UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Aleš HORVAT

METODE DOLOČANJA EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ

DOKTORSKA DISERTACIJA

Ljubljana, 2001

dd 61/1
lm=4656
ID=832934

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Aleš HORVAT

METODE DOLOČANJA EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ

DOKTORSKA DISERTACIJA

DETERMINATION OF AREAS ENDANGERED BY EROSION

DOCTORAL DISSERTATION

Ljubljana, 2001

GOZDARSKA KNJIŽNICA
K DD
61 1
22001000087
COBISS
UNIVERZA V LJUBLJANI, GIS

BF Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
GOZDARSKA KNJIŽNICA
Večna pot 2
LJUBLJANA
Gozdarski inštitut Slovenije

Doktorska disertacija je nastala na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Prostorske analize in računalniške obdelave so bile izvedene na Podjetju za urejanje hudournikov v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja doktorske disertacije imenovala prof. dr. Boštjana Anka.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član: Franc Steinman

Član: Weinmeister, Hans W. mentor

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Aleš Horvat

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dd

DK GDK 384 : (497.12) : (043.3)

KG erozija, naravna nesreča, erozijsko ogroženo območje, opozorilni načrt, načrt erozijsko ogroženih območij, Slovenija

AV HORVAT, Aleš, univ.dipl.inž.gozd., mag. znanosti

SA ANKO, Boštjan (mentor)

KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

LI 2001

IN METODE DOLOČANJA EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ

TD Doktorska disertacija

OP XIII, 194 str., 31 pregl., 86 sl., 152 vir.

IJ sl

JI sl/en

AI *Disertacija temelji na preučevanju naravnih dejavnikov in katastrofičnih pojavov - ogroženosti s hudourniško, plazno, porušitveno in snežno erozijo. Drugi vidik naloge je sistematična preučitev stopnje razvoja, pravnih osnov in praktičnih izkušenj na področju določevanja erozijsko ogroženih območij v alpskih državah.*

Izsledki raziskovanja so omogočili oblikovanje slovenskim razmeram prilagojenih teoretskih podlag in izhodišč ter izdelavo praktične metodologije za določevanje in razvrščanje območij ogroženosti z različnimi vrstami erozije po pomembnosti in z njihovimi posledicami na ogroženih območjih. Naloga je podlaga za zasnovo prostorsko informacijskega sistema kot pripomočka za določanje območij ogroženosti, na katerih bodo določene rabe izločene bodisi zgolj začasno ali pa tudi za stalno (v odvisnosti od spremenljivosti razmer).

Pri določanju erozijsko ogroženih območij je smiselno izdelati dve vrsti dokumentov: Opozorilne načrte o erozijski ogroženosti ter Načrte erozijsko ogroženih območij. Opozorilni načrti o erozijski ogroženosti so ob korektni obdelavi razpoložljivih podatkov sorazmerno hitro na razpolago za gospodarjenje s prostorom, so manj natančni in podajajo grobe usmeritve varstva pred erozijskimi pojavi. Načrti erozijsko ogroženih območij pa podajajo podrobnejše prikaze ogroženosti, natančno coniranje, stopnje ogroženosti in bomo za njihovo celovito izdelavo v Sloveniji potrebovali od 10 do 20 let neprekinjenega strokovnega dela.

Praktična aplikacija metodologije določanja ogroženih območij je prikazana v zasnovah različnih dokumentov za določanje stopnje erozijske ogroženosti.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dd

DC FDC 384 : (497.12) : (043.3)

CX erosion, natural hazard, area endangered by erosion, warning plan, maps of the areas endangered by erosion, Slovenia

AU HORVAT, Aleš

AA ANKO, Boštjan (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources

PY 2001

TI DETERMINATION OF AREAS ENDANGERED BY EROSION

DT Doctoral Dissertation

NO XIII., 194 p., 31 tab., 86 fig., 152 ref.

LA sl

AL sl/en

AB *This dissertation is based on the studies of natural hazards caused by torrents, landslides and rockfall as well as snow erosion. An additional aspect of the dissertation is the systematic study of the development, legal basis and practical experience in the field of the determination of the areas endangered by erosion in alpine countries.*

Results gained by intensive research work enabled us to form a theoretical basis as well as practical methodology for the determination of the areas endangered by various types of erosion as a well as their consequences for the Slovenian conditions. This dissertation will serve as the basis for the design of a geographic information system which will be used as a tool in the determination of endangered areas.

In the determination of the areas endangered by erosion we propose the preparation of two types of documents: erosion threat warning plans and maps of the areas endangered by erosion. Erosion threat warning plans can be readily produced by careful processing of available data. However, they are less precise and can only give general directions for protection against erosion phenomena and proper management of the endangered areas. Maps of the areas endangered by erosion give detailed survey of endangered areas and their precise zonation. Between 10 and 20 years of continuous professional work will be necessary to prepare these documents for the entire territory of Slovenia.

A practical application of the methodology of determining endangered areas is presented in the concepts of various documents.

KAZALO VSEBINE

str.

Ključna dokumentacijska informacija (KDI) III
Key words documentation (KWD) IV
Kazalo preglednic IX
Kazalo slik XI

1 UVOD 1
1.1 CILJ 1
1.2 PROGRAM IN METODA DELA 2
1.3 POMEN RAZISKAVE IN UPORABNOST REZULTATOV 3
2 EROZIJSKA OGROŽENOST SLOVENIJE 6
3 PRAVNE PODLAGE ZA DOLOČANJE EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ V DRŽAVAH ALPSKEGA SVETA 14
3.1 SLOVENIJA 14
3.2 AVSTRIJA 15
3.3 FRANCIJA 18
3.4 ŠVICA 19
3.5 LIECHTENSTEIN 24
3.6 ITALIJA 24
3.7 BAVARSKA 25
4 MODEL DOLOČANJA EROZIJSKE OGROŽENOSTI V SLOVENIJI 28
4.1 SPLOŠNO 28
4.2 OPOZORILNI NAČRTI O EROZIJSKI OGROŽENOSTI 29
4.2.1 Grobi opozorilni načrti o erozijski ogroženosti 29
4.2.2 Podrobni opozorilni načrti o erozijski ogroženosti 33
4.3 NAČRTI EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ 36
4.4 PRAKTIČNI UČINKI DOLOČANJA EROZIJSKE OGROŽENOSTI 38
4.4.1 Vpliv določanja erozijske ogroženosti na družbeno skupnost / občino/državo 38
4.4.2 Vpliv določanja ogroženosti na posamezne prebivalce / zasebne lastnike 38
4.5 KVALITETA IN NATANČNOST IZDELAVE NAČRTOV EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ 38
5 ANALIZA PODATKOV ZA DOLOČANJE EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ 40
5.1 SPLOŠNO 40
5.2 ANALIZA PODATKOV 40
5.2.1 Analiza geoloških in geomorfoloških razmer 40
5.2.2 Analiza klimatskih in hidroloških razmer 41
5.2.3 Analiza rabe tal 42
5.2.4 Analiza poselitve 42

5.2.5 Analiza zapečatenosti prostora 43
5.2.6 Analiza dosedanjih erozijskih izbruhov (katastrofičnih dogodkov) 43
5.2.7 Analiza dosedanjega gospodarjenja 44
5.3 DOSTOPNI PODATKI V SLOVENIJI 44
6 OGROŽENOST S HUDOURNIŠKO EROZIJO 46
6.1 DEFINICIJE IN VZROKI 46
6.2 GROBI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S HUDOURNIŠKO EROZIJO 48
6.3 PODROBNI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S HUDOURNIŠKO EROZIJO 51
6.4 NAČRTI OGROŽENOSTI S HUDOURNIŠKO EROZIJO 51
6.4.1 Načrti ogroženosti z globinsko in bočno erozijo 51
6.4.1.1 Splošno 51
6.4.1.2 Načrti ogroženosti z globinsko in bočno erozijo v Avstriji 52
6.4.1.3 Načrti ogroženosti z globinsko in bočno erozijo v Švici 52
6.4.1.4 Načrti ogroženosti z globinsko in bočno erozijo v Sloveniji 52
6.4.2 Načrti ogroženosti s poplavljanjem in preplavljanjem 54
6.4.2.1 Splošno 54
6.4.2.2 Načrti ogroženosti s poplavljanjem in preplavljanjem v Avstriji 55
6.4.2.3 Načrti ogroženosti s poplavljanjem in preplavljanjem v Švici 56
6.4.2.4 Načrti ogroženosti s poplavljanjem in preplavljanjem v Sloveniji 57
6.4.3 Načrti ogroženosti z naplavljanjem 58
6.4.3.1 Splošno 58
6.4.3.2 Načrti ogroženosti z naplavljanjem v Avstriji 59
6.4.3.3 Načrti ogroženosti z naplavljanjem v Švici 59
6.4.3.4 Načrti ogroženosti z naplavljanjem v Sloveniji 59
6.5 PRAKTIČNI POSTOPKI IN PRIPOMOČKI PRI DOLOČANJU OBMOČIJ, OGROŽENIH S HUDOURNIŠKO EROZIJO 62
6.5.1 Metoda postopnih korakov pri določanju območij, ogroženih s hudourniško erozijo 62
6.5.1.1 Analiza osnovnih značilnosti hudourniškega območja 63
6.5.1.2 Terensko spoznavanje hudourniškega območja 64
6.5.1.3 Kvantifikacija možnega dogodka 66
6.5.1.4 Kartiranje ogroženih območij 66
6.5.1.5 Celostno določanje ogroženosti 67
6.5.1.6 Nadzor – strokovne institucije in upravni organi 67
6.5.2 Geomorfologija vodnih strug 67
6.5.3 Pripomočki pri določanju ogroženosti z globinskim in bočnim erodiranjem 74
6.5.4 Pripomočki pri določanju ogroženosti z naplavljanjem 76
6.5.5 Odlaganje plavin in energijskost pretoka 83
6.5.6 Neme priče na hudourniških območjih 87
6.5.7 Določanje indeksa hudournika na naplaviščih 89
7 OGROŽENOST S PLAZNO EROZIJO 96

7.1 SPLOŠNO / DEFINICIJE IN VZROKI 96
7.2 GROBI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S PLAZNO EROZIJO 99
7.3 PODROBNI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S PLAZNO EROZIJO 99
7.4 NAČRTI OGROŽENOSTI S PLAZNO EROZIJO 101
7.4.1 Načrti ogroženosti s plazno erozijo v Avstriji 101
7.4.2 Načrti ogroženosti s plazno erozijo v Švici 101
7.4.3 Načrti ogroženosti s plazno erozijo v Sloveniji 103
7.5 PRAKTIČNI POSTOPKI IN PRIPOMOČKI ZA DOLOČANJE OBMOČIJ, OGROŽENIH S PLAZNO EROZIJO 108
7.5.1 Neme priče na labilnih in pogojno stabilnih pobočjih 108
7.5.2 Indeks stabilnosti pobočja 112
8 OGROŽENOST S PORUŠITVENO EROZIJO 116
8.1 SPLOŠNO / DEFINICIJE IN VZROKI 116
8.2 GROBI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S PORUŠITVENO EROZIJO 120
8.3 PODROBNI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S PORUŠITVENO EROZIJO 120
8.4 NAČRTI OGROŽENOSTI S PORUŠITVENO EROZIJO 121
8.4.1 Načrti ogroženosti s porušitveno erozijo v Švici 121
8.4.2 Načrti ogroženosti s porušitveno erozijo v Avstriji 121
8.4.3 Načrti ogroženosti s porušitveno erozijo v Sloveniji 122
8.5 PRAKTIČNI POSTOPKI IN PRIPOMOČKI ZA DOLOČANJE OBMOČIJ, OGROŽENIH S PORUŠITVENO EROZIJO 124
9 OGROŽENOST S SNEŽNIMI PLAZOVI 127
9.1 SPLOŠNO - DEFINICIJE IN VZROKI 127
9.2 DOLOČANJE OGROŽENOSTI S SNEŽNIMI PLAZOVI 129
9.3 GROBI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S SNEŽNIMI PLAZOVI 129
9.4 PODROBNI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S SNEŽNIMI PLAZOVI 129
9.4.1 Snežne razmere 130
9.4.2 Nagibi površin 132
9.4.3 Raba tal 133
9.5 NAČRTI OGROŽENOSTI S SNEŽNIMI PLAZOVI 133
9.5.1 Načrti ogroženosti s snežnimi plazovi v Avstriji 133
9.5.2 Načrti ogroženosti s snežnimi plazovi v Švici 134
9.5.3 Načrti ogroženosti s snežnimi plazovi v Sloveniji 136
9.6 PRAKTIČNI POSTOPKI IN PRIPOMOČKI ZA DOLOČANJE OBMOČIJ OGROŽENIH, S SNEŽNIMI PLAZOVI 137
9.6.1 Uporaba izsledkov študije " Ogroženost Slovenije s snežnimi plazovi" 137
9.6.2 Določanje maksimalnih dosegov in pričakovanih pritiskov snežnih plazov 141

9.6.2.1 Topografska statistična metoda določevanja dosega snežnih plazov 141
9.6.2.2 Dinamični modeli snežnih plazov 144
10 ZBIRNI PREGLED KVANTITATIVNIH MERIL ZA DOLOČEVANJE EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ V SLOVENIJI IN NEKATERIH ALPSKIH DRŽAVAH 148
11 PRAKTIČNI PRIMERI DOLOČANJA EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ 153
11.1 GROBI OPOZORILNI NACRT EROZIJSKE OGROŽENOSTI 153
11.2 PODROBNI OPOZORILNI NAČRTI O EROZIJSKI OGROŽENOSTI 158
11.3 NAČRTI EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ 164
11.3.1 Načrt ogroženosti s hudourniško erozijo 164
11.3.2 Načrt ogroženosti s plazno erozijo 164
11.3.3 Načrt ogroženosti s porušitveno erozijo 164
11.3.4 Načrt ogroženosti s snežnimi plazovi 164
12 SKLEPNE UGOTOVITVE 170
13 POVZETEK 172
13.1 UVOD 172
13.2 VRSTE EROZIJE 172
13.3 DOLOČANJE EROZIJSKE OGROŽENOSTI 172
13.4 OPOZORILNI NAČRTI O EROZIJSKI OGROŽENOSTI 173
13.4.1 Grobi opozorilni načrti o erozijski ogroženosti 173
13.4.2 Podrobni opozorilni načrti o erozijski ogroženosti 174
13.5 NAČRTI EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ 175
13.5.1 Načrti ogroženosti s hudourniško erozijo 175
13.5.2 Načrti ogroženosti s plazno erozijo 176
13.5.3 Načrti ogroženosti s porušitveno erozijo 177
13.5.4 Načrti ogroženosti s snežnimi plazovi 177
13.6 SKLEP 178
14 SUMMARY 179
14.1 INTRODUCTION 179
14.2 TYPES OF EROSION 179
14.3 PLANS OF EROSION THREATS 179
14.3.1 Erosion Threat Warning Plans 180
14.3.1.1 General Erosion Threat Warning Plans 180
14.3.1.2 Detailed Erosion Threat Warning Plans 181
14.3.2 Maps of Erosion Endangered Areas (a proposal for Slovenia) 182
14.3.2.1 Torrent erosion 183
14.3.2.2 Landslides 184
14.3.2.3 Rockfall erosion 184
14.3.2.4 Snow erosion 185
14.4 CONCLUSION 186
15 VIRI 188

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Ogroženost državnih cest na hudourniških območjih Slovenije s hudourniško erozijo (PUH, 1999). 7

Preglednica 2: Ogroženost državnih cest na hudourniških območjih Slovenije s snežnimi plazovi (PUH, 1999). 11

Preglednica 3: Ogroženost različnih kategorij državnih cest na hudourniških območjih Slovenije s snežnimi plazovi (PUH, 1999). 12

Preglednica 4: Ogroženost državnih cest na hudourniških območjih Slovenije s porušitveno erozijo (PUH, 1999). 13

Pregledica 5: Določanje nevarnostnih stopenj na osnovi učinkovanja na ljudi in zgradbe v Švici (prirejeno po Kienholzu,1996). 22

Preglednica 6: Kriteriji in merila za določevanje stopenj ogroženosti zaradi naravnih nevarnosti na območju bavarskih Alp (IG LMUM, 1997). 27

Preglednica 7: Vsebine erozijskih kart za potrebe PPRS (tabelarični prikaz grafično prikazanih vsebin) (Horvat, 1999). 31

Preglednica 8: Prirejene vrednosti koeficienta erodibilnosti hribine "Y" (Zemljič, 1971). 48

Preglednica 9: Prirejene vrednosti koeficienta rastlinske zaščite tal "X" (Zemljič, 1971). 49

Preglednica 10: Vrednosti "φ", ki izražajo vidne erozijske procese (Zemljič, 1971). 49

Preglednica 11: Vrednost erozijskega koeficienta (Z) (Zemljič,1971). 49

Preglednica 12: Mejne vrednosti intenzitete za visokovodne nevarnosti v Švici (BWW in BUWAL, 1996). 56

Preglednica 13: Določanje ogroženosti na območju hudournika in njegovega vršaja – metoda "KORAK ZA KORAKOM" (za slovenske razmere prilagojeno po Fiebigerju, 1997). 62

Preglednica 14: Razvrščanje strug na temelju sestave oboda struge (Knighton, 1998). 69

Preglednica 15: Razvrščanje tipov vodnih strug (prirejeno po Rosgenu, 1994). 70

Preglednica 16: Podolžni in prečni prerezi ter tlorisi glavnih tipov vodotokov v Rosgenovi metodi (prirejeno po Rosgenu, 1994). 71

Preglednica 17: Povzetek kriterijev za osnovno raven klasificiranja tipov vodotokov po Rosgenovi metodi (prirejeno po Rosgenu, 1994). 72

Preglednica 18: Indeks krajevne ogroženosti zaradi hudourniške erozije (izračun kvocienta – indeksnega števila vprašanj št. 1–6) 90

Preglednica 19: Indeks krajevne ogroženosti zaradi hudourniške erozije (izračun na podlagi vprašanj št. 7–11) 90

Preglednica 20: Evropska klasifikacija premeščanja mas (Dikau, 1996). 98

Preglednica 21: Verjetnost splazitve v odvisnosti od nagiba pobočja (prir. po: Moser 1989, 1981): 100

Preglednica 22: Klasifikacija premikanja zemljinskih gmot glede na aktivnost (BUWAL, BWW in BRP, 1997a). 101

Preglednica 23: Klasifikacija premikanja zemljinskih gmot glede na globino drsne ploskve (BUWAL, BWW in BRP, 1997a). 102

Preglednica 24: Mejne intenzitetne vrednosti (prirejeno po BUWAL, BWW in BRP, 1997a). 103

Preglednica 25: Hitrostni razredi zemljinskih plazov (prirejeno po Dikau, 1996) 104

Preglednica 26: Definicije porušitve skalnih gmot glede na prostornino (prirejeno po Poiselu, 1997) 118

Preglednica 27: Klasifikacija stopenj utesnjenosti snežnih plazov (Lied in sod., 1995). 142

Preglednica 28: Mejne vrednosti/kriteriji za določevanje stopenj ogroženosti zaradi naravnih nevarnosti – Predlog za Slovenijo (A. Horvat, 2001). 148

Preglednica 29: Mejne vrednosti/kriteriji za določevanje stopenj ogroženosti zaradi naravnih nevarnosti – Švica (Kienholz, 1996). 149

Preglednica 30: Mejne vrednosti/kriteriji za določevanje stopenj ogroženosti zaradi naravnih nevarnosti – predlog za Bavarsko (IG LMUM, 1997). 150

Preglednica 31: Mejne vrednosti/kriteriji za določevanje stopenj ogroženosti zaradi naravnih nevarnosti – Avstrija (BMLF, 1994). 151

KAZALO SLIK

Slika 1: Voda potrebuje svoj prostor – Jezersko 1995 (foto: A. Horvat). 4
Slika 2: Odgovornost do soljudi in bodočih rodov nam narekuje preventivni pristop pri ohranjanju krhkega naravnega ravnotežja, še posebno v našem gorskem svetu – pogled s Pršivca, 1995 (foto: A. Horvat). 5
Slika 3: V Alpskem prostoru Slovenije so pretežno poseljene doline in vznožja pobočij – Mojstrana 1999 (foto: A. Horvat). 6
Slika 4: Erozijsko žarišče v zaledju Belce, 2000 (foto: J. Papež). 7
Slika 5 Porušen most na Nadiži 1998 (foto: M. Černe). 8
Slika 6: Porušen most v Davči 1995 (foto: A. Horvat). 8
Slika 7: Zajede v cestne prometnice – Zadnja Sora 1998 (foto: P. Pejakov). 9
Slika 8: Hudourniške naplavine pod vasjo Log pod Mangrtom novembra 2000 (foto: A. Horvat). 10
Slika 9: Zapolnjen zaplavni prostor – hudournik Suhelj 1998 (foto: P. Pejakov). 10
Slika 10: Usad v zaledju Zlatenščice 1998 (foto: A. Horvat). 11
Slika 11: Potrebni ukrepi za zaščito pred snežnimi plazovi na državnih cestah (PUH, 1999). 12
Slika 12: Raba vodnega in obvodnega prostora – Sava pri Tacnu leta 1995 (foto: A. Horvat). 13
Slika 13: Postopek izdelave načrta ogroženih območij v Avstriji (po Scheuringerju, 1998). 17
Slika 14: Določanje stopnje ogroženosti prostora za nenadne procese: snežne plazove, podore in kamnite plazove v Švici (Kienholz,1996). 20
Slika 15: Določanje stopnje ogroženosti prostora za postopne procese: izbruhe hudournikov, preplavitve, zablatenja površin, erozijo brežin, spontano plazenje zemljišč v Švici (Kienholz 1996). 21
Slika 16: Določanje stopnje ogroženosti prostora za postopne procese: stalno plazenje zemljišč v Švici (Kienholz, 1996). 21
Slika 17: Postopek pri upoštevanju visokovodnih nevarnosti pri prostorskih dejavnostih v Švici (BWW BRP BUWAL, 1997). 23
Slika 18: Stopnje razvoja koncepta načrta ogroženih območij za občine bavarskega alpskega prostora (IG LMUM, 1997). 26
Slika 19: Metodologija izdelave kartografskega materiala za potrebe sprememb PP RS – EROZIJA (Horvat, 1999). 30
Slika 20: Erozija: varstvena območja - ukrepi in omejitve (PUH, 1999). 32
Slika 21: Izsek iz Opozorilne karte ogroženosti pred snežnimi plazovi – "Študija ogroženosti ceste R 302 Vršič-Trenta-Koritnica"; M = 1:10.000 (PUH, 1994). 35
Slika 22: Predlog določanja erozijske ogroženosti v Sloveniji. 37
Slika 23: V Sloveniji so hudourniške struge zlasti v svojih nižjih zgornjih in srednjih tekih večinoma v gozdnem prostoru – Radovna 1997 (foto: A. Horvat). 39
Slika 24: Stran na internetu - http://www.sigov.si:81/index-1.html. 45
Slika 25: Stran na internetu - http://www.sigov.si:81/index-5.html. 45
Slika 26: Naplavišče hudournika Kotredeščica leta 1994 (foto: J. Černivec). 46
Slika 27: Hudourniški izbruh Predelice novembra 2000 v Logu pod Mangrtom. Hudourniška lava je med drugim porušila pet hiš in most ter pri tem zahtevala 7 smrtnih žrtev (foto: D. Durjava). 47
Slika 28: Bočno zajedanje – Kotredeščica v Znojilah 1994 (foto: A. Horvat). 53
Slika 29: Bočno zajedanje – Savinja 2000 (foto: A. Horvat). 53
Slika 30: Poplavitev objektov ob hudourniku Boben leta 1998 (foto: T. Jeršič). 55
Slika 31: Dol pri Ljubljani ob neurju 1998 (foto: T. Jeršič). 57

Slika 32: Posledica hudourniškega izbruha – Brložnica v Podvolovjeku leta 1990 (foto: A.Horvat). 61
Slika 33: Tipična hudourniška struga – posledice hudourniške lave – Bistričica leta 1990 (foto: A. Horvat).69
Slika 34: Ključ za klasificiranje vodotokov po Rosgenovi metodi (Rosgen, 1994). 73
Slika 35: Posledice izbruha hudournika Mačkov potok 1924 (foto: A. Štrancar). 74
Slika 36: Oblike in značilnosti porušitve brežin hudournikov, primeri a-d (prirejeno po Hey in sod., 1991). 75
Slika 37: Oblike in značilnosti porušitve brežin hudournikov, primeri e-h (prirejeno po Hey in sod., 1991). 76
Slika 38: Shematski prikaz področij hidravlike in premikov terena (Meunier, 1992). 78
Slika 39: Počasni in nagli pojavi v hidravliki in premiki terena (Meunier, 1992). 78
Slika 40: Naplavišče nastalo s hiperkoncentriranim tokom – Josipdolski potok 1986 (foto: D. Čop). 79
Slika 41: Razdejanje zaradi hiperkoncentriranega toka – Josipdolski potok 1986 (foto: D. Čop). 79
Slika 42: Ukrepanje po hudourniškem izbruhu v obliki hudourniške lave v dolini Bistričice l. 1990 (foto: A. Horvat). 80
Slika 43: Nabreklina hudourniške lave (Meunier, 1992). 81
Slika 44: Hudourniške naplavine v Podvolovjeku 1990 (foto: A.Horvat). 84
Slika 45: Naplavine v strugi Predelice nad vasjo Log pod Mangrtom 2000 (foto: A. Horvat). 84
Slika 46: Primeri visoko-, srednje- in nizkoenergijskih naplavišč (prirejeno po: Nanson in Croke, 1992). 85
Slika 47: Razvoj tipične srednjeevropske koritaste doline ob naraščajočem odstranjevanju gozdov in vse večji prisotnosti erozijskih procesov v zgornjem teku ter izsuševanju in zaglinjanju v spodnjih rodovitnih ravninskih predelih (Ellenberg, 1954). 86
Slika 48: "Interpretacijski profil"; s pomočjo interpretacijskega profila je možno določiti potrebno velikost pretočnega profila za visoke vode. Potrebno je bilo določiti "časovne obvodne meje" glede na ugotovljene starosti obrežnih dreves. Prečni profil v krivinah pokaže večjo višino pretočnega profila na zunanji strani zavoja, kar je posledica večje hitrosti na konkavi (Haiden, 1925). 88
Slika 49: Odnos med nagibom vesine in nastopom njene porušitve-splazitve v slabo vezanih do kotalečih se krovnih plasteh (Moser, 1981). 100
Slika 50: Macesnikov plaz je eden največjih aktivnih plazov v Sloveniji, leta 1995 (foto: A. Horvat). 106
Slika 51: Škoda zaradi zemeljskega plazu – Begantov potok 1986 (foto: D. Čop). 107
Slika 52: Posledice splazitve zemeljskih gmot in zajezitve Lučnice v Podvolovjeku 1990 (foto: A. Horvat). 107
Slika 53: Plazenje tal je v Sloveniji zelo pogost pojav – Davča leta 1995 (foto: A.Horvat). 108
Slika 54: Skalni podor v zaledju Tolminke, 1999 (foto: A. Horvat). 118
Slika 55: Porušitvena erozija ogroža prometnice, Bavščica 1999 (foto: A. Horvat). 118
Slika 56: Maksimalni doseg in minimalni naklon dosega porušenih skalnih gmot (Moser in Poschinger, 1996). 125
Slika 57: Padajoče skale ogrožajo cesto Hrušica – Kranjska Gora, 1999 (foto: A. Horvat). 125
Slika 58: Snežni plaz je zasul za promet odprto cesto Tržič – Ljubelj (foto: F. Mulej). 126
Slika 59: Snežni plaz v Žetalah v Halozah je leta 1986 terjal zadnjo smrtno žrtev v objektih v Sloveniji (foto: A. Horvat). 127
Slika 60: Grafična ponazoritev ogroženosti prometa s snežnimi plazovi (Horvat, 1996). 127
Slika 61: Povprečno število dni s snežno odejo, večjo od 1cm, v obdobju 1951–1990 (Horvat in sod., 1994). 129
Slika 62: Plazovi, ki so prileteli na cesto s travnega pobočja blizu Oblakovega vrha 1998 (foto: J. Papež). 130
Slika 63: Maksimalna višina snežne odeje 1951–1990 (Horvat in sod., 1994). 131
Slika 64: Gradacija ogroženosti po snežnih plazovih glede na njihov tlačni učinek in povratno dobo (prirejeno po De Quervainu, 1975). 134

Slika 65: Poročilo o plaznici, izdelano za potrebe evidentiranja snežnih plazov (Horvat in sod., 1994). 137
Slika 66: Določitev terenskih parametrov v podolžnem prerezu in tlorisu (prirejeno po: Lied in sod., 1995). 141
Slika 67: Razčlenitev značilnega območja plazu (koritasti plaz) v podolžnem prerezu (zgoraj) in v tlorisu (spodaj) (prirejeno po De Quervainu, 1975). 144
Slika 68: Pogostost snežnih odkladnin in splazitvene debeline (prirejeno po De Quervainu, 1975). 145
Slika 69: Snežni plaz ogroža cesto v Davčo, leta 1997 (foto: J. Papež). 146
Slika 70: Ob doslednem upoštevaju erozijske ogroženosti v bodoče ne bi smelo prihajati do neprimernih posegov v prostor – hudournik Lašek pri Solčavi 1992 (foto: A. Horvat). 147
Slika 71: Pregledna karta vodozbirnega območja hudournika Bistričica (vir: ATLAS SLO 1 : 50000). 153
Slika 72: Erozijsko žarišče v zaledju hudournika Bistričica, 2000 (foto: J. Papež). 153
Slika 73: Grobi opozorilni načrt o erozijski ogroženosti – erozijska žarišča in erodiranost območij – Bistričica. 154
Slika 74: Grobi opozorilni načrt o erozijski ogroženosti –stabilnost območij in plazovi – Bistričica. 155
Slika 75: Grobi opozorilni načrt o erozijski ogroženosti –varstvena območja – ukrepi in omejitve – Bistričica. 156
Slika 76: Pregledna karta hudourniškega območja Bistričice – DOF 5. 158
Slika 77: Podrobni opozorilni načrt ogroženosti s hudourniško erozijo – hudournik Bistričica. 159
Slika 78: Podrobni opozorilni načrt ogroženosti s plazno erozijo – hudournik Bistričica. 160
Slika 79: Podrobni opozorilni načrt ogroženosti s porušitveno erozijo – hudournik Bistričica. 161
Slika 80: Podrobni opozorilni načrt ogroženosti s snežno erozijo – hudournik Bistričica. 162
Slika 81: Skalni podori ogrožajo življenje v Trenti – podor Osojnik v Trenti 1996 (foto: Aleš Horvat). 164
Slika 82: Načrt ogroženosti s hudourniško erozijo – hudournik Bistričica. 165
Slika 83: Načrt ogroženosti s plazno erozijo – Macesnikov plaz. 166
Slika 84: Načrt ogroženosti s porušitveno erozijo – podor Osojnik v Trenti. 167
Slika 85: Načrt ogroženosti s snežnimi plazovi – snežni plaz Med Gluhcem in Lovcem v Trenti. 168
Slika 86: Varno in mirno življenje ob vznožju gora – Logarska dolina leta 2000 (foto: A. Horvat). 170

1 UVOD

1.1 CILJ

Z raziskovanjem posledic naravnih katastrofičnih erozijskih pojavov naj bi ugotovili možnosti in načine prikazovanja z erozijskimi pojavi ogroženih poseljenih območij Slovenije.

Izsledki raziskovanja naj bi omogočili podati strokovne osnove in oblikovati izhodišča za določanje in razvrščanje z različnimi vrstami erozije ogroženih območij po jakosti ogroženosti.

Osnovni cilji so:

- oblikovanje slovenskim razmeram primernega načina določanja in razvrščanja erozijske ogroženosti prostora,
- zasnova prostorskega informacijskega sistema za domišljeno, čimbolj sonaravno gospodarjenje z erozijsko ogroženimi površinami, na katerih bodo določene rabe izločane, bodisi začasno ali pa tudi stalno, v odvisnosti od spremenljivosti razmer, ki vplivajo na stopnjo ogroženosti, in
- vnašanje kvalitetnega premika v prostorsko načrtovanje, kjer bo ogroženost območja pogojevala okolju primernejšo rabo površin.

Večji, z raziskavo opredeljeni cilji pa so:

- opredelitev naravnih danosti z vidika erozijske ogroženosti prostora (geološke razmere, raba tal, pedološke razmere, relief, pokrovnost tal, meteorološke, hidrološke in vodnogospodarske razmere, hudourniški pojavi, zemeljski in snežni plazovi, porušitve hribin),
- izdelava metodologije za določanje erozijsko ogroženih območij, z ločitvijo na zbiranje podatkov (terensko, kabinetno), njih analizo ter sintezo tako dobljenih informacij,
- izdelava metod za določanje ogroženosti po posameznih erozijskih procesih (sproščanje erozijskega drobirja, premeščanje in odlaganje plavin, bočna in globinska erozija, stabilnost pobočij, porušitve hribin, premiki hribinskih gmot, snežna erozija,
- izdelava prikazov erozijske ogroženosti na osnovi posameznih erozijskih vidikov in postopka za sintezno vrednotenje te ogroženosti,
- oblikovanje zasnove informacijskega sistema o erozijsko ogroženih območjih,
- prikaz primerjalne uporabe informacijskega sistema o erozijsko ogroženih območjih, kot sestavnega dela in kot dela morebitnih omejitvenih pogojev prostorskega načrtovanja.

Tako privzeta temeljna vsebina naloge zahteva naslednje ožje opredeljene raziskovalne postopke:

- analiza teoretskih izhodišč določanja erozijsko ogroženih območij,
- analizo pravnih podlag za določanje erozijsko ogroženih območij v Evropi,
- izdelavo modela določanja erozijske ogroženosti v Sloveniji,
- opredelitev potrebnih analiz podatkov za določanje erozijsko ogroženih območij,
- metodološko opredelitev znakov in parametrov, ki določajo stopnjo nevarnosti ogrožanja po posameznih erozijskih pojavih,
- metodološko opredelitev raznih vrst kategorij območij po jakosti ogrožanja.

V naslednji fazi smo prikazali vzorčne primere Opozorilnih načrtov o erozijski ogroženosti in Načrtov erozijsko ogroženih območij. Kategorije ogroženosti določajo (ne)primernost gradenj poselitvenih, gospodarskih, infrastrukturnih objektov in prometnic ter kmetijske ali gozdnogospodarske rabe tal. Kasneje, po morebitno izvedenih preprečevalnih in varovalnih ukrepih in posegih ali celo naravno umirjenih erozijskih procesih v območju, bi se taki načrti prilagodili spremenjenemu, novemu stanju. Glede na dejstvo, da so spremembe v okolju, bodisi naravne ali povzročene po človeku, nenehne, bi moralo stalno potekati tudi prilagajanje Opozorilnih načrtov o erozijski ogroženosti, zlasti pa Načrtov erozijsko ogroženih območij.

1.2 PROGRAM IN METODA DELA

Program in metode dela sledijo osnovnemu cilju, oblikovanju slovenskim razmeram prilagojenega načina določanja erozijsko ogroženih območij, s katerim bi vnesli kvalitetni premik v gospodarjenje s prostorom. S tako oblikovanim načinom določanja erozijsko ogroženih območij bi nadgradili dosedanje oblike dovoljevanja različnih gradenj na erozijsko potencialno ogroženih površinah in hkrati omogočili postopen prehod iz obstoječega v kvalitetno izboljšan način določanja možnih rab teh površin.

Najprej smo analizirali erozijsko ogroženost Slovenije, pojave poškodbe in škode, ki nastopajo. Tako smo opozorili na pomen čim kvalitetnejšega določanja erozijsko ogroženih površin in še zlasti njegove praktične uporabe za varnost in kvaliteto življenja v hribovitih in goratih predelih Slovenije.

Analizirali smo načine in pravne podlage za določanje erozijsko ogroženih površin v državah alpskega sveta. Iz analize tujih in domačih izkušenj smo nato oblikovali model določanja erozijske ogroženosti v Sloveniji. Model smo oblikovali tako, da predstavlja nadgradnjo obstoječega načina dovoljevanja različnih gradenj na erozijsko potencialno ogroženih površinah. Na ta način smo se izognili nastanku morebitnih pravnih praznin pri uvajanju novega modela določanja erozijsko ogroženih površin.

Model določanja erozijske ogroženosti v Sloveniji uvaja izdelavo treh dokumentov, ki se uporabljajo na različnih nivojih prostorskega načrtovanja:

- grobe opozorilne načrte o erozijski ogroženosti,
- podrobnejše opozorilne načrte o erozijski ogroženosti,
- načrte erozijsko ogroženih območij.

Prikazali smo, katere podatke oziroma naravne danosti je pri določanju različnih vrst erozijske ogroženosti možno uporabiti. Prikazani so tudi trenutno razpoložljivi podatki v Sloveniji in strokovne omejitve pri njihovi uporabi.

V nadaljevanju smo podrobneje prikazali načine izdelave vseh treh dokumentov o erozijski ogroženosti za tiste vrste erozije, ki so v Sloveniji najpogostejše oziroma najpomembnejše:

- hudourniško erozijo,
- plazno erozijo,
- porušitveno erozijo,
- snežno erozijo.

Pri vsaki vrsti erozije smo opisali tudi tiste praktične pripomočke in postopke, ki so novi ali pa v Sloveniji niso dovolj poznani in lahko pomagajo pri čim točnejšem določanju erozijsko ogroženih območij.

Prikazan je tudi zbirni pregled kvantitativnih meril za določanje erozijsko ogroženih območij v Sloveniji in nekaterih alpskih državah.

Na vzorčnih primerih smo prikazali izdelane grobe in podrobne načrte o erozijski ogroženosti in načrte erozijsko ogroženih območij.

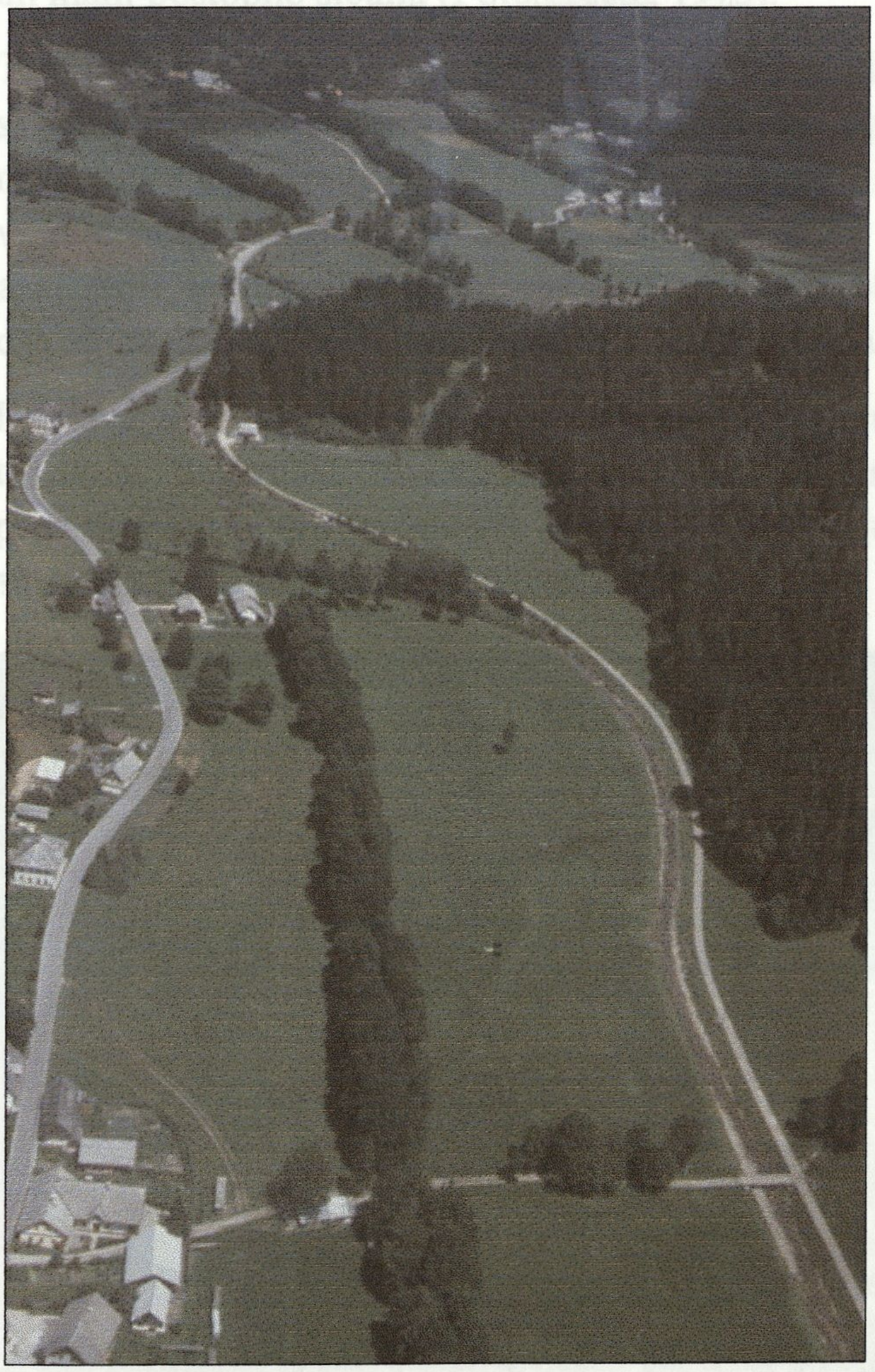
V sklepni ugotovitvah smo podali celovito oceno metode določanja erozijsko ogroženih območij v Sloveniji.

1.3 POMEN RAZISKAVE IN UPORABNOST REZULTATOV

Raziskava je nedvomno prispevala nova znanja in izpopolnila naše vedenje o možni ogroženosti v erozijsko problematičnem svetu. Morale so priti številne ujme, da je človek vendarle ugotovil, da prostora ne more nekaznovano uporabljati le po svojih željah, ne da bi upošteval naravne danosti in zakonitosti. Ta zavest je še zlasti pomembna v hribovitem svetu, kjer je ravnovesje med rušilnimi in stabilnostnimi silami v naravi zelo krhko in ga z nedomišljenimi posegi mimogrede porušimo.

Glede na takšno občutljivost naravnih procesov, v katere se človek – potrebno ali nepotrebno, vendar pa nenehno – vmešava, je razumljivo, da bodo načrti, pregledi ogroženih območij, ki bodo sledili rezultatom pričujoče raziskave, podvrženi stalnemu prilagajanju oz. spremembam, zlasti tistim neizogibnim. Upati je, da bo tudi pri nas zakonodajalec končno uvidel prekomerno tveganost človekovega ravnanja in spregledal nujo razumnega prilagajanja zahtevam okolja. To bo lahko storil le tako, da bo sledil ne le

našim rezultatom, temveč upošteval tudi veliko nepredvidljivost večine naravnih dejavnikov, ki delujejo in sodelujejo pri nastanku katastrofičnih pojavov in posledičnih procesov, ki nujno omejujejo človekova hotenja. V naravi so nedomišljene prekoračitve naravnih zakonitosti pogosto kaznovane s človeškimi žrtvami. Eno najbolj grenkih potrditev te trditve v novejšem času so morali v zimi 1998/99 doživeti Avstrijci, čeravno so na področju določanja ogroženih območij pionirji in so v svetovnem merilu prispeli najdlje – leta 2000 je preteklo že četrt stoletja od uzakonjenja izvajanja tega načrtovanja.



Slika 1: Voda potrebuje svoj prostor – Jezersko 1995 (foto: A. Horvat).

Zato bi z doslednim in strogim upoštevanjem omejitev rab prostora, ki jih podajajo načrti ogroženih območij, naredili izjemno kakovosten premik v gospodarjenju s prostorom; bili bi mnogo bližje z okoljem usklajenemu, sonaravnemu ravnovesju naše civilizacije, hkrati pa bi v danih razmerah resnično storili največ, kar je bilo mogoče, tudi za zmanjšanje človeških žrtev.

Ni samo zaradi nas samih in zaradi naših potomcev zaželeno, da bi strokovne podlage za določanje erozijsko ogroženih območij izdelovali po sodobnih dognanjih tako kot v drugih alpskih državah. Tak pristop bo predpisan in bo postal obvezen tudi z našim vstopanjem v Evropsko zvezo.

Pri tem se nujno srečamo tudi z ostalo problematiko erozijsko ogroženih območij, s katero je vprašanje stabilnosti pobočij skoraj vedno bodisi posredno ali pa tudi neposredno bolj ali manj prepleteno. Hudourničarji alpskih dežel smo to spoznali že zgodaj, vendar je prav ta velika prepletenost in spremenljivost naravnih dejavnikov v veliki meri zavirala usmerjen razvoj čim boljšega reševanja teh vprašanj, ki je zahtevalo vse bolj in bolj celovit pristop. Le ta je končno dobil prvo pravno podlago v avstrijskem zakonu z določili o prikazovanju erozijsko ogroženih območij, in v sorodnih dogajanjih v sosednjih državah, ki so mu bolj ali manj postopno sledila (Forstgesetz, 1975).

Tak prikaz ogroženih območij ne bo statičen, dan enkrat za vselej. Z nadziranjem in spremljanjem dogajanj ga bomo morali stalno izpopolnjevati, prilagajati spremembam v naravi in s tem izboljševati. Moramo se zavedati, da je prepletanje dejavnikov okolja tako vsestransko, razpoložljivi in dosegljivi podatki pa tako omejeni, da se mu lahko z analizami le nekoliko približamo, še zlasti upoštevaje skromno številčnost strokovno dovolj usposobljenega, razgledanega in izkušenega kadra pri nas.

Izdelava in izpopolnjevanje dokumentov o erozijski ogroženosti bi morala postati redna temeljna dejavnost hudourničarjev. Pomembnost dokumentov je v tem, da hkrati predstavljajo oporo in omejitev prostorskemu načrtovanju. Po svojem pristopu in vsebini so nekakšen veto na posege človeka v prostor.



Slika 2: Odgovornost do soljudi in bodočih rodov nam narekuje preventivni pristop pri ohranjanju krhkega naravnega ravnotežja, še posebno v našem gorskem svetu – pogled s Pršivca, 1995 (foto: A. Horvat).

2 EROZIJSKA OGROŽENOST SLOVENIJE

Hriboviti prostor Slovenije je zelo občutljiv svet, v katerem se človek že dolgo bori za ohranjevanje krhkega ravnovesja med stabilnostnimi in rušilnimi naravnimi silami.

Kljub temu, da je urejanje hudourniških območij ena najstarejših organiziranih dejavnosti pri gospodarjenju s prostorom v Sloveniji, nas še vedno številne neugodne posledice neurij ponovno opozarjajo na pomembnost trajnega strokovnega urejanja hudourniških in erozijskih območij.



Slika 3: V Alpskem prostoru Slovenije so pretežno poseljene doline in vznožja pobočij – Mojstrana 1999 (foto: A. Horvat).

Po rezultatih dosedanjih raziskav so vidni erozijski pojavi v Sloveniji razprostranjeni na skoraj 9000 km^2 oziroma 44 % njene površine. Več kot 4000 km^2 (1/5 Slovenije) teh površin zavzemajo skupne prispevne površine okrog 370 hudourniških območij, ki so bolj ali manj gosto prepredene z erodiranimi površinami, s katerih je spiranje in odplavljanje erozijskega detritusa ter zasipavanje rodovitnih zemljišč z jalovimi naplavinami večje, kot je obnova rodovitnih tal (Horvat, 1987).



Slika 4: Erozijsko žarišče v zaledju Belce, 2000 (foto: J. Papež).

Na teh območjih je blizu 30.000 ha močneje erodiranih površin, od katerih ca. eno tretjino ali skoraj 10.000 ha zavzemajo odprta žarišča globinske ali bočne erozije ter udori in usadi.

Hudourne vode pomembno ogrožajo tudi prometnice. Križanja prometnic in hudourniških strug moramo obravnavati kot potencialno erozijsko ogrožena območja. Prav tako so številne prometnice speljane po dnu hudourniških strug ali tik ob njih (Klabus, 1999).

Preglednica 1: Ogroženost državnih cest na hudourniških območjih Slovenije s hudourniško erozijo (PUH, 1999).

dolžina državnih cest na hudourniških območjih	število križanj hudourniških strug z državnimi cestami	število križanj hudourniških strug na 1 km državnih cest
l [km]	n [št.]	n/l [št./km]
2212	1844	0,834



Slika 5 Porušen most na Nadiži 1998 (foto: M. Černe).



Slika 6: Porušen most v Davči 1995 (foto: A. Horvat).

Vsi omenjeni erozijski procesi sproščajo na celotnem območju Slovenije letno okrog 5,2 – 5,3 mio m^3 erozijskega detritusa. Upoštevajoč njegovo povprečno zrnatost, po kateri je več kot polovica teh količin drobnejših od 0,6 mm in jih torej lahko obravnavamo kot rodovitna tla, predstavlja ta letno odplavljena količina ekvivalent več kot 1300 ha izgubljenih rodovitnih zemljišč debeline 20 cm.



Slika 7: Zajede v cestne prometnice – Zadnja Sora 1998 (foto: P. Pejakov).

Z omenjenih 4000 km^2 hudourniških vodozbirnih območij pa se sprošča letno povprečno blizu 2,5 mio m^3 erozijskega drobirja, kar predstavlja specifično sproščanje več kot 260 m^3/km^2, oziroma okoli 47 % celotnega letno sproščenega erozijskega drobirja.

To je le povprečje za celotno površino, medtem ko znaša maksimalno sproščanje na soški strani Julijcev ca. 2800 m^3/km^2/letno, v zahodnih Karavankah pa celo blizu 3000 m^3/km^2/letno.

Vse sproščene količine pa niso odplavljene nemoteno in neposredno v sprejemne reke Sočo, Savo ali Dravo ter njihove večje pritoke. Kakih 60 % jih zastaja in začasno obleži že v erozijskih in hudourniških grapah, na pobočjih, na meliščih in sipinah ob vznožju gorskih ostenj ter na hudourniških vršajih. Od tod jih odplavljajo bodisi srednje in nekoliko višje vode postopoma bodisi čakajo tam na nenadne neurne vode. Taki nenadni sporadični hudourniški izbruhi lahko povzročijo škode, ki tudi nekajkrat presežejo povprečje letnih škod na posameznem območju.

Od ostalih ca. 40 % erozijskega drobirja, t.j. od ca. 2,0 mio m^3/letno, ki jih neurne vode odplavljajo po hudourniških strugah prvega reda v sprejemne reke Sočo, Savo in Dravo, se približno četrtina odlaga in zaustavlja že na prehodih iz hudournikov v reke ter v zgornjih tekih rek, preostali poldrugi milijon m^3 pa vpliva predvsem na ekonomsko življenjsko dobo umetnih in naravnih zadrževalnikov vode.

Z občasnim praznjenjem njihovih akumulacij lahko odplavljamo naprej le dobro četrtino lebdečih plavin, ki se posedajo tik za pregradami v "mrtvem prostoru" zajezitve, medtem ko se debelejše, rinjene plavine odlagajo v zajezitveni prostor od njegovega korena

navzdol, v dolvodni smeri, s čimer neposredno zmanjšujejo koristni prostor zadrževalnikov vode (Horvat, 1987).



Slika 8: Hudourniške naplavine pod vasjo Log pod Mangrtom novembra 2000 (foto: A. Horvat).



Slika 9: Zapolnjen zaplavni prostor – hudournik Suhelj 1998 (foto: P. Pejakov).

Poseben problem so območja, kjer prihaja do razmakanja in plazenja zemljin ter trganja zemeljskih plazov, v večini hidromorfološkega izvora.. V grobem lahko na osnovi do sedaj zbranih podatkov zaključimo, da ca. 30 % površine Slovenije sestavljajo zemljišča, ki, če so preveč razmočena ali nanje nedomišljeno posežemo, plazijo (Horvat in Zemljič, 1998).



Slika 10: Usad v zaledju Zlatenščice 1998 (foto: A. Horvat).

Tudi snežna erozija je v Sloveniji pomemben erozijski dejavnik. Pozimi imamo lahko dovolj snežnih padavin, pa tudi nagibi površin so v sredogorju in visokogorju dovolj veliki za polzenje, drsenje in plazenje snežne odeje. Le veliki pokritosti površin z dovolj kvalitetnimi gozdnimi sestoji se imamo zahvaliti, da nam ta erozija ne povzroča toliko škode kot v primerljivih državah alpskega loka.

Izrazito plazovita območja obsegajo kakih 16.000 ha, z več kot 500 večjimi in okrog 1500 manjšimi stalnimi snežnimi plazovi. Za prostorsko načrtovanje so zlasti pomembni snežni plazovi, ki dosegajo območja trajnega človekovega bivanja. V Sloveniji tako ogroža magistralne ceste najmanj 89 plazov, regionalne ceste najmanj 275 plazov, lokalne ceste najmanj 303 plazovi, gozdne ceste najmanj 29 plazov, stanovanjske objekte najmanj 32, gospodarske objekte najmanj 33, organizirana smučišča najmanj 22, železnico najmanj 19 in daljnovode najmanj 53 plazov (Horvat in sod., 1994).

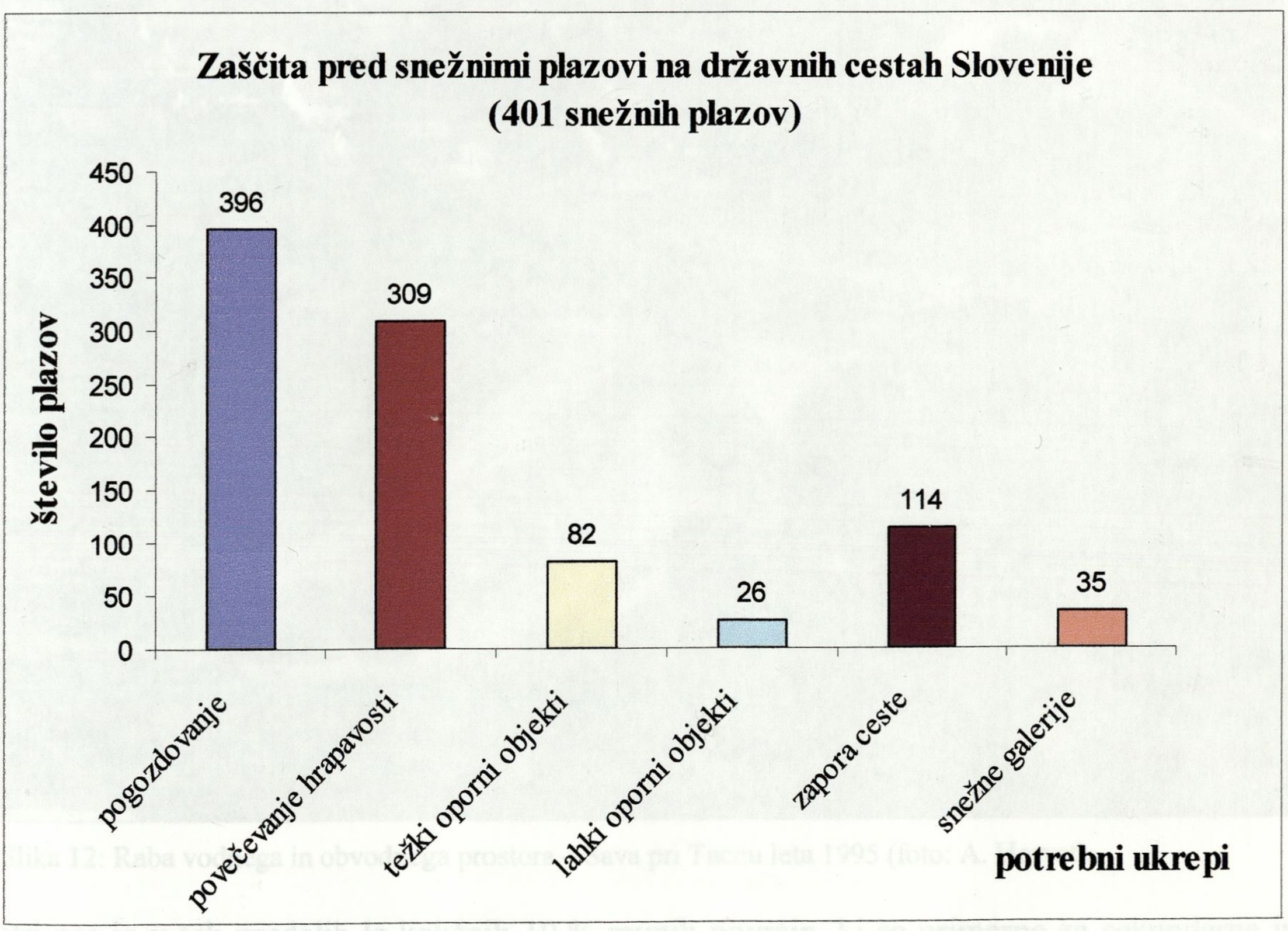
V preglednicah št. 2 in št. 3 so podrobneje podani ogroženost državnih cest s snežnimi plazovi in potrebni ukrepi za njihovo zaščito.

Preglednica 2: Ogroženost državnih cest na hudourniških območjih Slovenije s snežnimi plazovi (PUH, 1999).

dolžina državnih cest	število križanj snežnih plazov z državnimi cestami	dolžina državnih cest ogroženih s snežnimi plazovi	število križanj s snežnimi plazovi na 1 km državnih cest	ogroženosti s snežnimi plazovi na 1 km državnih cest
l [km]	n [št]	l_1 [km]	n/l [št./km]	l_1/l
2212	401	30	0,181	0,014

Preglednica 3: Ogroženost različnih kategorij državnih cest na hudourniških območjih Slovenije s snežnimi plazovi (PUH, 1999).

kategorije cest	dolžina ogroženosti odseka (km)	dolžina državnih cest (km)	% ogroženosti od skupne dolžine cest	število plazov, ki ogrožajo določeno kategorijo ceste
glavna cesta1	0,05	578,4	0,009	1
glavna cesta2	6,08	443,6	1,4	94
regionalna cesta 1	7,39	938,2	0,79	80
regionalna cesta 2	5,84	1129,7	0,52	89
regionalna cesta 3	9,79	2079,3	0,47	82
regionalna turistična	6,52	561,0	1,16	55
skupaj	35,68	5730,2	0,62	401



Slika 11: Potrebni ukrepi za zaščito pred snežnimi plazovi na državnih cestah (PUH, 1999).

Problem v hribovitem prostoru je tudi porušitvena erozija. Poseben problem so kamninskimi podori velikih dimenzij, ki so pri nas pogosti zlasti v zgornji soški dolini in k sreči omejeni le na manjša območja. Precej pogosteje pa se srečujemo s problematiko padajočega kamenja in skal, ki ogrožajo stanovanjske in gospodarske objekte ter prometnice.

Preglednica 4: Ogroženost državnih cest na hudourniških območjih Slovenije s porušitveno erozijo (PUH, 1999).

dolžina državnih cest	dolžina državnih cest ogroženih s padajočim kamenjem in skalnimi zruški	ogroženost s padajočim kamenjem in skalnimi zruški na 1 km državnih cest
l [km]	l_1 [km]	l_1 / l
2212	175	0,079

Gospodarsko uporabne površine so v hribovitih predelih razkosane, težko dostopne ter pogojujejo zahtevno gospodarjenje. Ohranjevanje naravnega ravnovesja med rušilnimi in stabilnostnimi silami v naravi zahteva domišljeno, okolju prilagojeno, t.i. sonaravno gospodarjenje.



Slika 12: Raba vodnega in obvodnega prostora – Sava pri Tacnu leta 1995 (foto: A. Horvat).

Pri nas je v teh predelih le kakšnih 10 % ravnih površin, ki so primerne za sekundarne in terciarne dejavnosti.Ravnice praviloma ležijo ob vodotokih. Tu naletimo tako na poplavna območja, na vplivna območja hudourniških izbruhov, območja zastajanja snežnih plazov in kamninskih zruškov, vodne rezervate, prometnice, naselja, komunalne in proizvodne površine, obdelovalna zemljišča. Zaradi pomembnosti tega sveta je tu realna gostota poselitve 10 – 20 - krat večja od statističnih povprečij, posledice tega poudarjenega pritiska na prostor pa močno ogrožajo krhko naravno ravnovesje (Pintar in Zemljič, 1982).

3 PRAVNE PODLAGE ZA DOLOČANJE EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ V DRŽAVAH ALPSKEGA SVETA

V tem poglavju podajamo kratek pregled določanja erozijsko ogroženih območij v alpskem svetu, kamor geografsko in geomorfološko spada tudi Slovenija.

3.1 SLOVENIJA

Določanje območij, ki so ogrožena z različnimi vrstami erozije in načine gospodarjenja na teh območjih v Sloveniji, opredeljujejo naslednji zakoni in predpisi:

- Zakon o vodah (Ur.l.SRS, št.38/81, 29/86; Ur.l.RS, št.15/91)
- Zakon o gozdovih (Ur. l. RS, št. 30/93, 13/98, 56/99)
- Strokovno navodilo o tem, za katere posege je potrebno vodnogospodarsko soglasje in kaj se šteje za manjše spremembe vodnega režima (Ur. l. SRS, št.27/84)
- Strokovno navodilo za določanje meje priobalnih zemljišč, erozijskih območij in morske obale (Ur. l. SRS, št.4/85)
- Odlok o določitvi erozijskih območij in posameznih hudournikov, na katerih zagotavlja delovna organizacija za urejanje hudournikov varstvo površin pred erozijo, hudourniki in plazovi (Ur. l. SRS, št.2/70)
- Odlok o določitvi hudourniških območij, ki se štejejo za vodotoke medregionalnega pomena (Ur.l. SRS, št.21/75)

Zakon o vodah (Ur.l.SRS, št. 38/81, 29/86; Ur.l.RS, št.15/91) določa, da je za vsako spremembo vodnega režima, ki lahko nastane z rabo in izkoriščanjem vode, z izpuščanjem onesnažene vode oziroma snovi, ki onesnažujejo vodo, z gradnjo vodnogospodarskih objektov in naprav ter z drugimi posegi v naravni ali umetni vodotok in vodna zemljišča, s katerimi se spreminja količina, kakovost, prostorska in časovna razporeditev voda oziroma se spremenijo razmere na vodnih in priobalnih zemljiščih, potrebno, poleg upravne dokumentacije, ki je potrebna po zakonu o varstvu okolja (Ur.l.RS, št 32/93, 1/96), zakonu o urejanju naselij in drugih posegov v prostor (Ur. l.SRS, št.18/84, 37/85, 29/86 in Ur.l.RS, št. 26/90, 18/93, 47/93) ter zakonu o graditvi objektov (Ur.l.SRS, št. 34/84, 29/86; Ur.l.RS št. 40/94, 69/84, 59/96), pridobiti še vodnogospodarsko soglasje in dovoljenje.

Po strokovnem navodilu o tem, za katere posege je potrebno vodnogospodarsko soglasje in kaj se šteje za manjše spremembe vodnega režima (Ur. l.SRS, št. 27/84), je vodnogospodarsko soglasje potrebno:

- za gradnjo in rekonstrukcijo vodnogospodarskih objektov in naprav,
- za vsak poseg v naravni ali umetni vodotok ter v vodna in priobalna zemljišča,
- za vsak poseg v erozijska območja z intenzivno erozijo in površine, ki jih ogrožajo plazovi,
- za nekatere druge posege v vodni režim, ki so primeroma našteti.

BF Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
GOZDARSKA KNJIŽNICA
Večna pot 2

Načini gospodarjenja in pogoji, pod katerimi je raba površin na ogroženih zemljiščih možna, so določeni z vodnogospodarskimi osnovami in posameznimi ureditvenimi načrti hudourniških območij. Vodnogospodarske osnove Slovenije (VGO, 1973) določajo površine, ki jih ogrožajo erozija, hudourniki, zemeljski in snežni plazovi. Na teh površinah je - skladno z določili Zakona o vodah (Ur.l.SRS, št. 38/81, 29/86; Ur.l.RS, št.15/91) - potrebno za spremembo kulture zemljišča, zgraditev objektov in za druge posege, ki bi lahko spremenili ustaljene ravnovesne razmere, pridobiti vodnogospodarsko soglasje. Žal se v praksi dogaja, da zahtevajo upravni organi vodnogospodarsko soglasje le za posege ob vodotokih, ne pa tudi za posege na erozijsko ogroženih območjih, kar je prav tako zakonsko obvezno.

3.2 AVSTRIJA

Danes ima edino Avstrija sprejet zakon iz leta 1975 (Forstgesetz, 1975), to je Zakon o gozdovih, ki daje hudourničarski službi odgovornost in pooblastilo, da določa vse vrste z erozijskimi pojavi ogroženih območij, in sicer za pričakovano povratno dobo 150 let. Ta ogrožena območja so načeloma razdeljena v tri cone - rdečo, rumeno in belo (BMLF, 1994).

V rdečih conah je trajna raba tako za poselitev kot za promet prepovedana. V teh območjih je računati z rušenjem vseh tipov zgradb in s smrtno nevarnostjo za ljudi v stavbah. V rdeče cone štejejo tudi površine, ki jih ogrožajo sicer po jakosti manjši, vendar pogosti dogodki.

Rumene cone so definirane kot območja, na katerih lahko nastane določena škoda, vendar ni pričakovati rušenja zgradb. V teh conah je gradnja stavb in drugih konstrukcij dovoljena pod posebnimi pogoji. V tako zgrajenih stavbah ogroženost človeških življenj ni verjetna. Ne glede na to pa ne sme biti dovoljena gradnja objektov, ki privabljajo večje število ljudi, kot so smučarske naprave, skupna shajališča, občinska, družabna in druga središča.

V belih conah na pregledanih območjih do sedaj ni bila ugotovljena kakšna poudarjena nevarnost erozijske ogroženosti. V njih ni nobenih omejitev pri gradnji objektov.

Poleg navedenih pa je možno izločiti še rjave, vijoličaste in modre cone. Rjave cone predstavljajo druge grožnje v hribovitem in gorskem svetu, ki niso v neposredni povezavi s pojavi hudournikov in snežnih plazov, kot so skalni podori, zemeljski plazovi,ipd.. Vijoličaste cone predstavljajo površine z naravno varovalno funkcijo, kot npr. oblika v reliefu, ki lahko pogojuje odklon možnega plazu ali hudourniške lave, ali loke kot naravni retencijski prostori.

Modro pa so označena območja, kjer so predvideni bodoči tehnični, gozdarsko-biološki ali ekološki ukrepi in jih je zato treba obdržati prosta.

Potem ko je določanje posameznih con opravljeno, je tako izdelan splošni načrt predstavljen javnosti na občinski ravni. Ljudje, ki jih prizadeva ta načrt ogroženih območij,

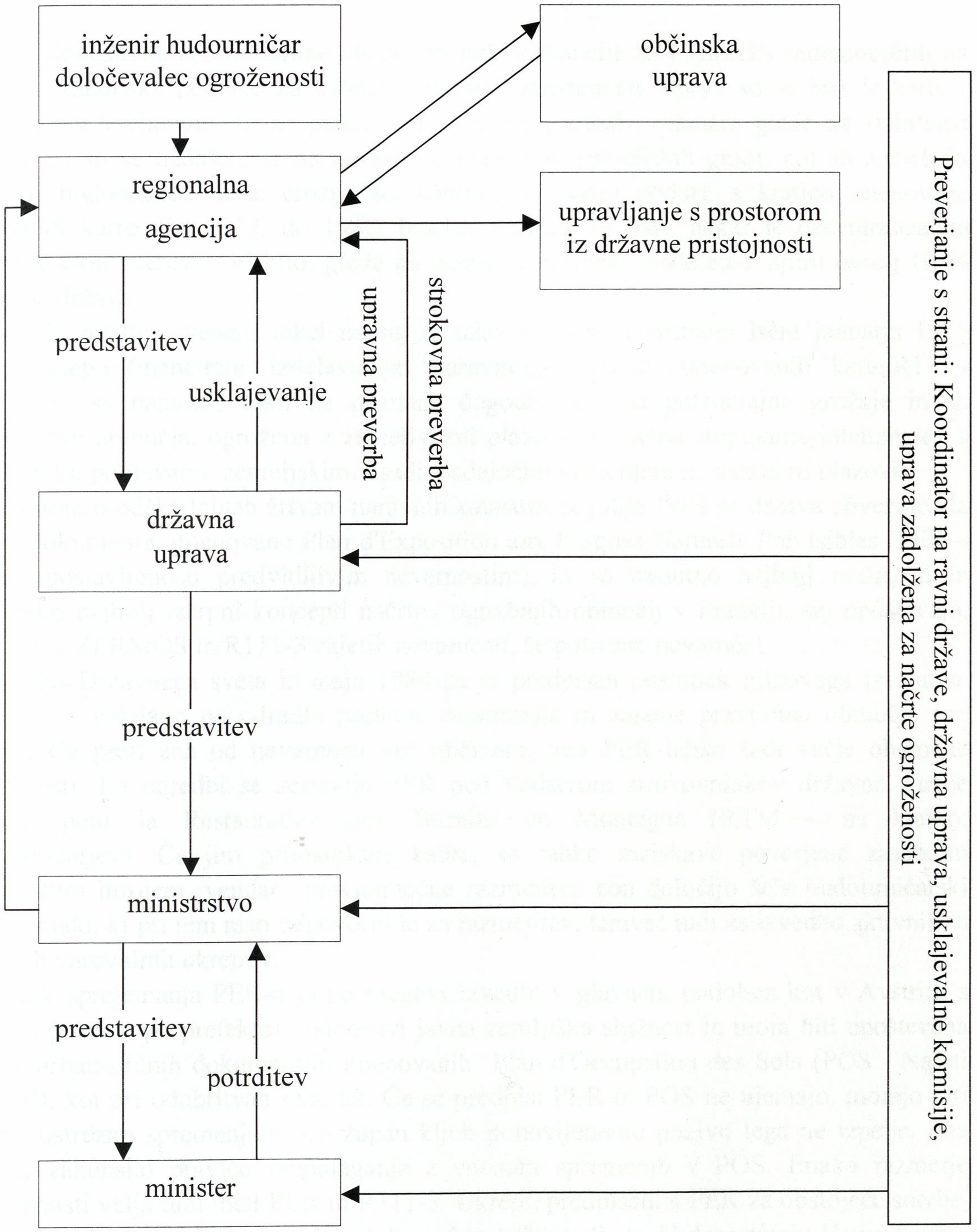
lahko na javni predstavitvi podajo pripombe, predloge, proteste in se pogajajo s pristojno komisijo. Takšno komisijo sestavljajo predstavnik hudourničarske službe in predstavniki občine, dežele, torej regije, ter avstrijske zvezne vlade. Potem ko je tak splošni načrt - popravljen ali nepopravljen - potrjen, postane vitalno orodje, ki rabi prostorskemu načrtovanju, rabi preverjanju ustreznosti projektiranih konstrukcij, načrtovanju evakuacijskih poti ob naravnih nesrečah in drugim ukrepom, načrtovanim na občinski ravni. Ni pa dovoljeno graditi objektov oziroma postavljati kampov v območjih, ki jih lahko ogrožajo poplave, masovni transporti plavin, skalni podori, zemeljski plazovi, erozija in snežni plazovi (IG LMUM, 1997).Tako postane splošni načrt ogroženih območij, ki vključuje vsa ekspertna mnenja, na teh tako omejenih območjih pomembno pravno orodje za načrtovanje rabe prostora in za vse administrativne ukrepe.

Pričakujemo, da bi morali biti podobni načrti, v tem smislu, tudi pri nas zakonsko predpisani tako, kot je to prva storila Avstrija z Zakonom o gozdovih (Forstgesetz, 1975), s katerim je v čl. 8 definirala Načrt ogroženih območij kot gozdarski prostorski načrt in mu s tem predpisala pravno veljavnost. Za izpeljavo je odgovoren zvezni minister za kmetijstvo in gozdarstvo. Po 11. členu Zakona se za to delo zadolži strokovna služba za urejanje hudournikov in preprečevanje snežnih plazov.

Isti člen predpisuje tudi postopek izdelave načrta ter udeležbo občin in prebivalstva. Izdelani osnutek načrta pregleda najprej območni vodja. Nato preveri njegovo sprejemljivost in verodostojnost referent za načrte ogroženosti ter ga končno strokovno presodi še zastopnik ministrstva za kmetijstvo in gozdarstvo. Zatem je dan v javno 4-tedensko razgrnitev pri občini. Ob upoštevanju morebitnih umestnih pripomb in ugovorov ga nato pregleda, odobri in izda dovoljenje za njegovo uporabo posebna komisija. Člani komisije so: predstavnik zveznega ministrstva za kmetijstvo in gozdarstvo, ki tudi predseduje komisiji, predstavniki strokovnih hudourničarskih služb, predstavnik dežele (praviloma predstavnik prostorskonačrtovalnega urada) in občine (praviloma župan) (Aulitzky, 1989; Kotter, 1992). Tako odobren načrt ima poslej status ekspertize uradnega izvedenca in je na razpolago občinskemu kot gradbenemu uradu zaradi upoštevanja pri prostorsko ureditvenih načrtih.

Če ga občina ne upošteva oz. ne izkoristi z njim povezanih preventivnih možnosti, mora po dodatni Zakonski odredbi Zveznega ministrstva za kmetijstvo in gozdarstvo (Erlass des BmfLuFw über "Hinderungsgründe") iz l. 1980 – če tako nakazujejo preprečevalne podlage - že prejete namenske zvezne dotacije vrniti oz. so ji do nadaljnjega ukinjene (Aulitzky, 1989).

Do konca leta 1995 so imeli Avstrijci že več kot 650 tako izdelanih načrtov ogroženih območij, pri čemer so v njih tako rekoč povsem obdelali zlasti alpski svet, t.i. območja hudourničarskih sekcij Vorarlberg, Tirolsko, Koroško, Salzburško, v nekoliko manjši meri pa območja ostalih 4 deželnih sekcij (IG LMUM, 1997).



Slika 13: Postopek izdelave načrta ogroženih območij v Avstriji (po Scheuringerju, 1998).

3.3 FRANCIJA

Zaradi donedavna centralizirane oblasti so tudi v Franciji že v začetku sedemdesetih let zastavili zakonske podlage za izdelavo načrtov ogroženosti. Sprva so to bile le karte s strokovnimi vsebinami, ki so prikazovale lokalne geološke razmere glede na stabilnost pobočij in so se nanašale le na nevarnosti premikov zemeljskih gmot, kot so zemeljski plazovi, hudourniške lave, erozija ter kamniti in skalni podori, s kratico imenovane ZERMOS karte. Od 1972. do 1980. leta so izdelali 30 kart, nakar je decentralizacija opravila svoje, čeravno bi bilo, glede na razmere, zaželeno obdelati z njimi okrog 10 % površine države.

Razvoj je medtem vendar tekel naprej in tako je Svet departmaja Isère januarja 1975 sprejel sklep o financiranju izdelave kart "naravnih nevarnosti", imenovanih "karte R111 - 3". Te so se nanašale tako na poznane dogodke kot na potencialne grožnje in so prikazovale območja, ogrožena z zemeljskimi plazovi (z dvema stopnjama intenzitete), s hudourniki, poplavami, zemeljskimi usadi, padajočim kamenjem in snežnimi plazovi.

Z Zakonom o odškodninah žrtvam naravnih katastrof iz julija 1982 se država obvezuje, da izdela dokumente, imenovane Plan d'Exposition aux Risques Naturels Prévisibles (PER – načrt izpostavljenosti predvidljivim nevarnostim), ki so trenutno najbolj razširjeni in vsebinsko najbolj izčrpni koncepti načrtov ogroženih območij v Franciji, saj upoštevajo, poleg že v ZERMOS in R111-3 zajetih nevarnosti, še potresno nevarnost.

Z Uredbo Državnega sveta iz maja 1984 pa je predpisan postopek njihovega izvajanja. PER gre v izdelavo po odredbi prefekta departmaja in zajame praviloma območje ene občine. Če preti ena od nevarnosti več občinam, ima PER lahko tudi večje območne razsežnosti. Po odredbi se sestavlja PER pod vodstvom strokovnjakov državne službe Service pour la Restauration des Terrains en Montagne (RTM – na kratko: hudourničarjev). Če jim primanjkuje kadra, so lahko raziskave poverjene zasebnim inženirskim birojem, vendar pravnomočne razmejitve con določijo šele hudourničarski strokovnjaki, ki pri tem niso odgovorni le za razmejitev, temveč tudi za izvedbo aktivnih in pasivnih varovalnih ukrepov.

Postopek sprejemanja PER-a je po njegovi izvedbi v glavnem podoben kot v Avstriji, s tem, da postane po prefektovi odobritvi javna zemljiška služnost in mora biti upoštevana tako v urbanističnih dokumentih, imenovanih Plan d'Occupation des Sols (POS - Načrti rabe tal), kot pri odobritvah rabe tal. Če se predpisi PER in POS ne ujemajo, morajo biti slednji ustrezno spremenjeni. Če župan kljub ponovljenemu pozivu tega ne izpelje, ima prefekt zakonsko pravico razpolaganja z vnosom sprememb v POS. Enako razmerje nadrejenosti velja tudi med PER in R111-3. Ukrepi, predpisani s PER za obstoječe stavbe, posesti in rabe imajo torej, ko jih potrdi prefekt, višjo veljavo. V departmaju Haute-Savoie je bilo npr.doslej tako izdelanih in sprejetih 26 PER-ov in je bila med njimi le v enem primeru potrebna uveljavitev pooblastil Sveta departmaja proti volji občine.

Nedorečenosti v zakonu pa so omogočale tako zavarovalniškim družbam kot občinam nekorektnosti, kar je privedlo februarja 1995 do sprejetja novega Zakona o okrepitvi varovanja okolja. Posvečen je predvsem preventivi pred naravnimi nevarnostmi, ki ji je dana večja teža. Medtem ko je PER slonel na zavarovalniškem zakonu, postavlja

prostorsko načrtovalni zakon podlage za Plan de Prévention des Risques (PPR – Načrt preventivnih ukrepov pred naravnimi nesrečami). Z njim je zagotovljeno, da so ustrezno upoštevane ne le gospodarske, stvarne škode, temveč prvič tudi ogrožanje človeških življenj. Prvič je tudi državi podeljen nekoliko večji prostor delovanja, v katerem so v posebej težavnih primerih, ko ne morejo biti odrejeni nikakršni preventivni ukrepi, omogočene razlastitve in preselitve v neogrožena območja. Vendar je pri tem pomembno, da se kartografske podlage PER pri tem ne spreminjajo in obdržijo svojo dosedanjo pravnomočnost. Za razliko od avstrijskih upoštevajo francoski načrti ogroženih območij vse vrste nevarnosti, vendar pa rešujejo vprašanje primerjalnosti vrednotenja spremenljivih procesov zelo pragmatično - razmejitev ogroženih con (rdeča, modra, rumena) opravijo ekspertno, brez trdnejših kriterijev vrednotenja. (IG LMUM, 1997)
Tako izločanje ogroženih območij pa lahko pripelje do tragičnih zmot. Tako je po ekstremnem sneženju februarja 1999 pršni snežni plaz porušil stanovanjske in gospodarske objekte v naselju Montroc pri Chamonixu, ki so se, zgolj po oceni specialistov, nahajali v belem, torej neogroženem območju.

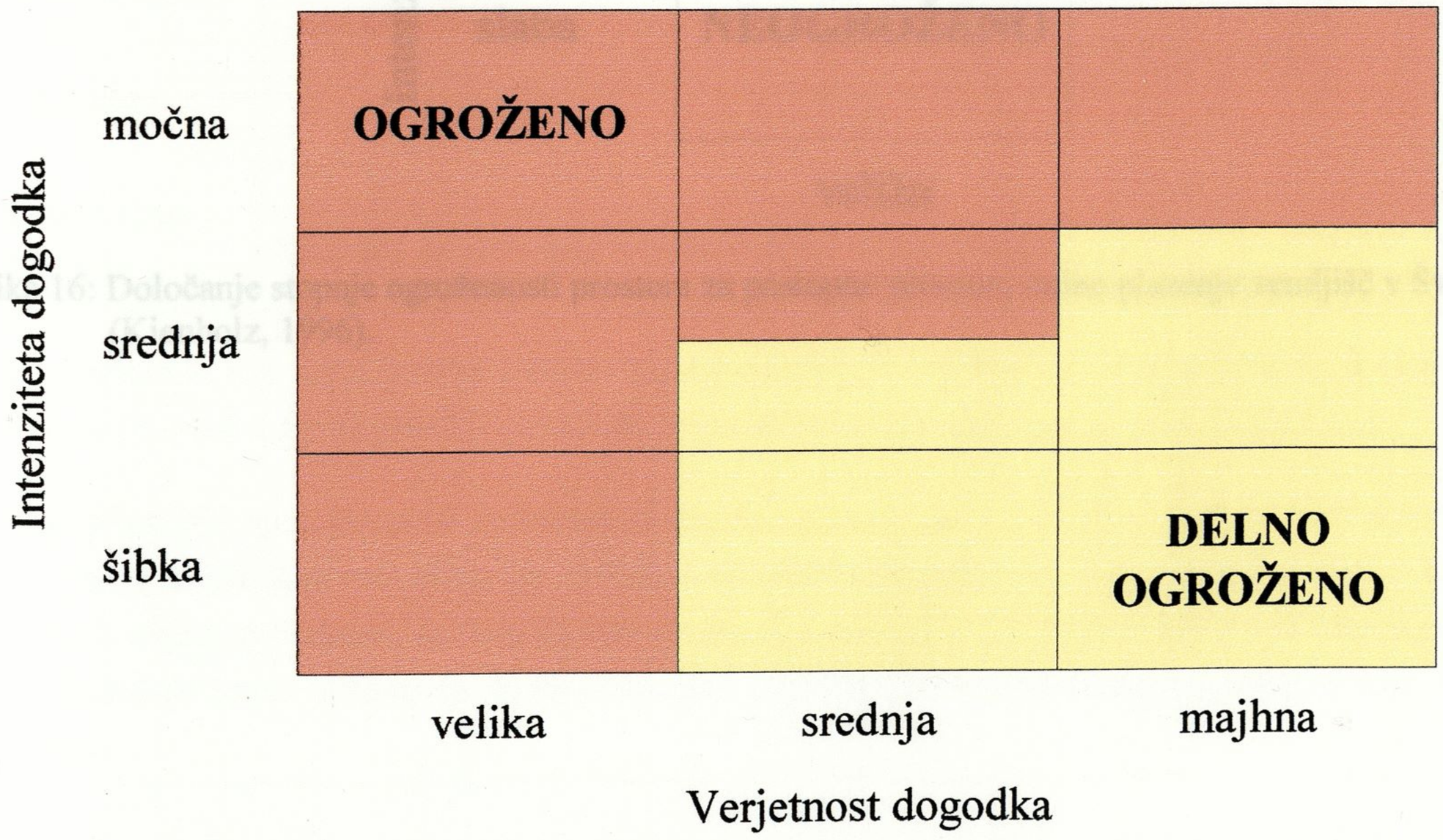
3.4 ŠVICA

V Švici je kantonski nadgozdar Coaz že l. 1872 zasnoval statistiko snežnih plazov v kantonu Graubünden, ta pa je, potem ko je postal zvezni gozdarski inšpektor, prerasla v izdelovanje lavinskega katastra, predhodnika kasnejših kart ogroženosti s snežnimi plazovi, in rezultirala v l. 1907 izdani karti gozdov in snežnih plazov v merilu 1 : 250.000. S kartiranjem drugih vrst nevarnosti so začeli šele veliko pozneje. Kot začetek določanja ogroženih območij v Švici velja l. 1954, ko je bil izdelan prvi načrt lavinskih con za naselje Gadmen v bernskem Oberlandu kot posledica katastrofalne zime l. 1951, v kateri so bile po vsej državi ekstremne snežne splazitve z mnogimi človeškimi žrtvami. Leta 1975 so izdali "Karto ogroženosti Švice", ki je v merilu 1 : 100.000 prikazala območja nevarnosti snežnih in zemeljskih plazov, hudourniških lav, visokih vod in kamnitih podorov. Zaradi majhnega merila je lahko imela le nadregionalni in vsešvicarski pomen ter rabila kot osnova nadaljnjim raziskovanjem.

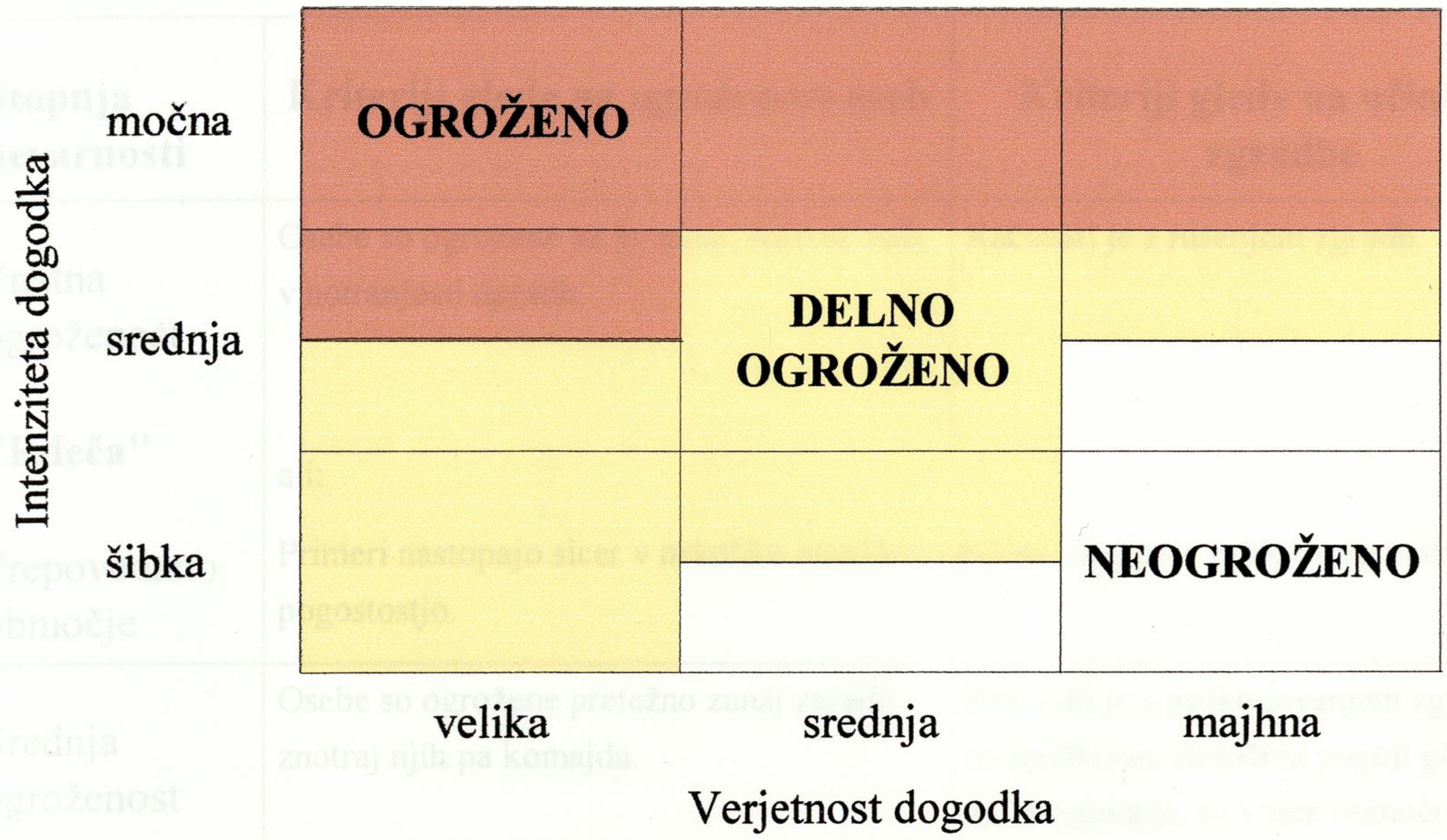
Značilna za nadaljnji razvoj določanja ogroženih območij je bila neenotnost izvajanja, pogojena z izrazito federalno strukturo konfederacije. Kantoni imajo zelo veliko pravico samoodločanja, tako na področju prostorskega načrtovanja kot v gozdarskih in vodnogospodarskih zadevah. Vendar delujejo v novejšem času številna združenja in delovne skupine zelo uspešno pri usklajevanju konceptov ravnanja z naravnimi nevarnostmi. To je privedlo s sprejetjem Zakonov o vodnih gradnjah in o gozdovih v l. 1991 do zvezne uvedbe konkretnega kartiranja nevarnosti, ob upoštevanju vseh vrst ogrožanja, na kantonalni ravni. V povezavi z Uredbo o gozdovih (1992) in Uredbo o vodnih gradnjah (1994) določajo varstvo pred naravnimi grožnjami kot funkcijo gozda. Ta okvirna zakonodaja zavezuje kantone k izdelavi osnov, kot so katastri in karte ogroženosti, pa tudi strokovne centre Zveze k izvedbi temeljnih del in k izdelavi tehničnih smernic.

Kantoni zagotavljajo tudi varstvo pred naravnimi pojavi tam, kjer je potrebno varovati ljudi in pomembne nepremičnine. Zavarujejo tako območja trganja snežnih in zemeljskih plazov kot tudi erozijska žarišča in območja skalnih podorov ter skrbijo za urejanje hudournikov. Pri ukrepanju je treba uporabljati čimbolj sonaravne metode. Pri tem nosi Zveza do 70 % stroškov za izgradnjo in vzdrževanje varovalnih objektov in naprav, za vzpostavljanje in nego varovalnih gozdov, za postavljanje merilnih postaj in izgradnjo sistemov za zgodnje alarmiranje kot tudi za izdelavo katastrov in kart ogroženosti. Izrecno je predvidena pri stroških varovalnih ukrepov soudeležba zasebnih organizacij ali oseb, kadar so te bodisi uporabniki ali pa so povzročitelji škod (IG LMUM, 1997).

Določanje ogroženih območij je doslej najuspešnejše v kantonu Graubünden, ki je po Egliju (1996) edini, v katerem so izdelali take načrte že za vse občine. V zadnjih dveh desetletjih, ko so jih izdelovali in prilagajali razvoju, niso imeli škodnih pojavov zaradi morebitno napačno začrtanih nevarnostnih con (Aebli, 1997). Posledica je tudi izredno ugoden odziv in sprejemljivost prebivalstva za te načrte. Povsem drugače je v kantonu Wallis, kjer so že od nekdaj poseljevali ekstremne lege zaradi ugodnih klimatskih razmer. Prav tod so najbolj pogosti konflikti v izrabi prostora med poselitvami in nevarnimi območji. Zaradi nenehnega soočanja z nevarnostmi je sprejemljivost zanje pri prebivalcih večja kot za omejitve v izrabi prostora. Na najboljši poti pa je kanton Obwalden, ki ni do omenjenih zakonskih predpisov na začetku 90-ih let imel zbranih nobenih podatkov o naravnih nevarnostih in zato tudi nobenih ustreznih načrtovalnih dejavnosti. Tako so začeli na začetku, vendar z veliko mero posluha za tesno sodelovanje z znanstvenimi zavodi, univerzami, strokovnimi službami pristojnih zveznih organov in strokovnjaki drugih kantonov. Zato je njihov koncept za izdelavo osnov o ogroženih območjih "mlad" in tako tudi kar najbolj aktualiziran (IG LMUM, 1997). V nadaljevanju ga podrobneje navajamo.



Slika 14: Določanje stopnje ogroženosti prostora za nenadne procese: snežne plazove, podore in kamnite plazove v Švici (Kienholz,1996).



Slika 15: Določanje stopnje ogroženosti prostora za postopne procese: izbruhe hudournikov, preplavitve, zablatenja površin, erozijo brežin, spontano plazenje zemljišč v Švici (Kienholz 1996).



Slika 16: Določanje stopnje ogroženosti prostora za postopne procese: stalno plazenje zemljišč v Švici (Kienholz, 1996).

Pregledica 5: Določanje nevarnostnih stopenj na osnovi učinkovanja na ljudi in zgradbe v Švici (prirejeno po Kienholzu,1996).

<table>
<tr><th>Stopnja nevarnosti</th><th>Kriteriji glede na ogroženost oseb</th><th>Kriteriji glede na učinke na zgradbe</th></tr>
<tr><td>Znatna ogroženost

"Rdeča"

Prepovedano območje</td><td colspan="2">Osebe so ogrožene ne le zunaj, temveč tudi v notranjosti zgradb.

ali:

Primeri nastopajo sicer v nekoliko manjšem obsegu, zato pa z veliko verjetnostjo in pogostostjo.</td></tr>
<tr><td>Srednja ogroženost

"Modra"

Pogojno območje</td><td>Osebe so ogrožene pretežno zunaj zgradb, znotraj njih pa komajda.

in:

Dogodki silovitih procesov nastopajo s srednjo do neznatno verjetnostjo.

ali:

Dogodki postopnih procesov slabe in srednje intenzitete nastopajo z veliko verjetnostjo.</td><td>Računati je s poškodovanjem zgradb. Če so upoštevani določeni pogoji glede načina gradnje, ni v tem območju pričakovati nenadnih rušenj zgradb.</td></tr>
<tr><td>Majhna ogroženost

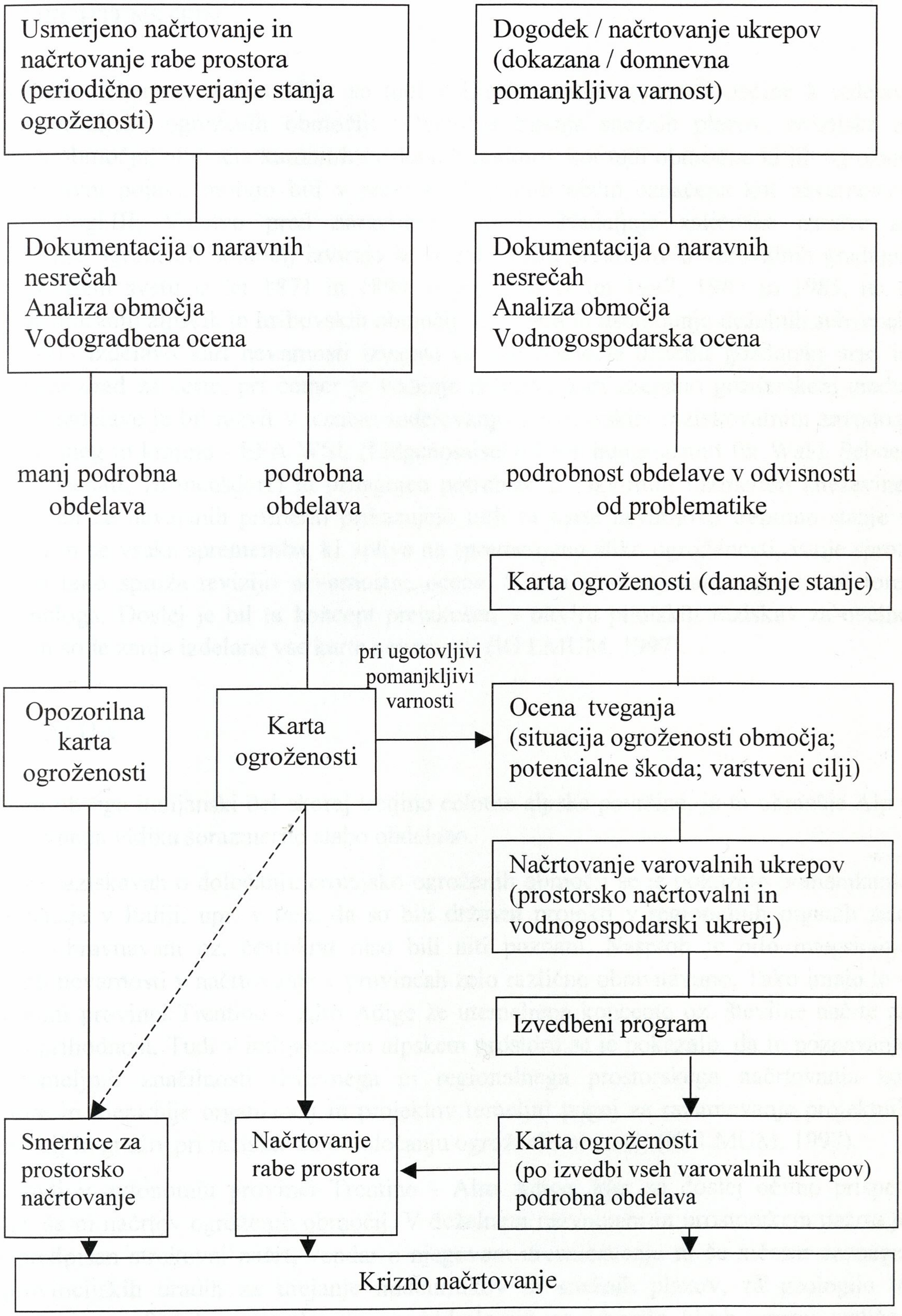
Rumena

Opozorilno območje</td><td>Osebe so tudi zunaj zgradb komajda ogrožene.

in:

Dogodki ne nastopajo z veliko verjetnostjo oz. pogostostjo.</td><td>Računati je z neznatnimi poškodbami oz. prizadetostjo zgradb. Pri običajnem načinu gradnje rušenja zgradb v tem območju niso verjetna.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Če preostaja le ena sama (visoka intenziteta, zelo majhna verjetnost nastopa) ali nobena nevarnost, potem območje praviloma ne bo posebej označeno, bo pa od neocenjevanih območij jasno omejeno.

Kadar mora biti opozorjeno na načeloma obstoječo nevarnost, vendar z zelo majhno verjetnostjo njenega nastopa, je treba zadevno območje prikazati rumeno-belo progasto. To je pomembno za načrtovanje posebnih naprav (objektov), pri katerih morajo biti upoštevana večja tveganja kot pri običajnih zgradbah. S tem se nadalje lahko opozori na možnost nastopa dogodkov, ki presežejo dimenzionirane mere varovalnih ukrepov.</td></tr>
</table>



Slika 17: Postopek pri upoštevanju visokovodnih nevarnosti pri prostorskih dejavnostih v Švici (BWW BRP BUWAL, 1997).

3.5 LIECHTENSTEIN

Z gozdnim zakonom iz leta 1991 so tudi v Liechtensteinu zavezali občine k izdelavi načrtov erozijsko ogroženih območij: "Območja trganja snežnih plazov, erozijska in plazljiva območja, območja kamnitih in skalnih podorov kot tudi območja, ki jih ogrožajo drugi naravni pojavi, morajo biti v prostorskih planih občin označena kot nevarnostne cone." (Pogl.III, Varstvo pred naravnimi pojavi). Nadaljnje zakonske osnove za določevanje ogroženih območij izvirajo še iz zakonskih predpisov o varovalnih gradnjah na plazovitem svetu iz let 1871 in 1899, o gradnjah iz let 1947, 1983 in 1985, ter o subvencioniranju alpskih in hribovskih območij iz l. 1968 in usmerjanja deželnih subvencij iz l. 1991. Izdelavo kart nevarnosti izvajata za vse območje deželni gozdarski urad in kantonalni urad za ceste, pri čemer je vodenje izdelave kart zaupano gozdarskem uradu. Koncept izdelave je bil razvit v tesnem sodelovanju s Švicarskim raziskovalnim zavodom za gozd, sneg in krajino - EFA WSL (Eidgenossische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf) in prilagojen potrebam in okvirnim razmeram kneževine. Kot v vseh že navajanih primerih prikazujejo tudi tu karte nevarnosti trenutno stanje v območju in se vsaka sprememba, ki vpliva na spremenjeno sliko ogroženosti, vanje sproti vnaša in tako sproža revizijo nevarnostne ocene. S tem je ocenjevanje nevarnosti torej stalna naloga. Doslej je bil ta koncept preizkušen v okviru pilotskih raziskav za občino Vaduz in so le zanjo izdelane vse karte nevarnosti (IG LMUM, 1997).

3.6 ITALIJA

Čeravno obsega italijanski del skoraj tretjino celotne alpske površine, je to območje Alp s preventivnega vidika sorazmerno slabo obdelano.

Tudi pri raziskavah o določanju erozijsko ogroženih območij se je pokazalo pomanjkanje koordinacije v Italiji, npr. v tem, da so bili državni projekti v regionalnih organih zelo kritično obravnavani oz. čestokrat niso bili niti poznani. Nasploh je bilo integriranje naravnih nevarnosti v načrtovanje v provincah zelo različno obravnavano. Tako imajo le v avtonomni provinci Trentino - Alto Adige že utemeljene koncepte oz. številne načrte za bližnjo prihodnost. Tudi v italijanskem alpskem prostoru se je pokazalo, da je poznavanje tako temeljnih značilnosti državnega in regionalnega prostorskega načrtovanja kot strukture in hierarhije organizacij in projektov temeljni pogoj za razumevanje projektnih informacij in gradiv pri raziskavah o določanju ogroženih območij (IG LMUM, 1997).

Tako tudi v avtonomni provinci Trentino - Alto Adige, kjer so doslej očitno prispeli najdlje, še ni načrtov ogroženih območij. V deželnem razvojnem in prostorskem načrtu je sicer predpisan strokovni načrt, vendar o njegovem uresničevanju ni še ničesar znanega. Pri provincijskih uradih za urejanje hudournikov in snežnih plazov, za geologijo in preizkušanje gradbenih materialov ter za hidrologijo pa izvajajo kljub vsemu različne projekte o vsedeželnem inventariziranju masovnih premikov hribinskih gmot in pojavov snežnih plazov. Kataster slednjih tekoče vodijo pri provincijskem uradu za hidrografijo – službi opozarjanja na snežne plazove –, po katere naročilu ga izvajajo gozdarski uradi. Po

končani izdelavi naj bi zajel vse znane pojave snežnih plazov na območju vse Južne Tirolske v obliki podrobnih podatkovnih listov in ortofotokart v merilu 1 : 10.000. Ta kataster je podlaga za karto ogrožanja s snežnimi plazovi, katere izdelava mu tekoče sledi v merilu 1 : 25.000 in je do l. 1996 pokrila območje ca. 15 občin. Trenutno je ta karta najboljša podatkovna baza v Italiji, čeravno je velik problem njen popolnoma nerazčiščen pravni položaj, saj npr. ni jasno, ali pravno ustreza nekemu prostorsko ureditvenemu načrtu ali pa gre le za neko opozorilno karto snežnih plazov brez pravnega statusa. V osnovi je dejansko prav slednja, ker ne omogoča ovrednotenja ogroženosti načrtovanih ploskovnih enot (IG LMUM, 1997).

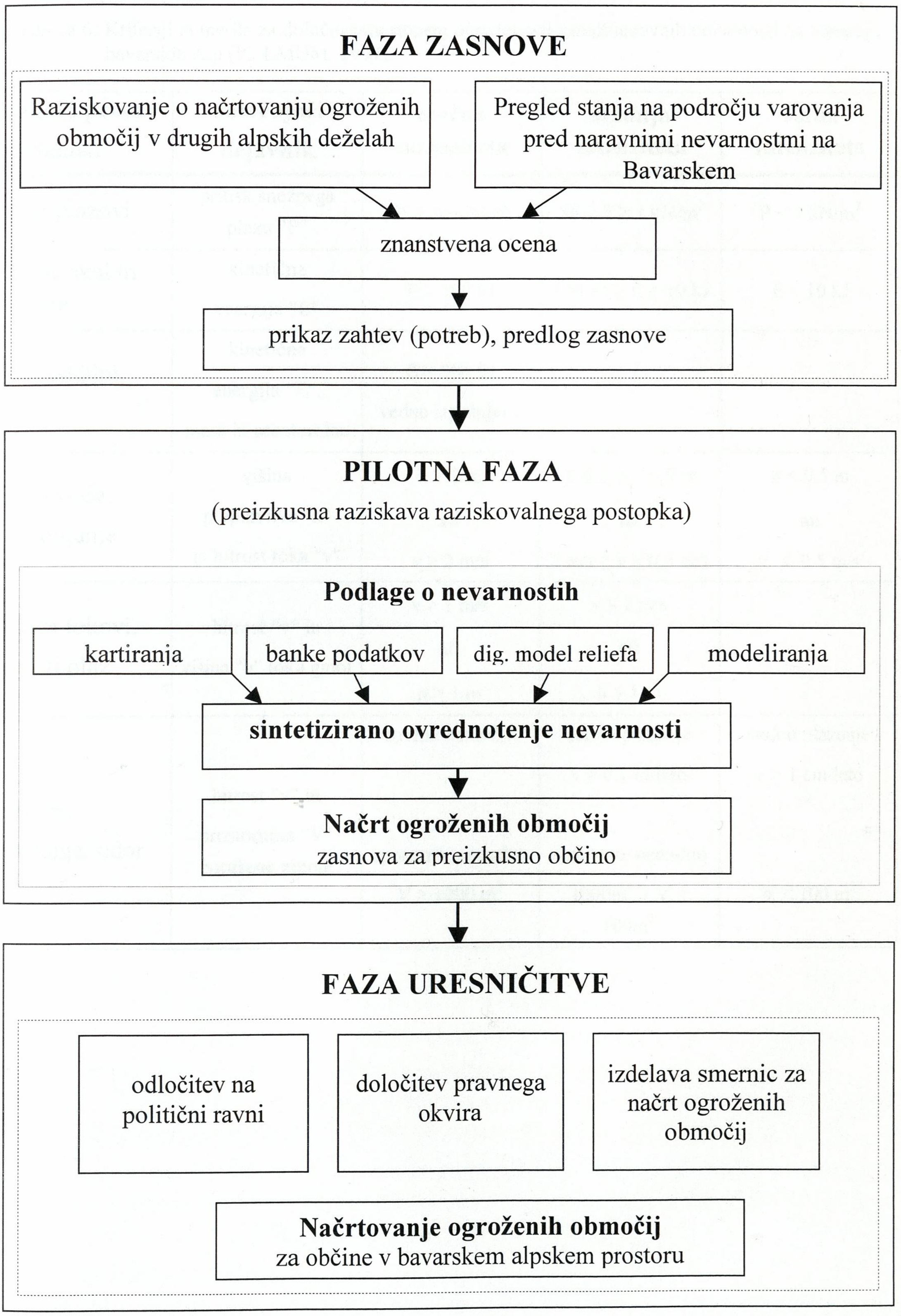
Iz poplave informacij in obilne dokumentacije za ostale predele Italije se izkaže, da gre predvsem za gradiva univerzitetnih raziskav, čéstokrat za publikacije lokalnih študij. Rezultati niso ustrezno preverjeni in potrjeni. Z redkimi izjemami imajo ti projekti le povsem opisni značaj, saj so masovni premiki hribinskih gmot – z ogrožanjem ali pa brez ogrožanja objektov – vsakokrat kartirani po drugačni legendi. Koncepti kartiranja so pri tem le deloma podobni običajnim standardom kartografskega predstavljanja v ostalem alpskem prostoru, toda ne kar zadeva tematsko širok spekter zajetih posameznih elementov, kot je to primer v ostalih deželah. Pri nekaterih projektih je podana analiza posameznih pojavov predvsem z geološkega vidika. Tovrstne študije so deloma sicer lahko podlaga za nadaljevalne ukrepe ali načrtovanja, vendar neposredne zveze z načrti ogroženih območij ni.

Nasploh vlada v italijanskem alpskem prostoru pomanjkanje kakršnegakoli medregijskega sodelovanja, pretok informacij med institucijami in upravnimi enotami pa je izjemno nizek. Poleg tega so državni projekti ustanove Consiglio Nationale delle Ricerche (CNR – Nacionalni raziskovalni svet s sedežem v Rimu) precej iztrgani iz rednega preventivnega dela v provincah. Izjema je vertikalna izmenjava informacij med Rimom in provincami oz. regijami. Pristojni domači obdelovalci in raziskovalci so tako pogosto izvedeli o projektih različnih služb v drugih provincah šele iz tujih virov (IG LMUM, 1997).

3.7 BAVARSKA

Na Bavarskem je v pripravi sprejem kriterijev in postopkov za določanje erozijsko ogroženih območij. Analizirali so stanje določanja erozijsko ogroženih območij v deželah alpskega loka in dosedanje delo na Bavarskem. Načrtujejo izdelavo opozorilnih kart o posameznih in sintetiziranih ovrednotenih nevarnostih ter na njihovi osnovi podrobno določanje erozijsko ogroženih območij.

Pri kriterijih za določanje stopenj ogroženosti z erozijskimi pojavi nameravajo uporabiti bavarskim razmeram prilagojene Kienholzove kriterije (Kienholz, 1996). Predlagani koncept in kriteriji za določanje erozijsko ogroženih območij so prikazani na sliki (Slika 18) in v preglednici (Preglednica 6).



Slika 18: Stopnje razvoja koncepta načrta ogroženih območij za občine bavarskega alpskega prostora (IG LMUM, 1997).

Preglednica 6: Kriteriji in merila za določevanje stopenj ogroženosti zaradi naravnih nevarnosti na območju bavarskih Alp (IG LMUM, 1997).

erozijski proces ogroženost	**odločujoči dejavnik**	**močna intenziteta**	**srednja intenziteta**	**slaba intenziteta**
snežni plazovi	pritisk snežnega plazu "P"	$P > 30$ kN/m^2	$30 \geq P \geq 3$ kN/m^2	$P < 3$ kN/m^2
padanje skal in kamenja	kinetična energija "E"	$E > 300$ kJ	100 kJ $\geq E \geq 10$ kJ	$E < 10$ kJ
podor (skalni, hriba)	kinetična energija "E", masa in prostornina	$E > 300$ kJ vedno izpolnjeno	-	-
visoka voda, preplavljanje	višina preplavitve "h" in hitrost toka "v"	$h > 2$ m ali $v > 2$ m/s	2 m $\geq h \geq 0,5$ m ali 2 m/s $\geq v \geq 0,5$ m/s	$h < 0,5$ m ali $v < 0,5$ m/s
murasti tokovi, žlebasti plaz	hitrost "v" in višina "h" toka gmot	$v > 1$ m/s ali $h > 1$ m	$v \leq 1$ m/s ali $h \leq 1$ m	-
plazenje, posedanje, udor	hitrost "v" in prostornina "V" porušene gmote	strižna območja spontano, nenadno $V > 1000$ m^3	stalno plazenje $v > 0,1$ m/leto spontano, nenadno 1000m$^3 \geq V \geq 100$m^3	stalno plazenje $v > 1$ cm/leto $V < 100$ m^3

4 MODEL DOLOČANJA EROZIJSKE OGROŽENOSTI V SLOVENIJI

4.1 SPLOŠNO

V predlogu modela določanja erozijsko ogroženih območij smo podali kriterije za točnejše razmejevanje jakosti erozijskega ogrožanja na posameznih območjih in predlagali tako stopenjsko metodologijo določanja erozijsko ogroženih območij, da bo možno pravno nadgraditi veljavno vodno zakonodajo. Na tak način bodo v času uveljavljanja izboljšanega sistema določanja erozijsko ogroženih območij preprečeni nedomišljeni posegi v prostor.

Upamo, da bo novi zakon o vodah, ki je v parlamentarnem postopku (Poročevalec št. 96, 21.11.2000) skupaj z njegovimi podzakonskimi akti izboljšal dosedanje pravne podlage za gospodarjenje na erozijsko ogroženih območjih.

Pri določanju erozijsko ogroženih območij v Sloveniji predlagamo izdelavo dveh vrst dokumentov:

- grobe in podrobnejše Opozorilne načrte o erozijski ogroženosti
- Načrte erozijsko ogroženih območij

Opozorilni načrti o erozijski ogroženosti so ob korektni obdelavi razpoložljivih podatkov sorazmerno hitro na razpolago za gospodarjenje s prostorom, so manj natančni in podajajo grobe usmeritve varstva pred erozijskimi pojavi.

Načrti erozijsko ogroženih območij pa podajajo podrobne prikaze ogroženosti, točno coniranje stopnje ogroženosti in bomo za njihovo celovito izdelavo v Sloveniji potrebovali od 10 do 20 let neprekinjenega strokovnega dela.

V vmesnem obdobju si bomo morali pri presojah posegov v prostor pomagati z grobimi in podrobnimi opozorilnimi načrti in na njihovi osnovi izraženimi mnenji hudourničarskih izvedencev. Opozorilnimi načrti o erozijski ogroženosti omogočajo uporabo postopka, ki je v prehodnem obdobju hitra, čeprav ponekod manj natančna metoda določanja erozijsko ogroženih območij.

Opozorilni načrti o erozijski ogroženosti okvirno omejujejo območja, kjer preti nevarnost erozijskih pojavov in procesov. Izdelani so v glavnem na osnovi primerjalnih analiz naravnih danosti. Pri gospodarjenju na tako omejenih prostorih je potrebno ravnati skladno z načeli varstva pred erozijo. Znotraj teh prostorov določamo naknadno po potrebi še podrobneje, z detajlnejšimi analizami površine glede na stopnjo ogroženosti - izdelujemo Načrte erozijsko ogroženih območij. Ti so praviloma omejeni na širša območja naselij.

Opozorilni načrt o erozijski ogroženosti bo v pomoč tudi pri izdajanju strokovnih mnenj in osnova za izdelavo bistveno točnejših načrtov erozijsko ogroženih območij z natančnejšim coniranjem oz. strokovna podlaga za izvajanje politike varovanja z:

- ukrepi in režimi varovanja,
- omejitvami rabe in
- predpisovanjem postopkov za detajlna preverjanja.

4.2 OPOZORILNI NAČRTI O EROZIJSKI OGROŽENOSTI

4.2.1 Grobi opozorilni načrti o erozijski ogroženosti

Osnovni namen grobega izločanja je dobiti hiter pregled stanja erozijske ogroženosti na posameznih območjih, kar omogoča izdelavo načrtovalnih smernic. Zato prikazuje grobi opozorilni načrt vrsto, okvirno pa tudi potencialno stopnjo nevarnosti erozijskih pojavov.

Natančnost takega načrta je, razumljivo, sorazmerno majhna, saj je morebitna izločitev pojava bodisi le območno prostorska ali pa je predstavljena celo samo z ustreznimi simboli. Tak način in stopnjo natančnosti določajo tudi merila, v katerih je izdelan, ki se gibljejo od 1 : 25.000 do 1 : 250.000.

Karta erozijskih žarišč in erodiranosti območij ter karta stabilnosti območij in plazov, obe v merilu 1 : 250.000, sta sestavni del že izdelanih Vodnogospodarskih osnov Slovenije in osnovni podlagi za izdelavo grobega opozorilnega načrta o erozijski ogroženosti po posameznih vrstah ogrožanja, saj grobo omejujeta površine, kjer so zaznavni pojavi erozije, plazenja tal in snega (VGO, 1973). Ker je pregled grob, nam rabi kot opozorilo, da je za posege na tem območju potrebno pridobiti vodnogospodarsko soglasje, ki ga pripravijo strokovnjaki s področja varstva pred erozijo in hudourniki.

Vsebine grobih opozorilnih načrtov po posameznih vrstah erozije se združijo v celovit grobi opozorilni načrt o erozijski ogroženosti posameznega območja, pri čemer se lahko za potrebe prostorskih planov, glede na stopnjo ogroženosti, grobo oblikujeta zgolj dve vrsti opozorilnih območij varovanja:

Opozorilna območja strogega varovanja

so območja s hujšim erozijskim delovanjem hudournikov (poplavljanje, zajedanje, naplavljanje ...), to je vsa žarišča globinske in bočne erozije, območja hudourniških vršajev in naplavišča, izpostavljena dinamičnim spremembam, območja aktivnih zemeljskih plazov, nestabilna območja; lokacije z aktivnimi porušitvenimi procesi, območja hribinskih in kamninskih podorov; območja plaznic snežnih plazov in pogojno stabilne snežne odeje.

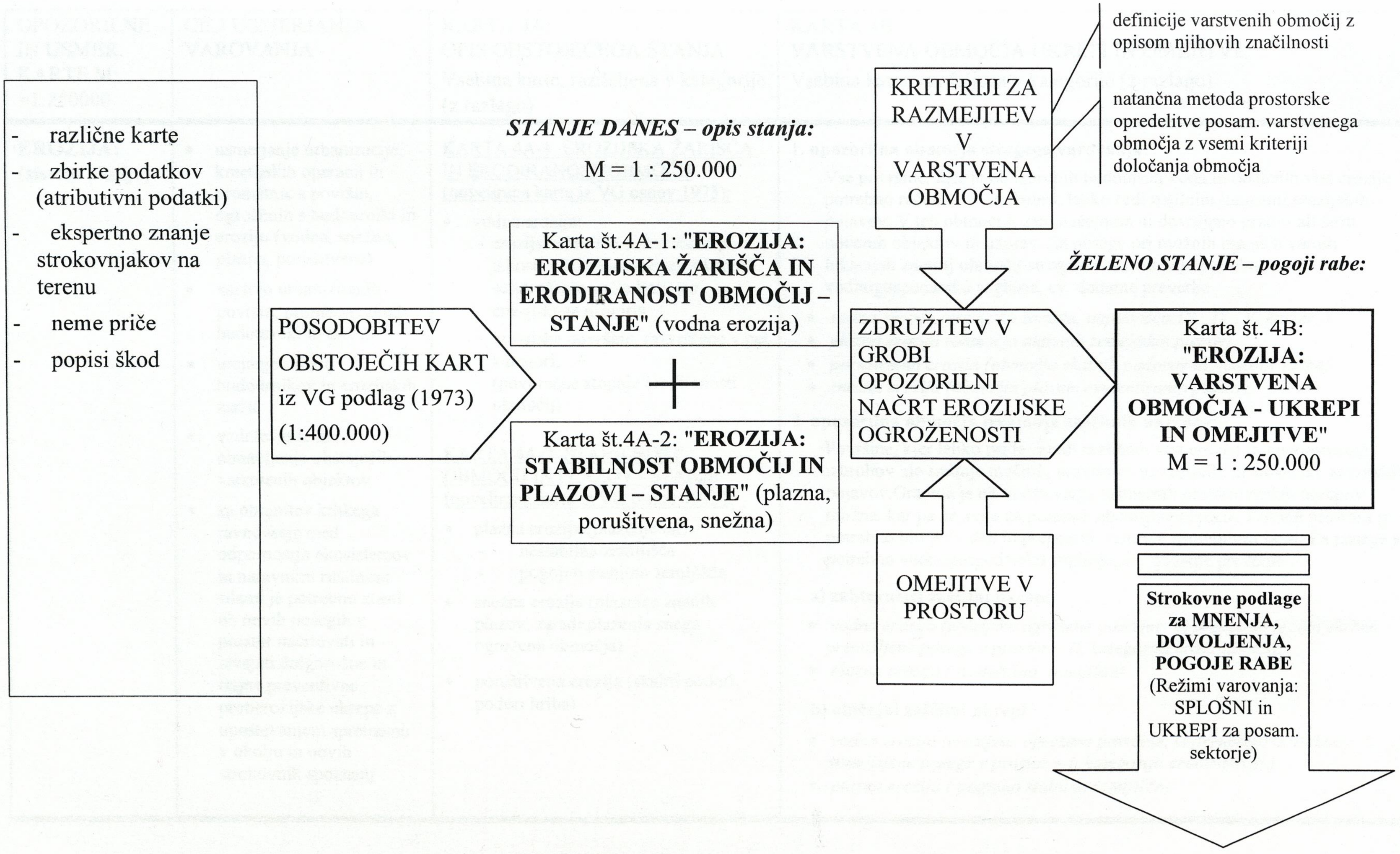
Opozorilna območja izvajanja zaščitnih ukrepov, ki jih sestavljajo:

- opozorilna območja izvajanja zaščitnih ukrepov – zahtevnejši zaščitni ukrepi,
- opozorilna območja izvajanja zaščitnih ukrepov – običajni zaščitni ukrepi.

To so vsa ostala erozijsko ogrožena območja, z različnimi kategorijami erodibilnosti, pogojno stabilna območja, območja s potencialnimi porušitvenimi procesi, območja s potencialno nevarnostjo plazenja snega.

Določena groba opozorilna območja bodo opredeljena kot varstvena območja v prostorskih aktih občin in države.

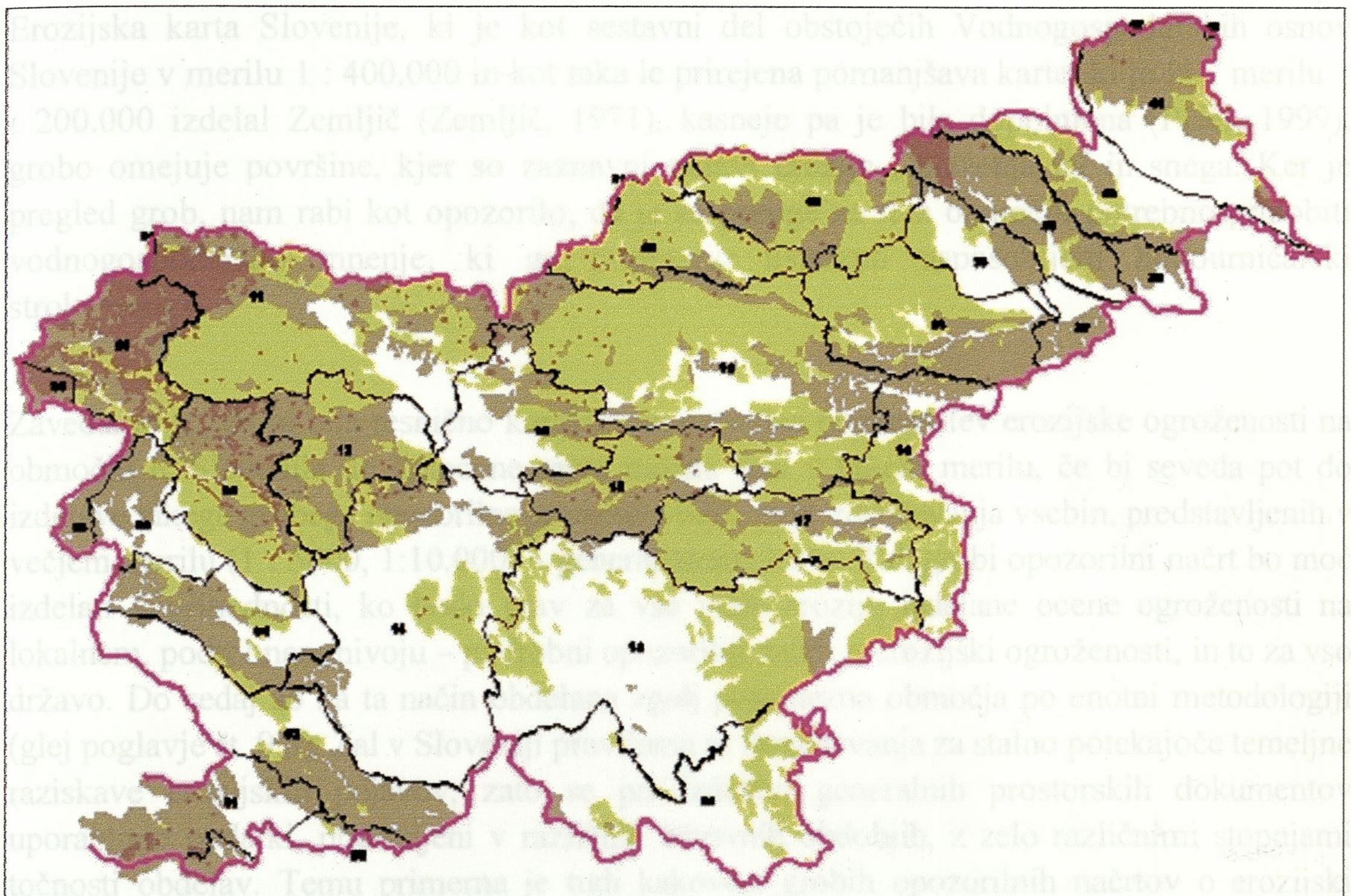
Pri pripravi strokovnih podlag s področja vodnega gospodarstva za potrebe Prostorskega plana RS, pri čemer so bile vključene tudi vse vrste erozije, smo izdelali Grobi opozorilni načrt varstvenih območij in omejitev v prostoru za področje erozije (M = 1 : 250.000), ki naj bi se v prihodnje noveliral z generalizacijo posameznih podrobnih opozorilnih načrtov o erozijski ogroženosti (Horvat, 1999). Zaenkrat je bil tak primer na ravni vse države izdelan le za določevanje ogroženosti pred snežno erozijo. Izrisana območja plaznic snežnih plazov zelo natančno predstavljajo dejanske razmere na terenu, saj je bila študija "Ogroženost Slovenije s snežnimi plazovi" v območjih stalnega človekovega bivanja zelo kvalitetno izdelana (Horvat in sod., 1994).



Slika 19: Metodologija izdelave kartografskega materiala za potrebe sprememb PP RS – EROZIJA (Horvat, 1999).

Preglednica 7: Vsebine erozijskih kart za potrebe PPRS (tabelarični prikaz grafično prikazanih vsebin) (Horvat, 1999).

OPOZORILNE IN USMER. KARTE M =1:250000	CILJ USMERJANJA / VAROVANJA	KARTA 4A: OPIS OBSTOJEČEGA STANJA Vsebina karte, razdeljena v kategorije (z razlago)	KARTA 4B: VARSTVENA OBMOČJA UKREPI IN OMEJITVE Vsebina karte, razdeljena v kategorije (z razlago)
EROZIJA: (sistem okolje)	• usmerjanje urbanizacije, kmetijskih operacij in prometnic s površin, ogroženih s hudourniki in erozijo (vodna, snežna, plazna, porušitvena) • varstvo urbaniziranih površin, prometnic pred hudourniki in erozijo • urejanje zaledij hudournikov in erozijskih žarišč • vzdrževanje in obnavljanje obstoječih varstvenih objektov • za ohranitev krhkega ravnovesja med odpornostjo ekosistemov in naravnimi rušilnimi silami je potrebno zlasti ob novih posegih v prostor načrtovati in izvajati dolgoročne in trajne preventivne protierozijske ukrepe z upoštevanjem sprememb v okolju in novih strokovnih spoznanj	<u>KARTA 4A-1: EROZIJSKA ŽARIŠČA IN ERODIRANOST OBMOČIJ (novelirana karta iz VG osnov 1973):</u> • vodna erozija: - erozijska žarišča (razvrščena po jakosti v štiri kategorije), s katerih se sproščajo večje količine erozijskega drobirja - erozijske površine, razvrščene v pet kategorij (povprečne stopnje erodiranosti območij) <u>KARTA 4A-2: STABILNOST OBMOČIJ IN PLAZOV - STANJE (novelirana karta iz VG osnov 1973):</u> • plazna erozija (plazenje tal) - nestabilna zemljišča - pogojno stabilna zemljišča • snežna erozija (plaznice znanih plazov, zaradi plazenja snega ogrožena območja) • porušitvena erozija (skalni podori, podori hriba)	1. **opozorilna območja strogega varovanja**: Vse površine, kjer je ob izbruhih hudournih voda in različnih vrst erozije potrebno računati z močnimi, lahko tudi rušilnim jakostmi erozijskih pojavov. V teh območjih zato načeloma ni dovoljeno graditi ali širiti nobenih objektov in naprav. Za posege pri možnih manjših varnih lokacijah znotraj območij strogega varovanja je potrebno vodnogospodarsko soglasje, ev. dodatne preverbe. • *vodna erozija (erozijska žarišča, naplavišča;III., IV., V. kat. er.)* • *plazna erozija (območja aktivnih zemeljskih plazov)* • *porušitvena erozija (območja skalnih podorov in podorov hriba)* • *snežna erozija (območja plaznic evidentiranih plazov)* 2. **opozorilna območja izvajanja zaščitnih ukrepov**: Površine, kjer lahko pride zaradi različnih vrst erozije in hudourniških izbruhov do srednje močnih, praviloma ne rušilnih, in šibkejših erozijskih pojavov.Gradnja je ob upoštevanju primernih protierozijskih ukrepov možna, kar pa ne velja za posebno občutljive objekte. Pri rabi prostora je potrebno biti previden in preprečiti nastanek morebitnih škod. Za posege je potrebno vodnogospodarsko soglasje, ev. dodatne preverbe. a) **zahtevnejši zaščitni ukrepi** • *vodna erozija (erozijsko ogrožene površine, ki prenesejo le zelo skrbno premišljene posege v prostor – II. kategorija erodiranosti)* • *plazna erozija (nestabilna zemljišča)* b) **običajni zaščitni ukrepi** • *vodna erozija (erozijsko ogrožene površine, ki prenesejo le skrbno premišljene posege v prostor – I. kategorija erodiranosti.)* • *plazna erozija (pogojno stabilna zemljišča)*



LEGENDA:

EROZIJA - UKREPI IN OMEJITVE

Opozorilna območja varovanja in izvajanja zaščitnih ukrepov (Vir: PUH, 1999)

strogo varovanje

zaščitni ukrepi - zahtevnejši

zaščitni ukrepi - običajni

Glavne razvodnice (Vir: MOP, 1999)

meje hidrografskega območja 1. ravni

meje hidrografskega območja 2. ravni

19 šifre hidrografskega območja 2. ravni

Slika 20: Erozija: varstvena območja - ukrepi in omejitve (PUH, 1999).

Erozijska karta Slovenije, ki je kot sestavni del obstoječih Vodnogospodarskih osnov Slovenije v merilu 1 : 400.000 in kot taka le prirejena pomanjšava karte, ki jo je v merilu 1 : 200.000 izdelal Zemljič (Zemljič, 1971), kasneje pa je bila dopolnjena (PUH, 1999), grobo omejuje površine, kjer so zaznavni pojavi erozije , plazenja tal in snega. Ker je pregled grob, nam rabi kot opozorilo, da je za posege na tem območju potrebno pridobiti vodnogospodarsko mnenje, ki ga pripravijo ustrezno usposobljeni hudourničarski strokovnjaki.

Zavedamo se, da bi bila resnično korektna in natančna predstavitev erozijske ogroženosti na območju R Slovenije do določene mere možna tudi v takem merilu, če bi seveda pot do izdelave takega grobega opozorilnega načrta vodila prek združevanja vsebin, predstavljenih v večjem merilu (1 : 5000, 1:10.000) – generalizirana karta. Tak grobi opozorilni načrt bo moč izdelati v prihodnosti, ko bodo prav za vse vrste erozije izdelane ocene ogroženosti na lokalnem, podrobnem nivoju – podrobni opozorilni načrti o erozijski ogroženosti, in to za vso državo. Do sedaj so na ta način obdelana zgolj posamezna območja po enotni metodologiji (glej poglavje št. 9.3). Žal v Sloveniji praviloma ni razumevanja za stalno potekajoče temeljne raziskave erozijskih pojavov, zato se pri izdelavi generalnih prostorskih dokumentov uporabljajo podatki, pridobljeni v različnih časovnih obdobjih, z zelo različnimi stopnjami točnosti obdelav. Temu primerna je tudi kakovost grobih opozorilnih načrtov o erozijski ogroženosti.

Pri nas je približno ustrezna kakovost na ravni vse države bila dosežena zaenkrat le pri določevanju ogroženosti s snežno erozijo. Izrisana območja plaznic snežnih plazov zelo natančno predstavljajo dejanske razmere na terenu (Horvat in sod., 1994). Z njimi je bila dopolnjena karta stanja št. 4A-2 v PPRS, ki je v območjih stalnega človekovega bivanja dejansko zelo kvalitetno izdelana.

4.2.2 Podrobni opozorilni načrti o erozijski ogroženosti

Za nekatere predele Slovenije je mogoče sorazmerno hitro izdelati tudi natančnejše podrobne opozorilne načrte o erozijski ogroženosti. Pri tem delu rabimo meteorološke in hidrološke podatke, geološke, fitocenološke, pedološke karte, karte rabe tal in zlasti karte nagibov površin. Za kvalitetne analize morajo biti karte nagibov izdelane v merilih 1:10.000 ali podrobnejših. Nagibi površin, njih razporeditev, razsežnost in orientacija so indikator klimatskih razmer, vpadnih kotov sončnih žarkov, hitrosti stekanja voda, stabilnosti zemljišč in snežne odeje, raznih dinamičnih pojavov, ogroženosti prostora, uporabnosti prostora ipd. (Pintar in Zemljič, 1982). Dejavnik "nagibi površin", ki je razmeroma enostavno določljiv, uporabimo kot najpomembnejšo naravno danost pri konkretnem analitičnem določanju erozijsko ogroženih območij, ki naj bi vsekakor postala eden od odločujočih dejavnikov v načrtovanju katerihkoli nadaljnjih ukrepov, posegov in rabe v posameznih obravnavanih območjih.

Obravnavano območje najprej omejimo in podrobneje razdelimo po topografskih značilnostih, nakar tako določene nagibe analiziramo in primerjamo zlasti z geološko karto in karto sedanje rabe tal, da bi ugotovili morebitne soodvisnosti med temi danostmi in ogrožajočimi pojavi. Take analize izdelujemo praviloma na kartah podrobnih meril in predstavljajo glede na razpoložljivi kartografski material primerno osnovo za načrtovanje v hribovitih območjih.

Podrobne opozorilne načrte delimo v podrobne opozorilne načrte po tipu ogroženosti s hudourniško, plazno, porušitveno in snežno erozijo.

Izdelave podrobnih opozorilnih načrtov ogroženosti s hudourniško erozijo se praviloma lotimo kompleksno, tako, da hkrati analiziramo tako celotno hudourniško območje (zgornji, srednji in spodnji tek) kot nevarnost poglabljanja, bočnega erodiranja, preplavljanja in poplavljanja ter naplavljanja. Pri tem uporabljamo vse dosegljive in uporabne podatke, pri čemer moramo stalno paziti na korektno interpretacijo glede na njihovo točnost in zanesljivost.

Na tako izločenih površinah je po obstoječi zakonodaji zahtevano, vse do izdelave načrtov erozijsko ogroženih območij, za morebitne izjemoma dovoljene posege vodnogospodarsko soglasje, ki ga izdelajo ustrezno usposobljeni hudourničarski strokovnjaki.

Z medsebojno primerjavo geološke karte, karte nagibov površin ter na osnovi terenskih raziskav in poizvedovanj o nedvoumno zabeleženih opisih nekdanjega plazenja lahko podrobneje opredelimo labilna in pogojno stabilna zemljišča (plazna erozija). Pri tem izločimo kot potencialno ogrožene površine območja nagibov, ki so med povprečnimi vrednostmi strižnih kotov za suhe in mokre zemljine, nastale iz posameznih vrst kamnin.

S takšno primerjalno analizo praviloma izločimo potencialno ogrožene površine, kjer je nujno previdno in restriktivno obnašanje in je za kakršenkoli načrtovan poseg brezpogojno potrebno pridobiti ustrezno vodnogospodarsko soglasje.

Pri izdelavi podrobnih opozorilnih načrtov ogroženosti s porušitveno erozijo skušamo zbrati čim več podatkov o skalnih in hribinskih podorih v preteklosti, jih čim točneje prostorsko opredeliti (aerofotografije, neme priče ...) ter jih dopolniti s podatki primerjalnih analiz iz inženirskogeoloških kart in kart nagibov površin. Pri tem skušamo glede na geomorfološko izoblikovanost obravnavanega prostora čim natančneje oceniti potencialne meje vpliva podorov.

Analiziramo tudi zemljišča, ki so bodisi neposredno ali posredno potencialno ogrožena zaradi plazenja snega. Pri izločanju na osnovi analize naravnih danosti skušamo grobo določiti območja, kjer lahko pričakujemo nevarnost snežnih plazov. Pri tem analiziramo:

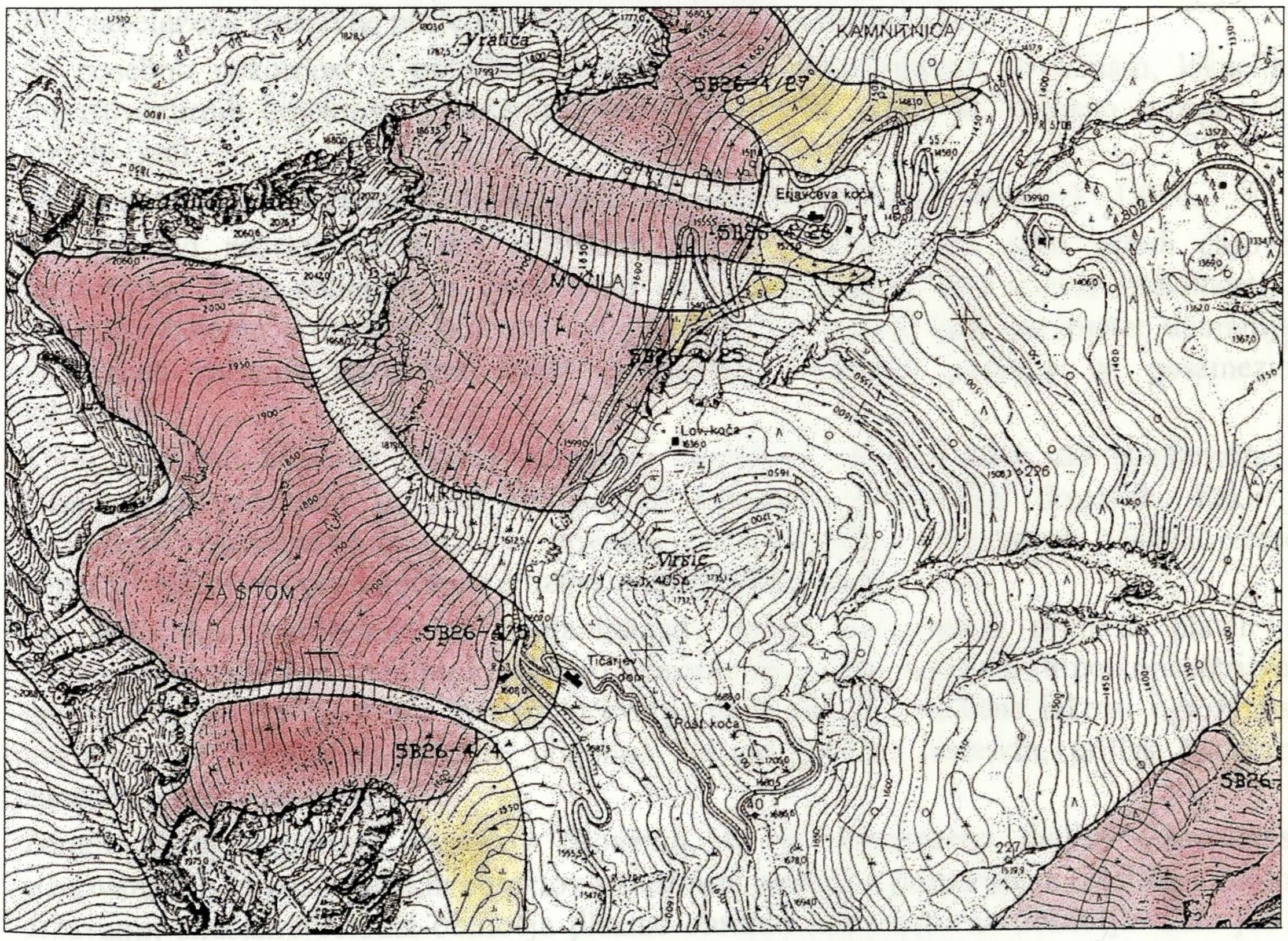
- snežne razmere,
- nagibe površin in
- vegetacijske razmere.

Analize ekspozicije površin pri izdelavi podrobnih opozorilnih načrtov ogroženosti s snežno erozijo nimajo bistvenega pomena. Zelo pomembno pa je dobro poznavanje snežnih razmer, ki bistveno pripomore k odločitvi o potencialni ogroženosti. Zato analiziramo naslednje parametre:

- zabeleženo maksimalno višino snežne odeje,
- opazovani maksimalni dnevni prirast snežne odeje,
- povprečno dolžino trajanja snežne odeje.

Uporabni podatki za izvedbo primerjalne presoje so prikazani v študiji "Ogroženost Slovenije s snežnimi plazovi" (Horvat in sod., 1994).

Iz rezultatov posameznih analiz izločimo s prekrivanjem po posameznih dejavnikih neugodnih površin kompleks površin, ki jih potencialno ogroža plazenje snega. Pri tem se moramo zavedati, da gre le za primerjalno analizo, ki predstavlja osnovno opozorilo pri rabah prostora. Detaljnejša analiza, ob upoštevanju tudi drugih dejavnikov, ki vplivajo na proženje snežnih plazov (oblikovitost in hrapavost terena, kvaliteta gozdnih sestojev, ogoljevanje ali zaraščanje površin, pogostost, dimenzije in volumen ...), pa nam da še natančnejše rezultate.



Slika 21: Izsek iz Opozorilne karte ogroženosti pred snežnimi plazovi – "Študija ogroženosti ceste R 302 Vršič-Trenta-Koritnica"; M = 1:10.000 (PUH, 1994).

4.3 NAČRTI EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ

Načrti erozijsko ogroženih območij podrobno ločijo, glede na intenziteto ogrožanja, dve kategoriji:

- območja močne intenzitete erozijskih pojavov (rdeča območja)
- območja srednje in slabe intenzitete erozijskih pojavov (rumena območja)

V območja močne intenzitete erozijskih pojavov uvrščamo površine, kjer lahko ob izbruhih hudournih voda in različnih vrst erozije (vodne, plazne, snežne in porušitvene) računamo z možnostjo spodkopavanja temeljev objektov, njih poškodovanjem in celo uničenjem. Smrtne žrtve v teh objektih so možne. V teh območjih zato ni dovoljeno graditi ali razširjati nobenih objektov in naprav, v katerih bi se zadrževali ljudje ali živali.

V območja srednje in slabe intenzitete erozijskih pojavov uvrščamo površine, kjer lahko pride zaradi različnih vrst erozije in hudourniških izbruhov do poškodb objektov, njihova porušitev pa je izključena. Smrtne žrtve v teh objektih so tudi ob naravnih ujmah praviloma izključene. Pri rabi prostora je potrebno biti previden in preprečiti nastanek morebitnih škod. Gradnja v teh območjih je ob upoštevanju primernih protierozijskih ukrepov možna, kar pa ne velja za posebno občutljive objekte.

Ostala – bela, t.j. nepobarvana – območja predstavljajo površine, na katerih do sedaj niso bile zabeležene zaznavne posledice delovanja erozije in hudournikov.

Še posebno pozornost je potrebno nameniti vsem urbaniziranim površinam, lokacijam infrastrukturnih objektov ter ostalim lokacijam, kjer se stalno ali občasno nahaja večje število ljudi.

Načrti erozijsko ogroženih območij morajo biti izdelani najmanj v merilu 1 : 1.000.

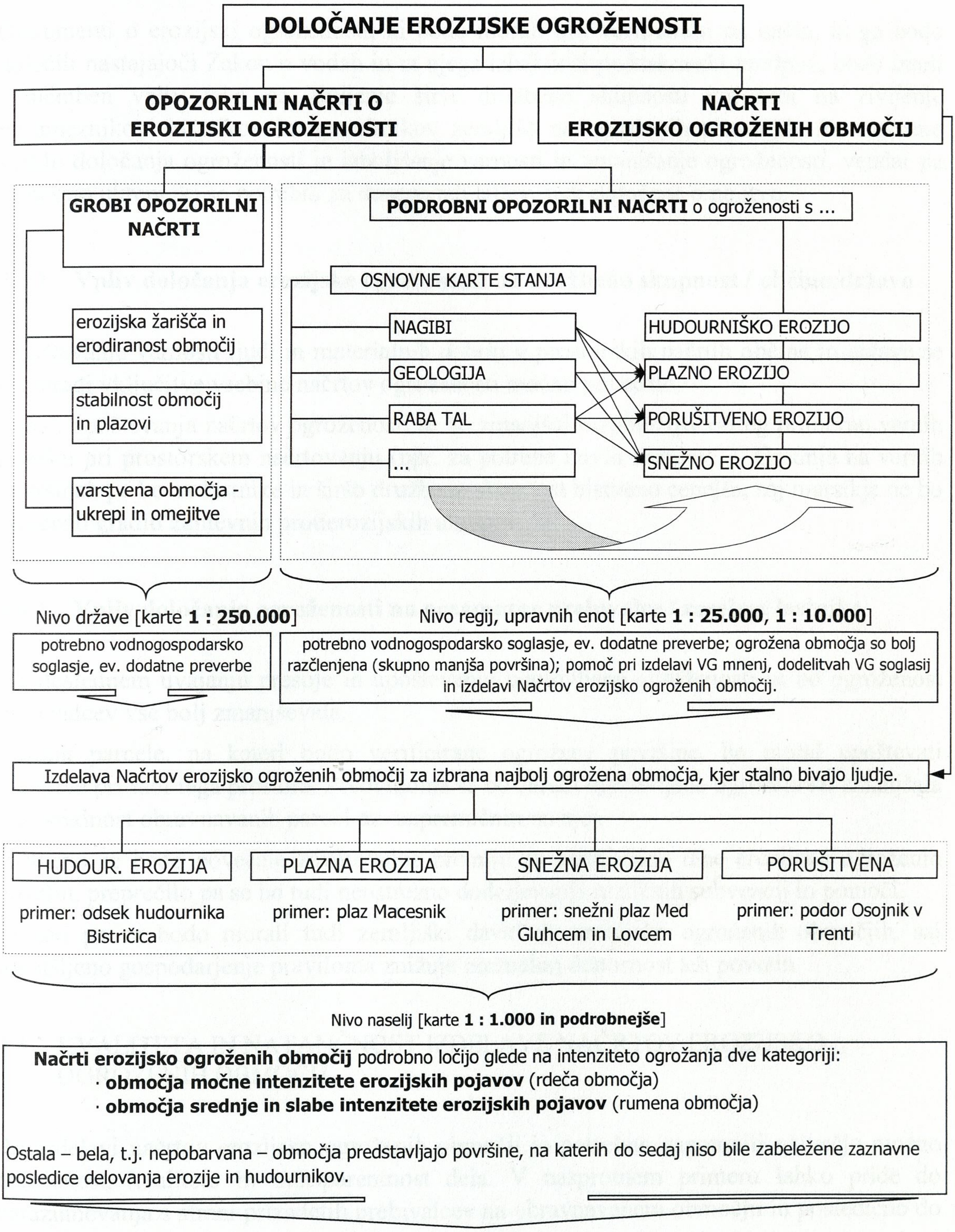
Pri izdelavi načrtov erozijsko ogroženih območij v Sloveniji, tako zaradi časovno preskromne baze podatkov o ekstremnih erozijskih pojavih, kot zaradi značilnosti in rušilnih posledic erozijskih pojavov, ni primerno kot ocenjevalni parameter uporabljati verjetnosti nastopa (povratne dobe) ekstremnih erozijskih pojavov na posameznih lokacijah.

Torej uvajamo izdelavo načrtov erozijsko ogroženih območij tako, da upoštevamo z dosedanjim vedenjem in znanjem najbolj neugoden predvidljiv dogodek. Tako je izključeno izgovarjanje na različne povratne dobe dogodkov ob nastopu posledic zaradi napačnih odločitev pri določanju erozijsko ogroženih območij.

Pri določanju ogroženosti z naplavljanjem, razen nevezanega prenosa plavin in hudourniške lave, kot dodatno kategorijo uvajamo čezmerno zgoščeni (hiperkoncentrirani) prenos plavin. Pri njem kot kriterij ločevanja med območji različne jakosti ogroženosti uvajamo kot določitveni kriterij, podobno kot pri snežnih plazovih, pritisk čezmerno zgoščenih tokov na ovire.

Zaradi dokaj ugodnega stanja v Sloveniji, to je sorazmerno majhne ogroženosti stanovanjskih in gospodarskih objektov s snežnimi plazovi v primerjavi z ostalimi alpskimi državami, skušamo celotna območja plaznic ohraniti kot varstvena območja. Zato jih le izjemoma delimo v območja močne ter srednje in manjše intenzitete pojava. Na ta način se tudi posredno zmanjšujejo možnosti za napačne odločitve.

BF Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
GOZDARSKA KNJIŽNICA
Večna pot 2
LJUBLJANA
Gozdarski inštitut Slovenije



Slika 22: Predlog določanja erozijske ogroženosti v Sloveniji.

Figure 22: Determination of Areas Endangered by Erosion in Slovenia.

4.4 PRAKTIČNI UČINKI DOLOČANJA EROZIJSKE OGROŽENOSTI

Dokumenti o erozijski ogroženosti, ki bodo morali biti verificirani na način, ki ga bodo določili nastajajoči Zakon o vodah in iz njega izhajajoči podzakonski predpisi, bodo imeli pomemben vpliv tako na življenje širše družbene skupnosti kot tudi na življenje posameznikov, lastnikov in uporabnikov zemljišč na ogroženih območjih. Prvenstveno vodilo določanja ogroženosti je izboljšanje varnosti in zmanjšanje ogroženosti, vendar pa prinašajo ukrepi, ki so potrebni za dosego teh ciljev, tudi določene omejitve.

4.4.1 Vpliv določanja erozijske ogroženosti na družbeno skupnost / občino/državo

Upoštevanje varnosti ljudi in materialnih dobrin v prostorskih načrtih občine in države se bo zaradi vključitve vsebine načrtov ogroženosti močno povečalo.

Zaradi upoštevanja načrtov ogroženosti se bo zmanjšal razpoložljiv obseg primerno varnih površin pri prostorskem načrtovanju (npr. za potrebe novih zazidav...). Gradnja na varnih površinah pa bo za lastnike in širšo družbeno skupnost bistveno cenejša, saj marsikje ne bo potrebno graditi zahtevnih protierozijskih ukrepov.

4.4.2 Vpliv določanja ogroženosti na posamezne prebivalce / zasebne lastnike

Ob doslednem uvajanju presoje in upoštevanju ugotovljene ogroženosti se bo ogroženost prebivalcev vse bolj zmanjševala.

Lastnik parcele, na kateri bodo verificirane ogrožene površine, bo moral upoštevati omejitve pri rabi tega prostora. Predvidoma se bo zaradi ugotovljene ogroženosti zmanjšala tudi vrednost obravnavanih parcel oz. nepremičnin na njej.

Bistveno se bodo povečale zavarovalne premije za neprimerne rabe erozijsko ogroženih površin, preprečilo pa se bo tudi neustrezno dodeljevanje različnih subvencij in pomoči.

Znižati pa se bodo morali tudi zemljiški davki na erozijsko ogroženih območjih, saj domišljeno gospodarjenje praviloma znižuje normalno donosnost teh površin.

4.5 KVALITETA IN NATANČNOST IZDELAVE NAČRTOV EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ

Pri izdelavi načrtov erozijsko ogroženih območij je potrebno zagotoviti največjo možno natančnost, kvaliteto in transparentnost dela. V nasprotnem primeru lahko pride do nerazumevanja s strani prizadetih prebivalcev na obravnavanem območju in posledično do številnih zapletov, kar vse lahko v skrajni posledici zelo oteži uvajanje sistema v prakso. Potrebno je doseči naslednje cilje kakovosti:

- Natančnost določitve ogroženih območij mora biti na nivoju celotnih ali delov parcel.

- Vrisane meje ogroženih območij morajo biti uporabljive in prenosljive tudi v načrte in karte z drugo tematiko.
- Za vsako ogroženo območje mora biti iz priložene dokumentacije povsem jasno razvidno, na podlagi katerih vhodnih podatkov in delovnih postopkov je bilo določeno (analiza preteklih dogodkov, modeliranje, zgolj ocena).
- Vsi izračuni, ki so del procesa določevanja ogroženih območij, morajo biti ustrezno dokumentirani; še zlasti je to pomembno pri območjih močne intenzitete erozijskih pojavov: zaradi predvidenih omejitev in prepovedi pri rabi tega prostora je še posebno pomembna prepričljiva utemeljitev odločitve.
- Tudi ostala pomožna dokumentacija, kot so npr. katastri hudournikov in snežnih plazov ipd., mora biti vestno izdelana, saj, kot pravi Üblagger "... za prebivalstvo in upravne organe postane vsebina hudourniškega katastra in katastra snežnih plazov učinkujoča večinoma posredno, prek Načrtov ogroženih območij, izvedenskih mnenj in Načrtov za ureditev hudournikov in za ukrepe proti snežnim plazovom. To pomeni, da je za zagotovitev razumevanja obeh katastrov vedno nujna ustrezna razlaga prebivalstvu. Vedno bo namreč veljalo, da je tudi najboljši kataster le toliko dober, kolikor je uresničljiv" (Üblagger, 1986).
- Vse omejitve rab prostora zaradi erozijske ogroženosti je potrebno vpisati v zemljiško knjigo in zemljiški kataster ter tako doseči medsebojno povezavo erozijske ogroženosti in lastnine zemljišč.



Slika 23: V Sloveniji so hudourniške struge zlasti v svojih nižjih zgornjih in srednjih tekih večinoma v gozdnem prostoru – Radovna 1997 (foto: A. Horvat).

5 ANALIZA PODATKOV ZA DOLOČANJE EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ

5.1 SPLOŠNO

Pri določanju erozijsko ogroženih območij si pomagamo z vsemi dovolj kakovostnimi podatki, ki jih imamo na razpolago. Pri analizi moramo upoštevati njihovo kvaliteto, pri čemer moramo prednost pred različnimi izračuni in modeliranji vedno dati korektno zabeleženim podatkom o pojavih, ki so se že zgodili.

Osnova uspešne analize erozijske ogroženosti je analiza naravnih danosti, ki pomembno vplivajo na erozijske procese:

- geoloških in geomorfoloških razmer,
- klimatskih razmer,
- rabe tal,
- hidroloških razmer,

pomembna pa je tudi analiza gospodarjenja z analiziranim prostorom:

- poselitve,
- zapečatenosti prostora,
- gospodarjenja z gozdovi in kmetijskimi zemljišči,

ter zlasti dosedanjih erozijskih izbruhov – kronike erozijskih pojavov.

5.2 ANALIZA PODATKOV

5.2.1 Analiza geoloških in geomorfoloških razmer

Geološke in geomorfološke razmere lahko od vseh temeljnih komponent naravnih danosti najbolj natančno in hitro ugotovimo. Hkrati pa so tudi najbolj selektivna komponenta, ki že sama po sebi opredeljuje prenekatere danosti, pojave in možne rabe prostora.

Pri analizi geoloških razmer nas zanimajo zlasti inženirskogeološki podatki :

- vrsta, trdnost, slojevitost in razpokanost matične kamnine,
- cone motenj, menjava kamnin,
- preperelost kamnin,
- lega,vrsta in debelina preperin - potencialnih erozijskih žarišč,
- lega sotesk (možnosti zamašitev),
- lega potencialnih naravnih ali umetnih deponij, idr.

Nagibi površin, njih razporeditev, razsežnosti in ekspozicija nakazujejo v veliki meri:

- klimatske razmere,
- osončenost,
- hitrost stekanja voda,
- geološko podlago (trdnejše, vezane – manj odporne, nevezane kamnine),
- stabilnost zemljišč in snežne odeje,
- preteklo in verjetno pričakovano geomorfološko preoblikovanje terena,
- ogroženost prostora,
- uporabnost prostora,
- ipd.,

in so zato temeljni kazalec usmerjanja raziskav v erozijsko ogroženih območjih.

Pri inženirskogeoloških razmerah morajo biti navedene osnove tektonike in geologije ter petrološki podatki za različne predele obravnavanega območja. Inženirskogeološka analiza mora vsebovati tudi podatke o usedlinah in naplavinah trdnih snovi v zgornjem, srednjem in spodnjem teku, torej o primarnih in sekundarnih odkladninah, ki so lahko glavni vir plavin.

Pri opisu vrste virov plavin naj bodo prikazani: površinske odkladnine, rahel - nevezan material, volumen nakopičenega erozijskega drobirja, obstoječe in možne plazovite površine, vrsta plavin in njihova zveza z možnim katastrofičnim dogodkom.

5.2.2 Analiza klimatskih in hidroloških razmer

Klimatske razmere so pomemben kazalec za ocenjevanje stopenj erozijske ogroženosti. Pri analizah nas ne zanimajo le podatki o povprečnih vrednostih posameznih meteoroloških in hidroloških parametrov, ampak zlasti podatki o posameznih ekstremnih, to je maksimalnih vrednostih. Med najpomembnejšimi za slovenske razmere so:

- maksimalne količine, padavin (mesečne, tedenske, večdnevne, dnevne, urne),
- maksimalne višine snežne odeje,
- maksimalni prirasti snežne odeje,
- možnost sovpada taljenja snega s padavinami velikih intenzitet,
- vrste in intenzivnosti ter frekvence padavinskih dogodkov,
- ipd.

Z analizo klimatskih razmer so opisane zlasti klimatska cona, značilne padavine, maksimalne dnevne padavine ter maksimalne in srednje letne padavine. Prikazane naj bi bile zabeležene in ekstrapolirane količine padavin. Vir podatkov naj bo potrjen z imenom meteorološke postaje, njeno nadmorsko višino, lokacijo in s časom trajanja zabeleženih dogodkov.

Te informacije naj bodo zaokrožene s podatki o kritičnih vremenskih situacijah ob upoštevanju glavnih smeri vetrov in znanih sledov neurij (viharji, nevihte).

Silovitost dogodka in značaj hudournika sta odraz kombiniranja hidroloških podatkov in skupnih količin možnih plavin, kar pričakovani dogodek kvantificira. Zabeležene naj bodo poplave s plavinami in brez njih, z različnimi povratnimi dobami oz. spremenljivo pogostostjo in količino padavin. Opisane morajo biti možnosti blokiranja transporta plavin vzdolž struge in možnost njih premeščanja, zlasti na prehodu iz soteske hudournika na teme vršaja. Neme priče, transportna zmogljivost sprejemnika in ne nazadnje karakter možnega dogodka zaokrožajo opis značaja hudourniškega območja.

5.2.3 Analiza rabe tal

Raba tal je kazalec dosedanje rabe prostora, klimatskih in talnih razmer, v soočenju z drugimi komponentami naravnih danosti pa tudi marsikaterih biotičnih in abiotičnih pojavov, katere bi sicer mogli ugotoviti šele po dolgoletnih opazovanjih.

V opisu rabe tal morajo biti prikazani rezultati fitocenoloških analiz. Zaželeni so podatki tako o obstoječi kot o potencialni vegetacijski odeji (Košir, 1976), pri čemer je pomembno, da so podani tudi glavni podatki z deleži pokrovnosti z gozdovi, travniki, pašniki, njivami, urbanimi površinami (raba tal). Koristni so tudi podatki o trenutni ter potencialni gozdni meji in podobno.

Glede na potrebe pri raziskovanju erozijskih pojavov ločimo naslednje osnovne zvrsti rabe tal:

- goličave,
- travišča, zeliščno rastje,
- grmišča,
- gozdove,
- krčevine,
- obdelovalne - kmetijske površine,
- mokrišča,
- vode,
- urbane površine,
- druge rabe in oblike poraslosti,

ter podzvrsti in kombinacije raznih zvrsti.

5.2.4 Analiza poselitve

Analiza poselitve, ki jo je mogoče narediti na osnovi kartnih, pisnih, foto in ustnih virov, nam da dober vpogled v procese naseljevanja. Običajno je značilno, da so staroselci izbirali praviloma neogrožena mesta, moderna poselitev pa marsikdaj varnosti ne daje ustrezne teže (Aulitzky, 1972a, 1973).

Če analiziramo poselitev v povezavi s preteklimi hudourniškimi in erozijskimi izbruhi ter njihovimi posledicami, lahko kvalitetnejše ocenimo erozijsko ogroženost obravnavanih območij.

5.2.5 Analiza zapečatenosti prostora

Zapečatenost prostora (analiza posegov v prostor in naravnih ovir, ki potencialno ovirajo oz. utesnjujejo pretok hudournih voda) je pomemben omejitveni faktor, ki ima ob erozijskih izbruhih lahko pomemben vpliv. Zapečatenost se kaže zlasti v prepredenosti območja s cestami, potmi, vlakami, premostitvami, torej z možnimi ovirami, ki odločilno vplivajo na razširjenost in jakost erozijskega ogrožanja in s tem na posledice hudourniških ter erozijskih katastrofičnih dogodkov.

5.2.6 Analiza dosedanjih erozijskih izbruhov (katastrofičnih dogodkov)

Med zadnje analize, vendar ne najmanj pomembne, spada analiza kronike hudournikov in erozijskih pojavov, ki nam da pregled zgodovinsko zabeleženih podatkov o poplavah, hudourniških izbruhih, masovnih transportih plavin, snežnih in zemeljskih plazovih, skalnih podorih, ... Prav tako ne smemo pozabiti tudi navedb, ki jih po svojem izročilu oz. spominu daje lokalno prebivalstvo, vendar moramo točnost teh virov vedno ovrednotiti.

Vsekakor je potrebno analizirati pretekle katastrofične dogodke čim dlje v preteklost je to mogoče. Pri tej analizi si lahko pomagamo s pisnimi viri, katastrom, fotografijami, filmi, videofilmi, aerofotografijami, v pomoč je lahko tudi izpraševanje starejših prebivalcev s psihološko pravilnim zastavljanjem vprašanj in strokovno korektno primerjavo dobljenih izjav. Pomemben podatkovni vir je tudi poznavanje razvoja krajevne poselitve, pri čemer je še zlasti zanimiva analiza spremembe poselitve po zadnji veliki naravni ujmi.

Analiza dosedanjih katastrofičnih dogodkov je zelo pomembna pri določanju erozijsko ogroženih območij. Za posamezne dogodke je potrebno pridobiti čim več kvalitetnih podatkov, zlasti pa so pomembni:

- datum izbruha (leto, dan, mesec, dnevni čas),
- padavinski in temperaturni podatki v času izbruha in v večdnevnem obdobju pred njim,
- vrste in prostorski obseg poškodb (ljudje, objekti, zemljišča),
- analiza vzrokov poškodb,
- finančno ovrednotenje škod.

Pri analizi dosedanjih katastrofičnih dogodkov je potrebno posebno pozornost nameniti zlasti kvaliteti pridobljenih podatkov. Prav tako je potrebno ustrezno analizirati spremembe, ki so nastale v obravnavanem okolju po zadnjih katastrofičnih dogodkih.

5.2.7 Analiza dosedanjega gospodarjenja

Analiza gospodarjenja na erozijsko potencialno ogroženih območjih (pašniki, neobdelana zemljišča, ogolele površine itd.) naj pokaže posebne človekove vplive na jakost erozijske ogroženosti.

Človekovi vplivi in ravnanje na območju, obstoječi in/ali za prihodnost predlagani protierozijski ukrepi in posegi zaokrožijo celoten analitični prikaz obravnavanega erozijskega ali hudourniškega območja.

5.3 DOSTOPNI PODATKI V SLOVENIJI

Pri določevanju ogroženosti prostora so ključnega pomena kvalitetni prostorski podatki. Z razvojem tehnologije se vsi pomembnejši prostorski podatki že shranjujejo v digitalni obliki.

Leta 1991 je Vlada Republike Slovenije ustanovila Geoinformacijski center Republike Slovenije (MOP RS, 1999), katerega naloga je na organiziran način vzpodbuditi in zagotoviti odgovorno rabo geoorientiranih podatkov in zagotoviti uporabnikom informacijo o prostorskih podatkih čim hitreje, čim ceneje, ob vsakem času in z najmanjšim možnim naporom (http://www.sigov.si:81/gic/)

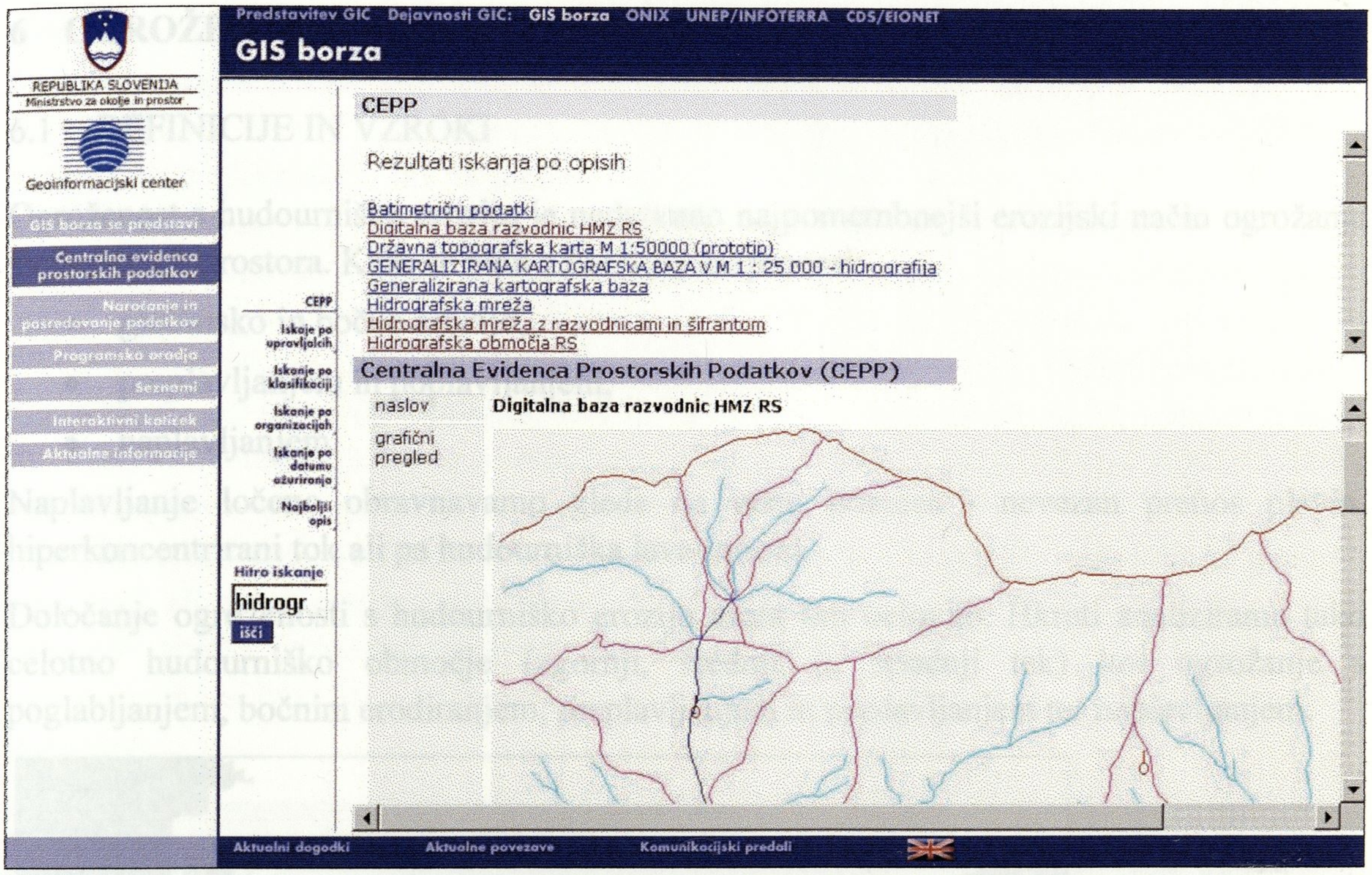
Cilji Geoinformacijskega centra so zelo obetavni:

- Pospeševati računalniško nastavitev in vodenje prostorskih ter okoljskih informacij, predvsem tistih, ki so bistvenega nacionalnega pomena.
- Izdelati standarde za nastavitev, dokumentiranje, vodenje in rabo teh podatkov.
- Vzpodbuditi sodelovanje med udeleženci v procesih nastajanja, rabe in izmenjave geoorientiranih podatkov.
- Izboljšati medsebojno obveščenost producentov in uporabnikov prostorskih ter okoljskih informacij.
- Vzpostaviti organiziran, računalniški način izmenjave geoorientiranih podatkov in podatkov o njih.

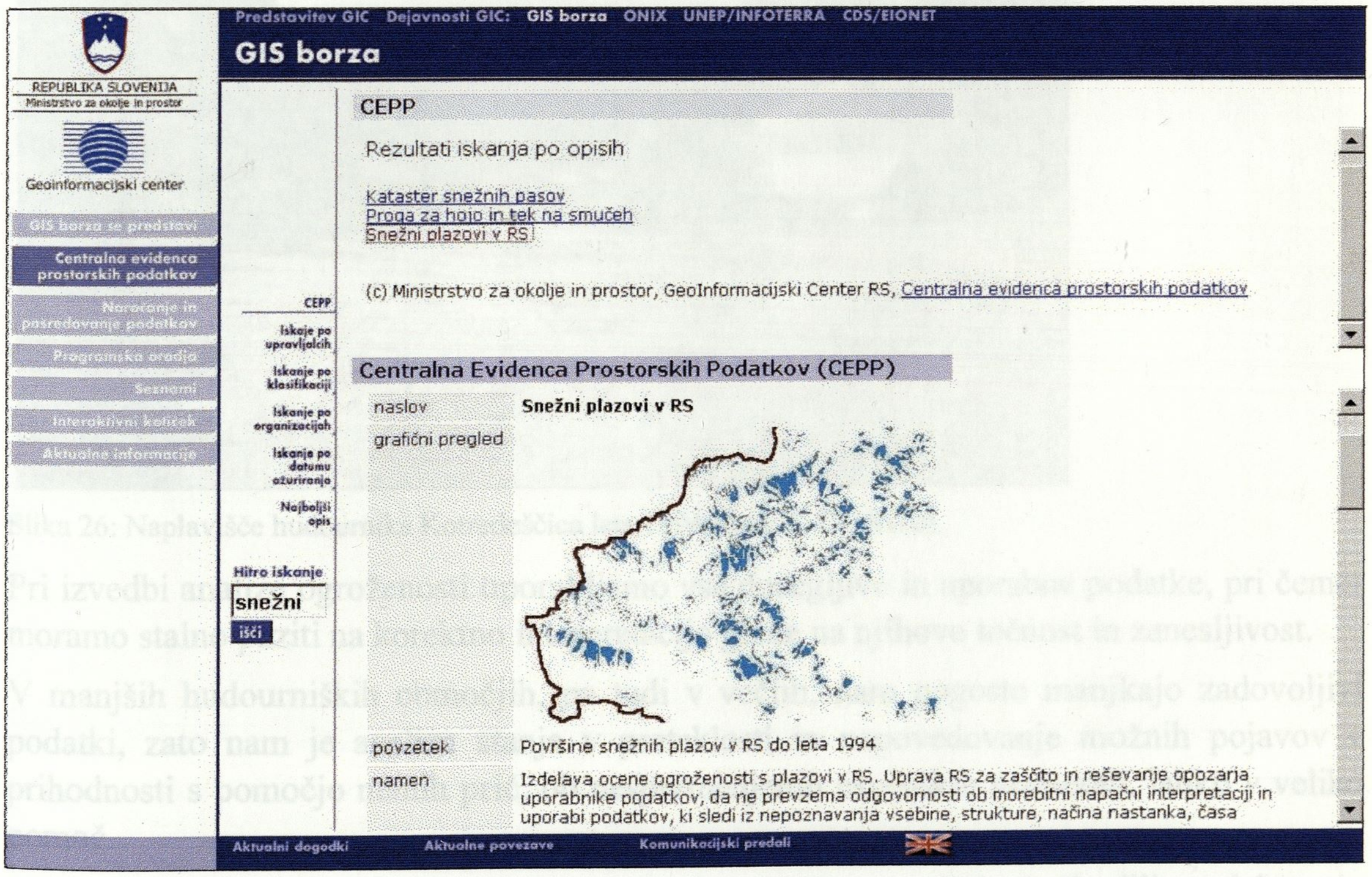
Vse aktivnosti so poimenovali: "Nastavitev slovenske geoinformacijske infrastrukture".

Centralna Evidenca Prostorskih Podatkov (CEPP) je najpopolnejši seznam obstoječih digitalnih prostorskih podatkov v republiki Sloveniji (http://www.sigov.si:81/GISborza/). CEPP je na enem mestu, v enotni obliki in na sistematičen način vodena in javno dostopna evidenca informacij o razpoložljivih prostorskih podatkih na območju Slovenije.

Hkrati pa Podjetje za urejanje hudournikov kot izvajalec javne gospodarske službe na hudourniških območjih v Sloveniji in številnih projektov, pridobljenih na trgu, razpolaga z veliko podatki, pomembnimi za določevanje erozijske ogroženosti: arhiv, zabeleženi in opisani hudourniški izbruhi, načrti, opisani posebno značilni pojavi, različni katastri, ipd.



Slika 24: Stran na internetu - http://www.sigov.si:81/index-1.html.



Slika 25: Stran na internetu - http://www.sigov.si:81/index-5.html.

6 OGROŽENOST S HUDOURNIŠKO EROZIJO

6.1 DEFINICIJE IN VZROKI

Ogroženost s hudourniško erozijo je nedvomno najpomembnejši erozijski način ogrožanja slovenskega prostora. Kaže se nam z naslednjimi procesi:

- globinsko in bočno erozijo,
- preplavljanjem in poplavljanjem,
- naplavljanjem.

Naplavljanje ločeno obravnavamo glede na vrsto procesa - nevezan prenos plavin, hiperkoncentrirani tok ali pa hudourniška lava (mura).

Določanje ogroženosti s hudourniško erozijo mora biti celovito. Hkrati analiziramo tako celotno hudourniško območje (zgornji, srednji in spodnji tek) kot ogrožanje s poglabljanjem, bočnim erodiranjem, preplavljanjem in poplavljanjem ter naplavljanjem.



Slika 26: Naplavišče hudournika Kotredeščica leta 1994 (foto: J. Černivec).

Pri izvedbi analize ogroženosti uporabljamo vse dosegljive in uporabne podatke, pri čemer moramo stalno paziti na korektno interpretacijo glede na njihovo točnost in zanesljivost.

V manjših hudourniških območjih, pa tudi v večjih, nam pogosto manjkajo zadovoljivi podatki, zato nam je analiza stanja v preteklosti in napovedovanje možnih pojavov v prihodnosti s pomočjo nemih prič, ob nespremenjenih ekoloških razmerah, lahko v veliko pomoč.

Na hudourniškem vršaju je možno najbolj natančno analizirati škodljivo delovanje hudournih voda ob naravnih ujmah. Zaradi takšne pomembnosti hudourniškega vršaja lahko grobo določimo ogrožena območja že z analizo vršaja, pri detaljnejšem načinu določanja ogroženih območij pa si pomagamo tudi z analizo dogajanj v srednjih in zgornjih tekih hudournikov, še zlasti pa v erozijskih žariščih.

Nedvomno zelo problematično bo ocenjevanje možnosti in stopnje nevarnosti za pojav čezmerno zgoščenega (hiperkoncentriranega) odtekanja kot prehodne stopnje med hudourniškimi lavami in nevezanim prenosom plavin. Kot ugotavlja Meunier (1992) že značilnosti hudourniških lav ni možno razložiti v klasičnem okviru rečne hidravlike, med drugim tudi zato ne, ker so, zaradi zelo redkega pojavljanja le v nekaterih določenih alpskih hudournikih, tudi le poredko opazovane. Če pri neki klasični hidrološki študiji lahko dopustimo obstoj nekega odnosa med načrtovanim poplavnim volumnom in maksimalnim pretokom, ni za hudourniške lave nobenega vnaprejšnjega znanega odnosa, neodvisnega od izkustva (Meunier, 1992). In kakor že poznavanje nastopa in zakonitosti obnašanja hudourniških lav še ni dorečeno, je razmeroma še manj poznana in prav tako od več dejavnikov odvisna točka, v kateri preidejo hudourniške lave v čezmerno zgoščena (hiperkoncentrirana) odtekanja bodisi bolj ali manj koherentnih drobnozrnatih ali pa prav tako bolj ali manj grobozrnatih snovi. V Sloveniji smo v novejšem času imeli precej primerov pojava čezmerno zgoščenih odtekanj v hudourniških strugah. Na žalost je bilo vedno premalo časa in sredstev za eksaktnejše meritve. Opazovali in izmerili smo le posledice.



Slika 27: Hudourniški izbruh Predelice novembra 2000 v Logu pod Mangrtom. Hudourniška lava je med drugim porušila pet hiš in most ter pri tem zahtevala 7 smrtnih žrtev (foto: D. Durjava).

6.2 GROBI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S HUDOURNIŠKO EROZIJO

Karta erodiranosti območij in erozijskih žarišč, ki je sestavni del obstoječih Vodnogospodarskih osnov Slovenije in prostorskega plana Republike Slovenije (Zemljič, 1971; PUH, 1999), je osnovna podlaga za izdelavo Grobih opozorilnih načrtov ogroženosti s hudourniško erozijo. Po ustaljeni metodologiji (Gavrilović, 1972) so glede na jakost erozijskega ogrožanja izločene površine, kjer so prisotni erozijski pojavi.

V Sloveniji so bila erozijska območja analizirana po prirejeni kvantitativni metodologiji (Zemljič, 1971).

Po tej metodi je možno klasificirati vodozbirna območja glede na količinske kazalce. Pri analiziranju površinske erozije se uporablja obrazec, ki prikazuje stopnjo erodiranosti površin z erozijskim koeficientom "Z" (koeficient relativne erozije):

$$Z = Y \times X \times \left(\varphi + \sqrt{I_f}\right) \qquad \ldots (1)$$

kjer pomenijo:

- koeficient erodibilnosti hribine "Y je odvisen od litološke in pedološke strukture v vodozbirnem območju (v katerem je vključen tudi litološki faktor "L"),
- koeficient rastlinske zaščite tal "X" izraža vrednost rastlinske zaščite tal pred erozijo (... v katerem je vključen faktor rastlinske odeje "V"),
- koeficient φ odraža tip in razvojno stopnjo erozijskih procesov v vodozbirnem območju (vrednosti se korigirajo glede na dejanske razmere),
- I_f je povprečni nagib površine celotnega obravnavanega območja.

Vrednosti koeficientov so podane v naslednjih preglednicah.

Preglednica 8: Prirejene vrednosti koeficienta erodibilnosti hribine "Y" (Zemljič, 1971).

VRSTA HRIBINE – ZEMLJINE	Y
proti eroziji odporne hribine (eruptivne kamenine, apnenci, trdi peščenjaki ipd.)	0,10 – 0,30
polodporne/poltrdne hribine (gnajsi, blestniki, laporni apnenci, peščenjaki, trdnejši dolomiti, kompaktni laporji ipd.)	0,31 – 0,50
grobi pobočni in ledeniški grušči, kompaktne gline, ustaljene razpadljive hribine (podzoli, škrilavci, škrilavi peščenjaki, serpentini, razpadli dolomiti in laporji, fliš ipd.)	0,51 – 0,65
neustaljene, srednjezrnate, nevezane zemljine in rahlo naložene gline (ilovica, prepereli laporji, ledeniške groblje, meline, prodec ipd.)	0,66 – 0,90
drobnozrnate, rahle – nevezane zemljine (grobozrnati melj, pesek, prst ipd.)	0,91 – 1,00

Preglednica 9: Prirejene vrednosti koeficienta rastlinske zaščite tal "X" (Zemljič, 1971).

RAZMERE V VODOZBIRNEM OBMOČJU, KI VPLIVAJO NA VREDNOST KOEFICIENTA	X
dobro obrasli mešani gozdovi in grmišča, heliofilni gozdovi z dobro podrastjo	0,05 – 0,20
iglasti gozdovi s slabo podrastjo, redka grmišča in obrasla trava	0,21 – 0,40
degradirani gozdovi in grmišča, pašniki ipd.	0,41 – 0,60
sadovnjaki in vinogradi, brez prizemne vegetacije	0,61 – 0,80
neobrasle površine	0,81 – 1,00

Preglednica 10: Vrednosti "φ", ki izražajo vidne erozijske procese (Zemljič, 1971).

RAZMERE V VODOZBIRNEM OBMOČJU, KI VPLIVAJO NA VREDNOST KOEFICIENTA	φ
povsem razbrazdano območje z usadi in plazišči	0,91 – 1,00
50 – 80 % območja je razbrazdano z usadi in plazišči	0,76 – 0,90
površinska erozija, grušči in melišča z brazdasto erozijo, kraška erozija	0,56 – 0,75
površinska erozija na 20 – 50 % površine	0,26 – 0,55
šibka erozija v območju	0,10 – 0,25

Preglednica 11: Vrednost erozijskega koeficienta (Z) (Zemljič,1971).

KATEGORIJA	Z	stopnja erozije / razvitost erozijskih procesov
V	nad 1,01	poudarjena (ekscesivni procesi)
IV	0,71 – 1,00	močna (intenzivni procesi)
III	0,41 – 0,70	srednja (srednje razviti procesi)
II	0,20 – 0,40	šibka (manj razviti)
I	do 0,19	zelo šibka (zaznavni)

Za celovit prikaz erodiranosti obravnavanih območij je potrebno označiti in ovrednotiti glede na jakost tudi vsa žarišča globinske in bočne erozije ter ožja žarišča površinske erozije.

Vrednost "Z" je samo povprečje za vodozbirno območje, zato samo po njem težko lokalno ocenimo velikost, razprostranjenost in stopnjo razvoja erozijskih in hudourniških procesov.

Ugotavljanje intenzitete erozijskih pojavov je v tesni povezavi s povprečnim letnim dotokom plavin po hudourniških strugah, in sicer po količini, strukturi in izvoru.

Za praktično preučevanje erozijskih procesov je v znanosti uveljavljen pojem srednje letne intenzitete erozije. Pod tem pojmom razumemo povprečno letno količino odkrušenih, spranih oziroma naplavljenih talnih delcev na enoto površine. Srednja letna intenziteta erozije se običajno izraža v milimetrih odplavljenega ali naplavljenega (odnešenega, nanešenega) sloja tal. Pogosto se izraža tudi v m^3/ha, m^3/km^2 ali v tonah/ha letno (Gavrilović, 1972).

Določena vrednost "Z" je osnova za ugotavljanje povprečnih količin erozijskega drobirja, letno sproščenega zaradi delovanja erozijskih in hudourniških pojavov, in sicer po obrazcu:

$$W = T \times h \times \pi \times F \times \sqrt{Z^3} \quad \ldots (2)$$

kjer pomenijo:

- W je povprečna količina sproščenega erozijskega drobirja v vodozbirnem območju v m^3/leto,
- T je temperaturni koeficient (računan po obrazcu $T = \sqrt{t° / 10 + 0{,}1}$, kjer je t° srednja letna izoterma v vodozbirnem območju),
- h je letno povprečje padavin v vodozbirnem območju (v mm),
- F je površina vodozbirnem območja (v km^2).

Vse sproščene količine drobirja pa ne dospejo do recipientov, zato se realno dotekanje plavin v struge vodotokov (Zemljič, 1971) ugotavlja po obrazcu:

$$G = R \times W \quad \ldots (3)$$

kjer sta:

- W - povprečni dotok plavin v sprejemni vodotok, v m^3/leto,
- R - redukcijski faktor - koeficient odplavljanja, ki se po prirejeni metodi (Zemljič, 1971) izračunava po obrazcu:

$$R = ((L - Li) \times \sqrt{O \times D}) / ((L + 10{,}0) \times F) \quad \ldots (4)$$

kjer pomenijo:

- O – obseg vodozbirnega območja (km),
- D – srednja višinska razlika vodozbirnega območja, določena s hipsografsko krivuljo ali po obrazcu (km),
- L – dolžina vodozbirnega območja po dolini glavne struge (km),
- Li – dolžina vseh stranskih pritokov znotraj območja (km),
- F – velikost vodozbirnega območja (km^2).

Pri izdelavi Grobih opozorilnih načrtov si lahko na območjih, za katera so bile izdelane podrobnejše analize, pomagamo tudi z njihovimi izsledki. Ker je ta pregled grob, nam rabi kot opozorilo, da je na tem področju za vse posege in rabe potrebno pridobiti vodnogospodarsko soglasje, ki ga pripravijo hudourničarski strokovnjaki. Glede na stopnjo ogroženosti ločimo:

- opozorilna območja strogega varovanja,
- opozorilna območja varovanja in izvajanja zahtevnejših zaščitnih ukrepov,
- opozorilna območja varovanja in izvajanja običajnih zaščitnih ukrepov (Preglednica 7).

Pri izdelavi uporabljamo karte meril 1 : 250.000 na državnem nivoju do 1 : 25.000 na regionalnem nivoju prostorske obdelave.

BF Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
GOZDARSKA KNJIŽNICA
Večna pot 2
LJUBLJANA

6.3 PODROBNI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S HUDOURNIŠKO EROZIJO

Izdelave opozorilnih načrtov ogroženosti s hudourniško erozijo mora biti celovite. Hkrati analiziramo tako celotno hudourniško območje (zgornji, srednji in spodnji tek) kot nevarnost poglabljanja, bočnega erodiranja, preplavljanja in poplavljanja ter naplavljanja.

Podrobnejše opozorilne načrte izdelujemo v merilih 1 : 10.000 oz. podrobnejših. Na osnovi vseh razpoložljivih podatkov skušamo iz v grobih opozorilnih načrtih širše ogroženih površin izločiti "absolutno varne" lokacije oziroma natančneje določiti s hudourniško erozijo ogrožena območja.

V zgornjih tekih hudournikov skušamo čim točneje določiti obseg, razpored in skrajne možne meje razširjenosti aktivnih in potencialnih erozijskih žarišč s korektno primerjalno analizo podatkov, opisanih v poglavju 5, še posebej geomorfoloških in inženirsko-geoloških razmer.

V srednjih tekih hudournikov moramo s primerjalno analizo podatkov za določanje erozijsko ogroženih območij (glej poglavje 5) oceniti skrajne možne meje globinske in bočne erozije.

V spodnjem teku, v območjih naplavljanja, uvrščamo v podrobnejša opozorilna območja skrajne meje oblikovanja hudourniških naplavišč oziroma vršajev. Pri tem si pomagamo zlasti z geomorfološko analizo in s poznavanjem nastanka hudourniškega vršaja, ki ga je zelo nazorno podal že hudourničarski klasik Thiery (Thiery, 1914).

Na tako izločenih površinah je vse do izdelave načrtov ogroženosti s hudourniško erozijo za morebitne izjemoma dovoljene posege potrebno pridobiti vodnogospodarsko soglasje, ki ga pripravijo hudourničarski strokovnjaki.

6.4 NAČRTI OGROŽENOSTI S HUDOURNIŠKO EROZIJO

6.4.1 Načrti ogroženosti z globinsko in bočno erozijo

6.4.1.1 Splošno

Ogroženost z globinsko erozijo se pojavlja na površinah, kjer vertikalna komponenta erozijske sile hudournih vod preseže stopnjo odpornosti hribinskega materiala (tal, po katerih odtekajo). Hudourne vode začnejo vertikalno zajedati v posteljico struge, pojavi se poglabljanje hudourniškega korita.

Ogroženost z bočno erozijo je lahko posledica globinske erozije (udiranje brežin zaradi izgube opore v vznožju) ali posledica vijuganja vodnega toka, kjer pride do izraza horizontalna komponenta erozijske sile vode (posledično spodjedanje brežin ali vznožij pobočij in zatem njihovo udiranje). Lahko pa je tudi posledica ovir na brežini v dosegu srednjih in zlasti visokih vod (štrleče skale, tam rastoče drevje,…). Take ovire lokalno povzročajo vrtinčasti vodni tok, hkrati pa njegovo matico neugodno preusmerjajo v ogroženo brežino, v katero se potem zajedajo in jo spodjedajo.

6.4.1.2 Načrti ogroženosti z globinsko in bočno erozijo v Avstriji

Glede na pričakovano jakost globinske in bočne erozije delijo v Avstriji (BMLF, 1994) ogrožene površine v dve kategoriji območij:

- rdeča območja
- rumena območja

V rdeča območja uvrščajo v Avstriji površine, kjer lahko pride zaradi bočne in globinske erozijo do možne globine zajedanja ≥ 1,5 m tako v vertikalni kot v horizontalni smeri.

V rumena območja uvrščajo v Avstriji površine, kjer lahko pride zaradi bočne in globinske erozije do možne globine zajedanja < 1,5 m tako v vertikalni kot v horizontalni smeri.

6.4.1.3 Načrti ogroženosti z globinsko in bočno erozijo v Švici

V Švici (Kienholz, 1996) razvrščajo območja, ki so ob hudourniških izbruhih ogrožena z globinsko in bočno erozijo, v območja z

- veliko intenziteto,
- srednjo intenziteto,
- in majhno intenziteto pojava.

V območja z veliko intenziteto pojava uvrščajo površine, kjer lahko pride do globine zajedanja $d > 2$ m v horizontalni smeri.

V območja srednje intenzitete uvrščajo površine, kjer lahko pride do globine zajedanja v obsegu $2 \text{ m} > d > 0{,}5$ m v horizontalni smeri.

V območje majhne intenzitete pa uvrščajo površine, kjer lahko pride do globine zajedanja $d < 0{,}5$ m v horizontalni smeri.

6.4.1.4 Načrti ogroženosti z globinsko in bočno erozijo v Sloveniji

Glede na razmere v Sloveniji, glede na možnost pridobivanja podatkov o jakosti bočne erozije na določenem delu hudourniškega teka v preteklosti in na osnovi strokovnih analiz o možni jakosti pojava v prihodnosti je predlagamo razdelitev z globinsko in bočno erozijo ogroženih površin v dve kategoriji:

- območja močne intenzitete pojava (rdeča območja)
- območja srednje in majhne intenzitete pojava (rumena območja)



Slika 28: Bočno zajedanje – Kotredeščica v Znojilah 1994 (foto: A. Horvat).

V območja močne intenzitete bi tako uvrstili površine, kjer lahko ob izbruhih hudournih voda pride do tako močnega globinskega in bočnega zajedanja, da je računati z možnostjo spodkopavanja temeljev objektov, njih poškodovanjem in celo uničenjem.To so površine, kjer lahko pričakujemo, da bo globina zajedanja (d) v brežino v horizontalni in vertikalni smeri > 1,5 m.

V območja srednje in majhne intenzitete uvrščamo površine, kjer lahko pride zaradi globinske in bočne erozije do poškodb objektov, njihova porušitev pa je praviloma izključena.To so površine, kjer lahko pričakujemo, da bo globina zajedanja (d) v brežino v horizontalni in vertikalni smeri: 0,5 m < d < 1,5 m.



Slika 29: Bočno zajedanje – Savinja 2000 (foto: A. Horvat).

Pričakovana globina zajedanja je bila izbrana kot ključni kriterij, od katerega so odvisne posledice delovanja hudournih voda na objekte. Meje pričakovanih globin zajedanja na posameznih območjih so izbrane skladno s pričakovanimi posledicami na prizadetih objektih. V Sloveniji so različni stanovanjski in gospodarski objekti temeljeni praviloma najmanj 0,80m globoko, zato lahko z veliko verjetnostjo predvidevamo, da bi pri objektih, zgrajenih po običajnih strokovnih načelih, lahko prišlo do močnejšega spodkopavanja temeljev objektov, njih poškodovanja in celo uničenja šele takrat, ko bi globina zajedanja v brežino presegla vrednost d> 1,5m. Pri manjših globinah zajedanja bi lahko prišlo sicer do poškodb objektov, ki pa ne bi bistveno vplivale na njihovo stabilnost. Pri globini zajedanja d < 0,5 m naj, po naših predvidevanjih na objektih zgrajenih po običajnih strokovnih načelih, ne bi prišlo do občutnih poškodb.

Kriterij verjetnosti dogodka pri določanju največje predvidljive globine zajedanja ne more biti ustrezno uporabljen, saj globina zajedanja ni odvisna le od visokih voda različnih povratnih dob, ampak tudi od geomorfoloških in inženirskogeoloških lastnosti brežin, značilnosti prenosa plavin, ovir v vodnem toku, ipd. ob konkretnem dogodku. Zato je za uvrščanje v posamezna območja ogroženosti smiselno uporabiti le podatke o ocenjeni intenziteti pojava, podatkov o verjetnosti nastopanja pa ne.

Strokovno pravilen je zato le način, ko upoštevamo z dosedanjimi podatki in znanjem največje predvidljivo globino zajedanja brežin, saj moramo pri odločitvah o gradnjah stanovanjskih in gospodarskih objektov, ki predstavljajo trajno rabo prostora, upoštevati po dosedanjem vedenju najbolj neugodne predvidljive razmere.

Pri izločanju območij, ogroženih z globinsko in bočno erozijo, si pomagamo z vsemi podatki, ki so nam na razpolago, zlasti pa z analizo:

- fotografskega, kartnega in pisnega arhivskega gradiva,
- erozijskega potenciala hudournih voda,
- erozijske geomorfologije in
- nemih prič.

6.4.2 Načrti ogroženosti s poplavljanjem in preplavljanjem

6.4.2.1 Splošno

Pri ogroženosti s preplavljanjem in poplavljanjem skušamo čim natančneje omejiti površine, ki so ob pojavu visokih voda različnih povratnih dob poplavljene oziroma preplavljene. Na poplavnih površinah povzroča poškodbe voda s svojim zastajanjem, na preplavnih površinah pa se zaradi dovolj velike hitrosti vode in posledično njene erozijske sile pojavi tudi erodiranje tal.



Slika 30: Poplavitev objektov ob hudourniku Boben leta 1998 (foto: T. Jeršič).

6.4.2.2 Načrti ogroženosti s poplavljanjem in preplavljanjem v Avstriji

V Avstriji razvrščajo ogrožene površine s poplavljanjem in preplavljanjem v dve kategoriji območij glede na jakost možnega pojava, in sicer na:

- rdeča območja in
- rumena območja.

V Avstriji so si kot kriterij za uvrstitev v rdeče območje postavili globino poplavljenja (BMLF, 1994).

Pri stoječih vodah so to površine:

- kjer je globina poplavljenja 1,5 m ali več, oziroma,
- kjer je ocenjena gladina $HQ_{10} > 50$ cm, HQ_1 pa > 20 cm nad terenom.Pri tem je HQ_n = pričakovana visoka voda, oziroma visoka voda določene povratne dobe (n).

Pri tekočih vodah pa so to površine:

- kjer je višina energijske linije vodnega toka $\geq 1{,}5$ m nad terenom ali pa
- kjer je razmerje HQ / velikost kinetične energije $\geq 0{,}25$ m^2/s.

Tudi pri uvrščanju v rumena območja so si kot kriterij postavili globino poplavljanja (BMLF, 1994).

Pri stoječih vodah so to površine:

- kjer je višina poplavljanja < 1,5 m, oziroma,
- kjer je ocenjena gladina HQ_{10} < 50 cm, HQ_1 pa < 20 cm nad terenom.

Pri tekočih vodah pa so to površine:

- kjer je višina energijske črte visokih voda < 1,5 m nad terenom ali pa
- kjer je razmerje HQ / velikost kinetične energije < 0,25 m^2/s.

6.4.2.3 Načrti ogroženosti s poplavljanjem in preplavljanjem v Švici

V Švici uvrščajo površine glede na ogroženost s poplavljanjem in preplavljanjem v območja velike, srednje in majhne intenzitete pojava.

Preglednica 12: Mejne vrednosti intenzitete za visokovodne nevarnosti v Švici (BWW in BUWAL, 1996).

Proces	**Slaba intenziteta**	**Srednja intenziteta**	**Močna intenziteta**
Preplavljanje	h < 0,5 m ali v x h < 0,5 m^2/s	2 m ≥ h ≥ 0,5 m ali 2 m^2/s ≥ v x h ≥ 0,5 m^2/s	h > 2 m ali v x h > 2 m^2/s
Bočna erozija	d < 0,5 m	2 m ≥ d ≥ 0,5 m	d > 2 m
Naplavljanje	-	h ≤ 1 m ali v ≤ 1 m/s	h > 1 m in v > 1 m/s
h = globina vode; v = hitrost toka d = debelina sloja (= globina v prečni smeri) odplavljanja			

Po Kienholzu (Kienholz, 1996) je močna intenziteta prisotna na površinah

- kjer je višina poplavljanja nad terenom, tj.vodne gladine, h > 2 m ali
- kjer je produkt v x h > 2 m^2/s;

območja srednje intenzitete so na površinah:

- kjer je višina poplavljanja med 0,5 m in 2 m ali
- kjer je produkt v x h med ca 0,5 m^2/s in ca 2m^2/s;

območje majhne intenzitete pojava pa na površinah:

- kjer je višina poplavljanja < ca. 0,5 m oz.
- kjer je produkt v x h < 0,5 m^2/s.

6.4.2.4 Načrti ogroženosti s poplavljanjem in preplavljanjem v Sloveniji

Glede na kvaliteto in obseg razpoložljivih podatkov v Sloveniji predlagamo, da se površine, ogrožene s poplavljanjem in preplavljanjem, razdelijo v dve kategoriji območij:

- območja močne intenzitete pojava (rdeča območja),
- območja majhne in srednje intenzitete pojava (rumena območja).

Območja močne intenzitete pojava so površine, kjer more priti ob hudournih izbruhih do tako močnega poplavljanja ali preplavljanja, da so lahko objekti ne le poškodovani, ampak tudi porušeni, v objektih pa so možne tudi smrtne žrtve.V ta območja uvrščamo:

pri stoječih vodah površine:

- kjer je višina poplavljanja > 1,5 m,

pri tekočih vodah pa površine:

- kjer je višina energijske črte vodnega toka h < 1,5 m nad terenom ali pa
- kjer je produkt v x h > 1,5 m^2/s.

V območja majhne in srednje intenzitete pojava uvrščamo:

pri stoječih vodah površine:

- kjer je višina poplavljanja h < 1,5 m oziroma

pri tekočih vodah površine:

- kjer je višina energijske linije visokih voda h ≤ 1,5 m nad terenom ali pa
- kjer je produkt v x h ≤ 1,5 m^2/s.



Slika 31: Dol pri Ljubljani ob neurju 1998 (foto: T. Jeršič).

Višina poplavljanja pri stoječih vodah oziroma višina energijske črte (do koder seže voda v ti. zastojnih točkah) pri tekočih vodah sta predlagana kot prvi ključni kriterij, od katerega je odvisna stopnja varnosti ljudi v objektih. Višinski prag 1,5 m je namreč ločnica, ki večini ljudi praviloma omogoča preživetje v različno arhitekturno zasnovanih objektih.

Drugi ključni kriterij pa je produkt v x h, ki odraža vpliv različnih vodnih globin in hitrosti na erozijsko moč vode. Prag 1,5 m^2/s predstavlja mejo, nad katero človek ne more dalj časa zdržati stoje v vodnem toku, hkrati pa tudi mejo med poplavljanjem in preplavljanjem. Če je produkt v x h > 1,5 m^2/s se poplavljanju voda praviloma že pridruži tudi njeno erodiranje, saj je erozijska sila vode že večja od odpornosti travne ruše proti erodiranju. Zato je lahko že ogrožena stabilnost objektov.

Kriterij verjetnosti pojava visokih voda pri določanju največje predvidljive ogroženosti s poplavljanjem in preplavljanjem ne more biti ustrezno uporabljen, saj višina poplavljanja in preplavljanja ni odvisna le od visokih voda različnih povratnih dob, ampak tudi od značilnosti prenosa in odlaganja plavin, potencialnih zamašitev, ostalih ovir v vodnem toku. Zato je za uvrščanje v posamezna območja ogroženosti smiselno uporabiti le podatke o ocenjeni največji pričakovani intenziteti pojava, podatkov o verjetnosti nastopa visokih voda pa ne.

Strokovno utemeljen je zato le način, ko upoštevamo z dosedanjimi podatki in znanjem najmočnejšo predvidljivo višino poplavljanja in preplavljanja, saj moramo pri odločitvah o gradnjah stanovanjskih in gospodarskih objektov, ki predstavljajo trajno rabo prostora, upoštevati po dosedanjem vedenju najbolj neugodne predvidljive razmere.

Pri izločanju površin, ogroženih s poplavljanjem in preplavljanjem, si pomagamo z vsemi razpoložljivimi podatki, katerih točnost moramo v analizi ustrezno opredeliti, še zlasti pa z analizami:

- podatkov o posledicah poplavljanja in preplavljanja v preteklosti,
- odtoka visokih voda po interpretacijskih in zlasti kritičnih profilih,
- nemih prič in
- posledic morebitnih zamašitev ali zagatitev strug.

6.4.3 Načrti ogroženosti z naplavljanjem

6.4.3.1 Splošno

Značilnost hudournikov je, da odplavljajo, plavijo in naplavljajo velike količine plavin. Intenzivnost tega dogajanja je odvisna od naravnih danosti in antropogenih vplivov v hudourniškem območju. Med naravnimi danostmi ima v krajšem časovnem obdobju največjo spremenljivost intenziteta padavin, zaradi česar prihaja pri odplavljanju,

plavljenju in naplavljanju plavin v hudourniških koritih do velikih nihanj, ekstremni pojavi, ki so ključni za določanje ogroženih območij, pa se pojavljajo sporadično.

Ogroženost z naplavljanjem je znotraj celotne ogroženosti s hudourniško erozijo tista, ki jo je najtežje določiti, hkrati pa ima praviloma najhujše posledice.

Naplavljanje še dodatno ločeno obravnavamo glede na vrsto procesa – nevezan transport, hiperkoncentrirani tok ali pa hudourniška lava.

6.4.3.2 Načrti ogroženosti z naplavljanjem v Avstriji

V Avstriji uvrščajo v rdeča območja ogroženosti površine:

- kjer lahko pride pri nevezanem prenosu plavin do njihovega odlaganja v debelini ≥ 0,7 m nad terenom oziroma
- jih omejuje jasen rob odlaganja hudourniških lav.

V rumena območja uvrščajo površine:

- kjer je višina odlaganja nevezanih plavin < 0,7 m nad terenom.

6.4.3.3 Načrti ogroženosti z naplavljanjem v Švici

V Švici uvrščajo v območje velike ogroženosti oziroma močne intenzitete pojava površine:

- kjer je debelina odlaganja plavin > 1 m nad terenom,
- kjer je hitrost vode, obremenjene s plavinami, > 1 m/s,
- kjer se gibajo in odlagajo hudourniške lave.

V območja srednje intenzitete pojava oz. srednje ogroženosti pa uvrščajo površine:

- kjer je debelina odlaganja plavin ≤ 1 m nad terenom ali
- kjer je hitrost s plavinami obremenjene vode ≤ 1 m/s.

6.4.3.4 Načrti ogroženosti z naplavljanjem v Sloveniji

V Sloveniji predlagamo delitev z naplavljanjem ogroženih površin v dve kategoriji območij:

- območja močne intenzitete pojava (rdeča območja) in
- območja srednje in šibke intenzitete pojava (rumena območja).

Območja močne intenzitete pojava naj bi bile površine, na katerih more priti ob naplavljanju do hujših poškodb in celo do porušitev objektov, lahko pa pričakujemo tudi smrtne žrtve.

V območja močne intenzitete pojava tako uvrščamo površine:

- kjer lahko pride pri nevezanem prenosu plavin do njihovega odlaganja v debelini $h > 1,0$ m in hitrosti $v > 1,0$ m/s,
- območja toka in odlaganja hiperkoncentriranih (čezmerno zgoščenih) tokov plavin,ki povzročajo tlak $P > 30$ kN/m^2 in
- območja toka in odlaganja hudourniških lav.

Območja srednje in šibke intenzitete pojava bi zavzemala površine, na katerih lahko ob naplavljanju pride do manjših poškodb objektov, medtem ko je možnost smrtnih žrtev v njih praviloma izključena.

V območja srednje in šibke intenzitete stopnjo ogroženosti uvrščamo torej površine:

- kjer je debelina odlaganja nevezanih plavin do $h < 1,0$ m nad terenom oz. kjer znaša hitrost toka s plavinami obremenjene vode $v < 1,0$ m/s in
- območja toka in odlaganja hiperkoncentriranih (čezmerno zgoščenih) tokov plavin, ki povzročajo tlak v mejah $30 > P > 3$ kN/m^2.

Pri določanju z naplavljanjem ogroženih površin je pomembno, da pri celoviti analizi hudourniškega območja ugotovimo, katere vrste naplavljanja lahko pričakujemo na določenih lokacijah. To je strokovno eno najtežjih opravil, saj je pričakovan način prenosa plavin odvisen od medsebojnega delovanja številnih spremenljivk (zrnavostne sestave plavin, stopnje njihove namočenosti, padca struge, geomorfologije struge,ipd.).

Pri nevezanem prenosu plavin je prag za uvrstitev v območje močne intenzitete ogroženosti postavljen pri debelini odlaganja $h > 1,0$ m. Normalno arhitektonsko zasnovani objekti bi morali biti zgrajeni tako, da bi bil parapet okna postavljen ca 1,0 m nad teren, zato pri višini naplavljanja $h < 1,0$ m praviloma ne bi moglo priti do žrtev med presenečenimi stanovalci.

Ob hudourniških izbruhih v Sloveniji smo pogosto naleteli na hiperkocentrirane toke plavin, ki so dosegli različne objekte, vendar na njih ni prišlo do hujših poškodb. Zato je po našem mnenju potrebno pri določanju ogroženosti z naplavljanjem ločiti območja, kjer lahko pričakujemo prave hudourniške lave, od območij, kjer lahko pričakujemo hiperkoncentrirane toke plavin. Na območjih hiperkoncentriranih tokov plavin uporabljamo kot razmejitveni kriterij tlak, ki ga tok povzroča na prizadete objekte.

Območja močne intenzitete pojava predstavljajo lokacije, na katerih lahko pride do uničenj objektov ali njihovih delov, v objektih pa je pričakovati tudi smrtne žrtve. To so površine, kjer lahko doseže tlak čezmerno zgoščenih prenosov plavin 30 kN/m^2 in več.

V območja majhne in srednje intenzitete pojava pa bomo uvrščali površine, kjer ni pričakovati uničenj objektov ali njihovih delov, če so le zgrajeni skladno z zahtevanimi pogoji s področja varstva pred hudourniki in erozijo, tj. da so arhitekturno oblikovani in statično dimenzionirani tako, da zdržijo obremenitve do 30 kN/m^2. Zato so te površine za

gradnjo pogojno uporabne. Tlaki hiperkoncentriranih tokov plavin v teh območjih se gibljejo od 3 do 30 kN/m^2. Obremenitve, ki so manjše od 3kN/m^2, ne bi smele povzročiti močnejših poškodb na objektih zgrajenih skladno z normalnimi strokovnimi pravili.

Pričakovani tlak hiperkoncentriranih tokov plavin je izbran kot ključni kriterij, od katerega so odvisne posledice njihovega delovanja na objekte. Meje pričakovanih tlakov na posameznih območjih so izbrane skladno s konstrukcijskimi lastnostmi primerno grajenih objektov na ogroženih območjih in so vsebinsko primerljive s kriteriji, ki jih uporabljamo pri določanju ogroženosti s snežnimi plazovi.

Območja, ki jih ogrožajo hudourniške lave, zaradi njihovih rušilnih posledic uvrščamo v območja močne intenzitete pojava. To velja tako za območja njihovega toka kot za območje odlaganja.

V Sloveniji nismo uporabili povratne dobe nevezanih prenosov in hiperkoncentriranih tokov plavin ter hudourniških lav kot dodatni kriterij za določitev meja ogroženih območij, saj ne obstaja dovolj podatkov za realno določitev povratne dobe. Kriterij verjetnosti pri določanju največje predvidljive ogroženosti s poplavljanjem in preplavljanjem pa tudi ne more biti ustrezno uporabljen, saj je način in jakost prenosa plavin odvisna tako od visokih voda različnih povratnih dob kot tudi od geomorfoloških in inženirskogeoloških razmer, stopnje namočenosti tal, potencialnih zamašitev, drugih ovir v vodnem toku. Zato je za uvrščanje v posamezna območja ogroženosti smiselno uporabiti le podatke o ocenjeni največji pričakovani intenziteti pojava, podatkov o verjetnosti nastopanja pojava pa ne.

Nerealni kriterij odločanja pa lahko pripelje do zmotnih odločitev. Strokovno utemeljen je zato le način, ko upoštevamo z dosedanjimi podatki in znanjem predvidljive najmočnejše posledice različnih vrst prenosa plavin.



Slika 32: Posledica hudourniškega izbruha – Brložnica v Podvolovjeku leta 1990 (foto: A.Horvat).

6.5 PRAKTIČNI POSTOPKI IN PRIPOMOČKI PRI DOLOČANJU OBMOČIJ, OGROŽENIH S HUDOURNIŠKO EROZIJO

6.5.1 Metoda postopnih korakov pri določanju območij, ogroženih s hudourniško erozijo

Pri določanju območij, ogroženih s hudourniško erozijo, predlagamo uporabo metode postopnih korakov (Fiebiger, 1997), ki smo jo izdelali upoštevajoč slovenske razmere, saj podaja na pregleden način vrstni red in vsebino postopkov za korektno določanje ogroženosti s hudourniško erozijo.

Metoda postopnih korakov v določanju erozijsko ogroženih con s hudourniško erozijo je razdeljena v dva dela, v strokovnega in v upravnega. Za nas je bilo pomembno izdelati zlasti strokovni del. Administrativno-upravni se, glede na organizacijo v posameznih državah, seveda razlikuje in ga bo potrebno v Sloveniji tudi ustrezno prilagoditi predvidenim spremembam zakonodaje. Strokovni del je sestavljen iz petih korakov. Začne se z analizo osnovnih značilnosti hudourniškega območja, vodi prek hidroloških raziskovanj in terenskega dela do definicij potencialnih dogodkov, ki lahko privedejo do različnih stopenj erozijske ogroženosti.

Preglednica 13 podaja vrstni red in kratko vsebino posameznih korakov omenjene metode.

Preglednica 13: Določanje ogroženosti na območju hudournika in njegovega vršaja – metoda "KORAK ZA KORAKOM" (za slovenske razmere prilagojeno po Fiebigerju, 1997).

Korak 1	ANALIZA OSNOVNIH ZNAČILNOSTI HUDOURNIŠKEGA OBMOČJA splošne značilnosti, klimatske razmere, geomorfološke in geološke razmere, inženirskogeološke razmere, hidrološke razmere, raba tal, poselitev, zapečatenost prostora, dosedanje gospodarjenje, kronika hudournika, presoja kartnega materiala, kvantifikacija in opis vodozbirnega območja; izračun pričakovanih visokih voda, kvantifikacija dogodka, hidravlika; hudourniške odkladnine
Korak 2	TERENSKO SPOZNAVANJE, OBHOD VODOZBIRNEGA OBMOČJA določevanje količin možnih plavin (bilanca sproščanja plavin); kvantifikacija dogodka; geomorfologija; kopičenje in odlaganje plavin
Korak 3	KVANTIFIKACIJA MOŽNEGA DOGODKA koliko plavin se lahko z odtekanjem sproži v gibanje in pri tem oblikuje ali nevezan prenos plavin, ali hiperkoncentrirani prenos plavin ali hudourniško lavo dimenzioniranje skupne količine možnih plavin

"se nadaljuje"

"nadaljevanje"

Korak 4	DOLOČANJE OBMOČIJ OGROŽENOSTI razporeditev ugotovljene količine maksimalnih plavin za različne scenarije; razmejitev nevarnosti in ogroženosti; izris posameznih con ogroženosti;
Korak 5	CELOSTNO DOLOČANJE OGROŽENOSTI vključitev vseh evidentiranih možnih ogroženih predelov ter oblikovanje skupne karte ogroženosti določenega območja, ki kaže: - cone ogroženosti, - izvzete površine, - referenčne/opozorilne površine, - posebne površine.

Opisane korake bomo podrobneje opisali v nadaljevanju.

6.5.1.1 Analiza osnovnih značilnosti hudourniškega območja

Cilj je pridobiti in analizirati poskušamo podatke o temeljnih lastnostih obravnavanega hudourniškega območja, ob hkratnem preizkusu kvalitete podatkov. Posebej morajo biti poudarjene za določitev nevarnosti odločilne kombinacije podatkov.

Zato analiziramo zlasti naslednje značilnosti hudourniškega območja:

- splošne značilnosti hudourniškega območja,
- klimatske razmere,
- hidrološke razmere,
- inženirskogeološke razmere,
- rabo tal,
- stopnjo zapečatenja (s cestami, potmi, ...),
- poselitveni razvoj – s poudarkom na območju, ogroženem zaradi delovanja hudournikov (lega starega naselja, podatki o preteklih škodah,...),
- dosedanje gospodarjenje, in
- dosedanje hudourniške izbruhe.

Te analize so bile opisane v poglavju št. 5.

Evidentiramo pa tudi splošne podatke o hudourniškem območju, kot so njegovo ime, lokacija v občini ali upravni enoti, povodju in posameznem vodozbirnem območju ter podatki iz hudourniškega katastra, opremljeni z ustreznimi šiframi.

Splošni opis hudournika daje temeljne podatke o hudourniškem območju, njegovi obliki in ekspoziciji, podatke o najvišji in najnižji točki območja (izlivu hudournika v sprejemni vodotok), njegovo višinsko razliko, dolžino osnovne struge hudournika ter podatke o nagibih območja, zlasti o povprečnem nagibu njegovih površin, pa tudi druge geomorfološke značilnosti hudourniškega območja in struge. Primerno je, da je vodni tek, če je le mogoče, razdeljen v zgornji, srednji in spodnji tek. Potrebno je opisati in registrirati vse pomembnejše pritoke hudournika.

6.5.1.2 Terensko spoznavanje hudourniškega območja

Ocena količin detritusa iz erozijskih žarišč v povirju ali v zgornjem teku in ocena količin transporta plavin na začetku vršaja, na prehodu iz soteske v naplavišče, je verjetno najzahtevnejši problem za strokovnjaka, ki skuša določiti ogrožena območja. Obstaja le nekaj načinov, oz. le nekaj pripomočkov za rešitev tega problema (Fiebiger, 1997). Geomorfologija posameznega hudourniškega območja ne more biti posplošeno privzeta kot razlog najhujših poplav in hudourniških izbruhov. Nujno je dobro poznavanje dinamike in vzrokov hribinskih premikov ter geomorfoloških značilnosti. Pri pregledovanju zgornjega teka lahko naletimo na številne, za namen analize ustrezne odseke hudournika. Tako se lahko odseki, kjer so plavine povsem izprane iz profila korita, izmenjavajo s tistimi, v katerih lahko naletimo na hribinske premike, kot so plazenja in posedanja. V skalnatih odsekih struge se lahko količina plavin zmanjša do nič. Končno, vendar ne najmanj pomembno za analizo pa je, da se strokovnjak odloča takoj po terenskem ogledu in analizi območja. V zgornjih tekih, z razsežnimi premiki hribin, je pogosto nemogoče izračunati količino sproščenega erozijskega drobirja in/ali plavin ob nekem pričakovanem dogodku, v občutljivih, nestabilnih odsekih pa lahko sežejo zdrsi pobočij ob možnem dogodku tudi do 100 in več metrov daleč v pobočje.

Aktiviran erozijski material je lahko med izbruhom prenešen vse do naplavišča, kjer povzroči razdejanje.

Eden od pomembnejših kriterijev za oceno hribinskih premikov in količine plavin je ocena stabilnosti pobočij po dolgotrajnih padavinah. Poleg ocene geomorfoloških nestabilnosti lahko izvedemo različne geološke raziskave kot npr. vrtine in sondažne jame za določanje glinenih mineralov in njihovega deleža ter še druge raziskave. Žal pa strokovnjak običajno med terenskim ogledom nima možnosti uporabe tudi tovrstne namenske opreme, pogosto pa tudi ni primernih finančnih sredstev.

Za oglede terenskih raziskovanj in analiziranj je praviloma ustrezneje, da jih izvajamo v smeri od zgoraj navzdol, iz povirij oziroma od vododelnice proti vršaju. Tako je možno slediti in ugotoviti poreklo erozijskega drobirja in plavin v njihovem izvoru in po vzroku nastanka ter tako postopno reševati problem s seštevanjem in sprotnim preračunavanjem količin erozijskega sproščanja. Odločilna količina plavin, ki bi se pojavila na vrhu vršaja je rezultat različnih vplivov in učinkov (namočenosti zemljin, geomorfologije strug, spreminjanje padca struge, ipd.) v zgornjem in srednjem teku. Večja ali manjša pravilnost rezultata je odvisna od stopnje upoštevanja opisane metode terenskih raziskav. Za omogočanje ponovitve analize mora biti ocenjevanje pravilno dokumentirano. Zgornji in srednji tek sta razdeljena na različne značilne odseke, za njih pa so vnesene pripadajoče količine erozijskega sproščanja in/ali plavin.

Ugotoviti je potrebno tudi, ali obstaja nevarnost zagatenja hudourniške struge s plavajočim lesom – hlodovino, drevjem, panji itd. Mesta, kjer lahko najbolj verjetno pride do zagatenja, je potrebno dodatno analizirati glede na možnosti poplavljanja in preplavljanja, bočnega zajedanja in naplavljanja.

Potrebno je ugotoviti, ali obstajajo vmesne potencialne deponije za naplavine med erozijskimi žarišči in ogroženim mestom. Taka možna odlagališča (naravne razširitve, zaplavni prostori pregrad, odseki hudournika z izrazitim lokalnim zmanjšanjem padca podolžnega profila, …) lahko prekinejo ali vsaj delno razbremenijo prenose plavin, zlasti hudourniške lave in hiperkoncentrirane tokove, in tako precej prispevajo k zmanjšanju stopnje ogroženosti dolvodno.

Nujno je analizirati lokacije možnih erozijskih žarišč, virov plavin, in določiti njihove najbolj verjetne poti plavljenja. Pri tem je potrebno ugotoviti, ali na poti plavljenja obstajajo ovire (mostovi, nasipi, …). Čim natančneje je potrebno oceniti učinke in posledice ovir v ekstremnih razmerah.

Če želimo ogroženost s hudourniško erozijo analizirati še podrobneje, moramo poleg že opisanih postopkov izvršiti še naslednje:

- opraviti sejalne analize primerno izbranih vzorcev, posneti padce za preračun "bremena" masovnega transporta plavin, npr. po metodi, ki jo je postavil Hampel (Hampel, 1975);
- analizirati stabilnost pobočij na območjih, kjer so potencialna erozijska žarišča kot možni viri plavin; pri tem si pomagamo s postopki, ki so podrobneje opredeljeni v poglavju o ogroženosti s plazno erozijo (Poglavje 7). Zaželeno je, da pri tej analizi čim točneje določimo možno količino plavin, ki se lahko sprosti ob katastrofičnem dogodku. V pomoč nam je analiza gozdnih sestojev na takšnih pobočjih, saj lahko zlasti po habitusu drevja glede na nagib pobočja grobo ocenimo tudi podatke o hitrosti in pogostosti zdrsov pobočij;
- z detaljnejšo analizo interpretacijskih prečnih profilov lahko natančneje določimo tako maksimalne pretoke hudournih voda in masovnih transportov plavin

(hiperkoncentrirani tokovi, hudourniške lave) kot zagatenja pretočnih profilov hudourniških strug. Tudi pri tej analizi so nam v pomoč vidni znaki na vegetaciji.

Praviloma pridobivamo navedene podatke za analizo na osnovi obstoječih podatkov (zbirati bi jih morali hudourničarji), kljub temu pa je izjemno pomembna zlasti terenska analiza obravnavanega hudourniškega območja. Pri presojah se je treba zavedati, da predstavlja poselitev, naselje, neko trajno ureditev. Zato je potrebno v tekstovnem opisu jasno razlikovati med v naravi dokazanimi vrednostmi, morebitnimi stopnjevanji ali zmanjševanji teh vrednosti, povzročenimi s človekovimi posegi ali kakšnimi drugimi zapleti in domnevami, ki se morajo gibati znotraj empiričnih meja verjetnosti in jih je treba v vsakem primeru podrobno obrazložiti oziroma dokazati, da so lahko zadostna opora pri odločanju.

6.5.1.3 Kvantifikacija možnega dogodka

Pomembno je oceniti pričakovani dogodek s kombiniranjem rezultatov hidroloških izračunov in ocene možnega sproščanja plavin. Potrebno je analizirati hidrogram glede na količino padavin in odtok najvišjih vod ter njihove zmožnosti aktiviranja količin sproščanja in plavljenja po bilančni zmogljivosti med takim pričakovanim dogodkom. Ne nazadnje je potrebno oceniti tudi količino pretoka ob neurju kot transportnega medija. Poplave z več ali manj plavinami se obnašajo drugače v procesu razvoja in gibanja, opisanim z mehaniko tekočin, kot pa hiperkoncentrirani tokovi ali hudourniške lave, kjer je vpliv najvišjega pretoka manjši v primerjavi z drugimi parametri, kot so npr. delež lesovja, grobe in drobnozrnate plavine itd.

Pri kvantifikaciji predvidevanega dogodka lahko uporabimo Moserjevo (Moser, 1989) klasifikacijo stabilnosti vesine za komplekse nevezanih zemljin, ovrednoteno s pomočjo indeksa nevarnosti.

6.5.1.4 Kartiranje ogroženih območij

Tudi tu se zahteva terensko delo, vendar tokrat na vršaju. Na njegovem korenu se začenja pod različnimi pogoji in po različnih scenarijih razvrščanje pričakovanih dogodkov, to je hiperkoncentriranega toka, hudourniške lave ali pa poplavnega vala s plavinami.

Kriteriji za postopek določanja ogroženih površin so podani v poglavjih 6.4.1.4, 6.4.2.4 in 6.4.3.4.

Pri prehodu iz srednjega teka hudournika na naplavišče je potrebno analizirati najmanj en kritičen profil. Iz analize lahko ocenimo, kaj se utegne dogajati s pretokom hudournih voda in plavin v katastrofalnih razmerah.

Ugotoviti moramo tudi dodatne možnosti odlaganja plavin. Pri tem si lahko pomagamo z analizo naplavišč, nastalih ob preteklih dogodkih, zlasti s količino naplavin na njih in z lego ter zrnavostno sestavo posameznih slojev.

Pri analizi ogroženosti s hudourniškimi izbruhi si na naplavišču lahko pomagamo z metodo določanja indeksa hudourniškega vršaja po Aulitzkyju (Aulitzky, 1972b).

6.5.1.5 Celostno določanje ogroženosti

Izdelan načrt s hudourniško erozijo ogroženih območij obsega skupno karto ogroženosti določenega območja s pripadajočim besedilnim delom ter vso ostalo dokumentacijo.

Na karti ogroženosti so podane meje različnih območij glede na jakost ogrožanja. Karte so izdelane na podlagah, ki jih tvorijo temeljni topografski načrti in na podlagah, ki jih tvorijo katastrski načrti.

V pripadajočem besedilu so pisno podane meje različnih območij glede na jakost ogrožanja ter ključni podatki iz katerih izhajajo sprejete odločitve.

Ostala dokumentacija predstavlja zbir vseh podatkov in izračunov, ki so bili upoštevani pri določitvah meja s hudourniško erozijo ogroženih območij.

6.5.1.6 Nadzor – strokovne institucije in upravni organi

Izdelane strokovne podlage je potrebno strokovno preveriti in jih vključiti v sistem pravnih (obvezujočih) aktov. Zato sledi strokovna preveritev in upravna potrditev načrtov ogroženosti po zakonsko predpisanem postopku, ki ga bo moral opredeliti novi Zakon o vodah in iz njega izhajajoči predpisi.

6.5.2 Geomorfologija vodnih strug

Za pravilno ocenjevanje jakosti tako globinskega kot bočnega erodiranja je potrebno dobro poznati geomorfologijo hudourniških strug.

Medsebojno vplivanje gibljivega vodnega toka in erodibilnega trdnega oboda se kaže v obsežni raznolikosti oblik vodnih strug. V poskusih, da bi se v to raznolikost vnesla neke vrste strokovno podprta razvrstitev, so bile predlagane različne klasifikacije vodnih strug. Eden prvih sistemov razporeja struge kot nezrele, zrele ali stare, glede na razvojni stadij v erozijskem ciklusu (Davis, 1899), vendar se je pokazalo, da razvrščanje po času ni (brez težav) prikladna ali uspešna osnova za razvrščanje.

Na obliko struge vplivata tudi količina pretoka in značilnost vodnega režima (Harvey, 1969; Stevens in sod. 1975). Vendar se tudi samo pretok ni izkazal kot uspešen kriterij za klasificiranje, razen v primerih, ko je bilo primarno vprašanje njegova velikost. Churcheva (1992) porazdelitev na majhne, vmesne (srednje) in velike struge sloni le delno na odtoku, kot dodatna kriterija pa rabita razsežnost struge glede na zrnavost materiala, ki jo sestavlja, in njen padec (Church, 1992).

Uporabljeno je bilo tudi razvrščanje po značilnih režimih vodotoka (Beckinsale, 1969), ki pa ni bilo uspešno povezano z obliko struge. Vendar pa je bilo možno zarisati razlike med vodotoki aridnih in humidnih območij z opisom njihove hidrologije in geomorfologije, pri čemer so prvi povezani z večjo transportno zmogljivostjo (Reid in Larone, 1995) in z večjimi širinami struge, ter vsaj majhno do zmerno velikostjo vodozbirnega območja (Wolman in Gerson, 1978).

Schumm (Schumm, 1963) je na temelju prevladujočega načina transportiranja plavin, pri čemer je uporabil kot kriterij odstotno udeležbo glena – gline (M) v obodu struge, razdelil v tri tipe:

- struge z vlečenimi (rinjenimi) plavinami ($M \leq 5$)
- struge z mešanimi plavinami ($5 < M < 20$)
- struge z lebdečimi plavinami (ali kalnostjo) ($M \geq 20$)

Klasifikacija temelji na podatkih z maloštevilnega niza strug s peščenim omočenim obodom, kar utegne omejevati njeno splošno uporabnost, in se opira na domnevo, da velikost M ustrezno odraža način plavljenja. Nadalje Schummova shema omogoča kategoriziranje stabilnosti struge (stabilna, erodibilna, naplavna), s čemer se odraža ravnovesje in siceršnje odnose med dobavljanjem plavin in zmožnostjo njihovega plavljenja.

Klasifikacija na osnovi materiala, ki bi bila s praktičnega stališča bolj zadovoljiva, temelji na sestavi oboda struge, dejavnika, ki vpliva na značilnosti transporta plavin, svojskosti odpora in zato prilagodljivosti oblike struge.

Začasni poddelitvi v kohezivne in nekohezivne struge lahko sledi še nadaljnja kategorizacija (Preglednica 14). Razlikovanja niso nova, vendar obstajajo jasne razmejitve, zlasti med strugami v trdni skali, produ in pesku, saj ima vsak tip razločno hidravlično geometrijo (Howard, 1980, 1987). Vmesno kategorijo lahko predstavljajo struge v bimodalnem omočenem obodu iz značilnih količin proda in peska (Sambrook in Smith, 1996). Večina naravnih strug je tipa B, s prevladujočim B1 in B2 (Preglednica 14). Pogosto sestavlja dno in brežine struge različen material, običajno nasprotje pa predstavljajo kohezivne brežine in nekohezivno dno.

Sestava oboda struge je eden od kriterijev, ki jih je uporabil Rosgen (Rosgen, 1994) v doslej najbolje domišljeni in izdelani klasifikacijski shemi, ki opredeljuje 41 tipov strug (Preglednica 15). Drugi kriteriji vključujejo kvocient utesnjenosti (poplavna širina/širina polnega korita), ki odraža stopnjo bočne omejitve; vijugavosti, ki opiše stopnjo meandriranja; razmerje širina / globina, ki povzame obliko struge; in, nazadnje, podolžni padec struge.

Največ strug se uvršča v tipe A do D (Leopold, 1994), ki predstavljajo razmeroma preme struge (A), nekoliko vijugave (B), meandraste (C) ali pa večrokavne (D – prepletene; DA – prehajajoče) struge.

Preglednica 14: Razvrščanje strug na temelju sestave oboda struge (Knighton, 1998).

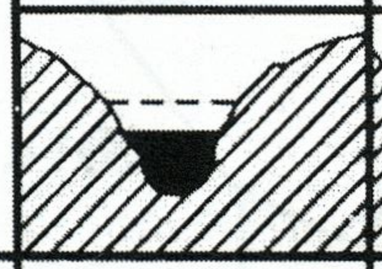
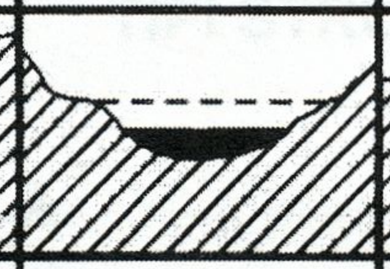
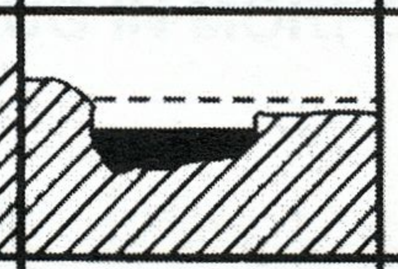
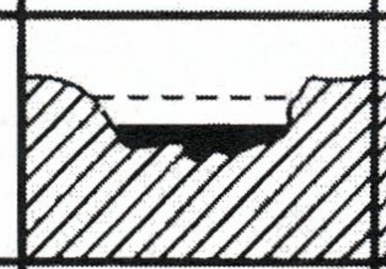
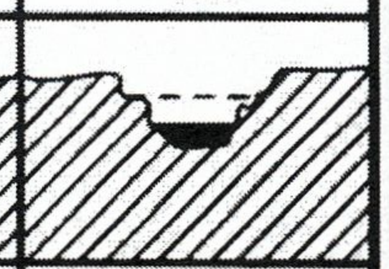
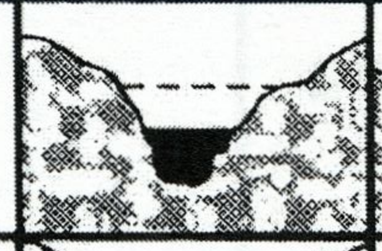
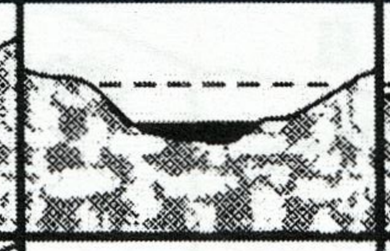
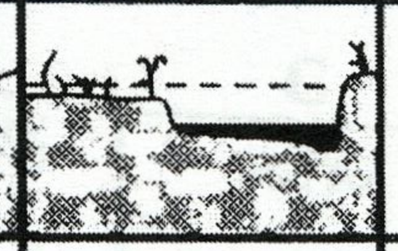
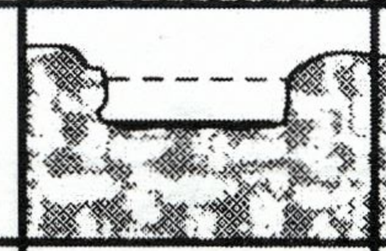
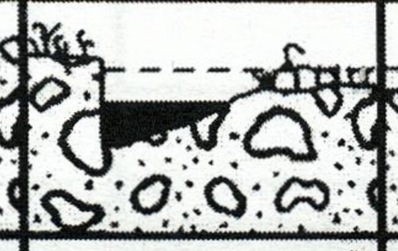
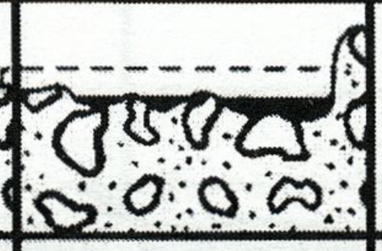
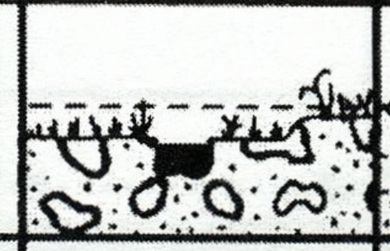
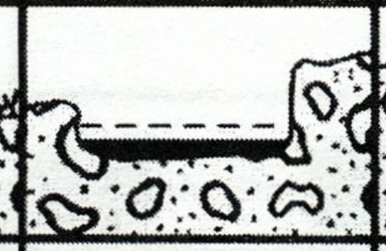
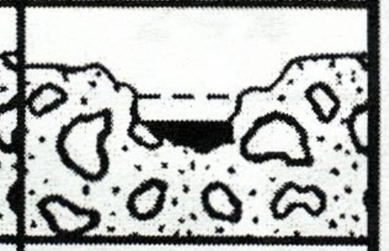
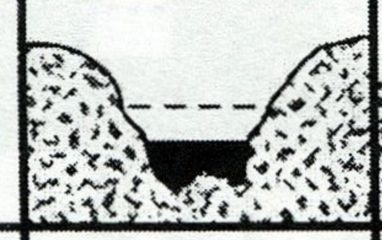
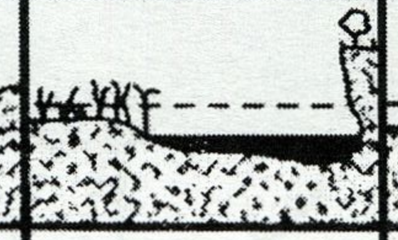
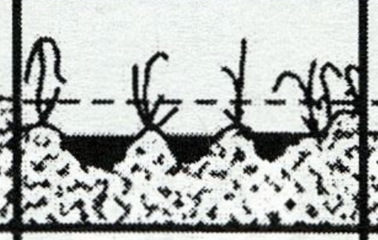
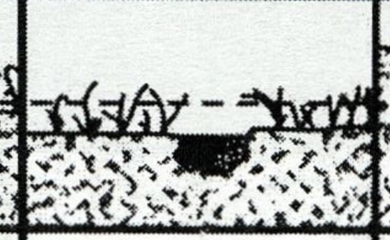
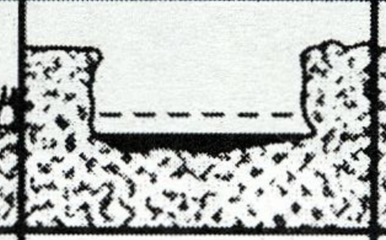
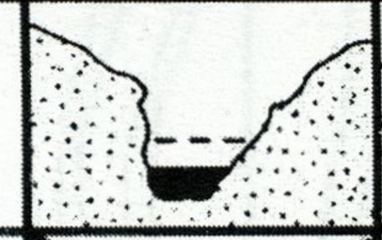
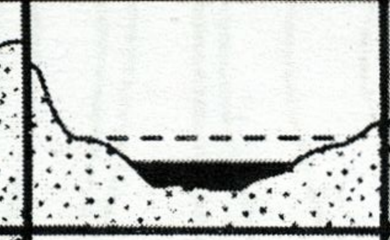
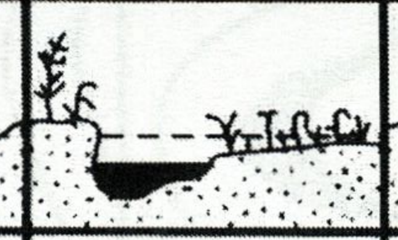
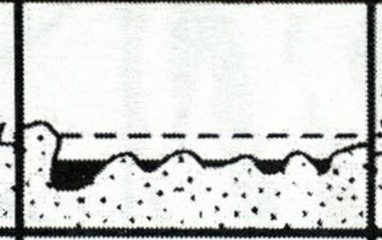
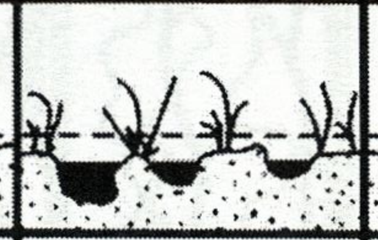
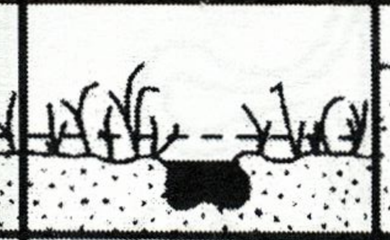
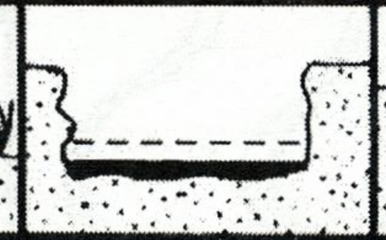
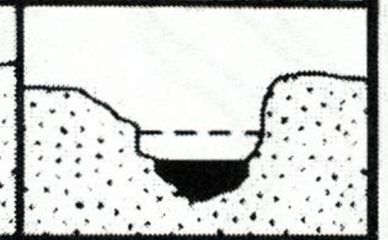
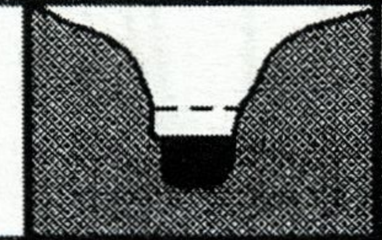
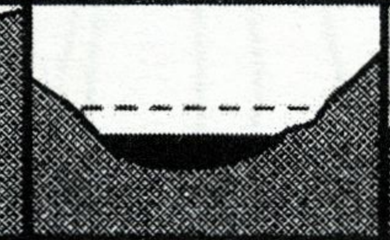
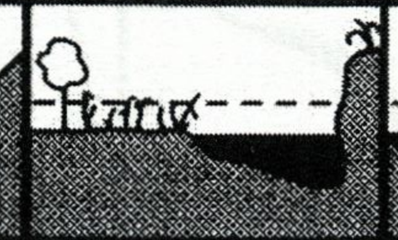
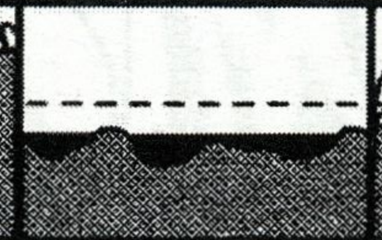
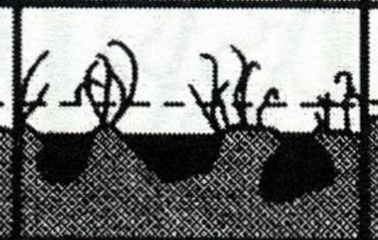
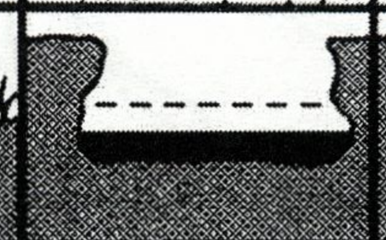
Primarni tip	**Sekundarni tip**	**Značilnosti**
A. Kohezivni	A1 Skalne struge	Nekohezivna obloga iz neutrjenega materiala, na splošno kratki odseki, osredotočeni v strmih povirnih predelih
	A2 Glen-glina struge	Obod struge vsebuje visok delež glena in gline, ki omogoča različne stopnje kohezije.
B. Nekohezivni	B1 Struge s peščenim dnom	Struge "aktivnega korita", sestavljene predvsem iz peščenega materiala, ki je prenašan preko obširno se raztezajočih površin odlaganja.
	B2 Struge s prodnim dnom	Korita iz grobega proda ali kamenja, ki je odplavljeno in plavljeno le ob visokih odtokih.
	B3 Struge s skalami	Sestavljena iz zelo velikih kosov (≥ 256 mm), ki se le poredkoma pomaknejo; sicer se uvršča v A1.



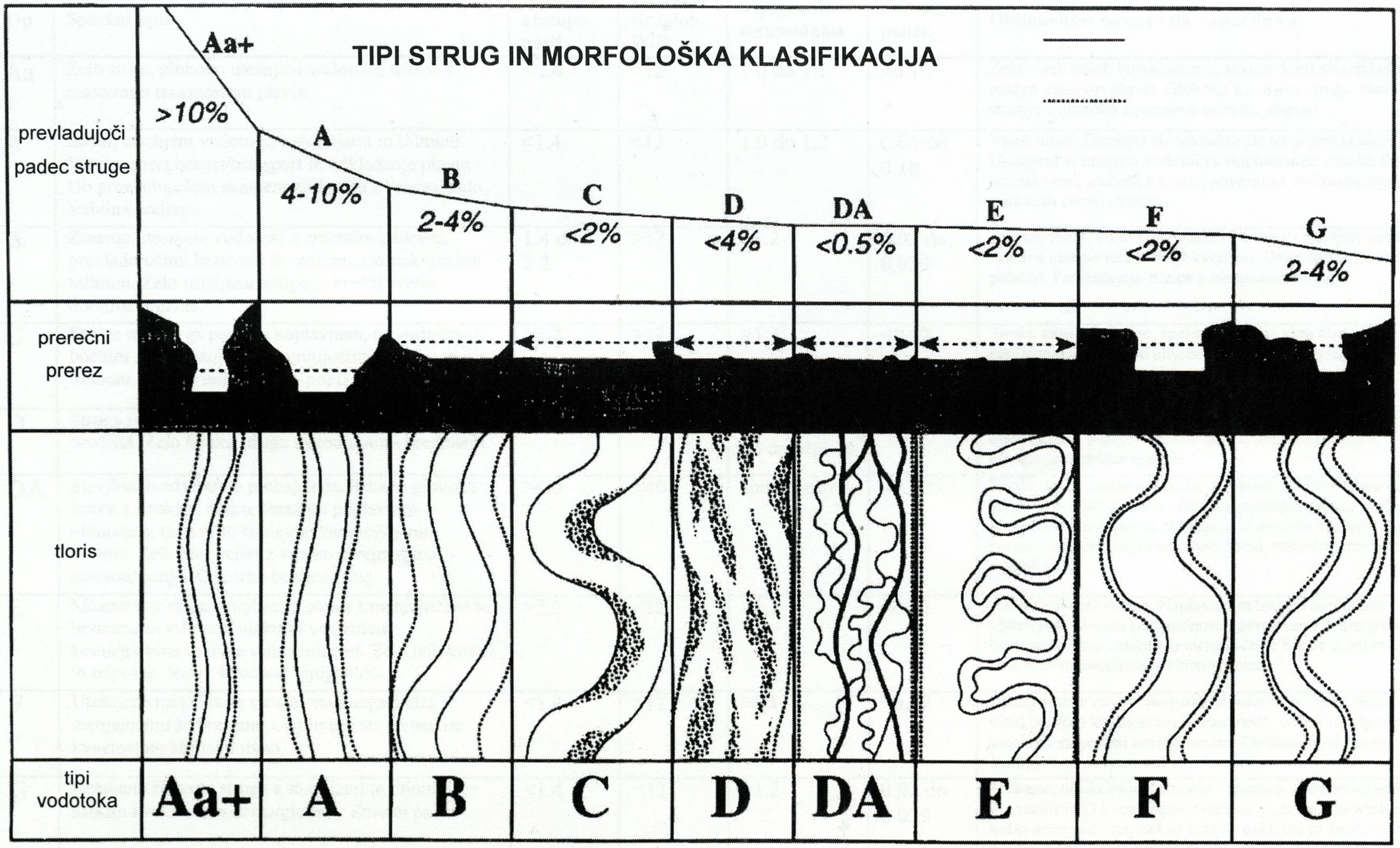
Slika 33: Tipična hudourniška struga – posledice hudourniške lave – Bistričica leta 1990 (foto: A. Horvat).

Kakorkoli že uporabljajo razvrščanje, očitno obstaja obsežna vrsta tipov strug. V splošnem se raje uporabljajo za razvrščanje le odseki strug kot pa celotni vodotokovi sistemi, kajti celo zmerno dolg vodotok teži k izoblikovanju niza tipov in nakazuje s tem različno obnašanje v podolžni smeri. Prehodi so lahko postopni ali nenadni, kot na primer na mestih, kjer dno korita naglo preide iz prodnikov v pesek. Uporaba ustrezne klasifikacijske sheme samoumevno zajame tudi urejanje vodotokovega okolja, vključno z njegovimi biološkimi, socialnimi in fizikalnimi vidiki, pri čemer Rosgen (Rosgen, 1994) vztraja, da je treba vključiti tudi ovrednotenje občutljivosti struge za motnje in za njihovo možno saniranje.

Preglednica 15: Razvrščanje tipov vodnih strug (prirejeno po Rosgenu, 1994).

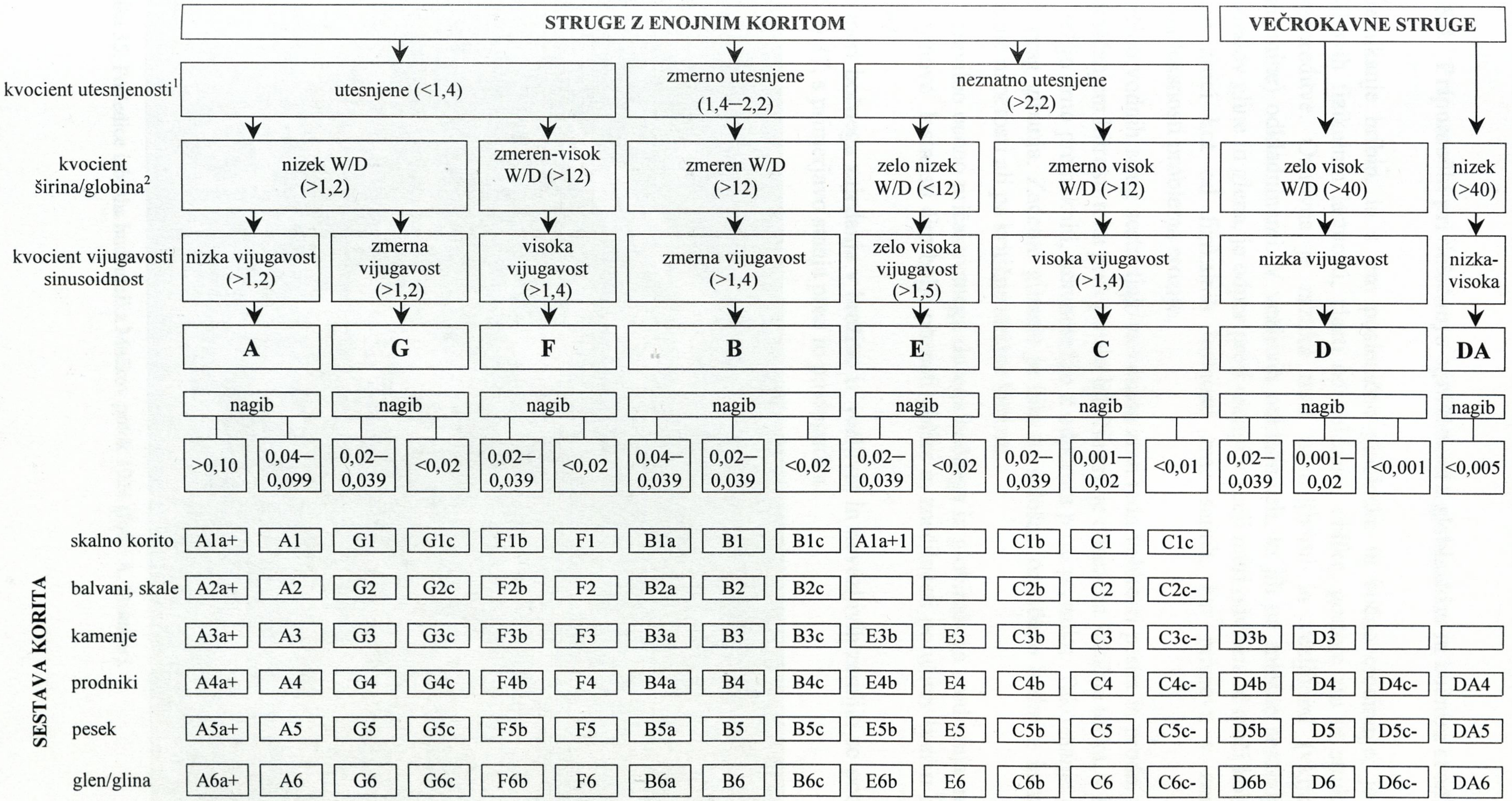
prevladujoča sestava korita	A	B	C	D	DA	E	F	G
1 SKALNO KORITO								
2 BALVANI SKALE								
3 KAMENJE								
4 PRODNIKI								
5 PESEK								
6 GLEN/GLINA								
kvocient utesnjenosti	< 1.4	1.4 - 2.2	> 2.2	N/A	> 2.2	> 2.2	< 1.4	< 1.4
vijugavost (zakrivljenost)	< 1.2	> 1.2	> 1.4	< 1.1	1.1 - 1.6	> 1.5	> 1.4	> 1.2
razmerje širina:globina	< 12	> 12	> 12	> 40	< 40	< 12	> 12	< 12
podolžni padec vodne gladine	0.04 - 0.099	0.02 - 0.039	< 0.02	< 0.02	< 0.005	< 0.02	< 0.02	0.02 - 0.039

Preglednica 16: Podolžni in prečni prerezi ter tlorisi glavnih tipov vodotokov v Rosgenovi metodi (prirejeno po Rosgenu, 1994).



Preglednica 17: Povzetek kriterijev za osnovno raven klasificiranja tipov vodotokov po Rosgenovi metodi (prirejeno po Rosgenu, 1994).

Tip	Splošen opis	Kvocient utesnje-nosti	Kvocient šir./glob. W/D	Vijugavost-sinusoidnost	Podolžni padec	Oblikovitost terena / tla – značilnosti
Aa +	Zelo strmi, globoko utesnjeni vodotoki, tokovi z masovnim transportom plavin.	< L4	<12	1.0 do 1.1	>0.10	Zelo visok relief. Pojavi erozije, skalnih korit ali odkladnin; možen transport plavin. Globoko utesnjene struge. Navpične stopnje z globoko izjedenimi tolmuni, slapovi.
A	Strmi, utesnjeni vodotoki, s stopnjami in tolmuni. Visoka energijskost/transport in odkladanje plavin. Ob prevladujočem skalnem ali koritu z balvani zelo stabilna podlaga.	<1.4	<12	1.0 do 1.2	0.04 do 0.10	Visok relief. Erozijski ali odkladninski ter pojavi skalnih korit. Utesnjeni in omejeni vodotoki s stopničastimi odseki. Pogosto razmaknjeni, globoki tolmuni, povezani z oblikovitostjo dna v kaskadah stopnja/tolmun.
B	Zmerno utesnjeni vodotoki z zmernim padcem, prevladujočimi brzicami in redkimi, razmaknjenimi tolmuni. Zelo ustaljena struga in prečni prerez. Stabilne brežine.	1.4 do 2.2	>12	>1.2	0.02 do 0.039	Zmeren relief, koluvialne odkladnine in/ali zemljate usedline. Zmerna utesnjenost in W/D-kvocient. Ozke doline z zmernimi pobočji. Prevladujejo brzice z občasnimi tolmuni.
C	Struge majhnega padca v naplavinah, meandraste, z bočnim naplavljanjem, izmenjujočimi se brzicami in tolmuni, z jasno določljivimi poplavnimi območji.	>2.2	>12	>1.4	<0.02	Široke terasaste doline, spojene s poplavnimi območji, naplavinska tla. Slabo utrjeno korito z jasno izraženim meandriranjem. Dno oblikujejo menjajoče se brzice in tolmuni.
D	Struga prepletenih korit s podolžnimi in prečnimi prodišči. Zelo široka struga z erodiranimi brežinami.	n/a	>40	n/a (ni določljiva)	<0.04	Široke doline z vršajnimi pahljačami. Ledeniški grušči in odkladninski pojavi. Aktivno bočno preoblikovanje z dovajanjem obilice usedlin.
DA	Številna, medsebojno prehajajoča, ozka in globoka korita s širokim, dobro poraslim poplavnim območjem ter z njim spojenim zamočvirjenim svetom. Zelo blag relief z visoko sprejemljivo sinusoidnostjo. Odporne brežine strug.	>4.0	<40	spremenljiva	<0.005	Široke doline majhnega padca z drobnimi naplavinami in/ali jezerskimi odkladninami. Sterilna prehodna korita, podložna geološkim pravilom, ki oblikujejo iz drobnih naplavin dobro porasle in bočno odporne sipine. Širna, zamočvirjena poplavna območja.
E	Meandraste struge majhnega padca z menjajočimi se brzicami in tolmuni, nizkim kvocientom širina/globina in malo odkladninami. Zelo učinkovite in odporne. Visok kvocient vijugavosti.	>2.2	<12	>1.5	<0.02	Široke travnate doline. Naplavine sočasno s poplavnim območjem. Visoka sinusoidnost z odpornimi, dobro poraslimi brežinami. Dno oblikujejo menjajoče se brzice in tolmuni z zelo nizkim kvocientom širina/globina.
F	Utesnjene meandraste struge majhnega padca z menjajočimi se brzicami in tolmuni ter z visokim kvocientom širina/globina.	<1.4	>12	>L4	<0.02	Utesnjenost v močno preperelem materialu. Blagi padci z visokim W/D kvocientom. Meandrasto, bočno neodporno z visokimi stopnjami erozije brežin. Oblikovanost dna z menjajočimi se brzicami in tolmuni.
G	Ustaljena žlebasta struga s stopnjami in tolmuni ter nizkim kvocientom širina/globina. Zmerni padci.	<1.4	<12	>1.2	0.02 do 0.039	Žlebasto, oblikovanost stopnje – tolmuni, z zmernim padcem in nizkim W/D kvocientom. Ozke ali globoko v aluvialen ali koluvialen material, kot so vršajne pahljače in delte, vrezane doline. Neodporno, problemi vzdrževanja padca in visoke stopnje erozije brežin.



1 Kot funkcija neprekinjene vrste fizikalnih spremenljivk znotraj vodotokovih odsekov lahko vrednosti variirajo za ±0,2 enote

2 Kot funkcija neprekinjene vrste fizikalnih spremenljivk znotraj vodotokovih odsekov lahko vrednosti variirajo za ±0,2 enote

Slika 34: Ključ za klasificiranje vodotokov po Rosgenovi metodi (Rosgen, 1994).

6.5.3 Pripomočki pri določanju ogroženosti z globinskim in bočnim erodiranjem

Premikanje hribin, in s tem posledično globinsko in bočno erodiranje, je odvisno od njihovih fizikalnih lastnosti, zlasti od velikosti, oblike, gostote zrn in strukture njihove razporeditve. Osnovna je razlika med nevezljivimi in vezljivimi (vključujoč trdne kamenine) odkladninami. V vezljivih odkladninah, ki jih na splošno sestavljajo zrnca iz razredov gline in glena, je odpor proti eroziji v večji meri odvisen od moči kohezivnih vezi med zrnci kot od fizikalnih lastnosti zrnc samih, kar prispeva v znatni meri h kompleksnosti problema erozije.

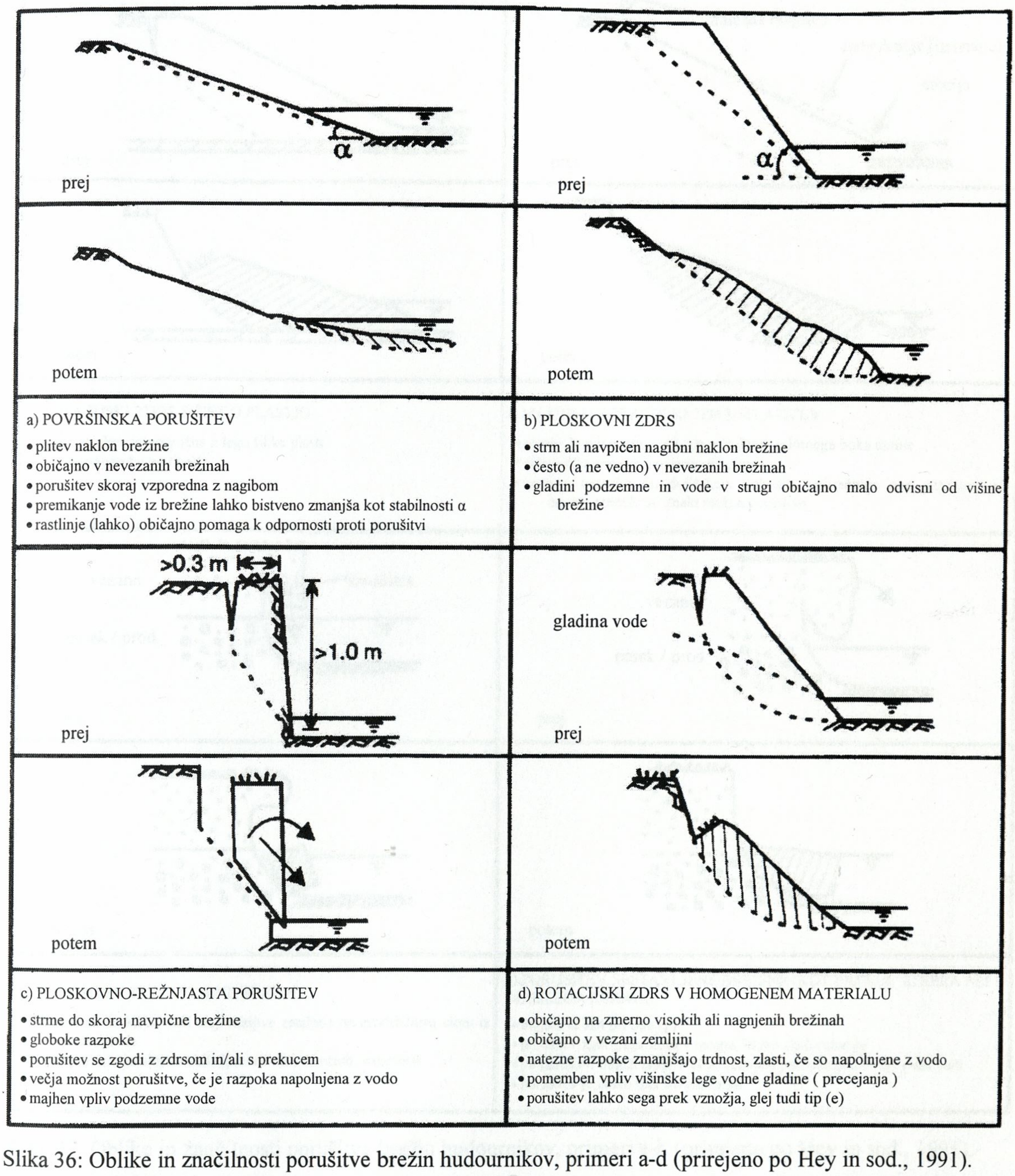
Večino vodnih strug sestavljajo nevezana zrna reda velikosti peska in proda. S postopnim naraščanjem hitrosti toka prek prosto ležečih zrn je dosežena kritična točka, v kateri se sile, ki težijo zrno premakniti, uravnotežijo z odporom proti premiku. Tako stanje je definirano kot prag gibanja. Začetno gibanje je bilo na splošno označeno bodisi z izrazom kritične strižne napetosti ali pa kritične strižne hitrosti.

Za pravilno oceno pričakovanega dosega bočnega in globinskega erodiranja moramo glede na njihove lastnosti čim bolje poznati oblike in značilnosti porušitev brežin hudourniških strug.

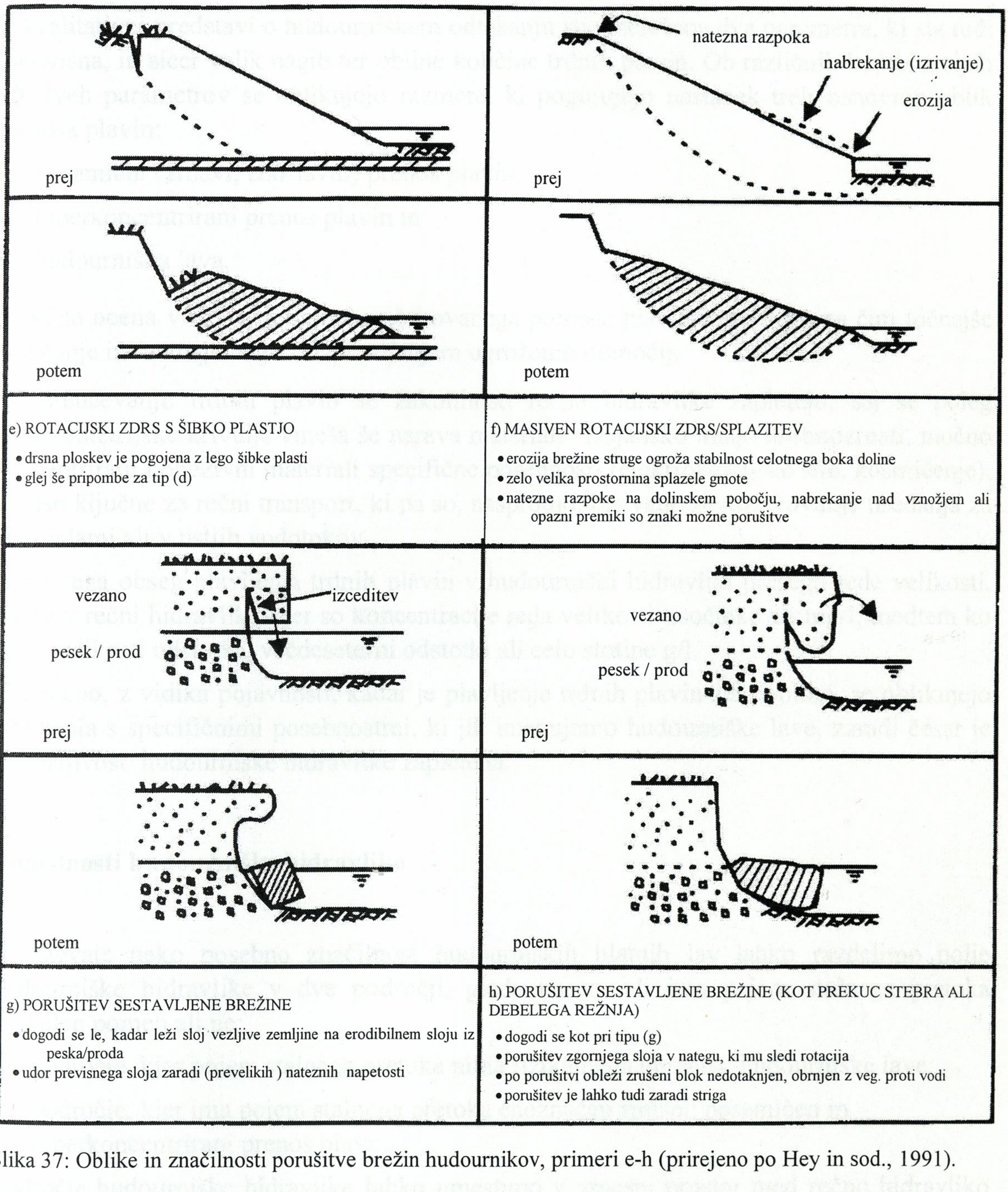
Primeri bočnega zajedanja v brežine iz vezljivih in nevezljivih zemljin so podani v slikah 36 in 37, s primerjavo stanja pred in po dogodku.



Slika 35: Posledice izbruha hudournika Mačkov potok 1924 (foto: A. Štrancar).



Slika 36: Oblike in značilnosti porušitve brežin hudournikov, primeri a-d (prirejeno po Hey in sod., 1991).



Slika 37: Oblike in značilnosti porušitve brežin hudournikov, primeri e-h (prirejeno po Hey in sod., 1991).

6.5.4 Pripomočki pri določanju ogroženosti z naplavljanjem

Kvantitativna razmejitev med hudourniško in rečno hidravliko zahteva dobro poznavanje hudourniških procesov. Na tem področju je veliko delo opravil francoski hudourniški strokovnjak Meunier (Meunier, 1991). Njegova razmišljanja in zaključki so lahko v veliko pomoč pri določevanju ogroženih con zaradi hudourniške erozije.

V kvalitativni predstavi o hudourniškem odtekanju sta udeležena dva parametra, ki sta tudi soodvisna, in sicer velik nagib ter obilne količine trdnih plavin. Ob različnih kombinacijah teh dveh parametrov se oblikujejo razmere, ki pogojujejo nastanek treh osnovnih oblik prenosa plavin:

- posamični (zrnavi, enostavni) prenos plavin,
- hiperkoncentrirani prenos plavin in
- hudourniška lava.

Pravilna ocena vrste in velikosti pričakovanega prenosa plavin je podlaga za čim točnejše določanje in razmejevanje z naplavljanjem ogroženih območij.

Pri preučevanju trdnih plavin se zakonitosti rečne hidravlike zapletejo, saj se poleg granulometrijske krivulje vmeša še narava materiala. Dejansko imajo drobnozrnati, močno koncentrirani kohezivni materiali specifične posebnosti (elektrokemijske sile, kosmičenje), ki niso ključne za rečni transport, ki pa so, nasprotno, bistvene za raziskovanje usedanja za pregradami ali v ustjih vodotokov.

Poleg tega obseg plavljenja trdnih plavin v hudourniški hidravliki presega rede velikosti, znane v rečni hidravliki, kjer so koncentracije reda velikosti tisočinke ali mg/l, medtem ko so tu velikosti odstotka, večdeseterni odstotki ali celo stotine g/l.

In končno, z vidika pojavnosti, kadar je plavljenje trdnih plavin zelo obilno, se oblikujejo odtekanja s specifičnimi posebnostmi, ki jih imenujemo hudourniške lave, zaradi česar je razložljivost hudourniške hidravlike zapletena.

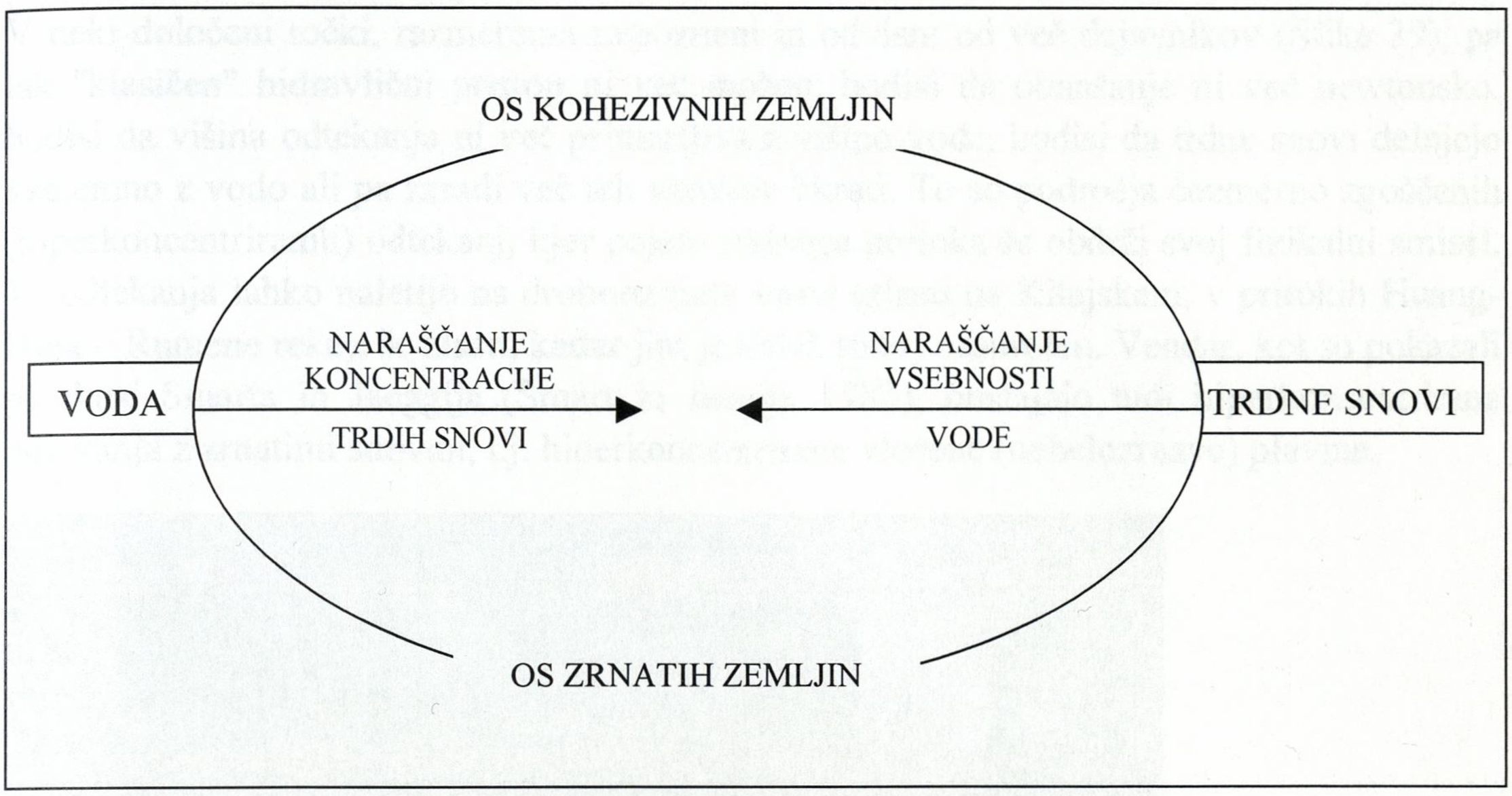
Značilnosti hudourniške hidravlike

Upoštevaje neko posebno značilnost hudourniških blatnih lav lahko razdelimo polje hudourniške hidravlike v dve področji, glede na to, ali ima pojem stalnega pretoka fizikalen pomen ali ne:

- področje, kjer pojem stalnega pretoka nima fizikalnega pomena: hudourniške lave;
- področje, kjer ima pojem stalnega pretoka enoznačen smisel: posamičen in hiperkoncentrirani prenos plavin.

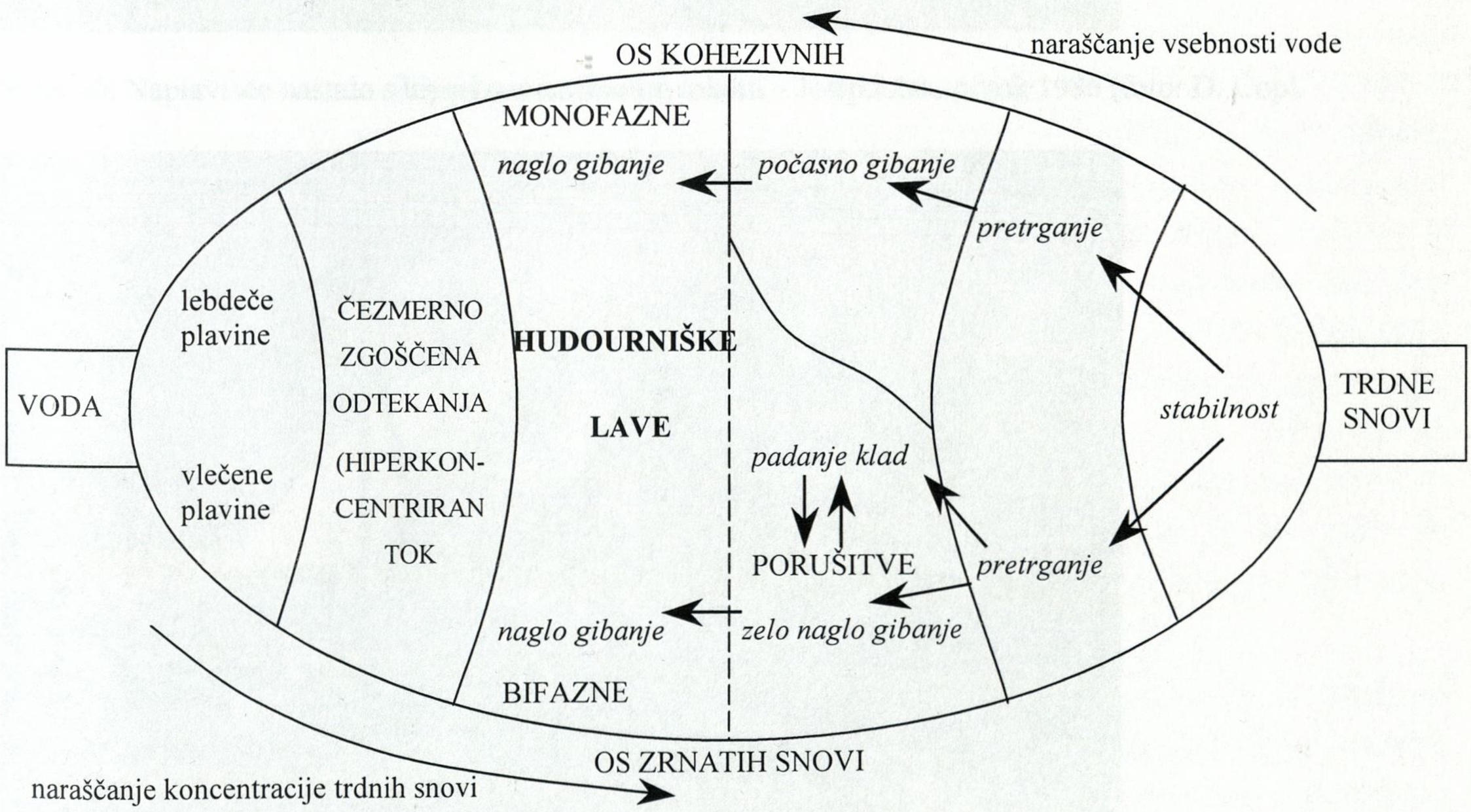
Področje hudourniške hidravlike lahko umestimo v vmesni prostor med rečno hidravliko (mnogo vode, malo trdnih snovi) in tisto, kar običajno imenujemo "premiki terena" (mnogo trdnih snovi, malo vode).

Predstavitev lahko začnemo s protipostavitvijo dveh polov (voda, trdna snov) tako, da ju povežemo z dvema medsebojno ločenima osema, katerih ena predstavlja trdno snov, sestavljeno iz drobnih delcev, druga pa trdno snov iz debelih, grobih zrn in kosov (Slika 38). Ko se oddaljujemo od vsakega pola, pri tem povečujemo bodisi koncentracijo trdnih delcev v vodi (pojem običajen v hidravliki) ali pa vsebnost vode (pojem običajen pri plazenju terena), pri čemer voda pogojuje vezni tlak med zrnci.



Slika 38: Shematski prikaz področij hidravlike in premikov terena (Meunier, 1992).

Če krenemo s pola "voda" in povečujemo koncentracijo trdnih snovi (kar se dogaja, če se povečuje padec, ki dovoljuje to povečevanje količine plavin), smo na začetku v področju klasične hidravlike, kjer prisotnost trdnih snovi ne spreminja zakonov obnašanja in ne vpliva na višino odtekanja. Vsa vprašanja so torej obravnavana z enačbami za vodo, s tem, da na te rezultate vežemo še obravnavo transporta plavin, a brez medsebojnega vpliva obeh faz. Vse odtekanje pogojuje voda sama.



Slika 39: Počasni in nagli pojavi v hidravliki in premiki terena (Meunier, 1992).

V neki določeni točki, razmeroma nepoznani in odvisni od več dejavnikov (Slika 39), pa tak "klasičen" hidravlični pristop ni več možen, bodisi da obnašanje ni več newtonsko, bodisi da višina odtekanja ni več primerljiva z višino vode, bodisi da trdne snovi delujejo vzajemno z vodo ali pa zaradi več teh vzrokov hkrati. To so področja čezmerno zgoščenih (hiperkoncentriranih) odtekanj, kjer pojem stalnega pretoka še obdrži svoj fizikalni smisel. Ta odtekanja lahko naletijo na drobnozrnate snovi (zlasti na Kitajskem, v pritokih Huang-Hoja – Rumene reke), še zlasti, kadar jim je delež snovi nasproten. Vendar, kot so pokazali poizkusi Smarta in Jaeggija (Smart in Jaeggi, 1983), obstajajo tudi hiperkoncentrirana odtekanja z zrnatimi snovmi, t.j. hiperkoncentrirane vlečene (debelozrnave) plavine.



Slika 40: Naplavišče nastalo s hiperkoncentriranim tokom – Josipdolski potok 1986 (foto: D. Čop).



Slika 41: Razdejanje zaradi hiperkoncentriranega toka – Josipdolski potok 1986 (foto: D. Čop).

Onstran neke določene meje, prav tako nepoznane, kot je predhodna, se hiperkoncentrirana odtekanja umaknejo drugemu pojavu, to je odtekanje nabreklih gmot v sunkih.

Imenujemo jih hudourniške lave, ki jih po prevladujoči vsebnosti plavin ločimo na :

- ilovnato glinene (enofazne) in
- debelozrnate (dvofazne).



Slika 42: Ukrepanje po hudourniškem izbruhu v obliki hudourniške lave v dolini Bistričice l. 1990 (foto: A. Horvat).

V nasprotni smeri, od pola "trdne zemljine", so pojavi popolnoma drugačni, ker krenemo od stabilne zemljine in raziskujemo, pri kolikšnem deležu vsebnosti vode se začenja njeno premikanje. Znanstveni problemi so torej zelo drugačni in povsem logično je, da raziskave pretrgov (pri zrušitvah) in stabilnosti (pri plazenjih zemljišč) močno zaposlujejo strokovnjake. Od trenutka, ko se premikanje začne, se ti dve vrsti pojavov (plazenja v smeri osi drobnozrnavih snovi in zrušitve ob osi skalnatih hribin) razlikujeta: zrušitve preidejo nepričakovano iz mirovanja v zelo naglo gibanje, medtem ko predstavlja plazenje proces s počasno kinetiko. Pospeški tega počasnega premikanja privedejo do spremembe stanja: struktura se poruši, hitrosti se ne merijo več v mm/dan, temveč v m/s, izoblikuje se hudourniška lava. Na strani dinamike zrušitev skalnatih hribin stvari niso tako enostavne in še ni znano, ali se razlikujejo od bifaznih hudourniških blatnih lav, in če se, kako se razlikujejo. V vsakem primeru veljajo zanje iste pojmovne osnove (medsebojno vplivanje klad, razprševalni tlak) (Meunier, 1992).

Rečna in hudourniška hidravlika se torej od preučevanja plazenja zemljišč in zrušitev kamnin razlikujeta pri upoštevanju temeljnih zakonitostih, ki jih predstavljajo enačbe kontinuitete in enačbe (ohranitve) gibanja. Tu je torej v uporabi povezava med tenzorjem sil in tenzorjem hitrosti deformacije (in ne tenzorjem deformacij). Rečna in hudourniška hidravlika se torej razlikujeta po dejstvu, da je pri slednji treba pri razreševanju enačb gibanja, ki opisujejo tekočo fazo, enakovredno upoštevati še trdno fazo.

Posamičen prenos plavin

Pri posamičnem transportu potujejo plavine v vodnem toku neodvisno druga od druge. Izravnalni padec se oblikuje kot posledica razvrščanja plavin po velikosti, teži in obliki tako, da se v podolžni smeri vodotoka izoblikuje enakomerna, bolj ali manj parabolična, v zgornjem teku strma, proti izteku vse bolj položna krivulja, če takega razvoja ne zmotijo naravne ali umetne prepreke. Predpostavlja se torej, da se zrna plavin gibljejo v vodnem toku bolj ali manj posamično in samostojno, neodvisno eno od drugega, in da se med seboj ne ovirajo, ker je med njimi dovolj prostora. V takem primeru govorimo o nevezanem ali posamičnem prenosu plavin (Wang, 1901, 1903).

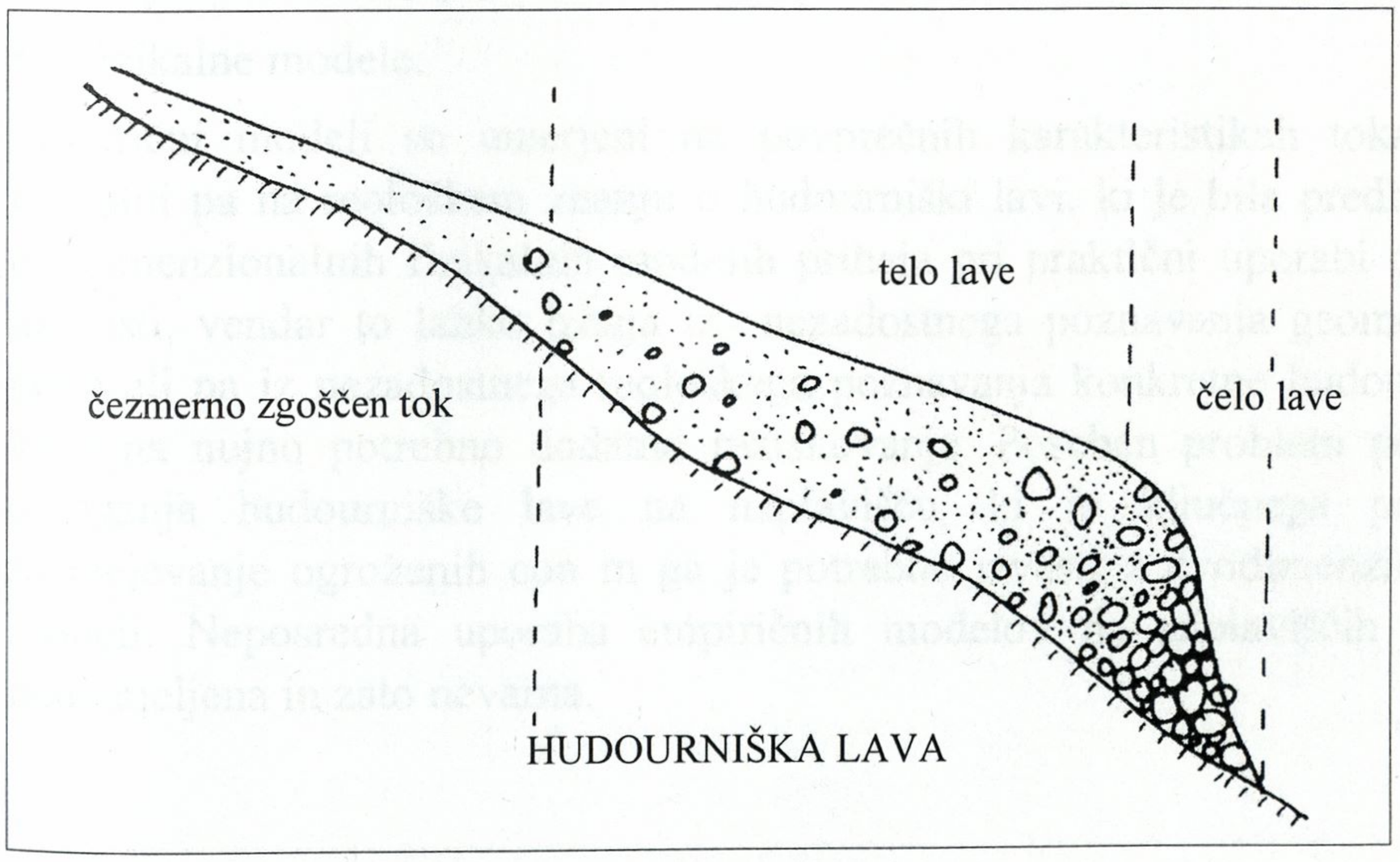
Pri posamičnem prenosu plavin določamo ogroženost na naplaviščih z ocenjeno višino odlaganja naplavin.

Hiperkoncentrirani prenos plavin

Za čezmerno zgoščeni (hiperkoncentrirani) prenos plavin je značilen močan porast volumskega deleža plavin v vodnem toku. Ta delež, ki se običajno giblje okrog 1 odstotka, lahko naraste na 20 do tudi 40 odstotkov. Glede na rezultate dosedanjih raziskav lahko mejo, ko pride do nastanka hiperkoncentriranih tokov, postavimo pri volumskem deležu trdnih plavin v vodnem toku, večjem od 5 odstotkov.

Z obstoječimi metodami določitev visokih voda, ki vključujejo tudi prenos plavin, lahko zadovoljivo ocenimo pričakovane intenzivne prenose plavin. Problem je precejšna nezanesljivost določitve potencialnih inicialnih količin plavin, ki ob visokih vodah omogočajo nastanek intenzivnih prenosov plavin. Pri uporabi različnih formul je potrebno dosledno upoštevati robne pogoje njihove veljavnosti, saj se drugače z različnimi vhodnimi predpostavkami izračunani maksimalni prenosi trdnih plavin razlikujejo tudi za faktor 3 (Meunier, 1992).

Hudourniške lave



Slika 43: Nabreklina hudourniške lave (Meunier, 1992).

Značilnosti hudourniških lav so:

- prehodno odtekanje nabreklih gmot v sunkih: glede na obliko, v kakršni nastopi, so lahko povzročitelji tega pojava bodisi zunanji (zaporedni udori bregov, zastoji vodnega toka zaradi nakopičenega leda in porušitev teh začepitev) ali pa notranji procesi;
- izostanek zrnavostnega sortiranja v odkladnini; posledica je, da se odtekanje ne prilagaja zmanjševanju podolžnega padca z odlaganjem najdebelejših kosov, temveč s splošnim upočasnjevanjem, in se končno v vsej celoti ustavi pri padcu, večjem od ničelnega;
- izostanek razširjenja naplavin ob preplavljanju in namesto tega izoblikovanje podolžnih stranskih gub, podobnih stranskim ledeniškim grobljam;
- obnašanje, ki je vmesno med trdnim in tekočim; določena neodvisnost v odtekanju hudourniške lave, ki se v splošnem sproži v strmem nagibu (nad 25 ali 30 odstotkov), vendar se more razširiti do najmanjših padcev (izpod 5 odstotkov);
- plavljenje velikih klad in kamnov na površini in na čelu nabreklin, torej obratna morfološka razvrstitev zrnavosti.

Iz navedenega se vidi, da značilnosti blatnih hudourniških lav ne morejo biti razložljive v klasičnem okviru rečne hidravlike. Ker se pojavljajo poredkoma in so zaradi tega le redkokdaj opazovane, so še vedno zelo težko razložljiv pojav.

Empirični obrazci, ki nam podajajo jakost hudourniških lav, dajejo glede na uporabljen obrazec zelo različne rezultate. Procesi praviloma niso vezani na različne povratne dobe voda. Zato je potrebno empirične obrazce pri nadaljnji praktični rabi uporabljati zelo previdno in jih je hkrati potrebno dopolniti na osnovi rezultatov novih raziskav. Pri tem je treba pozorno opisati pogoje, za katere je analiza uporabna (geološke in geomorfološke razmere, pogostnost dogodka), in tako doseči primernejšo praktično uporabo.

Matematične modele, ki pojasnjujejo gibanje hudourniških lav, delimo v dve skupini:

- empirične modele,
- fizikalne modele.

Empirični modeli so umerjeni na povprečnih karakteristikah toka hudourniške lave, fizikalni pa na reološkem znanju o hudourniški lavi, ki je bila predhodno izmerjena. Pri enodimenzionalnih fizikalnih modelih prihaja pri praktični uporabi do problema njihove točnosti, vendar to lahko izhaja iz nezadostnega poznavanja geometrije hudourniškega jarka ali pa iz nezadostnega reološkega poznavanja konkretne hudourniške lave, kar vse kaže na nujno potrebno dodatno raziskovanje. Poseben problem povzroča modeliranje odlaganja hudourniške lave na naplavišču, ki je ključnega pomena za točnejše razmejevanje ogroženih con in ga je potrebno izvesti z dvodimenzionalnimi fizikalnimi modeli. Neposredna uporaba empiričnih modelov na naplaviščih je lahko strokovno neutemeljena in zato nevarna.

Kriteriji razlikovanja med različnimi prenosi plavin

Že Bernard (Bernard, 1925) je s 6-odstotnim podolžnim padcem razmejil hudourniške reke od hudournikov. Primerjalni izračuni ob preverjanju ustreznosti obrazca o newtonskem obnašanju tekočin, pri katerih je za izračun povprečne profilne hitrosti uporabljen obrazec Manning-Stricklerja in za strižno hitrost posodobljena inačica Schoklitschevega obrazca, so pokazali, da pa lahko že pri 2-odstotnem padcu postane upoštevana turbulenca nezadostna, da bi mogla odtehtati strižno trdnost. S hidravličnega vidika bi se torej morale raziskave začeti pod 6 odstotki, praviloma pri 2 do 3 odstotkih. V smeri navzgor ni jasnih mejnikov; v odtočnih jarkih opažamo padce od 20-25 odstotkov, pa tja do 40 in 50 odstotkov. Za ocenjevanja varnosti pa so seveda najpomembnejši odseki hudournikov njihovi vršaji, na katerih se podolžni padci gibljejo približno od 4 do 12 odstotkov (Meunier, 1991). Zaradi tega se načrtujejo ureditveni ukrepi s katerimi dosežemo te cone in je več možnosti, da bo neka teorija lahko uporabljena. Sicer je treba pripomniti, da so raziskave na pomanjšanih modelih pojasnile razmere za območje nagibov od 3 do 20 odstotkov, toda pri reševanju problema proženja (neke) hudourniške lave se srečamo z mnogo večjimi nagibi.

Verjetno obstaja prag zgoščenosti, onstran katerega nastajajo tipične značilnosti hudourniških lav. Ta prag je zanesljivo odvisen od narave kohezivnih sedimentov, od sorazmerja udeležbe kohezivnih sedimentov nasproti zrnavostnim, itd. Tostran praga lahko uporabimo pristop za "normalna" tečenja, toda le z veliko vsebnostjo trdnih plavin v vodi. Zakonitost obnašanja tekočine tu ni nujno newtonska, najmanj, kar drži, pa je, da ima pojem stalnega in enoličnega pretoka enoznačen smisel, kar je bilo preverjeno na modelnih raziskavah, še v strugah do nagiba 20 % in volumna koncentracije 30 % (Smart in Jaeggi, 1983). Pri hidroloških študijah lahko privzamemo obstoj nekega odnosa med projektiranim poplavnim volumnom in maksimalnim pretokom, medtem ko za hudourniške lave ni nobenega vnaprejšnjega, od izkustva neodvisnega, odnosa.

6.5.5 Odlaganje plavin in energijskost pretoka

Pri preučevanju odlaganja plavin hudournikov ugotavljamo številne vrste in oblike naplavljanja. Poznavanje teh procesov je bistveno za razumevanje načinov oblikovanja hudourniških naplavišč.

Ločimo tri glavne tipe naplavišč, določenih glede na specifično silo vodnega toka pri polnem koritu in na sestavo naplavin (usedlin), katerih relativni delež se spreminja v prečni in v navpični smeri (Nanson in Croke, 1992). Njihove značilnosti so:

(a) Visoka energijskost pretoka ($\omega > 300$ Wm^{-2}), nevezana naplavišča, kjer skalna korita ali balvani preprečujejo bočno prelaganje in prevladujejo procesi navpičnega kopičenja razmeroma debelih zrn peskov in prodov.

(b) Srednja energijskost pretoka (ω = 10-300 Wm^{-2}), nevezana naplavišča, značilna za meandrasta in prepletena korita vodotokov, v katerih je glavno gibalo porast bočnih naplavin (sipin) ali prepletanja korit.

(c) Nizka energijskost pretoka (ω < 10 Wm^{-2}), vezana naplavišča, ponavadi združena s posamič povezanimi ali prehajajočimi (anastomizirajočimi) bočno ustaljenimi koriti, na katerih razvoj vplivajo pretežno navpični prirasti drobnozrnatih usedlin in redki odcepi korit. Nenadni odcepi so pomembno gibalo v razvoju razsežnejših naplavišč, katerih vezane pribrežne naplavine močno ovirajo bočno prelaganje.

V tej klasifikaciji je jasna tesna zveza med načinom razvoja naplavišča in tipom vzorca, ki ga oblikujejo korita (zlasti meandriranje, prepletanje ali prehajanje-anastomiranje). Primeri teh tipov naplavišč so shematično prikazani (Slika 46).

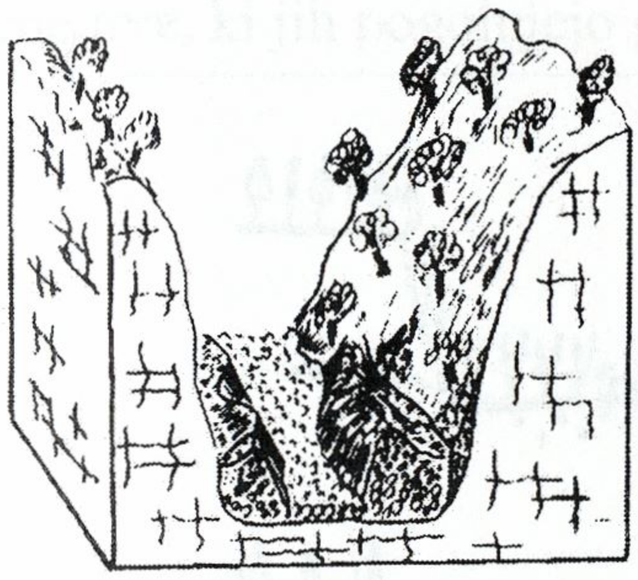


Slika 44: Hudourniške naplavine v Podvolovjeku 1990 (foto: A.Horvat).

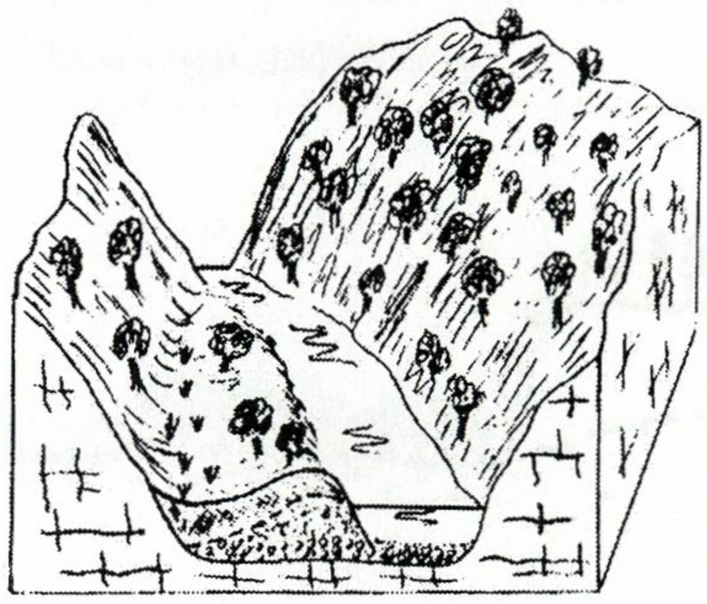


Slika 45: Naplavine v strugi Predelice nad vasjo Log pod Mangrtom 2000 (foto: A. Horvat).

VISOKA ENERGIJSKOST PRETOKA

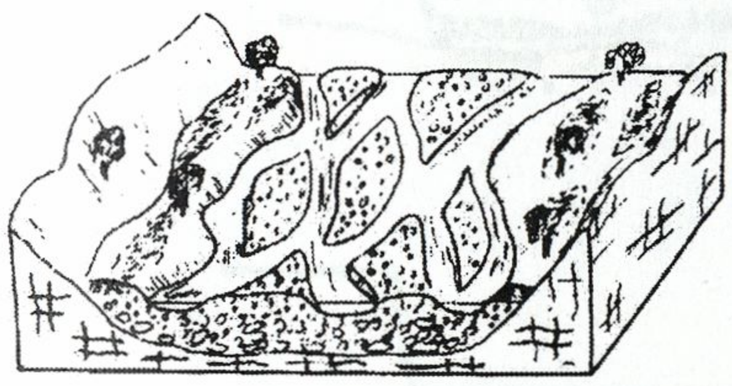


a) Utesnjeno naplavišče
grobe zgradbe
$\omega > 1000$ Wm^{-2}

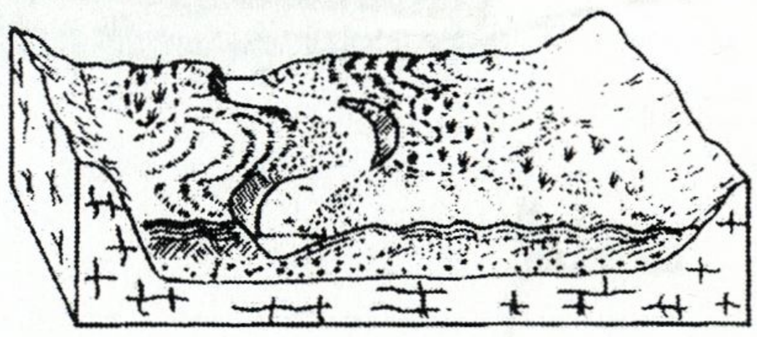


b) Utesnjeno, navpično priraščajoče
peskovito naplavišče
$\omega = 300\text{-}1000$ Wm^{-2}

SREDNJA ENERGIJSKOST PRETOKA

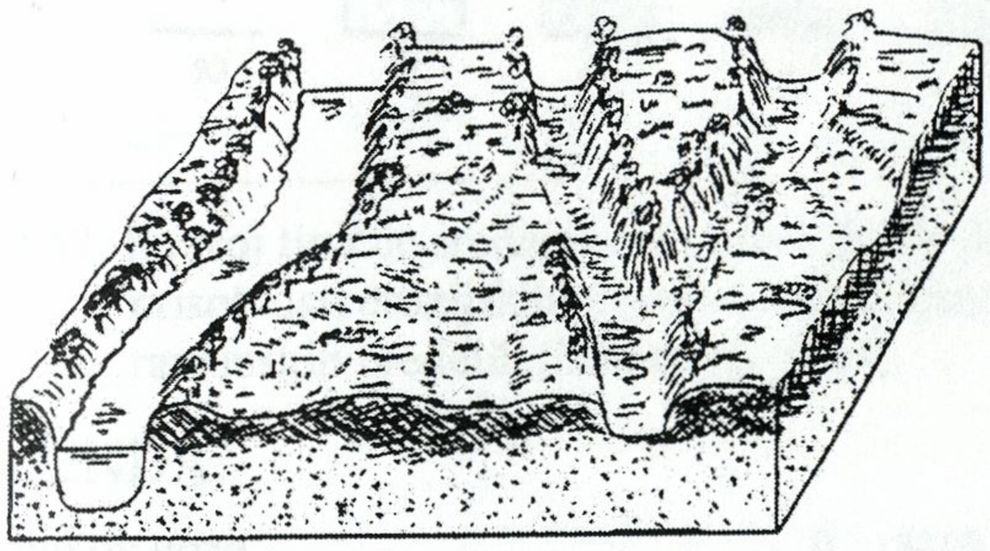


a) Naplavišče s prepletenimi koriti
$\omega = 50\text{-}300$ Wm^{-2}



b) Bočno prelaganje, ,
meandrasto naplavišče
$\omega = 10\text{-}50$ Wm^{-2}

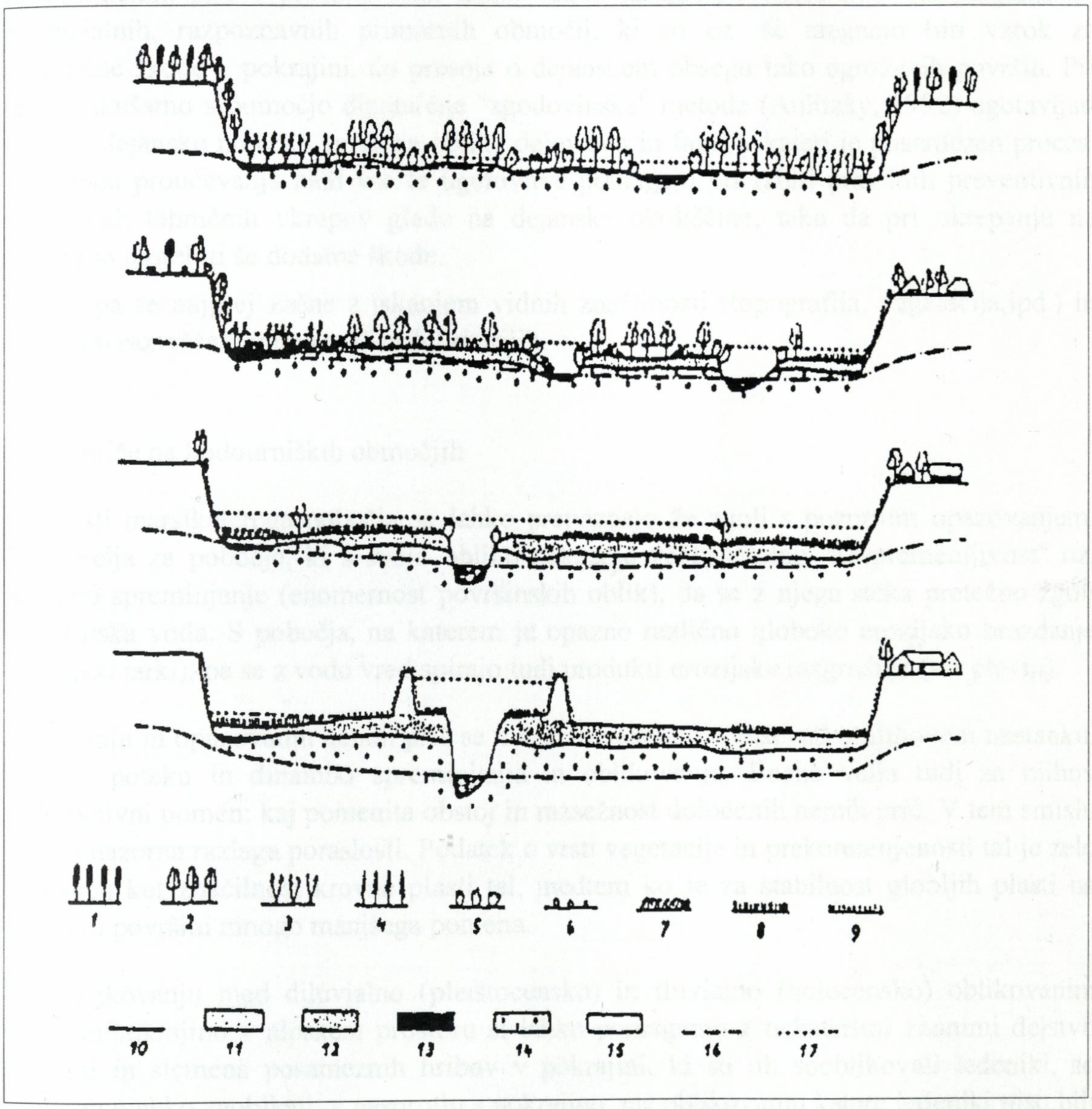
NIZKA ENERGIJSKOST PRETOKA



Hudournik s prehajajočimi koriti (anastomirajoči vodotok),
anastomozno naplavišče
$\omega < 10$ Wm^{-2}

Slika 46: Primeri visoko-, srednje- in nizkoenergijskih naplavišč (prirejeno po: Nanson in Croke, 1992).

Pri določitvi potencialno največjih dimenzij hudourniškega naplavišča si pomagamo s Thiéryjevo razlago nastanka naplavišč (Thiery, 1914). Pri tem moramo upoštevati omejitve, ki jih pogojujejo geomorfološki kriteriji oblikovanja naplavišč.



Slika 47: Razvoj tipične srednjeevropske koritaste doline ob naraščajočem odstranjevanju gozdov in vse večji prisotnosti erozijskih procesov v zgornjem teku ter izsuševanju in zaglinjanju v spodnjih rodovitnih ravninskih predelih (Ellenberg, 1954).

LEGENDA:

1 - bukov gozd
2 - hrastovi ter drugi listnati mešani gozdovi
3 - vlažni jelševi logi
4 - z iglavci pogozdene površine
5 - vrbovo grmičevje
6 - razna druga grmišča
7 - mokrišča
8 - vlažna zemljišča
9 - sušni predeli
10 - kmetijske površine
11 - puhlica
12 - zaglinjene površine
13 - močvirje, barje
14 - prodnata tla
15 - druge vrste tal
16 - povprečna višina podtalnice
17 - povprečna višina visoke vode

Skica je zgolj shematska: oznake 1-9 niso v pravem merilu in tudi profili tal (11–14) so močno nadvišani v primerjavi s horizontalnimi razdaljami.

6.5.6 Neme priče na hudourniških območjih

Iskanje nemih prič v prostoru nam lahko vedno nakaže povezavo/smer razmišljanja od potencialnih, razpoznavnih primarnih območij, ki so oz. še utegnejo biti vzrok za morebitne škode v pokrajini, do presoje o dejanskem obsegu tako ogroženih površin. Pri tem poskušamo s pomočjo dinamične "zgodovinske" metode (Aulitzky, 1992) ugotavljati vzroke, dejanske procese, prisotne oblike delovanja in faze, v kateri je posamezen proces. Na koncu proučevanja nam vse te ugotovitve pomagajo pri izbiri pravilnih preventivnih varovalnih tehničnih ukrepov glede na dejanske okoliščine, tako da pri ukrepanju ne naredimo morebiti še dodatne škode.

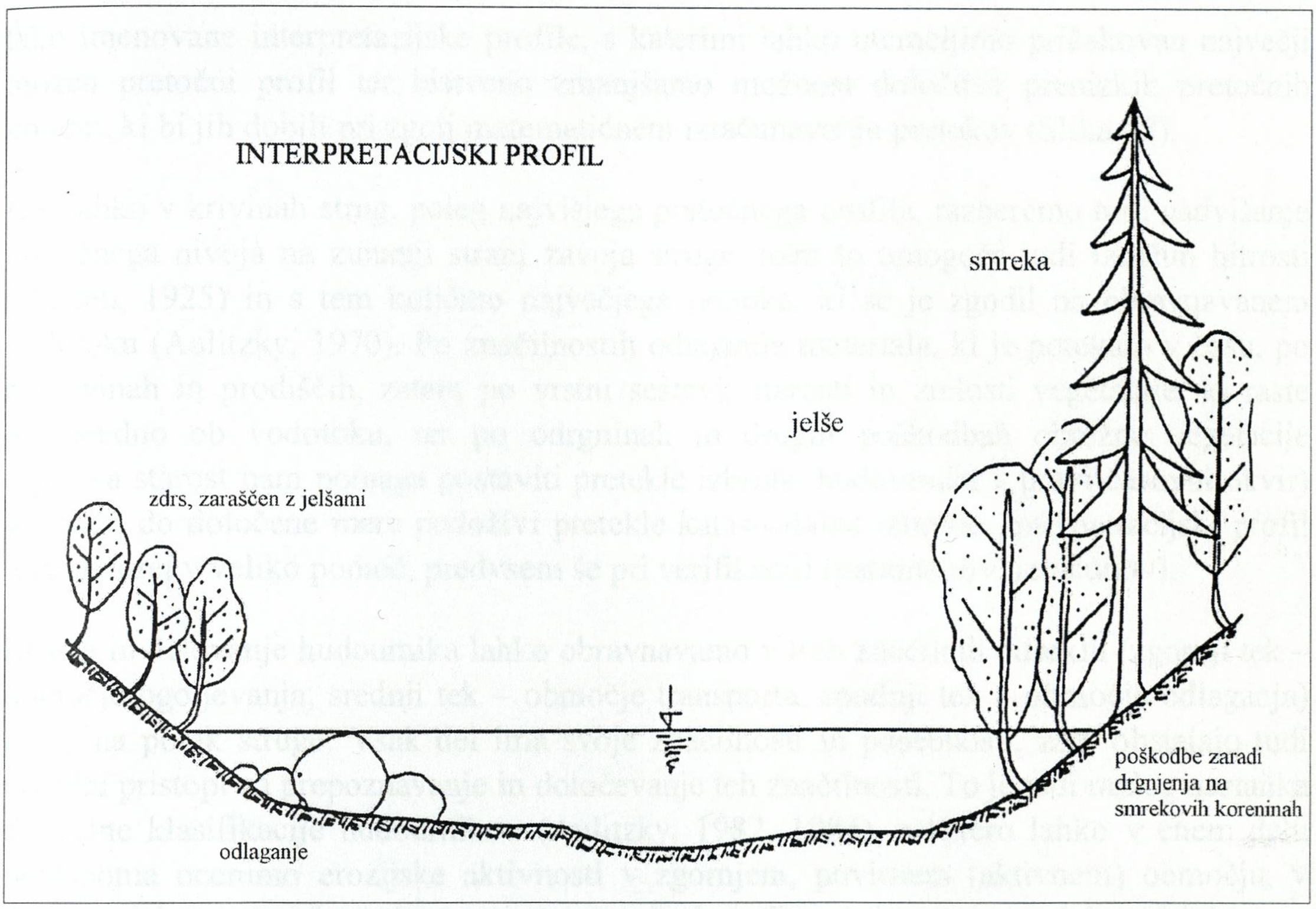
Vedno pa se najprej začne z iskanjem vidnih značilnosti (topografija, vegetacija,ipd.) in njihovim razvrščanjem po različnih kriterijih.

Neme priče na hudourniških območjih

Lastnosti marsikaterega pobočja se lahko prepoznajo že zgolj s pozornim opazovanjem. Tako velja za pobočje, ki s svojo obliko nakazuje večtisočletno "nespremenljivost" oz. počasno spreminjanje (enomernost površinskih oblik), da se z njega steka pretežno zgolj padavinska voda. S pobočja, na katerem je opazno različno globoko erozijsko brazdanje (erozijski jarki), pa se z vodo vred spirajo tudi produkti erozijske razgradnje (vir plavin).

Pri iskanju in opazovanju nemih prič se moramo nenehno spraševati o njihovem nastanku, vzroku, poteku in dinamiki spreminjanja in oblikovanja. Enako velja tudi za njihov informativni pomen: kaj pomenita obstoj in razsežnost določenih nemih prič. V tem smislu je zelo nazorna razlaga poraslosti. Podatek o vrsti vegetacije in prekoreninjenosti tal je zelo uporaben kot značilnost krovne plasti tal, medtem ko je za stabilnost globljih plasti na nagnjeni površini mnogo manjšega pomena.

Pri razlikovanju med diluvialno (pleistocensko) in fluvialno (holocensko) oblikovanim reliefom/pokrajino v alpskem prostoru si lahko pomagamo z nekaterimi znanimi dejstvi. Grebeni in slemena posameznih hribov v pokrajini, ki so jih sooblikovali ledeniki, so ustrezno mehko zaobljeni, v nasprotju s pokrajino, pri oblikovanju katere ledeniki niso bili udeleženi. Tam so grebeni in slemena mnogo bolj oglati in zaostreni.



Slika 48: "Interpretacijski profil"; s pomočjo interpretacijskega profila je možno določiti potrebno velikost pretočnega profila za visoke vode. Potrebno je bilo določiti "časovne obvodne meje" glede na ugotovljene starosti obrežnih dreves. Prečni profil v krivinah pokaže večjo višino pretočnega profila na zunanji strani zavoja, kar je posledica večje hitrosti na konkavi (Haiden, 1925).

Neme priče v strugi potoka in na hudourniškem vršaju

Na povirna območja, s katerih se zlivajo potencialne hudourne vode in v katerih so potencialni viri sproščanja erozijskega detritusa, se navezuje struga hudournika, ki predstavlja transportno pot. Erozijski material, ki ga hudournik ob izbruhu plavi s sabo, je bodisi iz širšega območja ali pa je neposredno erodiran iz same struge. Ko potuje s hudournimi vodami, se zaradi drobljenja in drgnjenja, tako med seboj kot ob omočenem obodu, tudi zelo spremeni – se drobi in obrusi. Medtem ko so neme priče, ki jih opazujemo na pobočjih, klasificirane glede na razsežnost njihovega pomena (bodisi zgolj lokalni pomen ali pa sega njihov vpliv dlje v prostor), gre pri značilnih kazalnikih na transportni poti predvsem za prepoznavanje najvišje gladine in s tem največjega možnega obsega pretočnega profila in pretočnih količin, za prepoznavanje učinkov drobljenja (trenja) in brušenja ob medsebojnem drgnjenju materiala, za prepoznavanje možnih problemov zaradi lesnega materiala v strugah (možnost zagatitve oz. zamašitve profilov z naplavljenimi drevesi, njihovimi deli, štorovjem, debli), za prepoznavanje zastojev plavin in naplavin ob robovih struge in prepoznavanje morebitnih lokacij, kjer se lahko oblikujejo vmesne odkladnine naplavin. Projektant in izdelovalec kart ogroženosti mora, poleg splošno sprejetih in uveljavljenih gradbeno-projektantskih prečnih profilov, nujno upoštevati tudi

tako imenovane interpretacijske profile, s katerimi lahko utemeljimo pričakovan največji možen pretočni profil ter bistveno zmanjšamo možnost določitve prenizkih pretočnih količin, ki bi jih dobili pri zgolj matematičnem izračunavanju pretokov (Slika 48).

Ker lahko v krivinah strug, poleg najvišjega pretočnega profila, razberemo tudi nadvišanje pretočnega nivoja na zunanji strani zavoja struge, nam to omogoča tudi izračun hitrosti (Haiden, 1925) in s tem količino največjega pretoka, ki se je zgodil na obravnavanem vodotoku (Aulitzky, 1970). Po značilnostih odlaganja materiala, ki je potekalo v času, po naplavinah in prodiščih, zatem po vrstni sestavi, starosti in zrelosti vegetacije, ki raste neposredno ob vodotoku, ter po odrgninah in drugih poškodbah obrežne vegetacije (njihova starost nam pomaga postaviti pretekle izbruhe hudournika v pravi časovni okvir) se lahko do določene mere podoživi pretekle katastrofalne izbruhe. Interpretacijski profil nam je torej v veliko pomoč, predvsem še pri verifikaciji (parametrov, izračunov).

Značaj in delovanje hudournika lahko obravnavamo v treh značilnih odsekih (zgornji tek – območje ogoljevanja, srednji tek – območje transporta, spodnji tek – območje odlaganja) glede na potek struge. Vsak del ima svoje značilnosti in posebnosti, zato obstajajo tudi različni pristopi za prepoznavanje in določevanje teh značilnosti. To je tudi razlog nastanka dvodelne klasifikacije hudournikov (Aulitzky, 1982, 1984), s katero lahko v enem delu postopoma ocenimo erozijske aktivnosti v zgornjem, povirnem (aktivnem) območju, v drugem delu pa ocenimo skupne razmere v hudourniku v njegovem srednjem (aktivnem-pasivnem) in spodnjem (pasivnem) teku. Pri tem se mora poleg obvezne detajlne proučitve znakov nemih prič upoštevati tudi vse najnovejše izsledke iz teorije hudourniškega transporta materiala (Hampel, 1980). Razen vpliva talne podlage oz. matičnega substrata je pomemben tudi vpliv vegetacije: tako razvojna faza rastlinske združbe kot tudi drevesna vrsta, oblika in stanje sestoja, starost, vrste in razširjenost raznih poškodb.

To velja tudi za proučevanje profilov v spodnjem, dolinskem delu (Ellenberg, 1954) (Slika 47), kjer je v današnjem času velikih posegov in sprememb (izguba retencijskih površin zaradi izgradnje jezov, cest in naselij) potrebno tudi temeljito preučiti povzročeno situacijo (Schmid in Raith 1980, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 1988).

6.5.7 Določanje indeksa hudournika na naplaviščih

Kompleksno analizo te celotne površine izvedemo z določanjem indeksa hudourniške ogroženosti po Aulitzkyju (Aulitzky, 1972b). Ta postopek nam pomaga pri izločanju površin, ogroženih z naplavljanjem in poplavljanjem, in za razlikovanje stopenj ogroženosti hudourniških naplavišč z naplavljanjem.

Prvi del klasifikacije (vprašanja 1–6, prikazana na koncu poglavja) služi za določanje stopnje krajevne ogroženosti na različnih površinah vršaja z uporabo nemih prič, ki jih je običajno moč bolj ali manj jasno prepoznati na vršajih, prepuščenih naravnemu razvoju.

Drugi del (vprašanja 7–11, prikazana na koncu poglavja) služi za ovrednotenje pričakovane aktivnosti hudournika, pri čemer naj bi bili približno razlikovani hudourniki s poplavljanjem, s posamičnim ali z masovnim transportom plavin.

S tako zastavljenimi testnimi vprašanji naj bi dobil strokovnjak dokaj ustrezen in preverljiv vpogled v stopnje ogroženosti, kadar v okviru rednega dela nima razpoložljivega časa za obsežnejše raziskave. Vsako vprašanje ima štiri možne odgovore, ki so označeni s črkami "a" do "d". S 4 točkami so ovrednoteni vsi odgovori pod črko a, kar pomeni, da je v takih primerih pričakovati največja rušenja in tudi smrtne žrtve. Če je odgovorjeno na vprašanja z b, c ali d, dobijo odgovori oceno 3, 2 ali celo le 1 točko (za odgovor d). Z upadanjem števila točk pojema jakost nevarnosti, zmanjšujejo se materialne škode itd.

Ko strokovnjak odgovori na vprašanja 1–6, deli seštevek z odgovori dobljenih točk s številom odgovorjenih vprašanj. Tako dobi indeks krajevne ogroženosti za vsakokratni obravnavani vršaj.

Preglednica 18: Indeks krajevne ogroženosti zaradi hudourniške erozije (izračun kvocienta – indeksnega števila vprašanj št. 1–6)

	vrednost indeksa
rdeče območje	> 2,6
rumeno območje	1,6 – 2,6
zeleno območje	< 1,6

Preglednica 19: Indeks krajevne ogroženosti zaradi hudourniške erozije (izračun na podlagi vprašanj št. 7–11)

pričakovana aktivnost hudournika	vrednost indeksa	možne amplitude indeksa
masovni transporti plavin	> 2,7	2,4 – 4,0
posamičen prenos plavin	1,9 – 2,7	1,6 – 3,0
zgolj poplavljanje	< 1,9	1,0- 2,2

Če tako ugotovljeni indeks presega kvocient 2,6, je treba izločiti obravnavano ploskev v rdeče območje zaradi možnosti rušitve objektov in človeških žrtev. V teh območjih so prepovedane vse gradnje.

Ploskve, kjer se ta kvocient giblje med 2,6 in 1,6, se izločijo v rumena območja oz. območja z gradbenimi omejitvami, kjer se sme graditi le pod določenimi pogoji in zahtevami, s katerimi bodo pričakovane materialne škode ustrezno zmanjšane.

Ploskve, kjer je indeks ogroženosti nižji od 1,6, izločamo v zelena območja, kjer zaradi majhne hudourniške nevarnosti ni gradbenih omejitev.

Svet, ki ga v okviru take analize zadevnega območja ne zajemamo v obravnavo, izločimo v belo (nepobarvano) območje.

Dostopne možnosti h gradbenim in bivalnim območjem obravnavamo posebej in smiselno z namenom.

Seštevek točk, dobljenih k odgovorom na vprašanja 7–11, se prav tako deli s številom odgovorjenih vprašanj.

Indeks, kjer je dobljeni kvocient večji od 2,7, označuje hudournike z možnimi masovnimi transporti plavin (hudourniškimi lavami).

Indeks, pri katerem se giblje kvocient med 2,7 in 1,9, označuje hudournike, kjer lahko pričakujemo močan nevezan, posamičen prenos plavin.

Indeks s kvocientom, nižjim od 1,9, označuje hudournike, kjer lahko pričakujemo le poplavljanje.

Ta razmejitev ogroženosti zaradi hudournikov, prikazana glede na velikost indeksa, je seveda podvržena nenehni spremenljivosti posameznih dejavnikov in dogodkov. Zato je treba za naštete 3 vrste hudournikov dodati pričakovane največje amplitude indeksa, ki se za označitev možnosti masovnih transportov plavin gibljejo med 2,4 in 4,0, za močan nevezan transport plavin med 1,6 in 3,0, le za poplavljanje pa med 1,0 in 2,2.

Po popolni ureditvi nekega hudournika se prvotno določeni indeksi seveda odpravijo, v vmesnem času do takrat pa se ustrezno spreminjajo glede na večjo ali manjšo uspešnost izvajanja ureditvenih del.

- Metoda Aulitzkyja je okviren pripomoček za izločanje območij, ogroženih s hudourniško erozijo, in nam lahko rabi le kot pomagalo pri izdelavi načrta ogroženih območij, saj za naravne pojave noben enoten izračun v vseh mogočih različnih razmerah ne more biti točen, lahko pa nakaže možne rezultate.

Na naslednjih straneh je prikazan obrazec za določanje indeksa hudournika in sicer v dveh delih:

- Prvi del klasifikacije (Obrazec A) – vprašanja 1 do 6
- Drugi del klasikifacije (Obrazec B) – vprašanja 7 do 11

OBRAZEC za določanje indeksa hudournika na naplaviščih - A; prvi del, vprašanja 1 - 6; str. 1/2

Določanje indeksa hudournika na naplaviščih

OBRAZEC A

Prvi del klasifikacije - vprašanja od 1- 6:

(določanje stopnje krajevne ogroženosti na različnih površinah vršaja z uporabo nemih prič)

Priloga k anketnemu listu hudournika:			Šifra :
Zap. št. :	TTN :		Interna št. v TTN :
Občina (Upravna enota):		Šifra :	Naselje :
Hidrosistem :		Šifra :	Km :
Prometnica :		Šifra :	Km :
Ožja lokacija :			
Centroid Y :		Izpolnil (ime in priimek) :	
Centroid X :		Datum :	Podpis :

št.	VPRAŠANJA oz. DEJAVNIK				ocena (št. točk)
1.	Volumen največjega zrna nedavno erodiranega materiala:				
	a)	$>1\ m^3$ 4	c)	$0,01 - 0,2\ m^3$ 2	
	b)	$0,2 - 1,0\ m^3$ 3	d)	$<0,01\ m^3$ 1	
2.	Maksimalna debelina posameznih slojev naplavin, ki jo je moč razločiti v talnem profilu naplavišča na temelju bodisi humusnih horizontov ali pa strukturnih razlik:				
	a)	>1 m 4	c)	0,1 do 0,5 m 2	
	b)	0,5 do 1,0 m 3	d)	< 0,1 m 1	
3.	Nagib obravnavanega območja na vršaju:				
	a)	> 15 % 4	c)	2 - 7 % 2	
	b)	7 - 15 % 3	d)	< 2 % 1	
4.	Ali je obstoječa prevladujoča raba tal:				
	a)	pionirska vegetacija naplavišč, kot so jelše, vrbe, strojevec na grobozrnati kamniti podlagi in vložki prve sukcesijske stopnje macesna, bora, smreke?		4	
	b)	že napredujoča sukcesija, s pretežno istodobnim macesnovim-smrekovim-borovim-brezovim sestojem na grobozrnati kamniti podlagi (čisti ali mešani sestoji)?		3	
	c)	v primerjavi s polji travniško-pašniška, prekinjena s posameznimi kamnitno-grmovnimi ograjami ali terasami iz iztrebljenega kamenja, ter z zemljatimi tlemi s primešanim drobnim kamenjem?		2	
	d)	pretežno v obliki polj brez kamnitno-grmovnih ograj ali teras iz iztrebljenega kamenja, z le malo drobnega kamenja v tleh?		1	
5.	Ali so na obravnavanem hudourniškem naplavišču terenske neravnine, pogojene z erozijo?				
	a)	naplavni grebeni, naplavna slemena in hrbti z erozijskimi žlebovi iz grobega kamenja, ki jih je moč prepoznati kot sledi območja valjenja nerazčlenjenega koncentriranega masovnega transporta plavin z veliko hitrostjo;		4	
	b)	redki obrisi odkladninskih oblik, ki jih je zapustila bodisi že razlezena hudourniška lava ali pa so bile nanjo naknadno naplavljene, po njenem predhodnem razširjanju;		3	
	c)	občutno nadvišane površine glede na današnji profil hudournikovega korita, ki bi mogle biti prelite le še ob njegovem predhodnem zagatenju;		2	
	d)	glede na globoko urezano korito močno nadvišane površine, ki jih hudourne vode ne morejo več doseči, vendar še lahko prekinejo dostop do njih.		1	

OBRAZEC za določanje indeksa hudournika na naplaviščih - A; prvi del, vprašanja 1 - 6; str. 2/2

6. Kakšne so odtočne razmere na hudourniškem naplavišču?

a)	označujejo jih obstoj zgradb bodisi bočno ali vzvodno od ocenjevane ploskve (mostovi in prepusti s premajhno svetlo odprtino, zožitve, zgradbe prek potoka, zapornice, zajezitve ipd.), ki odtok močno ovirajo, ali obstoj siceršnjih odtok ovirajočih danosti ob straneh, vzvodno ali nizvodno od obravnavane ploskve (položni odseki s podolžnim padcem izpod 3 %, ostre krivine, nezadostna odvodna zmogljivost sprejemnika), ki morajo nujno povzročiti prelivanje potoka že ob nekoliko močnejši prodonosnosti;	4
b)	značilne danosti, podobne kot pod točko a), pri čemer pa lahko prelivanje iz osnovnega korita povzročijo šele plavje in grobe, debele plavine;	3
c)	značilna je odsotnost objektov, tako tistih, ki bi odtok ovirali, kot onih, ki bi ga pospeševali, ob hkrati le zmerno poglobljenem in ne prepoložnem potokovem koritu ter zagotovljeni enakomerni odvajalni zmogljivosti sprejemnika;	2
d)	obstoj odtok pospešujočih zgradb vzdolž spodnjega teka, ki približno ustrezajo pričakovanim najvišjim vodam.	1

Seštevek točk od 1-6:

Število odgovorjenih vprašanj:

Indeksno število obravnavanega vršaja od 1-6 je:
(seštevek točk : število odgovorjenih vprašanj)

RAZLAGA REZULTATA:

ogroženost	vrednost indeksa
rdeče območje	> 2,6
rumeno območje	1,6 - 2,6
zeleno območje	< 1,6

Opombe:

Opombe k vprašanjem:

K/1 Največje naplavljeno zrno odraža jakost vlečnih sil v masovnem transportu oz. v posamičnem prenosu plavin z vodo, s tem pa tudi hitrost in silovitost dogajanja. Do napačnih interpretacij lahko pride bodisi zaradi postopnega naknadnega posedanja in počasnega bočnega spodnašanja posameznih plavinskih klad ali v primeru pleistocenskih ostankov.

K/3 Tudi nagib te površine vpliva na hitrost katastrofičnega poteka in s tem na proces odlaganja plavin, in sicer tako, da se s povečevanjem nagiba možnost odlaganja zmanjšuje.

K/6 Kjer ovirajo pretok objekti in druge danosti, bo treba obravnavano območje posebej preučiti glede na posledične učinke.

OBRAZEC za določanje indeksa hudournika na naplaviščih - B; drugi del, vprašanja 7 - 11; str. 1/2

Določanje indeksa hudournika na naplaviščih

OBRAZEC B

Drugi del klasifikacije - vprašanja od 6- 11:

(ovrednotenje pričakovane aktivnosti hudournika, pri čemer naj bi bili približno razlikovani hudourniki s poplavljanjem, s posamičnim ali z masovnim transportom plavin)

Priloga k anketnemu listu hudournika:		Šifra :
Zap. št. :	TTN :	Interna št. v TTN :
Občina (Upravna enota):	Šifra :	Naselje :
Hidrosistem :	Šifra :	Km :
Prometnica :	Šifra :	Km :
Ožja lokacija :		
Centroid Y :	Izpolnil (ime in priimek) :	
Centroid X :	Datum :	Podpis :

št.	VPRAŠANJA oz. DEJAVNIK		ocena (št. točk)
7.	Masovni transporti plavin in poplavni dogodki (ugotovljeni iz občinskih ali cerkvenih kronik ali pa iz hudourniškega katastra) so v preteklosti povzročili:		
	a) občutna rušenja in žrtve v starih krajevnih jedrih znotraj obrobja hudournika (v času izvedbe katastra ok. 1820) ali dokazljiva obsežna pustošenja takih obrobnih površin na takrat še neposeljenem vršaju;	4	
	b) le materialno škodo brez razdejanja objektov v starem krajevnem jedru;	3	
	c) razdejanja v novozgrajenih delih naselja blizu hudourniškega korita;	2	
	d) samo materialno škodo v novozgrajenih delih naselja blizu hudourniškega korita.	1	
8.	Pričakovane 24-urne maksimalne padavine (upoštevaje ustrezno dolgoročno obdobje in srednjo višino vodozbirnega območja) znašajo:		
	a) več kot 200 mm (ali več kot 2 mm/min v trajanju najmanj 1 ure)	4	
	b) od 150 do 200 mm (ali 1,5 do 2,0 mm/min v trajanju 1 ure)	3	
	c) od 100 do 150 mm (ali 1,0 do 1,5 mm/min v trajanju 1 ure)	2	
	d) manj kot 100 mm (ali manj kot 1 mm/min v trajanju 1 ure)	1	
9.	Lega in razpoložljiva količina erozijskega drobirja za možne plavine v notranjosti vodozbirnega območja:		
	a) - ali se raztezajo velika izvorišča plavin (erozijska žarišča) vse do vršaja oz. ali bi mogle biti v hudournikovo strugo porinjene velike količine plavin ne le iz notranjosti, temveč tudi še bodisi iz bližine s strani vzdolž srednjega teka ali pa neposredno iznad strmega (nad 20 %), neskalnatega, ozkega, zagatenja zmožnega odseka struge V-profila - ali pa bi mogla v enkratnem pojavu pričakovana največja količina plavin iz vodozbirnega območja znašati 100.000 m^3 ali več?	4	
	b) - ali so dolini najbližja velika erozijska žarišča šele nad sicer strmim, vendar ne preozkim in zagatenja nezmožnim srednjim tekom - ali pa bi mogla v enkratnem pojavu pričakovana največja količina plavin znašati od 10.000 do 100.000 m^3?	3	
	c) - ali so dolini najbližja erozijska žarišča nad položnim, vsekakor kot odkladališče ali vmesno odkladališče učinkujočim odsekom srednjega teka brez zagatenja zmožnih odsekov struge, ki bi mu sledili v nizvodni smeri - ali pa bi mogla v enkratnem pojavu pričakovana največja količina plavin znašati od 1.000 do 10.000 m^3?	2	
	d) - ali je med dolini najbližjimi izvorišči plavin in vršajem več kot en odlagalno učinkujoč položen odsek struge - ali pa bi mogla v enkratnem pojavu pričakovana največja količina plavin biti manjša od 1.000 m^3?	1	

OBRAZEC za določanje indeksa hudournika na naplaviščih - B; drugi del, vprašanja 7 - 11; str. 2/2

10. Delež plavja v gmoti masovnega transporta ali v hudourni vodi:

a)	Ali lahko ob katastrofičnem pojavu v tok hudournih vod ali hudourniške lave iz možnostnega območja obrežnih udorov ali ob zdrsih (drsne plasti, pobočni vodni izbruhi, s pobočjem vzporedne skalne podlage pod plitvimi tlemi) prispejo deli sestojev odraslega drevja?	4
b)	Ali lahko ob katastrofičnem pojavu v tok hudournih vod ali hudourniške lave prispejo le posamična odrasla drevesa v možnostnem območju obrežnih udorov ali ob zdrsih?	3
c)	Ali lahko ob katastrofičnem pojavu v tok hudournih vod ali hudourniške lave prispejo le koreninasti štori ali hlodovje?	2
d)	Ali lahko ob katastrofičnem pojavu v tok hudournih vod ali hudourniške lave prispejo le lesni sortimenti, tanjši od 12 cm prsnega premera?	1

11. Kakšna je vodna kapaciteta in erodibilnost hribin in zemljin v vodozbirnem območju? Pri posameznih vprašanjih je glede na ploskovni delež hidrogeološko učinkujočih ploskev prisoditi le sorazmeren delež siceršnje polne točkovne vrednosti.

a)	- strnjena, nerazčlenjena kamnina oz. vodoravno uslojen skrilavec ali lapor brez krovnine - ali glinasta ilovica, glineno-ilnato-peščeno-kamnita mešanica s prevladujočimi drobnozrnatimi frakcijami, groblje;	4
b)	- močno preperela ali malo prekrita strnjena kamnina, nagnjeni do strmi skrilavci in laporji - ali stari grušči, groblje in podorine z glinenimi in ilnatimi peski;	3
c)	- razpokana kamnina - ali peski, peščeni gramoz z manj ali več kamenja, vendar brez gline in ilovice, srednje prepustno;	2
d)	- močno razpokana in razčlenjena kamnina, kamnina s ponikovalnimi odprtinami, kras - ali gramozni peski in prodi brez drobnozrnatih frakcij, vključno melišča (mladi grušči), močno do zelo močno prepustno.	1

Seštevek točk od 7-11:

Število odgovorjenih vprašanj:

Indeksno število obravnavanega vršaja od 7-11 je:
(seštevek točk : število odgovorjenih vprašanj)

RAZLAGA REZULTATA:

pričakovana aktivnost hudournika	vrednost indeksa	možne amplitude indeksa
masovni transporti plavin	> 2,7	2,4 – 4,0
posamičen prenos plavin	1,9 - 2,7	1,6 – 3,0
zgolj poplavljanje	< 1,9	1,0- 2,2

Opombe:

Opombe k vprašanjem:

K/7 Stara jedra naselij so bila zgrajena z občutkom za varnost in upoštevajoč razpoložljiva izročila običajno v zelo varnih legah. Zato so taki stari objekti le redko razdejani, razen v primerih nekdanjih žag in mlinov, za katere so morali izbrati neposredno bližino potoka, jemaje v zakup dejavnosti pripadajoče tveganje.

K/8 Ker bi utegnila biti zmogljivost za sprejemanje vode tako rastlinske odeje kot zgornjih slojev tal pri 200 milimetrskih 24-urnih padavinah večinoma že izčrpana, se višje enodnevne padavine (v Avstriji do 670 mm) niso upoštevale. Za Slovenijo velja za zdaj dolgoletni (1961-1993) 24-urni maksimum v višini 362,7 mm (Trontelj, 1999)

7 OGROŽENOST S PLAZNO EROZIJO

7.1 SPLOŠNO / DEFINICIJE IN VZROKI

Plazna erozija je v slovenskem prostoru zelo pomembna, saj več kot 30 % njene površine zavzemajo labilna in pogojno stabilna zemljišča (Horvat, 1987). Vse hribinske premike, med katere spadajo tudi pojavi porušitvene erozije, lahko razdelimo v naslednje skupine:

- padanje (zruški) skal in kamenja
- skalni podor
- podor hriba
- površinsko plazenje
- srednje globoko plazenje
- globinsko plazenje
- žlebasti plaz (mura)
- posedanje, udor, ugrez

Sodobne definicije zemeljskih plazenj in drugačnih premikanj hribinskih gmot, ki jih je zbral (Dikau, 1996), navajajo:

- Varnes D. J., (1978) … meni, da bi bilo gibanje pobočij bolje razumljivo, če se ne bi razumelo kot zaključen proces, in pravi, da je to proces, kjer "se premika material, ki tvori pobočje, pod vplivom gravitacije navzdol in navzven".
- Brunsden D., (1984) … daje prednost izrazu "premikanje mas, ki – za razliko od masovnega transporta – obstaja kot proces, ki za premikanje ne potrebuje posrednika, kot so voda, zrak ali led".

V literaturi so o gibanju zemljin in hribin podane še številne klasifikacije, odvisno od različnih dejavnikov premikanja ali avtorskih stališč. Večina definicij razlaga procese predvsem kot posledico vrste materiala, zajetega v premeščanje (npr. Varnes, 1978):

- Hutchinson J. N., (1988) … je izdelal najbolj vsestranski pregled, v katerem je razvrstil pobočne premike v osem kategorij, katerih vsaka vsebuje več poddelitev. Temeljijo na morfologiji, mehanizmu porušitve, vrsti materiala in stopnji premika.
- Cruden D. M., (1991) … definira splošno razširjen izraz zemeljski plaz v okviru Delovne skupine za Svetovni popis zemeljskih plazov (Working Party on World Landslide Inventory) kot "premikanje hribin, zemljin ali preperin po pobočju navzdol".
- Epoch (1991, 1993) … je razvil evropsko klasifikacijo, ki je enostavna in prikladna za evropske razmere, za katere je zasnovana (Dikau R. in sod., 1996), in obsega:

Padanje	običajno označuje prosto padajoče gibanje materiala z nekega strmega pobočja ali prepadne strmine.
Prevračanje,	ki je v mnogih pogledih zelo podobno padanju, vključuje še navpično vrtenje, povzročeno pred popolno ločitvijo od baze porušitve.

Plazenja so poimenovani tisti premiki, ki se dogajajo po razločni drsni ploskvi ali strižni razsedi. Glede na obliko porušne ploskve (gledano v navpičnem prerezu skozi padnico porušenega pobočja) jih poddelimo v rotacijska in translacijska.

Pri rotacijskem plazenju ima porušna ploskev polkrožno obliko, medtem ko se translacijska dogajajo na bolj ali manj ravnih drsnih ploskvah, prav tako bolj ali manj vzporednih s površino pobočja, katere predstavljajo diskontinuiteto, oz. šibkost v povezavi materiala, ki tvori pobočje.

Bočno razmikanje ali razsedanje je prepoznavno po posledično položnih pobočjih ter nenavadnih oblikah in razsežnostih premeščanja.

Tečenja se običajno obnašajo kot utekočinjene gmote, ki vsebujejo pomemben delež vode ali zraka.

Sestavljene porušitve so predvsem kombinacije dveh ali več pravkar opisanih načinov premikanja zemljin in hribin (Dikau, 1996).

Dejansko je skoraj v vsakem premeščanju zemljin in hribin udeležena več kot ena vrsta premikanja, bodisi delujoč sočasno v različnih predelih porušitve (zloženo premeščanje) ali razvijajoč se s časom po pobočju navzdol v različnih procesih, od začetne porušitve do posledičnega spreminjanja oblike (kompleksno premeščanje). Tako so mnoga rotacijska plazenja, ki se proti vznožju razvijajo v tekočo obliko, po nekaterih avtorjih opisana kot blatni tok. Prav tako lahko skalni podor ali pa skalni plaz preideta v tekočo obliko skalnatih plazov. Ta oblika porušitve je izredno uničujoče odtekanje skalnega drobirja z veliko hitrostjo in je posledica procesov, kot so npr. utekočinjenje, tečenje nevezljivih zrn, sprememba trdnosti zaradi strižnih razmerij idr.

Druga zapletena oblika premeščanja je tečenje hudourniških lav. Začne se in je zasičeno pri gruščnatih plazenjih, rotacijskih plazenjih, porušitvah pobočnih sipin, eroziji strug in obrežnih udorih. Rezultat je odtekanje, ki variira v koncentraciji vode in plavin od blatne hudourniške lave do mešanice, podobne "mokremu betonu". Lahko se pojavi na nekem odprtem ravnem pobočju, ki se zaključi v neki dolini, ali pa je tako uničevalno, da s svojim zasutjem spremeni topografijo prostora. Obstajajo pa seveda še številni drugačni primeri kompleksnih porušitev (Dikau, 1996).

- Epoch (1991-93) njegovo klasificiranje vključuje tudi določanje vrste materiala, in jih, kjer je to sprejemljivo, razdeli: v skalno podlago (hribino), grušče, drobirje, prode (debelejši del naših zemljin, po Ribičiču, 1991) ter v zemljate podlage (peski, mulji, gline – drobnejši del zemljin, po Ribičiču, 1991), in organske snovi. Skalne plasti ali hribine so koherentne, trdne gmote običajno pomembnih razsežnosti; grušči, drobirji in prod imajo debelejša zrna od 2 mm, vendar opisujejo ponavadi neko razvrstitev materiala – vštevši klaste –, vključenega v rudninsko primes (osnovo); zrnatost zemljinskih plasti pa je drobnejša od 2 mm.

Preglednica 20: Evropska klasifikacija premeščanja mas (Dikau, 1996).

Vrsta	Skalna plast - hribina	Grušči, drobirji, prodi	Zemljinske plasti
padanje	skalni podor	kamniti podor	zemljinski pobočni podor
prevračanje	prevračanje (prekuci) skalnih blokov	prevračanje v gruščih	prevračanje v stebrasto spojenih, bogato glinenih zemljinah
plazenje (rotacijsko)	enostavno, rotac. usad, rotac. zdrs večkratno zaporedno, redko (Hutchinson, 1988)	enostavno, rotac. usad, rotac. zdrs, redko večkratno zaporedno, redko (Hutchinson, 1988)	enostavno, rotac. usad, rotacijski zdrs večkratno zaporedno
plazenje (translacijsko) nerotacijsko ploskovno	plazenje blokov zdrs skalne plasti	plazenje blokov plaz gruščev in preperin	ploščato plazenje, listasti usadi blatno plazenje
bočno razmikanje, razsedanje	razsedanje hribinskih gmot	razsedanje gruščev, drobirja, proda	razsedanje zemljin
tečenje	skalno tečenje	tečenje grobozrnatih hudourniških lav	tečenje drobnozrnatih hudourniških lav
kompleksno gibanje	npr. kamnata lavina	npr. tekoči plaz	npr. zemljinski tok, blatni tok

Izrazje, zajeto v teh opisih premeščanja zemljin in hribin, izhaja iz klasifikacij Mednarodnega geotehničnega združenja (International Geotechnical Societies` UNESCO Working Party on World Landslide Inventory,WP/WLI). Avtorji predlagajo, naj bi vsi evropski strokovnjaki sprejeli mednarodno izrazje za pojavne oblike, razsežnosti, delovanje, obnašanja in vrste premikanja zemeljskih gmot (Dikau, 1996).

Nevarnost plazenja zemljinskih (preperinskih) gmot lahko ocenimo na podlagi topografskih, geoloških, geomorfoloških, hidrogeoloških in pedoloških kart, kot tudi analiz letalskih posnetkov, meritev pomikov in kartiranj iz terenskih obhodov.

Praviloma ločimo plazenje po:

- njihovi aktivnosti, tj. hitrosti premikanja njihovih zemljinskih (preperinskih) gmot, in
- globini drsne ploskve, po kateri se te grude premikajo.

V nadaljevanju bomo v posebnih poglavjih podrobneje prikazali določanje ogroženosti s plazno erozijo, pri čemer ločimo naslednje skupine:

- površinsko plazenje,
- srednje globoko plazenje,
- globinsko plazenje,
- posedanje, udor, ugrez.

7.2 GROBI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S PLAZNO EROZIJO

Določevanje ogroženosti s plazno erozijo za potrebe grobega opozorilnega načrtovanja temelji predvsem na analizi inženirsko-geološke karte, ki je za celotno območje Slovenije že izdelana v merilu 1 : 75.000. Z primerno analizo lahko grobo določimo nestabilna in pogojno stabilna zemljišča.

Na tako izločenih območjih je gradnja načeloma, ob upoštevanju običajnih ali zahtevnejših protierozijskih ukrepov, možna, vendar je za posege potrebno pridobiti mnenje hudourničarske službe.

V tako grobem merilu ni smiselno podrobnejše prikazovanje posameznih lokacij znanih plazov, saj je osnovni namen opozorilnega načrtovanja na neki način opisati in predpisati preventivno obravnavo vseh morebitnih posegov v prostor na širšem ugotovljenem potencialno plazljivem območju z vidika ogroženosti s plazno erozijo.

Na ta način lahko v prehodnem obdobju, do končne izdelave podrobnih načrtov ogroženosti bistveno izboljšamo gospodarjenje s prostorom in zmanjšamo število nepremišljenih posegov v prostor.

Pri prostorskem načrtovanju v Sloveniji so grobi opozorilni načrti pred ogroženostjo s plazno erozijo narejeni v merilu 1 : 250.000, zaželeno pa bi bilo, da bi bili izdelani v podrobnejših merilih.

7.3 PODROBNI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S PLAZNO EROZIJO

Z medsebojno primerjavo geološke karte, karte nagibov površin ter na osnovi terenskih raziskav in poizvedovanj za nedvoumno zabeleženimi opisi nekdanjega plazenja lahko nekoliko podrobneje opredelimo labilna in pogojno stabilna zemljišča. Pri tem izločimo kot potencialno ogrožene površine območja nagibov, ki se uvrščajo med povprečne vrednosti strižnih kotov za suhe in mokre zemljine, nastale iz posameznih vrst kamnin.

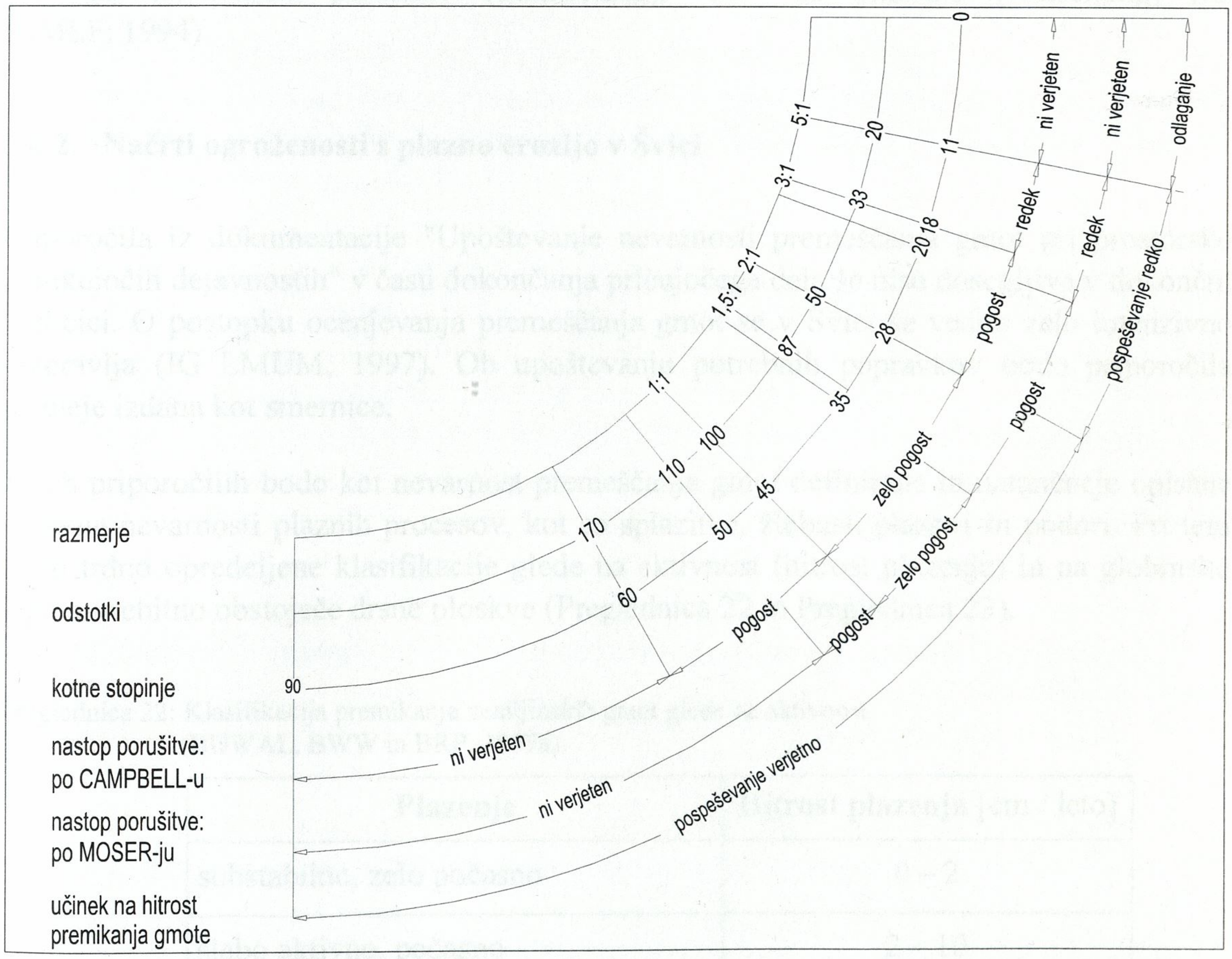
S takšno analizo praviloma opredelimo tiste potencialno ogrožene površine, kjer je nujno previdno in restriktivno obnašanje. Na tako izločenih površinah je za morebitne dovoljene posege potrebno pridobiti vodnogospodarsko soglasje, ki ga pripravijo hudourničarski strokovnjaki in izvesti ev. dodatne preverbe.

Analiza nagibov nam dejansko poda pregled o stabilnosti pobočij iz nevezanih hribin. Številni avtorji ugotavljajo, da se k plazenju nagnjena pobočja nahajajo v nagibih med 20° in 50°, izraziteje pa nastopajo v nagibih med 30° in 45° (Moser in Poschinger, 1996). (Slika 49)

Preglednica 21: Verjetnost splazitve v odvisnosti od nagiba pobočja (prir. po: Moser 1989, 1981):

Nagib °	**Verjetnost plazenja**
0 – 10	ni verjetna
10 – 20	redka
20 – 35	pogosta
35 – 45	zelo pogosta
45 – 50	verjetno pogosta
50 – 90	ni verjetna

Če navedene usmeritve prenesemo v slovenske razmere, lahko ugotovimo, da so potencialno ogrožene brežine v nevezanih hribinah, za katere so značilni nagibi med 20° in 50°.



Slika 49: Odnos med nagibom vesine in nastopom njene porušitve-splazitve v slabo vezanih do kotalečih se krovnih plasteh (Moser, 1981).

7.4 NAČRTI OGROŽENOSTI S PLAZNO EROZIJO

7.4.1 Načrti ogroženosti s plazno erozijo v Avstriji

Avstrijske izkušnje se na splošno in tako tudi v pogledu območij, ogroženih s plazno erozijo, zrcalijo iz že blizu 20 let konkretno operativno in z uspehom uporabljene Moserjeve (Moser 1989, 1981) novejše, izboljšane verzije metode klasificiranja stabilnosti vesine za komplekse nevezanih kamnin s pomočjo indeksa stabilnosti. Le- tega določajo ob souporabi podatkov iz anketnega lista za snemanje "nemih prič" (poglavje št. 7.5.1). To seveda velja za območja, ogrožena s splazitvami, kadar so neposredno povezana bodisi s hudourniškimi pojavi ali pa s snežnimi plazovi in so zato takrat vključena ali v rdečo ali pa rumeno cono.

Če splazitveno ogrožena območja niso v neposredni zvezi z omenjenimi pojavi, jih pa v kartah uvrščajo v rjava opozorilna območja, opremljena s črkovnimi oznakami kot npr. "St" za kamninsko porušitev (Steinschlag), "Ru" za plazenje (Rutschung) itd. (BMLF, 1994).

7.4.2 Načrti ogroženosti s plazno erozijo v Švici

Priporočila iz dokumentacije "Upoštevanje nevarnosti premeščanja gmot pri prostorsko učinkujočih dejavnostih" v času dokončanja pričujočega dela še niso dosegljiva v dokončni različici. O postopku ocenjevanja premeščanja gmot se v Švici še vedno zelo intenzivno razpravlja (IG LMUM, 1997). Ob upoštevanju potrebnih popravkov bodo priporočila pozneje izdana kot smernice.

V teh priporočilih bodo kot nevarnost premeščanja gmot definirane in natančneje opisane naravne nevarnosti plaznih procesov, kot so splazitve, žlebasti plazovi in podori. Pri tem bodo trdno opredeljene klasifikacije glede na aktivnost (hitrost plazenja) in na globinsko lego morebitno obstoječe drsne ploskve (Preglednica 22 in Preglednica 23).

Preglednica 22: Klasifikacija premikanja zemljinskih gmot glede na aktivnost (BUWAL, BWW in BRP, 1997a).

Plazenje	**Hitrost plazenja** [cm / leto]
substabilno, zelo počasno	0 – 2
slabo aktivno, počasno	2 – 10
aktivno (ali počasno s hitrimi fazami)	> 10

Preglednica 23: Klasifikacija premikanja zemljinskih gmot glede na globino drsne ploskve (BUWAL, BWW in BRP, 1997a).

Plazenje	**Drsna ploskev v globini** [m]
površinsko	0 – 2
srednje globoko	2 – 10
globoko	> 10

Analogno priporočilom za upoštevanje nevarnosti po visokih vodah, katerih stremljenja so usklajena s priporočili glede nevarnosti premikov zemljinskih gmot, se "pri ravnanju z grožnjami narave predlaga tristopenjski postopek, ki obsega prepoznavanje nevarnosti, ovrednotenje nevarnosti in načrtovanje ukrepov" (IG LMUM, 1997).

Nevarnosti premikov zemljinskih gmot bodo registrirane na temelju topografskih, geoloških, geomorfoloških, hidrogeoloških in pedoloških kart kot tudi analiz letalskih posnetkov, meritev premikov in kartiranj iz terenskih obhodov. Znani dogodki bodo zabeleženi v okviru dogodkovne dokumentacije. Za podrobnejšo predstavitev tudi vzrokov dogodkov se predlagajo še dodatne raziskave, ki bodo skupaj s katastrom dogodkov sestavljale kataster nevarnosti.

Dogodki za prepoznavanje nevarnosti se predstavijo v karti pojavov, katere izdelava je priporočena po predlogu legende z naslovom "Komplet simbolov za kartiranje pojavov" (BUWAL, BWW in BRP, 1997a). Vendar poudarjajo, da morajo biti poleg jasne predstavitve odlagališč materiala določeni tudi parametri izvoriščnega območja, kot so npr. razporeditev razpoklinskih sistemov, stanje razpadlosti skalnih ostenij zaradi preperevanja ali ocenjena prostornina hribinske gmote, ugotovljene kot nestabilne. Nadaljnji vplivni dejavniki, ki jih je treba ugotoviti, so struktura in stanje gozda, kot tudi uporabna sposobnost obstoječih varovalnih zgradb.

Za opis intenzitete premikanja zemljinskih gmot ni splošno veljavnih mer. Medtem ko je pri podornih procesih merodájna energija, sta lahko pri plazenjih uporabljena hitrost oziroma način premikanja in pri pobočnih plazih debelina premakljivega sloja.

Pomembno je, da so lahko za različne procese (porušitveno in plazno erozijo) kot kriterij uporabljene enakovredne mejne vrednosti, kljub morebiti uporabljenim različnim merskim enotam.

Preglednica 24: Mejne intenzitetne vrednosti (prirejeno po BUWAL, BWW in BRP, 1997a).

Proces	**Slaba intenziteta**	**Srednja intenziteta**	**Močna intenziteta**
plazenje	v: [cm/leto]	v: [dm/leto] v: [mm/dan]	močni razslojevalni premiki v > 0,1 m/dan pri površinskih plazenjih Vsakokratni premik > 1 m
žlebasti plaz	M < 0,5 m	0,5 m ≤ M ≤ 2 m	M > 2 m
posedanje, udor	-	pojav dolin	-

E = kinetična energija
M = debelina premakljivega sloja
v = dolgoročna povprečna hitrost plazenja

Pri plazenjih, ki so večinoma stalni procesi, so kriteriji intenzitete prevedeni neposredno v stopnje ogroženosti. Posamična verjetnost nastopa v ožjem smislu, bodisi da ne obstaja oziroma je lahko takoj 100 - odstotno določena (BUWAL, BWW in BRP, 1997a).

Načeloma se stopnje ogroženosti določijo in prikažejo v kartah ogroženosti za vsako vrsto nevarnosti ločeno.

Kadar ogroža neko površino več vrst nevarnosti, je vsakokrat odločujoča višja stopnja. Prekrivanje več vrst nevarnosti zato praviloma ne povzroči nikakršnega povišanega stopnjevanja.

7.4.3 Načrti ogroženosti s plazno erozijo v Sloveniji

Za uvrščanje v posamezna območja ogroženosti lahko uporabimo razpoložljive podatke in strokovne ocene o intenziteti pojava.

Zato na osnovi dosedanjih izkušenj predlagamo delitev na:

- območja močne intenzitete pojava (rdeča območja),
- območja srednje in majhne intenzitete pojava (rumena območja).

V območja močne intenzitete pojava uvrščamo površine, kjer lahko ob plazenju pride do poškodovanja in celo uničenja objektov. Smrtne žrtve v teh objektih so možne. V teh območjih zato ni dovoljeno graditi ali širiti nobenih objektov in naprav, v katerih bi se zadrževali ljudje ali živali.

V območja močne intenzitete pojava uvrščamo površine, kjer lahko pričakujemo, da se pojavijo naslednji procesi:

- močni razslojevalni premiki,
- hitrost v > 0.1 m/dan pri površinskih plazenjih, kjer je "v" dolgoročna povprečna hitrost nenehnega plazenja,
- vsakokratni premik ob posamičnem dogodku > 1,0 m.

V območja majhne in srednje intenzitete pojava uvrščamo površine, kjer lahko pričakujemo, da bo hitrost plazenja okoli večja od 0,1m/leto.

Pričakovana dolžina pomika zemeljskih plazov v časovni enoti je bila izbrana kot ključni kriterij, od katerega so odvisne posledice delovanja zemeljskih plazov na objekte. Meje pričakovanih pomikov na posameznih območjih so izbrane skladno s pričakovanimi posledicami na prizadetih objektih, prometnicah in v širšem prostoru, ki so podane v naslednji preglednici (Preglednica 25).

Preglednica 25: Hitrostni razredi zemljinskih plazov (prirejeno po Dikau, 1996)

hitrost	hitrostni razred	hitrostne meje	opis hitrosti	vpliv – posledice
> 3 m/s	7	5 m/s	ekstremno hitri	Velike katastrofe, izpostavljeni objekti so popolnoma uničeni, smrtne žrtve zaradi premeščanja materiala ali razsutja premeščenih gmot.
0 – 3 m/min	6	3 m/min	zelo hitri	Nekaj smrtnih žrtev, ker je hitrost prevelika, da bi dovoljevala evakuacijo vsem ljudem, ogromno razdejanje.
1 – 5 m/dan	5	1 – 8 m/h	hitri	Umik in evakuacija možna; objekti, premoženje in oprema uničeni zaradi premeščenih gmot.
1 – 5 m/mesec	4	13 m/mesec	zmerni	Neobčutljivi objekti lahko vzdržijo, če so locirani blizu plazljivih gmot; objekti, postavljeni na plazljivih gmotah, so močno poškodovani.
1 – 5 m/leto	3	1,6 m/leto	počasni	Ceste in neobčutljivi objekti lahko obstanejo s pomočjo pogostih vzdrževalnih del, če premiki ne trajajo predolgo in če so različni premiki na robovih plazu porazdeljeni po širšem območju.
> 0,06 m/leto	2	0,016 m/leto	zelo počasni	Nekateri trajni objekti ostanejo nepoškodovani oz. razpokajo zaradi premikov; mogoče jih je popraviti.
	1	< 0,016 m/leto	ekstremno počasni	Nobene škode na premišljeno (previdno) grajenih objektih.

Kriterij verjetnosti nastopa v ožjem smislu pri zemeljskih plazenjih tako rekoč ne obstaja. Plazenja so namreč večinoma stalni procesi, katerih intenzivnost se spreminja v odvisnosti od vplivnih dejavnikov, zlasti namočenosti tal. Spremembe intenzitete plazenja se zato neposredno odražajo v intenziteti pojava oziroma vsakokratni stopnji ogroženosti določenega območja. Strokovno pravilen je zato le način, ko upoštevamo z dosedanjimi podatki in znanjem najmočnejše predvidljivo plazenje hribinskih gmot, saj se pri odločitvah o rabah prostora, ki so dolgoročne, ne smemo pustiti zavesti občasnim upočasnitvam hitrosti plazenja v sušnih obdobjih. O dolgoročnem zmanjšanju intenzitete plazenja po izvedenih sanacijskih ukrepih smo lahko prepričani šele, ko je to dokazljivo z dolgotrajnimi opazovanji v vremensko in hidrološko raznolikih pogojih. Pri morebitnih posegih na umirjenih plaziščih, katerih naj bi se praviloma izogibali, sta potrebni previdnost in domišljenost ob upoštevanju celovitih rešitev.

Pri določanju območij, ogroženih s plazenjem tal, si pomagamo z vsemi podatki, ki so nam na razpolago, zlasti pa z analizo:

- fotografskega, kartnega in pisnega arhivskega gradiva,
- erozijske geomorfologije,
- nagibov površin,
- lastnosti preperin,
- rabe zemljišč,
- nemih prič.

Pri določanju območij, ogroženih s plazenjem tal, predlagamo kot izhodišče podrobnejše opozorilne načrte ogroženosti s plazno erozijo, na katerih so že izločene potencialno ogrožene površine.

Znotraj teh območij se nahajajo z različnimi jakostmi pojava ogrožene površine, ki jih skušamo podrobneje razmejiti. Izvajanje meritev pomikov kot razmejitvenega kriterija na tako velikih površinah ni niti strokovno smiselno niti ekonomsko racionalno. Zato si pri podrobnejšem razmejevanju na nagnjenih pobočjih iz nevezanih zemljin pomagamo zlasti z analizo nemih prič in z izračunom indeksa stabilnosti pobočij, ki ga je razvil Moser (Moser, 1989, 1981). Tako lahko potencialno ogrožene površine detajlneje razmejimo v tri kategorije, glede na to, ali je:

- pričakovana močna ogroženost (indeks 6,0),
- pričakovana srednja ogroženost (indeks 4,0 – 6,0),
- pričakovana majhna ogroženost (indeks 4,0).

Na pobočjih iz glin pa pričakovano intenziteto plazenja lahko ocenimo le s pomočjo nemih prič in enostavnejših meritev.

Na območjih pričakovane močne in zlasti srednje ogroženosti predlagamo izvajanje in analizo ustreznih meritev pomikov. Pri tem smiselno uporabljamo podatke iz obstoječih katastrov, meritev, načrtov, ipd. Na osnovi rezultatov analiz sledi razmejevanje v območja močne in v območja srednje in majhne intenzitete pojava glede na predlagane kriterije.

Tak postopek omogoča dokaj natančno in racionalno določanje s plazenjem ogroženih območij. Pri tem pa se moramo zavedati, da se glede na razširjenost pojava v Sloveniji in glede na serijo spremenljivk, ki nanj vplivajo, tudi v najboljših metodah še vedno skriva precej neznank, vsekakor več kot pri snežnih plazovih in hudourniški eroziji. Predlagamo, da se meritve pomikov praviloma izvaja za velika, obsežna plazišča, drugod pa se je pri določevanju ogroženosti s plazno erozijo potrebno omejiti na podrobne opozorilne načrte ogroženosti in brezpogojno predpisovanje oziroma obvezno pridobivanje ustreznih strokovnih mnenj k načrtovanim posegom.



Slika 50: Macesnikov plaz je eden največjih aktivnih plazov v Sloveniji, leta 1995 (foto: A. Horvat).



Slika 51: Škoda zaradi zemeljskega plazu – Begantov potok 1986 (foto: D. Čop).

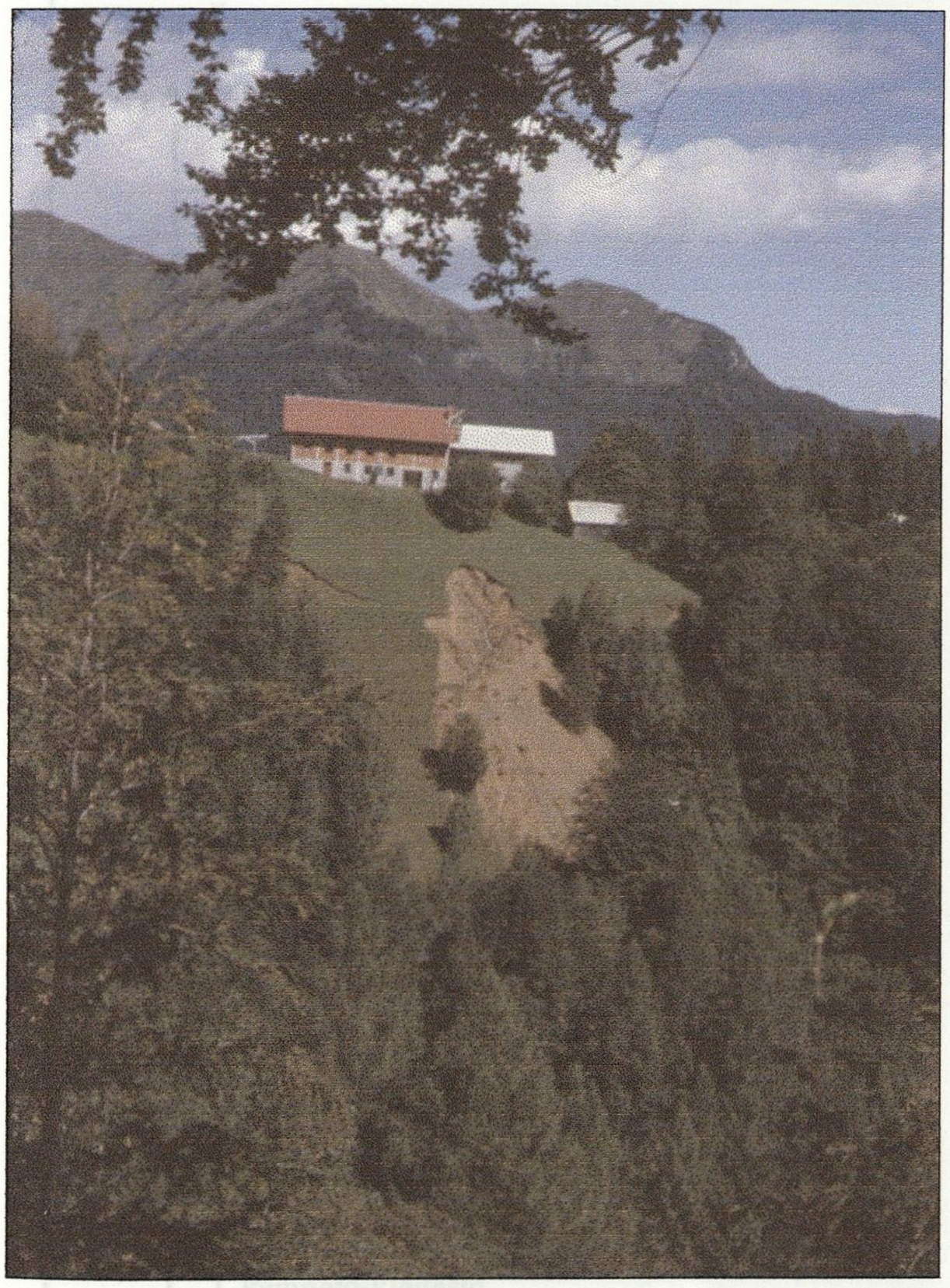


Slika 52: Posledice splazitve zemeljskih gmot in zajezitve Lučnice v Podvolovjeku 1990 (foto: A. Horvat).

7.5 PRAKTIČNI POSTOPKI IN PRIPOMOČKI ZA DOLOČANJE OBMOČIJ, OGROŽENIH S PLAZNO EROZIJO

7.5.1 Neme priče na labilnih in pogojno stabilnih pobočjih

Lastnosti marsikaterega pobočja se lahko prepoznajo že zgolj s pozornim opazovanjem. Tako velja za pobočje, ki s svojo obliko nakazuje večtisočletno "nespremenljivost" oz. počasno spreminjanje (enomernost površinskih oblik), da se z njega steka pretežno zgolj padavinska voda. S pobočja, na katerem je opazno različno globoko erozijsko brazdanje (erozijski jarki), pa se z vodo vred spirajo tudi produkti erozijske razgradnje (vir plavin).



Slika 53: Plazenje tal je v Sloveniji zelo pogost pojav – Davča leta 1995 (foto: A.Horvat).

Prav tako se, poleg proučevanja delovanja površinske vode, proučuje tudi delovanje talne vode. Opazuje se oblika, velikost in razporeditev različnih reliefnih sprememb, ki so lahko nastale kot posledica lezenja ali tečenja talnih gmot oz. različnih drugih porušitvenih dogodkov (Aulitzky, 1987).

Tudi pri ocenjevanju vpliva talne vode na pogojno stabilnem zemljatem pobočju se s kombinirano uporabo stabilnostnega indeksa pobočja (Moser, 1989, 1981) ter raziskav vegetacije in gozdnih sestojev dosega zadovoljivo stopnjo natančnosti končnih ocen.

V nadaljevanju je prikazan način snemanja nemih prič o pojavih premikov hribinskih gmot (Aulitzky, 1978).

OBRAZEC za snemanje nemih prič - pojavi premikov hribinskih gmot; str. 1/3

ANKETNI LIST ZA SNEMANJE NEMIH PRIČ

prirejeno po Wildbachkunde (Aulitzky, 1992)

(opaženih očitnih znakov pojava premikov hribinskih gmot)

Priloga k anketnemu listu hudournika:		Šifra :
Zap. št. : TTN :		Interna št. v TTN :
Občina (Upravna enota):	Šifra :	Naselje :
Hidrosistem :	Šifra :	Km :
Prometnica :	Šifra :	Km :
Ožja lokacija :		
Centroid Y :	Izpolnil (ime in priimek) :	
Centroid X :	Datum :	Podpis :

I. SPLOŠNO

1. Absolutna nadmorska višina

- ☐ < 700
- ☐ 700 - 900
- ☐ 900 - 1100
- ☐ 1100 - 1300
- ☐ 1300 - 1500
- ☐ 1500 - 1700
- ☐ > 1700 m

2. Višina nad lokalno bazo erozije

- ☐ 0 - 10
- ☐ 10 - 50
- ☐ 50 - 100
- ☐ 100 - 200
- ☐ 200 - 300
- ☐ 300 - 500
- ☐ > 500 m

3. Padavine v času pojava

- ☐ brez padavin
- ☐ močan dež, 30 - 60, > 60 mm/h
- ☐ 2- do 3-dnevne padavine < 100 mm
- ☐ 100 - 200, > 200 mm
- ☐ odjuga

4. Antropogeni vpliv

- ☐ cesta, gozdna cesta, kolovoz
- ☐ poselitev, smučišče, sečnja
- ☐ brez antropogenega vpliva

II. NEPOSREDNO OBMOČJE POJAVA

5. Geološki kazalniki nevezanih kamnin

a) Vrsta nevezane kamnine / odkladnin

- ☐ pobočni grušči, melišča ali preperine iz metamorfnih skrilavcev, filitov ali drugega
- ☐ peščeno-ilnato
- ☐ kamnato
- ☐ kamnato-kladasto
- ☐ fluvioglacialni sedimenti drobnozrnavo, debelozrnavo
- ☐ groblje
- ☐ podorine
- ☐ ostalo

b) Zgradba odkladnin

- ☐ homogena (istorodna),
- ☐ nehomogena (raznorodna)
- ☐ laporji
- ☐ peščenjaki
- ☐ glineni skrilavci

c) Debelina odkladnin

- ☐ <1 m
- ☐ 1-2 m
- ☐ 2-5 m
- ☐ 5-10 m
- ☐ >10 m

d) Osnovna kamnina

- ☐ apnenci
- ☐ dolomiti
- ☐ laporji
- ☐ peščenjaki
- ☐ glineni skrilavci
- ☐ filiti
- ☐ metamorfni skrilavci
- ☐ gnajsi
- ☐ ostalo
- ☐ nedostopno

OBRAZEC za snemanje nemih prič - pojavi premikov hribinskih gmot; str. 2/3

6. Geomehanski kazalniki

a) Zrnavost (velikost zrn)

- ☐ prevladujoče meljasta
- ☐ peščeno meljasta
- ☐ meljasto prodni pesek
- ☐ meljasto peščeni prod
- ☐ peščeni prod ali gramoz
- ☐ prevladujejo debelejše frakcije

b) Stopnja oblikovne neenakomernosti (U)

- ☐ < 5
- ☐ 5-15
- ☐ 15-30
- ☐ 30-60
- ☐ 60-100
- ☐ > 100

7. Nagib vesine

- ☐ < 15°
- ☐ 15-20°
- ☐ 20-25°
- ☐ 25-30°
- ☐ 30-35°
- ☐ 35-40°
- ☐ 40-45°
- ☐ > 45°

8. Izhodišče premika hribinske gmote

- ☐ rob (-ovi) teras (-e)
- ☐ pobočno rebro, pobočni hrbet
- ☐ pobočna kadunja, pob. kotanja
- ☐ nerazčlenjeno pobočje

9. Rastlinstvo

- ☐ neporaslo, golo
- ☐ travnik, pašnik
- ☐ planinske trate
- ☐ jelševje, listnat gozd
- ☐ iglavci; smr, mac, smr/mac

10. Ekspozicija

- ☐ S
- ☐ SV
- ☐ V
- ☐ JV
- ☐ J
- ☐ JZ
- ☐ Z
- ☐ SZ

11. Vodnatost

- ☐ ni opaziti
- ☐ presihajoča
- ☐ ponikanje
- ☐ velike vlažne pov. mokrice
- ☐ žlebovje

12. Vrsta premika hribinske gmote

a) Školjkasti usad in podobne oblike

- ☐ povsem raztrgan
- ☐ zdrsni kosi še vidni, preloženi z masovnim transportom, površine do 1000 m^2
- ☐ zdrsni kosi še vidni, preloženi z masovnim transportom, površine 1000-2000 m^2
- ☐ zdrsni kosi še vidni, preloženi z masovnim transportom, površine 2000-5000 m^2
- ☐ večkratno vzvratno usedanje (stopničenje)

b) Listasti usad

- ☐ prizadeta le travna ruša, vse do razvoja …

c) brazdasto-jarkastega usada

- ☐ vendar le v nevezanih kamninah, in to vse do nastopa ..

d) plazenja gruščev, melišč

- ☐

e) Drugo

- ☐ _____
- ☐ _____

f) Stik z vodno strugo

- ☐ ga ni (pobočni usad)
- ☐ obrežni udor ali usad

OBRAZEC za snemanje nemih prič - pojavi premikov hribinskih gmot; str. 3/3

13. Oblika premika hribinske gmote

a) Širina (B)
- ☐ < 5 m
- ☐ 5-10 m
- ☐ 10-15 m
- ☐ 15-20 m
- ☐ 20-25 m
- ☐ > 25 m

b) Dolžina (L)
- ☐ < 5 m
- ☐ 5-10 m
- ☐ 10-15 m
- ☐ 15-20 m
- ☐ 20-25 m
- ☐ > 25 m

c) Ploščina
- ☐ < 50 m^2
- ☐ 50-100 m^2
- ☐ 100-200 m^2
- ☐ 200-500 m^2
- ☐ 500-1000 m^2
- ☐ > 1000 m^2

d) Globina (T)
- ☐ < 1 m
- ☐ 1-2 m
- ☐ 2-4 m
- ☐ > 4 m

e) Razmerje T/L
- ☐ < 0,05
- ☐ 0,05-0,1
- ☐ 0,1-0,2
- ☐ > 0,2

f) Razmerje B/L
- ☐ < 0,5
- ☐ 0,5-0,7
- ☐ 0,7-1,0
- ☐ 1,0-2,0
- ☐ > 2,0

III. POBOČJE NAD OBRAVNAVANIM POJAVOM

a) Vrsta nevezane kamnine / odkladnin
- ☐ pobočni grušči, melišča ali preperine iz metamorfnih skrilavcev, filitov ali drugega
- ☐ peščeno-ilnato
- ☐ kamnato
- ☐ kamnato-kladasto
- ☐ fluvioglacialni sedimenti drobnozrnavo, debelozrnavo
- ☐ groblje
- ☐ podorine
- ☐ ostalo

b) Nagib vesine
- ☐ < 15°
- ☐ 15-20°
- ☐ 20-25°
- ☐ 25-30°
- ☐ 30-35°
- ☐ 35-40°
- ☐ 40-45°
- ☐ > 45°

c) Oblikovitost
- ☐ pobočno rebro, pobočni hrbet
- ☐ pobočna kadunja, kotanja
- ☐ v podolž. profilu razčlenjeno
- ☐ nerazčlenjeno
- ☐ izravnanost (gladkost)

d) Debelina odkladnin
- ☐ <1 m
- ☐ 1-2 m
- ☐ 2-5 m
- ☐ 5-10 m
- ☐ >10 m

e) Nagnjenost k usadnim pojavom
- ☐ je ni
- ☐ majhni usadi, pojavi razpok < 5 m dolžine
- ☐ 5–10, > 10 m dolžine
- ☐ z izpiranjem izjedene votline

f) Rastlinstvo
- ☐ neporaslo, golo
- ☐ travnik, pašnik
- ☐ planinske trate
- ☐ jelševje, listnati gozd
- ☐ iglavci: smr, mac, smr/mac
- ☐ mešan gozd

g) Vodnatost
- ☐ je ni
- ☐ ploskovna
- ☐ žlebasto brazdasta

IV. OSTALO

Podrobneje še podatki o sprožilnih padavinskih dogodkih:

Pripombe k obliki, poteku in vzroku premika hribinskih gmot:

7.5.2 Indeks stabilnosti pobočja

V nadaljevanju prikazujemo novo Moserjevo različico za klasifikacijo stabilnosti vesine za komplekse nevezanih kamnin s pomočjo indeksa nevarnosti, ki jo je izdelal l. 1981 in predložil javnosti po večletnem preizkušanju l. 1989 (Moser, 1989).

V novem predlogu so upoštevane ugotovitve iz opazovanj in raziskav močnih pobočnih premikov in zablatenj iz leta 1975 na Zgornjem Koroškem. Povzamemo lahko:

- Kolikor toliko obvezujoč indeks nevarnosti, temelječ na presoji značilnih dejavnikov, je doslej bilo možno podati v tej obliki le za nevezane zemljine. Ovrednotenje pobočij iz vezanih kamnin s takšno enostavno shemo je zelo težavno, ker so procesi v njih mnogo bolj zapleteni. V izdelavi je ustrezen predlog za vezane zemljine pri katedri za uporabno geologijo Univerze v Karlsruheju, ki pa žal še vedno ni dokončan . S tem ločevanjem bo tudi postopek poenostavljen in bistveno bolj pregleden.

  Pričujoča različica torej daje le ocenjevalne kriterije za nagnjena pobočja, ki jih sestavljajo nevezane zemljine, in sicer predvsem za slabo vezane do kotaleče se zemljine. Za pobočja, sestavljena npr. iz glin, pa testna vprašanja niso primerna.

- Novoizdelan pričujoči predlog predvideva določeno razvrstitev dejavnikov po pomembnosti, tj. da dobijo dejavniki, ki zlasti močno vplivajo na nevarnost splazenja, višjo točkovno vrednost. Snemanja v zadnjih letih so pokazala, da morajo pri tem biti upoštevani zrnavost, nagib pobočij in pričakovane hidrografske značilnosti (padavine!).
- Če obstajajo posamezni dejavniki, ki jih vsebuje klasifikacija nevarnosti, se lahko iz nje povzame njihova ustrezna pomembnost (vrednost) za nevarnost splazenja (prim. graf. 1–6).
- Ponovno pa poudarjajo, da ta indeks nevarnosti podaja vrednotenje le tistih delov pobočja, na katerih morejo premiki pobočij nastati, ne pa tudi presoje tistih, ki jih prizadenejo posledični pojavi (sekundarni premiki gmot v obliki blatnih tokov, tokov grušča in drobirja itd.) (prir. po: Moser, 1989).

Zasnova in postopek izhajata podobno kot pri po Aulitzkyju (1972b) predloženi "Klasifikaciji ogrožanja za hudourniški vršaj" na podlagi točkovnega vrednotenja. Pri tem je predvideno za normalno pomembne dejavnike stopnjevanje indeksa ogrožanja od 6 točk (zelo močno ogroženo oz. zelo močno dovzetno za pojav splazenja) do 1 točke (slabo ali komaj ogroženo).

Trije dejavniki, ki naj dobijo večjo pomembnost, to je zrnavost, nagib vesine in pričakovana hidrografska značilnost, pa so ovrednoteni od 12 do 1 točke.

V prvem delu analize in klasifikacije (vprašanja 1 do 4) se presoja razvitost nevezanih zemljin.

Drugi del analize in klasifikacije (vprašanja 5 do 9) obravnava morfološke, orografske in rastlinske značilnosti.

Tretji del (vprašanji 10 in 11) ocenjuje – poleg hidrografskih razmer – še neme priče, to je obliko, vrsto in potek premikov pobočij v nevezanih zemljinah, že obstoječih na mestu obravnave.

Vsota vseh točk, ki so jih dali odgovori na testna vprašanja, deljena s številom vprašanj, na katera je odgovor tudi dan, poda krajevni indeks ogroženosti za presojani del pobočja.

Glede na to, da je stabilnost odvisna zlasti od zrnavosti, nagiba pobočja in sprožilnih padavin, se glede na smoter dobljeni indeks opremi še s podpisanimi števili, iz česar se takoj razbere stopnja teh treh dejavnikov.

Predlog vrstnega reda za k indeksu podpisana števila obsega:

1. podpisano število = zrnavost
2. podpisano število = nagib vesine
3. podpisano število = pričakovane eno- do dvodnevne najvišje padavine

Primer navedbe tako izpisanega indeksa ogroženosti podaja naslednje informacije:

$6{,}5_{12,10,10}$ = predel pobočja s številom ovrednotenja 6,5, z naslednjimi značilnostmi:

a) zrnavostjo: vsebnost melja > 40 %
b) nagibom vesine: 35° do 40°
c) pričakovanimi eno- do dvodnevnimi padavinami:
   150–200 mm v povezavi z izdatnimi padavinami novega snega …

Če indeks presega 6,0, moramo računati z razdejanji ali močnimi poškodbami stavb, poljedelskih zemljišč ali prometnic itd. Glede na geološke in hidrološke razmere ter v ustreznih hidrogeografskih razmerah je v teh območjih še posebej treba računati z večinoma globlje segajočimi splazitvami. Pri presoji specifične nevarnosti splazitve mora in more biti upoštevana vrsta nemih prič. Raziskava in natančnejša klasifikacija nemih prič naj bo izvedena s testnim vprašalnikom (Obrazec). Če je vrednost indeksa nižja od 4,0, je možnost splazitve majhna ali pa je celo ni.

OBRAZEC za določanje indeksa stabilnosti pobočja - (Moser); str. 1/2

INDEKS STABILNOSTI POBOČJA
(prirejeno po: MOSER, M., 1989/1981)

Priloga k anketnemu listu hudournika:		Šifra :
Zap. št. :	TTN :	Interna št. v TTN :
Občina (Upravna enota):	Šifra :	Naselje :
Hidrosistem :	Šifra :	Km :
Prometnica :	Šifra :	Km :
Ožja lokacija :		
Centroid Y :	Izpolnil (ime in priimek) :	
Centroid X :	Datum :	Podpis :

št.	VPRAŠANJA oz. DEJAVNIK		ocena (št. točk)
1.	Katera nevezana kamnina tvori krovno plast obravnavane vesine?		
	a) pobočni grušči, melišča ali (in) preperine iz glinenih skrilavcev, filitov, laporjev, metamorfnih skrilavcev; nevez. drobnozrnati fluvioglacialni sedimenti	6	
	b) poboč. grušči, melišča ali (in) preperine iz gnajsov, granitov, peščenjakov; nevez. srednjezrnati fluvioglacialni sedimenti, ledeniške groblje z znatnim deležem drobnozrnatih frakcij	5	
	c) poboč. grušči, melišča ali (in) preperine iz dolomitov, apnencev; ledeniške groblje z majhnim deležem drobnozrnatih frakcij	4	
	d) srednjezrnava melišča, podorine …	3	
	e) zlepljene aluvijalne naplavine …	2	
	f) grobozrnate, kladaste podorine …	1	
2.	Kolikšna je debelina teh krovnih plasti?		
	a) > 10 m	6	
	b) 5-10 m	5	
	c) 3-5 m	4	
	d) 1-3 m	3	
	e) 0,5-1 m	2	
	f) < 0,5 m	1	
3.	Kakšna je zrnavost teh nevezanih krovnih plasti?		
	a) delež melja (<0,06 mm) > 40 %	6	
	b) delež melja 30-40 %	5	
	c) delež melja 20-30 %	4	
	d) delež melja 10-20 %	3	
	e) delež melja neznaten, prevladujeta frakciji peska in drobirja	2	
	f) delež melja neznaten, prevladujeta frakciji drobirja in grušča	1	
4.	Kakšna je vodnatost nevezanih krovnih plasti v obravnavi?		
	a) stalni izvirki z možnostjo koncentriranja pobočnih vod	6	
	b) razmočene plitve površine, mokrice nad obravnavano vesino	5	
	c) presihajoči, občasni izvirki, brez možnosti koncentriranja pobočnih vod	3	
	d) brezvodno	1	
5.	Kako visoko je obravnavana vesina nad lokalno erozijsko bazo?		
	a) 10-50 m	6	
	b) 50-100 m	5	
	c) 100-150 m	4	
	d) 150-200 m	3	
	e) 200-250 m	2	
	f) > 250 m	1	
6.	Kakšna je ekspozicija obravnavane vesine?		
	a) JV, J	6	
	b) V, Z, JZ	4	
	c) SV, SZ, S	2	

OBRAZEC za določanje indeksa stabilnosti pobočja - (Moser); str. 2/2

7. Kakšen je nagib obravnavane vesine?

a)	40-45°	12	d)	25-30°, 45-50°	6
b)	35-40°	10	e)	20-25°, > 50°	4
c)	30-35°	8	f)	< 20°	2

8. Kakšna je morfološka razčlenjenost obravnavane vesine?

a)	močno razčlenjena v podolžnem prerezu (v smeri padnice vesine)	6
b)	slabo razčlenjena v podolžnem prerezu; močno razčlenjena v prečnem prerezu (kadunjavost)	5
c)	slabo razčlenjena v prečnem prerezu (kotanjavost)	4
d)	močno razčlenjena v prečnem prerezu (pobočna rebra po padnici)	3
e)	slaba razčlenjenost v prečnem prerezu	2
f)	nerazčlenjena, enakomerna vesina	1

9. Kakšna je rastlinska odeja obravnavane vesine?

a)	pašniki	6
b)	travniki, njive	5
c)	grmišče	4
d)	gozd iglavcev (prevladujoča smreka)	3
e)	mešani gozd (iglavcev, listavcev ali iglasto-listnati)	2
f)	macesnovje	1

10. Ali so na obravnavani vesini morebitne neme priče v obliki

a)	globokih školjkastih usadov nad 500 m^2	6
b)	globokih školjkastih usadov pod 500 m^2 ali plazečih gruščev	5
c)	plitvih školjkastih usadov pod 500 m^2	4
d)	splazitve travne ruše 100–200 m^2; talni plazovi	3
e)	splazitve talne ruše do 100 m^2	2
f)	neznatna tvorba erozijskih ran; ni plazenja	1

11. Kolikšne so pričakovane eno- do dvodnevne maksimalne padavine v območju obravnavane vesine, ob upoštevanju meritev dolgoletnega opazovalnega obdobja?

a)	nad 200 mm, vključno z izdatnimi padavinami novega snega v spomladanskih in jesenskih mesecih	12
b)	150–200 mm, vključno z izdatnimi padavinami novega snega v spoml. in jesenskih mesecih; nad 200 mm pa brez novega snega	10
c)	100–150 mm, vključno z izdatnimi padavinami novega snega v spoml. in jesenskih mesecih ali 150-200 mm brez novega snega	8
d)	50–100 mm, vključno z izdatnimi padavinami novega snega v spoml. in jesenskih mesecih ali 100–150 mm brez novega snega	4
e)	do 50 mm, vključno z izdatnimi padavinami novega snega v spoml. in jesenskih mesecih ali 50–100 mm brez novega snega	2
f)	do 50 mm, brez izdatnih padavin novega snega v spomladanskih in jesenskih mesecih	1

Seštevek točk od 1-11:

Število odgovorjenih vprašanj:

Indeksno število stabilnosti pobočja je:

(seštevek točk : število odgovorjenih vprašanj)

.

8 OGROŽENOST S PORUŠITVENO EROZIJO

8.1 SPLOŠNO / DEFINICIJE IN VZROKI

Pojem "padajoče kamenje", kot sinonim za porušitveno erozijo, zajema strogo vzeto celoten pojav nekega skalnega, kamnitnega ali gruščnatega zrušenja, od sprostitve do odložitve.

Bunza (Bunza, 1976) razume pod tem razlom, odriv in odstop od osnovne kamnine na ostenjih in strmih pobočjih, s posledičnim padanjem, centimtrskih do metrskih bolj ali manj gladkih, vendar pretežno neenakomerno razmejenih plasti kamnin ali kamninskega drobirja. Odstopanja v vezani kamnini se dogajajo po že predhodno začrtanih ploskvah, predvsem po razpokah, stikih slojev ali zrnavostnih razmejitvah. Kot osnove nastopajo tako vezane kot neenakomerno sprijete kamnine pa tudi bolj ali manj strjene nevezane kamnine različnih vrst.

Jahn (1988) označuje s pojmom "padajoče kamenje" na splošno naglo zrušenje posameznega ali nekaj kamnov prek strmega pobočja. Za presojo takega dogodka ni pomembna le sama faza padanja, temveč tudi faza nastajanja, v kateri se pripravlja zrušenje kamnov.

Vzrok je (Redlich,Terzaghi in Kampe, 1929), (kot pri vseh talnih premikih), v bodisi neki spremembi razmerja sil (obremenitvena ali hidrostatična razmerja) pri nespremenjenem razmerju odporov (strukturna, torna in kohezijska razmerja) ali pa v spremembi razmerja odporov delujočih sil.

Na porušitveno erozijo vplivajo naslednji vzroki in povodi:

- spremembe v razmerju sil zaradi:
  - neotektonike ali postglacialnih sproščanj,
  - mehanskih sprememb napetosti zaradi porušitvenih dogodkov,
  - sprememb napetosti zaradi procesov plazenja,
  - temperaturnih nihanj,
  - potresov,
  - hidrostatičnih in hidrodinamičnih tlakov ter pritiskov vode v razpokah,
  - obremenitev in sprememb obremenitev (statičnih in dinamičnih) po drevesnih sestojih,
  - zaledenitev,
  - antropogenih sprememb zaradi usekov pobočij in njih obremenitev;
- spremembe v razmerju odporov zaradi preperevanja:
  - mehansko-fizikalnega,
  - kemično-mineraloškega in
  - biološko-biokemičnega.

Obe razmerji sta v soodvisnosti z:

- geometrijo površja ter
- zgradbo ločilnih ploskev, in sicer:
  - s prostorsko razporeditvijo,
  - z razsežnostjo razpok,
  - z gostoto razpok ter
  - z obliko razpok.

Vsi različni vključeni vzroki in tudi vsi možni povodi so medsebojno zelo prepleteni. Zasnove nekega pojava padajočega kamenja, z različnimi vzroki nastajanja in proženja, ležijo v mrežnem sistemu podtalja, tal, rastlinske odeje in atmosferilij. Nenehne spremembe v tem sistemu lahko bodisi povečujejo ali zmanjšujejo verjetnost sproženja.

Presoja območja proženja mora temu ustrezno vsebovati preučevanje vrste kamnine, razmere njenega ležišča ter njeno stanje kot tudi razmere gorskih in pobočnih vod. Poleg geološko- zgodovinskih podatkov morajo biti v raziskavo vključena tudi premeščanja gmot, kemične in mehanske spremembe itd.

Vplivi na stabilnost neke vesine, in posledično tako na zatečeno kot tudi na predvidevano sprožitev, so (bili) mnogoteri in jih moramo tako za analizo vzrokov kakor za prognozo šele ugotoviti. Vsekakor imajo pri tem prednostni pomen razmere ležišča in sestave. Te namreč odločilno vplivajo ne le na stabilnost, temveč tudi na mehanski potek sproščanja (ali prekucnjenje ali zdrsenje) in posledično na sam potek padanja z velikostmi in oblikami klad ali kladnih skupkov.

Ne glede na morebitne spremembe geoloških ležiščnih razmer v nekem območju rušenja ni dopustno sklepati na bodoče porušitve le po podobnosti obstoječih gmot, velikosti in oblike klad, napadlih ob starejših dogodkih, in sicer zaradi stalne anizotropije v sestavi hribine. Izvesti je potrebno tudi temeljite raziskave območja proženja.

Pri presoji posamezne ogroženosti s padajočim kamenjem oz. presoji glede morebitnih potrebnih varovalnih ukrepov je - poleg območja rušenja – nadaljnjega, odločilnega pomena sama pot padanja. Pri tem imajo odločujoč vpliv na energijski potek in na potek poti padajočih klad, poleg same njihove oblike, predvsem geometrična konfiguracija in sestava podlage (dušenje, hrapavost itd.). Kinetična energija padajočih klad, izhajajoča iz njihove potencialne lege v mirovanju, se tako v splošnem manjša in končno povsem izniči, zato klada obleži. Morebitni varovalni ukrepi na poti padanja morajo upoštevati tako sproščeno kinetično energijo s privzetkom zadostne funkcionalne višine (poskakujoče klade!).

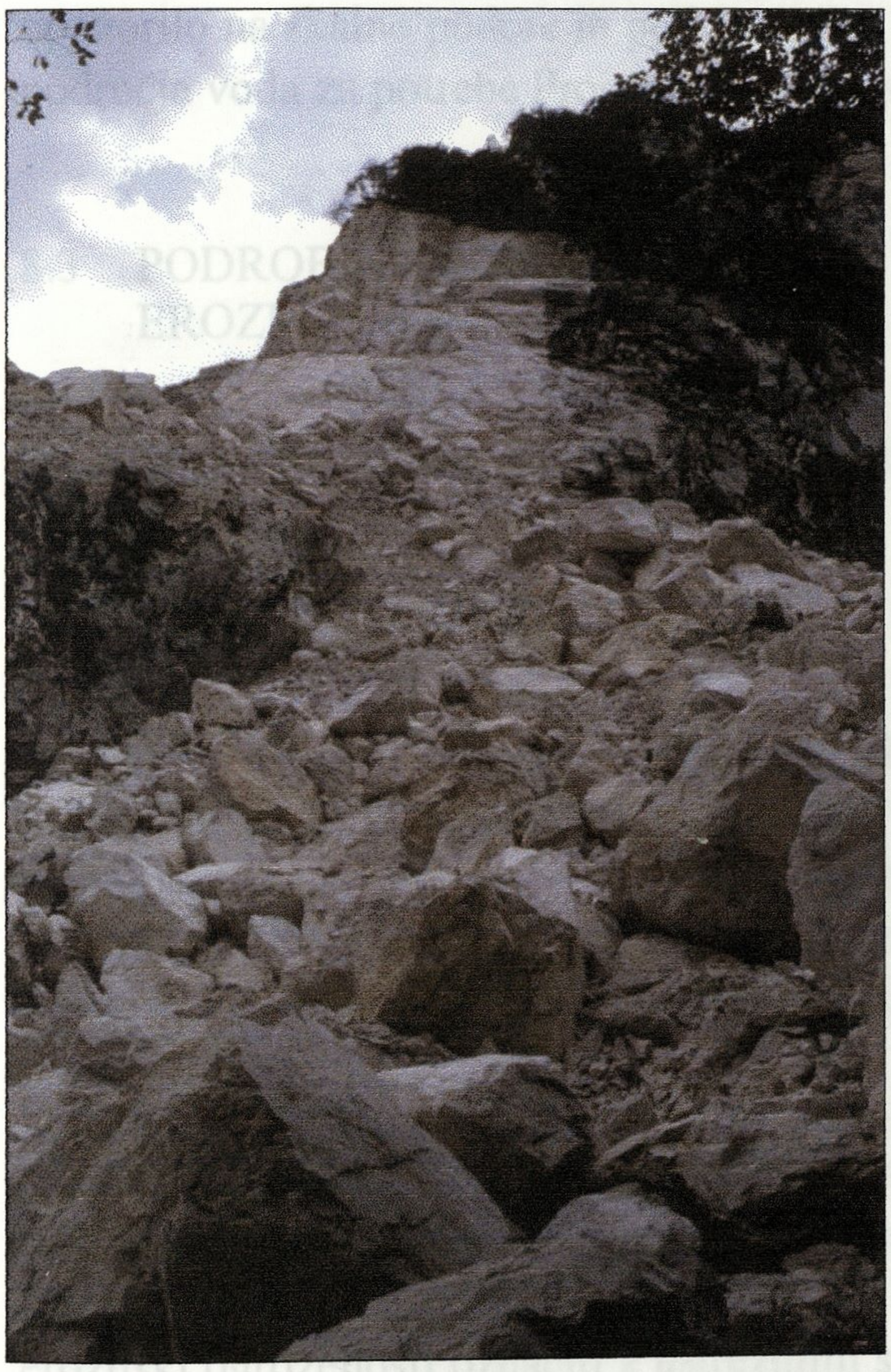
Po Jahnovih raziskavah (Jahn, 1988) lahko nedvoumno sklepamo tudi, da, medtem ko lahko učinkuje gozd v območju rušenja tako pozitivno kot negativno, prevladuje na poti padanja vendar njegov ugodni učinek. Vsekakor pa mora ostati ta njegov varovalni učinek v statističnih mejah, ne glede na stanje gozda.

Za določanje ogroženosti s porušitvami skalnih gmot je le-te potrebno ločiti glede na pričakovano prostornino, bodisi posameznega delca, bodisi skupka delcev.

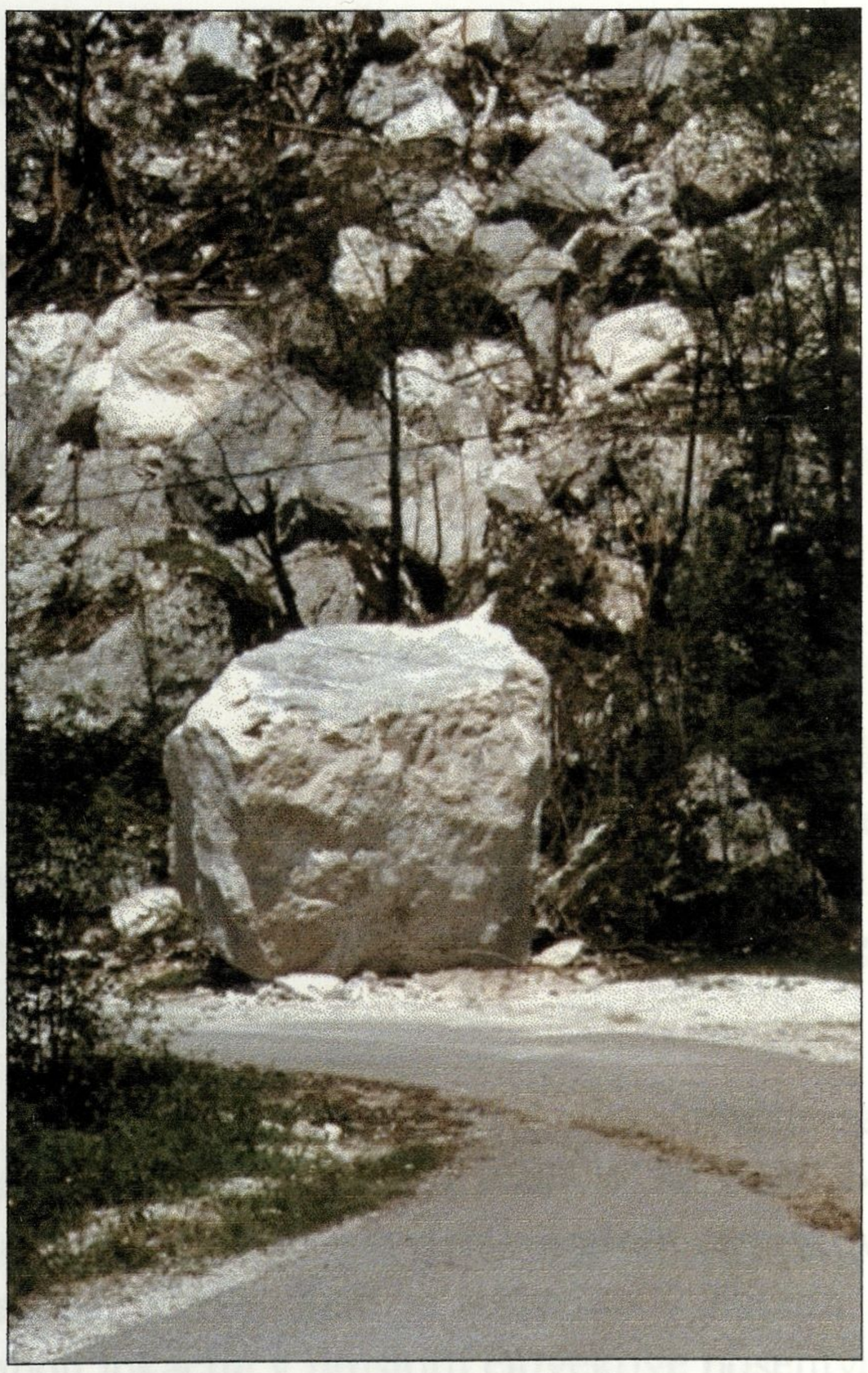
Preglednica 26: Definicije porušitve skalnih gmot glede na prostornino (prirejeno po Poiselu, 1997)

Padanje kamenja	0,01 m^3	(ustreza ca. 20 cm-ski dolžini odlomnega roba kocke)
	0,1 m^3	(ustreza ca. 50 cm-ski dolžini odlomnega roba kocke)
Padanje skal	2 m^3	(ustreza ca. 150 cm-ski dolžini odlomnega roba kocke)
Skalni podor	10.000 m^3	(ustreza ca. 25 m-ski dolžini odlomnega roba kocke)
Podor hriba	> 10.000 m^3	

Navedene prostornine ustrezajo posameznim delcem razbitin oz. njihovi skupni prostornini.



Slika 54: Skalni podor v zaledju Tolminke, 1999 (foto: A. Horvat).



Slika 55: Porušitvena erozija ogroža prometnice, Bavščica 1999 (foto: A. Horvat).

8.2 GROBI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S PORUŠITVENO EROZIJO

Kamniti zruški, zlasti pa skalni podori in podori hriba so v Sloveniji bolj ali manj tipični za alpski svet, zgrajen iz karbonatnih sedimentov, ob čemer pa se pogosteje pojavljajo v morfološko izpostavljenih, tektonsko prizadetih in seizmično aktivnejših območjih. V sredogorju je intenzivnost nastopanja porušitvene erozije manjša zaradi ugodnejših naravnih danosti, vendar se kljub temu pogosto srečujemo s problematiko kamnitih in skalnih zruškov, ki predvsem ogrožajo prometnice, manj pa ogrožajo različne stanovanjske in gospodarske objekte.

Na grobi opozorilni karti ogroženosti bi bila ogroženost s porušitveno erozijo označena zgolj lokacijsko, z dogovorjenimi znaki. Že zaradi merila karte bi se omejili zgolj na opozorilo na skalne podore in podore hriba. Na ta način so že narejene strokovne podlage s področja voda za potrebe Prostorskega plana republike Slovenije (Horvat, 1999).

8.3 PODROBNI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S PORUŠITVENO EROZIJO

Pri analizi ogroženosti s porušitveno erozijo ločimo, glede na jakost pojava, dve vrsti pojavov:

- padanje skal in kamenja,
- skalne in hribinske podore.

Pri izdelavi kart o erozijski ogroženosti skušamo zbrati čim več podatkov o skalnih in hribinskih podorih v preteklosti, jih čim točneje prostorsko opredeliti (aerofotografije, neme priče ...) ter jih dopolniti s podatki primerjalnih analiz iz inženirsko-geoloških kart in kart nagibov površin. Pri tem skušamo glede na geomorfološke razmere obravnavanega prostora čim točneje oceniti potencialne meje vpliva podorov.

Ogroženost zaradi padanja skal in kamenja je prostorsko bistveno težje grobo določiti, saj je odvisna tako od inženirsko-geoloških razmer kot od nagibov površin in še zlasti od rastlinske odeje, saj lahko dobro gozdno rastje nekajkrat zmanjša delež skalnih okruškov, ki ogrožajo npr. prometnico (Chauvin in Renaud, 1996). Zato je smiselno v načrtih o erozijski ogroženosti označiti z ustreznimi simboli lokacije v prostoru človekove poselitve, kjer je bilo zabeleženo padajoče kamenje (viri: lokalno prebivalstvo, upravljalci infrastrukture ...).

Podrobni opozorilni načrt ogroženosti s porušitveno erozijo torej vsebuje vsebinsko širši obseg podatkov in natančnejše lokacije ogroženih območij s porušitveno erozijo v primerjavi z grobim opozorilnim načrtom; še vedno pa se na tej stopnji ne ukvarjamo z razmejevanjem ogroženih območij glede na stopnje ogroženosti. Vsa označena območja s porušitveno erozijo spadajo v opozorilna območja strogega varovanja in izvajanja zaščitnih ukrepov, zato je pri posegih vanje potrebno pridobiti predpisano soglasje oz. dovoljenje.

8.4 NAČRTI OGROŽENOSTI S PORUŠITVENO EROZIJO

8.4.1 Načrti ogroženosti s porušitveno erozijo v Švici

Pri skalnih in kamnitih zruških je tako rekoč edini kriterij za razlikovanje jakosti pojava ugotavljanje velikosti kinetične energije, ki se pri tem sprosti. Daleč največ raziskav za določanje con ogroženosti in za dimenzioniranje zaščitnih objektov so do sedaj naredili v Švici (IG LMUM, 1997). Pojav, glede na intenziteto, delijo v tri kategorije:

- močna intenziteta: $E > 300$ kJ
- srednja intenziteta: $10 \text{ kJ} < E \leq 300$ kJ
- slaba intenziteta: $E < 10$ kJ

pri čemer je :

E = sproščena energija pri padanju skal.

Po ugotovitvah švicarskih raziskav se pri skalnih podorih pojavlja le močna intenziteta pojava. Sproščena kinetična energija vedno presega 300 kJ.

Pri podorih gre večinoma za enkratne dogodke, tako da "ne moremo govoriti o verjetnosti nastopa pojava v ožjem smislu" (IG LMUM, 1997).

Pri ostalih primerih gibanja (premikanja) zemljinskih gmot se preudarki o verjetnosti spajajo z oceno ogroženosti (nevarnosti). Pri padanju skal ali kamenja računajo z veliko verjetnostjo nastopa, če so bili dokazani taki pojavi v teku zadnjih 30 let na osnovi nemih prič, arhivskih ali katastrskih zapisov. Zamejitev majhne verjetnosti nastopa je v glavnem prepuščena razlagi izvedenca (avtorja ekspertize). Majhna verjetnost nastopa je poistovetena s 100 do 300-letno povratno dobo (IG LMUM, 1997).

8.4.2 Načrti ogroženosti s porušitveno erozijo v Avstriji

V zvezi z opozorilnimi območji ogroženosti s porušitveno erozijo v načrtih ogroženih območij določa Uredba Zveznega ministrstva za kmetijstvo in gozdarstvo iz l. 1976 na temelju Zakona o gozdovih (Forstgesetz, 1975) naslednje:

"Rjava opozorilna območja so tista, za katera je ob raziskavah ugotovljeno, da so izpostavljena naravnim nevarnostim, drugačnim od tistih, ki jih povzročajo hudourniki in snežni plazovi, in sicer kot so padajoče kamenje ali od hudournikov ali snežnih plazov neodvisno nastali zemljinski plazovi."

V skladu s to Uredbo morajo biti torej tudi rjava opozorilna območja prikazana v načrtu ogroženih območij.

Temu ustrezno zatorej sledi v posameznih načrtih ogroženih območij le poredko popolno kartiranje in opis obstoječih območij pojavov padajočega kamenja in skalnih gmot, pri

čemer zahtevajo spremenljivi kriteriji kartiranja različne načine prikazovanja, tako v območjih vzrokov kot tudi v območjih posledic. Ta pa zelo pogosto manjkajo oz. so nezadostno izvedena.

Načeloma je tu treba pripomniti, da se – v skladu s čl. 4 omenjene Uredbe – nanaša "… preučevanje vzrokov ogroženosti, upoštevaje geološke, hidrogeološke, meteorološke, klimatske in biološke razmere kot tudi poljedelske in druge antropogene učinke ter zbiranje ob primernih stroških dosegljivih informacij o pogostosti in obsegu …" na območja in pojave, ustrezne paragrafu 99 Zakona o gozdovih (Forstgesetz, 1975). Kot taki pa so v njem izrecno in pojmovno določeni le hudourniki in snežni plazovi ter hudourniška območja in območja snežnih plazov.

Zlasti pa je pri tem potrebno opozoriti, da morajo Načrti ogroženih območij skladno s čl. 1 Uredbe biti privzeti kot osnova načrtovanja na področjih prostorskega načrtovanja, gradbeništva in varnosti.

8.4.3 Načrti ogroženosti s porušitveno erozijo v Sloveniji

Glede na razpoložljive podatke o ogroženosti s porušitveno erozijo v Sloveniji, ki so, z redkimi izjemami, zelo skromni, in glede na dokaj ugodno stopnjo zaščite pred skalnimi zruški z gozdovi, je predlagano, da ogrožena območja uvrščamo v dve skupini:

- območja močne intenzitete pojava (rdeča območja) in
- območja srednje in šibke intenzitete pojava (rumena območja).

Območja močne intenzitete pojava predstavljajo območja močne intenzivnosti pojava, kjer lahko ob dogodkih pride do smrtnih žrtev v objektih.

Mednje sodijo:

- območja skalnih podorov in podorov hriba in
- območja skalnih zruškov z $E > 100$ kJ.

Območja srednje in šibke intenzitete pojava predstavljajo površine kjer lahko zaradi porušitev pride do poškodb objektov, njihova porušitev pa je izključena. Smrtne žrtve v teh objektih so tudi ob močnejši porušitveni aktivnosti praviloma izključene. Gradnja v teh območjih je ob upoštevanju primernih ukrepov za preprečitev porušitev skalnih gmot in za njihovo lovljenje oziroma zaustavljanje možna, kar pa ne velja za posebno občutljive objekte. Sem sodijo površine, ki jih ogrožajo skalni zruški z energijo:

- $10 \text{ kJ} < E < 100 \text{ kJ}$

Pričakovana energija skalnih zruškov je bila izbrana kot ključni kriterij, od katerega so odvisne posledice njihovega delovanja na objekte. Meje pričakovanih energij skalnih zruškov na posameznih območjih so izbrane skladno s konstrukcijskimi lastnostmi običajnih objektov in točkovnim učinkovanjem skalnih zruškov.

V Sloveniji nismo uporabili povratne dobe nastopa porušitev skalnih gmot kot dodatnega kriterija za določitev meja ogroženih območij, saj ne obstaja dovolj dolg niz podatkov za realno določitev povratne dobe. Nerealni kriterij pa bi lahko pripeljal do zmotnih odločitev, ki imajo zlasti pri določanju ogroženih območij z erozijskimi silami, kamor sodijo porušitve skalnih gmot in snežni plazovi, lahko katastrofalne posledice. Hkrati pa celoten potek od sprožitve do zaustavitve v slovenskih razmerah praviloma traja manj kot minuto, kar onemogoča izvedbo realnega občasnega varstva. Strokovno pravilen je zato le način, ko upoštevamo z dosedanjimi podatki in znanjem najmočnejše predvidljive porušitve skalnih gmot.

Pri podrobnem izločanju območij, ogroženih s porušitveno erozijo, skušamo dodatno zbrati čim točnejše podatke o:

- območju porušenja hribinskih gmot,
- potencialni velikosti padajočega kamenja oz. skal,
- oblikovitosti in rabi tal, po katerem se kotali kamenje oz. skale,
- preteklih škodnih dogodkih (kronika) in
- nemih pričah z njihovo čim podrobnejšo analizo.

Določanje meja območij ogroženosti s porušitveno erozijo poteka na tri načine:

- na osnovi nemih prič določamo meje dosedanjih območij ogroženosti s porušitveno erozijo,
- na osnovi pričakovanega minimalnega kota dosega porušenih skalnih gmot določamo meje pričakovanih območij ogroženosti s porušitveno erozijo,
- z matematičnimi modeli skušamo izračunati pričakovani doseg skalnih zruškov in njihovo energijo.

Preglednica 1: Dosedanji minimalni koti dosega ter dosedanji in pričakovani maksimalni dosegi porušenih skalnih gmot v dolini Trente (Šneberger, 1999)

PORUŠITEV SKALNIH GMOT	DOSEDANJI MINIMALNI KOT DOSEGA (stopinje)	DOSEDANJI MAKSIMALNI DOSEG (m)	PRIČAKOVANI MAKSIMALNI DOSEG (m)
Osojnik	28	531	531
Berebica	28	246	246
Širokec	32	416	484
Kozji breg	34	501	633

Pri primerjavi podatkov, dobljenih s pomočjo vseh treh metod, moramo izbrati najbolj neugodno varianto. Pri porušitvah skalnih gmot ob dejanskih dogodkih ni možno izvajati učinkovitih ukrepov občasnega varstva.

8.5 PRAKTIČNI POSTOPKI IN PRIPOMOČKI ZA DOLOČANJE OBMOČIJ, OGROŽENIH S PORUŠITVENO EROZIJO

V nasprotju s tipičnimi hudourniškimi ali lavinskimi pojavi, ki jih glede njihovih razsežnosti in pogostosti sproščajo in vodijo predvsem klimatski in meteorološki dejavniki, pa za pojave padanja kamenja in skalnih podorov z vidika teh dveh vrst dejavnikov ni moč podati nikakršnih natančnih napovedi. To še zlasti zaradi tega, ker so poleg vremenskih razmer (npr. izmenično zmrzovanje in tajanje), odločujoči za povzročanje in sprožanje padanja kamenja in klad še nadaljnji kompleksni sistemski učinki na strukturo oz. na vezno trdnost oz. na trdnost ostankov veznosti.

Podroben posnetek hribinske ali kamninske strukture služi temeljni predpostavki za kolikor toliko utemeljeno oceno razsežnosti možnega pojava padanja kamenja oz. skalnih podorov. Toda čeravno je s pomočjo strukture večinoma še možno s kolikor toliko zadovoljivo natančnostjo določiti razsežnost nekega pričakovanega pojava, ni – tako kot pri vseh masovnih premikih – možno napovedovati časa njihovega sproženja. Celo namestitev ustreznega merilnega omrežja, ki meri mehanske premike v hribini, je lahko, poleg ostalega, zgolj v pomoč pri opozarjanju na naraščanje nevarnosti. Težko pa so določljivi tudi občasni varnostni ukrepi, kot so cestna zapora ali evakuacija stanovanjskih zgradb.

Na osnovi pridobljenih dodatnih podatkov nato skušamo s pomočjo matematičnega modela izračunati maksimalni doseg padajočega kamenja oz. skal in njihovo energijo.

Startne točke podornih procesov se generirajo v GIS-u z neko razporeditveno zasnovo. Pri tem gre za skalnate površine, ki so bolj strme kot 30 stopinj oziroma v gozdnatih območjih bolj strma kot 35 stopinj. Izhajajoč iz teh startnih točk, se določi tranzitno območje podornih procesov z modeli trajektorij, ki upoštevajo tudi parametre, kot so površinska hrapavost, dušenje s podlago in stanje gozdnatosti. Ovojnice izračunanih podornih poti tvorijo možnosten prostor procesa, tj. podajo s tem možnostno območje podornih odkladnin (Krummenacher, 1996).

V širši uporabi sta dva matematična modela (Krummenacher, 1996):

- Zinggeler + Geotest Simulationmodel,
- Rockfall 5.0 simulationprogram.

Z njima lahko določamo pričakovani doseg skalnih zruškov in njihovo energijo.

Te podatke moramo obvezno korigirati z izsledki že navedene analize nemih prič (6.5.6) v primerih, če so njeni rezultati večji.

Za omejitev in ocenitev verjetnosti nastopanja porušitvenih procesov na območju, ogroženem zaradi padanja kamenja, moramo obvezno uporabiti tudi metodo nemih prič (Kienholz in sod., 1988).

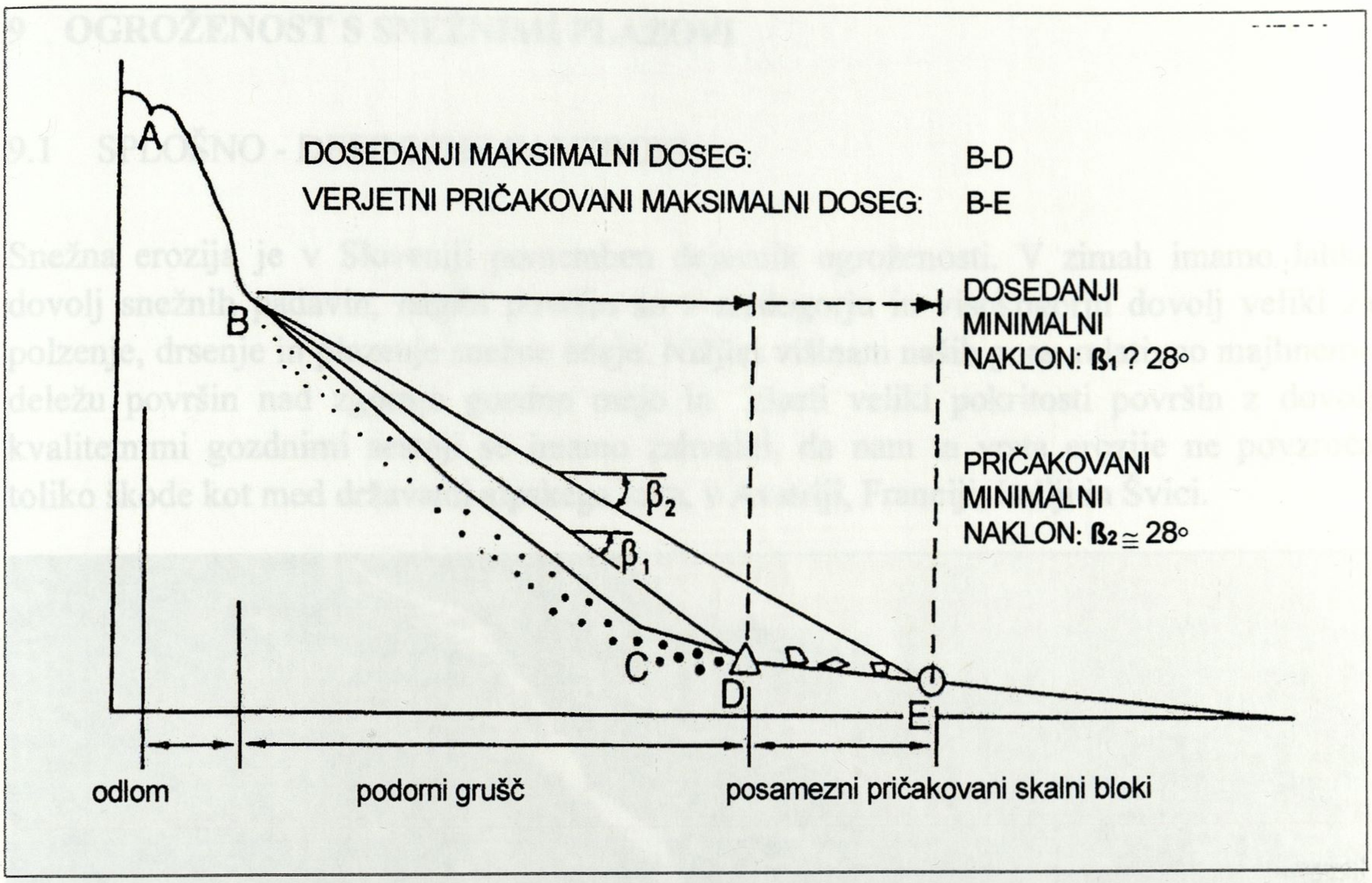
Pravočasno ugotovljena prostornina materiala, ki se lahko poruši, omogoča izračun skrajnega območja vpliva ob morebitnem nastopu porušitvenih procesov.

Ločevanje posamičnih zruškov od podorov na osnovi nemih prič je pogosto težavno, saj kot fenomen ustvarjajo podobne odkladnine matičnega materiala kot melišča.

Pod pobočji pogosto naletimo na obširna odlagališča zdrobljenih matičnih kamenin, nastalih predvsem kot produkt fizikalnega preperevanja in tektonske porušenosti. V tem okviru je težko ločevati melišča od odkladnin večjih skalnih podorov, čeravno nastajajo slednje ob trenutnih porušitvah, medtem ko se grušč v meliščih nabira v daljšem časovnem razdobju. Edini primeren kriterij za ločevanje (čeprav tudi ne povsem zanesljiv) je lahko le velikost gruščnih kosov na odlagališču. Pogosto so lahko območja že zakrita z mlajšim pobočnim gruščem.

Poleg omenjenih matematičnih modelov za določanje obsega in jakosti ogrožanja s porušitveno erozijo si lahko pomagamo z analizo podatkov, ki nam jih dajejo neme priče na območju zastajanja skalnih podorov. Le-ti se glede na oblikovitost pobočja v glavnem odlagajo pod določenim kotom, posamični bloki pa so lahko odloženi tudi nekoliko dlje. Najmanjši kot odlaganja glede na ogroženo pobočje znaša ca. 28° (Slika 56), z njim pa je omejen tudi verjetni maksimalni pričakovani doseg podornih blokov (Moser in Poschinger, 1996).

V Sloveniji je bila v zadnjem času izvedena manjša raziskava o velikosti ogroženih območij zaradi skalnih podorov (Šneberger, 1999). Najpomembnejši rezultati terenskih meritev so minimalni nakloni dosega porušenih skalnih gmot. Dosedanja minimalna naklona dosega skalnih podorov dvojčkov - Osojnika in Berebice sta enaka pričakovanemu minimalnemu naklonu dosega porušenih skalnih gmot. Dosedanja minimalna naklona dosega porušenih skalnih gmot Širokca in skalnega podora Kozji breg pa sta večja od pričakovanega minimalnega naklona dosega, ki ga je ugotovil Moser. Rezultati terenskih meritev štirih porušitev skalnih gmot seveda ne zadostujejo za ugotovitve splošnih zakonitosti dinamike podorov, vseeno pa nakazujejo, da je pričakovani minimalni naklon dosega porušenih skalnih gmot tudi pri nas okrog 28°.



Slika 56: Maksimalni doseg in minimalni naklon dosega porušenih skalnih gmot (Moser in Poschinger, 1996).



Slika 57: Padajoče skale ogrožajo cesto Hrušica – Kranjska Gora, 1999 (foto: A. Horvat).

9 OGROŽENOST S SNEŽNIMI PLAZOVI

9.1 SPLOŠNO - DEFINICIJE IN VZROKI

Snežna erozija je v Sloveniji pomemben dejavnik ogroženosti. V zimah imamo lahko dovolj snežnih padavin, nagibi površin so v sredogorju in visokogorju dovolj veliki za polzenje, drsenje in plazenje snežne odeje. Nižjim višinam naših gora, relativno majhnemu deležu površin nad zgornjo gozdno mejo in zlasti veliki pokritosti površin z dovolj kvalitetnimi gozdnimi sestoji se imamo zahvaliti, da nam ta vrsta erozije ne povzroča toliko škode kot med državami alpskega loka, v Avstriji, Franciji, Italiji in Švici.

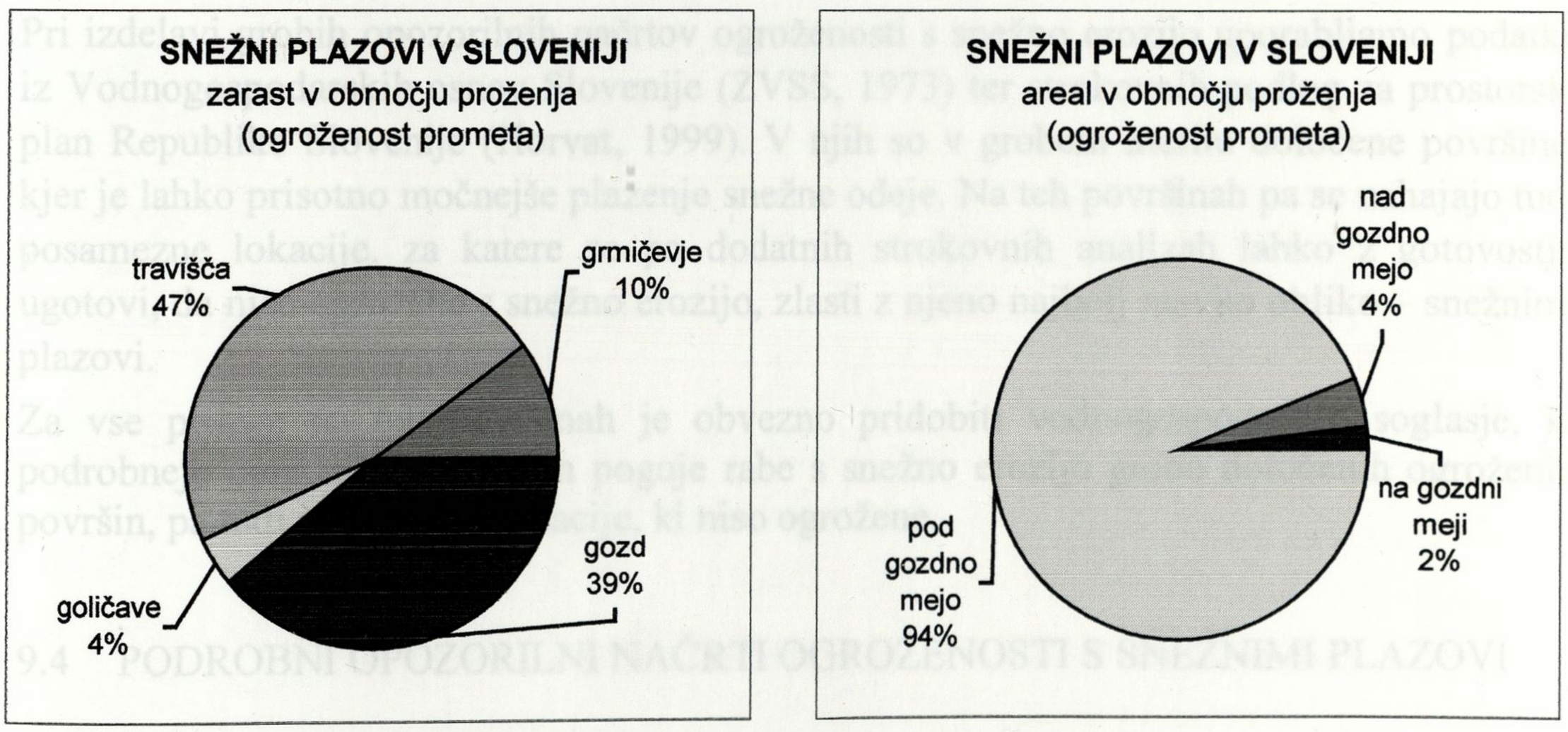


Slika 58: Snežni plaz je zasul za promet odprto cesto Tržič – Ljubelj (foto: F. Mulej).

Kljub temu je bilo pri izdelavi katastra snežnih plazov – najbolj razvite oblike snežne erozije - ugotovljeno bistveno večje število plazov, ki ogrožajo naseljena območja slovenskega prostora, kot je bilo do sedaj znano (Bernot in Šegula, 1983; Horvat, 1996). Obdelano je bilo 1246 plazov. V Sloveniji ogroža magistralne ceste najmanj 89 plazov, regionalne ceste najmanj 275, lokalne ceste najmanj 303 plazovi, gozdne ceste najmanj 29 plazov, stanovanjske objekte najmanj 32, gospodarske objekte najmanj 33, organizirana smučišča najmanj 22, železnico najmanj 19 in daljnovode najmanj 53 plazov (Horvat, 1996).



Slika 59: Snežni plaz v Žetalah v Halozah je leta 1986 terjal zadnjo smrtno žrtev v objektih v Sloveniji (foto: A. Horvat).



Slika 60: Grafična ponazoritev ogroženosti prometa s snežnimi plazovi (Horvat, 1996).

Slovenija je torej s snežnimi plazovi, ki predstavljajo najbolj razvito obliko snežne erozije, bistveno bolj ogrožena, kot so kazali rezultati dosedanjih raziskav.

Analiza snežnih padavin kaže na veliko raznolikost v njihovem nastopanju, trajanju, višini in intenziteti v slovenskem prostoru, zato se tudi katastrofalni pojavi pojavljajo v sorazmerno dolgih, sporadično nastopajočih časovnih obdobjih. Prav taka porazdelitev pojava snežnih plazov, zlasti večjih dimenzij, pa je glavni razlog pogosto omalovažujočega odnosa do občasnega in še zlasti do trajnega varstva pred snežnimi plazovi.

Kar 94 % plazov, ki ogrožajo promet, ter 79 % plazov, ki ogrožajo smučišča, daljnovode, stanovanjske in gospodarske objekte, se proži pod gozdno mejo. Po vmesni ustalitvi plazišč z opornimi objekti in takojšnjem vnašanju ustreznih drevesnih in grmovnih vrst v njihovem zavetju pa gozdni sestoji dolgoročno ponovno v glavnem ustalijo plazovita območja. To pove tudi, da je bila nedomišljena raba prostora glavni vzrok razvoja večine snežnih plazov v območju naseljenega prostora.

Snežni plazovi so erozijski dejavnik, ki s svojim delovanjem omogoča tudi lažji in hitrejši razvoj vodne erozije, saj se najmanj 82 % obravnavanih plazov nahaja na erodibilnih zemljiščih (Horvat, 1995).

9.2 DOLOČANJE OGROŽENOSTI S SNEŽNIMI PLAZOVI

Pri določanju površin, ki jih ogrožajo snežni plazovi, lahko za potrebe domišljenega prostorskega načrtovanja in omejevanja različnih rab tal ravnamo dvostopenjsko:

- grobo ali podrobneje izločimo plazovita območja in območja pogojno stabilne snežne odeje,
- detajlno analiziramo plazovita območja v stalno naseljenem prostoru.

9.3 GROBI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S SNEŽNIMI PLAZOVI

Pri izdelavi grobih opozorilnih načrtov ogroženosti s snežno erozijo uporabljamo podatke iz Vodnogospodarskih osnov Slovenije (ZVSS, 1973) ter strokovnih podlog za prostorski plan Republike Slovenije (Horvat, 1999). V njih so v grobem merilu določene površine, kjer je lahko prisotno močnejše plazenje snežne odeje. Na teh površinah pa se nahajajo tudi posamezne lokacije, za katere se po dodatnih strokovnih analizah lahko z gotovostjo ugotovi, da niso ogrožene s snežno erozijo, zlasti z njeno najbolj razvito obliko – snežnimi plazovi.

Za vse posege na teh površinah je obvezno pridobiti vodnogospodarsko soglasje, ki podrobneje opredeli možnost in pogoje rabe s snežno erozijo grobo določenih ogroženih površin, pa tudi posamezne lokacije, ki niso ogrožene.

9.4 PODROBNI OPOZORILNI NAČRTI OGROŽENOSTI S SNEŽNIMI PLAZOVI

Pri izločanju na podlagi analize naravnih danosti skušamo najprej grobo omejiti območja, kjer lahko pričakujemo nevarnost snežnih plazov. Pri tem analiziramo:

- snežne razmere,
- nagibe površin in
- vegetacijske razmere.

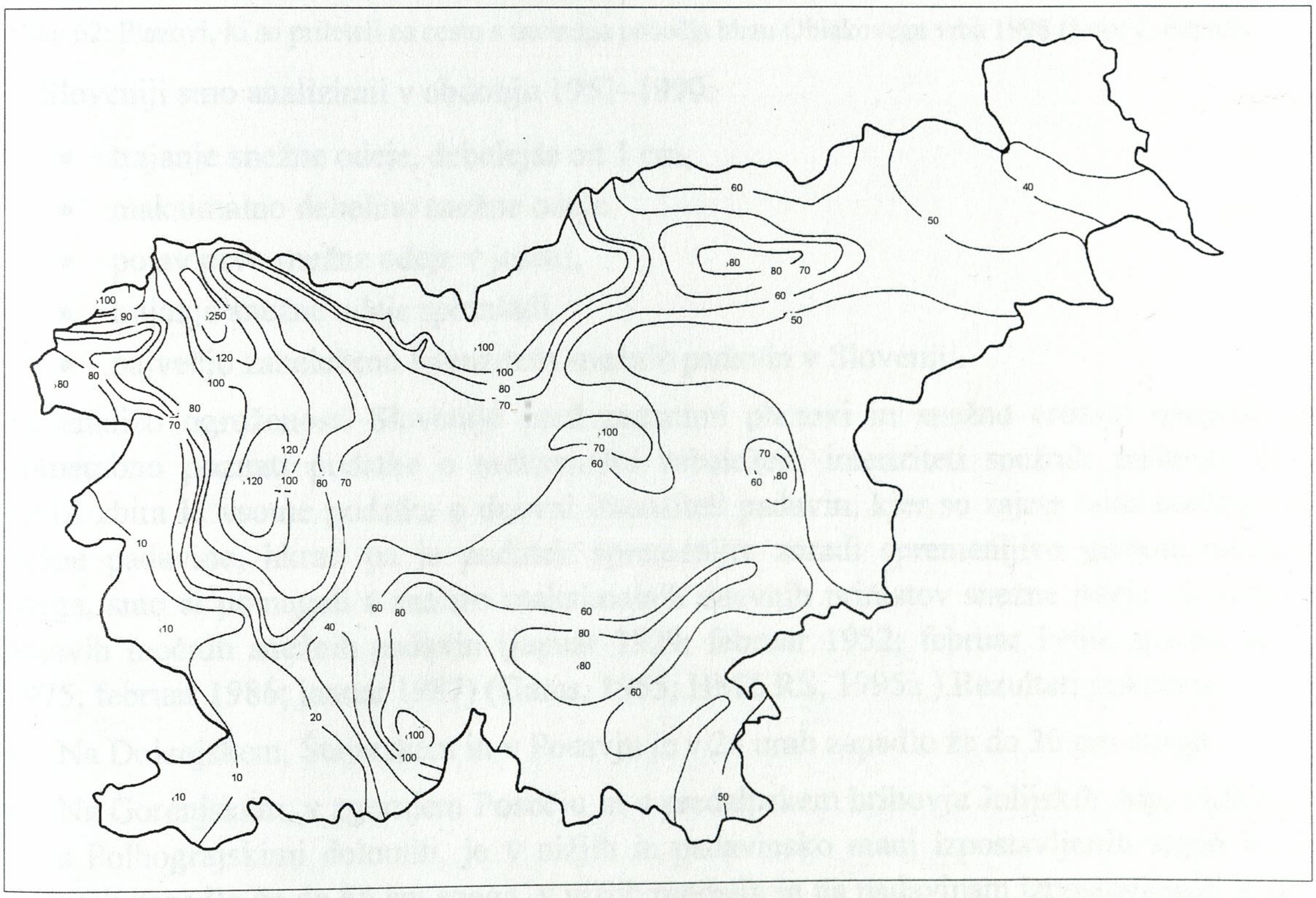
Na osnovi rezultatov posameznih analiz in s prekrivanjem po posameznih dejavnikih na neugodnih površinah izločimo kompleks površin, potencialno ogroženih s snežno erozijo.

Pri tem se moramo zavedati, da gre še vedno za dokaj posplošeno analizo, ki pa vendar že predstavlja zadostne strokovne podlage za osnovno opozorilo pri rabah prostora. Detajlnejša analiza, ob upoštevanju tudi drugih dejavnikov, ki vplivajo na proženje snežnih plazov (oblikovitost in hrapavost terena, ekspozicija, kvaliteta gozdnih sestojev, ogoljevanje ali zaraščanje površin ...) pa nam da natančnejše rezultate za predviden poseg (ali sanacijo).

9.4.1 Snežne razmere

Analiza snežnih razmer bistveno pripomore k odločitvi o potencialni ogroženosti. Analiziramo naslednje parametre:

- zabeleženo maksimalno višino snežne odeje,
- opazovani maksimalni dnevni prirast snežne odeje,
- povprečno dolžino trajanja snežne odeje.



Slika 61: Povprečno število dni s snežno odejo, večjo od 1cm, v obdobju 1951–1990 (Horvat in sod., 1994).

Uporabne podatke za izvedbo grobe presoje ogroženosti nam dajejo podatki iz študije "Ogroženost Slovenije s snežnimi plazovi" (Horvat in sod., 1994).
Sneg kot padavina je znan po vsej Sloveniji. Odvisno od letnega časa, temperaturnih in padavinskih razmer, od nadmorske višine in lege pobočij (ekspozicija) je odvisno njegovo trajanje oziroma čas prvega pojava snega v jeseni in čas njegove dokončne stalitve spomladi.



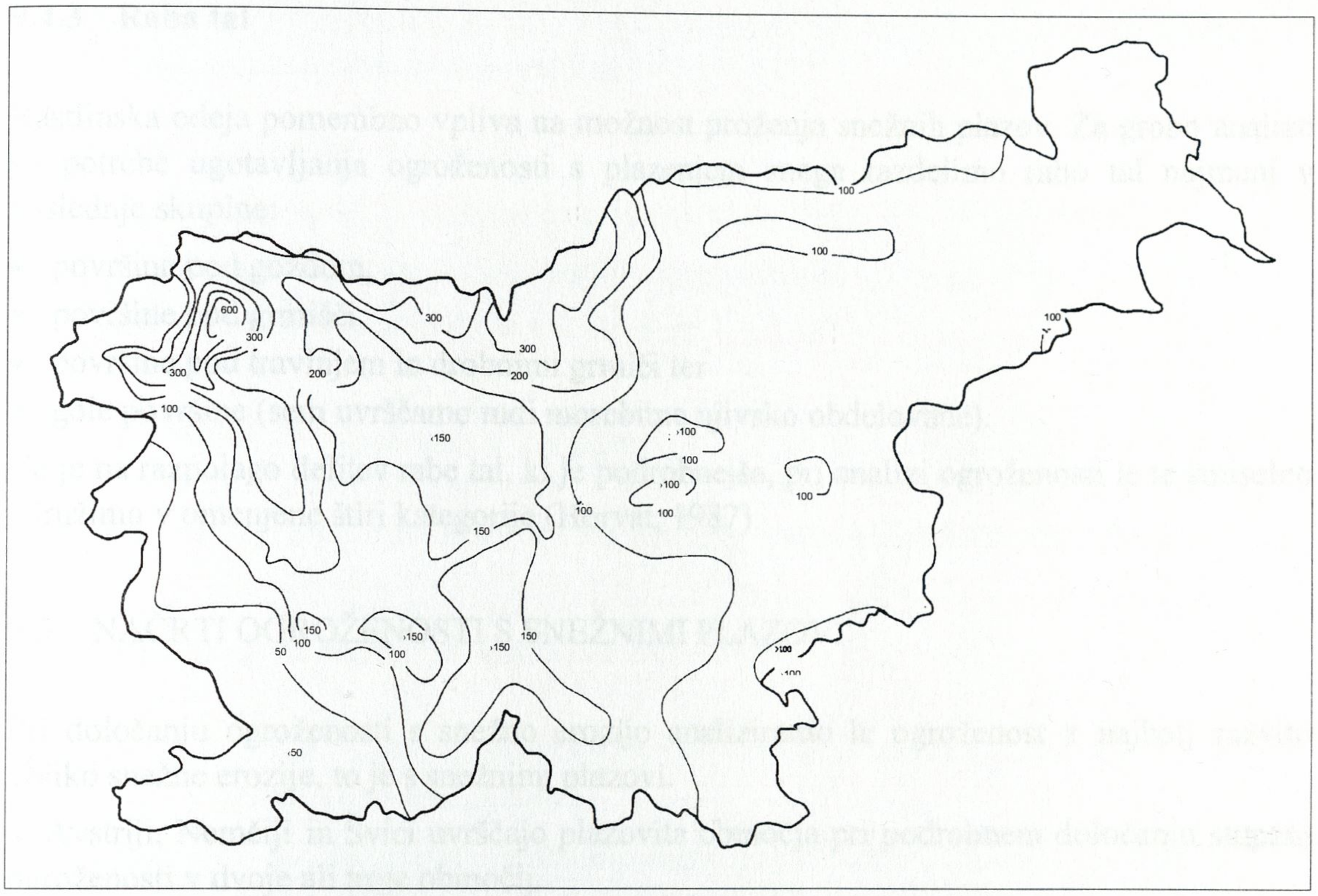
Slika 62: Plazovi, ki so prileteli na cesto s travnega pobočja blizu Oblakovega vrha 1998 (foto: J. Papež).

V Sloveniji smo analizirali v obdobju 1951–1990:

- trajanje snežne odeje, debelejše od 1 cm,
- maksimalno debelino snežne odeje,
- pojav prve snežne odeje v jeseni,
- trajanje snežne odeje spomladi,
- največjo zabeleženo intenziteto snežnih padavin v Sloveniji.

Za analizo ogroženosti Slovenije pred snežnimi plazovi in snežno erozijo nasploh je pomembno poznati podatke o maksimalni zabeleženi intenziteti snežnih padavin. Ker HMZ zbira le vsotne podatke o dnevni intenziteti padavin, kjer so zajete tako snežne kot dežne padavine, hkrati pa je podatek spremenljiv zaradi spremenljive gostote novega snega, smo si pomagali z analizo maksimalnih dnevnih prirastov snežne odeje ob znanih pojavih močnih snežnih padavin (januar 1929; februar 1952; februar 1969; marec, april 1975; februar 1986; januar 1987) (Gams, 1955; HMZ RS, 1995a).Rezultati pokažejo:

- Na Dolenjskem, Štajerskem in v Posavju je v 24 urah zapadlo že do 30 cm snega.
- Na Gorenjskem, v zgornjem Posočju in v predalpskem hribovju Julijskih Alp, vključno s Polhograjskimi dolomiti, je v nižjih in padavinsko manj izpostavljenih legah v 24 urah zapadlo že do 65 cm snega, v višjih predelih in na padavinam izpostavljenih legah pa do 115 cm snega.
- Ker so Kamniško-Savinjske Alpe slabo pokrite z opazovalnimi postajami, lahko s podatki s Krvavca ugotovimo le, da so se najvišje 24-urne snežne padavine gibale najmanj okrog 30 cm, s pridržkom, da je ta ocena z veliko verjetnostjo občutno prenizka (Zupančič, 1997).



Slika 63: Maksimalna višina snežne odeje 1951–1990 (Horvat in sod., 1994).

9.4.2 Nagibi površin

Z analizo nagibov površin lahko v natančnosti, pogojeni z merilom podlag, izločimo površine, ki so dovolj strme, da lahko na njih, ob izpolnjenih še drugih pogojih, pride do splazitev snežne odeje. Kot podlaga nam rabijo rezultati raziskav o značilnostih plazovitih območij, o vplivu nagibov pobočij na proženje plazov (Šegula, 1995). Tako lahko torej razdelimo površine v naslednje skupine:

- z nagibi, večjimi od 60° (58°: 9. kategorija); sneg se običajno že sproti obleti,
- z nagibi med 30° in 50° (29° – 58°: 6., 7., 8. kategorija); snežna odeja ni več stabilna, ob ustreznih ostalih naravnih danostih se sprožajo snežni plazovi; plazovi so pogosti,
- z nagibi med 20° in 29° (4., 5. kategorija); pojavi se počasno plazenje snežne odeje, možni so večji plazovi mokrega snega (Pintar in Zemljič, 1982).

Če nam analiza pokaže, da so možna proženja obsežnejših snežnih plazov na večjih površinah, lahko grobo določimo tudi maksimalna območja zaustavljanja, na podlagi kriterija,da so to površine, ki imajo med 5° in 10° nagiba (5°–9°: 1. kategorija). Pri tej presoji pa moramo biti zelo previdni in še zlasti skrbno analizirati oz. upoštevati zadevno rabo tal.

9.4.3 Raba tal

Rastlinska odeja pomembno vpliva na možnost proženja snežnih plazov. Za grobo analizo za potrebe ugotavljanja ogroženosti s plazenjem snega razdelimo rabo tal najmanj v naslednje skupine:

- površine pod gozdom,
- površine pod grmišči,
- površine pod travinjem in drobnimi grmiči ter
- gole površine (sem uvrščamo tudi morebitne njivsko obdelovane).

Če je na razpolago delitev rabe tal, ki je podrobnejša, pri analizi ogroženosti le te smiselno združimo v omenjene štiri kategorije (Horvat, 1987).

9.5 NAČRTI OGROŽENOSTI S SNEŽNIMI PLAZOVI

Pri določanju ogroženosti s snežno erozijo analiziramo le ogroženost z najbolj razvito obliko snežne erozije, to je s snežnimi plazovi.

V Avstriji, Nemčiji in Švici uvrščajo plazovita območja pri podrobnem določanju stopenj ogroženosti v dvoje ali troje območij.

Podrobnejše izločanje plazovitih območij s ciljem določanja ogroženih con je smiselno v naseljenih območjih. V Sloveniji nam dobro osnovo dajejo rezultati študije "Ogroženost Slovenije s snežnimi plazovi" (Horvat in sod., 1994), ki nam podaja prikaz snežnih razmer ter običajne in maksimalne dimenzije snežnih plazov. Pri podrobnem izločanju pa je maksimalne dimenzije snežnih plazov potrebno še dodatno preveriti in uvrstiti posamezne površine na plaznicah v ustrezne razrede ogroženosti.

9.5.1 Načrti ogroženosti s snežnimi plazovi v Avstriji

V Avstriji uvrščajo plazovite površine v dve vrsti območij (Scheuringer, 2000), označenih kot:

- rdeča območja,
- rumena območja.

Rdeča območja predstavljajo površine, na katerih so pritiski gibajočih se snežnih gmot tako veliki, da lahko močneje poškodujejo in tudi porušijo objekte, lahko pa tam pričakujemo tudi smrtne žrtve.

V rdeča območja uvrščajo površine, na katerih:

- so izračunani pritiski snežnega plazu $p \geq 10$ kN/m^2,
- so pogosto (najmanj 1-krat v obdobju 1–10 let) pritiski plazu $1 < p < 3$ kN/m^2,
- je izračunana maksimalna debelina plazovine $T \geq 1{,}5$ m in
- je pogosto debelina plazovine $T \geq 0{,}5$ m.

BF Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
GOZDARSKA KNJIŽNICA
Večna pot 2
LJUBLJANA
Gozdarski inštitut Slovenije

Rumena območja predstavljajo plazovite površine, na katerih je možna gradnja ob upoštevanju ustrezne protilavinske zaščite.

Vanje uvrščajo površine, na katerih:

- so izračunani pogosti ali redki pritiski (p) snežnih plazov $1 < p < 10$ kN/m^2,
- je pričakovana maksimalna debelina (T) plazovine $0{,}2 < T < 1{,}5$ m in
- je pogosto debelina plazovine $0 < T < 0{,}5$ m.

V Avstriji določajo ogroženost s snežnimi plazovi na pričakovane dogodke s povratno dobo 150 let. Po naravnih nesrečah v letu 1999 so v Avstriji mejo med rdečimi in rumenimi območji znižali od 30 kN/m^2 na 10kN/m^2 pritiska (Scheuringer, 2000).

9.5.2 Načrti ogroženosti s snežnimi plazovi v Švici

Po de Quervainu (De Quervain, 1975) definirajo nevarnost snežnih plazov v Švici na karti ogroženosti z dvema številoma, in sicer:

- z v neki točki pričakovanim pritiskom p snežnega plaza, izraženim v kN/m^2 in
- s srednjo frekvenco f (na leto), s katero je ta pritisk dosežen ali prekoračen, oz. s srednjo povratno dobo W (let), pri čemer je W = 1/f.

Srednja frekvenca oziroma povratna doba pa se ne nanaša na vsesplošno lavinsko aktivnost v posameznem plazu, temveč na pričakovani učinek pritiska v obravnavani točki plazine. Odvisna je, na skrajno kompleksen način, od meteoroloških in topografskih vplivov ter od dinamike gibanja snežnih plazov.

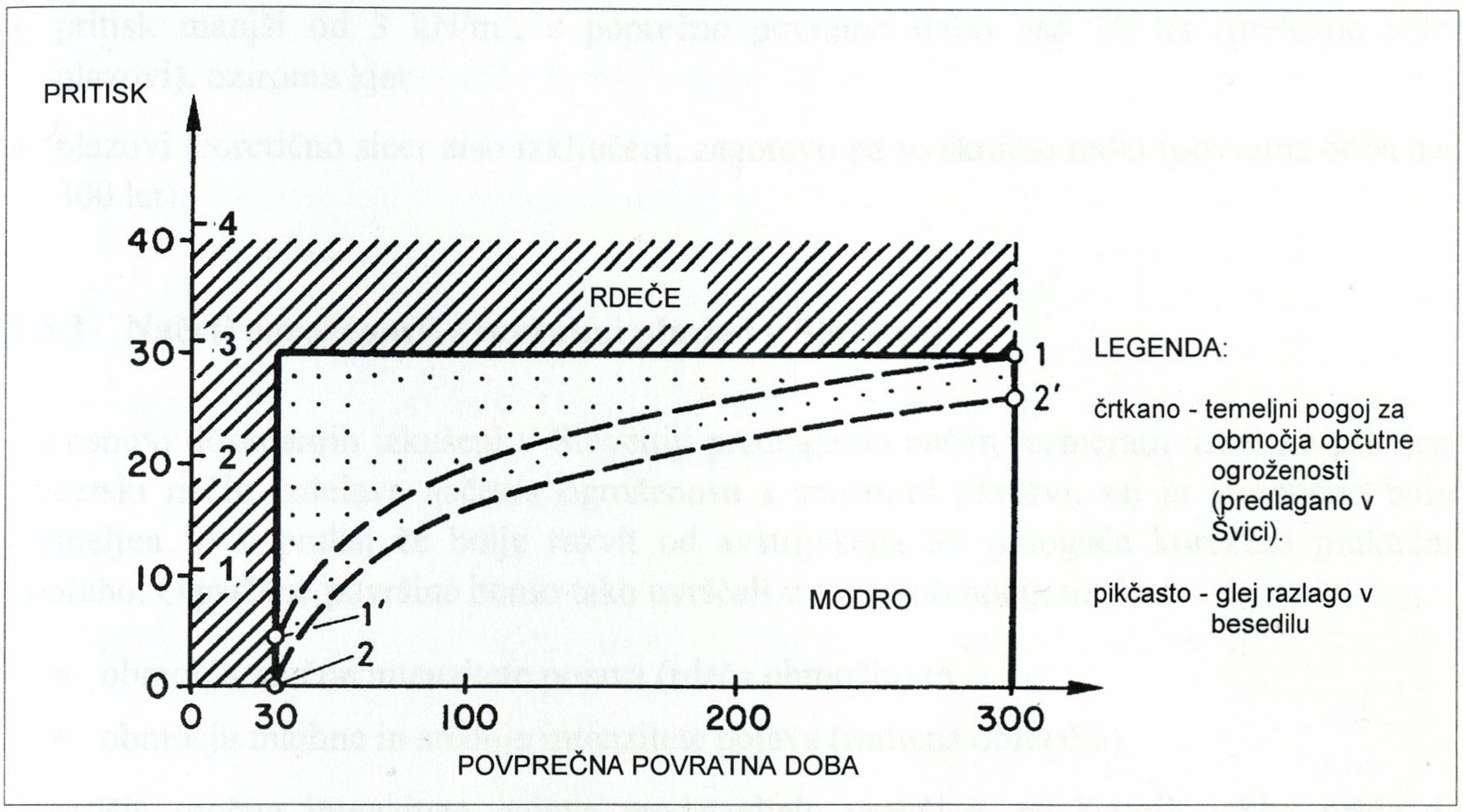
Za neko izbrano mesto lahko velja mnogo vrednostnih parov razmerja tlak/frekvenca (povratna doba), na primer:

- P > 30 kN/m^2, W povprečno 300 let,
- P < 20 kN/m^2, W povprečno 150 let itd.

Na terenu se te vrednosti na splošno stalno spreminjajo od kraja do kraja, kar pa ne izključuje možnosti, da ne bi mogli vidnejši objekti (skalne kope ipd.) oblikovati ostrih lavinskih senc (De Quervain, 1975).

Glede na pritiske in frekvenco snežnih plazov uvrščajo v Švici plazovite površine v naslednja območja:

- rdeča območja - območja občutne ogroženosti,
- modra območja - območja srednje ogroženosti,
- rumena območja - območja neznatne ogroženosti,
- bela (neobarvana) območja - območja brez vplivov snežnih plazov.



Slika 64: Gradacija ogroženosti po snežnih plazovih glede na njihov tlačni učinek in povratno dobo (prirejeno po De Quervainu, 1975).

Kot rdeča območja se določijo površine, kjer lahko pride do uničenj objektov ali njihovih delov. Smrtne žrtve je pričakovati tudi v objektih. To so površine, kjer je:

- pritisk snežnega plazu 30 kN/m^2 ali več, s povprečno povratno dobo do 300 let, ali pa
- je pritisk snežnega plazu manjši kot 30 kN/m^2, a s povprečno povratno dobo do 30 let, ki je upoštevana kot nedopustna pogosta motnja z manjšimi, vendar pogostejšimi plazovi, ki ogrožajo predvsem osebe zunaj stavb.

Modra območja prekrivajo površine, kjer ni pričakovati uničenj objektov ali njihovih delov, če so le zgrajeni skladno z zahtevanimi protilavinske zaščite, zato so za gradnjo pogojno uporabljiva. Določena nevarnost obstaja za osebe zunaj objektov, ki pa jim je možno zagotoviti varnost z ustreznimi ukrepi občasnega varstva, zlasti še s pravočasno prepovedjo (zaporo) dostopa na ogrožene površine.

Modra območja so površine, kjer:

- znaša tlak plaza od 3 do 30 kN/m^2, s povratno dobo od 30–300 let,
- ali pa se pojavljajo pršni plazovi s pritiski < 3 kN/m^2 in povratnimi dobami, krajšimi od 30 let.

Kot rumena območja se določijo plazovita območja, kjer uničenja objektov niso verjetna. Gradnja objektov je dovoljena brez izpolnjevanja posebnih pogojev o izvedbi protierozijske zaščite. Za osebe, ki se gibajo na prostem, je možno zagotoviti varnost z ustreznim zapiranjem prometnic v času trajanja nevarnosti.

Rumena območja predstavljajo površine, kjer je:

- pritisk manjši od 3 kN/m^2, s poprečno povratno dobo nad 30 let (pretežno pršni plazovi), oziroma kjer
- plazovi teoretično sicer niso izključeni, zagotovo pa so skrajno redki (povratna doba nad 300 let).

9.5.3 Načrti ogroženosti s snežnimi plazovi v Sloveniji

Na osnovi dosedanjih izkušenj v Sloveniji predlagamo našim razmeram ustrezno prirejeni švicarski način izdelave načrtov ogroženosti s snežnimi plazovi, saj je teoretično bolje utemeljen in v praksi že bolje razvit od avstrijskega ter omogoča korektno praktično uporabo. Ogrožene površine bomo tako uvrščali v dvoje območij, in sicer:

- območja močne intenzitete pojava (rdeča območja) in
- območja majhne in srednje intenzitete pojava (rumena območja).

Območja močne intenzitete pojava predstavljajo površine, na katerih lahko pride do uničenj objektov ali njihovih delov. V objektih je pričakovati tudi smrtne žrtve. To so površine, kjer doseže pritisk snežnega plazu 30 kN/m^2 ali več.

V območja majhne in srednje intenzitete pojava pa bomo uvrščali površine, kjer ni pričakovati uničenj objektov ali njihovih delov, če so le zgrajeni skladno z zahtevanimi protilavinskimi pogoji, t.j. da so arhitekturno oblikovani in statično dimenzionirani tako, da zdržijo obremenitve do 30 kN/m^2. Zato so te površine za gradnjo pogojno uporabne. Določena nevarnost sicer obstaja za osebe zunaj objektov, vendar jim je možno zagotoviti varnost z ustreznimi ukrepi občasnega varstva, zlasti s pravočasno zaporo dostopa na ogrožena območja. Pričakovani pritiski snežnih plazov v teh območjih se gibljejo od 3 do 30 kN/m^2.

Pričakovani pritisk snežnih plazov je bil izbran kot ključni kriterij, od katerega so odvisne posledice delovanja snežnih plazov na objekte. Meje pričakovanih pritiskov na posameznih območjih so izbrane skladno s konstrukcijskimi lastnostmi primerno grajenih objektov na ogroženih območjih in so vsebinsko primerljive s švicarskimi. V Avstriji so po katastrofalnih snežnih plazovih na Tirolskem leta 1999, namesto da bi analizirali napake pri določanju s snežnimi plazovi ogroženih območij in neustreznosti pri gradnji v rumenih območjih ogroženosti, zelo znižali meje pričakovanih pritiskov v rdečih območjih. S tem pa so postavili upravne (administrativne) namesto strokovne meje, zato jih pri pripravi predloga za izločanje s snežnim plazovi ogroženih območij v Sloveniji nismo upoštevali.

V Sloveniji nismo uporabili povratne dobe snežnih plazov kot dodatni kriterij za določitev meja ogroženih območij, saj ne obstaja dovolj dolg niz podatkov za realno, strokovno utemeljeno določitev povratne dobe. Nerealni kriterij pa lahko pripelje do zmotnih odločitev, ki imajo zlasti pri določanju ogroženih območij z erozijskimi silami, kamor sodijo tudi snežni plazovi, lahko katastrofalne posledice. Hkrati pa celoten potek od sprožitve do zaustavitve v slovenskih razmerah praviloma traja manj kot minuto, kar

onemogoča realno izvedbo občasnega varstva. Strokovno pravilen je zato le način, ko upoštevamo z dosedanjimi podatki in znanjem določljive najmočnejše predvidljive snežne plazove.

V primerjavi s sosednjimi državami ima Slovenija malo naseljenih območij, ki jih snežni plazovi neposredno ogrožajo. Poleg uporabljene "zdrave kmečke pameti", velike gozdnatosti naše dežele, sonaravnega in raznodobnega gospodarjenja z gozdovi so k temu pripomogla tudi ustrezna mnenja in posredovanja hudourničarskih strokovnjakov v preteklosti, zlasti še po lavinsko katastrofalnem letu 1952. V slovenskem prostoru moramo tudi v prihodnje uveljavljati strogo prepoved gradnje na ogroženih območjih, saj je to edini način za doseganje zadostne varnosti.

Zato lahko obravnavamo celotna območja plaznic kot prepovedana območja za trajne človekove posege. Le v redkih, izjemnih primerih bi namreč lahko s podrobnejšo analizo razmejili plaznico v območja močne in v območja srednje in majhne intenzitete pojava z uporabo opisanih kriterijev.

9.6 PRAKTIČNI POSTOPKI IN PRIPOMOČKI ZA DOLOČANJE OBMOČIJ OGROŽENIH, S SNEŽNIMI PLAZOVI

9.6.1 Uporaba izsledkov študije " Ogroženost Slovenije s snežnimi plazovi"

Na osnovi študije "Ogroženost Slovenije s snežnimi plazovi" (Horvat in sod., 1994) je bil izdelan kataster snežnih plazov Slovenije. Na podlagi terenskih podatkov ter podatkov iz starega katastra (Gams, 1955; Bernot in Šegula, 1983; Šegula, 1989), je bilo opisanih, kartiranih (v merilih 1 : 10.000, 1 : 50.000 in 1 : 400.000) in računalniško obdelanih 1246 plazov. Za vsak evidentiran plaz je izpolnjen obrazec (Slika 65), v katerem so podrobneje obdelani podatki o vseh treh delih plaznice (oblika, zarast, stabilnost in plodnost zemljišč, prostor, stanje – obseg ter ekspozicija), podatki o ogrožanju prometa in raznih objektov ter o pogostosti plazu. Kataster je potrebno stalno dopolnjevati in izpopolnjevati.

Plaznice so podane v grafični in tabelarični obliki, in sicer za namene urejanja prostora v merilu 1 : 10.000, za potrebe zaščite in reševanja pa v merilu 1 : 50.000. Pregledni prikaz je izdelan tudi v merilu 1 : 400.000. Vsi prikazi so v digitalizirani obliki, pripravljeni za delo na računalniškem orodju ArcView. Podana je tudi ocena škod, ki jih povzročajo snežni plazovi.

Informacije o snežnih plazovih, ki ogrožajo stanovanjske in gospodarske objekte, smučišča ter prometnice, smo zbirali s terenskim opazovanjem, pri katerem so se nam priključili številni poznavalci lokalnih razmer. Tudi vsi podatki iz preliminarnega katastra so bili ponovno terensko preverjeni in ustrezno dopolnjeni ali popravljeni. V pregledu smo zajeli tudi nekatere druge snežne plazove v naseljenih območjih, kar predstavlja že delno razširitev območja obdelave v smeri celovitega analiziranja plazovitih zemljišč v Sloveniji.

POROČILO O PLAZNICI

Zap. št. :_____ TTN :_____ Interna št. v TTN :_____
Občina (Upravna enota):_____ Šifra :_____ Naselje :_____
Hidrosistem :_____ Šifra :_____ Km :___
Cesta :_____ Šifra :_____ Km :___
Ožja lokacija (ime plazu) :_____
Centroid Y :_____ X :_____

VIDIK	mer. enota	proženje	pogosti obseg	maksimalni obseg
Nadmorska višina	m.n.m.			
Višinska razlika	m			
Povprečni nagib	st.			
Dolžina plaznice	m			
Površina plaznice	ha			
		proženje	**gibanje**	**zastajanje**
Oblika plaznice		**01** pobočna **02** jarkasta **03** pahljačasta	**01** pobočna **02** jarkasta **03** pahljačasta	**01** pobočna **02** jarkasta **03** pahljačasta **04** vršajna
Zarast		**01** goličave **02** travišča **03** grmičevje **04** gozd	**01** goličave **02** travišča **03** grmičevje **04** gozd	**01** goličave **02** travišča **03** grmičevje **04** gozd
Stabilnost zemljišč		**01** neerodibilna **02** erodibilna **03** plazljiva	**01** neerodibilna **02** erodibilna **03** plazljiva	**01** neerodibilna **02** erodibilna **03** plazljiva
Plodnost zemljišč		**01** plodna **02** mešana **03** neplodna	**01** plodna **02** mešana **03** neplodna	**01** plodna **02** mešana **03** neplodna
Areal		**01** nad gozdno mejo **02** na gozdni meji **03** pod gozdno mejo	**01** nad gozdno mejo **02** na gozdni meji **03** pod gozdno mejo	**01** nad gozdno mejo **02** na gozdni meji **03** pod gozdno mejo
Stanje plaznice (obseg)		**01** se krči	**02** nespremenjen	**03** se veča
Ogroženost prometa		**01** magistralnih cest **02** regionalnih cest	**03** lokalnih cest **04** gozdnih cest	**05** žel. prometa
Ogroženost (prevladujoča)		**01** kmetijskih zemljišč **02** gozdnih sestojev	**03** smučišč **04** daljnovodov	**05** stan. objektov **06** gosp. objektov
Ekspozicija		**01** J **02** JZ **03** JV	**04** Z **05** SZ **06** V	**07** SV **08** S
Pogostost		**01** pogosti (1–2 leti) **02** občasni (2–10 let)	**03** redki (10 – 25 let) **04** zelo redki (25 – 50 let)	**05** izjemni (nad 100 let)
Opombe				

Slika 65: Poročilo o plaznici, izdelano za potrebe evidentiranja snežnih plazov (Horvat in sod., 1994).

Vsako plaznico smo vrisali v temeljni topografski načrt v M 1:10.000 in jo tudi ustrezno opisali. Njena lokacija je določena s centroidom, s čemer je vezana na osnovni geodetski sistem. Vsak plaz ima zaporedno številko, označeno je tudi, v kateri karti temeljnega topografskega načrta je. Poleg teh podatkov je pri vsakem plazu definirana občina, oziroma upravna enota, v kateri je plaz. Vsaka občina ima podano šifro po enotnem šifrantu, prav tako pa je definirano naselje, ki je najbližje plazu. Vsak plaz je lociran tudi glede na hidrosistem in njemu ustrezno šifriran. Plazovi, ki dosegajo ceste, so vezani na cestni sistem in sta za vsako cesto podana njen rang ter najbližji naselji, ki ju ta cesta povezuje. Tako pri hidrosistemu kot pri cestnem omrežju je označena tudi ustrezna stacionaža lokacije plazu. S tem smo zagotovili navezave na različne podatkovne baze (katastre, evidence, ipd.), ki jih vodijo različni uporabniki prostora.

Za vsako plaznico so definirane še naslednje bistvene značilnosti:

- določena je nadmorska višina, in sicer za območje proženja, za obseg običajnega in obseg maksimalnega plazu;
- izračunana je višinska razlika, in sicer za njegov običajni in maksimalni doseg;
- izračunan je povprečni nagib plaznice, in sicer za njen običajni in maksimalni doseg, prav tako sta določeni njena dolžina in površina za oba dosega;
- njena oblika; razdelili smo jo v tri kategorije: pobočno, jarkasto (tudi koritasto) in pahljačasto, ki jih definiramo tako v območju proženja kot v območju gibanja in zastajanja plazu; pobočni plaz je tisti, ki teče po širšem pobočju, ne da bi bil usmerjen v neke izrazite erozijske jarke, jarkasti plaz teče po nekem osnovnem erozijskem jarku, pahljačasta plaznica pa je tista, pri kateri se več ponavadi manjših jarkov pahljačasto združuje v skupni erozijski jarek; poleg teh pa se včasih v območju zastajanja izoblikuje še vršajna oblika, ker se plazovina v izteku razporedi tako, da spominja na hudourniški vršaj;
- zarast oziroma pokrovnost površin z rastlinsko odejo, tako v območju proženja kot v območju gibanja in zastajanja plazu; zarast smo razdelili v štiri kategorije, katerih vsaka po svoje bistveno vpliva na dinamiko proženja snežnih plazov oz. na stabilnost snežne odeje; te kategorije so goličave, travišča, grmičevje in gozd (pojmi so splošno znani in jih zato z vidika vplivanja na proženje plazov posebej ne opredeljujemo); pri obravnavanju snežne erozije pa velja poudariti, da razno drobno grmičevje, kot so sleči, borovničevje, brusničevje in podobno rastje, nima enakega stabilizacijskega učinka kot višje grmovje, zato smo take površine uvrstili med travišča;
- konsolidiranost zemljišč na vsaki plaznici, tako v območju proženja kot v območju gibanja in zaustavljanja plazu; zemljišča smo v vseh treh območjih razdelili v tri kategorije, in sicer v neerodibilna, erodibilna in plazljiva: neerodibilna zemljišča so tista, katerih sestava je takšna, da se zelo težko razvijejo erozijski procesi oz. da potekajo z nam tako rekoč nezaznavno hitrostjo; erodibilna so tista, na katerih lahko snežna erozija povzroči napredujoče erozijske procese, povečanje spiranja, prenašanja in odlaganja erozijskega drobirja; plazljiva pa so tista območja, na katerih je delujoče plazenje hribinskih mas;
- rodovitnost zemljišč: tako v območju proženja kot gibanja in zastajanja snežnih plazov smo zemljišča razdelili v tri kategorije, in sicer plodna, nerodovitna in mešana, slednja so tam, kjer se na plaznici obe kategoriji mešata;
- prostor: za vsa tri območja smo določili, ali so nad gozdno mejo, na njej ali pod njo;

- obseg plaznice: ali je nespremenjen, ali se veča ali pa se snežni plazovi zaradi različnih vzrokov niso že dalj časa pojavili na tem predelu in se plaznica krči;
- ogroženost prometa: določili smo, kakšno prometnico posamezen plaz ogroža; pri tem smo prometnice razdelili na magistralne, regionalne, lokalne in gozdne ceste ter železnico; podatke smo jemali iz obstoječih katastrov prometnic, s tem da pri gospodarjenju z gozdovi dejansko ni popolnoma jasno, katera cesta je lokalna in katera je gozdna cesta v pravem pomenu besede; zato smo se odločili, da so tiste gozdne ceste, ki rabijo tudi povezavi posameznih zaselkov ali domačij z dolino, tako rekoč lokalne ceste in jih je potrebno iz vidika zaščite tako tudi pojmovati;
- pri plazovih, ki se pojavljajo na posameznih plaznicah, smo tudi določili, kaj poleg prometnic še ogrožajo; prevladujočo ogroženost smo uvrstili v šest kategorij: določili smo, ali prevladujoče ogrožajo kmetijska zemljišča, gozdne sestoje, smučišča, daljnovode, stanovanjske ali gospodarske objekte;
- pri vsakem plazu smo določili tudi njegovo ekspozicijo, s tem, da smo jo razdelili v osnovnih 8 kategorij glede na strani neba;
- plaznice smo glede na pogostost proženja snežnih plazov razdelili v pet kategorij, kot je to v navadi v mednarodni klasifikaciji (Perla in Martinelli, 1978):
  - pogoste plazove, ti se prožijo v obdobju enega do dveh let,
  - občasne, ki se prožijo v obdobju dveh do desetih let,
  - redke, ki se prožijo v obdobju desetih do petindvajsetih let,
  - zelo redke, ki se prožijo v obdobju petindvajsetih do stotih let,
  - izjemne, ki se prožijo v obdobju nad sto let.

Pogostost snežnih plazov smo določili na podlagi evidentiranih podatkov o njihovem proženju ter na podlagi vegetacijskih znakov, ki dokaj podrobno opredeljujejo posamezne kategorije snežnih plazov (Horvat, 1987). Neme priče, zlasti podatki o rabi tal, so nam tudi pomagali določiti običajni in maksimalni obseg posamezne plaznice. Kot že omenjeno, smo meje posameznih plaznic vrisovali na karte 1: 10.000, kasneje pa so bile izdelane še pregledne karte v merilu 1: 50.000 oz. 1: 400.000. Na teh kartah smo označili meje plazov, in sicer običajnih in maksimalnih do danes zaznanih oz. predvidljivih. Območje proženja se pri plazovih tako rekoč ne razlikuje, če gre za običajne ali maksimalne plazove. Razlike se kažejo v glavnem v velikosti območja njihovega zastajanja, ki se spreminja. Običajno in največjo predvidljivo razsežnost plazov smo definirali v kartnem materialu. Njihovih razsežnosti glede na vmesne povratne dobe zaradi bistveno preskromnih podatkov v tem pregledu nismo obravnavali. Ob načrtovanju protilavinskih ukrepov na pomembnejših plaznicah bo potrebno izvesti dodatna opazovanja in označiti na kartah podrobnejših meril še meje plazov različnih povratnih dob na posameznih plaznicah.

Pri nekaterih plazovih, zlasti v sredogorju in na travnatih območjih, ni bistvene razlike med pogostim in maksimalnim obsegom, saj se prožijo stalno pri določeni količini snega in nimajo možnosti zavzeti večji obseg. Pri teh plazovih je označena samo ena meja območja zastajanja, ki velja tako za običajne kot tudi za plazove maksimalnih dimenzij.

Ob izdelavi študije smo naleteli na precejšnje težave pri definiranju lege posameznih plaznic, saj so TTN 1:10.000 v hribovitih gozdnatih predelih precej pomanjkljive (zamenjane ali neoznačene grape, grebeni, jarki, ipd.), od leta 1975 pa v teh predelih v glavnem tudi še niso bile reambulirane, kar se še zlasti kaže v pomanjkljivi evidenci gozdnih prometnic na TTN.

Omenjena študija nam omogoča dokaj natančno določanje površin, ki jih ogrožajo snežni plazovi, hkrati pa podaja serijo podatkov, na osnovi katerih je možno kvalitetno izvesti še detajlnejše določanje plaznic.

Podatke iz študije je pri podrobnem določanju ogroženosti potrebno dopolniti zlasti z:

- dodatno preveritvijo maksimalnih dimenzij snežnih plazov z uporabo metod, opisanih v poglavju 9.6.2.2,
- razmejitvijo plaznic v območja močne, oziroma majhne in srednje intenzitete pojava; pri tem uporabljamo metode razmejevanja plaznic v območja različne intenzitete ogroženosti, ki jih je uvedel De Quervain (De Quervain, 1975).

Izračunavanja, ki morajo biti vedno znova preverjana in preizkušana na opazovanih plazovih, rabijo predvsem temu, da se z naključnimi vzorci preveri karta ogroženih območij glede skladnega obravnavanja, zajamejo doslej neopazovani potencialni plazovi in izvedejo ekstrapolacije na skrajne razmere (De Quervain, 1975).

9.6.2 Določanje maksimalnih dosegov in pričakovanih pritiskov snežnih plazov

9.6.2.1 Topografska statistična metoda določevanja dosega snežnih plazov

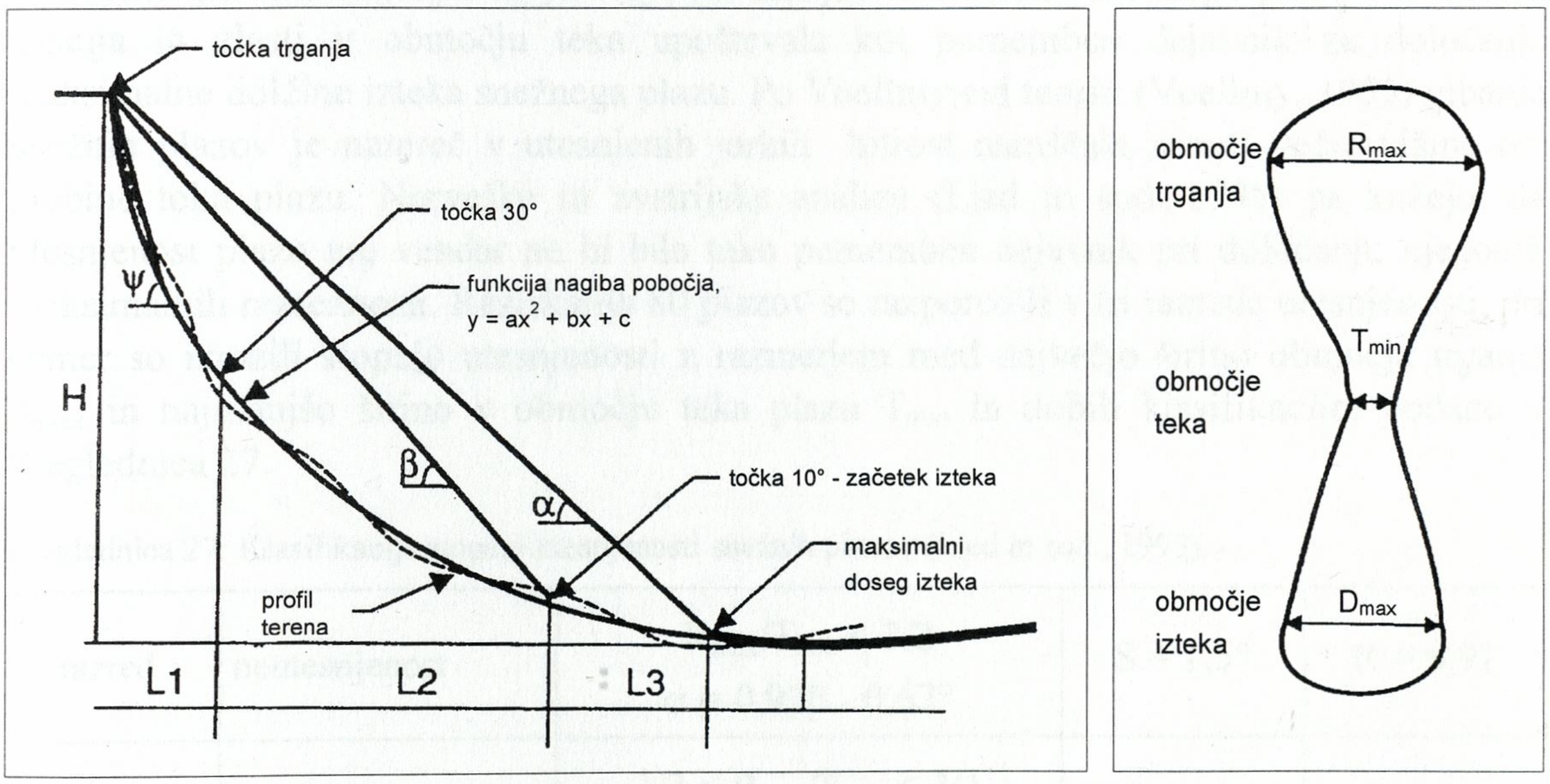
Poleg podatkov iz katastra snežnih plazov in podatkov o dosedanjih njihovih ekstremnih razsežnostih, ki nam jih kažejo različne neme priče v okolju, lahko za določanje maksimalnih razsežnosti snežnih plazov tudi v Sloveniji uporabimo topografsko statistično metodo, ki jo je za ta namen razvil Norveški geotehniški inštitut (NGI) (Norem in Bakkehøi, 1992). Kasneje so jo uspešno preizkusili tudi v avstrijskih Alpah, čeravno so tam klimatske in topografske razmere različne kot v Skandinaviji; so pa zlasti podatki iz južnega dela Alp, iz Koroške, primerljivi s podatki iz Slovenije.

Zato utemeljeno pričakujemo, da je to metodo možno primerno uporabiti tudi v Sloveniji. Uporabili naj bi karto v merilu 1 : 10.000, ki je običajna za določanje con ogroženosti v hribovitih območjih. Upoštevati bi morali naslednje izbrane dejavnike (Slika 66) (Lied in sod., 1995):

- povprečen padec plaznice α (°),
- povprečen padec teka snežnega plazu β (°),
- nagib v območju trganja snežnih plazov θ (°),

- celotno višinsko razliko med območjem trganja in koncem območja izteka H (m),
- maksimalno širino napoke v območju trganja plazov R_{max} (m),
- minimalno širino območja teka med območjem trganja in območjem izteka snežnega plazu T_{min} (m),
- največjo opazovano širino odložene plazovine v območju izteka D_{max} (m),
- horizontalno dolžino območja trganja L_1 (m),
- horizontalno dolžino območja teka plazu L_2 (m),
- horizontalno dolžino območja zaustavljanja L_3 (m),
- razmerje dolžina – širina v območju trganja L_1: R_{max},
- drugi odvod funkcije nagiba pobočja y".

Opisani parametri so v nadaljevanju grafično prikazani (Slika 66).



Slika 66: Določitev terenskih parametrov v podolžnem prerezu in tlorisu (prirejeno po: Lied in sod., 1995).

Spremenljivka β (povprečni padec plazu v območju gibanja) je prevladujoči faktor za predvidevanje kota α oz. maksimalnega dosega snežnega plazu. Ta parameter je bil izbran zato, da poda poenostavljeni opis poti snežnega plazu, saj je očitno, da je kot α v določeni meri povezan s kotom splošnega nagiba snežnega pobočja. Ozka povezava med kotoma α in β dokazuje, da je terenski profil plaznice pomemben parameter za določanje maksimalne razsežnosti snežnega plazu, še zlasti v dolžino.

Regresijska analiza, izdelana za razmere v Avstriji, je pokazala naslednjo odvisnost (Lied in sod., 1995):

$$\alpha = (0{,}946 \times \beta) - 0{,}83^{o}$$

$$R = 0{,}96, \qquad S = 1{,}5^{o}$$

Pri tem je L_3 (Lied in sod. 1995) enakovreden parameter maksimalnemu dosegu izteka S (De Quervainu, 1975), izračunanem v stopinjah nagibnega kota izteka.

Avtorji so analizirali tudi 21 neodvisnih kombinacij 11 terenskih parametrov in tudi iz tega izvedli regresijsko analizo. Po tej analizi jebilo ugotovljeno, da je:

$$\alpha = (0{,}97 \times \beta) - (0{,}7 \times 10^{-1} \times \theta) - (0{,}32 \times 10^{-1} \times y'') + (0{,}6 \times 10^{-6} \times H \times y'' \times \theta) + 1{,}54°$$

R = 0,97

S = 1,3°

kjer sta: R = korelacijski koeficient; S = standardna deviacija.

Ugotovitve so nekoliko boljše od rezultata, ki izhaja iz dvoparametrskega modela. Kot je iz enačbe jasno razvidno, imajo pomembno vlogo pri določanju maksimalnih dolžin iztekov snežnih plazov samo parametri, ki so v ozki povezavi s podolžnim profilom plaznice (Lied in sod., 1995).

V dosedanjih razmišljanjih se je večja ali manjša utesnjenost snežnega plazu v območju trganja in zlasti v območju teka upoštevala kot pomemben dejavnik za določanje maksimalne dolžine izteka snežnega plazu. Po Voellmyjevi teoriji (Voellmy, 1955) gibanja snežnih plazov je namreč v utesnjenih jarkih hitrost naraščala zaradi večje višine oz. globine toka plazu. Norveške in avstrijske analize (Lied in sod., 1995) pa kažejo, da utesnjenost plazu naj vendar ne bi bila tako pomemben dejavnik pri določanju njegovih maksimalnih razsežnosti. Raziskanih 80 plazov so razporedili v tri razrede utesnjenosti, pri čemer so izrazili stopnjo utesnjenosti z razmerjem med največjo širino območja trganja R_{max} in najmanjšo širino v območju teka plazu T_{min} in dobili klasifikacijo, podano v Preglednica 27.

Preglednica 27: Klasifikacija stopenj utesnjenosti snežnih plazov (Lied in sod., 1995).

1. razred	neutesnjenost	$R_{max}/T_{min} < 3/2$ $\alpha = 0{,}93\beta - 0{,}67°$	S = 1,5°	R = 0,91
2. razred	srednja utesnjenost	$3/2 \leq R_{max}/T_{min} \leq 3/1$ $\alpha = 0{,}98\beta - 2{,}13°$	S = 1,7°	R = 0,95
3. razred	močna utesnjenost	$3/1 \leq R_{max}/T_{min}$ $\alpha = 0{,}98\beta - 1{,}27°$	S = 1,1°	R = 0,97

Neutesnjeni in srednje utesnjeni snežni plazovi dosegajo tako rekoč enake največje dolžine, medtem ko so dolžine, ki jih dosegajo močno utesnjeni plazovi, kot kaže, rahlo krajše. Z naraščanjem kota β naraščajo pri neutesnjenih plazovih največje dosežene dolžine močneje kot pri bolj utesnjenih. Razlog, zakaj močneje utesnjeni snežni plazovi ne dosegajo daljših največjih daljav kot neutesnjeni, pojasnjujemo s procesi stiskanja snežnih gmot. S tem se namreč v utesnjenem delu toka poveča notranje trenje (povečanje strižne napetosti), za premagovanje katerega se porabi povečana količina energije, kar se odrazi v zmanjšani hitrosti. Dodamo še lahko, da so takšne utesnjene plaznice pogosto bolj hrapave in zavite, kar prav tako deluje zavirajoče in daje večji odpor toku plazov, s čimer prispeva k zmanjševanju njihovih maksimalnih dolžin (Lied in sod., 1995).

85 % analiziranih plazov je lociranih v dveh klimatskih območjih, zato so dodatno priredili še izračun koeficientov. Po večini podatkov je s Slovenijo lahko zelo primerljivo območje južnih apneniških Alp, kjer so obdelali serijo snežnih plazov na Koroškem. Iz te analize lahko dobimo še bolj prilagojeno regresijsko analizo snežnih plazov, veljavno za take (oz.primerljive) naravne razmere. Tako so za klimatsko območje južnih apneniških Alp – CR 2 (Climate region 2) – dobili po Liedu (Lied in sod., 1995) naslednjo vrednost:

$$\text{CR 2: } \alpha = (0{,}98 \times \beta) - 2{,}1°$$

$$R = 0{,}95 \qquad S = 1{,}6°$$

Podatki za analizo kažejo, da so v Avstriji v tem južnoapneniškem delu, v primerjavi s severnoapneniškim, tako volumen snežnih plazov kot debelina v območju trganja in pogostost običajno večji, in sicer predvsem zaradi večjih padavin. To pa je lahko tudi pojasnilo za sorazmerno večje dolžine iztekov, ki jih plazovi tu dosegajo. Poleg že omenjenega topografskega modela lahko z uporabo topografskih podatkov za določanje ogroženosti s snežnimi plazovi uporabimo tudi metodo "najbližjega soseda", ki so jo razvili Buser (Buser, 1983), ter Bakkehøi in Norem (Bakkehøi in Norem, 1993). Temelji na računalniškem poizvedovanju po vseh pomembnih podatkih najbolj podobne plaznice (Lied in sod., 1995).

9.6.2.2 Dinamični modeli snežnih plazov

Za določanje maksimalnih dolžin iztekov snežnih plazov pa lahko uporabljamo tudi dinamične modele. V Sloveniji je bilo že opravljenih nekaj izračunov za posamezne plazove (Rajar,). Poleg maksimalnih dolžin nam dinamični modeli dajejo podatke o hitrostih snežnih plazov, ki so osnova za izračun predvidenih tlakov na ovire, oziroma razmejitvi ogroženih območij na območja močne oziroma majhne in srednje intenzitete pojavov.

Trenutno so v evropskih deželah najbolj pogosto v uporabi naslednji modeli:

- PCM-model (Perla, Cheng in Mcclung, 1980),
- VOELLMY-SALM-GUBLERJEV model (Salm in sod., 1990)
- NIS-model (Norem, Irgens in Schieldrop, 1987)
- ELBA (Energy Line Based Avalanche Model)-model (Volk in Kleemayr, 1999)
- SAMOS-model (Sampl in sod., 1999, 2000)

Zasnovani so kot matematični modeli, ki se skušajo čimbolj približati fizikalnim karakteristikam toka snežnega plazu.

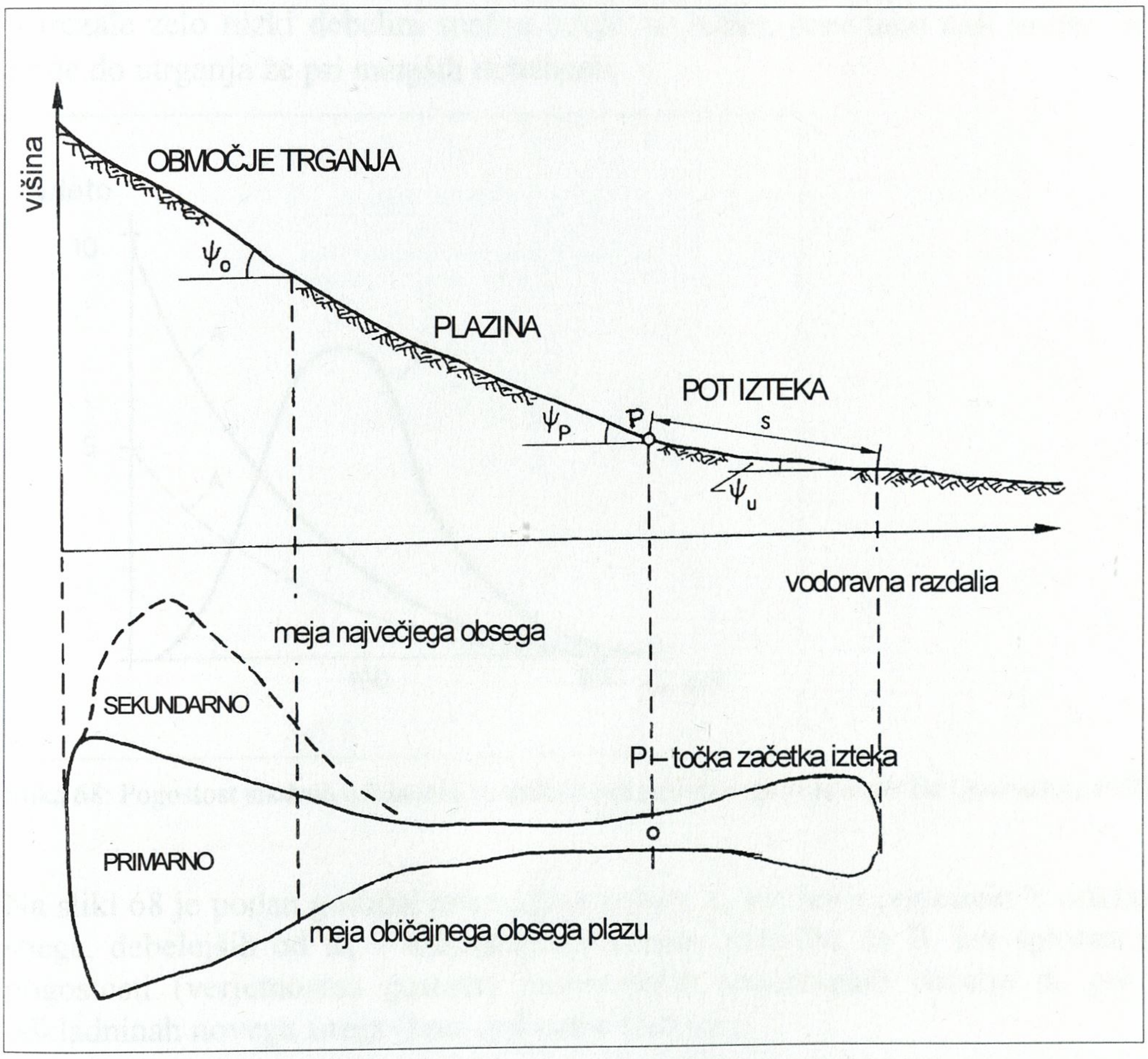
Po katastrofah v letih 1951 in 1954 je Voellmy (Voellmy, 1955) postavil osnove za izračune o gibanjih snežnih plazov in primerjal teoretične rezultate z opazovanimi dogodki. Čeravno so te modelne predstavitve poteka snežnega plaza v primerjavi z njegovim dejanskim obnašanjem močno poenostavljene, kažejo njegova revolucionarna raziskovanja, ki jih je Salm (Salm, 1966) razvijal naprej, še do danes vodilno usmeritev, ki so jo avtorji novejših modelov nadgrajevali.

Voellmy je pravilno razlikoval obnašanje tekočih snežnih gmot (tekoči plazovi) od onih iz snežnega aerosola (pršni plazovi). Kot je znano, se pogosto pojavljata obe obliki v medsebojni kombinaciji in takrat govorimo o tekočem deležu in pršnem deležu v posameznem plazu (De Quervain, 1975).

Poleg razlikovanja snežnih plazov po načinu gibanja je pomembno razlikovati, ali imamo opraviti s širokim pobočnim ali pa z žlebastim oziroma koritastim plazom.

Za določanje dimenzij in hitrosti katastrofičnih plazov so zelo pomembni tudi podatki o splazitveni širini in splazitveni debelini.

Splazitvena širina v območju nekega žlebastega plaza je ponavadi začrtana z jarkom v terenu in ne more zadobiti poljubnih vrednosti. Vendar je treba preveriti, ali so lahko zajeti tudi sosednji jarki, ki se stekajo v isto grapo. Primernejša je pesimistična, toda vendar realistična ocena.



Slika 67: Razčlenitev značilnega območja plazu (koritasti plaz) v podolžnem prerezu (zgoraj) in v tlorisu (spodaj) (prirejeno po De Quervainu, 1975).

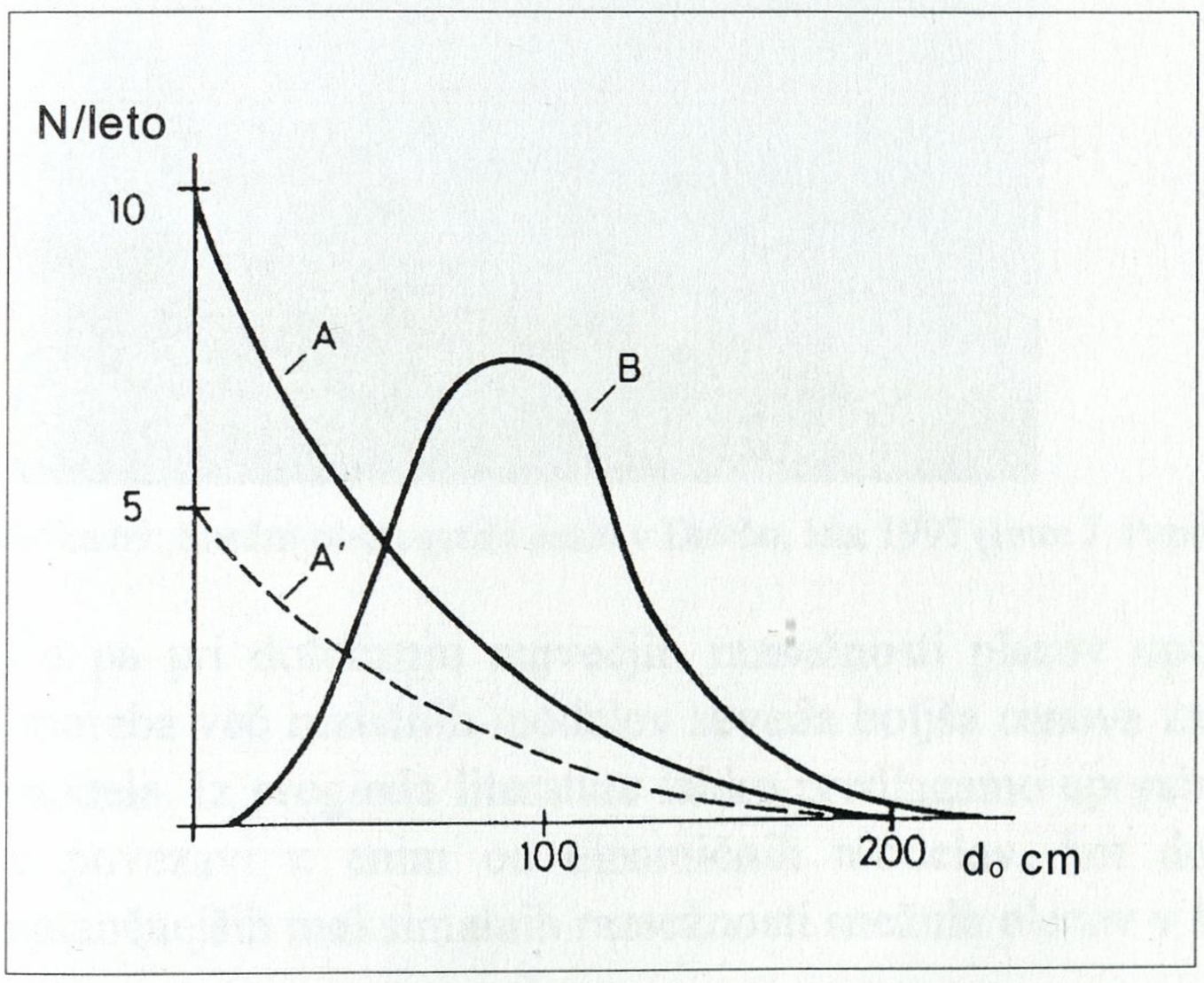
Na splazitveno debelino vplivajo trije dejavniki, in sicer (De Quervain, 1974):

- nagib splazitvenega terena,
- kakovost snežnine (slojevitost) in
- prirastek novega in z vetrom prinešenega snega.

Čim bolj strm je teren, tem prej se bodo ob nenehnem sneženju sprožili plazovi in tem manjši bodo. Ustrezne kritične prirastne vrednosti (merjene navpično) so približno proporcionalne s cotg ψ, torej z nagibom v območju trganja snežnih plazov.

Vpliv nagiba je torej sorazmerno lahko upoštevati.

Prirodna spremenljivost kakovosti snega vnaša veliko razpršenost v pogostost dejanskih splazitvenih debelin pri nenehnem sneženju. Za dani nagib velja privzetek kakovostno pogojene porazdelitve splazitvenih debelin, kot to prikazuje krivulja B (Slika 68) (normiranje ordinate tako, da je integral površine = 1). Majhne splazitvene debeline, ki bi ustrezale zelo nizki debelini snežne odeje, so redke, prav tako tudi visoke vrednosti, ker pride do utrganja že pri manjših debelinah.



Slika 68: Pogostost snežnih odkladnin in splazitvene debeline (prirejeno po De Quervainu, 1975).

Na sliki 68 je podan grafični prikaz parametrov A, kot letna pogostost N odkladnin novega snega, debelejših od d_o, v danem splazitvenem območju, in B, kot splošna porazdelitev pogostosti (verjetnostna gostota) nastopajočih splazitvenih debelin d_o pri neomejenih odkladninah novega snega (brez ordinatne lestvice).

Določanje s snežnimi plazovi ogroženih območij pa za sedaj še vedno temelji na izkušnjah izvedencev s področja snega in snežnih plazov, na zabeleženih podatkih iz preteklosti, na preverjenih, od domačinov pridobljenih podatkih, na zunanjih vegetacijskih in drugih znakih, ki določajo maksimalne razsežnosti snežnih plazov, ter na uporabi raznih obrazcev za določanje teh razsežnosti.



Slika 69: Snežni plaz ogroža cesto v Davčo, leta 1997 (foto: J. Papež).

Če pa pri določanju največjih razsežnosti plazov uporabljamo matematične modele, je uporaba več različnih modelov seveda boljša osnova za to določanje kot uporaba le enega modela. Iz pregleda literature lahko predlagamo uporabo topografsko-statističnega modela v povezavi z enim od dinamičnih modelov, kot dolgoročno usmeritev za določanje natančnejših maksimalnih razsežnosti snežnih plazov v Sloveniji (Lied in sod., 1995).

Pri praktični uporabi dinamičnih modelov je zaradi dejansko velikega problema pri pridobivanju ustreznih vhodnih podatkov potrebno biti zelo previden. Modeli in izračuni po njih naj se uporabljajo le kot del analize obravnavane problematike. V primeru, ko kažejo rezultati enačb manjši obseg ogroženosti, kot so ga pokazali drugi določitveni postopki, moramo vedno upoštevati večjo ugotovljeno ogroženost. Vedeti moramo namreč, da kljub izjemnemu znanju in številnim dolgoletnim raziskavam, ki se skrivajo za posameznimi suhoparnimi formulami, še vedno ne obstaja univerzalni izračun, ki bi zajemal vse možne kombinacije različnih dejavnikov.

Uporaba teh modelov je v slovenskih razmerah – glede na podatke iz preliminarnega katastra snežnih plazov – praviloma finančno upravičljiva le pri reševanju problema največjih snežnih plazov, ki ogrožajo vitalne objekte v Posočju.

10 ZBIRNI PREGLED KVANTITATIVNIH MERIL ZA DOLOČEVANJE EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ V SLOVENIJI IN NEKATERIH ALPSKIH DRŽAVAH

V nadaljevanju je v obliki preglednice zbirno prikazan predlog kriterijev za določanje erozijsko ogroženih območij (snežna erozija, hudourniška erozija, plazna in porušitvena erozija), ki bi ga utemeljeno lahko uporabili v Sloveniji (Preglednica 28). Na tej osnovi je moč izdelati načrte erozijsko ogroženih območij tako, da upoštevamo z dosedanjim vedenjem in znanjem najbolj neugoden predvidljiv dogodek.

Za primerjavo je podan tudi pregled kriterijev, ki jih določanje erozijsko ogroženih območij uporabljajo v nekaterih alpskih državah (Preglednica 29, Preglednica 30, Preglednica 31).



Slika 70: Ob doslednem upoštevaju erozijske ogroženosti v bodoče ne bi smelo prihajati do neprimernih posegov v prostor – hudournik Lašek pri Solčavi 1992 (foto: A. Horvat).

Preglednica 28: Mejne vrednosti/kriteriji za določevanje stopenj ogroženosti zaradi naravnih nevarnosti – Predlog za Slovenijo (A. Horvat, 2001).

Table 28: Limits/criteria for determination of the degrees of threat by natural hazards – A proposal for Slovenia (A. Horvat, 2001)

erozijski proces ogroženost			**odločujoči dejavnik**	**majhna in srednja intenziteta RUMENA**	**močna intenziteta RDEČA**
snežni plazovi			pritisk snežnega plazu "P"	30 > P > 3 kN/m^2	P > 30 kN/m^2
viskokovodne nevarnosti hudourniška erozija	**poplavljanje**		h = globina vode (višina preplavitve vode in plavin) v = hitrost toka d = debelina odplavljanja (merjena horizontalno in vertikalno) P = pritisk vode in plavin	1,5 m > h ali 1,5 m^2/s > v x h	h > 1,5 m ali v x h > 1,5 m^2/s
	bočna erozija			1,5 m > d	d > 1,5 m
	naplavljanje	**nevezan transport**		h < 1,0 m	h > 1,0 m
		hiperkoncentrirani tok		30 > P > 3 kN/m^2	P > 30 kN/m^2
		hudourniška lava (mura)			celotno območje toka in odlaganja
plazna in porušitvena erozija	**plazenje**		v = dolgoročna povprečna hitrost nenehnega plazenja	v > 1,0 dm/leto	močni razslojevalni premiki v > 0.1 m/dan pri površinskih plazenjih vsakokratni premik ob dogodku > 1,0 m
	padanje skal in kamenja		E = kinetična energija	10 < E < 100 kJ	E > 100 kJ
	podor (skalni, hriba)			-	E > 100 kJ

Preglednica 29: Mejne vrednosti/kriteriji za določevanje stopenj ogroženosti zaradi naravnih nevarnosti – Švica (Kienholz, 1996).

erozijski proces ogroženost		**odločujoči dejavnik**	**slaba intenziteta RUMENA**	**srednja intenziteta MODRA**	**močna intenziteta RDEČA**
snežni plazovi		pritisk snežnega plazu "P"	$P < 3$ kN/m^2	$30 > P > 3$ kN/m^2	$P > 30$ kN/m^2
viskokovodne nevarnosti hudourniška erozija	**preplavljanje**	h = globina vode (višina preplavitve vode in plavin) v = hitrost toka d = debelina (globina v prečni smeri) odplavljanja	$h < 0,5$ m ali $v \times h < 0,5$ m^2/s	$2 \text{ m} \geq h \geq 0,5$ m ali $2 \text{ m}^2/\text{s} \geq v \times h \geq 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$	$h > 2$ m ali $v \times h > 2$ m^2/s
	bočna erozija		$d < 0,5$ m	$2 \text{ m} \geq d \geq 0,5$ m	$d > 2$ m
	naplavljanje			$h \leq 1$ m ali $v \leq 1$ m/s	$h > 1$ m in $v > 1$ m/s
plazna in porušitvena erozija	**plazenje**	V = dolgoročna povprečna hitrost plazenja	$v \geq 1,0$ cm/leto	$v \geq 1,0$ dm/leto $v \geq 1,0$ mm/dan	močni razslojevalni premiki $v > 0.1$ m/dan pri površinskih plazenjih vsakokratni premik ob dogodku > 1,0 m
	žlebasti plaz (mura)	M = debelina premakljivega sloja	$M < 0,5$ m	$0,5 \text{ m} \leq M \leq 2,0$ m	$M > 2,0$ m
	posedanje, udor		-	pojav dolin	-
	padanje skal in kamenja	E = kinetična energija	$E <$ KJ	$10 \leq E \leq 300$ KJ	$E > 300$ KJ
	podor (skalni, hriba)		-	-	$E > 300$ KJ

Preglednica 30: Mejne vrednosti/kriteriji za določevanje stopenj ogroženosti zaradi naravnih nevarnosti – predlog za Bavarsko (IG LMUM, 1997).

erozijski proces ogroženost		**odločujoči dejavnik**	**slaba intenziteta RUMENA**	**srednja intenziteta ORANŽNA**	**močna intenziteta RDEČA**
snežni plazovi		pritisk snežnega plazu "P"	$P < 3$ kN/m^2	$30 \geq P \geq 3$ kN/m^2	$P > 30$ kN/m^2
viskokovodne nevarnosti hudourniška erozija	**preplavljanje**	h = globina vode (višina preplavitve vode in plavin) v = hitrost toka d = debelina (globina v prečni smeri) odplavljanja	$h < 0,5$ m ali $v \times h < 0,5$ m^2/s	2 m $\geq h \geq 0,5$ m ali 2 m^2/s $\geq v \times h \geq 0,5$ m^2/s	$h > 2$ m ali $v \times h > 2$ m^2/s
	bočna erozija		$d < 0,5$ m	2 m $\geq d \geq 0,5$ m	$d > 2$ m
	naplavljanje			$h \leq 1$ m ali $v \leq 1$ m/s	$h > 1$ m in $v > 1$ m/s
plazna in porušitvena erozija	**plazenje**	v = dolgoročna povprečna hitrost plazenja V = prostornina splazele gmote pri naglem zdrsu	$v \approx$ cm/leto $V < 100$ m^3	$v \approx$ dm/leto spontano, naglo: ca. 100 m$^3 \leq V \leq 1000$ m^3	močni razslojevalni premiki $v > 0.1$ m/dan pri površinskih plazenjih vsakokratni premik ob dogodku > 1 m
	žlebasti plaz (mura)	M = debelina premakljivega sloja	$M < 0,5$ m	$0,5$ m $\leq M \leq 2$ m	$M > 2$ m
	posedanje, udor		-	pojav dolin	-
	padanje skal in kamenja	E = kinetična energija	$E < 10$ kJ	$10 \leq E \leq 100$ kJ	$E > 100$ kJ
	podor (skalni, hriba)		-	-	$E > 100$ kJ

Preglednica 31: Mejne vrednosti/kriteriji za določevanje stopenj ogroženosti zaradi naravnih nevarnosti – Avstrija (BMLF, 1994).

erozijski proces ogroženost		**odločujoči dejavnik**	**srednja intenziteta RUMENA**	**močna intenziteta RDEČA**
snežni plazovi		pritisk snežnega plazu "P"	• kjer so izračunani pogosti ali redki pritiski (P) snežnih plazov $1 < p < 10$ kN/m^2, • kjer je pričakovana maksimalna debelina (T) plazovine $0{,}2 < T < 1{,}5$m in • kjer je pogosto debelina plazovine $0 < T < 0{,}5$m.	• kjer so izračunani pritiski snežnega plazu ≥ 10 kN/m^2, • kjer so pogosto (najmanj 1-krat v obdobju 1–10 let) pritiski plazu $1 < p < 3$ kN/m^2, • kjer je izračunana maksimalna debelina plazovine $T \geq 1{,}5$m in • kjer je pogosto debelina plazovine $T \geq 0{,}5$m.
hudourniška erozija	**poplavljanje in preplavljanje**	h = globina vode (višina preplavitve vode in plavin) v = hitrost toka d = debelina (globina v prečni smeri) odplavljanja oz. zajedanja v vertikalni kot v horizontalni smeri	*stoječe vode:* • kjer je višina poplavljanja < 1,5 m oziroma • kjer je ocenjena gladina HQ10 < 50 cm, HQ1 pa < 20 cm nad terenom.	*stoječe vode:* • kjer je globina poplavljenja 1,5 m ali več oziroma • kjer je ocenjena gladina HQ10 > 50 cm, HQ1 pa > 20 cm nad terenom. HQ = pričakovana visoka voda, oziroma visoka voda določene povratne dobe v letih
			tekoče vode: • kjer je višina energijske linije visokih voda < 1,5 m nad terenom ali pa • kjer je razmerje HQ : velikost kinetične energije < 0,25 m^2/s.	*tekoče vode:* • kjer je višina energijske linije vodnega toka ≥ 1,5 m nad terenom ali pa • kjer je razmerje HQ : velikost kinetične energije ≥ 0,25 m^2/s.
	globinska in bočna erozija		možna globina zajedanja ≥ 1,5 m	možna globina zajedanja < 1,5 m
	naplavljanje		• kjer je višina odlaganja nevezanih plavin < 0,7 m nad terenom.	• kjer lahko pride pri nevezanem prenosu plavin do njihovega odlaganja ≥ 0,7 m nad terenom oziroma • jih omejuje jasen rob odlaganja hudourniških lav.

11 PRAKTIČNI PRIMERI DOLOČANJA EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ

V nadaljevanju so prikazani vzorčni primeri izdelanih grobih in podrobnih načrtov erozijske ogroženosti in načrtov erozijsko ogroženih območij.

11.1 GROBI OPOZORILNI NAČRT EROZIJSKE OGROŽENOSTI

Grobi opozorilni načrt erozijske ogroženosti je bil narejen za hudourniško območje Bistričice, kot ga določajo meje vodozbirnega območja.

Območje je veliko 9,60 $km^{2,}$, dolgo 6 km, z najvišjo koto 1656 m na Kržišu in najnižjo 428 m ob vtoku v Kamniško Bistrico. Je tipičen hudournik Savinjsko-Kamniških Alp.

Privzeli smo podatke iz obstoječih Vodnogospodarskih osnov Slovenije (VGO, 1973) in iz Zasnov za PPRS za področje erozije (PUH, 1999) in na njihovi osnovi izdelali dva groba opozorilna načrta:

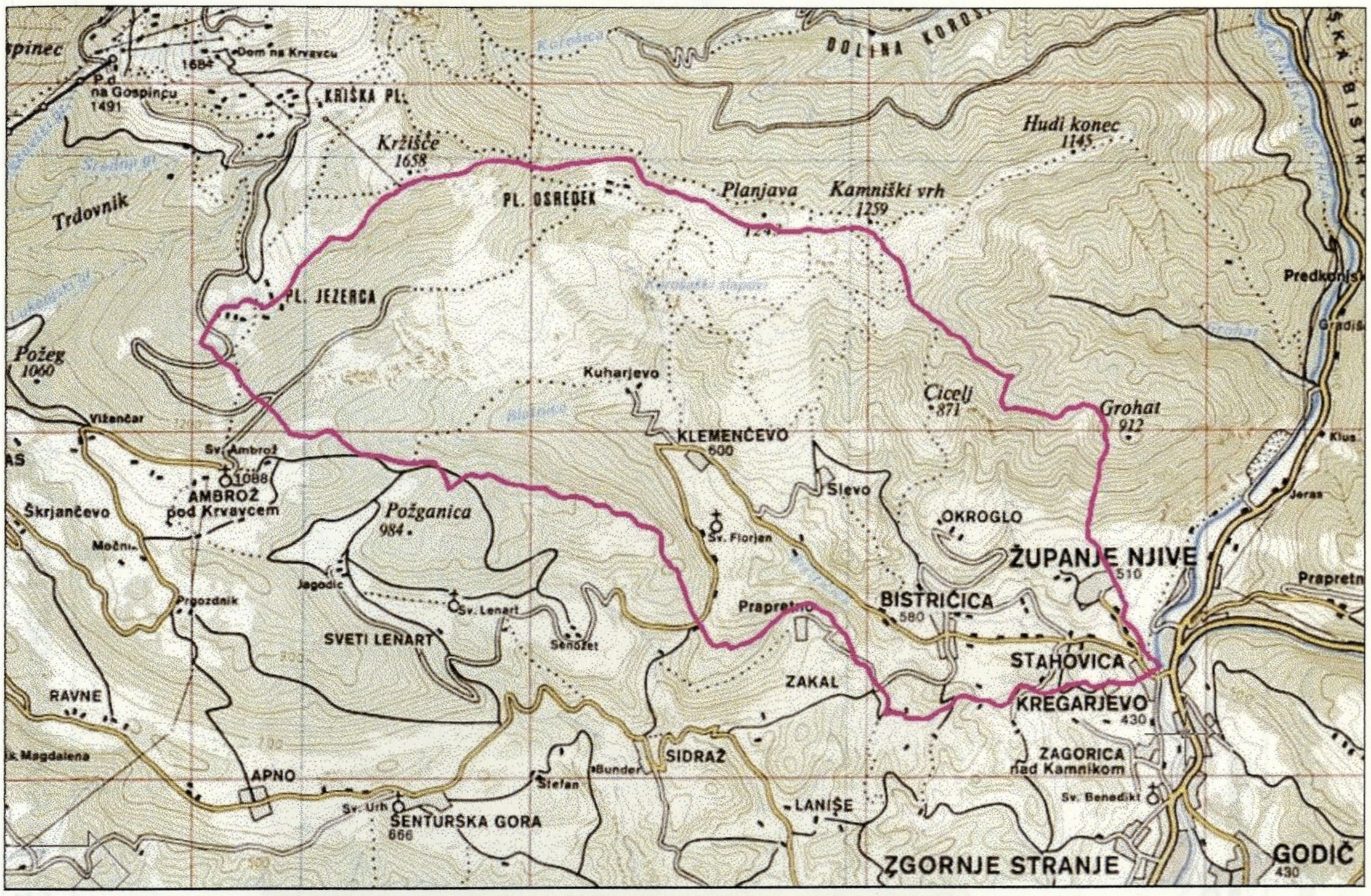
- grobi opozorilni načrt erozijskih žarišč in erodiranosti območij (Slika 73) in
- grobi opozorilni načrt stabilnosti območij in plazov (Slika 74).

Iz digitalnih baz so grafično prikazane površine, ki jih potencialno ogrožajo različni zaznavni pojavi erozije, plazenja tal in snega, barvno prikazani v skladu z izdelanim predlogom.

Vsebine grobih opozorilnih načrtov po posameznih vrstah erozije so bile združene v grobi opozorilni načrt varstvenih območij in omejitev v prostoru (Slika 75), kjer so prikazana:

- opozorilna območja strogega varovanja in
- opozorilna območja izvajanja zaščitnih ukrepov (zahtevnejših, običajnih).

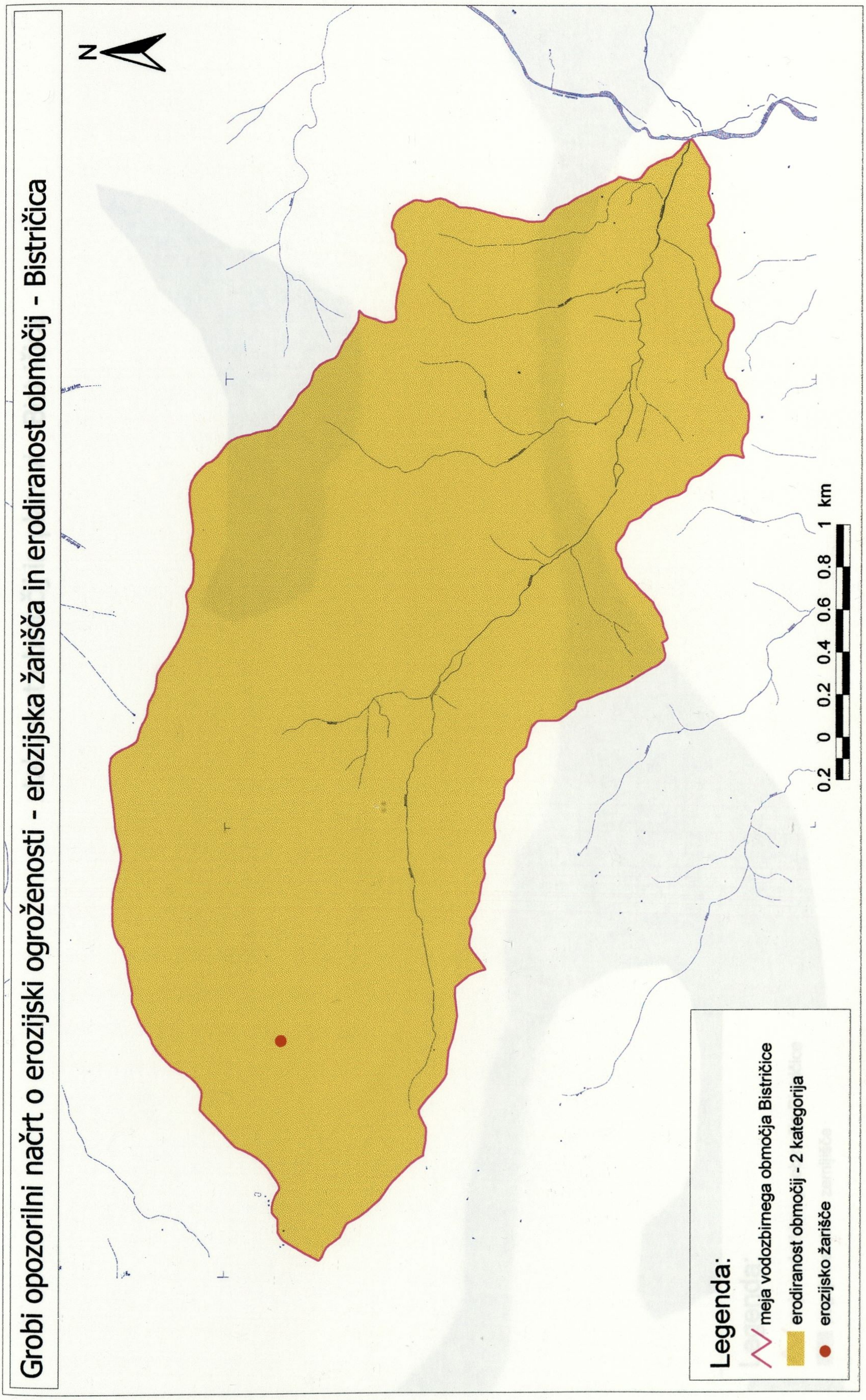
Pri tem smo uporabili ustrezne predstavitve v barvah in upoštevali, da na posameznih območjih prevlada tisti režim (in s tem barva), ki podaja višjo stopnjo ogroženosti. Kljub temu, da je pregled grob, nam v zadostni meri služi kot opozorilo, da je za posege na teh območjih potrebno pridobiti vodnogospodarsko soglasje, ki ga pripravijo ustrezno usposobljeni hudourničarski strokovnjaki. Seveda pa je jasno, da bi bila resnično ustrezna in dovolj natančna groba predstavitev erozijske ogroženosti možna tudi v manjšem merilu, če bi seveda pot za izdelavo takega načrta vodila prek združevanja vsebin, ki bi bile obdelane in predstavljene v večjem merilu. Ob dolgoročno zastavljenem kontinuiranem delu bi tako lahko v Sloveniji zagotavljali večjo ločljivost območij, seveda z upoštevanjem novih dognanj.



Slika 71: Pregledna karta vodozbirnega območja hudournika Bistričica (vir: ATLAS SLO 1 : 50000).

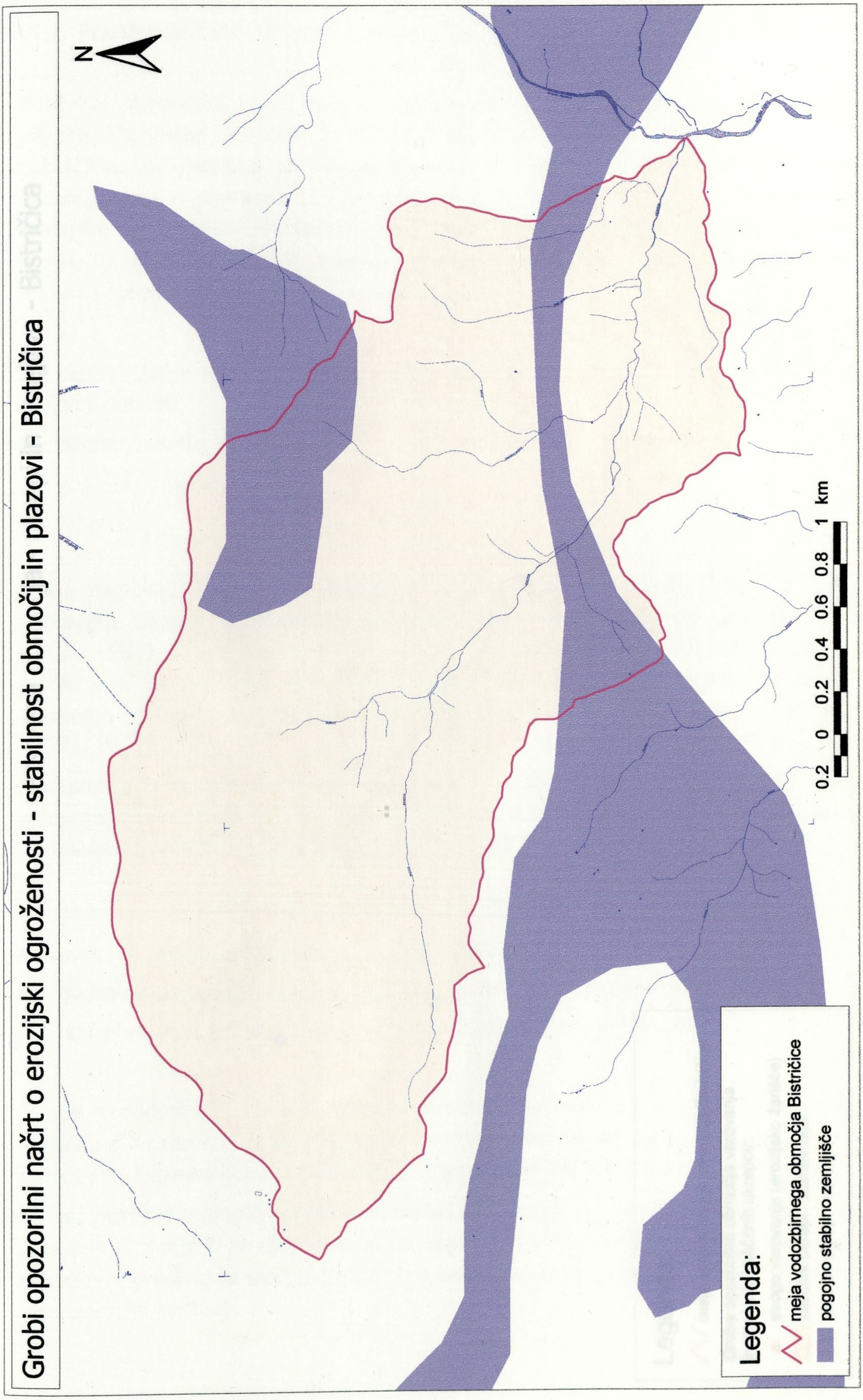


Slika 72: Erozijsko žarišče v zaledju hudournika Bistričica, 2000 (foto: J. Papež).

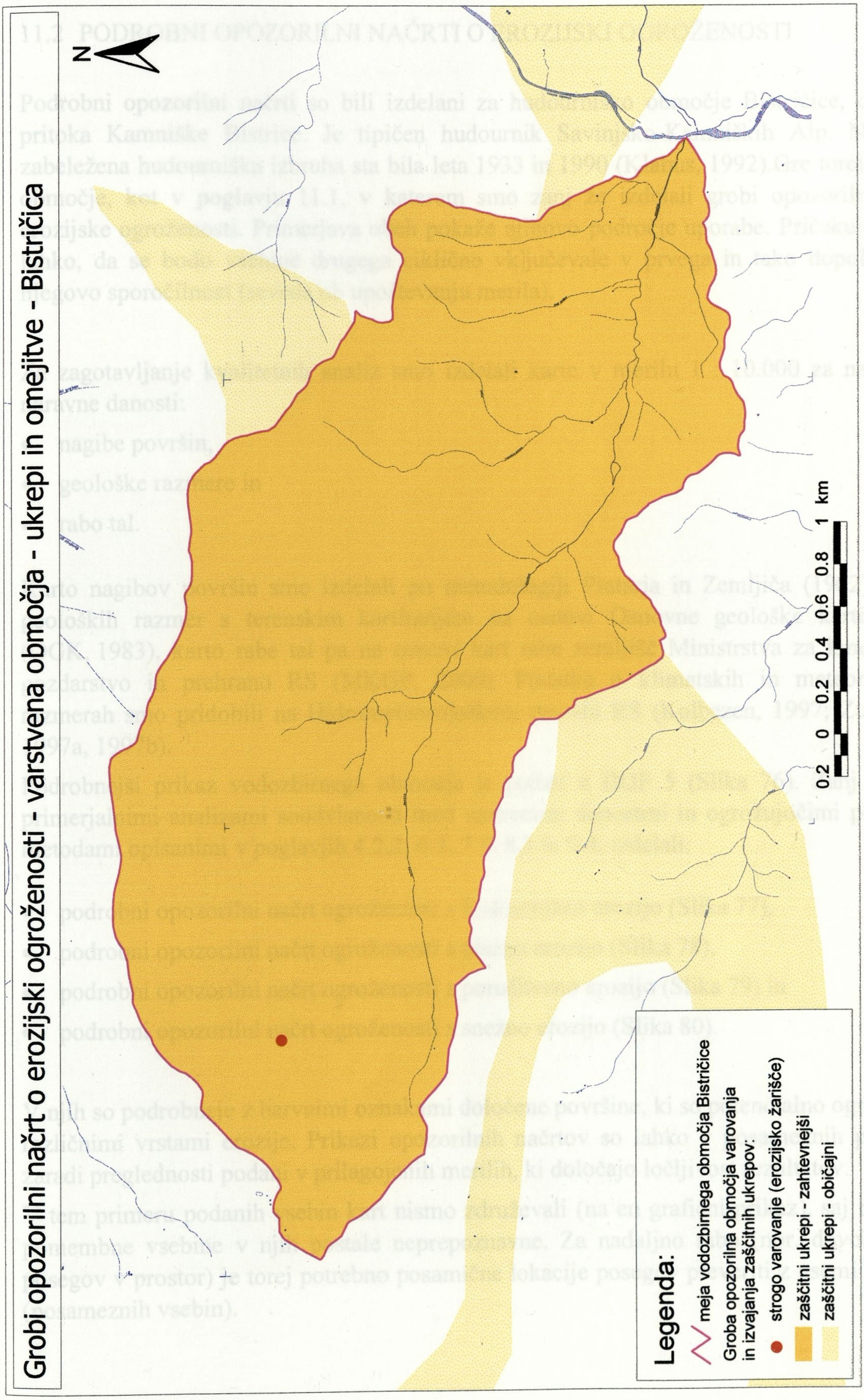


Slika 73: Grobi opozorilni načrt o erozijski ogroženosti – erozijska žarišča in erodiranost območij – Bistričica.

Figure 73: General Erosion Threat Warning Plan – degrees of erosion – Bistričica.



Slika 74: Grobi opozorilni načrt o erozijski ogroženosti –stabilnost območij in plazovi – Bistričica.
Figure 74: General Erosion Threat Warning Plan – slope stability and landslides – Bistričica.



Slika 75: Grobi opozorilni načrt o erozijski ogroženosti –varstvena območja – ukrepi in omejitve – Bistričica.

Figure 75: General Erosion Threat Warning Plan – protective areas – mesaures and restrictions – Bistričica.

11.2 PODROBNI OPOZORILNI NAČRTI O EROZIJSKI OGROŽENOSTI

Podrobni opozorilni načrti so bili izdelani za hudourniško območje Bistričice, desnega pritoka Kamniške Bistrice. Je tipičen hudournik Savinjsko-Kamniških Alp. Najhujša zabeležena hudourniška izbruha sta bila leta 1933 in 1990 (Klabus, 1992).Gre torej za isto območje, kot v poglavju 11.1, v katerem smo zanj že izdelali grobi opozorilni načrt erozijske ogroženosti. Primerjava obeh pokaže njihovo področje uporabe. Pričakujemo pa lahko, da se bodo vsebine drugega ciklično vključevale v prvega in tako dopolnjevale njegovo sporočilnost (seveda ob upoštevanju merila).

Za zagotavljanje kvalitetnih analiz smo izdelali karte v merilu 1 : 10.000 za naslednje naravne danosti:

- nagibe površin,
- geološke razmere in
- rabo tal.

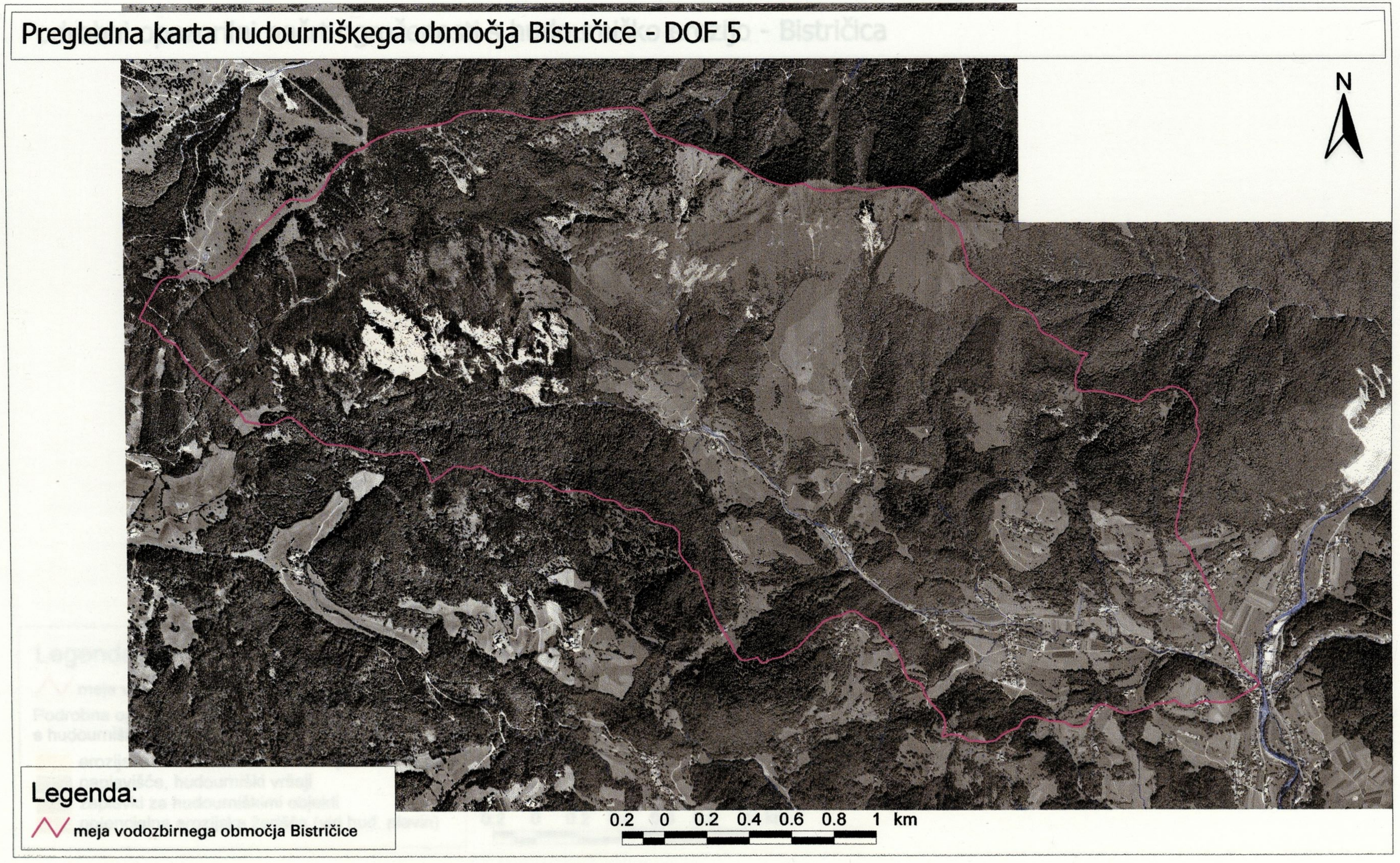
Karto nagibov površin smo izdelali po metodologiji Pintarja in Zemljiča (1982), karto geoloških razmer s terenskim kartiranjem na osnovi Osnovne geološke karte SFRJ (OGK, 1983), karto rabe tal pa na osnovi kart rabe zemljišč Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS (MKGP, 2000). Podatke o klimatskih in meteoroloških razmerah smo pridobili na Hidrometeorološkem zavodu RS (Kolbezen, 1997; Zupančič, 1997a, 1997b).

Podrobnejši prikaz vodozbirnega območje je podan z DOF 5 (Slika 76). Zanj smo, s primerjalnimi analizami soodvisnosti med naravnimi danostmi in ogrožujočimi pojavi, z metodami opisanimi v poglavjih 4.2.2, 6.3, 7.3, 8.3 in 9.4, izdelali:

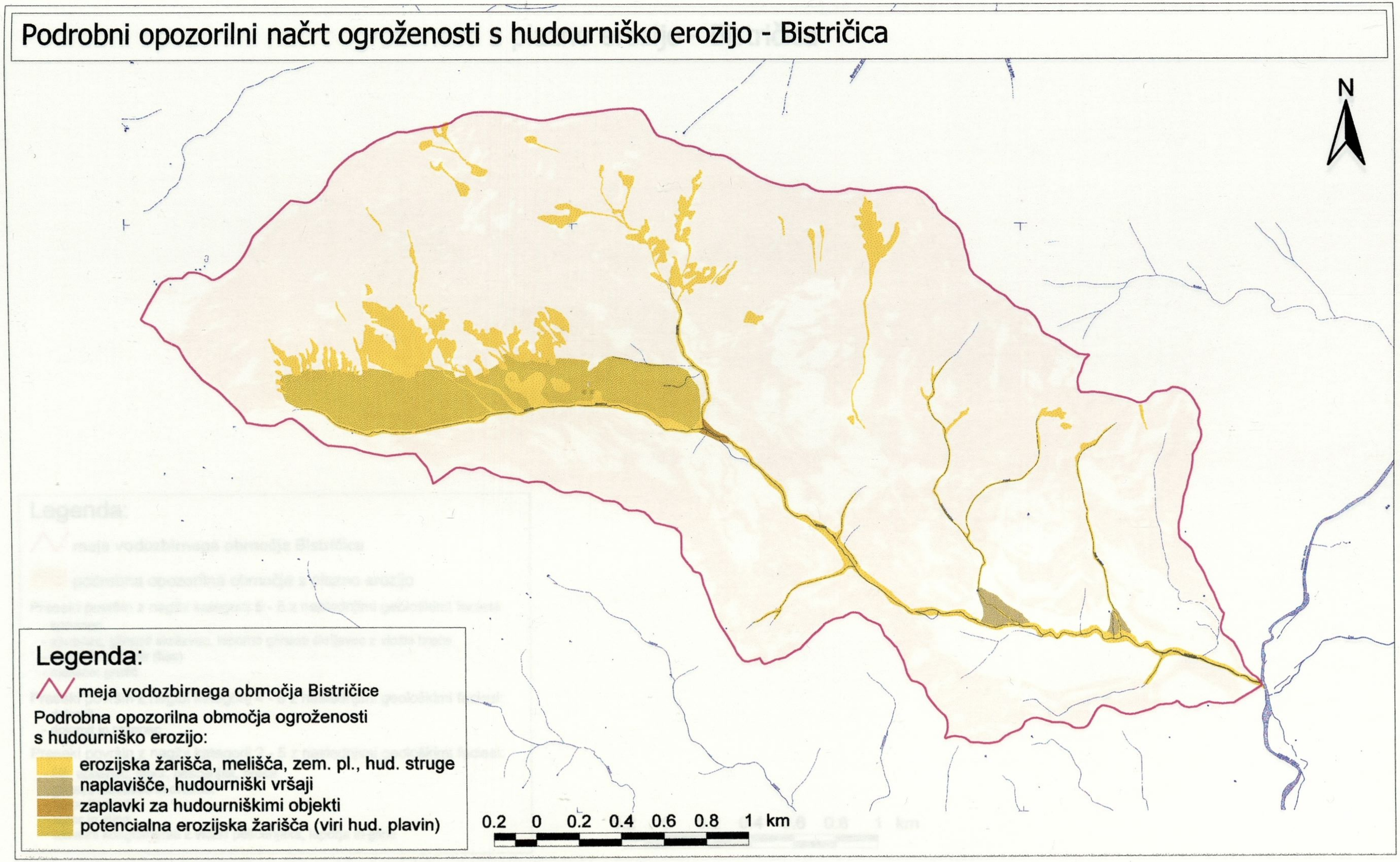
- podrobni opozorilni načrt ogroženosti s hudourniško erozijo (Slika 77),
- podrobni opozorilni načrt ogroženosti s plazno erozijo (Slika 78),
- podrobni opozorilni načrt ogroženosti s porušitveno erozijo (Slika 79) in
- podrobni opozorilni načrt ogroženosti s snežno erozijo (Slika 80).

V njih so podrobneje z barvnimi oznakami določene površine, ki so potencialno ogrožene z različnimi vrstami erozije. Prikazi opozorilnih načrtov so lahko v posameznih primerih zaradi preglednosti podani v prilagojenih merilih, ki določajo ločljivost rezultatov.

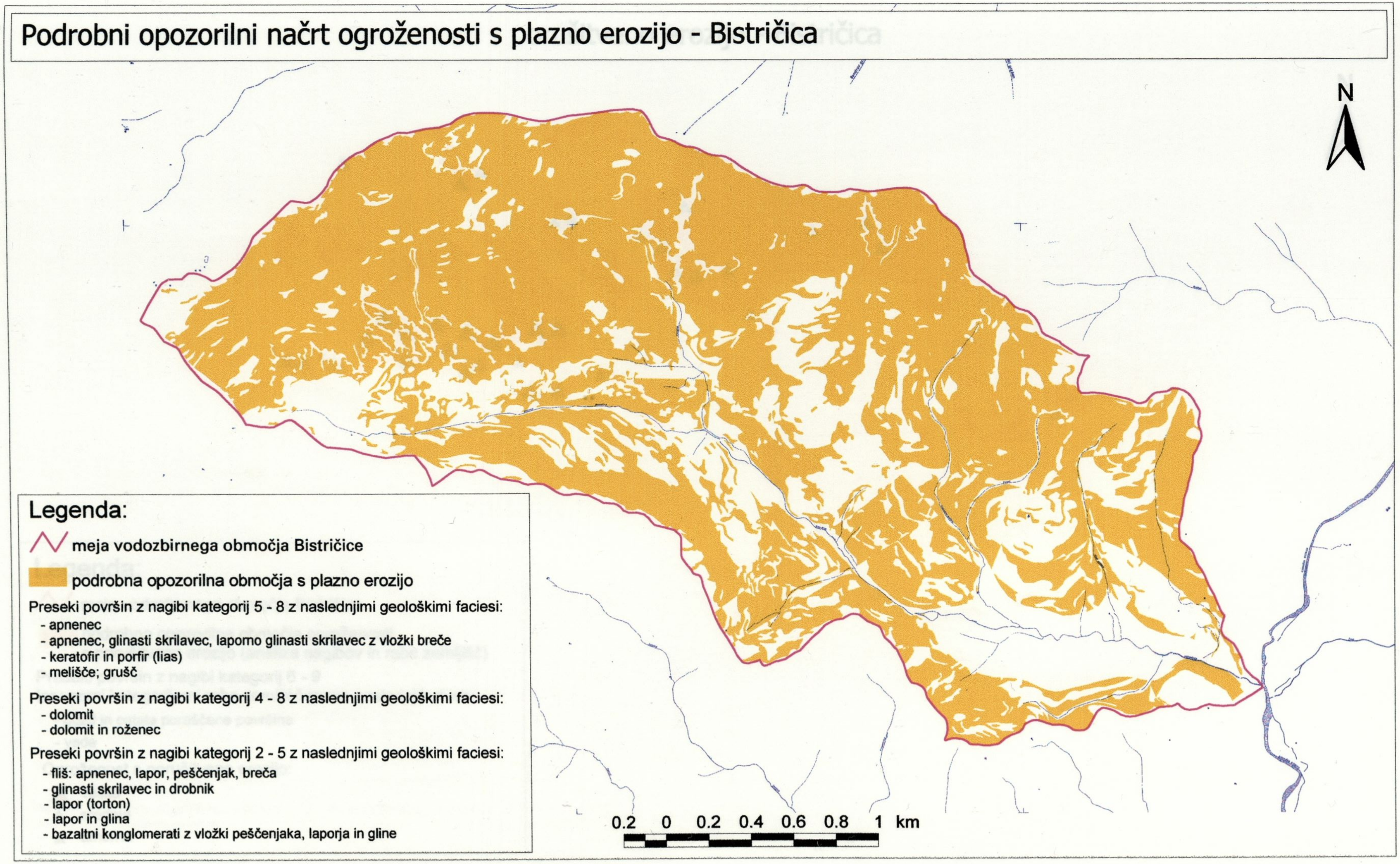
V tem primeru podanih vsebin kart nismo združevali (na en grafični prikaz), saj bi lahko pomembne vsebine v njih postale neprepoznavne. Za nadaljno rabo (npr. dovoljevanje posegov v prostor) je torej potrebno posamične lokacije posegov preveriti z vsemi kartami (posameznih vsebin).



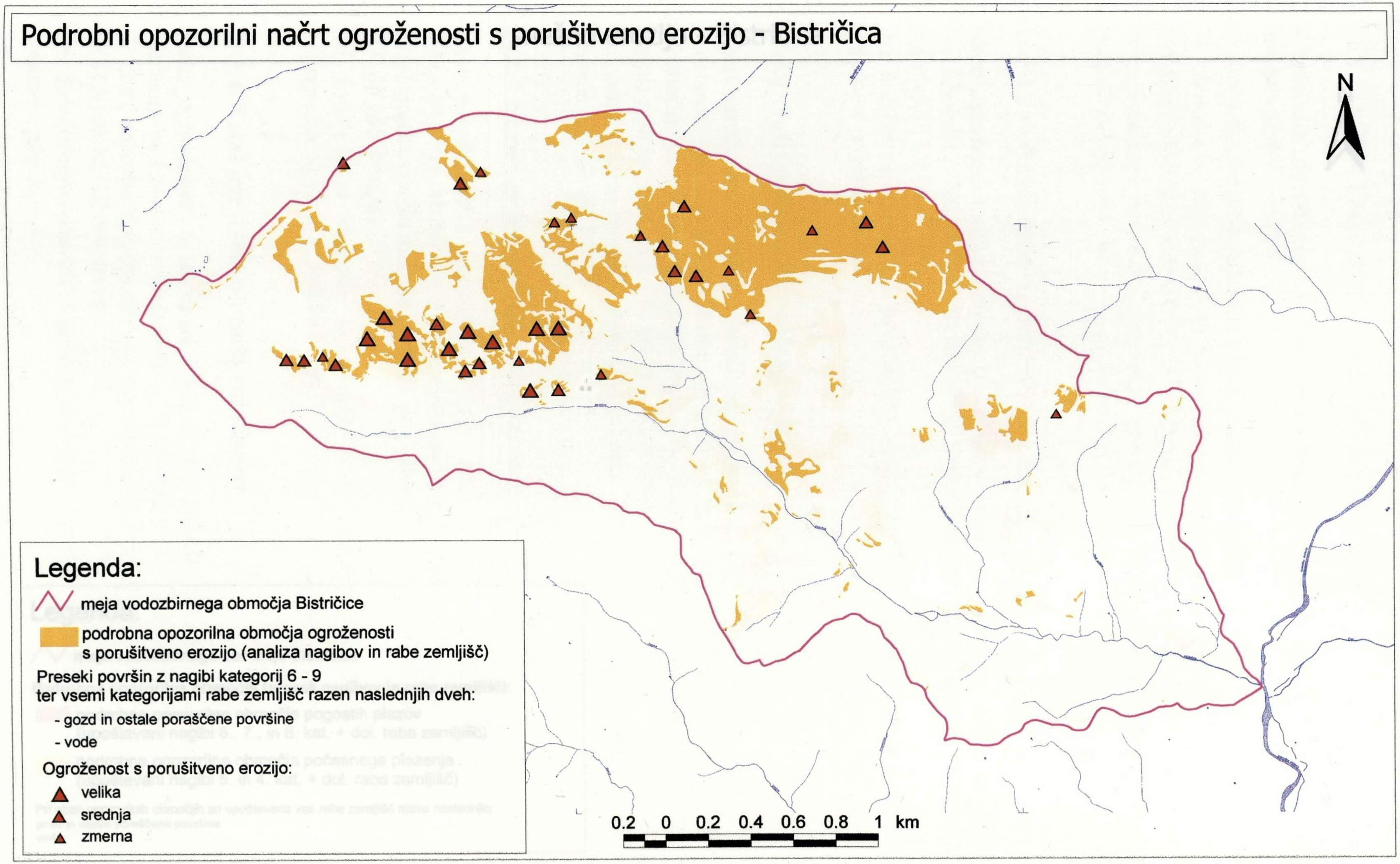
Slika 76: Pregledna karta hudourniškega območja Bistričice – DOF 5.
Figure 76: Survey Map of the Bistričica Torrent Catchment.



Slika 77: Podrobni opozorilni načrt ogroženosti s hudourniško erozijo – hudournik Bistričica.
Figure 77: Detailed Erosion Threat Warning Plan of Torrential Threats – the Bistričica torrent.

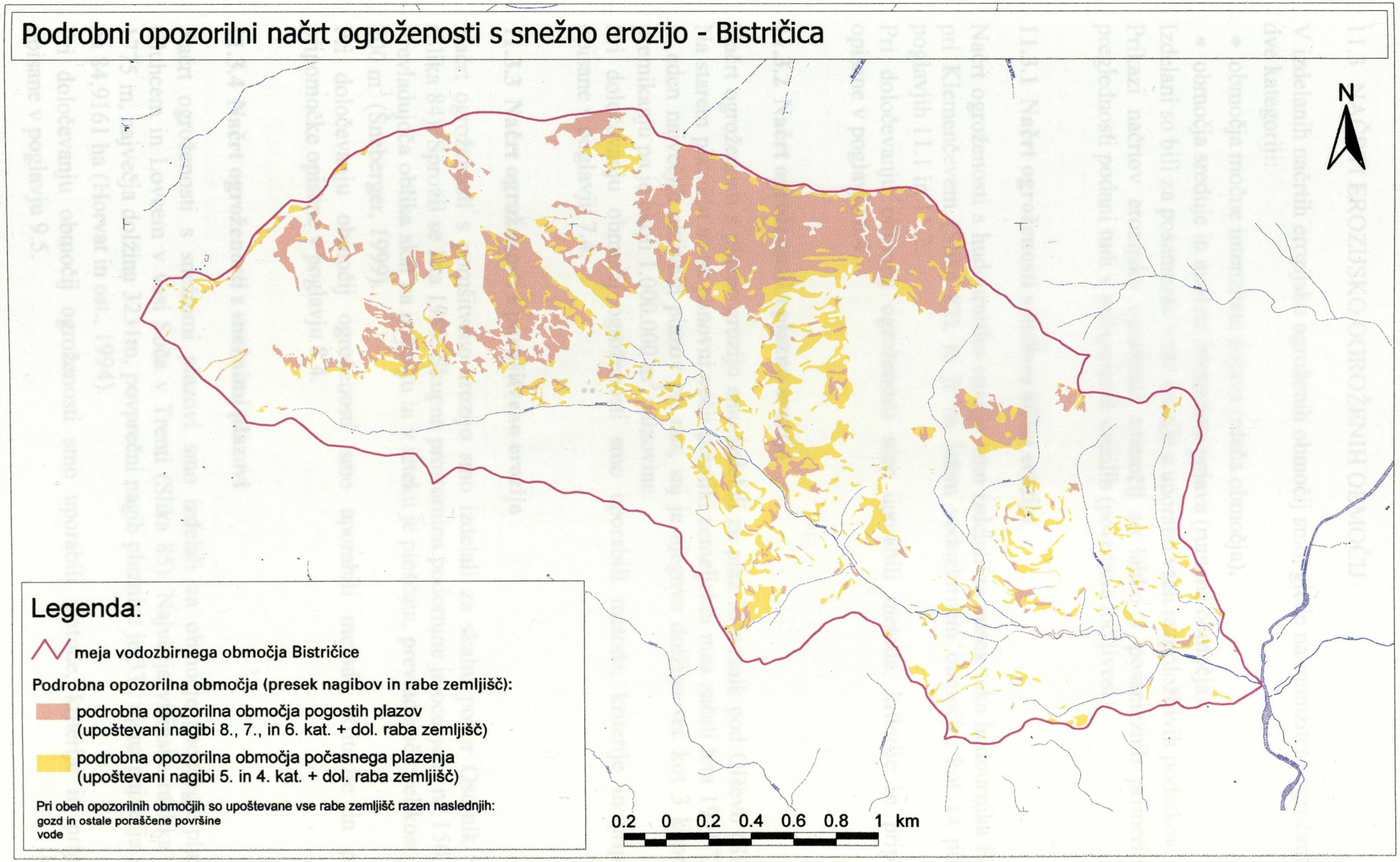


Slika 78: Podrobni opozorilni načrt ogroženosti s plazno erozijo – hudournik Bistričica.
Figure 78: Detailed Erosion Threat Warning Plan of Landslides - the Bistričica torrent.



Slika 79: Podrobni opozorilni načrt ogroženosti s porušitveno erozijo – hudournik Bistričica.

Figure 79: Detailed Erosion Threat Warning Plan of Rockfall Threats - the Bistričica torrent.



Slika 80: Podrobni opozorilni načrt ogroženosti s snežno erozijo – hudournik Bistričica.
Figure 80: Detailed Erosion Threat Warning Plan of Snow Erosion Threats - the Bistričica torrent.

11.3 NAČRTI EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ

V izdelanih načrtih erozijsko ogroženih območij smo, glede na intenziteto ogrožanja, ločili dve kategoriji:

- območja močne intenzitete pojava (rdeča območja),
- območja srednje in majhne intenzitete pojava (rumena območja).

Izdelani so bili za posamezne vrste erozije z uporabo vseh razpoložljivih podatkov.
Prikazi načrtov erozijsko ogroženih območij so lahko v posameznih primerih zaradi preglednosti podani tudi v prilagojenih merilih (povečana ločljivost).

11.3.1 Načrt ogroženosti s hudourniško erozijo

Načrt ogroženosti s hudourniško erozijo smo izdelali za odsek teka hudournika Bistričica pri Klemenčevem (Slika 82), to je na istem vodozbirnem območju, kot za primere v poglavjih 11.1 in 11.2.
Pri določevanju območij ogroženosti smo uporabili metode, kriterije in pripomočke opisane v poglavju 6.4.

11.3.2 Načrt ogroženosti s plazno erozijo

Načrt ogroženosti s plazno erozijo smo izdelali za plaz Macesnik pod Olševo (Slika 83). Na starem plazišču so se ponovni večji premiki zemeljskih mas začeli leta 1991.Trenutno je eden največjih aktivnih plazov pri nas, saj je njegova dolžina več kot 3 kilometre, v premikanju pa je okoli 1.000.000 m^3 plazovine.
Pri določevanju območij ogroženosti smo uporabili metode, kriterije in pripomočke opisane v poglavju 7.4.

11.3.3 Načrt ogroženosti s porušitveno erozijo

Načrt ogroženosti s porušitveno erozijo smo izdelali za skalni podor Osojnik v Trenti (Slika 84). Sprožil se leta 1989. Skupna prostornina podornine je ocenjena na 150.000 m^3. Prevladujoča oblika skal na pobočju in v izteku je ploščata, prevladujoča velikost pa okoli 200 m^3 (Šneberger, 1999).
Pri določevanju območij ogroženosti smo uporabili metode, kriterije in praktične pripomočke opisane v poglavju 8.4.

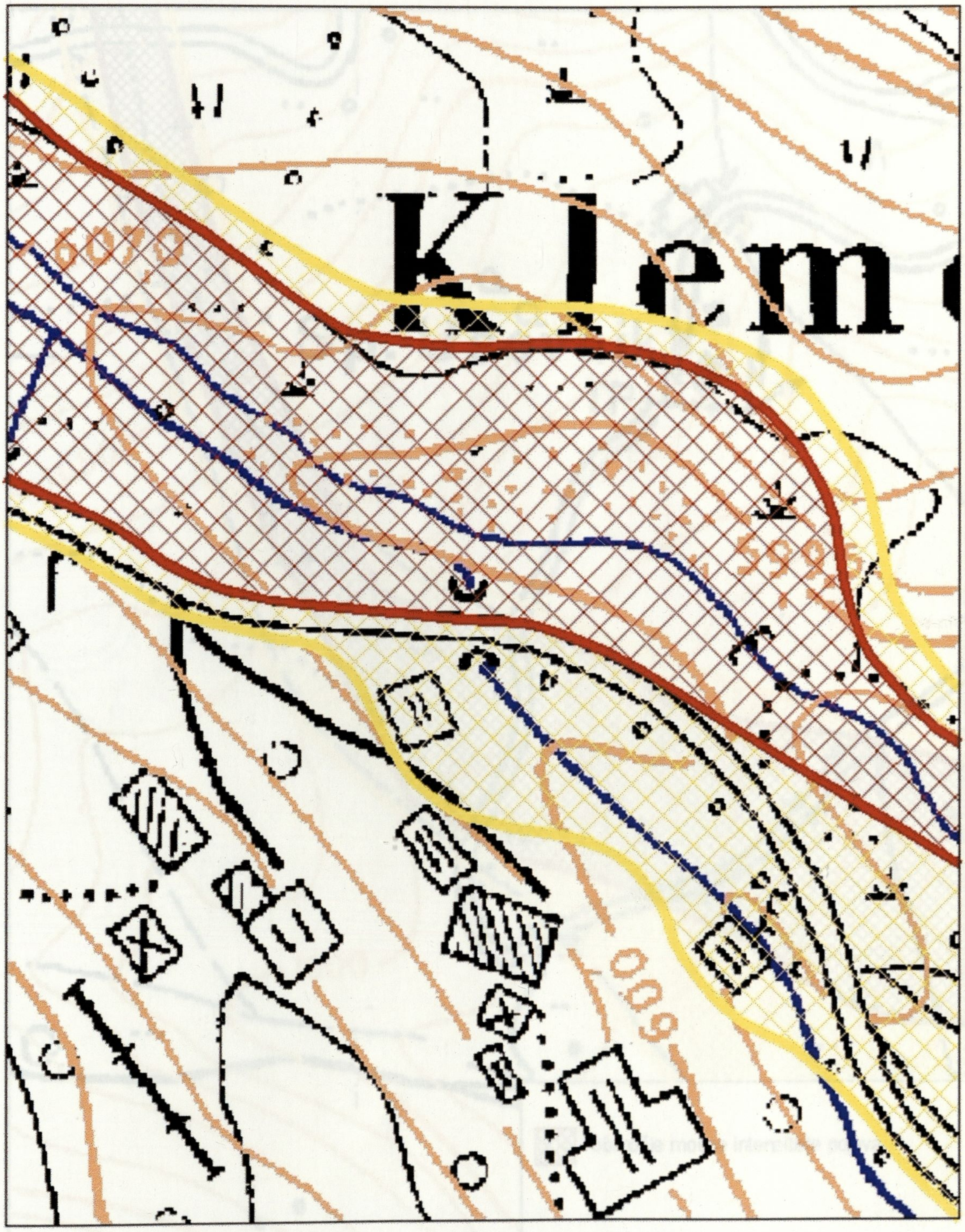
11.3.4 Načrt ogroženosti s snežnimi plazovi

Načrt ogroženosti s snežnimi plazovi smo izdelali za območje snežnega plazu Med Gluhcem in Lovcem v vasi Soča v Trenti (Slika 85). Največja višinska razlika plazu je 1775 m, največja dolžina 3231m, povprečni nagib plaznice je 33°, njena največja površina pa 84,9161 ha (Horvat in ost., 1994).
Pri določevanju območij ogroženosti smo uporabili metode, kriterije in pripomočke opisane v poglavju 9.5.

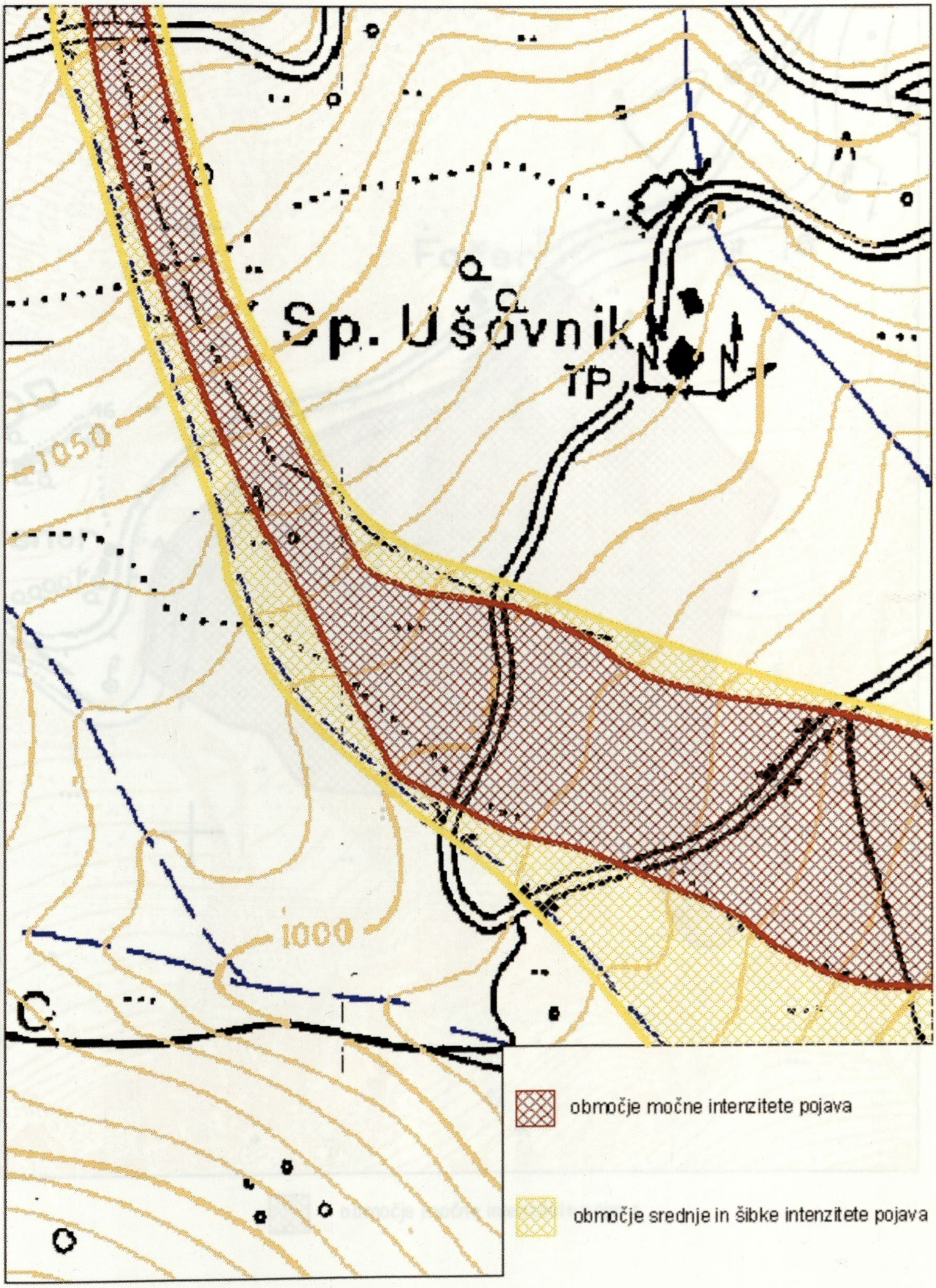


Slika 81: Skalni podori ogrožajo življenje v Trenti – podor Osojnik v Trenti 1996 (foto: Aleš Horvat).

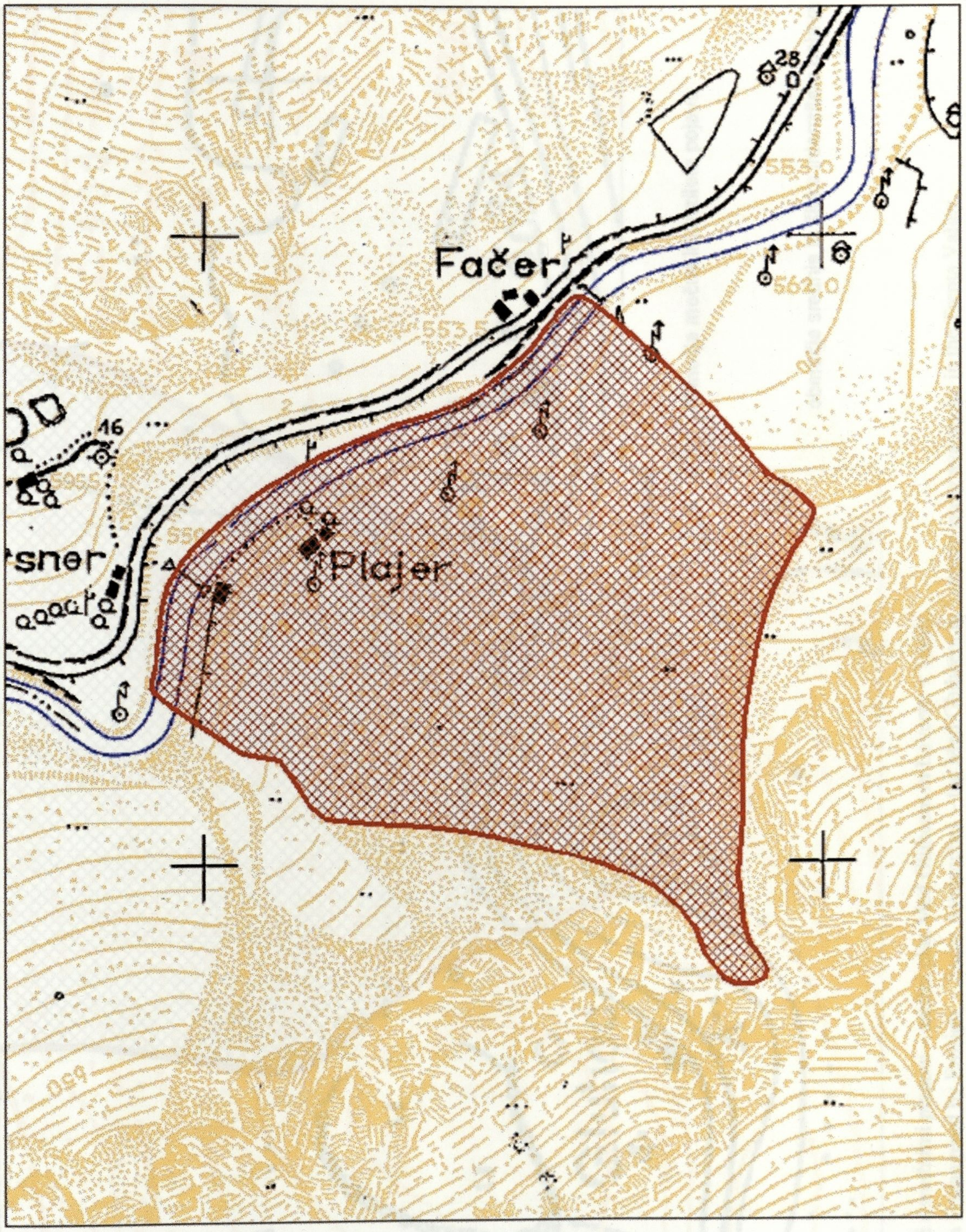
V nadaljevanju so prikazani vzorčni primeri izdelanih načrtov erozijsko ogroženih območij. Na grafične (geodetske) podlage smo v ustreznih barvnih tonih prikazali rezultate izdelanih analiz. Ker gre za pojave, ki so razporejeni na različnih območjih v Sloveniji, pogojene z naravnimi danostmi, so podani primeri nekaterih lokacij, kjer so bili v zadnjem obdobju vloženi večji napori za oceno stopnje ogroženosti, da bi na teh podlagah lahko ustrezno ukrepali.



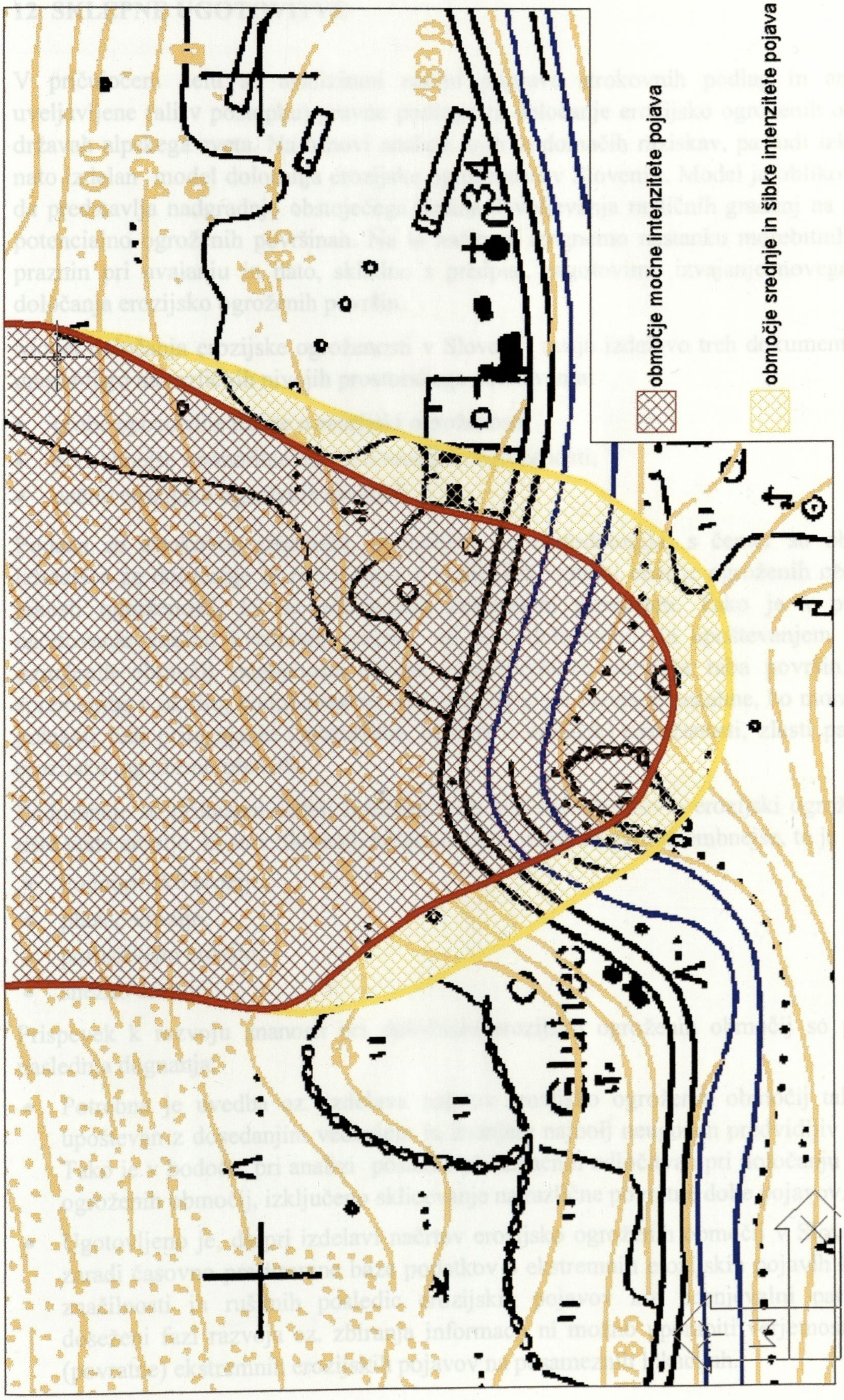
Slika 82: Načrt ogroženosti s hudourniško erozijo – hudournik Bistričica.
Figure 82: Map of the Area Endangered by Erosion - Torrents - the Bistričica torrent.



Slika 83: Načrt ogroženosti s plazno erozijo – Macesnikov plaz.
Figure 83: Map of the Area Endangered by Erosion – Landslides – the Macesnik landslide.



Slika 84: Načrt ogroženosti s porušitveno erozijo – podor Osojnik v Trenti.
Figure 84: Map of the Area Endangered by Erosion – Rockfall – the Osojnik rockfall in the Trenta Valley.



Slika 85: Načrt ogroženosti s snežnimi plazovi – snežni plaz Med Gluhcem in Lovcem v Trenti.
Figure 85: Map of the Area Endangered by Erosion – Snow Avalanches – the Med Gluhcem in Lovcem snow avalanche in the Trenta Valley.

12 SKLEPNE UGOTOVITVE

V pričujočem delu so analizirani načini priprave strokovnih podlag in analizirane uveljavljene (ali v postopku) pravne podlage za določanje erozijsko ogroženih območij v državah alpskega sveta. Na osnovi analize tujih in domačih raziskav, pa tudi izkušenj, je nato izdelan model določanja erozijske ogroženosti v Sloveniji. Model je oblikovan tako, da predstavlja nadgradnjo obstoječega načina dovoljevanja različnih gradenj na erozijsko potencialno ogroženih površinah. Na ta način se izognemo nastanku morebitnih pravnih praznin pri uvajanju in nato, skladno s predpisi, zagotovimo izvajanje novega modela določanja erozijsko ogroženih površin.

Model določanja erozijske ogroženosti v Sloveniji uvaja izdelavo treh dokumentov, ki se uporabljajo na različnih nivojih prostorskega načrtovanja:

- grobe opozorilne načrte o erozijski ogroženosti,
- podrobnejše opozorilne načrte o erozijski ogroženosti,
- načrte erozijsko ogroženih območij.

Podana so strokovna izhodišča, utemeljitve in metodologija, s čemer so oblikovana izhodišča za določanje in razvrščanje z različnimi vrstami erozije ogroženih območij po jakosti ogroženosti, ki so prilagojena slovenskim razmeram. Tako je v prostorsko načrtovanje vnešen kvaliteten premik, saj je z določanjem in upoštevanjem erozijsko ogroženih območij pogojevana okolju primernejša in varnejša raba površin. Ker so spremembe v okolju, bodisi naravne ali povzročene po človeku, nenehne, bo moralo stalno potekati tudi prilagajanje Opozorilnih načrtov o erozijski ogroženosti, zlasti pa Načrtov erozijsko ogroženih območij.

Podrobneje so prikazani načini izdelave vseh treh dokumentov o erozijski ogroženosti za tiste vrste erozije, ki so v Sloveniji najpogostejše, oziroma najpomembnejše, to je za:

- hudourniško erozijo,
- plazno erozijo,
- porušitveno erozijo,
- snežno erozijo.

Prispevek k razvoju znanosti pri določanju erozijsko ogroženih območij so predvsem naslednja dognanja:

- Potrebna je uvedba oz. izdelava načrtov erozijsko ogroženih območij tako, da je upoštevan z dosedanjim vedenjem in znanjem najbolj neugoden predvidljiv dogodek. Tako je v bodoče, pri analizi posledic ob napačnih odločitvah pri določanju erozijsko ogroženih območij, izključeno sklicevanje na različne povratne dobe pojavov.
- Ugotovljeno je, da pri izdelavi načrtov erozijsko ogroženih območij v Sloveniji tako zaradi časovno preskromne baze podatkov o ekstremnih erozijskih pojavih kot zaradi značilnosti in rušilnih posledic erozijskih pojavov kot ocenjevalni parameter v doseženi fazi razvoja oz. zbiranja informacij ni možno uporabiti verjetnosti nastopa (povratne) ekstremnih erozijskih pojavov na posameznih lokacijah.

- Pri določanju ogroženosti z naplavljanjem je, poleg nevezanega prenosa plavin in hudourniške lave, kot dodatna kategorija uveden čezmerno zgoščeni (hiperkoncentrirani) prenos plavin. Pri njem je kot kriterij ločevanja med območji različne jakosti ogroženosti uveden, podobno kot pri snežnih plazovih, pritisk čezmerno zgoščenih tokov na ovire.
- Zaradi dokaj ugodnega stanja ogroženosti stanovanjskih in gospodarskih objektov s snežnimi plazovi v primerjavi z ostalimi alpskimi državami je prikazano, da je umestno, da se celotna območja plaznic ohranijo kot varstvena območja. Zato bi jih le izjemoma delili v območja močne ter srednje in manjše intenzitete pojava, za kar pa so potrebne podrobnejše raziskave. Na ta način se tudi posredno zmanjšujejo možnosti napačnih odločitev.
- Pri vsaki vrsti erozije so bili ovrednoteni, nato pa tudi ustrezno dokumentirani in uporabljeni tisti praktični pripomočki in postopki, ki so novi ali pa v Sloveniji niso dovolj poznani, ki so ključni za čim točnejše določanje erozijsko ogroženih območij.

Glede na takšno občutljivost naravnih zakonitosti, v katere se človek – potrebno ali nepotrebno, vendar pa nenehno – vmešava in se bo vmešaval, je razumljivo, da bodo načrti, pregledi ogroženih območij, ki bodo sledili rezultatom pričujoče raziskave, podvrženi stalnemu prilagajanju spremembam, zlasti tistim neizogibnim. Upati je, da bo tudi pri nas zakonodajalec končno prepoznal stvarnost človekovega ravnanja in spregledal nujo razumnega prilagajanja zahtevam okolja. To bo lahko storil le tako, da bo upošteval dosežene rezultate, upošteval pa tudi veliko nepredvidljivost večine naravnih dejavnikov, ki delujejo in sodelujejo pri tvorbi katastrofičnih pojavov in posledičnih procesov, ki nujno omejujejo človekova hotenja.



Slika 86: Varno in mirno življenje ob vznožju gora – Logarska dolina leta 2000 (foto: A. Horvat).

13 POVZETEK

13.1 UVOD

Raziskovanje posledic katastrofičnih erozijskih pojavov in njihova obravnava z dosežki stroke so omogočili napredek pri določanju ter nato uvedbi načina prikazovanja z erozijskimi pojavi ogroženih poseljenih območij Slovenije.

Izsledki raziskovanja so omogočili izdelavo strokovne osnove in oblikovanje izhodišč za določanje z različnimi vrstami erozije ogroženih območij in njihovo razvrščanje po jakosti ogrožanja.

Način določanja erozijsko ogroženih območij je nato oblikovan ustrezno slovenskim razmeram. Tako želimo vnesti kvalitetni premik v gospodarjenje s prostorom, nadgraditi dosedanje oblike dovoljevanja različnih gradenj na potencialno tako ogroženih površinah in hkrati omogočiti postopen prehod iz obstoječega v kvalitetno izboljšan način dovoljevanja možnih rab teh površin. Strokovne podlage so upoštevale tudi institucionalno organiziranost v Sloveniji, da bi se izognili nastanku morebitnih pravnih praznin pri uvajanju novega modela določanja erozijsko ogroženih površin.

Najprej je analizirana erozijska ogroženost Slovenije, pojavi poškodb in škode, ki nastopajo. Tako je bilo opozorjeno na pomen čim kvalitetnejšega določanja erozijsko ogroženih površin in še zlasti njegove praktične uporabe za zagotavljanje varnosti in kvalitete življenja v hribovitih in goratih predelih Slovenije.

Analizirani so tudi načini in pravne podlage določanja tako ogroženih površin v državah alpskega sveta. Na osnovi analize tujih in domačih raziskav, pa tudi lastnih raziskav oz. izkušenj, je oblikovan model določanja, primeren za slovenske razmere. Ta model uvaja izdelavo treh dokumentov, ki se vključujejo v različne nivoje prostorskega načrtovanja oz. dovoljevanja posegov v prostor.

13.2 VRSTE EROZIJE

Pri določanju erozijsko ogroženih območij so predvsem obravnavane tiste vrste erozije, ki so v Sloveniji močno prisotne in povzročajo tudi največje poškodbe, oziroma škode, torej:

- hudourniška erozija,
- plazna erozija,
- porušitvena erozija,
- snežno erozija.

13.3 DOLOČANJE EROZIJSKE OGROŽENOSTI

Pri določanju erozijsko ogroženih območij je utemeljena in strukturirana izdelava treh vrst dokumentov:

- grobih opozorilnih načrtov o erozijski ogroženosti,
- podrobnih opozorilnih načrtov o erozijski ogroženosti,
- načrtov erozijsko ogroženih območij.

Opozorilne načrte o erozijski ogroženosti je možno, ob korektni obdelavi razpoložljivih podatkov, sorazmerno hitro po podanih vzorčnih primerih izdelati in dati na razpolago pri gospodarjenju s prostorom. So pa manj natančni in podajajo grobe usmeritve varstva pred erozijskimi pojavi.

Načrti erozijsko ogroženih območij, kot so strukturirani in predlagani, podajajo podrobne prikaze ogroženosti, prostorsko coniranje in ovrednotenje stopnje ogroženosti. Glede na obseg pojavov je ocenjeno, da bi za predlagane vsebine, ki so določljive, in njihovo celovito izdelavo v Sloveniji potrebovali med 10 in 20 let neprekinjenega strokovnega dela.

Kljub temu pa si je v vmesnem obdobju pri presojah posegov v prostor po zastavljenih metodah možno pomagati z grobimi in podrobnimi opozorilnimi načrti o erozijski ogroženosti in na njihovi osnovi izraženimi mnenji hudourničarskih izvedencev. Tak postopek predstavlja v prehodnem obdobju hitro, čeprav manj natančno metodo določanja erozijsko ogroženih območij.

Opozorilni načrti o erozijski ogroženosti določljivo omejujejo območja, na katerih preti nevarnost erozijskih pojavov in procesov. Izdelani so v glavnem na osnovi primerjalnih analiz naravnih danosti. Pri gospodarjenju na tako omejenih območjih je nujno ravnati skladno z načeli varstva pred erozijo. Znotraj njih lahko izločamo naknadno, po potrebi, še z detajlnejšimi analizami površine glede na stopnjo ogroženosti tako, da izdelujemo Načrte erozijsko ogroženih območij.

13.4 OPOZORILNI NAČRTI O EROZIJSKI OGROŽENOSTI

13.4.1 Grobi opozorilni načrti o erozijski ogroženosti

Osnovni namen grobega izločanja je dobiti hiter pregled stanja naravne ogroženosti v konfliktnih točkah ali območjih, kar omogoča izdelavo načrtovalnih smernic. Zato prikazuje opozorilni pregled le vrsto, ne pa tudi stopnjo nevarnosti, kar je že vsebina podrobnejšega, mnogo natančnejšega pristopa izločanja erozijskih območij in pojavov.

Karta erozijskih žarišč in erodiranosti območij ter karta stabilnosti območij in plazov grobo omejujeta površine, kjer so zaznavni pojavi erozije, plazenja tal in snega. Obe sta sestavni del obstoječih Vodnogospodarskih osnov Slovenije in osnovni podlagi za izdelavo grobih opozorilnih načrtov o erozijski ogroženosti. Ker je pregled grob, nam torej služi kot opozorilo, da je za posege na teh območjih potrebno pridobiti vodnogospodarsko soglasje, ki ga pripravijo hudourničarski strokovnjaki.

Pri pripravi strokovnih podlag s področja voda za potrebe prostorskega plana RS je bil že, skladno s tu podanimi dognanji, izdelan grobi opozorilni načrt o erozijski ogroženosti , ki

naj bi se v bodoče nadgradil s s celovito obravnavo Slovenije, z izdelavo posameznih podrobnih opozorilnih načrtov o erozijski ogroženosti. Zaenkrat je bil tak pristop na ravni vse države izveden le pri določevanju ogroženosti pred snežno erozijo.

13.4.2 Podrobni opozorilni načrti o erozijski ogroženosti

Za nekatere predele Slovenije je mogoče sorazmerno hitro izdelati podrobne opozorilne načrte o erozijski ogroženosti. Pri tem delu rabimo meteorološke in hidrološke podatke, geološke, fitocenološke, pedološke karte, karte rabe tal in zlasti karte nagibov površin. Dejavnik nagibi površin je uporabljen kot najpomembnejša naravna danost pri konkretnem analitičnem določanju erozijsko ogroženih območij, ki naj bi vsekakor postala eden od odločujočih dejavnikov v načrtovanju katerihkoli nadaljnjih ukrepov, posegov in uporabe v posameznih obravnavanih območjih. Podrobni opozorilni načrti so zato razdeljeni v opozorilne načrte ogroženosti s hudourniško, plazno, porušitveno in snežno erozijo.

Izdelave podrobnih opozorilnih načrtov ogroženosti s hudourniško erozijo se praviloma lotimo kompleksno tako, da hkrati analiziramo tako celotno hudourniško območje (zgornji, srednji in spodnji tek) kot nevarnost poglabljanja, bočnega erodiranja, preplavljanja in poplavljanja ter naplavljanja. Pri tem uporabljamo vse dosegljive in uporabne podatke, pri čemer moramo stalno paziti na korektno interpretacijo glede na njihovo točnost in zanesljivost.

Z medsebojno primerjavo geološke karte, karte nagibov površin, letalskih posnetkov ter na osnovi terenskih raziskav in poizvedovanj za nedvoumno zabeleženimi opisi nekdanjega plazenja lahko okvirno opredelimo labilna in pogojno stabilna zemljišča (plazna erozija). Pri tem izločimo kot potencialno ogrožene površine območja nagibov, ki so med povprečnimi vrednostmi strižnih kotov za suhe in mokre zemljine, nastale iz posameznih vrst kamnin.

Pri izdelavi podrobnih opozorilnih načrtov ogroženosti s porušitveno erozijo skušamo zbrati čim več podatkov o skalnih in hribinskih podorih v preteklosti, jih čim točneje prostorsko opredeliti (aerofotografije, neme priče, ipd.) ter jih dopolniti s podatki primerjalnih analiz iz inženirskogeoloških kart in kart nagibov površin. Pri tem skušamo glede na geomorfološko izoblikovanost obravnavanega prostora čim točneje oceniti potencialne meje vpliva podorov.

Analiziramo tudi zemljišča, ki so bodisi neposredno ali posredno potencialno ogrožena zaradi plazenja snega. Pri izločanju na osnovi analize naravnih danosti skušamo okvirno omejiti območja, kjer lahko pričakujemo nevarnost snežnih plazov. Pri tem analiziramo zlasti snežne razmere, nagibe površin in vegetacijske razmere.

Prikazano je, kako na podlagi navedenega na podrobnih opozorilnih načrtih izločimo potencialno erozijsko ogrožene površine, kjer je nujno previdno in restriktivno obnašanje in je za kakršenkoli načrtovan poseg brezpogojno pridobiti vodnogospodarsko soglasje, ki ga pripravijo hudourničarski strokovnjaki.

13.5 NAČRTI EROZIJSKO OGROŽENIH OBMOČIJ

Predlagano je, da se v načrtih erozijsko ogroženih območij ločita, glede na intenziteto ogrožanja, dve kategoriji:

- območja močne intenzitete pojava (rdeča območja),
- območja srednje in slabe intenzitete pojava (rumena območja).

V območja močne intenzitete pojava (rdeča območja) so na podlagi danih kriterijev uvrščene površine, kjer lahko ob izbruhih hudournih voda in različnih vrst erozije računamo z možnostjo spodkopavanja temeljev objektov, njih poškodovanjem in celo uničenjem. Smrtne žrtve v teh objektih so možne. V teh območjih zato ni dovoljeno graditi ali razširjati nobenih objektov in naprav v katerih bi se zadrževali ljudje ali živali.

V območja srednje in slabe intenzitete pojava (rumena območja) so uvrščene površine, kjer lahko pride zaradi različnih vrst erozije in hudourniških izbruhov do poškodb objektov, njihova porušitev pa je izključena. Smrtne žrtve v teh objektih so tudi ob naravnih ujmah praviloma izključene. Pri rabi prostora je potrebno biti previden in preprečiti nastanek morebitnih škod. Gradnja v teh območjih je ob upoštevanju primernih protierozijskih ukrepov možna, ni pa dovoljena za posebno občutljive objekte.

Ostala - bela t.j. nepobarvana - območja predstavljajo površine, na katerih do sedaj niso bile zabeležene zaznavne posledice delovanja erozije in hudournikov.

Posebno pozornost pa je še dodatno potrebno nameniti vsem urbaniziranim površinam, lokacijam infrastrukturnih objektov ter ostalim lokacijam kjer se stalno ali vsaj občasno nahaja večje število ljudi.

13.5.1 Načrti ogroženosti s hudourniško erozijo

Ogroženost s hudourniško erozijo je nedvomno najpomembnejša erozijska oblika ogrožanja slovenskega prostora. Kaže se nam z naslednjimi procesi:

- poplavljanjem in preplavljanjem,
- globinsko in bočno erozijo ter
- naplavljanjem.

Naplavljanje je še dodatno ločeno obravnavano glede na vrsto procesa - nevezan transport, hiperkoncentrirani tok ali pa hudourniška lava (mura).

Ogrožena območja, kjer največja določena višina vode ob možni preplavitvi presega 1,5 m ali pa je produkt med hitrostjo vode in njeno globino > 1,5 m^2/s, so uvrščena v območja močne intenzitete pojava (rdeča območja), ostala, ogrožena s poplavljanjem, pa v območja srednje in slabe intenzitete pojava (rumena območja).

Pri ogroženosti z globinsko in bočno erozijo so uvrščena v območja močne intenzitete pojava (rdeča območja) vse površine, kjer lahko pričakujemo, da bo globina zajedanja v

horizontalni in vertikalni smeri > 1,5 m, v območja srednje in slabe intenzitete pojava (rumena območja) pa tiste, kjer lahko pričakujemo, da bo ta globina med 1,5 m in 0,5 m.

Pri določanju površin ogroženih z naplavljanjem je predlagano, da v območja močne intenzitete pojava uvrščamo površine:

- kjer lahko pride pri nevezanem prenosu plavin do njihovega odlaganja v višino > 1,0 m in hitrosti > 1,0 m/s,
- območja toka in odlaganja hiperkoncentriranih (čezmerno zgoščenih) tokov plavin s pričakovanim tlakom P > 30 kN/m^2 in
- območja toka in odlaganja hudourniških lav.

V območja srednje in šibke intenzitete stopnjo ogroženosti je predlagana uvrstitev površin:

- kjer je višina odlaganja nevezanih plavin do h < 1,0 m nad terenom in
- območja toka in odlaganja hiperkoncentriranih (čezmerno zgoščenih) tokov plavin s tlakom 30 > P > 3 kN/m^2.

Pri določanju z naplavljanjem ogroženih površin je pomembno, da pri celoviti analizi hudourniškega območja ugotovimo, katere vrste naplavljanja lahko pričakujemo na obravnavanih lokacijah.

13.5.2 Načrti ogroženosti s plazno erozijo

V območja močne intenzitete pojava (rdeča območja) so uvrščene površine, kjer lahko pričakujemo naslednje procese:

- močni razslojevalni premiki,
- hitrost v > 0.1 m/dan pri površinskih plazenjih, kjer je "v" dolgoročna povprečna hitrost nenehnega plazenja,
- vsakokratni premik ob dogodku > 1,0 m.

V območja majhne in srednje intenzitete pojava (rumena območja) so uvrščene površine, kjer lahko pričakujemo, da bo hitrost plazenja > 0,1 m/leto.

Pričakovana dolžina pomika zemeljskih plazov v časovni enoti je bila ugotovljena in zato izbrana kot ključni kriterij, od katerega so odvisne posledice delovanja zemeljskih plazov na objekte. Meje pričakovanih pomikov na posameznih območjih so izbrane skladno s pričakovanimi posledicami na prizadetih objektih, prometnicah in v širšem prostoru.

Pri določanju območij, ogroženih s plazenjem tal, so predlagani kot osnova podrobnejši opozorilni načrti ogroženosti s plazno erozijo, na katerih so izločene potencialno ogrožene površine.

Znotraj teh območij so površine ogrožene z različnimi jakostmi pojava, ki jih je možno podrobneje razmejiti. Na območjih pričakovane močne in zlasti srednje ogroženosti je za razmejevanje potrebno merjenje pomikov plazu in analiza hitrosti pomikov. Predlagano je, da se meritve pomikov praviloma izvajajo le za velika, obsežna plazišča, drugod pa se je

pri določevanju ogroženosti s plazno erozijo potrebno omejiti na podrobne opozorilne načrte ogroženosti in brezpogojno zagotoviti pridobivanje ustreznih strokovnih mnenj k načrtovanim posegom.

13.5.3 Načrti ogroženosti s porušitveno erozijo

Območja močne intenzitete pojava (rdeča območja) predstavljajo:

- območja skalnih podorov in podorov hriba,
- območja skalnih zruškov z $E \geq 100$ kJ.

V območja majhne in srednje intenzitete pojava (rumena območja) so uvrščena območja, ki jih ogrožajo skalni zruški z $10 \text{ kJ} < E < 100$ kJ.

Podorine se v odvisnosti od oblikovitosti pobočja v glavnem odlagajo pod določenim kotom, posamezni bloki pa so lahko odloženi tudi nekoliko dalj. Najmanjši kot odlaganja glede na ogroženo pobočje znaša ca 28°, z njim je tudi omejen maksimalni doseg podornih blokov (Moser, 1996). Pričakovani doseg lahko izračunamo z matematičnimi modeli, kar se že izvaja tudi v Sloveniji.

Tako dobljene vrednosti največjih pričakovanih dosegov skalnih zruškov moramo obvezno korigirati z rezultati analize nemih prič, če nam ti morebiti ne dajejo večjih rezultatov.

13.5.4 Načrti ogroženosti s snežnimi plazovi

Prikazano je, da je v Sloveniji možno predlagati našim razmeram ustrezno prirejeni švicarski način izdelave načrtov ogroženosti s snežnimi plazovi, saj je teoretično bolje utemeljen in v praksi že bolje razvit od avstrijskega ter omogoča korektno praktično uporabo. Ogrožene površine so zato uvrščene v dvoje območij, in sicer:

- območja močne intenzitete pojava (rdeča območja) in
- območja majhne in srednje intenzitete pojava (rumena območja).

Območja močne intenzitete pojava predstavljajo svet, na katerem lahko pride do uničenj objektov ali njihovih delov. V objektih je pričakovati tudi smrtne žrtve. To so površine, kjer doseže pritisk snežnega plaza 30 kN/m^2 ali več.

V območja majhne in srednje intenzitete pojava pa so uvrščene površine, kjer ni pričakovati uničenj objektov ali njihovih delov, če so le zgrajeni skladno z zahtevanimi protilavinskimi pogoji, t.j. da so arhitekturno oblikovani in statično dimenzionirani tako, da zdržijo obremenitve do 30 kN/m^2. Zato so te površine za gradnjo pogojno uporabne. Določena nevarnost sicer obstaja za osebe zunaj objektov, vendar jim je možno zagotoviti varnost z ustreznimi ukrepi občasnega varstva, zlasti s pravočasno zaporo dostopa na ogrožena območja. Pritiski snežnih plazov v teh območjih se gibljejo od 3 do 30 kN/m^2.

Pričakovani pritisk snežnih plazov je bil izbran kot ključni kriterij, od katerega so odvisne posledice delovanja snežnih plazov na objekte. Meje pričakovanih pritiskov na posameznih območjih so izbrane skladno s konstrukcijskimi lastnostmi primerno grajenih objektov na ogroženih (slovenskih) območjih in so vsebinsko primerljive s švicarskimi.

V primerjavi s sosednjimi državami ima Slovenija malo naseljenih območij, ki jih snežni plazovi neposredno ogrožajo. Da bi tudi v naprej ohranili ugodno nizko stopnjo ogroženosti, moramo obravnavati celotna območja plaznic kot prepovedana območja.

13.6 SKLEP

Prispevek k razvoju znanosti pri določanju erozijsko ogroženih območij so predvsem naslednja dognanja:

- Potrebna je uvedba oz. izdelava načrtov erozijsko ogroženih območij tako, da je upoštevan z dosedanjim vedenjem in znanjem najbolj neugoden predvidljiv dogodek. Tako je v bodoče, pri analizi posledic ob napačnih odločitvah pri določanju erozijsko ogroženih območij, izključeno sklicevanje na različne povratne dobe pojavov.
- Ugotovljeno je, da pri izdelavi načrtov erozijsko ogroženih območij v Sloveniji tako zaradi časovno preskromne baze podatkov o ekstremnih erozijskih pojavih kot zaradi značilnosti in rušilnih posledic erozijskih pojavov kot ocenjevalni parameter v doseženi fazi razvoja oz. zbiranja informacij ni možno uporabiti verjetnosti nastopa (povratne) ekstremnih erozijskih pojavov na posameznih lokacijah.
- Pri določanju ogroženosti z naplavljanjem je, poleg nevezanega prenosa plavin in hudourniške lave, kot dodatna kategorija uveden čezmerno zgoščeni (hiperkoncentrirani) prenos plavin. Pri njem je kot kriterij ločevanja med območji različne jakosti ogroženosti uveden, podobno kot pri snežnih plazovih, pritisk čezmerno zgoščenih tokov na ovire.
- Zaradi dokaj ugodnega stanja ogroženosti stanovanjskih in gospodarskih objektov s snežnimi plazovi v primerjavi z ostalimi alpskimi državami je prikazano, da je umestno, da se celotna območja plaznic ohranijo kot varstvena območja. Zato bi jih le izjemoma delili v območja močne ter srednje in manjše intenzitete pojava, za kar pa so potrebne podrobnejše raziskave. Na ta način se tudi posredno zmanjšujejo možnosti napačnih odločitev.
- Pri vsaki vrsti erozije so bili ovrednoteni, nato pa tudi ustrezno dokumentirani in uporabljeni tisti praktični pripomočki in postopki, ki so novi ali pa v Sloveniji niso dovolj poznani, ki so ključni za čim točnejše določanje erozijsko ogroženih območij.

Glede na takšno občutljivost naravnih zakonitosti, v katere se človek – potrebno ali nepotrebno, vendar pa nenehno – vmešava in se bo vmešaval, je razumljivo, da bodo načrti, pregledi ogroženih območij, ki bodo sledili rezultatom pričujoče raziskave, podvrženi stalnemu prilagajanju spremembam, zlasti tistim neizogibnim. Upati je, da bo tudi pri nas zakonodajalec končno prepoznal stvarnost človekovega ravnanja in spregledal nujo razumnega prilagajanja zahtevam okolja. To bo lahko storil le tako, da bo upošteval dosežene rezultate, upošteval pa tudi veliko nepredvidljivost večine naravnih dejavnikov, ki delujejo in sodelujejo pri tvorbi katastrofičnih pojavov in posledičnih procesov, ki nujno omejujejo človekova hotenja.

14 SUMMARY

14.1 INTRODUCTION

Any intervention in the zones endangered by any type of erosion, must be carried out according to the conditions under which the land use in these areas is possible.

Possible ways and conditions of land use on the areas endangered by erosion in Slovenia are defined by the Water Management General Plan and Torrent Control Plans (ZVSS, 1978). The Water Management General Plan determines the areas that are threatened by erosion, torrents, landslides and snow avalanches. According to the Water Law, it is necessary to obtain the permission of the torrent control service before any changes of land use, building or other interventions which could change the balanced conditions in these areas. Unfortunately, it is the usual practice that the administration requires the permission of the torrent control service only for interventions along the torrent beds and not for interventions in their broader areas endangered by erosion.

It would be desirable to use the same technical background to define the areas endangered by erosion as in other Alpine countries. For example, in 1975, Austria passed the regulation that gave torrent control service the responsibility as well as the authority to define and limit all types of areas endangered by erosion (Aulitzky, 1989).

14.2 TYPES OF EROSION

To determine the erosion threat zones we consider those types of erosion that are the most frequent in Slovenia and cause the most serious damage:

- torrent erosion
- landslide erosion
- rock fall erosion
- snow erosion

14.3 PLANS OF EROSION THREATS

To determine the erosion threat zones it is important and helpful to prepare three types of documents:

- General and Detailed Erosion Threat Warning Plans
- Maps of the Areas Endangered by Erosion

Erosion Threat Warning Plans can be readily produced by careful processing of available data. However, they are less precise and can only give general directions for protection against erosion phenomena and proper management of the endangered areas.

Maps of the Areas Endangered by Erosion give detailed survey of endangered areas, their precise zonation and degrees of erosion. To produce those maps for the entire territory of Slovenia, between 10 and 20 years of continuous professional work will be necessary.

In the meantime, until such maps are produced, we will have to rely on General and Detailed Erosion Threat Warning Plans and predictions/opinions of the erosion experts. In the transitional period this approach represents a rapid although less precise method of defining the areas endangered by erosion.

Erosion Threat Warning Plans roughly define, on a large scale, areas endangered by erosion phenomena and processes. They are based on comparative analysis of natural conditions. Planning and management in the areas specified by warning plans has to be in accordance with the principles of protection against erosion. When necessary, smaller areas within larger zones defined in warning plans can subsequently be specified with regard to the degree of endangerment. This approach requires detailed analysis and produces Maps of the Areas Endangered by Erosion.

Erosion Threat Warning Plan will help to produce expert opinions and represent a basis for detailed plans of erosion threat zones, and for implementation of protection policy with

- protection measures and regimes
- regulation of land use
- procedures of detailed verification of their validity

14.3.1 Erosion Threat Warning Plans

14.3.1.1 General Erosion Threat Warning Plans

The basic aim of the General Erosion Threat Warning Plans is to quickly identify endangered areas or their individual parts, which then forms the basis for decision making and planning. Such warning plans show only the type of erosion but not the degree of endangerment which is defined by much more precise determination of erosion phenomena and endangered areas.

The precision of rough warning plans is naturally rather poor since the possible erosion processes are only shown by appropriate symbols in relatively vast areas, without precise spatial delimitation.

The maps of erosion and progressive erosion zones , as well as, unstable and conditionally stable areas, snow erosion threat areas, which are the part of the existing Water Management General Plan, roughly determine areas with considerable danger of erosion, landslides and snow avalanches. Since this survey is rather unprecise it can only serve as a general guide indicating the areas where the permission of the torrent control service is necessary for interventions in the environment (ZVSS, 1978).

Specified warning zones will be outlined as protected areas in landscape management plans of the municipalities and of the State.

14.3.1.2 Detailed Erosion Threat Warning Plans

Detailed Erosion Threat Warning Plans of potential erosion danger have already been made for some torrent watersheds in Slovenia, whereas for the others they can be made in relatively short period of time. To do that, we need meteorological and hydrological data, geological maps, phytocoenologycal maps, maps of land use, pedological maps and especially maps showing the inclination of slope. The inclination of slope, their spatial distribution, area and orientation are indicative of climatic conditions, angle of incidence of sun rays, speed of water concourse, stability of a terrain and snow cover, various dynamic phenomena, endangerment and usage of the environment, etc. (Pintar in Zemljič, 1982). The inclination of slope is thus considered a crucial factor in the analytical determinations of erosion threat areas, and should be used as a decisive natural determinant in planning and decision making whenever measures, interventions and land use in individual endangered areas are considered.

The endangered area is delimited and divided in detail according to topographic characteristics by sufficiently precise digital or analogous procedure or, by the combination of both. The angles of slope are then analysed and compared to geological, vegetation, snow cover, land use and other maps in order to establish possible relationships between these parameters and threatening phenomena. Such analyses are regularly presented on maps with detailed scale (1 : 25.000 to 1 : 10.000). These maps, together with other cartographic material, represent a suitable basis for planning in mountainous regions.

On areas defined in this way, and before detailed maps of the areas endangered by erosion with different degrees of threat are made, permissions of the torrent control service are required for conditionally allowed interventions in the areas (Zemljič, 1970).

Detailed Erosion Threat Warning Plans are divided into warning plans of torrent, landslide, rockfall and snow erosion threat.

Production of torrent erosion warning plans is rather complex since we simultaneously analyse the entire torrent area (upper, middle and lower part of the flow), the danger of depth and lateral erosion, overflow and flooding, as well as deposition.

The analysis of endangered areas is based on all available and applicable data. Great care has to be devoted to the correct interpretation of this data, with regard to their accuracy and reliability.

By comparison of geological map and the map of inclination, research of a terrain and reliable descriptions of previous landslides, we can roughly define the unstable and conditionally stable areas (landslide erosion).

With such rough analysis potentially endangered areas where caution and restrictive actions are necessary can be identified and the adequate permission of the torrent control service must be acquired for any planned action.

In order to produce detailed rock fall erosion warning maps we try to gather as many data as possible on past crumbling of stones and mountain slopes, define their precise location (aerophotographs, silent witnesses...) and compare them with the data from geological

maps and maps of slopes. By taking into account the geomorphology of a terrain, we try to determine, as precisely as possible, the potential limits of the effect of rock fall.

The areas with a direct or potential threat of snow erosion (snow creeping and sliding, avalanches) are also analysed.

Based on the analysis of natural characteristics we try to roughly specify the areas, where snow erosion could be expected. The following factors are considered in the analysis:

- snow cover
- inclination of slopes
- vegetation.

An expert judgement of snow cover is of great help to define the potential threat of snow erosion. Therefore we analyse the following parameters:

- the maximum height of snow cover registered
- the maximum daily increase of snow cover observed
- an average duration of snow cover.

Based on the results of individual analysis and interactions between different factors present on the unfavourable surfaces we can identify the complex of areas potentially endangered by snow erosion. By doing this, we should be aware, however, that this is only a rough analysis which can serve as a basic warning for land use in these areas. Better results can be obtained by detailed analysis which takes into account other factors - shape and roughness of a terrain, quality of forest community - which may affect triggering of snow avalanches.

14.3.2 Maps of Erosion Endangered Areas (a proposal for Slovenia)

According to the intensity of danger, the Maps of the Areas Endangered by Erosion are divided into two categories:

- zones of strong intensity (red zones)
- zones of middle and weak intensity (yellow zones)

The areas with different types of erosion which might tear up, damage or destroy building foundations are considered as zones of strong intensity (red zones). Here, fatal accident in the buildings are possible. Therefore it is not allowed to construct any buildings for people or animals.

The areas with different types of erosion and torrent outbursts which might damage but not destroy the buildings are considered as zones of middle and weak intensity (yellow zones). Here, fatal accidents are unlikely but caution is advisable. It is necessary to prevent possible damage. The construction of buildings is possible but only by taking into account the proper anti-erosion measures, however, extra sensitive constructions should be avoided.

The remaining areas, white – so called uncoloured zones, are the areas where no major torrent or erosion damage has been recorded thus far.

Special attention should be paid to all urban areas, locations of infrastructure and other areas, where a large number of people is present permanently or occasionally.

14.3.2.1 Torrent erosion

Torrent erosion threat is certainly the most important form of erosion endangering the Slovenian territory. It is manifested by the following processes:

- overflows and flooding
- depth and lateral erosion
- bedload sedimentation

Deposition is additionally discussed according to different processes – free flow, hyper-concentrated flow or debris flow.

We often lack sufficient data about small, as well as, large torrent areas, therefore, the analysis of past events and the prediction of possible phenomena by use of "silent witnesses" at the ecologically stable conditions, could be of great help.

Alluvial fan is like an identity card of a torrent. It helps us to make an exact analysis of a devastation force of torrent waters in case of natural disasters. Alluvial fan of a torrent is of such importance that we can roughly define the erosion threat only by its analysis, whereas for the exact specification of an endangered areas we also have to analyse the middle and upper section of the torrent flow and especially in the progressive erosion zones.

We try to obtain an exact analysis of torrent alluvial fan at its potentially broadest area. For this purpose we can rely on Thiéry's (1914) interpretation of the origin and development of the torrent alluvial fan and taking into account the local geomorphologic conditions. The complex analysis of the entire alluvial fan is then defined by different available methods.

Table 1 shows the limits for determination of the degrees of endangerment (red, yellow) for different types of torrent erosion.

The endangered areas with the maximum water level > 1,5 m in case of overflow are considered as zones of strong intensity (red zones) and other areas endangered by flooding as zones of middle and weak intensity (yellow zones).

As it is shown in Table 1, we classify as zones of strong intensity (red zones) of depth and lateral erosion all areas with expected erosion in horizontal and vertical direction > 1,5 m, whereas areas with the expected extent of depth and side erosion between 1,5 m and 0,5 m are classified and designated as zones of middle and weak intensity (yellow zones).

Three types of bedload sedimentation are distinguished. Areas of free flow with expected height of bedload sedimentation over 1,0 m or with expected free flow velocity more than 1,0 m/s are classified as zones of strong intensity (red zones). Areas with the expected height of bedload sedimentation under 1,0 m or velocity under 1,0 m/s are classified as zones of middle and weak intensity (yellow zones).

The endangered areas with expected pressure of hyper-concentrated flow over 30 kN/m^2 are classified a zones of strong intensity (red zones) whereas those with expected pressure between 3 and 30 kN/m^2 as zones of middle and weak intensity (yellow zones).

The whole areas with expected debris flow and deposition are considered as zones of strong intensity (red zones).

14.3.2.2 Landslides

In defining the landslide erosion threat in general we will have to concentrate on detailed warning plans and obligatory technical opinions of the torrent control service and other experts, such as geologists, meteorologists, hydrologists, etc.

By verified large sliding slopes, for which observations and geological analyses exist, we will temporarily follow modified Swiss criteria of Recommendation for "Consideration danger of mass transfer by space effected activities" (BRP, BWW, BUWAL, 1997) as it is shown in attached table in the rubric "Landslide and Fall Erosion", which comes out from the basis, presented by Kienholz in Interpraevent 1996 one year before (Kienholz, 1996).

Strong layer separating movements, surface sliding with v > 0,1 m/day and movements at each event > 1,0 m are classified as zones of strong intensity (red zones). Zones of middle and weak intensity (yellow zones) represent landslides with v > 1 dm/year.

14.3.2.3 Rockfall erosion

According to the available data on rock fall erosion threat in Slovenia, which are, with few exceptions, rather scarce, and considering that forests represent a favourable degree of protection against rock crumbling, we can classify the threatened areas into two groups.

The areas classified as zones of strong intensity (red zones) are the areas where rockfall energy E > 100 kJ. In red zones are also the whole areas of rock topple and rock avalanche (Bergsturz).

Zones of middle and weak intensity (yellow zones) represent areas with medium and low intensity of erosion events – i.e. areas threatened by falling of stones and rocks with 10 kJ < E <100 kJ.

For detailed classification of the areas threatened by fall erosion it is important to gather and interpret precise data on:

- potential size of falling stones, rocks
- vegetation cover and configuration of the ground exposed to the rolling stones and rocks
- past damage (chronicle)
- silent witnesses and their exact analysis

Falling rocks are predominantly deposited under a certain angle depending on the shape of the slope, individual blocks, however, may be deposited in some distance. The smallest angle of deposition in endangered areas is approximately 28° and this angle also delimits the distance of falling rocks and blocks (Moser, 1989). These data must be corrected according to the results of the silent witness analysis if such analysis improves the general result. In the analysis we can use mathematical models, which can give very good approximations to natural conditions if " great quality " input is used. With complete analysis we can determine endangered areas with greater precision and classify them into red and yellow zones.

14.3.2.4 Snow erosion

The acceptance of the modified Swiss system of determining the areas endangered by snow erosion is proposed for Slovenia, since it can be with modifications directly applied to our conditions. The endangered areas will be classified into two zones.

Red zones represent the areas with expected pressure of snow avalanche over 30 kN/m^2. Areas with expected pressure of snow avalanche between 3 and 30 kN/m^2 are marked as yellow zones.

Based on the study "The Estimate of snow avalanche threat in Slovenia" (Horvat in sod., 1994) a cadastre of snow avalanches in Slovenia has been elaborated (scale 1 : 10.000). For every recorded avalanche there is a form containing data on all three parts of avalanche line (form, vegetation, stability and fertility of soil, area, condition, circumference and exposition) data on impact on the traffic and buildings and on the frequency of the avalanche. Graphic data are presented in the scale 1 : 10.000 (Horvat, 1995).

This study thus makes possible a rough identification of avalanche areas and also offers a series of data which enable a detailed identification.

However, for detailed identification, the data from this study have to be supplemented with

- data on maximum dimensions of snow avalanches
- delineation (separation) of the avalanche areas into red and yellow zones

In addition to the cadaster of snow avalanches and data on their maximum dimensions displayed by various silent marks in the environment, we can also use in Slovenia the statistical topographic method developed by the Norwegian geotechnical institute (NGI) which has been successfully used in Austrian Alps, to determine the maximum dimensions of snow avalanches (Lied in sod., 1995).

For determination of maximum length of snow avalanches we can also use dynamic models. The biggest problem in practical application of these models is the collection of the appropriate input data. Considering the data in preliminary cadaster of snow avalanches in Slovenia and the economical point of view, the use of such models in Slovenia is only justified for solving the problem of the largest snow avalanches endangering vital objects along the upper Soča river.

As the land use in Slovenia has been quite good considering the protection against avalanches, we do not, with some small exceptions, have to deal with buildings in avalanche paths and can consider their whole area as " prohibited area". When necessary, delineate red and yellow zones by using the principles established by de Quervain (De Quervain, 1975).

14.4 CONCLUSION

By a rapid method for determination of erosion threat areas, such as the elaboration of erosion warning plans - a relatively fast step towards an effective regional planning can be made. The data and knowledge gathered thus far will help the torrent experts in designing the detailed maps of the areas endangered by erosion according to the degrees of endangerment. The degrees of danger will indicate the suitability of individual zones for building, settlements, industry, infrastructure, traffic, as well as, agriculture and forestry.

By strictly considering the limitations of land use, defined roughly by the erosion threat warning plans, together with opinions of the erosion experts and, after some years, in detail by maps of the areas endangered by the erosion, we should make a considerable quality move towards reasonable land use planing and thus bring our civilisation into a better balance with nature.

Table 1: Limits/criteria for determination of the degrees of threat by natural hazards – A proposal for Slovenia (A. Horvat)

Erosion process Threatening			**Crucial factor**	**Small and middle intensity YELLOW**	**Strong intensity RED**
Snow avalanches			avalanche pressure "P"	$30 > P > 3$ kN/m^2	$P > 30$ kN/m^2
High water danger Torrent erosion	**Overflow, Flood**		h = water depth (height of water overflow and deposits) v = flow velocity d = thickness of bank erosion (measured horizontally and vertically)	1,5 m > h or 1,5 m^2/s > v x h	h > 1,5 m or v x h > 1,5 m^2/s
	Lateral erosion, Bank erosion			0,5 m < d < 1,5 m	d > 1,5 m
	Bedload sedimentatin	**Free flow**		h < 1,0 m or v < 1,0 m/s	h > 1,0 m and v > 1,0 m/s
		Hyper-concentrated flow		$30 > P > 3$ kN/m^2	$P > 30$ kN/m^2
		Debris flow			the whole flow and deposition area
Mass vasting (Sliding and rockfall erosion)	**Land sliding (Rutschungen)**		v = long-term average velocity of permanent sliding	v > 1,0 dm/year	strong layer separating movements v > 0.1 m/day at surface sliding movement at each event > 1,0 m
	Stone fall, Block fall (Steinschlag, Blockschlag)		E = kinetic energy	10 < E < 100 kJ	E > 100 kJ
	Rock avalanche, Rock topple, Cliff fall (Felssturz, Bergsturz)				E > 100 kJ

15 VIRI

Aebli H.R., 1997. Erfahrungen mit dem Gefahrenzonenplan im Kanton Graub'unden, Schweiz. Poschinger&Stötter (Hrsg.): Münchener Forum Massenbewegung, München, Münchner Geogr. Abhandlungen

Anker F., Hübl H., Ihrenberger Ch., Weinmeister W.H., Wörle M., 1995. Bestimmung von Abtragsraten in Eizugsgebieten von Wildbächen als Grundlage für Gefahrenzonen- und Verbauungsplanung. Wien, BOKU / Universität für Bodenkultur Wien, IWLW / Institut für Wildbach- und Lawinenschutz: 12 str.

Anko B., 1994. Gozd, voda in človek. V: Gozd in voda : zbornik seminarja, Poljče, 11. - 13. oktober 1994, Anko B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 13-31

Arhiv Hidrometeorološkega Zavoda RS, Ljubljana

Arhiv Podjetja za urejanje hudournikov, Ljubljana

Aulitzky H., 1968. Berücksichtigung der Wildbach- und Lawinengefahren in der Raumordnung. –ÖGRR, 3: 43-52

Aulitzky H., 1970. Der Enterbach (Inzing in Tirol) am 26. Juli 1969. Versuch der Analyse eines Murganges als Grundlage für die Neuerstellung einer zerstörten Wildbachverbauung. Villach, Wildbach- und Lawinenverbau, 34, 1: 31-66

Aulitzky H., 1972a. Berücksichtigung der Gefahrenzonen in der örtlichen und regionalen Raumordnung. – Ob.őst.Gemde.Ztg., 4: 56-57

Aulitzky H., 1972b. Vorläufighe Wildbachgefährlichkeits-Klassifikation für Schwemmkegel (Wildbach-Index). Beil.z.ÖW., 24, 1/2: 8-17

Aulitzky H., 1972c. Gefahrenzonenpläne im Bereich der Wildbach – und Lawinenverbauung. Oberwart, 10. 95-112

Aulitzky H., 1973. Hydrologische und orographische Grundlagen zur Orientierung der Raumordnungspolitik in den Alpen. – V: Berichte zur Raumforschung und Raumplanung, ÖGRR, 6: 13-19

Aulitzky H., 1975a. Hochwasserschutz durch Ausscheidung von Gefahrenzonen. – FORUM "L", 1: 5-8

Aulitzky H., 1975b. Grenzen und Möglichkeiten der Raumerschließung und Raumbenutzung in den Alpen. Siedlungsprobleme im Alpenraum, Bozen, 1975, Int. Kong.: 130-137

Aulitzky H., 1975c. Beurteilung und Auscheidung der Gefahrenzonen in den Alpen einschliesslich der Tallagen. Innsbruck, Interpraevent 1975, 2: 159-187

Aulitzky H., 1982. Preliminary Two-fold Classification of Torrents. Mitteilungen d. Forstl. Wien, Bundesversuchsanstalt, 144: 243-256

Aulitzky H., 1983. Realität und Problematik der Gefahrenzonenplanung in Österreich. – Wasserw. Kolloquium, Univ. Hannover, Vortrag: 4 str.

Aulitzky H., 1984. Vorläufige zweigeteilte Wildbachklassifikation. Villach, Wildbach- und Lawinenverbau, 48: 7-60

Aulitzky H., 1987. Hinweise zur Umweltverträglichkeit des Forststraßenbaues. Wien, Gmunden, Post-graduatekurs (Seminar) für die Österr. Bundesforste,: 204 str.

Aulitzky H., 1989. Gefahrenzonenpläne – ist und soll. Wien, Polit.Akad.Forschung, Frschngsber. 56/89: 39-53

Aulitzky H., 1992. Die Sprache der "Stummen Zeugen". Bern, Interpraevent 1992, 6: 139-173

Bakkehøi S., Norem H., 1993. Comparing topographical and dynamical runout models by ideas of "Nearest Neighbour Method". Innsbruck, Paper pres. at the 2. Avalanche Dynamic Workshop

Beckinsale R.P., 1969. River regimes. V: Chorley R.J. (ed.): Introduction to physical hydrology. London, Methuen: 176-192

Bernard, 1925. Cours de Restauration des Montagnes. Nancy, Ec.Nle. Eaux et Forêts

Bernot F., Šegula, P., 1983. Preliminarno poročilo o delu na katastru snežnih plazov na ozemlju SR Slovenije, Ljubljana, HMZ SRS

BMLF (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft), 1994. Richtlinien für die Gefahrenzonenplanung (vorläufige Leitlinie mit Erlaß des BMLF S2.240/08 – Vc/94 vom 24.2.1994), Wien

BOKU IWLW, 1983. Wildbachkunde, Wien, Universität für Bodenkultur, Institut für Wildbach- und Lawinenschutz: 461 str.

BUWAL, BWW in BRP , 1997b. Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Biel, BRP / Bundesamt für Raumplanung, BWW / Bundesamt für Wasserwirtschaft, BUWAL / Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: 32 str.

Brunsden D., 1984. Mudslides. V: Slope Instabilitiy., Chichester, Wiley, Brunsden&Prior: 363-418

Bunza G., Karl J., Mangelsdorf J., 1976. Geologisch-morphologische Grundlagen der Wildbachkunde., 2, München, Schriftenreihe der Bayer. Ldsamtes für Wasswtschft., 17: 128 str.

Buser O., 1983. Avalanche forecast with the method of nearest neighbours: an interactive approach. Cold Reg. Sci. Technol., 8: 155-163

BUWAL, BWW in BRP, 1997a. Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten, Empfehlungen. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bundesamt für Wasserwirtschaft und Bundesamt für Raumplanung, in Vorbereitung

Carte ZERMOS = Carte des "zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol". V: Več avtorjev, 1997, IG LMUM: 139

Chauvin C., Renaud J.P., 1996. Etude du rôle de protection des forêts contre les chutes de rochers. Simulation par modèle stochastique. Garmisch-Partenkirchen, Interpraevent 1996, 3: 215-223

Church M., 1992. Channel morphology and typology. V: Calow, P. and Petts, G.E. (eds.): The rivers handbook: hydrological and ecological principles. Oxford, Blackwell: 126-143

Church M., Jones D., 1982. Channel bars in gravel-bed rivers. V: Hey, R.D., Bathurst J.D., Thorne C.R. (eds.): Gravel-bed Rivers. Chichester, Wiley: 291-338

Cruden D.M., 1991. A simple definition of a landslide. Bull. Intern. Ass. for Engineering Geology, 43: 27-29

Davis W.M., 1899. The geographical cycle. Geographical Journal, 14: 481-504

De Quervain M., 1974. Die Berücksichtigung der Lawinenhäufigkeit in der Lawinengefahrenkarte. Eine grundsätzliche Betrachtung. Winterbereich EISLF Weissfluhjoch, 37: 157-162

De Quervain M., 1975. Lawinendynamik als grundlage für die Ausscheidung von Lawinenzonen. Innsbruck, Interpraevent 1975, 2: 247-267

Dikau.R. in sod., 1996. Landslide recognition: identification, movement and causes. Chichester, Wiley: 251 str.

Egli T., 1996. Hochwasserschutz und Raumplanung. Schutz vor Naturgefahren mit Instrumenten der Raumplanung – dargestellt am Beispiel von Hochwasser und Murgängen. Zürich, ORL-Bericht 100/1996

ELBA-model (Energy Line Based Avalanche Model): Volk G., Kleemayr K., 1999. Lawinensimulationsmodell ELBA. Wildbach- und Lawinenverbau, Villach, 63, 138: 23-31

Ellenberg H., 1954. Naturgemäße Anbauplanung, Melioration und Landespflege. Stuttgart, Landwirtschaftlich Pflanzensoziologie, III.: 109 str.

FAO: Cs, 1979. Manuel de contrôle des avalanches. Cahiers FAO: Conservation des sols, Rome 1978, 5: 238 str.

Fasching G., Jeschke H.P., 1986. Grundlagen für die Beurteilung von Naturgefahren –2.1 Kartographische Unterlagen, Grundstückdatenbank. –V: ÖROK, 50 –Raumordnung und Naturgefahren: 39

Fiebiger G., 1999. The estimation of the Hazard Potency of Debris Flows and the Step to Step Method. V: International Workshop Master Planning in Torrent Watersheds 14/17. June 1999, Rauris Salzburg – IUFRO Div. 8, For. Env. RG 8.04, Natural Disasters: 21 s.

Forstgesetz 1975 – BG von 3.7.1975, 440, BG im 145. Stück des BGB., ausgeg. am 12.8.1975

Gams I., 1955. Snežni plazovi v Sloveniji v zimah 1950–1954. Ljubljana, Geografski zbornik III. Inštitut za geografijo SAZU: 121-219

Gregorič, V., 1997. Prevod strokovnega izrazja iz področja geologije. – Ljubljana, (osebni vir, september 1997)

Haiden A., 1925. Über die Berechnung der Murstromdurchflußmengen. Wien, Zeitschrift Verein des Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs, Nr. 2

Hampel R., 1975. Bedeutung wechselnder Geschiebebelastung für Geschiebebilanzen bei Wildbachverbauungen. Innsbruck, Interpraevent 1975, 2: 65-71

Hampel R., 1980. Die Murenfrachten von Katastrophenhochwässern. Villach, Wildbach- und Lawinenverbau, 44, 2: 71-102

Hanausek E., 1985. Die Lawine. V: Lawinen Handbuch. Innsbruck –Wien, Herausg. Land Tyrol, Tyrolia-Vlg.: 77-86

Harvey A.M., 1969. Channel capacity and the adjustment of streams to hydrologic regime. Journal of Hydrology, 8: 82-98

Hey R.D. in sod., 1991. Streambank Protection in England and Wales. London, National Rivers Authority, R&D, 22: 75 str.

HMZ RS, 1995a. Klimatografija Slovenije – Količina padavin, obdobje 1961–1990. Ljubljana, HMZ RS: 366 str.

HMZ RS, 1995b. Klimatografija Slovenije – Temperatura zraka, obdobje 1961–1990. Ljubljana, HMZ RS: 356 str.

Horvat A., 1987. Hudourniške vode na Slovenskem. Ljubljana, UJMA 1: 35-38

Horvat A., 1987. Snežna erozija. GO Biotehniške fakultete, Ljubljana, skripta

Horvat A., 1995. Problematika urejanja hudourniških in erozijskih območij. Dan voda, Ljubljana, MOP in PUH: 12-20

Horvat A., 1995. Snow hazard informationsystem in Slovenia. Les apports de la recherche scientifique à la sécurité neige, glace et avalanche. Actes de colloque, Chamonix, ANENA: 89-95

Horvat A., 1996. Informationssystem über Schneelawinen in Slowenien. Villach, Wildbach- und Lawinenverbau, 129: 15-23

Horvat A., 1999. Sodelovanje pri pripravi zasnov za PPRS za področje erozije. V: Sinteza VG vsebin kot podlaga za zasnovo prostorskega razvoja na nivoju države. 10.9.1999, UL FGG IZH: 38 str.

Horvat A. in sod., 1994. Ogroženost Slovenije s snežnimi plazovi. Študija, Ljubljana, Podjetje za urejanje hudournikov: 48 str.

Horvat A., Zemljič M., 1998. Protierozijska vloga gorskega gozda. V: Gorski gozd, Zbornik referatov: Gozd. Štud. dnevi (XIX; Log. dolina): 411-424

Howard A.D., 1980. Thresholds in river regimes. V: Coates, D.R. in Vitek, J.D. (eds.): Tresholds in geomorphology, Boston, G.Allen & Unwin: 227-258

Hutchinson J.N., 1988. Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hidrology – General Report. V: Landslides, Ed. C. Bonnard, 1: 3-35

Jahn J., 1988. Entwaldung und Steinschlag. Interpraevent 1988, Graz, 1: 185-198

Kienholz H., 1996. Gefahrenkarten: Massgebliche Parameter und Kriterien zur Festlegung von Intensitätstufen. Interpraevent 1996, Garmisch-Partenkirchen, 3: 47-58

Kienholz H., Mani P., Kläy M., 1988. Rigi Nordlehne – Beurteilung der Naturgefahren und waldbauliche Prioritätenfestlegung.- InterpraevenT 1988, Graz, 1: 161-174

Klabus A., 1992. Bistričica - primerjava hudourniškega izbruha leta 1933 z izbruhom 1990. Ljubljana, Poplave v Sloveniji: 89-97

KLS II, 1971. Občina Kamnik, Bistričica, 174

KLS II, 1971. Občina Kamnik, Klemenčevo, 185

Knighton D., 1998. Fluvial Forms and Processes – A New Perspective. London, Arnold: 383 str.

Kolbezen M., 1997. Povprečne letne padavine v obdobju 1961–1990 za območje Bistričice. Ljubljana, HMZ RS (osebni vir, januar 1997)

Košir Ž., 1976. Vrednotenje gozdnega prostora po varovalnem in lesnoproizvodnem pomenu na osnovi naravnih razmer. Ljubljana, V: Zasnova uporabe prostora, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti: 89-107

Kotter F., 1992. Rechtliche Möglichkeiten zur Durchsetzung und Umsetzung von Gefahrenzonenpläne am Beispiel Tirol aus raumordnerischer Sicht. ÖW, 44, 5/6: 148-154

Kronfellner-Kraus G., 1986. Wildbach- und Lawinenkundliche Grundlagen. V: ÖROK, 50, R.u.N.: 46-47

Lawler D.M., Thorne C.R., Hooke J.M., 1997. Bank erosion and Instability. V: Thorne C.R., Hey R.D., Newson D.M., 1997. Applied Fluvial Geomorpholgy for River Engineering and Management. Chichester, Wiley & Sons: 137-172

Leopold L.B., 1994. A View of the River. Harv.Univ.Press, Cambridge, MA: 298 str.

Lied K., Weiler C., Bakkehøi S., Hopf J., 1995. Calculation methods for avalanche run-out distance for the Austrian Alps. Chamonix, Colloque ANENA: 63-68

Lipušček R., 1988. Snežni plazovi in nekatere druge fizičnogeografske značilnosti Bovškega. Ljubljana, Pokrajina in ljudje na Bovškem

Loat R., Petraschek A. in sod., 1997. Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten – Empfehlungen. Biel, BWW, BRP, BUWAL: 32 s. V: Workshop "Gefahrenzonenplanung in Bayern", 18.9.1997, Tagungsunterlagen, München, Bayer. Landesamt für Wasswtsch: 121 str.

Meunier M., 1992. Eléments d'hydraulique torrentielle. Grenoble, CEMAGREF, Etudes Montagne, 1: 278 str.

MKGP, 2000. Karta rabe zemljišč

MOP RS, 1999. Geoinformacijski center – CEPP. http://www.sigov.si:81/gic/

Moser M., 1973. Vorschlag zu einer vorläufigen Hangstabilitäts–Klassifikation mit hilfe eines Gefährlichkeitsindex. V: 100-Jahr-Feier der Hoshschule für Bodenkultur, Wien, IV/II: 159-168

Moser M., 1980. Zur Analyse von Hangbewegungen in schwachbindigen bis rolligen Lockergesteinen im alpinen Raum anlässlich von Starkregen. Interpraevent 1980, 1: 121-148

Moser M., 1989. Vorschlag zu einer Hangstabilitäts – Klassifikation für Lockergesteinkomplexe mit Hilfe eines Gefährlichkeitsindex (Fassung 1981). Wildbachkunde, Wien, IWLV, BO-KU, 1.4: 20a-21

Moser M., Poschinger A., 1996. Seminarunterlagen – Hangingstabilitäten Klassifikation-, Kartierung-, Prognose-. Garmisch-Partenkirchen, Interpraevent 1996: 12 str.

Mulej F., 1988. Varstvo prometnih objektov pred snežnimi plazovi. Ljubljana, UJMA 2: 45-46

Nanson G. C., Croke J.C., 1992. A genetic classification of floodplains. Geomorphology, 4: 459-486

NIS-model: Norem, H., Irgens, F., Schieldrop, B., 1987. A continuum model for calculating snow avalanche velocities. Proceedings of Avalanche Formation, Movement and Effects. Davos, IAHS Publ: 162, 363-379

Norem H., Bakkehøi S., 1992. Estimating run-out distances for extreme snow avalanches. Univ. Eur. d'Été risq. nat., Sess. 1992, Neige et aval., Actes-Chamonix, Cemagref Ed. 1995: 183-191

OGK SFRJ 1:100000, 1983. Zvezni geološki zavod, Beograd, list Ljubljana, L: 33-66.

Otto H., 1986. Allgemeine Zusammenhänge – V: ÖROK, 3.1 Gefahrenzonenpläne., 50-R.u.N.: 57-58

PCM-model: Perla, R., Cheng, T., McClung, D.M., 1980. A two-parameter model of snow avalanche motion. Journal of Glaciology, 26, 94: 197-207

Perla R. I. , Martinelli M. Jr., 1978. Avalanche handbook, Fort Collins, Colorado, USDA Forest Service: 254 str.

Petkovšek Z., Trontelj M., 1987. Skice vremena. Ljubljana, ZOTKS: 101 str.

Pintar J., 1968. Snežni plazovi I in II. študija, Ljubljana, Podjetje za urejanje hudournikov

Pintar J., 1983. Sneg in snežni plazovi. študija zasnov, Ljubljana, VGI

Pintar J., Zemljič M., 1982. Urejanje povirij – študija. Poglavje "Relief". Ljubljana, VGI: 15 str.

Plazovi v zimi 1929, 1929. Ljubljana, SLOVENSKI NAROD, 22, LXII. Arhiv NUK

Poisel R., 1998. Geologische – geomechanische Grundlagen der Auslösemechanismen von Steinschlag. V: Symposyum Steinschlag als Naturgefahr und Prozeß. Wien, Tagungsband IWL BO-KU: 4-6

Premru U. in sod., 1996. Geološka karta Bistričice in bližnjega okolja – Sekcija Krvavec, 1:25000, Ljubljana, IGGG-odd. reg. geol., (neobjavljeno)

Pristov J., 1991. Razpored padavin in njihov vpliv na poplave 1990. Ljubljana, UJMA 5: 10-15

PUH, 1994. Pogubna razigranost – 110 let organiziranega hudourničarstva na Slovenskem 1884–1994. Ljubljana, PUH / Podjetje za urejanje hudournikov: 276 str.

Rainer F., Zemljič M., 1953-1981. Urejanje hudourniških območij. Predavanja. GO BF Ljubljana, rokopisno gradivo + 115 str. ilustracij

Rajar R., 1980. Mathematical Models for Simulation of Flood Waves, of Dam-Break Waves and of Snow Avalanches. Bad Ischl, Interpraevent 1980, 2: 111-119

Redlich K.A., Terzaghi K., Kampe R. 1929. Ingenieurgeologie. Wien u. Berlin, Springer Verlag: 708 str.

Reid I., Laronne J.B., 1995. Bed load sediment transport in an ephemeral stream and a comparison with seasonal nad perennial counterparts. Water Resources Research, 31: 773-781

Ribičič M., 1991. Osnovni pojmi in definicije o plazenju ter sorodnih pojavih. Ljubljana, Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko: 4 str.

Rosgen D.L., 1994. A classification of natural rivers. Catena, 22: 169-199

Salm B., 1966. Contribution to Avalanche Dynamics. Mitt. EISLF, 24: 72

Salm B., 1972. Lawinenschutz in der Schweitz. Beihf. 9 zu "Bündnerwald", Selva, Chur.

Sambrook Smith G.H., 1996. Bimodal fluvial bed sediments: origin, spatial extent and processes. Progress in Physical Geography, 20: 402-417

SAMOS-model (Snow Avalanche MOdelling and Simulation): Sampl P., Zwinger T., Kluwick A., 1999. Simulation von Trockenschneelawinen. Villach, Wildbach- und Lawinenverbau, 63, 138: 7-21

Sampl P., Zwinger T., Schaffhauser H., 2000. Evaluation of Avalanche Defense Structures with the Simulation Model SAMOS. Rock and Soil Engineering, 1: 41-46

Scheuringer E., 1998. Grundlagen und Grundsätze der Gefahrenzonenausweisung der Wildbach- und Lawinenverbauung. Salzburg, Der Alm- und Bergbauer, 48, 3: 58-61

Scheuringer E., 2000. The criterions of delimitation of Avalanche Danger. V: Fiebiger, G. (ed.): IUFRO 8.04 Natural Disasters, Intern. Worksh. Hazard Mapping in avalanching Areas, - Proceedings, 2000 April 2nd-7nd, St.Cristoph/St.Anton, Tyrol: 4

Schmidt H., Raith J., 1980. Zielvorstellungen, Ergebnisse und Erkentnisse schutzwasser - wirtschafttlicher Grundsetzkonzepte. Interpraevent 1988, 3: 3-12

Schumm S.A., 1963. Sinuosity of alluvial rivers in the Great Plains. Geol.Soc. of America Bull., 74: 1089-1100

Smart J.S., Jaeggi, 1983. Sediment transport on steep slopes. Zürich Mittlg.d. Versauchsnst.f.Wassbau., Hydrologie.u.Glaziologie

Sommerhalder E., 1966. Lawinenkräfte und Objektschutz. Winterber. EISLF Weissfluhjoch, 29, mit Nachtrag 1971

Stelzer F., Hacker H., 1986. Bodenkundliche Grundlagen. V: ÖROK, 50, .R.u.N.: 40-44

Stevens M.A. in sod., 1975. Non-equilibrium river form. Journal of the Hydraulics Division American Soc. of Civ. Engineers, 101, HY5: 557-566

Šegula P., 1989. Snežni plazovi na območju občine Škofja Loka. Loški razgledi: 36 str.

Šegula P., 1995. Sneg in plazovi. Večjezični slovar (slovenska izdaja). Ljubljana, GRS pri PZS: 360 str.

Šneberger B., 1999. Določanje meja območij ogroženosti s porušitveno erozijo na primeru skalnih podorov v dolini Trente. Diplomsko delo. Ljubljana, UL BF, Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 112 str.

Štrancar A., 1939. Poročilo h generalnemu načrtu ureditve Bistriščice. Ljubljana, Gozdnotehnični odsek za urejanje hudournikov: 12 str.

Thiery E., 1914. Restauration des montagnes – Correction des torrents - Reboisement. Encycl. des Trx. Publics, Libr. Polytechnique Beranger, Paris

Thorne C.R., 1997. Channel Types and Morphological Classification. V: Thorne C.R., Hey R.D., Newson D.M., 1997. Applied Fluvial Geomorpholgy for River Engineering and Management. Chichester, Wiley & Sons: 175-222

Thorne C.R., Hey R.D., Newson M.D., 1997. Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. Chichester, Wiley: 367 str.

Trontelj M., 1999. Maksimalne 24-urne padavine, izmerjene na 15 značilnih padavinskih postajah Slovenije v obdobju 1961–1998. HMZ RS Ljubljana (neobjavljeno)

Üblagger G., 1986. Wildbach- und Lawinenkataster. V: ÖROK, 50, R.u.N: 48

Varnes D.J., 1978. Slope movements: type and processes. V: Landslides Analysis and Control. Schuster & Krizek, Transp. Res. Board, Nat. Acad. Sci., Washington, D.C., Spec. Rep., 176: 11-33

Več avtorjev, 1997. Entwicklung eines Konzepts für einen Gefahrenzonenplan für Gemeinden des Bayerischen Alpenraums – Schlußbericht. Arbgr.f.Angew.Geogr., Inst.f.Geogr. der Ludw. Max. Univ. München = IG LMUM: 246 str.

VGO, 1973. Vodnogospodarske osnove Slovenije.- Zveza vodnih skupnosti Slovenije, Strokovna služba.

Voellmy A., 1955. Über die Zerstörungskraft von Lawinen. Schweiz.Bauztg., 73, 12: 159-165, 15: 212-217, 17: 246-249, 19: 280-285

Voellmy-Salm-Gubler-model (VSG): Salm B., Burkhard A., Gubler H.U., 1990. Berechnung von Fliesslawinen – Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. Mitt. EISLF, 47, July 1990

Wang F., 1901/1903. Grundriss der Wildbachverbauung. I. u. II. Teil., Leipzig, Verl. S. Hirzel: 721 str.

Weinmeister H. W. in sod., 1994. Schutz vor Wildbächen unter Berücksichtigung der Landschaftsökologie. Wien, Vortrag Yangling, IWLW, BOKU: 25 str.

Weinmeister H. W., 1992. Gefarenzonenplanung – Bedeutung und Grenzen. Österreichische Wasserwirtschaft, 44, 5/6: 139-143

Weinmeister H. W., 1996. Nachhaltige Entwicklung der Bergregionen, Grundgedanken für einen vorbeugenden Schutz vor Katastrophen, "Veränderungen im Natur- und Kulturhaushalt und ihre Auswirkungen". Garmisch-Partenkirchen, Interpraevent 1996, 2: 181-190

Weinmeister H. W., 1997. Bemerkungen zur Risikoabschätzung alpiner Wildbacheinzugsgebiete. Villach, Wildbach- und Lawinenverbau, 61, 132: 47-52

Wolman M.G., Gerson R., 1978. Relatíve scales of time and effectiveness of climate in watershed geomorphology. Earth Surface Processes, 3: 189-208

Zakon o vodah – Ur.l. SRS, št. 16, 26.04.1974: 821-832

Zemljič M., 1971. Erozijska karta Slovenije- 1:200000. Ljubljana, IGLG BF-ods. za erozijo

Zemljič M., 1978. Rezultati meritev površinskega odtekanja in erozije na dveh serijah poskusnih polj na dveh različnih nagibih poskusne postaje IGLG-ja BF v Smasteh pri Kobaridu v letih 1972–1977 (neobjavljeno)

Zemljič M. in sod., 1970. Stanje, problemi i suvremene metode za borbu protiv erozije i bujica - Zvezek 5, SR Slovenija, Ljubljana, IGLG BF, ods. za erozijo: 22 str.

Zupančič B., 1997a. Izvlečki maksimalnih padavinskih (1-, 2-, 3-, in 4-dnevnih) podatkov 3 bližnjih postaj območja Bistričica za obdobje 1961–1996. Ljubljana, HMZ RS: 7 str.

Zupančič B., 1997b. Objektivnost podatkov nekaterih vremenskih postaj za mikrolokacijske potrebe. HMZ RS Ljubljana, (osebni vir, januar 1997)

Delo posvečam slovenskim hudourničarjem, ki že drugo stoletje neutrudno in vestno opravljajo svoje plemenito poslanstvo pri zagotavljanju čim varnejšega življenja v hribovitih in goratih območjih Slovenije.

BF Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
GOZDARSKA KNJIŽNICA
Večna pot 2
LJUBLJANA
Gozdarski inštitut Slovenije

Zahvala

Zahvaljujem se prof. dr. Boštjanu Anku, prof. dr. Franciju Steinmanu in prof. dr. Hannsu Wolfgangu Weinmeistru za usmerjanje, za vse spodbudne besede in koristne pogovore ob nastajanju pričujočega dela.

Iskrena hvala sodelavcem v Podjetju za urejanje hudournikov za nasvete iz prakse, še zlasti pa univ. dipl. inž. Jožetu Papežu in Marku Valiču za njuno nesebično pomoč in podporo pri nastajanju disertacije.

Zahvaljujem se svojemu prvemu in dolgoletnemu učitelju univ. dipl. inž. Marijanu Zemljiču, ki mi je v prijetnih in neprijetnih trenutkih stal ob strani in me bogatil s svojimi strokovnim izkušnjami.

Ne nazadnje, iskrena hvala Katarini in staršem, ki so me razumevajoče vzpodbujali, ko sem bil na poti k cilju.

GOZDARSKA KNJIŽNICA
BFGO K DD
61 1
22001000087
COBISS ©
GIS BF - GOZD.