Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo

Katedra za splošno
hidrotehniko

Jamova 2, p.p. 3422
1115 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 4254 380
faks (01) 251 98 97
fgg@fgg.uni-lj.si

Ljubljana, 31.5.2004

Št. 96-KSH/d-78

METODOLOGIJA ZA DOLOČANJE OGROŽENIH OBMOČIJ IN NAČIN RAZVRŠČANJA ZEMLJIŠČ V RAZREDE OGROŽENOSTI ZARADI ZEMELJSKIH PLAZOV

Končno poročilo

Ljubljana, maj 2004

Naziv CRP: Konkurenčnost Slovenije 2001 – 2006

Težišče CRP: Uravnotežen regionalni in prostorski razvoj ter razvojna vloga okolja

Naslov projekta: Metodologija za določanje ogroženih območij in način razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti zaradi zemeljskih plazov

Faza: končno poročilo o ciljnem raziskovalnem projektu

Izvod: 1 2 3 4 5 arhiv

Naročniki: Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport RS
Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS
Ministrstvo za obrambo RS

Št. pogodbe: 3311-02-828713 & 2511-02-200037 z dne 23. 10. 2002

Šifra projekta: V2-0713-0792-02

Nosilna RO: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova 2, 1000 Ljubljana

Soizvajalska RO: Gradbeni inštitut ZRMK
Dimičeva 12, 1000 Ljubljana

Geološki zavod Slovenije
Dimičeva 14, 1000 Ljubljana

Odgovorni nosilec naloge: izr. prof. dr. Matjaž Mikoš, univ. dipl. inž. gr.

Raziskovalci – sodelavci: Peter Batistič, absolvent UL FGG, cand. univ. dipl. inž. gr.
Blažo Đurović, absolvent UL FGG, cand. univ. dipl. inž. gr.
Nina Humar, absolvent UL FGG, cand. univ. dipl. inž. gr.
dr. Mitja Janža, univ. dipl. inž. geol.
dr. Marko Komac, univ. dipl. inž. geol.
Peter Krajnc, absolvent UL NTF, cand. univ. dipl. inž geol.
Matevž U. Pavlič, absolvent UL NTF, cand. univ. dipl. inž geol.
Urška Petje, univ. dipl. inž. grad.
doc. dr. Mihael Ribičič, univ. dipl. inž. geol.
Mojca Vilfan, univ. dipl. angl. prev., nem.

Predstojnik Katedre za splošno hidrotehniko:

Prof. dr. Mitja Brilly

POVZETEK

V goratih (alpskih) evropskih državah (Švica, Francija, Italija, Avstrija, ...) zakonodaja zavezuje nižje upravne enote k izdelavi kart ogroženosti in k upoštevanju teh kart pri prostorskih dejavnostih. Ker v Sloveniji tovrstne metodologije še nismo imeli, je bil cilj te raziskovalne naloge prav izdelava strokovnih podlag za izdajo posebne uredbe o taki metodologiji.

V prvem delu te raziskovalne naloge je narejena obširna sinteza nekaterih tujih in uspešno uporabljenih metodoloških pristopov za določanje ogroženih območij z orodji prostorske analize. Poseben poudarek je bil dan izrazoslovju s tega področja, ki je tudi v evropskem prostoru neenotno. To velja tudi za slovenski prostor in posamezne stroke, ki se ukvarjajo s to problematiko. Zato je sestavni del te raziskovalne naloge tudi večjezični slovar nekaterih izrazov s tega področja, kakor tudi predlog kartografskih znakov za določene pojave plazenja tal (nestabilnosti pobočij), ki naj bi se uporabljali na kartah pojavov.

Da bi lahko uveljavili podobno zakonodajo tudi v Sloveniji, je naloga izdelana v obliki priporočil, kako naj se upošteva ogroženost prostora zaradi masnih gibanj. Ta priporočila lahko postanejo tudi zakonsko predpisane smernice kot osnova posebne uredbe o metodologiji za določanje ogroženih območij in način razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti zaradi zemeljskih plazov. Pomembno je uredbo o metodologiji za področje zemeljskih plazov uskladiti z metodologijami za druge vrste naravnih nevarnosti. To velja predvsem za načine prikazovanja in postopke njihovega sprejemanja, kakor tudi končno za uporabo v prostorskem planiranju.

Predlog metodologije je bil v drugem delu raziskovalne naloge uporabljen na treh različnih primerih značilne slovenske krajine: v gričevnatem prostoru občine Brežice in Krškega, v sredogorju širšega območja občine Škofja Loka in v gorskem (alpskem) svetu občine Bovec. Podana je tudi karta Sloveniji z vrisanimi občinami in njihova delitev glede na delež ogroženih območij zaradi delovanja zemeljskih plazov, posebej tudi ob upoštevanju deleža občine v površini Slovenije. Praktični primeri so pokazali na zapletenost izvedbe in nujno visoko strokovno raven izdelovalca, kar ne govori v prid "out-sourcinga" temveč prej v prid sistematičnega pokritja celotne Slovenije s kartami ogroženosti zaradi zemeljskih plazov brez problemov preverjanja kakovosti njihove izvedbe. Pri tem so predlagane različne ravni obdelave (natančnosti), ki se medsebojno dopolnjujejo.

UDK : 004.6:502.58:551.243:528.9:659.2

KLJUČNE BESEDE

analiza tveganja, geografski informacijski sistemi, hribinski podori, izrazoslovje, kartografija, masna gibanja, modeliranje, naravne nevarnosti, nestabilnost pobočij, ogroženost prostora, podori, prostorsko planiranje, rizični menedžment, tveganost, škodni potencial, varstvo pred naravnimi nesrečami, zemeljski plazovi, zemljinski plazovi

x + 175 str., 49 preglednic, 55 slik

VSEBINA **stran**

Osnovni podatki ii
Povzetek iii
Kazalo iv

1. UVOD 1

1.1 SPLOŠNO 1

1.2 PLAZOVI VEČJEGA OBSEGA V SLOVENIJI 4
1.2.1 Plaz Slano Blato 5
1.2.2 Plaz Stože 6
1.2.3 Plaz Strug (Koseč) 7
1.2.4 Macesnikov plaz 9
1.3 KAKO ŽIVETI Z ZEMELJSKIMI PLAZOVI? 9

1.4 PRAVNA IZHODIŠČA 10
1.4.1 Splošno 11
1.4.2 Dejavniki in vrste naravnih nesreč 11
1.4.3 Temeljne naloge 12
1.4.4 Preventivni ukrepi 13
1.4.5 Zaščitni ukrepi 13
1.4.6 Zavarovanje pred tveganji 14
1.4.7 Ocenjevanje škode 15
1.4.8 Temeljni cilji, naloge in način nihovega uresničevanja 15
1.4.9 Smernice za razvojno in raziskovalno delo ter financiranje 16
1.4.9 Zakonska ureditev v tujini 17

2. IZRAZJE 19

2.1 SPLOŠNO O NESTABILNOSTI POBOČIJ 19

2.2 TERMINOLOGIJA TVEGANJA 22
2.2.1 Nevarnost 24
2.2.2 Tveganje 26
2.2.3 Nesreča 29
2.3 TERMINOLOGIJA POJAVOV 30
2.3.1 Geološki destruktivni procesi 31
2.3.2 Opredelitev in razvrstitev masnih gibanj 34

3. TIPOLOGIJA MASNIH GIBANJ 39

3.1 PLAZOVI 40

3.2 PODORI 43

3.3 TOKOVI 46

4. KARTOGRAFSKA OPREDELITEV TVEGANJA 48

4.1 NEVARNOST 48

4.2 ŠKODNI POTENCIAL 50
4.3 TVEGANOST 55
4.4 OGROŽENOST 56

5. ANALIZA, VREDNOTENJE IN OBVLADOVANJE TVEGANJA 58

5.1 ZASNOVA ANALIZE TVEGANJA 58
5.1.1 Opis in omejitev sistema 58
5.1.2 Presoja nevarnosti 58
5.1.2.1 Prepoznavanje naravnega procesa 59
5.1.2.2 Ocena naravnega procesa 60
5.1.3 Osnove za oceno škodnega potenciala 62
5.1.4 Ocena posledic 63
5.2 VREDNOTENJE IN OBVLADOVANJE TVEGANJA 64
5.2.1 Postopek, elementi in kriteriji odločanja 64
5.2.2. Uravnoteženje razmerja med tveganjem in priložnostjo 65
5.2.3 Obvladovanje tveganja 65
5.3 SHEMA POSTOPKA IZDELAVE KARTE TVEGANOSTI 67
5.4 GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SISTEM KOT ANALITIČNO ORODJE 68
5.4.1 Simulacijski model pri presoji nevarnosti na temelju GIS-ov 68
5.4.2 Izdelava karte tveganosti 69
5.4.2.1 Karta nevarnosti 69
5.4.2.2 Karta škodnega potenciala 69
5.4.2.3 Karta tveganosti 70

6. METODOLOGIJA DOLOČANJA OGROŽENOSTI PROSTORA 71

6.1 KARTA NEVARNOSTI KOT OSNOVA NAČRTOVANJA UKREPOV 71
6.2 PREPOZNAVANJE NEVARNOSTI 73
6.2.1 Predloge 73
6.2.2 Dokumentacija preteklih dogodkov 74
6.2.3 Karta pojavov 74
6.2.4 Presoja obstoječih ukrepov varovanja 75
6.3 PRESOJA NEVARNOSTI 75
6.3.1 Izdelava karte nevarnosti 76
6.3.1.1 Kriteriji presoje intenzitete 77
6.3.1.2 Kriteriji presoje verjetnosti nastopa 78
6.3.1.3 Nevarnostne stopnje 79
6.3.2 Modelni izračun 80
6.4 PRESOJA OGROŽENOSTI 81
6.5 NAČRTOVANJE UKREPOV 84
6.5.1 Ukrepi prostorskega načrtovanja 84
6.5.2 Zahteve po prilagoditvi rabe prostora 86
6.5.3 Tehnični ukrepi 88
6.5.4 Drugi ukrepi 88

7. ZAKLJUČKI 91

7.1 UVOD 91

7.2 POSTOPEK DOLOČITVE OGROŽENIH OBMOČIJ (METODOLOGIJA IN TEHNOLOGIJA IZDELAVE) 92

7.3 OGROŽENOST PRED ZEMELJSKIMI PLAZOVI NA DRŽAVNEM NIVOJU 96

7.4 KARTA OGROŽENOSTI SLOVENIJE PRED ZEMLJINSKIMI PLAZOVI 100

7.5 ZAKLJUČEK 102

8. VIRI IN LITERATURA 103

9. PRILOGE 108

9.1 VEČJEZIČNI SLOVAR 109

9.2 PREDLOG KARTOGRAFSKIH ZNAKOV 115

9.3 OGROŽENOST PRED ZEMELJSKIMI PLAZOVI NA GRIČEVNATEM OBMOČJU VZHODNE SLOVENIJE – del občine Brežice in občine Krško 126

9.4 OGROŽENOST PRED ZEMELJSKIMI PLAZOVI V SREDOGORJU SLOVENIJE – širše območje Škofje Loke 139

9.5 OGROŽENOST PRED ZEMELJSKIMI PLAZOVI V VISOKOGORJU SLOVENIJE – Bovška kotlina 153

9.6 DELITEV OBČIN V SLOVENIJI GLEDE NA STOPNJO OGROŽENOSTI PRED DELOVANJEM ZEMELJSKIH PLAZOV 166

konec na strani 175

KAZALO PREGLEDNIC stran

Preglednica 1.1: Trije deli moderne obravnave tveganja 2
Preglednica 1.2: Primerjava različnih področij uporabe presoje nevarnosti n analize tveganja 3
Preglednica 1.3: Preglednica lastnosti večjih plazov v Sloveniji. 4
Preglednica 1.4: Primerjava nekdanjih in nedavnih postopkov 18

Preglednica 2.1: Značilnosti nevarnosti in njihove definicije 25
Preglednica 2.2: Kriteriji za nesrečo 30
Preglednica 2.3: Inženirskogeološka presoja erodibilnosti materiala 31

Preglednica 3.1: Pogostost porušitev ravnotežja sil v odvisnosti od materiala 39
Preglednica 3.2: Razvrstitev zemeljskih plazov glede na hitrost premikanja oziroma aktivnost 42
Preglednica 3.3: Klasifikacija zemeljskih plazov glede na globino drsne ploskve 42
Preglednica 3.4: Premer, prostornina in hitrost premikanja kot kriteriji razvrščanja podornih pojavov 43
Preglednica 3.5: Prostornina kot kriterij razvrščanja podornih pojavov v razrede 43
Preglednica 3.6: Predlog kriterija razvrščanja podornih pojavov v razrede. 44
Preglednica 3.7: Dovzetnost za hribinske podore 45

Preglednica 5.1: Primer grobe omejitve sistema 58
Preglednica 5.2: Prikaz posameznih faz nastajanja karte tveganosti. 67
Preglednica 5.3: Matrika škodnega potenciala. 69
Preglednica 5.4: Matriki tveganosti 70

Preglednica 6.1: Postopni zajem in ravnanje z naravnimi nevarnostmi. 72
Preglednica 6.2: Lastnosti dokumentacije dogodkov in karte pojava. 74
Preglednica 6.3: Primerjava dveh vrst kart nevarnosti. 75
Preglednica 6.4: Intenziteta podornih masnih gibanj 77
Preglednica 6.5: Verjetnost nastopa in povratna doba za enotno obdobje rabe 78
Preglednica 6.6: Kriterij določanja verjetnosti nastopa podornih masnih gibanj. 79
Preglednica 6.7: Razvrstitev masnih gibanj glede na hitrosti in možnosti reakcije 82
Preglednica 6.8: Pomen stopenj ogroženosti 83
Preglednica 6.9: Intenzivnost podorne ogroženosti 84
Preglednica 6.10: Prostorsko načrtovanje 85
Preglednica 6.11: Prilagoditev rabe prostora v naselju zaradi podorne ogroženosti 87

Preglednica 7.1: Reklasifikacija litografske karte v inženirskogeološko karto 97
Preglednica 7.2: Delitev kamnin na treh nivojih z ustreznimi oznakami in decimalno klasifikacijo 98
Preglednica 7.3: Vplivni faktorji posameznega informacijskega sloja pri izdelavi stabilitetne karte. 99
Preglednica 7.4: Izdelava posameznih inženirskogeoloških lastnosti za vse litostratigrafske enote 99

Preglednica 9.1: Prikaz uvrščanja IG enot v posamezni razred geomehanskih lastnosti ... 127
Preglednica 9.2: Površinski deleži razredov ogroženosti širšega območja Brežic (skupna površina 134,6 km^2) 137
Preglednica 9.3: Površinski deleži plazov po razredih ogroženosti širšega območja Brežic (skupna površina 0,04 km^2) 138

Preglednica 9.4: Pojavljanje litostratigrafskih enot na širšem območju Škofje Loke glede na geološko starost 141
Preglednica 9.5: Pojavljanje litostratigrafskih enot na širšem območju Škofje Loke glede na tip kamnine oziroma zemljine, določene po inženirsko-geološki klasifikaciji 141
Preglednica 9.6: Povzetek rezultatov testov vpliva posamezne spremenljivke na lokacijah plazov. Interval zaupanja je α = 95 % ($p_{kritična}$ = 0,05). 142
Preglednica 9.7: Rezultati testiranj zveznih spremenljivk na lokacijah plazov s Studentovim *t* testom (t_{krit} = 2,3324, α = 0,99; t_{krit} = 1,647339, α = 0,95; *df* = 613)..... 142
Preglednica 9.8: Opis neodvisnih spremenljivk, uporabljenih v multivariatnih analizah. . 143
Preglednica 9.9: Opisi najboljših napovedovalnih modelov in rezultati testa njihove natančnosti 145
Preglednica 9.10: Vrednosti uteži spremenljivk pri najboljših modelih št. 7 in št. 9. 147
Preglednica 9.11: Pomen prostorskih dejavnikov pri pojavljanju plazov v primeru linearnih modelov 147
Preglednica 9.12: Razvrstitev rezultatov modelov po razredih tveganja..... 149
Preglednica 9.13: $\chi 2$ test napovedi pojavljanja plazov z modelom Mu_vp_03..... 151
Preglednica 9.14: IG enote uvrščene v posamezen razred geomehanskih lastnosti 158
Preglednica 9.15: Vrstni red občin v Sloveniji glede na delež ogroženih območij posameznega razreda ogroženosti v občini zaradi delovanja zemeljskih plazov 166
Preglednica 9.16: Vrstni red občin v Sloveniji glede na delež ogroženih območij posameznega razreda ogroženosti v občini zaradi delovanja zemeljskih plazov, uteženih z deležem občine v površini Slovenije 171

KAZALO SLIK stran

Slika 1.1: Letalski posnetek plazu Slano Blato 28. aprila 2001 5
Slika 1.2: Plaz Stože 7
Slika 1.3: Plaz Strug 8

Slika 2.1: Površinski zemljinski plaz kot del zemeljskega plazu Strug..... 19
Slika 2.2: Posledice drobirskega toka v Logu pod Mangartom..... 20
Slika 2.3: Zgradba plazu in elementi popisa plazu 21
Slika 2.4: Opredelitev masnega gibanja 35
Slika 2.5: Tipična zgradba pobočja 37

Slika 3.1: Razvrstitev masnih gibanj 40
Slika 3.2: Odvisnost strižne napetosti od spremembe hitrosti po globini. 47

Slika 4.1: Dovzetnost in sproženi dogodki iz nevarnih procesov..... 49
Slika 4.2: Ranljivost; povezava med človekom, socialnimi in materialnimi tokovi in faktorji, ki »delajo« življenje ter nenadnim stresom ali šokom. 51
Slika 4.3: Sestava naravnih nesreč 53
Slika 4.4: Tridimenzijski pristop k obravnavi tveganja..... 56

Slika 6.1: Diagrami nevarnostnih stopenj..... 80

Slika 7.1: Shematski prikaz postopka izvedbe GIS modeliranja, pri čemer rdeča barva pomeni visoko ogroženost (prepoved gradnje), modra barva pomeni srednjo ogroženost (gradnja pod pogoji) in bela barva pomeni območje brez omejitev gradnje 93
Slika 7.2: Delitev območij ogroženosti na 5 kategorij ..... .94
Slika 7.3: Karta ocene nevarnosti pred zemeljskimi plazovi, izdelana na osnovi inženirskogeološke karte v merilu 1:400.000 101
Slika 7.4: Stabilititetna karta – karta možnosti nastanka podorov. 102

Slika 9.1: Obravnavano gričevnato območje v občini Brežice 126
Slika 9.2: Inženirsko geološka karta območja Brežic..... 129
Slika 9.3: Reklasificirana inženirsko-geološka karta območja Brežic 130
Slika 9.4: Klasificirana karta naklonov pobočij območja Brežic. 131
Slika 9.5: Konkavna območja na območju Brežic. 132
Slika 9.6: Prikaz pravil modeliranja v obliki drevesne strukture 128
Slika 9.7: Karta ogroženosti območja Brežic (model 1) 133
Slika 9.8: Karta ogroženosti območja Brežic (model 2) 134
Slika 9.9: Karta ogroženosti območja Brežic (model 3) 135
Slika 9.10: Karta ogroženosti območja Brežic (model 4) 136
Slika 9.11: Površinski deleži razredov ogroženosti na območju Brežic..... 137
Slika 9.12: Površinski deleži razredov ogroženosti (skupno) na območju Brežic 137
Slika 9.13: Položaj obravnavanega sredogorskega območja v Sloveniji 139
Slika 9.14: Digitalni model višin obravnavanega sredogorskega območja..... 140
Slika 9.15: Grafični prikaz napovedovalnega modela Mu_vp_03, ki predstavlja verjetnost pojavljanja zemeljskih plazov 148
Slika 9.16: Grafični prikaz napovedovalnega modela Mu_vp_03, razdeljenega na stopnje ogroženosti..... 149
Slika 9.17: Porazdelitev površja obravnavanega območja glede na stopnje ogroženosti ... 150

Slika 9.18: Pojavljanje plazov po razredih stopnje ogroženosti obravnavanega območja (model Mu_vp_03). 150
Slika 9.19: Porazdelitev razredov ogroženosti obravnavanega ozemlja in pojavljanje deležev plazov po teh razredih (model Mu_vp_03). 151
Slika 9.20: Pogled na severnovzhodni del Bovške kotline 153
Slika 9.21: Pogled na južni del Bovške kotline 153
Slika 9.22: Geološka karta Bovše kotline, izdelana v merilu 1:10.000 154
Slika 9.23: Višinski pasovi Bovške kotline 155
Slika 9.24: Reklasificirana inženirsko-geološka karta Bovške kotline, izdelana glede na geološke lastnosti IG enot in v merilu 1:10.000 158
Slika 9.25: Karta nagibov površin Bovške kotline, izdelana v merilu 1:10.000 159
Slika 9.26: Karta konkavnih območij Bovške kotline, izdelana v merilu 1:10.000 160
Slika 9.27: Melišče, ki se nahaja neposredno nad naseljem in ogroža posamezne hiše 161
Slika 9.28: Eden redkih gruščnatih zemljinskih plazov na pregledanem območju. 161
Slika 9.29: Velik hribinski planarni zdrs na južni strani bovške kotline, ki je nastal leta 1953. 162
Slika 9.30: Razpoke hribinskega podora od blizu. 162
Slika 9.31: Podori nastali ob potresu leta 1998 na apnencih na severni strani nad Bovcem. 163
Slika 9.32: Obsežna melišča na severni strani Bovške kotline 162
Slika 9.33: Način združevanja informacijskih slojev v končno napoved ogroženosti Bovške kotline zaradi zemeljskih plazov ob uporabi 4 razredov ogroženosti. 164
Slika 9.34: Karta ogroženosti Bovške kotline pred zemeljskimi plazovi, razdeljena na 4 območja (razrede) ogroženosti: ni ogroženosti (siva barva), majhna ogroženost (rumena barva), srednja ogroženost (modra barva), velika ogroženost (rdeča barva) 165
Slika 9.35: Karta Slovenije s prikazom občin in njihove ogroženosti zaradi delovanja zemeljskih plazov 170
Slika 9.36: Karta Slovenije s prikazom občin in njihove ogroženosti zaradi delovanja zemeljskih plazov, utežena z deležem občine v površini Slovenije 175