	94175	16,06%
225 - 270	183853	31,36%
270 - 315	89035	15,18%
315 - 360	11815	2,02%



Slika 9. Karta oddaljenosti od strukturnih elementov za območje občine Bovec
 Fig. 9. Distance to structural elements map of Bovec municipality

Preglednica 11. Novi razredi za vrednosti razlik med usmerjenostjo pobočij in vpadi plasti.

#	Razlika med usmerjenostjo pobočij in vpadi plasti (°)	Oznaka razreda	#	Razlika med usmerjenostjo pobočij in vpadi plasti (°)	Oznaka razreda
1	-337,5 - -360	1	17	0 - 22,5	1
2	-315 - -337,5	2	18	22,5 - 45	2
3	-292,5 - -315	3	19	45 - 67,5	3
4	-270 - -292,5	4	20	67,5 - 90	4
5	-247,5 - -270	4	21	90 - 112,5	4
6	-225 - -247,5	5	22	112,5 - 135	5
7	-202,5 - -225	6	23	135 - 157,5	6
8	-180 - -202,5	7	24	157,5 - 180	7
9	-157,5 - -180	7	25	180 - 202,5	7
10	-135 - -157,5	6	26	202,5 - 225	6
11	-112,5 - -135	5	27	225 - 247,5	5
12	-90 - -112,5	4	28	247,5 - 270	4
13	-67,5 - -90	4	29	270 - 292,5	4
14	-45 - -67,5	3	30	292,5 - 315	3
15	-22,5 - -45	2	31	315 - 337,5	2
16	0 - -22,5	1	32	337,5 - 360	1

območja glede na razrede sinhronosti vpadov plasti z usmeritvijo pobočij.

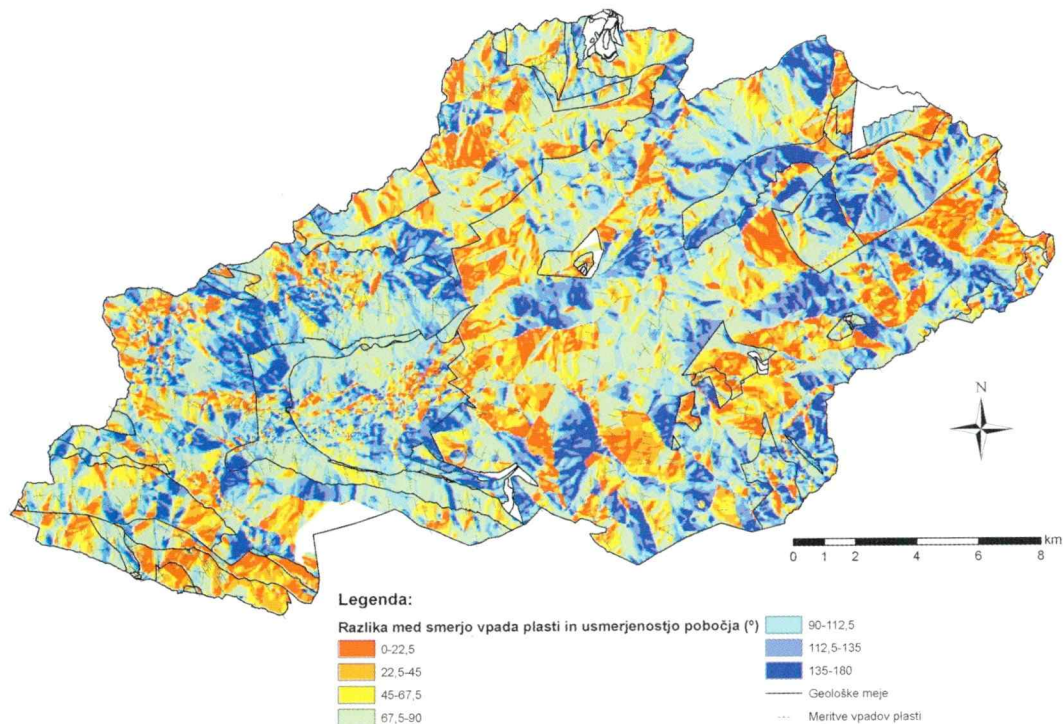
Raba tal

Razredi v podatkovnem sloju “raba tal” predstavljajo površinske tipe na območju ob-

čine Bovec (Preglednica 13). Šifrant je numerični, štiri stopenjski, kjer si po vrsti sledijo oznake od najvišjega reda klasifikacije, do najnižjega (“K1””K2””K3””K4”). Podatki so povzeti po bazi rabe tal (MKGP, 2002). V preglednici 14 je predstavljena porazdelitev površin glede na razrede rabe tal, na

Preglednica 12. Porazdelitev površin obravnavanega območja glede na razrede sinhronosti vpadov plasti z usmeritvijo pobočij.

Oznaka razreda	Razred (°)	Št. celic razreda	Površina razreda (%)
1	0 - 22,5	57380	9,96%
2	22,5 - 45	67894	11,79%
3	45 - 67,5	76162	13,23%
4	67,5 - 90	173192	30,07%
5	90 - 112,5	77641	13,48%
6	112,5 - 135	63657	11,05%
7	135 - 180	59955	10,41%



Slika 10. Karta sinhronosti vpadov plasti z usmeritvijo pobočij za območje občine Bovec. Prazna območja so območja brez podatkov o vpadih plasti

Fig. 10. Synchronism of strata bedding and slope aspect map of Bovec municipality. Empty areas are the areas without the data on strata bedding

sliki 11 pa je prikazana karta rabe tal za občino Bovec.

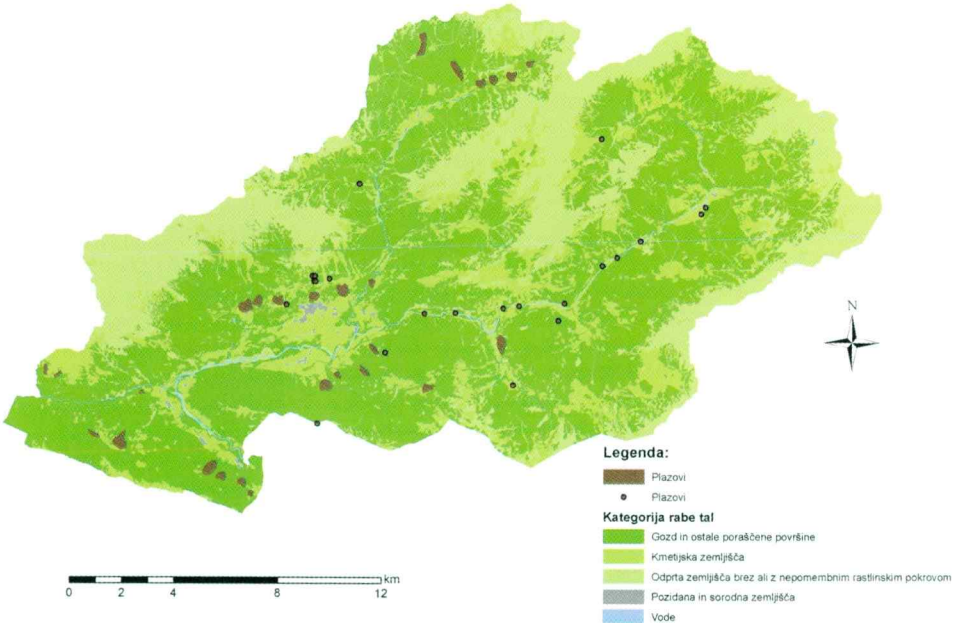
Analiza pojavljanja plazov in podorov v odvisnosti od prostorskih dejavnikov

Za neparametrično analitično metodo pojavljanja plazov ali podorov v odvisnosti od lastnosti klasificiranih prostorskih dejavnikov je bila je za izbrana metoda testiranja χ^2

(hi kvadrat). Temelji na primerjavi dejanskih (izmerjenih) in pričakovanih (teoretičnih) frekvenc pojavov in je primerna za testiranje normalno porazdeljenih nominalnih oz. kategoričnih spremenljivk (Davis, 1986). Pričakovane frekvence pojavov plazov ali podorov v določenem razredu spremenljivke (dejavnika) so torej odvisne od površine istega razreda, saj je privzeto, da je verjetnost pojava enaka po vsem obravnavanem območju. Večja, ko je razlika med

Preglednica 13. Šifrant tipov rabe tal na območju občine Bovec.

#	KATEGORIJA	Oznaka
Kategorija 1		K1
1	Gozd in ostale poraščene površine	1
2	Kmetijska zemljišča	2
3	Odprta zemljišča brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom	3
4	Pozidana in sorodna zemljišča	4
5	Vode	5
Kategorija 2 za kmetijska zemljišča		K2
1	Neklasificirano	1
2	Obdelovalna zemljišča	2
3	Obvodna zarast in z gozdnim drevjem obrasli okrajki	3
4	Travniki in pašniki	4
5	Vsa ostala kmetijska zemljišča (nikjer drugje opredeljena)	5
6	Zemljišča pod večletnimi kulturami (trajni nasadi)	6
Kategorija 3 za kmetijska zemljišča		K3
1	Neklasificirano	1
2	Ekstenzivni travniki	2
3	Intenzivni travniki	3
4	Sadovnjaki	4
5	Vinogradniške površine	5
6	Zemljišča v zaraščanju	6
Kategorija 4 za kmetijska zemljišča		K4
1	Neklasificirano	1
2	Ekstenzivni sadovnjaki	2
3	Intenzivni sadovnjaki	3
4	Ostali ekstenzivni travniki	4
5	Vinogradi	5



Slika 11. Karta tipov rabe tal za območje občine Bovec (MKGP, 2002)
Fig. 11. Land cover map of Bovec municipality (MKGP, 2002)

Preglednica 14. Porazdelitev površin obravnavanega območja glede na razrede rabe tal.

Razred rabe tal K1,K2,K3,K4	Št. celic zreda	Površina razreda (%)	Razred rabe tal K1,K2,K3,K4	Št. celic zazreda	Površina razreda (%)
1111	336709	57,29%	2642	286	0,05%
2111	35971	6,12%	2643	65	0,01%
2211	660	0,11%	2655	2	0,00%
2311	2274	0,39%	3111	152959	26,03%
2424	34494	5,87%	4111	4844	0,82%
2431	4	0,00%	5111	2838	0,48%
2561	16611	2,83%			

dejanskimi in pričakovanimi frekvencami, večji je χ^2 in bolj opazovana spremenljivka vpliva na pojavljanje odvisne spremenljivke, v danem primeru na pojavljanje plazov ali podorov. V nadaljnjem besedilu so v preglednicah podane vrednosti df , p in χ^2 . Oznaka " df " predstavlja stopnje prostosti (*ang. degrees of freedom*) v statistični metodi, uporabljeni za analizo podatkov. Oznaka " p " predstavlja stopnjo tveganja, s katero je bila trditev H_0 zavrnjena (porazdelitev vzorca se ujema s porazdelitvijo populacije). χ^2 predstavlja rezultat statistične primerjave dejanske frekvence s pričakovano pri testu χ^2 . Kot še sprejemljiva stopnja zaupanja α je bila privzeta vrednost 95 %.

Velikost osnovne celice oz. ločljivost podatkov pri analizah je bila 25 metrov. Na osnovi rezultatov analiz so bili prostorski dejavniki, ki so bili prej razdeljeni na razrede, ponovno ordinalno razvrščeni glede na vrednost parametra χ^2 , ob sočasnem upoštevanju pozitivnega oz. negativnega vpliva razreda dejavnika na pojavljanje plazov ali podorov. Taka razvrstitev je nujna pred normalizacijo vhodnih podatkov in njihovo vključitvijo v model napovedi verjetnosti pojavljanja plazov ali podorov, katerih sinteza je karta nevarnih območij zaradi premikov pobočnih mas. Analize so bile opravljene na testnem nizu populacije, kvaliteta modela pa je bila preverjena s kontrolnim nizom.

Rezultati analiz χ^2 so služili kot vhodna informacija za razvrstitev pomembnosti razredov prostorskih dejavnikov, kjer si zaporedje razredov sledi od najmanj pomembnega (1) do najpomembnejšega (največje število v razvrstitvi). Pri predstavitvi rezultatov analiz ob koncu vsakega sklopa (prostorskega dejavnika), so pomembni razredi oštevilčeni od najpomembnejšega (1) do najmanj pomembnega (n).

Geološke formacije

Preglednica 15 podaja analizo pojavljanja plazov in podorov po posameznih geoloških formacijah in preglednica 16 podaja ordinalno razvrstitev geoloških formacij glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Rezultati univariatne statistike so pokazali, da so za pojavljanje plazov na območju občine Bovec pomembnejše sledeče geološke formacije oz. členi:

- sgl – starejša sprijeta morena z večjimi in manjšimi bloki karbonatnih kamnin (1),
- d – melišča (2),
- gl – nesprijeta morena (3),
- ald – apnenec, lapor, dolomit in dolomit z rožencem (4),
- plgk – peščenjak, lapor, glinovec, konglomerat (5) in
- al – apnenec z redkimi lečami roženca, laporni apnenec, lapor (6).

Za pojavljanje podorov na območju občine Bovec sta pomembnejši formaciji greben-ski apnenec (ga - 1) ter skladnati dachstein-ski apnenec s plastmi dolomita (das - 2).

Iz navedenega je možno povzeti, da se plazovi pojavljajo v manj litificiranih kamninah in zemljinah, podori pa v trdnejših kamninah, ki lahko tvorijo pobočja strmejših naklonov. Statistično določen vpliv formacij na pojavljanje premikov pobočnih mas se relativno dobro ujema s strokovno ocenjenim vplivom, kot ga je določil Budkovič (2002).

Nadmorska višina

Preglednica 17 podaja analizo pojavljanja plazov in podorov po razredih nadmorskih višin in preglednica 18 podaja ordinalno razvrstitev razredov nadmorskih višin

Preglednica 15. Analiza pojavljanja plazov in podorov po geoloških formacijah z metodo χ^2 .

Plazovi					Podori				
$\chi^2 = 5794,449$; df = 27; p < 0,000000					$\chi^2 = 35,83112$; df = 27; p < 0,119050				
Oznaka	Dejansko	Pričakovano	D - P	(D-P) ² /P	Oznaka	Dejansko	Pričakovano	D - P	(D-P) ² /P
alkst	0	0,2011	-0,201	0,201	alkst	0	0,01528	-0,01528	0,01528
da	0	1,2831	-1,283	1,283	da	0	0,09752	-0,09752	0,09752
msda	16	14,9465	1,054	0,074	msda	0	1,13602	-1,13602	1,13602
msa	0	10,8403	-10,840	10,840	msa	1	0,82392	0,17608	0,03763
sma	0	21,8999	-21,900	21,900	sma	0	1,66452	-1,66452	1,66452
sgd	0	38,5681	-38,568	38,568	sgd	1	2,93141	-1,93141	1,27254
adklm	0	1,5550	-1,555	1,555	adklm	0	0,11819	-0,11819	0,11819
ald	9	1,1677	7,832	52,537	ald	0	0,08875	-0,08875	0,08875
das	0	342,0884	-342,088	342,088	das	40	26,00075	13,99925	7,53743
ga	0	1,0671	-1,067	1,067	ga	1	0,08111	0,91889	10,41047
sd	0	24,7482	-24,748	24,748	sd	3	1,88101	1,11899	0,66567
ars	0	0,2148	-0,215	0,215	ars	0	0,01633	-0,01633	0,01633
smoa	0	24,1849	-24,185	24,185	smoa	3	1,83820	1,16180	0,73430
aab	0	8,5232	-8,523	8,523	aab	1	0,64782	0,35218	0,19147
ppka	0	0,9049	-0,905	0,905	ppka	0	0,06878	-0,06878	0,06878
maka	0	0,5119	-0,512	0,512	maka	0	0,03890	-0,03890	0,03890
akl	0	0,5290	-0,529	0,529	akl	0	0,04021	-0,04021	0,04021
br	0	0,4959	-0,496	0,496	br	0	0,03769	-0,03769	0,03769
plgk	35	13,4578	21,542	34,483	plgk	0	1,02287	-1,02287	1,02287
pal	0	0,4056	-0,406	0,406	pal	0	0,03083	-0,03083	0,03083
alsp	0	0,7449	-0,745	0,745	alsp	0	0,05662	-0,05662	0,05662
al	15	4,7529	10,247	22,092	al	0	0,36125	-0,36125	0,36125
dab	0	1,9571	-1,957	1,957	dab	0	0,14875	-0,14875	0,14875
d	293	70,8010	222,199	697,341	d	1	5,38130	-4,38130	3,56712
gl	181	57,2004	123,800	267,941	gl	0	4,34757	-4,34757	4,34757
sgl	122	3,3407	118,659	4214,647	sgl	0	0,25392	-0,25392	0,25392
spr	0	10,0085	-10,008	10,008	spr	0	0,76071	-0,76071	0,76071
pr	0	14,6014	-14,601	14,601	pr	0	1,10980	-1,10980	1,10980
Sum	671	671	0,000	5794,449	Sum	51	51	0,00000	35,83112

V zgornji preglednici predstavlja stolpec "Dejansko" število opazovanih pojavov, stolpec "Pričakovano" podaja število pričakovanih pojavov glede na površino razreda, stolpec "D-P" predstavlja njuno razliko in stolpec "(D-P)²/P" podaja vrednost χ^2 za posamezni razred. Oznake veljajo za vse nadaljnje preglednice, ki podajajo analizo pojavljanja plazov in podorov po razredih prostorskih podatkov z metodo χ^2 .

glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Rezultati univariatne statistike so pokazali, da so za pojavljanje plazov na območju občine Bovec pomembnejši sledeči razredi nadmorskih višin (v metrih): 500 – 600 (1), 600 – 700 (3), 800 – 900 (5), 1000 – 1100 (2) in 1400 – 1500 (4) ter za pojavljanje podorov razredi 600 – 700 (3), 700 – 800 (1), 800 – 900 (4) in 900 – 1000 (2).

Plazovi se začno pojavljati nad 500 metri nadmorske višine, nekoliko nižje kot podori. Razlika je lahko posledica pojavljanja plazov na območjih melišč, ki leže pod strmejšimi pobočji, kjer so podori pogostejši. Pri podorih je opazno povečano pojavljanje v razredih nadmorskih višin med 600 in 1000

metri. V tem pasu se pojavlja večji del strmih pobočij oz. pobočij, na katerih so pojavi podorov pogosti.

Podatek o značilnih območjih nadmorskih višin pri pojavljanju premikov pobočnih mas je sicer zanimiv, je pa geomorfološko gledano zelo lokacijsko vezan. Zaradi tega je treba vpliv dejavnika nadmorske višine na pojavljanje plazov ali podorov obravnavati s precejšnjo mero previdnosti oz. dejavnika ne upoštevati.

Naklon pobočij

Preglednica 19 podaja analizo pojavljanja plazov in podorov po razredih naklonov pobočij in preglednica 20 podaja ordinalno

Preglednica 16. Razvrstitev formacij glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Plazovi				Podori			
Vrednost po χ^2	Oznaka formacije	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)	Vrednost po χ^2	Oznaka formacije	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)
-342,088	das	9	1	-4,34757	gl	25	1
-38,5681	sgd	6	2	-3,56712	d	24	2
-24,7482	sd	11	3	-1,66452	sma	5	3
-24,1849	smoa	13	4	-1,27254	sgd	6	4
-21,8999	sma	5	5	-1,13602	msda	3	5
-14,6014	pr	28	6	-1,1098	pr	28	6
-10,8403	msa	4	7	-1,02287	plgk	19	7
-10,0085	spr	27	8	-0,76071	spr	27	8
-8,52322	aab	14	9	-0,36125	al	22	9
-1,95714	dab	23	10	-0,25392	sgl	26	10
-1,55497	adklm	7	11	-0,14875	dab	23	11
-1,28305	da	2	12	-0,11819	adklm	7	12
-1,06712	ga	10	13	-0,09752	da	2	13
-0,90488	ppka	15	14	-0,08875	ald	8	14
-0,74492	alsp	21	15	-0,06878	ppka	15	15
-0,52899	akl	17	16	-0,05662	alsp	21	16
-0,51185	maka	16	17	-0,04021	akl	17	17
-0,49585	br	18	18	-0,0389	maka	16	18
-0,4056	pal	20	19	-0,03769	br	18	19
-0,21479	ars	12	20	-0,03083	pal	20	20
-0,20108	alkst	1	21	-0,01633	ars	12	21
0,074259	msda	3	22	-0,01528	alkst	1	22
22,09248	al	22	23	0,037628	msa	4	23
34,48324	plgk	19	24	0,191465	aab	14	24
52,53729	ald	8	25	0,665675	sd	11	25
267,9413	gl	25	26	0,734298	smoa	13	26
697,3408	d	24	27	7,537431	das	9	27
4214,647	sgl	26	28	10,41047	ga	10	28

V zgornji preglednici predstavlja stolpec "Vrednosti po χ^2 " vrednost χ^2 za posamezni razred spremenljivke, ki mu je bil dodan predznak, skladno z vplivom razreda na pojav plazov ali podorov. Če je vpliv razreda zaviralen, je predznak negativen. Stolpec "Razred (primarno)" podaja začetno razvrstitev kategoričnih vrednosti razredov, stolpec "Razred (rarvrščeno)" pa predstavlja na podlagi analize χ^2 razvrščene razrede po pomembnosti, od najmanjše z vrednostjo 1 do največje, ki je enaka številu razredov. Oznake veljajo za vse nadaljnje preglednice, ki podajajo razvrstitev razredov prostorskih podatkov glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

razvrstitev razredov naklonov pobočij glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Rezultati univariatne statistike so pokazali, da so za pojavljanje plazov na območju občine Bovec pomembni razredi naklona pobočij ($^{\circ}$): 14 – 17 (2), 17 – 20 (1), 20 – 23 (5), 23 – 26 (4) in 26 – 29 (3), na pojavljanje podorov pa razredi 38 – 41 (2), 47 – 50 (1) in pogojno 41 – 44 (3).

Nakloni, pri katerih se začno pojavljati plazovi (14°) so nekoliko večji od običajnih (Komac et al., 2005), kar pa je pričakovano glede na izostanek zemljin, polhribin in kamnin s prevladujočo glinasto komponento.

Rezultati analize potrjujejo, čeprav pogojno, trend pojavljanja podorov pri precej večjih naklonih od tistih, pri katerih se pojavljajo plazovi.

Ukrivljenost pobočij

Preglednica 21 podaja analizo pojavljanja plazov in podorov po razredih ukrivljenosti pobočij in preglednica 22 podaja ordinalno razvrstitev razredov ukrivljenosti pobočij glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Rezultati univariatne statistike so pokazali, da so za pojavljanje plazov na območju

Preglednica 17. Analiza pojavljanja plazov in podorov glede na razrede nadmorskih višino z metodo χ^2 .

Plazovi					Podori				
$\chi^2 = 2192,411$; df = 50; p < 0,000000					$\chi^2 = 2192,411$; df = 50; p < 0,000000				
Razred (m)	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P	Razred (m)	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P
300 - 400	0	37,5017	-37,5017	37,502	300 - 400	0	2,85036	-2,85036	2,85036
400 - 500	17	31,8708	-14,8708	6,939	400 - 500	0	2,42237	-2,42237	2,42237
500 - 600	194	33,2009	160,7991	778,784	500 - 600	1	2,52347	-1,52347	0,91975
600 - 700	70	36,6512	33,3488	30,344	600 - 700	7	2,78571	4,21429	6,37549
700 - 800	25	35,3804	-10,3804	3,046	700 - 800	10	2,68912	7,31088	19,87594
800 - 900	59	38,9003	20,0997	10,385	800 - 900	7	2,95666	4,04334	5,52943
900 - 1000	25	41,0308	-16,0308	6,263	900 - 1000	8	3,11858	4,88142	7,64072
1000 - 1100	164	40,7556	123,2444	372,689	1000 - 1100	2	3,09767	-1,09767	0,38896
1100 - 1200	15	41,5240	-26,5240	16,943	1100 - 1200	3	3,15607	-0,15607	0,00772
1200 - 1300	28	43,5813	-15,5813	5,571	1200 - 1300	5	3,31244	1,68756	0,85974
1300 - 1400	0	43,9022	-43,9022	43,902	1300 - 1400	1	3,33683	-2,33683	1,63651
1400 - 1500	69	39,0134	29,9866	23,048	1400 - 1500	2	2,96525	-0,96525	0,31421
1500 - 1600	5	36,3292	-31,3292	27,017	1500 - 1600	0	2,76124	-2,76124	2,76124
1600 - 1700	0	37,7038	-37,7038	37,704	1600 - 1700	1	2,86572	-1,86572	1,21467
1700 - 1800	0	32,3835	-32,3835	32,383	1700 - 1800	2	2,46134	-0,46134	0,08647
1800 - 1900	0	29,1890	-29,1890	29,189	1800 - 1900	1	2,21853	-1,21853	0,66928
1900 - 2000	0	25,2638	-25,2638	25,264	1900 - 2000	0	1,92020	-1,92020	1,92020
2000 - 2100	0	19,8909	-19,8909	19,891	2000 - 2100	0	1,51182	-1,51182	1,51182
2100 - 2200	0	12,8328	-12,8328	12,833	2100 - 2200	0	0,97537	-0,97537	0,97537
2200 - 2300	0	4,7883	-4,7883	4,788	2200 - 2300	0	0,36394	-0,36394	0,36394
2300 - 2400	0	7,1642	-7,1642	7,164	2300 - 2400	1	0,54452	0,45548	0,38099
2400 - 2500	0	1,6600	-1,6600	1,660	2400 - 2500	0	0,12617	-0,12617	0,12617
2500 - 2600	0	0,3048	-0,3048	0,305	2500 - 2600	0	0,02317	-0,02317	0,02317
2600 - 2700	0	0,1107	-0,1107	0,111	2600 - 2700	0	0,00842	-0,00842	0,00842
2700 - 2800	0	0,0480	-0,0480	0,048	2700 - 2800	0	0,00364	-0,00364	0,00364
2800 - 2900	0	0,0183	-0,0183	0,018	2800 - 2900	0	0,00139	-0,00139	0,00139
Sum	671	671	0,0000	1533,791	Sum	51	51	0,00000	58,86798

občine Bovec pomembni blago konveksni (0,1 - 0,5) (1) in prevojni deli pobočij (-0,1 - 0, 1) (2).

Pojavljanje plazov blago konveksnih in prevojnih delih pobočij ni najbolj tipično, saj se običajno pojavljajo v konveksnih delih pobočij, kjer se steka pora voda. V primeru podorov so rezultati pokazali, da ukrivljenost pobočij ne vpliva na njihovo pojavljanje. Vpliv dejavnika ukrivljenosti pobočij na pojavljanje premikov pobočnih mas je za območje občine Bovec vprašljiv.

Usmerjenost pobočij

Preglednica 23 podaja analizo pojavljanja plazov in podorov po razredih usmerjenosti pobočij in preglednica 24 podaja ordinalno razvrstitev razredov usmerjenosti

pobočij glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Rezultati univariatne statistike so pokazali, da so za pojavljanje plazov na območju občine Bovec pomembna južna (1), severo-vzhodna (2) in zahodna pobočja (3).

Plazovi se pojavljajo značilno različno od pričakanega na južno, severo-vzhodno in zahodno usmerjenih pobočjih. Pojavljanje plazov na prvih in slednjih je lahko posledica večje izpostavljenosti vplivu sonca ter zato posledično večjega temperaturnega nihanja na južnih pobočjih, ki vpliva na trdnost kamnin oz. zemljin. Vzrok pojavljanja plazov na severo-vzhodnih pobočjih ni povsem jasen. V primeru podorov so rezultati pokazali, da usmerjenosti pobočij zelo malo vpliva na njihovo pojavljanje, pogojno pa le na severo-vzhodno orientiranih pobočjih. Glede na zelo različno usmerjena značilna po-

Preglednica 18. Razvrstitev razredov nadmorskih višin glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Plazovi				Podori			
Vrednost po χ^2	Oznaka formacije	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)	Vrednost po χ^2	Oznaka formacije	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)
-43,9022	1300 - 1400	11	1	-2,85036	300 - 400	1	1
-37,7038	1600 - 1700	14	2	-2,76124	1500 - 1600	13	2
-37,5017	300 - 400	1	3	-2,42237	400 - 500	2	3
-32,3835	1700 - 1800	15	4	-1,9202	1900 - 2000	17	4
-29,189	1800 - 1900	16	5	-1,63651	1300 - 1400	11	5
-27,0174	1500 - 1600	13	6	-1,51182	2000 - 2100	18	6
-25,2638	1900 - 2000	17	7	-1,21467	1600 - 1700	14	7
-19,8909	2000 - 2100	18	8	-0,97537	2100 - 2200	19	8
-16,9425	1100 - 1200	9	9	-0,91975	500 - 600	3	9
-12,8328	2100 - 2200	19	10	-0,66928	1800 - 1900	16	10
-7,16423	2300 - 2400	21	11	-0,38896	1000 - 1100	8	11
-6,93868	400 - 500	2	12	-0,36394	2200 - 2300	20	12
-6,26324	900 - 1000	7	13	-0,31421	1400 - 1500	12	13
-5,5707	1200 - 1300	10	14	-0,12617	2400 - 2500	22	14
-4,78833	2200 - 2300	20	15	-0,08647	1700 - 1800	15	15
-3,04557	700 - 800	5	16	-0,02317	2500 - 2600	23	16
-1,66005	2400 - 2500	22	17	-0,00842	2600 - 2700	24	17
-0,30484	2500 - 2600	23	18	-0,00772	1100 - 1200	9	18
-0,11075	2600 - 2700	24	19	-0,00364	2700 - 2800	25	19
-0,04795	2700 - 2800	25	20	-0,00139	2800 - 2900	26	20
-0,01827	2800 - 2900	26	21	0,38099	2300 - 2400	21	21
10,38542	800 - 900	6	22	0,859744	1200 - 1300	10	22
23,04846	1400 - 1500	12	23	5,529426	800 - 900	6	23
30,34404	600 - 700	4	24	6,375495	600 - 700	4	24
372,6892	1000 - 1100	8	25	7,640724	900 - 1000	7	25
778,7839	500 - 600	3	26	19,87594	700 - 800	5	26

bočja je vpliv usmerjenosti na opazovane pojave nejasen.

Oddaljenost od površinskih tokov

Preglednica 25 podaja analizo pojavljanja plazov in podorov po razredih oddaljenosti od površinskih tokov in preglednica 26 podaja ordinalno razvrstitev razredov oddaljenosti od površinskih tokov glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Rezultati univariatne statistike so pokazali, da so za pojavljanje plazov na območju občine Bovec pomembni razredi oddaljenosti od površinskih tokov (v metrih): 150 – 200 (4), 200 – 250 (2), 250 – 300 (1), 300 – 350 (3) in 350 – 400 (5).

V primeru podorov so rezultati pokazali, da oddaljenosti od površinskih tokov delno vpliva na njihovo pojavljanje, oz. vpliva v dveh razredih oddaljenosti, med 350 in 400

metri ter med 500 in 1000 metri. Vpliv dejavnika oddaljenosti od površinskih tokov (rek) na pojavljanje pojavov premikov pobočnih mas je navidezen, saj je pojavljanje premikov pobočnih mas povezano z geomorfologijo obravnavanega območja, ki se odraža skozi statistično povezanostjo lokacij pojavov in oddaljevanja od tokov.

Oddaljenost od strukturnih elementov

Preglednica 27 podaja analizo pojavljanja plazov in podorov po razredih oddaljenosti od strukturnih elementov in preglednica 28 podaja ordinalno razvrstitev razredov oddaljenosti od strukturnih elementov glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Rezultati univariatne statistike so pokazali, da so za pojavljanje plazov na območju

Preglednica 19. Analiza pojavljanja plazov in podorov glede na razrede naklonov pobočij z metodo χ^2 .

Plazovi					Podori				
$\chi^2 = 712,1373$; df = 29; p < 0,000000					$\chi^2 = 33,10787$; df = 29; p < 0,273422				
Razred (°)	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P	Razred (°)	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P
0 - 2	0	9,7650	-9,7650	9,7650	0 - 2	0	0,74220	-0,74220	0,74220
2 - 5	0	15,1790	-15,1790	15,1790	2 - 5	0	1,15370	-1,15370	1,15370
5 - 8	0	13,8432	-13,8432	13,8432	5 - 8	0	1,05217	-1,05217	1,05217
8 - 11	7	17,4704	-10,4704	6,2752	8 - 11	0	1,32786	-1,32786	1,32786
11 - 14	17	21,2267	-4,2267	0,8416	11 - 14	1	1,61335	-0,61335	0,23318
14 - 17	91	26,6384	64,3616	155,5057	14 - 17	1	2,02468	-1,02468	0,51858
17 - 20	114	31,6687	82,3313	214,0418	17 - 20	0	2,40701	-2,40701	2,40701
20 - 23	71	37,6913	33,3087	29,4358	20 - 23	2	2,86476	-0,86476	0,26104
23 - 26	84	45,7928	38,2072	31,8781	23 - 26	1	3,48053	-2,48053	1,76784
26 - 29	106	52,0528	53,9472	55,9104	26 - 29	2	3,95633	-1,95633	0,96736
29 - 32	70	58,0685	11,9315	2,4516	29 - 32	3	4,41355	-1,41355	0,45273
32 - 35	33	60,0848	-27,0848	12,2092	32 - 35	7	4,56680	2,43320	1,29641
35 - 38	42	57,5799	-15,5799	4,2156	35 - 38	5	4,37641	0,62359	0,08885
38 - 41	14	51,0641	-37,0641	26,9024	38 - 41	8	3,88118	4,11882	4,37102
41 - 44	3	43,5186	-40,5186	37,7254	41 - 44	6	3,30767	2,69233	2,19147
44 - 47	6	35,4307	-29,4307	24,4468	44 - 47	4	2,69294	1,30706	0,63440
47 - 50	2	28,2322	-26,2322	24,3739	47 - 50	7	2,14582	4,85418	10,98096
50 - 53	5	21,6354	-16,6354	12,7909	50 - 53	1	1,64442	-0,64442	0,25254
53 - 56	6	15,7316	-9,7316	6,0200	53 - 56	2	1,19570	0,80430	0,54103
56 - 59	0	11,7779	-11,7779	11,7779	56 - 59	0	0,89519	-0,89519	0,89519
59 - 62	0	7,6734	-7,6734	7,6734	59 - 62	1	0,58323	0,41677	0,29783
62 - 65	0	4,4664	-4,4664	4,4664	62 - 65	0	0,33947	-0,33947	0,33947
65 - 68	0	1,9249	-1,9249	1,9249	65 - 68	0	0,14631	-0,14631	0,14631
68 - 71	0	0,5092	-0,5092	0,5092	68 - 71	0	0,03870	-0,03870	0,03870
71 - 74	0	0,1518	-0,1518	0,1518	71 - 74	0	0,01154	-0,01154	0,01154
74 - 77	0	0,0285	-0,0285	0,0285	74 - 77	0	0,00217	-0,00217	0,00217
77 - 80	0	0,0171	-0,0171	0,0171	77 - 80	0	0,00130	-0,00130	0,00130
80 - 83	0	0,0217	-0,0217	0,0217	80 - 83	0	0,00165	-0,00165	0,00165
83 - 86	0	0,3699	-0,3699	0,3699	83 - 86	0	0,02812	-0,02812	0,02812
86 - 90	0	1,3849	-1,3849	1,3849	86 - 90	0	0,10526	-0,10526	0,10526
Sum	671	671	0,0000	712,1373	Sum	51	51	0,00000	33,10787

občine Bovec pomembni razredi oddaljenosti od strukturnih elementov (v metrih): 200 – 250 (4), 250 – 300 (3), 300 – 350 (2), 350 – 400 (1), 400 – 450 (5) in 450 – 500 (6).

V primeru podorov so rezultati pokazali, da oddaljenost od strukturnih elementov ne vpliva na njihovo pojavljanje, oz. pogojno vpliva v razredu oddaljenosti, med 25 in 50 metri. Rezultati vpliva dejavnika oddaljenosti od strukturnih elementov kažejo povezanost pojavov plazov s prisotnostjo strukturnih elementov, vendar pa v oddaljenosti nad 200 metrov, tako daleč pa neposredni vpliv strukturnih elementov ne seže.

Sinhronost vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij

Preglednica 29 podaja analizo pojavljanja plazov in podorov po razredih sinhronosti vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij in preglednica 30 podaja ordinalno razvrstitev razredov sinhronosti vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov. Tu je bila verjetnost ocenjena in ne temelji na rezultatih analize χ^2 . Sinhronost vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij je zelo pomemben dejavnik pri nastanku premikanj pobočnih mas, saj

Preglednica 20. Razvrstitev razredov naklonov pobočij glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Plazovi				Podori			
Vrednost po χ^2	Razred (°)	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)	Vrednost po χ^2	Razred (°)	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)
-37,7254	41 - 44	15	1	-2,40701	17 - 20	7	1
-26,9024	38 - 41	14	2	-1,76784	23 - 26	9	2
-24,4468	44 - 47	16	3	-1,32786	8 - 11	4	3
-24,3739	47 - 50	17	4	-1,1537	2 - 5	2	4
-15,179	2 - 5	2	5	-1,05217	5 - 8	3	5
-13,8432	5 - 8	3	6	-0,96736	26 - 29	10	6
-12,7909	50 - 53	18	7	-0,89519	56 - 59	20	7
-12,2092	32 - 35	12	8	-0,7422	0 - 2	1	8
-11,7779	56 - 59	20	9	-0,51858	14 - 17	6	9
-9,76504	0 - 2	1	10	-0,45273	29 - 32	11	10
-7,67343	59 - 62	21	11	-0,33947	62 - 65	22	11
-6,27518	8 - 11	4	12	-0,26104	20 - 23	8	12
-6,02	53 - 56	19	13	-0,25254	50 - 53	18	13
-4,46637	62 - 65	22	14	-0,23318	11 - 14	5	14
-4,21557	35 - 38	13	15	-0,14631	65 - 68	23	15
-1,92492	65 - 68	23	16	-0,10526	86 - 90	30	16
-1,38489	86 - 90	30	17	-0,0387	68 - 71	24	17
-0,84162	11 - 14	5	18	-0,02812	83 - 86	29	18
-0,5092	68 - 71	24	19	-0,01154	71 - 74	25	19
-0,36991	83 - 86	29	20	-0,00217	74 - 77	26	20
-0,15185	71 - 74	25	21	-0,00165	80 - 83	28	21
-0,02854	74 - 77	26	22	-0,0013	77 - 80	27	22
-0,02169	80 - 83	28	23	0,088854	35 - 38	13	23
-0,01713	77 - 80	27	24	0,297826	59 - 62	21	24
2,451597	29 - 32	11	25	0,541026	53 - 56	19	25
29,43578	20 - 23	8	26	0,634398	44 - 47	16	26
31,87806	23 - 26	9	27	1,296413	32 - 35	12	27
55,91043	26 - 29	10	28	2,191465	41 - 44	15	28
155,5057	14 - 17	6	29	4,37102	38 - 41	14	29
214,0418	17 - 20	7	30	10,98096	47 - 50	17	30

Preglednica 21. Analiza pojavljanja plazov in podorov glede na razrede ukrivljenosti pobočij z metodo χ^2 .

Plazovi					Podori				
$\chi^2 = 94,48859$; df = 11; p < 0,000000					$\chi^2 = 5,898564$; df = 11; p < 0,880044				
Razred	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P	Razred	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P
-8 - -4	0	0,0674	-0,0674	0,06736	-8 - -4	0	0,00512	-0,00512	0,005120
-4 - -2	1	6,9736	-5,9736	5,11696	-4 - -2	0	0,53003	-0,53003	0,530032
-2 - -1	23	40,9132	-17,9132	7,84299	-2 - -1	2	3,10964	-1,10964	0,395965
-1 - -0.5	39	80,2131	-41,2131	21,17510	-1 - -0.5	3	6,09667	-3,09667	1,572889
-0.5 - -0.1	167	185,9788	-18,9788	1,93676	-0.5 - -0.1	13	14,13550	-1,13550	0,091214
-0.1 - 0.1	102	77,0791	24,9209	8,05731	-0.1 - 0.1	7	5,85847	1,14153	0,222428
0.1 - 0.5	236	159,8188	76,1812	36,31344	0.1 - 0.5	12	12,14718	-0,14718	0,001783
0.5 - 1	68	65,3309	2,6691	0,10904	0.5 - 1	7	4,96554	2,03446	0,833551
1 - 2	35	41,8882	-6,8882	1,13271	1 - 2	5	3,18375	1,81625	1,036122
2 - 4	0	12,4081	-12,4081	12,40810	2 - 4	2	0,94309	1,05691	1,184468
4 - 8	0	0,3140	-0,3140	0,31397	4 - 8	0	0,02386	-0,02386	0,023864
8 - 12	0	0,0148	-0,0148	0,01484	8 - 12	0	0,00113	-0,00113	0,001128
Sum	671	671	0,0000	94,48859	Sum	51	51	0,00000	5,898564

Preglednica 22. Razvrstitev razredov ukrivljenosti pobočij glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Plazovi				Podori			
Vrednost po χ^2	Razred	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)	Vrednost po χ^2	Razred	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)
-21,1751	-1 - -0.5	4	1	-1,57289	-1 - -0.5	4	1
-12,4081	2 - 4	10	2	-0,53003	-4 - -2	2	2
-7,84299	-2 - -1	3	3	-0,39597	-2 - -1	3	3
-5,11696	-4 - -2	2	4	-0,09121	-0.5 - -0.1	5	4
-1,93676	-0.5 - -0.1	5	5	-0,02386	4 - 8	11	5
-1,13271	1 - 2	9	6	-0,00512	-8 - -4	1	6
-0,31397	4 - 8	11	7	-0,00178	0.1 - 0.5	7	7
-0,06736	-8 - -4	1	8	-0,00113	8 - 12	12	8
-0,01484	8 - 12	12	9	0,222428	-0.1 - 0.1	6	9
0,109045	0.5 - 1	8	10	0,833551	0.5 - 1	8	10
8,057312	-0.1 - 0.1	6	11	1,036122	1 - 2	9	11
36,31344	0.1 - 0.5	7	12	1,184468	2 - 4	10	12

Preglednica 23. Analiza pojavljanja plazov in podorov glede na razrede usmerjenosti pobočij z metodo χ^2 .

Plazovi					Podori				
$\chi^2 = 265,6646$ df = 7 p < 0,000000					$\chi^2 = 7,235578$; df = 7; p < 0,404773				
Razred	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P)²/P	Razred	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P)²/P
S	61	90,5308	-29,5308	9,63285	S	4	6,88088	-2,88088	1,206166
SV	122	66,1710	55,8290	47,10348	SV	9	5,02939	3,97061	3,134730
V	3	51,2868	-48,2868	45,46226	V	2	3,89810	-1,89810	0,924242
JV	95	108,2416	-13,2416	1,619893	JV	9	8,22701	0,77299	0,072629
J	222	125,5704	96,4296	74,05133	J	10	9,54410	0,45590	0,021777
JZ	72	74,4460	-2,4460	0,080368	JZ	8	5,65834	2,34166	0,969075
Z	91	66,4191	24,5809	9,097109	Z	3	5,04825	-2,04825	0,831043
SZ	5	88,3343	-83,3343	78,61729	SZ	6	6,71393	-0,71393	0,075917
Sum	671	671	0,0000	265,6646	Sum	51	51	0,00000	7,235578

Preglednica 24. Razvrstitev razredov usmerjenosti pobočij glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Plazovi				Podori			
Vrednost po χ^2	Razred	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)	Vrednost po χ^2	Razred	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)
-78,6173	SZ	8	1	-1,20617	S	1	1
-45,4623	V	3	2	-0,92424	V	3	2
-9,63285	S	1	3	-0,83104	Z	7	3
-1,61989	JV	4	4	-0,07592	SZ	8	4
-0,08037	JZ	6	5	0,021777	J	5	5
9,097109	Z	7	6	0,072629	JV	4	6
47,10348	SV	2	7	0,969075	JZ	6	7
74,05133	J	5	8	3,13473	SV	2	8

so za njihovo pojavljanje na pobočjih z enako ali podobno usmerjenostjo kot je vpad plasti, potrebni manj intenzivni sprožilni procesi.

Rezultati univariatne statistike so pokazali, da na pojavljanje plazov na območju občine Bovec pomembno vpliva sinhronost vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij v ob-

Preglednica 25. Analiza pojavljanja plazov in podorov glede na razrede oddaljenosti od površinskih tokov z metodo χ^2 .

Plazovi					Podori				
$\chi^2 = 1033,602$; df = 12; p < 0,000000					$\chi^2 = 20,59742$; df = 12; p < 0,056601				
Razred oddaljenosti (m)	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P	Razred oddaljenosti (m)	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P
0 - 25	3	32,7499	-29,750	27,025	0 - 25	0	2,48919	-2,48919	2,48919
25 - 50	1	7,6061	-6,606	5,738	25 - 50	0	0,57811	-0,57811	0,57811
50 - 100	10	43,5562	-33,556	25,852	50 - 100	2	3,31053	-1,31053	0,51880
100 - 150	43	44,1419	-1,142	0,030	100 - 150	2	3,35505	-1,35505	0,54728
150 - 200	81	33,2934	47,707	68,359	150 - 200	0	2,53050	-2,53050	2,53050
200 - 250	112	30,2302	81,770	221,180	200 - 250	2	2,29767	-0,29767	0,03857
250 - 300	121	29,7587	91,241	279,750	250 - 300	1	2,26184	-1,26184	0,70395
300 - 350	88	28,2505	59,750	126,370	300 - 350	3	2,14720	0,85280	0,33870
350 - 400	62	22,7897	39,210	67,463	350 - 400	4	1,73215	2,26785	2,96922
400 - 450	25	23,6654	1,335	0,075	400 - 450	3	1,79871	1,20129	0,80230
450 - 500	10	23,8732	-13,873	8,062	450 - 500	4	1,81450	2,18550	2,63235
500 - 1000	115	160,0803	-45,080	12,695	500 - 1000	20	12,16706	7,83294	5,04272
> 1000	0	191,0046	-191,005	191,005	> 1000	10	14,51749	-4,51749	1,40573
Sum	671	671	0,000	1033,602	Sum	51	51	0	20,59742

Preglednica 26. Razvrstitev razredov oddaljenosti od površinskih tokov glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

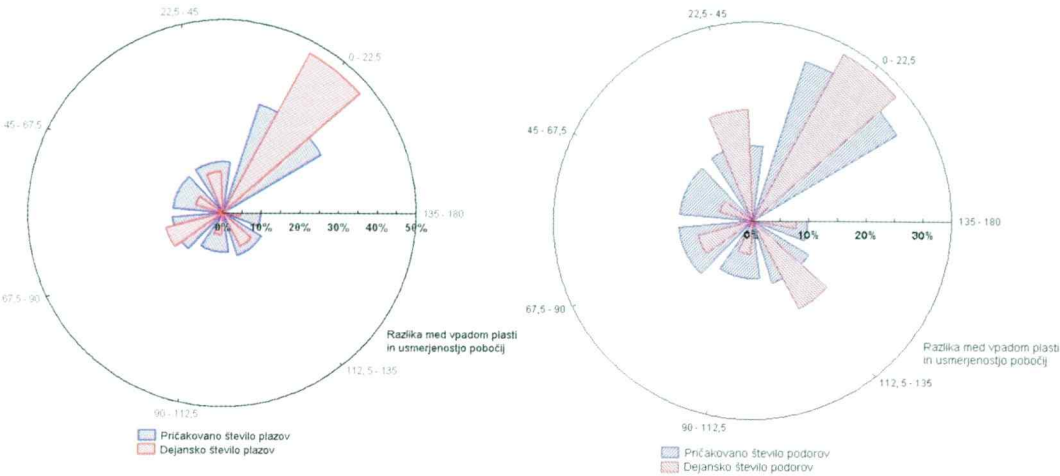
Plazovi				Podori			
Vrednost po χ^2	Razred	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)	Vrednost po χ^2	Razred	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)
-27,0248	0 - 25	1	1	-2,48919	0 - 25	1	1
-191,005	> 1000	13	2	-2,5305	150 - 200	5	2
-25,8521	50 - 100	3	3	-1,40573	> 1000	13	3
-12,6951	500 - 1000	12	4	-0,70395	250 - 300	7	4
-8,06196	450 - 500	11	5	-0,57811	25 - 50	2	5
-5,73754	25 - 50	2	6	-0,54728	100 - 150	4	6
-0,02954	100 - 150	4	7	-0,5188	50 - 100	3	7
0,075269	400 - 450	10	8	-0,03857	200 - 250	6	8
67,46258	350 - 400	9	9	0,338701	300 - 350	8	9
68,35948	150 - 200	5	10	0,802298	400 - 450	10	10
126,3698	300 - 350	8	11	2,632349	450 - 500	11	11
221,1796	200 - 250	6	12	2,969222	350 - 400	9	12
279,7498	250 - 300	7	13	5,042717	500 - 1000	12	13

močju razlike do 22,5°, kar potrjuje posledičnost sovpadanja plasti in pobočij, vendar pa se trend zmanjševanja vpliva logično ne nadaljuje z večanjem razlike. Pričakovano bi morala manjša razlika bolj vplivati na pojavljanje premikov pobočnih mas, zato je bila razvrstitev opravljena na podlagi logične ocene in ne na podlagi statističnih rezultatov. V primeru podorov so rezultati pokazali, da sinhronost vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij ne vpliva na njihovo pojavljanje, kar pa je posledica nereprezen-

tativnega vzorca podorov, saj se prav podori pogosto pojavljajo na območjih z večjo sinhronostjo vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij.

Raba tal

Preglednica 31 podaja analizo pojavljanja plazov in podorov po razredih rabe tal in preglednica 32 podaja ordinalno razvrstitev razredov rabe tal glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.



Slika 12. Rožni diagram pojavljanja plazov (levo) in podorov (desno) glede na sinhronost vpadov plasti in usmerjenost pobočij za območje občine Bovec

Fig. 12. Rose diagram of landslide (left) and rockfall (right) distribution according to synchonomism of strata bedding and slope aspect of Bovec municipality

Rezultati univariatne statistike so pokazali, da na pojavljanje plazov na območju občine Bovec pomembno vplivajo naslednji razredi rabe tal: “Gozd in ostale poraščene površine – 1111” (1), “Odprta zemljišča brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom – 3111” (2), “Kmetijska zemljišča, ostali ekstenzivni pašniki – 2424” (3) ter “Kmetijska zemljišča v zaraščanju – 2561” (4).

V primeru podorov so rezultati pokazali, da raba tal ne vpliva bistveno na njihovo

pojavljanje, oz. pogojno vpliva v razredu “Gozd in ostale poraščene površine (1111)”. Zaradi splošne razdelitve nekmetskih površin je bila uporabnost podatkov prostorskega dejavnika rabe tal v modelu napovedi vprašljiva, kar pa se je izkazalo za neutemeljen dvom.

Analize vplivnih prostorskih dejavnikov so pokazale njihovo močno povezanost s pojavi premikov pobočnih mas (geologija oz. litologija, naklon in sinhronost usmerjenosti pobo-

Preglednica 27. Analiza pojavljanja plazov in podorov glede na razrede oddaljenosti od strukturnih elementov z metodo χ^2 .

Plazovi					Podori				
$\chi^2 = 341,1324$; df = 12; p < 0,000000					$\chi^2 = 13,39641$; df = 12; p < 0,340903				
Razred oddaljenosti (m)	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P	Razred oddaljenosti (m)	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P
0 - 25	22	108,0834	-86,0834	68,5614	0 - 25	5	8,21498	-3,21498	1,25820
25 - 50	10	27,3908	-17,3908	11,0416	25 - 50	6	2,08186	3,91814	7,37408
50 - 100	88	129,7530	-41,7530	13,4356	50 - 100	14	9,86200	4,13800	1,73626
100 - 150	100	108,0446	-8,0446	0,5990	100 - 150	9	8,21203	0,78797	0,07561
150 - 200	77	69,1054	7,8946	0,9019	150 - 200	4	5,25242	-1,25242	0,29864
200 - 250	73	52,3508	20,6492	8,1448	200 - 250	4	3,97897	0,02103	0,00011
250 - 300	79	40,8036	38,1964	35,7559	250 - 300	2	3,10131	-1,10131	0,39109
300 - 350	73	32,9406	40,0594	48,7166	300 - 350	2	2,50368	-0,50368	0,10133
350 - 400	73	21,1958	51,8042	126,6131	350 - 400	1	1,61101	-0,61101	0,23174
400 - 450	29	17,5047	11,4953	7,5489	400 - 450	0	1,33046	-1,33046	1,33046
450 - 500	22	13,7245	8,2755	4,9899	450 - 500	1	1,04314	-0,04314	0,00178
500 - 1000	25	42,4568	-17,4568	7,1776	500 - 1000	3	3,22697	-0,22697	0,01596
> 1000	0	7,6460	-7,6460	7,6460	> 1000	0	0,58114	-0,58114	0,58114
Sum	671	671	0,0000	341,1324	Sum	51	51	0,00000	13,39641

Preglednica 28. Razvrstitev razredov oddaljenosti od strukturnih elementov glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Plazovi				Podori			
Vrednost po χ^2	Razred oddaljenosti	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)	Vrednost po χ^2	Razred oddaljenosti	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)
-68,5614	0 - 25	1	1	1,258202	0 - 25	1	1
-13,4356	50 - 100	3	2	0,000111	200 - 250	6	2
-11,0416	25 - 50	2	3	0,001784	450 - 500	11	3
-7,64603	> 1000	13	4	0,015964	500 - 1000	12	4
-7,17762	500 - 1000	12	5	0,075608	100 - 150	4	5
-0,59897	100 - 150	4	6	0,101329	300 - 350	8	6
0,901876	150 - 200	5	7	0,231739	350 - 400	9	7
4,989911	450 - 500	11	8	0,298636	150 - 200	5	8
7,548948	400 - 450	10	9	0,39109	250 - 300	7	9
8,144831	200 - 250	6	10	0,581144	> 1000	13	10
35,75588	250 - 300	7	11	1,330461	400 - 450	10	11
48,7166	300 - 350	8	12	1,73626	50 - 100	3	12
126,6131	350 - 400	9	13	7,374081	25 - 50	2	13

Preglednica 29. Analiza pojavljanja plazov in podorov glede na razrede sinhronosti vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij z metodo χ^2 .

Plazovi					Podori				
$\chi^2 = 122,5873$; df = 6; p < 0,000000					$\chi^2 = 6,919963$; df = 6; p < 0,328342				
Razred usmerjen.	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P	Razred usmerjen.	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P
0 - 22,5	314	197,7350	116,2650	68,3619	0 - 22,5	17	15,02904	1,97096	0,258479
22,5 - 45	71	88,6435	-17,6435	3,5117	22,5 - 45	10	6,73743	3,26257	1,579880
45 - 67,5	48	86,1888	-38,1888	16,9208	45 - 67,5	3	6,55086	-3,55086	1,924729
67,5 - 90	101	86,9549	14,0451	2,2686	67,5 - 90	5	6,60909	-1,60909	0,391760
90 - 112,5	39	68,4512	-29,4512	12,6714	90 - 112,5	3	5,20270	-2,20270	0,932571
112,5 - 135	66	77,5152	-11,5152	1,7106	112,5 - 135	9	5,89162	3,10838	1,639960
135 - 180	32	65,5113	-33,5113	17,1422	135 - 180	4	4,97925	-0,97925	0,192585
Sum	671	671	0,0000	122,5873	Sum	51	51	0,00000	6,919963

Preglednica 30. Razvrstitev razredov sinhronosti vpadov plasti z usmerjenostjo pobočij glede verjetnost pojavljanja plazov ali podorov. Tu je bila verjetnost ocenjena in ne temelji na rezultatih analize χ^2 .

Plazovi				Podori			
Vrednost po χ^2	Razlika usmerjenosti	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)	Vrednost po χ^2	Razlika usmerjenosti	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)
68,3619	0 - 22,5	1	5	0,258479	0 - 22,5	1	5
-3,5117	22,5 - 45	2	4	1,579880	22,5 - 45	2	4
-16,9208	45 - 67,5	3	3	-1,924729	45 - 67,5	3	3
2,2686	67,5 - 90	4	2	-0,391760	67,5 - 90	4	2
-12,6714	90 - 112,5	5	1	-0,932571	90 - 112,5	5	1
-1,7106	112,5 - 135	6	1	1,639960	112,5 - 135	6	1
-17,1422	135 - 180	7	1	-0,192585	135 - 180	7	1

čij z vpadi plasti), pri nekaterih je ta povezanost navidezna (oddaljenost od površinskih tokov in nadmorska višina lokacije), pri tretjih pa so podatki premalo natančni, da bi bili

uporabni pri izdelavi modela napovedi nevarnih območij glede na premike pobočnih mas, kljub statistično dokazanemu vplivu (ukrivljenost in usmerjenost pobočij).

Preglednica 31. Analiza pojavljanja plazov in podorov glede na razrede rabe tal z metodo χ^2 .

Plazovi					Podori				
$\chi^2 = 8782,681$; df = 12; p < 0,000000					$\chi^2 = 18,74635$; df = 12; p < 0,94843				
Razred rabe tal	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P	Razred rabe tal	Dejansko št. plazov	Pričak. št. plazov	D - P	(D-P) ² /P
1111	486,0000	39,3820	446,618	5064,944	1111	40	29,21833	10,7817	3,97848
2111	1,0000	18,9649	-17,965	17,018	2111	6	3,12144	2,8786	2,65459
2211	0,0000	2,5962	-2,596	2,596	2211	0	0,05727	-0,0573	0,05727
2311	2,0000	384,4227	-382,423	380,433	2311	0	0,19724	-0,1972	0,19724
2424	97,0000	5,5304	91,470	1512,847	2424	0	2,99344	-2,9934	2,99344
2431	0,0000	174,6342	-174,634	174,634	2431	0	0,00035	-0,0003	0,00035
2561	70,0000	41,0683	28,932	20,382	2561	2	1,44144	0,5586	0,21644
2642	0,0000	0,0023	-0,002	0,002	2642	0	0,02482	-0,0248	0,02482
2643	0,0000	0,7535	-0,754	0,754	2643	0	0,00564	-0,0056	0,00564
2655	0,0000	0,3265	-0,327	0,327	2655	0	0,00017	-0,0002	0,00017
3111	11,0000	0,0742	10,926	1608,563	3111	3	13,27324	-10,2732	7,95130
4111	4,0000	3,2402	0,760	0,178	4111	0	0,42035	-0,4203	0,42035
5111	0,0000	0,0046	-0,005	0,005	5111	0	0,24627	-0,2463	0,24627
Sum	671,0000	671,0000	0,000	8782,681	Sum	51	51	0,00	18,74635

Preglednica 32. Razvrstitev razredov rabe tal glede na verjetnost pojavljanja plazov ali podorov.

Plazovi				Podori			
Vrednost po χ^2	Raba tal	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)	Vrednost po χ^2	Raba tal	Razred (primarno)	Razred (rarvrščeno)
-380,433	2311	4	1	-7,9513	3111	11	1
-174,634	2431	6	2	-2,99344	2424	5	2
-17,0176	2111	2	3	-0,42035	4111	12	3
-2,59624	2211	3	4	-0,24627	5111	13	4
-0,75353	2643	9	5	-0,19724	2311	4	5
-0,32653	2655	10	6	-0,05727	2211	3	6
-0,00457	5111	13	7	-0,02482	2642	8	7
-0,00228	2642	8	8	-0,00564	2643	9	8
0,178187	4111	12	9	-0,00035	2431	6	9
20,38173	2561	7	10	-0,00017	2655	10	10
1512,847	2424	5	11	0,216439	2561	7	11
1608,563	3111	11	12	2,654589	2111	2	12
5064,944	1111	1	13	3,978477	1111	1	13

Izdelava verjetnostnega modela napovedi nevarnih območij glede na premike pobočnih mas

Do sedaj predstavljeni rezultati univariatne analize podajajo posamičen vpliv prostorskih dejavnikov na pojavljanje plazov ali podorov v bovški občini. Ker je pojavljanje plazov ali podorov vzrok prepletanja vplivnih dejavnikov, je seveda smotrno preučiti njihovo sovplivanje na obravnavani pojav. Nekatere multivariatne analize vzrokov pojavljanja plazov slovenskem prostoru (K o m a c, 2003; 2004; 2005a) so pokazale na

ključne prostorske dejavnike. Avtor je obenem podal tudi vrednosti uteži linearnega matematičnega modela za relevantne prostorske dejavnike. Na podlagi izračunanih pomembnosti posameznih razredov za posamezen prostorski dejavnik so bili le-ti razvrščeni glede na njihovo pomembnost, od najmanj pomembnega (1) pa do najpomembnejšega (n), kjer n podaja število razredov, na katere je bil razdeljen posamezen dejavnik. Zaradi različnega števila razredov od dejavnika do dejavnika, so bile nove vrednosti razredov normalizirane po sledeči enačbi:

Preglednica 34. Vhodne vrednosti prostorskih dejavnikov pri izdelavi modelov napovedi verjetnosti pojavljanja podorov. Izdelanih je bilo 7674 modelov.

Poizkus	Št. modelov	Prostorski dejavnik	Geologija litologija	Naklon pobočij	Nadmorska višina	Oddaljenost od str. elem.	Oddaljenost od p. tokov	Sinhronost
1	905	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
		Maksimum	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
		Korak	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	-
2	217	Minimum	0,00	0,00	-	-	0,00	-
		Maksimum	1,00	1,00	-	-	1,00	-
		Korak	0,05	0,05	-	-	0,05	-
3	1675	Minimum	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-
		Maksimum	1,00	1,00	-	1,00	1,00	-
		Korak	0,05	0,05	-	0,05	0,05	-
4	169	Minimum	0,20	0,15	-	0,10	0,00	-
		Maksimum	0,45	0,40	-	0,30	0,50	-
		Korak	0,05	0,05	-	0,05	0,05	-
5	165	Minimum	0,20	0,16	-	0,00	0,00	-
		Maksimum	0,40	0,40	-	0,20	0,20	-
		Korak	0,02	0,02	-	0,02	0,02	-
6	4270	Minimum	0,00	0,00	-	-	0,00	-
		Maksimum	1,00	1,00	-	-	0,60	-
		Korak	0,01	0,01	-	-	0,01	-
7	18	Minimum	0,20	0,20	-	-	-	0,10
		Maksimum	0,50	0,50	-	-	-	0,25
		Korak	0,05	0,05	-	-	-	0,05
8	255	Minimum	0,20	0,20	-	-	-	0,10
		Maksimum	0,50	0,50	-	-	-	0,25
		Korak	0,01	0,01	-	-	-	0,01

Preglednica 35. Rezultati modelov napovedi verjetnosti pojavljanja plazov.

#	Poizkus	Geologija litologija	Naklon pobočij	Raba tal	Sinhronost	Oddaljenost od str. elem.	Oddaljenost od p. tokov	Nadmorska višina	Napaka modela
1	4	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00%
2	4	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,60	0,00%
3	4	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00	0,20	0,40	0,00%
4	4	0,20	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,40	0,00%
5	4	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00%
6	3	0,50	0,00	0,10	0,40	-	-	-	0,27%
7	3	0,55	0,00	0,15	0,30	-	-	-	0,27%
8	3	0,50	0,00	0,15	0,35	-	-	-	0,27%
9	3	0,60	0,00	0,20	0,20	-	-	-	0,27%
10	3	0,60	0,00	0,25	0,15	-	-	-	0,27%
11	1	0,40	0,23	0,19	0,18	-	-	-	0,54%
12	1	0,40	0,23	0,18	0,19	-	-	-	0,54%
13	1	0,40	0,22	0,19	0,19	-	-	-	0,54%
14	1	0,40	0,24	0,18	0,18	-	-	-	0,54%
15	1	0,40	0,24	0,19	0,17	-	-	-	0,54%
16	2	0,50	0,30	0,10	0,10	-	-	-	0,54%
17	2	0,48	0,30	0,12	0,10	-	-	-	0,54%
18	2	0,48	0,30	0,10	0,12	-	-	-	0,54%
19	2	0,46	0,30	0,10	0,14	-	-	-	0,54%
20	2	0,44	0,30	0,10	0,16	-	-	-	0,54%

navidezni vpliv. Strokovna analiza modelov napovedi pojavov plazenj pokaže, da je kljub večji napaki, najbolj ustrezen model pod številko 11 (v preglednici 35 označen s sivo barvo), ki vključuje informacije o geologiji oz. litologiji (delež je 0,4), o naklonu pobočij (0,23), o rabi tal (0,19) in o sinhronosti usmerjenosti pobočij z vpadi plasti (0,18). V modelu so bila izločena vsa območja z naklonom pobočij, manjšim od 10° , kljub dejstvu, da se sedem celic, kjer se nahajajo plazovi, pojavlja na pobočjih z manjšim naklonom. Model je prikazan na sliki 13.

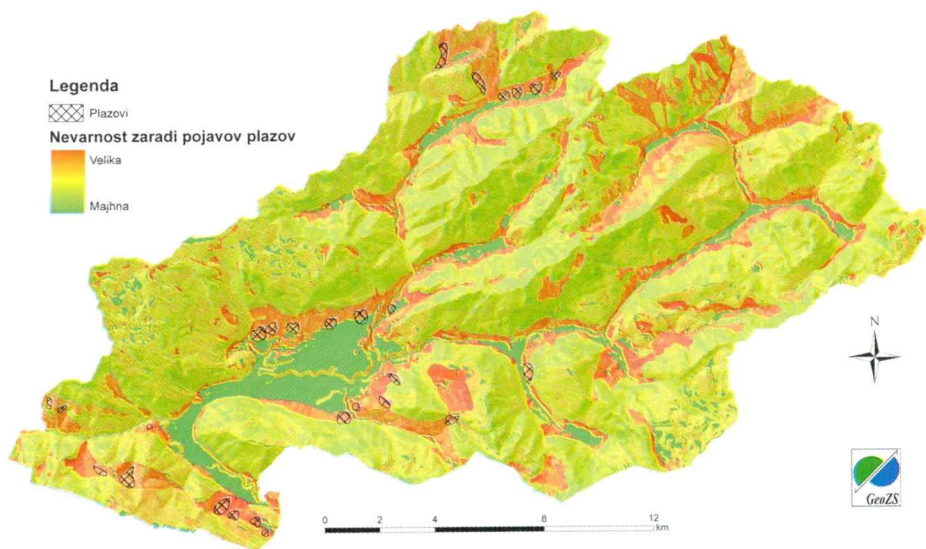
Pri modelih, ki napovedujejo pojavljanje podorov je bilo tako kot pri modelih za plazove opaziti nelogičnosti, ki so zahtevale strokovno oceno najprimernejšega modela. Pri modelu napovedi podorov je bil pri nekaj poizkusih vključen tudi dejavnik sinhronosti, ki je po strokovni oceni tudi pomemben pri pojavljanju podorov. Kljub dejstvu, da je napaka modela pod številko 21 (v preglednici 36 označen s sivo barvo), ki vključuje tudi informacijo o sinhronosti večja kot pri modelih, ki sinhronosti ne upoštevajo, je ta model s strokovnega stališča najbolj smiselni in zato verjetno tudi najbolj pravilen. Najprimernejši model je torej tisti, kjer ima geologija oz. litologija utež 0,5, naklon pobočij utež 0,35 in sinhronost utež 0,15. V mo-

delu so bila izločena vsa območja z naklonom pobočij, manjšim od 29° , kljub dejstvu, da se sedem podorov pojavlja na pobočjih z manjšim naklonom. Model je prikazan na sliki 14.

Iz prikazanih modelov je razvidno, da sta izbrana modela relativno dobro predvidela pojave, kar je glede na okrnjene podatke o opazovanih pojavih dober rezultat.

Zaključki

Analize pojavljanja premikov pobočnih mas na območju občine Bovec so pokazale, da so kvalitetni osnovni podatki zelo pomembni pri izdelavi verjetnostnega modela napovedi nevarnih območij zaradi omenjenih pojavov. Glede na predstavljene rezultate lahko zaključimo, da so kvaliteta geoloških podatkov (geološke karte) in podatki o opazovanih pojavih nedvomno ključnega pomena, saj predstavljajo osnovo, na kateri temeljijo analize in nadaljnja izdelava modelov. Pokazalo se je, da bi bilo dodatno terensko zbiranju podatkov zaradi nevarnosti nereprezentativnosti podatkov o pojavih pobočnih masnih premikov in naknadno detajlno geološko kartiranje bolj problematičnih območij zelo dobra nadgradnja modela,



Slika 13. Verjetnostni model napovedi nevarnih območij zaradi pojavov plazov za območje občine Bovec in lokacije znanih plazov

Fig. 13. Probabilistic model of landslide susceptibility of Bovec municipality and locations of known landslides

Preglednica 36. Rezultati modelov napovedi verjetnosti pojavljanja podorov.

#	Poizkus	Geologija litologija	Naklon pobočij	Nadmorska višina	Oddaljenost od str. elem.	Oddaljenost od p. tokov	Sinhronost	Napaka modela
1	1	0,60	0,00	0,10	0,30	0,00	-	3,13%
2	1	0,70	0,00	0,00	0,30	0,00	-	3,13%
3	3	0,60	0,15	-	0,25	0,00	-	3,13%
4	3	0,65	0,00	-	0,35	0,00	-	3,13%
5	3	0,65	0,00	-	0,30	0,05	-	3,13%
6	3	0,70	0,00	-	0,25	0,05	-	3,13%
7	1	0,40	0,00	0,40	0,10	0,10	-	6,25%
8	1	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	-	6,25%
9	1	0,40	0,10	0,20	0,20	0,10	-	6,25%
10	2	0,60	0,35	-	-	0,05	-	6,25%
11	2	0,60	0,15	-	-	0,25	-	6,25%
12	2	0,60	0,30	-	-	0,10	-	6,25%
13	2	0,60	0,25	-	-	0,15	-	6,25%
14	2	0,60	0,20	-	-	0,20	-	6,25%
15	3	0,55	0,05	-	0,35	0,05	-	6,25%
16	6	0,58	0,38	-	-	0,04	-	6,25%
17	6	0,60	0,39	-	-	0,01	-	6,25%
18	6	0,59	0,39	-	-	0,02	-	6,25%
19	6	0,59	0,38	-	-	0,03	-	6,25%
20	6	0,58	0,37	-	-	0,05	-	6,25%
21	7	0,50	0,35	-	-	-	0,15	9,38%
22	7	0,50	0,30	-	-	-	0,20	9,38%
23	8	0,48	0,37	-	-	-	0,15	9,38%
24	8	0,49	0,37	-	-	-	0,14	9,38%
25	8	0,49	0,35	-	-	-	0,16	9,38%
26	8	0,49	0,36	-	-	-	0,15	9,38%
27	8	0,48	0,36	-	-	-	0,16	9,38%
28	4	0,40	0,15	-	0,15	0,30	-	12,50%
29	4	0,40	0,15	-	0,20	0,25	-	12,50%
30	4	0,45	0,30	-	0,25	0,00	-	12,50%
31	4	0,40	0,20	-	0,30	0,10	-	12,50%
32	4	0,45	0,20	-	0,30	0,05	-	12,50%
33	5	0,38	0,28	-	0,20	0,14	-	15,63%
34	5	0,38	0,26	-	0,20	0,16	-	15,63%
35	5	0,38	0,22	-	0,20	0,20	-	15,63%
36	5	0,38	0,24	-	0,20	0,18	-	15,63%
37	7	0,45	0,45	-	-	-	0,10	15,63%
38	7	0,50	0,40	-	-	-	0,10	15,63%
39	7	0,50	0,25	-	-	-	0,25	15,63%
40	5	0,36	0,32	-	0,12	0,20	-	18,75%

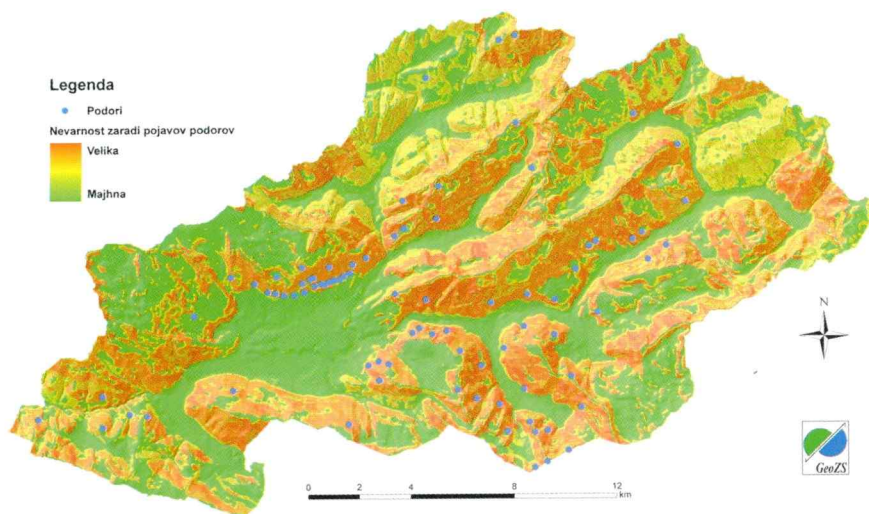
s katero bi bila obenem preverjena kvaliteta verjetnostnega modela. Modele je smiselno tudi preverjati vsakič, ko so pridobljeni novi podatki, saj je izdelava modela živ proces, ki se z vsako novo informacijo razvija, nadgrajuje in izboljšuje.

Pokazalo se je tudi, da je geološko znanje, pridobljeno z izkušnjami, pomembno pri interpretaciji rezultatov analiz, saj ti lahko za-

vajajo z navidezno pomembnimi statističnimi ugotovitvami, ki to niso oz. so naključne.

Zahvala

Zahvala gre kolegoma dr. Milošu Bavcu in mag. Tomažu Budkoviču za konstruktivne predloge glede interpretacije rezultatov.



Slika 14. Verjetnostni model napovedi nevarnih območij zaradi pojavov podorov za območje občine Bovec in lokacije znanih podorov

Fig. 14. Probabilistic model of rockfall susceptibility of Bovec municipality and locations of known rockfalls

Literatura

- Budkovič, T. 2002: Karta geološko pogojene ogroženosti na primeru občine Bovec = Geo-hazard map of the municipality of Bovec. - *Ujma*, 16, 141-145.
- Buser, S. 1986: Tolmač listov Tolmin in Videm (Udine) L 33-64 L 33.63. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. - Zvezni geološki zavod, 103 str., Beograd.
- Buser, S. 1987: Osnovna geološka karta SFRJ, list Tolmin in Videm, 1:100.000. - Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Davis, J. C. 1986: Statistics and data analysis in geology. - John Wiley & Sons, 651 pp., New York.
- Gorsevski, P. V., Gessler, P. & Foltz, R. B. 2000a: Spatial prediction of Landslide hazard using discriminant analysis and GIS. - GIS in the Rockies 2000, Conference and Workshop, Denver.
- Gorsevski, P. V., Gessler, P. & Foltz, R. B. 2000b: Spatial prediction of Landslide hazard using logistic regression and GIS. - 4th International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4): Problems, Prospect and Research Needs, Banff, Alberta.
- GURS, 2000: Digitalni model višin - InSAR DMV 25. - Geodetska uprava Republike Slovenije, Ljubljana.
- Jurkovšek, B. 1987a: Osnovna geološka karta SFRJ, lista Beljak in Ponteba, 1:100.000. - Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Jurkovšek, B. 1987b: Tolmač listov, lista Beljak in Ponteba L 33-51 L 33.52. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. - Zvezni geološki zavod, 58 str., Beograd.
- Komac, M. 2003: Geohazard map of the Central Slovenia - the mathematical approach to landslide prediction. - *Geologija*, 46/2, 367-372.
- Komac, M. 2004: Statistical landslide prediction map as a basis for a risk map. - V: BREBBIA, Carlos Alberto (ur.). *Risk analysis IV*, (Management information systems, Vol. 9). Southampton; Boston: WIT Press, 319-330.
- Komac, M. 2005a: Napoved verjetnosti pojavljanja plazov z analizo satelitskih in drugih prostorskih podatkov. - Geološki zavod Slovenije, 284 str., Ljubljana.
- Komac, M. 2005b: Application of a Perialpine landslide susceptibility model in the Alpine region - successes and flops. V: International Symposium Landslide Hazards in Orogenic Zones, from the Himalaya to Island Areas in Asia, Katmandu, Nepal, 25-26 September 2005 : *SproceedingsC*. - Nepal Landslide Society, 127-137, Katmandu.
- Komac, M., Ribičič, M., Sinigoj, J., Križevic, M. & Kumelj, S. 2005: Analiza pojavljanja plazov v Sloveniji in izdelava karte verjetnosti plazenj. Projekt: Novelacija in nadgradnja informacijskega sistema o zemeljskih plazovih in vključitev v bazo GIS_UJME, Fazio poročilo za leto 2005. - Geološki zavod Slovenije, 138 p., Ljubljana.
- MKGP, 2002: Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč 2002. - Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana.
- Oštir, K. 2000: Analiza vpliva združevanja radarskih interferogramov na natančnost modelov višin in premikov zemeljskega površja - doktorska disertacija. - Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, 175 str., Ljubljana.
- Zupančič, B. 1995: Klimatografija Slovenije. Količina padavin: obdobje 1961 - 1990. - Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, 366 p., Ljubljana.