GEOGRAFIJA SLOVENIJE 15



# POBOČNI PROCESI IN ČLOVEK

BLAŽ KOMAC

MATIJA ZORN



**Blaž Komac**
Naziv: doc. dr., mag., univerzitetni diplomirani geograf, znanstveni sodelavec
Naslov: Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, Ljubljana, Slovenija
Faks: +386 (0)1 425 77 93
Telefon: +386 (0)1 470 63 57
E-pošta: blaz.komac@zrc-sazu.si
Medmrežje: http://www.zrc-sazu.si/giam/blaz.htm

Rodil se je leta 1974 v Šempetru pri Novi Gorici. Maturiral je v Tolminu leta 1993. V Ljubljani je leta 2000 diplomiral, leta 2003 magistriral in leta 2005 doktoriral. Od leta 2000 dela na Geografskem inštitutu Antona Melika Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti. Ukvarja se predvsem s fizično geografijo, zlasti geomorfologijo, geografijo naravnih nesreč in geografskimi informacijskimi sistemi. Od leta 2005 predava na Fakulteti za humanistične študije Univerze na Primorskem v Kopru.
Njegova bibliografija obsega več kot 110 enot. Leta 2001 ga je Vlada Republike Slovenije imenovala v strokovno skupino za oceno ogroženosti naselja in izvajanje ukrepov ob plazu in drobirskem toku v Logu pod Mangartom. Leta 2004 je bil upravnik, od leta 2005 pa je urednik znanstvene revije *Acta geographica Slovenica*/Geografski zbornik. Je tajnik Geomorfološkega društva Slovenije. Med letoma 2001 in 2005 je bil član izvršnega odbora Ljubljanskega geografskega društva. Od leta 1997 do leta 2000 je vodil geografske tabore v okviru Društva mladih geografov Slovenije. Leta 2000 je dobil Prešernovo nagrado za študente Univerze v Ljubljani, leta 2004 pa pohvalo Zveze geografskih društev Slovenije.



**Matija Zorn**
Naziv: dr., univerzitetni diplomirani geograf in profesor zgodovine
Naslov: Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, Ljubljana, Slovenija
Faks: +386 (0)1 425 77 93
Telefon: +386 (0)1 470 63 48
E-pošta: matija.zorn@zrc-sazu.si
Medmrežje: http://www.zrc-sazu.si/giam/matija.htm

Rodil se je leta 1975 v Kranju. Maturiral je v Ljubljani leta 1994, kjer je leta 2001 diplomiral in leta 2007 doktoriral. Od leta 2001 dela na Geografskem inštitutu Antona Melika Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti. Trenutno se ukvarja s fizično geografijo, zlasti geomorfologijo, geografijo naravnih nesreč in geografskimi informacijskimi sistemi.
Njegova bibliografija obsega več kot 130 enot. Od leta 2005 je upravnik in član uredniških odborov znanstvenih revij Geografski vestnik in *Acta geographica Slovenica*/Geografski zbornik. Od leta 1997 do leta 2000 je vodil geografske tabore v okviru Društva mladih geografov Slovenije. Med letoma 2003 in 2007 je bil član Izvršilnega odbora Zveze geografskih društev Slovenije. Leta 2001 je dobil Prešernovo nagrado za študente Univerze v Ljubljani.

GEOGRAFIJA SLOVENIJE 15

# POBOČNI PROCESI IN ČLOVEK

**Blaž Komac, Matija Zorn**

ZALOŽBA
Z R C

GEOGRAFIJA SLOVENIJE 15

# POBOČNI PROCESI IN ČLOVEK

**Blaž Komac**
**Matija Zorn**

LJUBLJANA 2007

GEOGRAFIJA SLOVENIJE 15
**POBOČNI PROCESI IN ČLOVEK**
**Blaž Komac, Matija Zorn**
© 2007, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU

*Urednika:* Drago Perko, Drago Kladnik
*Recenzenta:* Matej Gabrovec, Milan Orožen Adamič
*Fotografi:* Romeo Černuta, Blaž Komac, Karel Natek, Miha Pavšek, Lučka Šparovec, Matija Zorn
*Prevajalec:* Blaž Komac
*Oblikovalec:* Drago Perko

*Izdajatelj:* Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU
*Za izdajatelja:* Drago Perko

*Založnik:* Založba ZRC
*Za založnika:* Oto Luthar
*Glavni urednik:* Vojislav Likar

*Računalniški prelom:* SYNCOMP d. o. o.
*Tiskarna:* Collegium graphicum d. o. o.
*Naklada:* 400 izvodov

*Naslovnica:* Drobirski tok v Logu pod Mangartom je 17. 11. 2000 vzel sedem življenj in porušil ali poškodoval več kot 20 objektov.

Avtor fotografije na naslovnici je Matija Zorn, na levem predlistu Helena Dobrovoljc in na desnem predlistu Marko Zaplatil, na zalistu pa Milan Orožen Adamič.

Izid publikacije je podprla Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.

CIP – Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

81'373.21
912.44(497.4):81'373.21

KOMAC, Blaž
Pobočni procesi in človek / Blaž Komac, Matija Zorn ; [fotografi Romeo Černuta … [et al.] ; prevajalec Blaž Komac]. – Ljubljana : Založba ZRC, 2007. – (Geografija Slovenije ; 15)

ISBN 978-961-254-027-2
1. Zorn, Matija
235568640

GEOGRAFIJA SLOVENIJE 15
**POBOČNI PROCESI IN ČLOVEK**
**Blaž Komac, Matija Zorn**

UDK: 911.2:551.435(497.4)
COBISS: 2.01

IZVLEČEK
**Pobočni procesi in človek**
Knjiga prinaša temeljit pregled geomorfnih procesov ter opis njihovih vzrokov in posledic. Predstavljeni so pobočni procesi v Sloveniji od prazgodovine do sodobnosti.
Avtorja sta raziskala in predstavila značilnosti pobočnih procesov glede na vrsto premikanja gradiva (tok, plazenje, padanje), njihov obseg in posledice. Kot geografa ju zanima predvsem povezanost naravnih procesov in človeka. S terenskim delom in temeljitim pregledom dostopnih virov sta obdelala več kot šestdeset najznačilnejših pojavov v Sloveniji in zamejstvu, ki zajemajo vse vrste pobočnih procesov, tako da so prvič pri nas celovito predstavljeni na enem mestu. Pregledu razmer sledijo razprava o pomenu pobočnih procesov za urejanje prostora ter metodološka in praktična navodila za izdelavo zemljevidov plazovitosti in podornosti oziroma zemljevidov geomorfnih procesov z različnimi metodami. Predstavljeni sta dve deterministični metodi in ena probabilistična. Posebno dokumentarno vrednost ima poglavje o spominu prebivalcev na pobočne procese, ki se je ohranil v svetih spisih in aitioloških pripovedkah.
Delo je namenjeno poglabljanju študija fizične geografije, v pomoč je tudi sorodnim vedam. Zaradi obilice dokumentarnega gradiva lahko knjigo uporabi vsak, ki ga zanima preučevanje narave.

KLJUČNE BESEDE
geografija, fizična geografija, geomorfologija, geomorfni procesi, pobočni procesi, skalni podori, zemeljski plazovi, drobirski tokovi, naravne nesreče, Slovenija

ABSTRACT
**Slope processes and a man**
The book brings a thorough review of slope processes, their causes and consequences. Both, prehistoric and recent slope processes in Slovenia are described into detail.
Authors investigated the main characteristics of slope processes according to the type of movement (flow, slide, fall), their extent and effects. As geographers, they are interested mainly in the links between natural processes and man. More than sixty different slope processes in Slovenia are described into detail, based upon field work and examination of numerous sources. In this way all types of slope processes are included and described.
Review of circumstances if followed by a discussion about the importance of slope processes for spatial planning as well as methodological and practical instructions for hazard maps elaboration with different methods. Two deterministic methods and a one probabilistic are presented. The documentary value of the book is also increased by the fact that it brings a chapter about a memory of inhabitants on slope processes, as it has been preserved in sacred literature and aetiological narratives.
The book can be used for thorough studies of physical geography and related sciences. Plentiful documentary material makes it useful for everyone who would like to explore nature in Slovenia.

KEY WORDS
geography, physical geography, geomorphology, geomorphic processes, slope processes, rock falls, landslides, debris flows, natural disasters, Slovenia

## VSEBINA

PREDGOVOR ... 10

1 UVOD ... 11

2 GEOMORFNI PROCESI ... 13
2.1 PREPEREVANJE ... 17
2.1.1 MEHANSKO PREPEREVANJE ... 18
2.1.2 KEMIČNO PREPEREVANJE ... 18
2.1.3 BIOGENO IN BIOKEMIČNO PREPEREVANJE ... 19
2.2 DENUDACIJA IN EROZIJA ... 19
2.2.1 DEŽNA EROZIJA ... 19
2.2.2 POVRŠINSKO SPIRANJE, EROZIJSKI ŽLEBIČI, EROZIJSKI JARKI IN TOKOVI VODE V PREPERINI ... 19
2.2.3 VETRNA IN SNEŽNA EROZIJA ... 20
2.2.4 ABRAZIJA ... 21
2.2.5 EROZIJA PRSTI ... 21
2.2.6 EROZIJSKO DELOVANJE ČLOVEKA ... 26
2.3 AKUMULACIJA ... 26

3 METODOLOGIJA TERENSKEGA PREUČEVANJA POBOČNIH PROCESOV ... 28
3.1 PRED TERENSKIM PREUČEVANJEM ... 28
3.2 TERENSKO PREUČEVANJE ... 28

4 PREGLED POMEMBNEJŠE SLOVENSKE GEOGRAFSKE LITERATURE O POBOČNIH PROCESIH ... 30

5 POBOČNI PROCESI ... 33
5.1 VZROKI IN POVODI ZA NASTANEK POBOČNIH PROCESOV ... 36
5.1.1 VREMENSKA DOGAJANJA KOT POVODI ZA NASTANEK POBOČNIH PROCESOV ... 38
5.2 POKRAJINSKI UČINKI POBOČNIH PROCESOV ... 38
5.2.1 SUKCESIJA KOT PRIPOMOČEK ZA UGOTAVLJANJE STAROSTI POBOČNIH PROCESOV ... 40
5.3 POLZENJE ... 42
5.4 SKALNI PODOR ... 44
5.4.1 OPREDELITEV SKALNIH PODOROV ... 44
5.4.2 VRSTE SKALNIH PODOROV ... 46
5.4.3 PREMIKANJE PODORNE GMOTE ... 48
5.4.3.1 PADANJE KAMNINE ... 49
5.4.3.2 KOTALJENJE KAMNINE ... 50
5.4.3.3 PREVRAČANJE IN DRSENJE KAMNINE ... 51
5.4.4 PLEISTOCENSKI IN PRAZGODOVINSKI SKALNI PODORI ... 58
5.4.4.1 SKALNI PODOR KUNTRI ... 60
5.4.4.2 SKALNI PODOR MAGOZD ... 62
5.4.4.3 SKALNI PODORI PRI BOKI ... 63
5.4.4.4 SKALNI PODOR ČRČA ... 63
5.4.4.5 SKALNI PODOR MOLIDA ... 63
5.4.4.6 SKALNI PODOR PRI ZATOLMINU ... 66
5.4.4.7 SKALNI PODOR POD PLANSKIM VRHOM ... 67
5.4.4.8 SKALNI PODOR MIRCA ... 69

5.4.4.9 SKALNI PODOR V DOLINI RADOVNE ... 69
5.4.4.10 SKALNI PODORI NA DOBRAČU ... 69
5.4.5 ZGODOVINSKI SKALNI PODORI ... 71
5.4.5.1 SKALNI PODOR STUDOR ... 71
5.4.5.2 SKALNI PODOR POD LUČKIM DEDCEM ... 72
5.4.5.3 SKALNI PODOR NA VELIKEM VRHU ... 72
5.4.6 SKALNI PODORI V BLIŽNJI PRETEKLOSTI ... 74
5.4.6.1 SKALNI PODOR NA JAVORŠČKU ... 76
5.4.6.2 SKALNI PODOR NAD SLAPOM BOKA ... 77
5.4.6.3 SKALNI PODOR NAD VRSNIKOM ... 77
5.4.6.4 SKALNI PODORI NAD PLAJERJEM ... 77
5.4.6.5 SKALNI PODOR BEREBICA ... 79
5.4.6.6 SKALNI PODOR NA MANGARTU ... 80
5.4.6.7 SKALNI PODOR V DOVŠKEM GAMSOVCU ... 81
5.4.6.8 SKALNI PODORI V STENI TRAVNIKA ... 81
5.4.6.9 SKALNI PODORI V STENI JALOVCA ... 81
5.4.6.10 SKALNI PODORI V STENI TRIGLAVA ... 81
5.4.6.11 SKALNI PODORI V STENI TOSCA ... 81
5.4.6.12 SKALNI PODORI V STENI VELIKEGA DRAŠKEGA VRHA ... 82
5.4.7 PODORI, NASTALI OB POTRESU 12. 4. 1998 ... 82
5.4.7.1 SKALNI PODORI POD KRNOM ... 85
5.4.7.2 SKALNI PODORI NA OSOJNICI ... 87
5.4.7.3 SKALNI PODOR S ŠIJE ... 87
5.4.7.4 SKALNI PODOR NA LEMEŽU ... 88
5.4.7.5 DRUGI SKALNI PODORI V KRNSKEM POGORJU ... 90
5.4.8 SKALNI PODOR V POLOGU ... 90
5.4.9 SKALNI PODORI, NASTALI OB POTRESU 12. 7. 2004 ... 93
5.4.9.1 SKALNI PODOR V LOŠKI STENI ... 93
5.4.10 SKALNI PODORI V KAMNIŠKO-SAVINJSKIH ALPAH ... 95
5.4.11 SKALNI PODORI V KARAVANKAH ... 95
5.5 ZEMELJSKI PLAZ ... 95
5.5.1 OPREDELITEV ZEMELJSKIH PLAZOV ... 95
5.5.2 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA PLAZENJE ... 95
5.5.3 NASTANEK ZEMELJSKIH PLAZOV ... 98
5.5.4 VRSTE ZEMELJSKIH PLAZOV ... 99
5.5.5 SESTAVA IN LASTNOSTI ZEMELJSKIH PLAZOV ... 100
5.5.6 SANACIJA ZEMELJSKIH PLAZOV ... 101
5.5.7 ZEMELJSKI PLAZOVI V SLOVENIJI ... 102
5.5.7.1 PLEISTOCENSKI ZEMELJSKI PLAZ PRI SELU V VIPAVSKI DOLINI ... 103
5.5.7.2 ZEMELJSKI PLAZ SLANO BLATO NAD LOKAVCEM V VIPAVSKI DOLINI ... 103
5.5.7.3 ZEMELJSKI PLAZ NAD PODRAGO V VIPAVSKI DOLINI ... 105
5.5.7.4 ZEMELJSKI PLAZOVI NA REBERNICAH ... 106
5.5.7.5 MACESNIKOV PLAZ ... 106
5.5.7.6 TRATIČNIKOV PLAZ ALI PLAZ V PODVEŽI ... 108
5.5.7.7 PLAZ V RADUHI ... 109
5.5.7.8 ZEMELJSKI PLAZOVI V HALOZAH LETA 1989 ... 110
5.5.7.9 ZEMELJSKI PLAZOVI V DOLINI LAHOMNICE LETA 1989 ... 112
5.5.7.10 ZEMELJSKI PLAZ RUARDI V ZAGORJU OB SAVI ... 113

5.5.7.11 PLAZOVI OB MOČNEM DEŽEVJU NOVEMBRA 1991 113
5.5.7.12 POBOČNI PROCESI NAD KOSEČEM 114
5.5.7.13 ZEMELJSKI PLAZOVI V GORIŠKIH BRDIH 117
5.6 DROBIRSKI TOK IN HUDOURNIŠKI VRŠAJ 121
5.6.1 NASTANEK DROBIRSKEGA TOKA 121
5.6.2 DINAMIKA DROBIRSKEGA TOKA 123
5.6.3 DROBIRSKI TOKOVI V SLOVENIJI 125
5.6.3.1 ZEMELJSKI PLAZ NA STOVŽJU IN DROBIRSKI TOK V LOGU POD MANGARTOM 125
5.6.3.2 DROBIRSKI TOK POD CIPRNIKOM 133
5.6.3.3 POBOČNI PROCESI NAD KOSEČEM 134
5.6.3.4 POJAV V DOLINI LEPENE 134
5.6.3.5 KAMNITI TOK V DOLINI KAMNIŠKE BISTRICE 135
5.6.4 HUDOURNIŠKI VRŠAJI 135
5.6.4.1 HUDOURNIŠKI NANOSI V RATEČAH IN UKVAH/UGOVIZZI 138
5.6.4.2 HUDOURNIŠKI VRŠAJI V ZGORNJI SAVINJSKI DOLINI 140
6 ZEMLJEVIDI GEOMORFNIH PROCESOV IN ZEMLJEVIDI OGROŽENOSTI 141
6.1 DETERMINISTIČNI ZEMLJEVIDI 142
6.1.1 METODA PONDERIRANJA VPLIVNIH DEJAVNIKOV 142
6.1.1.1 ZEMLJEVIDA GEOMORFNIH PROCESOV ZA POREČJI NEMILJŠČICE IN BESNICE 144
6.1.1.2 ZEMLJEVID GEOMORFNIH PROCESOV ZA OBČINO KOBARID 147
6.1.2 METODA MATRIK 148
6.1.2.1 ZEMLJEVID ZA ZGORNJO SAVINJSKO DOLINO 152
6.2 PROBABILISTIČNI ZEMLJEVIDI 159
6.2.1 ZEMLJEVID PLAZOVITOSTI GORIŠKIH BRD 161
6.3 PRIMERJAVA PROBABILISTIČNE METODE Z METODO PONDERIRANJA 163
7 GEOMORFOLOGIJA IN PROSTORSKO PLANIRANJE 166
7.1 STANJE V SLOVENIJI – TEORIJA 167
7.2 STANJE V SLOVENIJI – PRAKSA 168
7.3 SMISELNOST UREJANJA PROSTORA Z VIDIKA NARAVNIH NESREČ 171
8 POBOČNI PROCESI V SVETIH KNJIGAH IN PRIPOVEDKAH 175
8.1 POBOČNI PROCESI V SVETIH KNJIGAH 175
8.1.1 ZEMELJSKI PLAZ 176
8.1.2 PRELOM 177
8.1.3 EROZIJA 177
8.1.4 OSAMELEC 178
8.1.5 UDOR 178
8.1.6 POMEN SVETIH KNJIG ZA GEOGRAFIJO 179
8.2 POBOČNI PROCESI V PRIPOVEDKAH 180
8.2.1 GORE 180
8.2.1.1 KAMNIŠKE PLANINE 180
8.2.1.2 ŠPIK 181
8.2.1.3 ŠMARNA GORA 181
8.2.1.4 PEKRSKA GORCA 181
8.2.2 SKALNI PODORI, ZEMELJSKI IN SNEŽNI PLAZOVI 182
8.2.2.1 SKALNI PODOR V REZIJI 182
8.2.2.2 SKALNI PODOR NA VELIKEM VRHU 182

8.2.2.3 SKALNI PODORI NA KAMNIŠKEM VRHU ... 183
8.2.2.4 SKALNI PODORI NA DOBRAČU ... 183
8.2.2.5 ZEMELJSKI PLAZ NA ČEMŠENIŠKI PLANINI ... 185
8.2.2.6 SNEŽNI PLAZ V REZIJI ... 185
8.2.3 OSAMELCI ... 185
8.2.3.1 IGLA PRI SOLČAVI ... 185
8.2.3.2 BABJI ZOB NA JELOVICI ... 185
8.2.3.3 POLJANSKA BABA ... 186
8.2.3.4 KAMNITI LOVEC ... 186
8.2.3.5 DROBNO KAMENJE NA KRASU ... 186
8.2.4 REKE, HUDOURNIKI IN POPLAVE ... 186
8.2.4.1 BLEJSKO JEZERO ... 186
8.2.4.2 KAMNIŠKO JEZERO ... 187
8.2.4.3 DRAVA, SAVA IN SOČA ... 187
8.2.4.4 NASTANEK SOČINEGA IZVIRA ... 187
8.2.4.5 PRAVLJICA O DRAVI ... 188
8.2.4.6 NASTANEK RABELJSKEGA JEZERA ... 188
8.2.5 EROZIJA PRSTI ... 189
8.2.5.1 RADMANCA ... 189
8.2.5.2 OD KDAJ JE ROMBON GOL ... 189
9 TERMINOLOŠKI SLOVARČEK ... 190
10 SKLEP ... 195
11 LITERATURA IN VIRI ... 196
12 SEZNAM SLIK ... 213
13 SEZNAM PREGLEDNIC ... 216

## PREDGOVOR

Tako vsestranske monografije o pobočnih procesih, kot je ta, nimajo niti mnogi večji narodi. Drugod se podobne knjige večinoma omejujejo na naravne nesreče. Te obravnava tudi ta knjiga, a kot posledico preperevanja kamnine in nastajanja drobirja. Zato najdemo v knjigi široko in poglobljeno analizo preperevanja in premikanja kamnine po pobočju in v vodnem toku v dolini pod njim, pa naj ga izzove narava ali človek. Prednost takega pristopa je dejstvo, da se s tem povečuje razumevanje ogroženosti domačega okolja in vzpodbujanje preventivnega ukrepanje, prej ko bi se pojavili pospešena erozija prsti, usadi, skalni podori, zemeljski plazovi, blatni in drobirski tokovi. Tem so v knjigi posvečena posebna poglavja.

Precejšnja strmina in obilica padavin v Sloveniji sta vzrok, da so ogrožena ne le pobočja gora, ampak tudi tista v gričevjih, kjer slabo sprijete terciarne hribine zlahka spolzijo. Avtorja knjige potrjujeta, da nestabilna pobočja zavzemajo od 42 do 44 % slovenskega ozemlja in da se na pobočjih letno sprosti 4–5,7 milijona $m^3$ drobirja. Poleg zgornje Soške in Zgornjesavske doline avtorja med najbolj ranljiva območja uvrščata tudi Goriška brda, ki jih ogrožajo zlasti vinogradniške terase.

Med prebiranjem knjige spoznamo avtorja kot geomorfologa, ki imata za sabo lepo število terenskih raziskav in tudi objav. Med 500 navedenimi in citiranimi domačimi in tujimi objavami sta jih kar 38 napisala avtorja, poklicna raziskovalca. Njuna univerzitetna izobrazba jima omogoča obravnavo pobočnih procesov v širokem spektru naravnih in antropogenih dejavnikov ter učinkov hitrih premikov zemeljskih gmot na pokrajino.

Avtorja sta univerzitetno izobrazbo pridobila s študijem geografije, ki obravnava naravo in človeka. Zato ne preseneča, da iščeta sledove najstarejših zapisov o naravnih nesrečah tudi v svetih knjigah in ljudskih pripovedkah. Iz pripovedovanja starih domačinov in po lastnem terenskem pregledu sta na Slovenskem marsikje ugotovila sledove doslej neznanih usadov, podorov in kamnitih plazov, s čimer sta pomembno prispevala k poznavanju krajevne zgodovine.

Ker je obilna in raznolika snov dobro pregledna, se bo bralec s pomočjo podrobno razčlenjenega kazala zlahka odločil za poglavja, ki ga zanimajo. Mnogi, ki so zasledovali v dnevnih časopisnih novice, na primer o plazu s Stovžja nad nesrečnim Logom pod Mangartom, ali o Macesnikovem plazu na Solčavskem, v katerem je plazelo dva milijona $m^3$ drobirja, bodo lahko v tej knjigi našli bolj zadovoljivo in bolj mnogostransko razlago. Tako tudi za plaz z Dobrača v Ziljsko dolino leta 1348, ko se je sprožilo več podorov tudi na južni strani zdajšnje državne meje, potekajoče po Karavankah. Po navedbah v tej knjigi naj bi podor v dolini potoka Mošenik prizadel tudi prvotni trg Tržič, ki so ga nato prestavili na sotočje med Mošenikom in Lomščico.

Več znanja o možnosti nastanka plazov, usadov in podorov je ljudem potrebno tudi na ozemlju, kjer maksimalne dnevne padavine, zabeležene na vremenskih postajah, uradno ne dosegajo 100 do 150 mm v enem dnevu; ta vsota je namreč mejna za omenjene nezgode. Toda ob poletnih neurjih krajevno pade več padavin tudi v širši severovzhodni Sloveniji. Hudourne padavine so namreč pogosto površinsko omejene in jih mreža padavinskih postaj ne zabeleži. Tamkajšnji domačini zato upravičeno trdijo, da tako hudih nalivov ne pomnijo. Zato je prav, da tudi tam prebivalstvo nekaj izve o blatnem toku, usadu, podoru in zemeljskem plazu, pa naj bo to v šoli ali kjer koli drugod. Povsod je namreč preventiva cenejša od kurative.

*Ivan Gams*

# 1 UVOD

Knjiga obravnava pobočne procese. To so procesi, ki delujejo na zemeljskem površju in odnašajo gradiva z vzpetin v nižje lege. Povečini so posledica delovanja sile teže in eksogenih dejavnikov, zlasti vode (Kladnik, Lovrenčak, Orožen Adamič 2005). Uvrščamo jih med geomorfne procese, ki preoblikujejo zemeljsko površje. V vzpetem svetu so nekaj povsem običajnega in so del pokrajinske stvarnosti.

Navadno se ljudje z večjimi pobočnimi procesi srečamo le nekajkrat v življenju, z manjšimi pa vsakodnevno. Zlasti po večjih naravnih nesrečah, ki jih povzročijo pobočni procesi, se zanje močno poveča zanimanje javnosti. Vendar je zanimanje običajno le kratkotrajno, nato pa na naravne procese in njihove učinke kmalu pozabimo. To so dokazale empirične raziskave. Velikih poplav leta 1999 v Nemčiji se po desetih letih spominja še približno polovica prebivalstva (53 %), le redki (9 %) so ohranili spomin na podobne ujme pred štiridesetimi leti, poplav iz leta 1924 pa sta se spomnila le še 2 % prebivalcev (Horvat 2007).

V sodobni družbi so razmere paradoksne: kljub številnim in vedno natančnejšim ter ažurnim virom informiranja je znanje ali bolje rečeno védenje o naravnih procesih razpršeno, vedno manj obvladljivo in vse manj kakovostno. Pogosto se zgodi, da ljudje prek medijev bolje (s)poznajo oddaljene pokrajine na drugem koncu Zemlje kot domačo pokrajino. To je posledica sodobnega načina življenja, v katerem se je zmanjšala neposredna odvisnost od zemlje, s tem pa tudi njeno poznavanje. S spremembo načina življenja po industrijski revoluciji so se v postmoderni družbi pretrgale vezi med človekom in naravno pokrajino. Če so v preteklosti izkušnje o naravnih procesih in razmerah prek pripovedovanja (in branja) zgodb ter pripovedk živele v vsaki generaciji, je v sodobni družbi to vlogo prevzela šola. Ker pa je v osnovni ali srednji šoli poučevanju teh vsebin namenjeno razmeroma malo učnega časa, je znanje ljudi o teh pojavih pomanjkljivo. Pomemben razlog omenjenega je zagotovo mišljenje, da lahko s sodobnimi tehničnimi sredstvi obvladamo naravo, torej tudi pobočne procese. Resničnost je pogosto povsem drugačna, saj mnogi pobočni procesi človeka po »moči« ali hitrosti presegajo za več velikostnih razredov. Na slabo poznavanje domače pokrajine in pobočnih procesov v njej pa vpliva tudi vstopanje različnih medijev v vse pore življenja ter vsakodnevno informiranje o številnih bolj ali manj pomembnih dogodkih na celotni Zemlji. Sodobni človek se zaradi prevelike informiranosti v resnici vedno manj temeljito posveča pojavom in procesom okrog sebe, včasih nanje celo pozablja.

V zadnjih desetletjih zaradi naravnih nesreč vseskozi narašča škoda. Ta je ponekod res posledica večje pogostnosti ali intenzivnosti naravnih procesov, v večji meri pa jo gre pripisati posledicam vdiranja človeka na dotlej neposeljena ali neuporabljena območja, ki jih ogrožajo naravni procesi. Kljub obstoječi dejanski ogroženosti je v družbi pogosto zelo nizka stopnja ozaveščenosti o ogroženosti. To vpliva na delovanje celotne družbe in sega tudi na področja, ki bi morala biti odporna. Tako lahko v Sloveniji z zaskrbljenostjo ugotovimo, da pri načrtovanju rabe prostora reliefa in geomorfnih (in s tem pobočnih) procesov tako rekoč ne upoštevamo. Poznamo celo primere gradnje osnovnih šol, industrijskih con in trgovinskih centrov na poplavnih območjih (Komac, Zorn 2005c; Breg 2007).

V zadnjih letih smo bili v reliefno razgibani Sloveniji priča več pobočnim procesov, zlasti usadom, zemeljskim plazovom in skalnim podorom. Prvič smo se srečali z uničevalno močjo drobirskega toka, ki je v Alpah sicer pogost naravni pojav. Zaradi povečanega zanimanja za razmerje med človekom in naravo so stopili v ospredje tudi pobočni procesi. Objavljenih je bilo kar nekaj poljudnih, strokovnih in znanstvenih del, vse doslej pa ni bilo vsebinsko in prostorsko celovitega opisa pobočnih procesov.

Razmišljanje na dolgi rok je tuje človeku, ki živi le nekaj desetletij, v vsakdanjem življenju pa običajno načrtuje največ za nekaj let naprej. Pobočni procesi so dolgotrajni (polzenje) oziroma se z vidika človeškega življenja zgodijo razmeroma redko (zemeljski plaz). Ker v sodobni družbi sveti spisi, pripovedi ali zgodbe nimajo več vloge prenašalca znanja, je ob normativnih aktih, ki urejajo vsakdanje življenje, izjemno pomembno znanje geomorfologov: na podlagi znamenj o preteklih in recentnih procesih v naravi lahko ugotovijo, kateri pobočni procesi potekajo na določenem območju, ob tem pa z različnimi metodami sklepajo na možne dogodke v prihodnosti.

Ob spreminjanju podnebja na našem planetu, ki bo tudi v Sloveniji verjetno povečalo pogostnost in intenzivnost naravnih nesreč (Kajfež Bogataj in ostali 2004), znova prihajamo do spoznanja, da je preventiva boljša kot odstranjevanje posledic. Narave ne moremo obvladati, zato moramo premišljeno posegati vanjo. Geografi in geomorfologi imamo pri ozaveščanju pomembno vlogo, saj združujemo znanje o geomorfnih procesih z družbenogeografskimi vsebinami. Ker smo se ozaveščanju o razmerju med pobočnimi procesi in človekom doslej (pre)malo posvečali, je knjiga prispevek k boljšemu poznavanju teh nadvse zanimivih naravnih pojavov ter njihove razprostranjenosti in pogostnosti v Sloveniji in ponekod v zamejstvu. Geografski pristop se je znova izkazal kot zelo primeren za obravnavo pobočnih procesov, saj pokrajinsko stvarnost celostno obravnava kot kompleksen sistem, ki ga sestavljajo naravnogeografski in družbenogeografski dejavniki v nenehnem, čeprav spreminjajočem se medsebojnem součinkovanju.

## 2 GEOMORFNI PROCESI

*»… Na zemeljsko površje delujejo številni erozijski in akumulacijski procesi. Ti procesi lahko spremenijo obstoječe reliefne oblike ali pa oblikujejo nove …«* (Chorley, Schumm, Sugden 1984, 202). Gravitacija vse delce na površju Zemlje sili v nižjo lego. To je najbolje vidno ob premeščanju gradiva po pobočjih. Matična kamnina je ponavadi dovolj trdna, da kljub gravitaciji določen čas ostane na svojem mestu. Kjer pa je pobočje strmo in je kamnina poškodovana ali pa je na površju preperina, pride do premeščanja gradiva (Strahler, Strahler 1992, 287).

Vse pojave premeščanja gradiva, ki nastanejo zaradi vpliva gravitacije in so pomemben dejavnik denudacije površja, imenujemo pobočni procesi (Strahler, Strahler 1992, 287). Poleg tega izraza pozna geografska literatura še sopomenki graviklastični procesi (Natek 2001a) in premikanje zemeljskih gmot (Gams 1989a, 122; Gams 1989b, 171). V vodarstvu uporabljajo izraz masovno odnašanje (Mikoš 2000, 109), kar je neposreden prevod angleškega izraza *mass wasting* oziroma nemškega *Massenabtrag*, in izraz težnostna erozija (Mikoš 2000, 103–104). V geološki literaturi zasledimo tudi izraze težnostna premikanja, gravitacijska premikanja in pobočna premikanja (Skaberne 2001a; Skaberne 2001b).

Za uporabo v geomorfologiji in geografiji sta najprimernejša izraza pobočni procesi in graviklastični procesi. Pri prvem ime pove, da gre za procese, ki se dogajajo na pobočjih, drugi pa razloži, da je gravitacija njihov poglavitni dejavnik. Pri izrazu masovno odnašanje imamo glede uporabnosti v geografiji pomisleke, saj iz besede masovno ni jasno razvidno, ali gre za maso kot količino, ki pove, kako se telo upira pospeševanju (v smislu »teže«) ali za maso v smislu velike strnjene količine snovi ali gmote. Namesto besede masovno, ki lahko opisuje veliko količino, bi bilo verjetno primerneje uporabljati besedo masno. Izraz premikanje zemeljskih gmot ni najbolj ustrezen, ker besedo zemeljski lahko razumemo v smislu prsti in preperine, ne pa tudi v smislu trdne kamnine.

Pri premeščanju gradiva se potencialna energija sprosti hipoma, sproščanje pa lahko traja tudi daljši čas. Zato so pobočni procesi lahko hitri (na primer padanje) ali počasni (na primer polzenje, plazenje). Energija se teoretično (po Davisu 1899) sprošča, vse dokler vse gradivo ne doseže erozijske baze oziroma ni površje uravnano. V realnih razmerah se gradivo ne glede na podnebne razmere pomika po pobočju navzdol, dokler povprečni naklon površja ne doseže 2 do 3° (Penck 1972, 121).

O razvoju reliefa, na katerega delujejo endogeni in eksogeni dejavniki, so v preteklosti nastale različne paradigme. Davis je v letih 1889, 1899, 1902 in 1909 predstavil paradigmo o erozijskem ciklu. Relief znižuje erozija, ki sledi začetnemu hitremu dvigu površja. Doline se vrežejo v prvotno površje, erozija in odlaganje gradiva pa postopoma znižata nadmorsko višino površja ter njegove naklone, dokler ne nastane peneplen. Z opazovanjem reliefnih oblik naj bi bilo mogoče sklepati na njihov položaj znotraj cikličnega razvoja površja in njihovo (relativno) starost. Temeljne predpostavke modela slonijo na preučevanju ravnovesnega rečnega prereza v zmerno toplem pasu. Slabost Davisove paradigme je predpostavka, da na geomorfni razvoj v ožjem pomenu besede vplivajo le eksogeni procesi. S predpostavko, da območje ostaja stabilno, zanemarja vpliv tektonskih procesov. Teorija ne upošteva dovolj vpliva kamninske sestave. Razvoj reliefa napačno obravnava kot ciklični proces. V sodobni geomorfologiji ta shema ne drži več (Verbič 1991; Phillips 1995; Bognar 2001; Gams 2001b; Natek 2001b).

Penck je leta 1924 predstavil paradigmo o nadomeščanju pobočij oziroma diferencialno metodo razvoja površja. Dognal je pomen reliefnih oblik, na katere vplivajo nasprotujoči si notranji in zunanji dejavniki. Njegov model temelji na naslednjih predpostavkah:

- učinek erozije je odvisen od lastnosti posameznega segmenta pobočja;
- naklon posameznega segmenta pobočja je odvisen od velikosti delcev mobilnega gradiva;
- velikost še mobilnih delcev je omejena z naklonom pobočja;
- produkcija gradiva s preperevanjem je enakomerna na celotnem pobočju, kar povzroča njegov vzporeden umik;
- v spodnjem delu pobočja nastane položen segment, s čimer postane pobočje konkavno, če se tam odlaga gradivo in reka ne erodira vznožja.

*Preglednica 1: Geomorfni procesi (Zorn, Komac 2002).*

| načini premikanja gradiva | opis premikanja | vrste pobočnih procesov | vsebnost vlage | hitrost premikanja | opis | komentar | sediment | skica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| tok | Delci se pomikajo po pobočju neodvisno drug od drugega in ne kot sprijeta gmota. Tok je značilen za nesprijete sedimente in preperino. | polzenje | nizka | ekstremno do zelo počasno | Gibanje je počasno in očem neprepoznavno. | V naravi ga opazimo na podlagi »pijanih dreves«, nagnjenih drogov … | / |  |
| | | soliflukcija | visoka | ekstremno do zelo počasno | Premikanje z vodo nasičene prsti po stalno zmrznjeni podlagi. | Pojavi se že na blagih pobočjih, predvsem v periglacialnih območjih. | / |  |
| | | blatni tok | ekstremno visoka | počasno do zelo hitro | Tok drobnega gradiva (nad 80 % glinastih delcev), nasičenega z vodo. Tok se vede kot viskozna tekočina. | Pojavita se v povezavi z usadom ali plazom (Log pod Mangartom, 15.–17. 11. 2000). Značilna sta za aridna območja s kratkimi obdobji močnih nalivov. | sediment blatnega toka |  |
| | | drobirski tok | visoka | zelo hitro | Tok drobno- in grobozrnatega gradiva (20 do 80 % gradiva je večjega od peščenih delcev). | | sediment drobirskega toka (debrit) | |
| plazenje | Gradivo se pomika v blokih. Značilno je za preperino in nesprijete sedimente ter trdne kamnine. | usad | zmerna | počasno | Plazenje manjšega obsega (nekaj $m^2$), ki obsega le travno rušo in do 1 m debelo plast preperine. Premika se v enem kosu in skoraj brez deformacij. | Haloze, 3.–4. 6. 1989: prek 5000 na okrog 106 $km^2$ (47 usadov na $km^2$) | plazovina | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | zemeljski plaz | nizka do zmerna | počasno do zelo hitro | Gmota zdrsne po pobočju po drsni ploskvi, ki poteka po meji med dvema plastema in je vzporedna s pobočjem, ali pa zdrsne debelejša plast, ki se premakne po več drsnih ploskvah polkrožne oblike, ki niso vzporedne s pobočjem. Večina gmote ostane nepremešane. | Na primer plaz nad Logom pod Mangartom, ki je pozneje prešel v drobirski tok (15.–17. 11. 2000), plaz nad Lokavcem v Vipavski dolini (november 2000), Macesnikov plaz pod Olševo (jesen 1990). | |  |
| | | kamniti zdrs | nizka | zelo počasno do ekstremno hitro | Zdrs trdne kamnine po eni ali več nezveznostih. Pozneje ponavadi zaradi morfologije pobočij preide v padanje. | Na primer klinasti zdrs z grebena Šije v dolini Lepene (12. 4. 1998); zdrs po plastovitosti na pobočju Javorščka v Bovški kotlini (8. 8. 1950). | pobočni grušč, prevrnjeni bloki (melišča) |  |
| padanje | Gradivo prosto pada v zraku. Značilno je za trdne kamnine. | skalni odlom | nizka | ekstremno hitro | Gradivo prosto pada ali se prevrača po pobočju. Pri razlikovanju med obema vrstama premikanja gre najpogosteje za subjektivno kvantitativno opredelitev količine gradiva. Mejna vrednost nastopi pri nekaj tisoč $m^3$. | Nastane na strmih pobočjih gorskega sveta (na primer jugozahodna stena Krna, Osojnica v dolini Tolminke 12. 4. 1998), v priobalnih območjih (klifi) in na brežinah rek (na primer v Čezsoči 12. 4. 1998). | |  |
| | | skalni podor | | | | | | |

Penck je sprejel Davisovo misel o končnem uravnanem površju, toda razvoj se po njegovem mnenju začne z dolgim in počasnim dvigom površja, ob katerem se skladno z ravnovesjem med dvigom in denudacijo razvije nov nizek relief. Pobočja se vzporedno umikajo in ne znižujejo. Po Penckovi razlagi se višinske razlike povečujejo, zmanjšujejo ali so daljši čas enake. Slabost modela je, da zanemarja vpliv sprememb rečnih režimov ter podnebne in litološke spremembe (Verbič 1991; Phillips 1995).

Leta 1953 je razvoj pobočij v sušnih podnebnih razmerah in pediplenizacijo opisal King. Pedipleni nastanejo s počasnim in vzporednim umikanjem pobočij. Izhodiščno pobočje sestavljajo konveksen vršni del, vmesni ravni del, konkaven akumulacijski del ter pediplen, ki se mu s širjenjem zmanjšuje naklon. Umikanje stopnje uravnava razvoj celotnega pobočja, vršni del je v ravnovesnem stanju, akumulacijski del se ne širi navzgor, saj sta nanašanje in odnašanje gradiva v ravnovesju (Chorley, Schumm, Sugden 1984; Phillips 1995; Natek 2001b).

Kot alternativa Davisovi teoriji se je uveljavila dinamična geomorfologija, temelječa na statističnih in matematičnih metodah (Strahler 1950; Strahler 1952; citirano po Strahler, Strahler 1992). Omenjeni načeli sta združila Schumm in Lichty (citirano po Verbič 1991, 13). Ugotovila sta, da sta v odvisnosti od časovnega intervala opazovanja veljavni obe paradigmi. Teza o cikličnem razvoju reliefa velja za daljša časovna obdobja, teza o dinamičnem ravnovesju pa za krajša.

Hack (1960; citirano po Phillips 1995) je razvil teorijo o dinamičnem ravnovesju, po kateri se nadmorska višina spreminja zaradi vzpostavljanja ravnovesja med količino za transport razpoložljivega gradiva in energijo. Rezultat ravnovesja je bolj ali manj konstanten relief.

Po 2. svetovni vojni se je uveljavila klimatska geomorfologija. Njena temeljna predpostavka je, da naj bi v naših krajih v terciarju v vlažnem in toplem podnebju nastajali obsežni ravniki. Intenzivno kemično preperevanje kamnin naj bi ustvarilo do nekaj deset metrov debelo preperinsko odejo. Sušni predeli so zaostajali v zniževanju, prevladala sta mehansko preperevanje in erozija. Ob ohladitvah v pleistocenu so nižje temperature in suho podnebje omogočile prevlado mehanskega preperevanja tudi v nižjih legah, povečana erozija je odstranila terciarno preperino. Na periglacialnih območjih je površje preoblikovala soliflukcija; zaradi močnega razpadanja kamnin je nastalo veliko grušča, ki se je v nižjih legah odlagal na pobočjih ali v vršajih. Po koncu ledene dobe je prevladala erozija, vodni tokovi so se vrezali v nanose in ustvarili obsežne terase (Büdel 1977; Radinja 1972; Šifrer 1970, 1983, 1990, 1997). Od toplotnega toka, ki Zemljo dosega s Sonca, so odvisni količina vlage v zraku, oblačnost, sončno obsevanje ter rastlinstvo in prst. Pomembna je ugotovitev, da so spremembe kraškega površja zaradi toplotnega toka Sonca v energijskem smislu bistveno večje kot spremembe zaradi potencialne energije, ki jo povečajo tektonski dvigi (Young 1972).

Strahler je v geomorfologijo vpeljal splošno teorijo sistemov (1950, 1952; citirano po Strahler, Strahler 1992), po kateri se dinamično ravnovesje na površju vzdržuje tako, da vsaki spremembi zunanjih razmer sledi niz prilagoditev celotnega sistema in vzpostavitev novega ravnovesnega stanja v skladu z novimi razmerami. Površje se na spremembe odziva počasi, zato je dolgoročno delovanje drugačno od kratkoročnih, trenutnih odzivov. Regulacija povečini poteka z negativno povratno zvezo, s čimer se sčasoma zmanjša vpliv začetnih impulzov. Če je impulz dovolj močan, dejavnik sune sistem prek praga, nakar se sistem umiri na novi ravni. Zemeljski geomorfni sistem je nedeljiva celota, vendar ga z vidika preučevanja snovnih in energetskih tokov delimo na podsisteme, kot so kraški, rečni ali ledeniški (Chapman 1977; Chorley, Hagget 1967; Harvey 1969; Chorley, Schumm, Sugden 1984).

Twidale (1991; citirano po Phillips 1995) je predpostavil, da denudacija močno poveča začetne razlike v erozivnosti in erodibilnosti površja. Pri tem ima zelo veliko vlogo preperevanje. Višinske razlike površja se povečujejo ne glede na krajevne tektonske razmere.

Crickmay (1976; citirano po Phillips 1995) je predstavil hipotezo neenake aktivnosti, po kateri se višinske razlike sčasoma povečujejo. Krajevne razlike v eroziji so po tej teoriji zlasti posledica erozivne moči vodotokov.

Ahnert (1967, 1976, 1987, 1988; citirano po Phillips 1995) je razvil matematični model razvoja površja in model razvoja pobočja. Ugotavlja, da je splošen trend razvoja površja enak ne glede na začetne razmere. Višinske razlike se povečujejo najprej hitreje, potem pa se začnejo zmanjševati.

Armstrong (1980; citirano po Phillips 1995) je razvil model razvoja prsti in pobočij, ki se odziva podobno kot Ahnertov. Sprva se razlike med najvišjimi in najnižjimi deli povečujejo, relief pa se zniža.

Po Brundsenu (1990; citirano po Phillips 1995) se višinske razlike najprej zvišujejo in nazadnje znižajo. Denudacija naj bi se prilagodila tektonskemu dviganju v približno dveh milijonih letih.

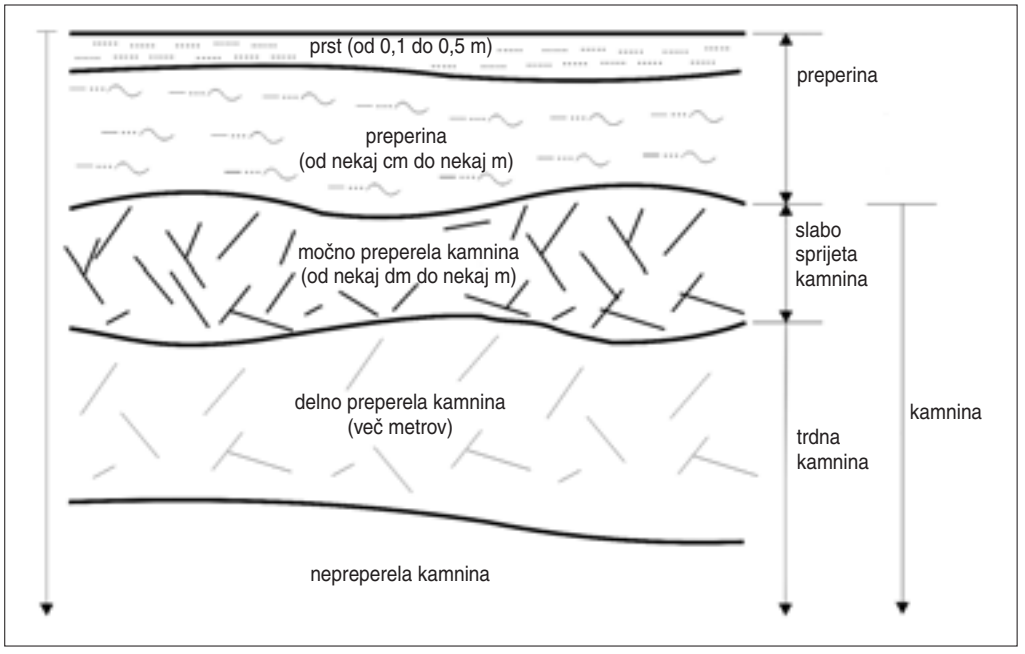
Z antagonističnim načelom je Scheidegger (1987) razvoj reliefa predstavil kot rezultat delovanja notranjih (tektonski dvig) in drugotnih zunanjih (denudacija) dejavnikov. Pomemben je njegov prispevek k sistematiki reliefnih oblik in geomorfnih procesov ter sintezi geomorfoloških načel (Verbič 1991; Phillips 1995).

Chase (1992; citirano po Phillips 1995) je z modelom ugotovil, da se s časom povečuje erozijska razgibanost reliefa. To kratkoročno kompenzirajo od naklona površja odvisni difuzni procesi, dolgoročno pa odlaganje gradiva. Po Scheideggerju in Chaseu se relief v odvisnosti od razmerja med silami ali procesi in časovnega ali prostorskega reda opazovanja lahko razvija v katerokoli smer.

V pokrajini sta sočasno red in nered, zato so geomorfni sistemi kompleksni nelinearni dinamični sistemi (Hugget 2004, 178). Ker je součinkovanje posameznih delov geomorfnega sistema nelinearno menita, da se red največkrat ne vzpostavi na ravni reliefnih oblik, temveč na višji prostorski in časovni ravni (Kessler, Werner 2003, 380).

## 2.1 PREPEREVANJE

Kamnine so na stiku litosfere z atmosfero, hidrosfero in biosfero izpostavljene eksogenim procesom (Ollier 1969, 1). Proces, v katerem se trdna kompaktna kamnina pod vplivom eksogenih dejavnikov razkraja v manjše in med seboj nepovezane delce, imenujemo preperevanje. Preperevanje omogoča delovanje transportnih geomorfnih procesov, ki uravnavajo površje. Nanj vplivajo endogeni (lastnosti kamnine) in eksogeni dejavniki (Sparks 1972, 45; Caine 1979). V naravi je preperevanje enoten proces, vendar se je uveljavila delitev na tri temeljne sklope: mehansko, kemično in biogeno.




*Slika 1: Razporeditev plasti na prepereli površini (Zorn 2001).*

### 2.1.1 MEHANSKO PREPEREVANJE

Mehansko ali fizikalno preperevanje je krojenje kamnine na manjše dele, pri katerem so pomembni trdnost in svežina kamnine, njena razpokanost in plastovitost, tekstura in poroznost ter velikost izpostavljene površine in sposobnost absorpcije vode. Preperevanje je intenzivnejše, kjer je kamnina manj odporna, razpokana ali pretrta. Razlikujemo več vrst mehanskega preperevanja:

- Temperaturno preperevanje je posledica raztezanja in krčenja kamnine ob temperaturnih spremembah. Ker je kamnina slab prevodnik toplote, se zaradi dnevnih temperaturnih sprememb širijo le njeni zgornji sloji, spodnji pa ne, pri čemer nastanejo razpoke, ki so vzporedne s površjem. Vpliv procesa na površje ni velik (Sparks 1972, 23), če pri njem sodeluje voda, pa se močno poveča (Griggs 1936; citirano po Finlayson, Statham 1980, 49).
- Sodelovanje vode pri temperaturnem preperevanju vodi v zmrzalno preperevanje, ki je posledica povečanja njene prostornine ob zmrzovanju za približno 9 %. Zaradi velikega tlaka kamnina razpada. Pri temperaturi –22 °C je tlak višji od 2000 kg na $cm^3$, kar je na primer za približno 60-krat več od natezne trdnosti apnenca (Chorley, Schumm, Sugden 1984, 206). Tlak, odvisen od plastovitosti in razpokanosti kamnine, je premosorazmeren s hitrostjo zmrzovanja in vlažnostjo. Zmrzalno preperevanje je značilno za polarna območja, v zmernih zemljepisnih širinah pa je pogosto v višjih legah in v hladni polovici leta. Zaradi vlažnosti in nizkih temperatur je pomembno na jamskih vhodih (Kranjc 1983, 112).
- Preperevanje zaradi nabrekanja glinenih mineralov je posledica vpijanja vode. Ob tem se poveča prostornina: pri natrijevem montmorillonitu za 14–16-krat, pri kalcijevem montmorillonitu za 0,45–1,45-krat, pri ilitu za 0,05–1,2-krat in pri kaolinitu za 0,05–0,6-krat (Chorley, Schumm, Sugden 1984, 206), pri čemer se spremeni njihova struktura in poveča nestabilnost.
- Vpliv živega sveta na preperevanje je posreden. Zato je preperevanje zaradi mehanskega in biološkega ter kemičnega delovanja biotskih dejavnikov (Ollier 1969, 5–25) pomembno zlasti v plastoviti, razpokani ali pretrti kamnini. Rastline na primer s koreninami širijo razpoke v kamnini, da vanje doteka voda.
- Preperevanje zaradi vlaženja in sušenja je posledica občutljivosti kamnin na spreminjanje vlažnosti.
- Solno preperevanje je posledica rasti kristalov soli v kamnini. V zmernotoplem pasu je povečini nepomembno in je značilno zlasti za območja z močnim izhlapevanjem. Tovrstno preperevanje je zelo redko posledica rasti drugih kristalov v razpokah ob navzočnosti nestabilnih žveplenih mineralov.

### 2.1.2 KEMIČNO PREPEREVANJE

Kemično preperevanje je razgrajevanje kamnine pod vplivom vode in v njej raztopljenih snovi. Manj topni deli kamnine lahko ostanejo v preperini kot netopni ostanek (železov hidroksid, glineni minerali), mobilne delce in lažje topne snovi pa odnese voda v raztopini (kalcij, magnezij, natrij, kalij).

Najpomembnejši kemični proces, ki sodeluje pri preperevanju, je oksidacija. Pri tem se v vodi kisikovi ioni vežejo z različnimi snovmi, minerali pa se topijo. Obraten proces je redukcija. Hidratacija je vezava vodnih molekul v strukturo kamnine. Hidroliza je kemična reakcija snovi z vodo oziroma $H^+$ in $OH^-$ ioni. Vsebnost $H^+$ ionov izražamo s pH, kjer višja vrednost pomeni nižjo koncentracijo $H^+$ ionov. Koncentracija vodikovih ionov, ki jo izražamo s pH vrednostjo, vpliva na biološke in kemične procese. Pomembna sta še delovanje organskih in anorganskih kislin (na primer ogljikove) in karbonatizacija (Chorley, Schumm, Sugden 1984, 207).

Kemično preperevanje je pomemben in reliefotvoren proces na krasu. Ker se voda ob padavinah razporedi po celotni površini, deluje kemično preperevanje ploskovno in je navpično usmerjen proces. Na krasu ga lahko do določene mere enačimo s stopnjo zniževanja površja (Bland in Rolls 1998, 192). Kemično raztapljanje kamnin je zaradi večjih količin razpoložljive agresivne vode pomembno tudi v nekraških območjih (Kaufmann 2002), na primer v flišnih pokrajinah (Komac 2006, 142; Zorn 2007).

### 2.1.3 BIOGENO IN BIOKEMIČNO PREPEREVANJE

Biogeno preperevanje je posledica delovanja rastlin, ki kamnino spreminjajo z mehanskim delovanjem korenin, izločanjem kemično aktivnih snovi, spremembo vlažnosti ter vplivom na temperaturo in reakcijo prsti.

Kot mero organske aktivnosti uporabljamo produkcijo $CO_2$, ki je odvisna od temperature in vlažnosti. Med mikroorganizmi, ki delujejo ploskovno in vplivajo na razpadanje kamnin, so pogoste cianobakterije, ki v kamnini ustvarjajo naključno razporejene vdolbinice premera približno 10 µm.

## 2.2 DENUDACIJA IN EROZIJA

Izraz denudacija izhaja iz latinskega izraza *denudere*, in označuje razgaljanje površja oziroma ploskovno odstranjevanje preperelih snovi s površja zemlje z eksogenimi procesi. Povečini je počasen proces, s katerim se gradivo premešča v nižje lege. Včasih pa gre za večje dogodke, kot so skalni podori, zemeljski plazovi ali drobirski tokovi.

Denudacija je odvisna od intenzivnosti preperevanja in mobilnosti gradiva ali preperine. Nanjo vplivajo še lastnosti kamnine, oblikovanosti površja (na primer nadmorska višina, naklon) in tektonika. Na reliefno razčlenjenem površju je intenzivnejša kot na manj razčlenjenem (Komac, Zorn 2005a; Hrvatin, Perko, Petek 2006). Stopnja denudacije posredno vpliva na intenzivnost preperevanja, saj je od nje odvisno, kako hitro bo površina kamnine izpostavljena eksogenim procesom. Povprečno je nižja kot 1 mm na leto in redko preseže 3 mm na leto (Penck 1972, 55 in 62; Burbank, Anderson 2001, 132–135).

Erozija pomeni dolbenje, spiranje, razjedanje, žlebljenje in odnašanje gradiva ter preperine zaradi različnih zunanjih dejavnikov, na primer tekoče vode, vetra. Najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na vodno erozijo, so količina in intenzivnost padavin, naklon in ukrivljenost pobočij ter lastnosti podlage, predvsem njena prepustnost, in raba tal (Morgan 1979, 21; Horton 1945, citirano po Fairbridge 1968, 1010; Gardner in ostali 1987; Rorke 2000, 385). Rastlinstvo zmanjšuje erodibilnost, saj z ustvarjanjem ovir in grbin zmanjšuje hitrost vodnega toka. V mešanem ali listnatem gozdu so velike spremembe glede na letni čas. V listnatem gozdu je intercepcija 20–30 %, ob intenzivnejših padavinah pa 5–10 %. Del padavin odteče na tla po vejah in deblih, približno 15 % pa jih izhlapi v ozračje, še preden dosežejo tla (Pihler 1999, 175).

### 2.2.1 DEŽNA EROZIJA

Erozijo, ki jo povzročajo dežne kaplje, imenujemo dežna, pluvialna ali medžlebična erozija (Petkovšek 2002). Pri padcu dežne kaplje se njena potencialna energija večinoma spremeni v kinetično energijo. Njena velikost je odvisna predvsem od značilnosti podlage in intenzivnosti padavin. Dežne kaplje ločujejo delce preperine od podlage in jih z udarci premeščajo po pobočju navzdol. Pri tem se površina strjuje, pore pa se zapolnijo z delci. Dežne kaplje lahko premaknejo do 50 mm velike delce, če spodkopljejo njihovo okolico, pa tudi večje. Značilen primer takšnega spodjedanja so erozijske gobe ali stolpi. Učinek padavin se poveča, ko njihova intenzivnost preseže določen prag, ki je odvisen od naklona reliefa. Pri naklonu 25° je kar 95 % razpršene vode usmerjene po pobočju navzdol, že pri naklonu 5° pa se navzdol pomakne 60 % delcev (Finlayson, Statham 1980, 123–124 in 174; Sirvent in ostali 1998; Rorke 2000, 387).

### 2.2.2 POVRŠINSKO SPIRANJE, EROZIJSKI ŽLEBIČI, EROZIJSKI JARKI IN TOKOVI VODE V PREPERINI

Površinski tok se pojavlja na zmerno nagnjenih pobočjih po daljšem deževju, kadar dotok vode preseže infiltracijsko sposobnost podlage oziroma je podlaga zasičena z vodo. Je eden najpomembnejših

dejavnikov denudacije in nastane, ko se vodne kapljice na površini združijo v sklenjeno, do nekaj centimetrov debelo plast. Njegova hitrost je odvisna od naklona pobočij, njihove ukrivljenosti in ovir (Fairbridge 1968, 991; Pihler 1999, 175).

Če so pobočja v prečnem prerezu konkavna, površinski tok teži h koncentraciji, pri čemer za nekaj razredov naraseta erozijska in transportna sposobnost, kar vodi k večji eroziji (Hrvatin, Perko 2002) in nastanku erozijskih žlebičev oziroma brazd. Erozijski žlebiči so majhna reliefna oblika in nastanejo neodvisno od razporeditve površinske vodne (rečne) mreže. Nastanek žlebičev je povezan s kohezivnostjo gradiva, naklonom in dolžino pobočja ter velikostjo zaledja; njihova gostota narašča z večanjem naklona in dolžine pobočij. Na položnih pobočjih so vejičasto razporejeni in povezani med seboj, na strmejših pobočjih pa so zgoraj premočrtni, med seboj vzporedni in se navzdol združujejo. Ker med erozijskimi žlebiči znižuje površje denudacija, niso stalna reliefna oblika. Na nekaterih območjih se po erozijskih žlebičih v nižje lege premesti kar 80 % gradiva, manjši del gradiva pa v žlebiče prenese površinski tok (Morgan 1979, 10; Finlayson, Statham 1980, 127).

Erozijski jarki so stalna reliefna oblika, pogosta na strmih pobočjih. Značilen zanje je občasen vodni tok. Običajno ne nastanejo iz erozijskih žlebičev, ampak se razvijejo samostojno ali pa nastanejo z rušenjem ali ekshumacijo mreže podzemnih kanalov, ter na pobočjih, kjer so zemeljski plazovi ustvarili globoke in premočrtne zajede s strmimi bregovi. Nastajajo postopno, tako da se zaradi slabe povezanosti ruše najprej razvijejo majhne depresije. V njih se združuje vodni tok, nato pride do erozije in izpiranja gradiva ter povečevanja in združevanja depresij v začetni erozijski kanal. V srednjem in spodnjem delu se zaradi bočne erozije in razmočenosti gradiva sprošča dodatno gradivo, zato se jarek širi, dodatno valeče se gradivo pa povečuje erozivnost vodnega toka. Zaradi koncentracije vodnih tokov je v jarkih erozija za četrtino do polovico večja kot na vmesnih območjih. Ko v njih ni vode, se preoblikujejo s preperevanjem in denudacijo (Morgan 1979, 11; Sirvent in ostali 1998). Najpogosteje se za njihovo spodnjo mejo postavlja površina preseka, manjša od 900 $cm^2$ (Wainwright 2004, 179).

Tokove vode v preperini imenujemo tudi talni tokovi vode ali preperinski tokovi (Prelovšek 2001), reliefno obliko pa lahko opišemo procesno z izrazom cevčenje (iz angleškega izraza *piping*). Nastanejo v zgornji plasti preperine ali prsti na stiku med dvema plastema z različno prepustnostjo. Ponekod pomembno prispevajo k denudaciji, saj lahko prevajajo veliko vode, ki odnaša preperino. Podzemni kanali so lahko dolgi nekaj centimetrov, decimetrov ali metrov, široki pa od nekaj milimetrov do nekaj decimetrov. Nad večjimi kanali se pogosto predre ruša in iz njih nastanejo erozijski jarki (Morgan 1979, 10).

### 2.2.3 VETRNA IN SNEŽNA EROZIJA

V naših razmerah vetrna erozija nima pomembne geomorfne vloge, z izjemo območij, ki niso prekrita z rastlinstvom in kjer lahko veter odnaša kamninske delce v nižje lege. Pomembnejša je bila v preteklosti v obdobjih s hladnim podnebjem, ko površja ni preraščalo rastlinstvo. Veter povečini povzroča premikanje majhnih delcev, njihovo polzenje po tleh in skakanje ali saltacijo. Ti procesi so intenzivnejši v večjih nadmorskih višinah, v sušnih obdobjih in tam, kjer je na površju preperela ali močno pretrta kamnina.

V današnjih razmerah v Sloveniji imata velik učinek le sunkovit močan veter ob neurjih in burja. Najmočnejši veter je burja, ki piha z južnih robov visokih dinarskih planot prek sredozemskih gričevij in ravnikov. Najmočnejša je v Vipavski dolini, kjer so v osemdesetih letih 20. stoletja izvedli obsežne melioracije. Odstranili so pasove grmovja in žive meje med zemljišči in s tem še pospešili vetrno erozijo. Erozija je bila najizrazitejša v letu po obsežnih osuševalnih delih, ko so prek zime pustili veliko preoranih golih zemljišč (Poročilo … 1996, 116). Burja je pogosta v obalnem gričevju. Februarja leta 1954 so njene erozijske učinke opazovali v zaledju Kopra. Burja z najvišjo hitrostjo 23,7 m na s je na nekaterih mestih odnesla do 10 cm prsti, ponekod vse do korenin vinske trte. Prav zaradi močne vetrne erozije so bila nekdaj obdelana predvsem zemljišča v zatišnih legah, na privetrni strani pa so prevladovali pašniki in gozd (Malovrh 1955, 51–52 in 55).

Ob neurjih veter vpliva skupaj z delovanjem dežnih kapelj in tekoče vode. Pomembno vlogo pri preprečevanju vetrne erozije ima gozd, ki upočasnjuje in zavira hitrost premikanja zraka v nižjih plasteh ozračja in s koreninami veže prst (Horvat 2001b).

Na dolomitnih strminah brez rastlinstva je pomembna snežna erozija (Pavšek 2002, 78–79). Snežna odeja deluje na površje s svojo težo, pri čemer v nižje lege premika delce. Najpomembnejši proces je plazenje, ki deluje na dva načina. Počasno plazenje učinkuje ploskovno in je pomembno zlasti na razgaljenem površju, na primer meliščih, večji pa je učinek linearnega delovanja snežnih plazov. Najpomembnejša dejavnika sta naklon pobočja in natezna trdnost snega. Snežna odeja lahko obvisi na strmih policah ali pa se splazi na položnih pobočjih. Snežni plazovi se že lahko prožijo na območju naklonov, značilnih za melišča (29–40°), čeprav so sicer značilni za strmejše lege. Snežni plazovi pogosto prenesejo gradivo z zgornjih delov pobočij do dolinskega dna (Pintar in Mikoš 1983, 15). Leta 1952 je borjanski plaz pustil za seboj »… *posamezne ogolele grbine* …« in prenesel gradivo v nižjo lego. »… *Plazovina pobere na svoji poti vse, kar ni dobro pritrjeno v tla. To je lahko prst, kamenje, grmovje, pri večjih plazovih pa tudi večje skale in drevesa* …« (Pavšek 2002, 78–79). Pritiski snežnih gmot na čelu plazu so lahko od nekaj ton do nekaj deset ton na kvadratni meter. Tako so v jezerih Morskie oko in Czarny Staw gąsienicowy v poljskem delu Visokih Tater zaradi donosa gradiva s snežnimi plazovi ugotovili povečano sedimentacijo. Zaradi snežnih plazov nastajajo podmorski vršaji iz debelozrnatega gradiva, v katerih je veliko drevesnih debel (Rączskowska 2006, 53).

### 2.2.4 ABRAZIJA

V Sloveniji je obalni abrazijski relief omejen na ozek pas vzdolž slovenske jadranske obale. Najbolj izrazita reliefna oblika, ki nastaja z denudacijskimi in erozijskimi procesi, so do 80 m visoki klifi v eocenskem flišu (Radinja 1973, 80; Orožen Adamič, Rejec Brancelj 1998, 97), ki so nastali zaradi abrazijskega spodkopavanja morskih valov (Gabrovec, Hrvatin 1998, 82). Skupna dolžina klifne obale je 17 km, kar je dobra tretjina dolžine slovenske obalne črte. Največji so med Piranom in Izolo.

Na podlagi arheoloških raziskav so ugotovili, da se je del obale pri Izoli od rimskih časov umaknil za 60 m, med letoma 1922 in 1958 pa za 15 do 20 m (Šribar 1967, 272). Po ocenah Radinje (1973, 85) naj bi se klifi pri Piranu umikali s hitrostjo od 1 do 2 cm letno. Tako naj bi se flišna obala v zadnjih 500 letih umaknila za približno 10 m (Žumer 1990, 144).

### 2.2.5 EROZIJA PRSTI

Erozija prsti je oznaka za proces, ki povečini prizadene prst. Če je denudacija razgaljanje površja, ki učinkuje površinsko, deluje erozija linijsko z dolbenjem, razjedanjem in odnašanjem delcev kamnine ali preperine s tekočo vodo, snegom ter z ledeniki in vetrom. Povzročajo jo tudi človek in živali. Denudacija poteka na območjih z naklonom več kot 2 do 3° (Penck 1924), erozija pa je značilna za naklone nad 6° (Natek 1983) in nastopi, ko na primer pri vodni eroziji intenzivnost padavin preseže infiltracijsko sposobnost prsti. Pri tem se delci prsti ločijo od podlage, voda ali drug dejavnik jih prenese v drugotno lego, kjer se nazadnje odložijo (Lovrenčak 1994).

O skupni površini erozijskih območij v Sloveniji se v literaturi pojavljajo različni podatki. Največkrat navajajo vrednosti od 8800 do 9000 km$^2$ oziroma od 42 do 44 % ozemlja (Zemljič 1972, 234; Kolbezen 1979, 73; Horvat 2002). Najvišja ocena je, da erozija poteka na 19.238 km$^2$ oziroma na 95 % ozemlja (Lazarević 1981, 9).

Ocene sproščanja gradiva za celo Slovenijo so med 5.000.000 in 6.000.000 m$^3$ letno (Rainer, Pintar 1972; Kolbezen 1979) oziroma med 5.200.000 in 5.300.000 m$^3$ letno (Zemljič 1972; Rainer, Zemljič 1975; Horvat 1987, 2002). Specifično sproščanje je povprečno okrog 4,2 t na ha letno. Nekateri navajajo nižje ocene sproščanja gradiva, na primer Lazarević (1981) s 3.960.200 m$^3$ letno oziroma približno 3,1 t na ha letno. Na podlagi enostavnega modela, ki temelji na objavljenih merjenih in modeliranih

*Preglednica 2: Vrste erozije.*

| dejavnik | vrsta procesa | delovanje | |
|---|---|---|---|
| voda | rečna (fluvialna) erozija | Linijsko dolbenje površja in odnašanje gradiva s tekočo vodo. | 1. Globinska erozija deluje večinoma navpično.<br>2. Bočna erozija deluje večinoma bočno. |
| sneg | snežna (nivalna) erozija | Odnašanje gradiva zaradi erozijskega delovanja snega. | |
| led | ledeniška (glacialna) erozija | Odnašanje gradiva zaradi erozijskega delovanja ledenikov. | |
| veter | vetrna (eolska) erozija | Odnašanje gradiva zaradi erozijskega delovanja vetra. | |
| morje/jezera | morska/jezerska erozija ali abrazija | Odnašanje gradiva zaradi erozijskega delovanja valov. | |
| omenjeni naravni dejavniki, človek in živali | erozija prsti | Vsako odstranjevanje delcev prsti in preperine z naravnimi dejavniki, marsikje pospešeno zaradi delovanja človeka (goloseki, čezmerna paša, poti) in živali, ki je intenzivnejše od nastajanja prsti. | 1. Površinsko spiranje je posledica dežne erozije in ploskovne erozije površinskega vodnega toka, ki poteka, preden se voda združi v curke in deluje globinsko. Čeprav gre procesno še za denudacijo, ga že štejemo k eroziji prsti. Brez stalnega merjenja proces težko opazimo in kvantificiramo, zato njegove učinke pogosto podcenjujemo.<br>2. Žlebična erozija je globinska erozija, pri kateri v curke združena voda vrezuje erozijske žlebiče, majhne, največ do 30 cm globoke in več metrov dolge vdolbine v pobočju.<br>3. Jarkovna erozija je globinska erozija, pri kateri na primer z združevanjem erozijskih žlebičev nastajajo več metrov globoki in več deset metrov dolgi erozijski jarki.<br>4. Cevčenje nastane zaradi tokov vode v preperini, ki so vzporedni s pobočjem. Pri tem voda odnaša delce, v preperini nastajajo vedno večji kanali oziroma »cevi«. Ponavadi nastajajo v manj odpornem spodnjem sloju preperine pod bolj stabilnim zgornjim slojem. |

podatkih o eroziji po kategorijah rabe tal, ugotavljamo, da je količina sproščenega gradiva v Sloveniji med 3.924.002 in 5.722.895 $m^3$ letno (Komac, Zorn 2005a). Za primerjavo navedimo podatek, da je na Zemlji povprečno erodiranih 5 t na ha prsti letno (Myers 1991).

Polovica do tri petine sproščenega gradiva zastaja na pobočjih, meliščih in vršajih ter v erozijskih in hudourniških grapah. Preostalo gradivo pride v vodotoke, vendar se ga približno četrtina zaustavlja že v povirjih. Zaradi zastajanja gradiva se dna strug stalno dvigajo, prodišča se širijo na račun drugih zemljišč, povečuje se nevarnost poplav (Zemljič 1972; Horvat 1987; Natek 1989b). Podatki o odlaganju gradiva po porečjih kažejo, da se v Posočju v vodotokih odlaga približno 15,2 t na ha gradiva letno, v Posavju približno 6,3 t na ha letno, v Podravju približno 5,6 t na ha letno in v Pokolpju približno 2,6 t na ha letno. V obalnem gričevju se v vodotokih odlaga približno 6,4 t na ha gradiva letno (Zemljič, Blažič, Pirnat 1970).

Domnevamo, da je imela erozija nekdaj pomembnejšo vlogo kot v sodobnosti, saj je bil nekoč delež njivskih zemljišč bistveno večji, delež gozda pa manjši. Leta 1896 so njive obsegale 18,1 % ozemlja, leta 2000 pa le še 10,3 %, gozd pa je leta 1896 obsegal 41,6 % in leta 2000 60,3 % ozemlja (Gabrovec, Kladnik 1997; Petek 2004). Z opuščanjem kmetijske rabe zaradi naravnih, socialnih in ekonomskih dejavnikov se je v zadnjih desetletjih ustrezno zmanjšala količina erodiranega gradiva.

V Sloveniji je erozija na kmetijskih zemljiščih z narodnogospodarskega vidika manj pomembna od hudourniške erozije, saj pogosteje prizadene drago cestno infrastrukturo kot kmetijska zemljišča, kjer več škode kot erozija povzročajo suše in poplave.

Dolgotrajnejše meritve erozije prsti na kmetijskih zemljiščih so izvajali le na enem merilnem polju, drugje pa so potekala le krajša opazovanja. Meritve so izvajali v naseljih Smast ob Soči in Straža ob Krki ter v dolini Dragonje. Podatki meritev kažejo, da je erozija na razkriti prsti na kmetijskih zemljiščih okrog 20 t na ha letno, na obdelanih oziroma poraslih njivah pa okrog 4 t na ha letno.

Pri vasi Smast je bila pri naklonu površja 29° v mešanem gozdu izmerjena erozija komaj 6,3 kg na ha letno, na travniku 39 kg na ha letno, na krompirjevi njivi 3,5 t na ha letno in na zorani njivi 22,4 t na ha letno (Horvat, Zemljič 1998).

Izračuni z matematičnim modelom GLEAMS 2.1 v Latkovi vasi kažejo, da je erozija na hmeljišču z naklonom 0,18° do 5 t na ha letno (Zupanc, Pintar, Mikoš 2000).

Ravbar (1975) je izvedel dve meritvi erozije na kraški ilovici v bližini Straže pri Novem mestu. Naklon površja je bil 16–18°. Opazoval je odnašanje prsti ob padavinskem dogodku, ko je padlo 36 mm padavin, in ob padavinskem dogodku, ko je padlo 107 mm padavin. Ob prvem se je sprostilo 290 g gradiva (0,56 t na ha), ob drugem pa kar 1160 g (2,5 t na ha). Na podlagi teh podatkov je povprečna letna erozija prsti 22 t na ha (Komac, Zorn 2005a).

Erozijo so modelirali v porečju Dragonje oziroma Rokave. Po Gavrilovićevi metodi so v vinogradih izračunali erozijo 22 t na ha in na njivah 11 t na ha letno, po metodi RUSLE pa v vinogradih 51 t na ha letno in na njivah 22 t na ha letno (Petkovšek 2002). Meritve je izvajal tudi Zorn (2007).

Kolbezen (1979) je na podlagi podatkov o letnem transportu gradiva na potokih vzhodnega in jugovzhodnega Pohorja sklenil, da je povprečna erozija 2,4 t na ha.

Izračuni z metodo USLE za Mirnsko dolino kažejo, da je bila erozija na več kot polovici obravnavanega ozemlja manjša od 35 t na ha letno, na slabi petini pa večja od 75 t na ha letno. Povprečna erozija v porečju Mirne je približno 6,4 t na ha letno. Gričevje v Mirnski dolini je kljub manjšim višinskim razlikam zaradi manj odpornih kamnin za erozijo bolj občutljivo kot hribovje (Topole 1998).

Mikoš in Zupanc (2000) sta ugotovila, da v Sloveniji zaradi erozije izgubimo povprečno 5–10 mm »plodnih tal« na »kmetijskih površinah« letno, kar pomeni izgubo prsti med 80 in 100 t na ha letno.

Podatki meritev in izračuni z modeli kažejo, da erozija v Sloveniji najbolj ogroža njive, s katerih letno odnese oziroma premesti v nižjo lego 0,92–2,45 milijona $m^3$ prsti. Na gozdnih območjih se sprošča približno po 0,34–0,36 milijona $m^3$ gradiva, v vinogradih približno po 0,27–0,29 milijona $m^3$, na travnikih in pašnikih pa 0,84–1,03 $m^3$. Erozija prsti v sadovnjakih obsega približno 0,18–0,20 milijona $m^3$ letno, na neporaslih in visokogorskih območjih pa se letno sprošča približno 1,38–1,40 milijona $m^3$ gradiva. Kot že omenjeno, se v Sloveniji skupaj sprošča približno 3.924.002–5.722.895 $m^3$ gradiva.

Domnevamo, da je erozija prsti na njivah ob večjem upoštevanju naklonov bližje nižji vrednosti, saj je dobra polovica (54 %) njiv na površju z naklonom manjšim od 2°, kjer je po Natku (1983) sorazmerno šibko odnašanje gradiva, le slaba tretjina (29 %) njiv pa je na površju z naklonom večjim od 6°, kjer je močno odnašanje gradiva. Pomen erozije prsti v gozdovih je verjetno bližje višji oceni iz preglednice 4, saj je kar 85 % gozdov na površju z naklonom več kot 6° (66 % na površju z naklonom nad 12°),

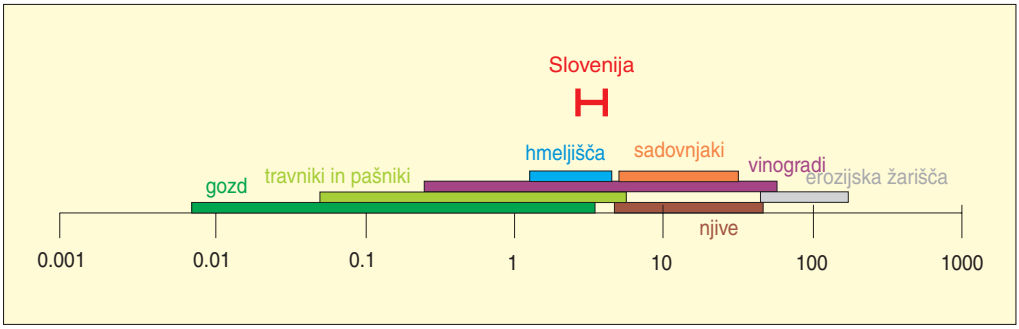
*Preglednica 3: Specifično sproščanje gradiva in erozijsko zniževanje površja v Sloveniji (Komac, Zorn 2005a).*

| vir | specifično sproščanje gradiva (t na ha na leto) | erozijsko zniževanje površja (mm) |
|---|---|---|
| Lazarević 1981 | 3,13 | 0,20 |
| Zemljič 1972; Rainer, Zemljič 1975; Horvat 1987; Horvat 2002 | 4,18 | 0,26 |
| Komac, Zorn 2005a | 3,70–4,52 | 0,23–0,28 |

le 6 % gozdov pa je na površju z naklonom pod 2°. Podobno lahko velja za travnike, saj jih je 62 % na površju z naklonom več kot 6° in 36 % več kot 12° (Komac, Zorn 2005a).

*Preglednica 4: Sproščanje in specifično sproščanje gradiva ter erozijsko zniževanje površja po kategorijah rabe tal v Sloveniji (Komac, Zorn 2005a).*

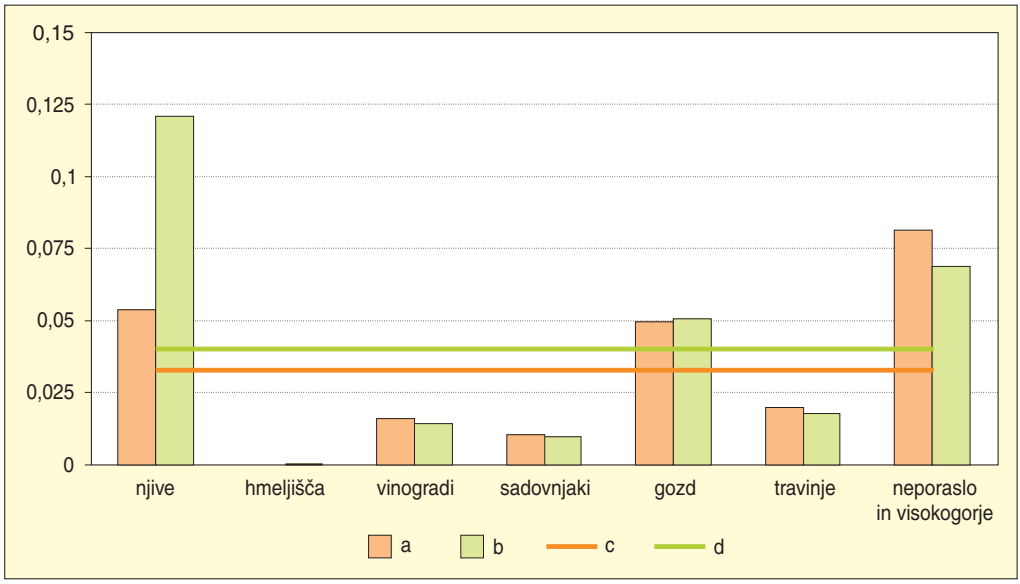
| kategorije rabe tal | sproščanje gradiva (t na leto) | specifično sproščanje gradiva (t na ha na leto) | erozijsko zniževanje površja (mm) | sproščanje gradiva (t na leto) | specifično sproščanje gradiva (t na ha na leto) | erozijsko zniževanje površja (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | naklon nad 2° | | | naklon nad 0° | | |
| njive | 1.464.156,86 | 0,86 | 0,05 | 3.918.386,92 | 1,93 | 0,12 |
| neporasla in visokogorska območja | 2.211.748,99 | 1,30 | 0,08 | 2.232.884,86 | 1,10 | 0,07 |
| travinje | 1.343.734,42 | 0,79 | 0,05 | 1.642.895,78 | 0,81 | 0,05 |
| vinogradi | 437.215,59 | 0,62 | 0,02 | 462.838,74 | 0,23 | 0,01 |
| gozd in zemljišča v zaraščanju | 537.825,96 | 0,32 | 0,02 | 573.335,72 | 0,28 | 0,02 |
| sadovnjaki | 283.234,28 | 0,17 | 0,01 | 319.561,62 | 0,16 | 0,01 |
| hmeljišča | 487,06 | 0,0003 | 0,00002 | 6728,19 | 0,003 | 0,0002 |
| skupaj | 6.278.403,16 | 3,70 | 0,23 | 9.156.631,84 | 4,52 | 0,28 |
| povprečno | 784.800,40 | 0,46 | 0,03 | 1.144.578,98 | 0,56 | 0,04 |




*Slika 2: Sproščanje gradiva po kategorijah rabe tal v Sloveniji v t na ha letno (Komac, Zorn 2005).*

*Preglednica 5: Rezultati meritev erozije prsti na poskusni postaji Smast v dolini Soče na rjavih pokarbonatnih prsteh in poskusnih zemljiščih z velikostjo 50 m$^2$, izvedenih od 1. 10. 1972 do 27. 7. 1977 (Horvat, Zemljič 1998, 422), ob povprečni letni količini padavin 2699 mm (Zupančič 1995, 99).*

| | naklon (%) | površinski odtok (l) | specifični površinski odtok (l na m$^2$) | odtočni količnik | sproščanje (g) | sproščanje preperine (g na l) | sproščanje preperine (t na ha) | indeks sproščanja |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| neobdelan svet | 55,7 | 10.383 | 239,79 | 61 | 97.022 | 9,344 | 22,40 | 3556 |
| krompirišče | 55,7 | 4609 | 106,44 | 27 | 15.049 | 3,265 | 3,47 | 551 |
| travnik | 55,7 | 1033 | 23,85 | 6 | 169 | 0,164 | 0,0390 | 6 |
| mešani gozd | 54,7 | 173 | 3,93 | 1 | 28 | 0,161 | 0,0063 | 1 |




*Slika 3: Erozija po kategorijah rabe tal v Sloveniji: a – erozijsko zniževanje površja na območjih z naklonom 2–90°, b – erozijsko zniževanje površja na območjih z naklonom 0–90°, c – povprečno erozijsko zniževanje na območjih z naklonom 2–90°, d – povprečno erozijsko zniževanje na območjih z naklonom 0–90° (Komac, Zorn 2005).*

*Preglednica 6: Letne izgube prsti na poskusnem polju v Latkovi vasi v vzhodnem delu srednje Slovenije med letoma 1997 in 1998. Podatke so pridobili na hmeljišču s peščeno-ilovnato prstjo na podlagi modela GLEAMS 2.1 (Zupanc, Pintar, Mikoš 2000, 109).*

| leto | naklon (%) | letna količina padavin (mm) | koeficient erodibilnosti | t na ha |
|---|---|---|---|---|
| 1997 | 0,4 | 1235 | 0,5 | 4,88 |
| 1998 | 0,4 | 1170 | 0,5 | 2,39 |

*Preglednica 7: Delež površine Mirnske doline v jugovzhodni Sloveniji, ki jih zajemajo posamezne stopnje erozije prsti po reliefnih enotah na leto. Erozija prsti je bila izračunana s pomočjo Weischmeier-Smithove (USLE) enačbe in digitalnega modela višin (Topole 1998, 83).*

| reliefne enote | delež reliefnih enot v primerjavi s površino porečja (%) | 5,0–4,9 t na ha | 5,0–14,9 t na ha | 15,0–34,9 t na ha | 35,0–74,9 t na ha | 75,0–149,9 t na ha | 150,0–299,9 t na ha | 300,0–599,9 t na ha | 600,0 t na ha in več |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| nizka gričevja | 43,76 | 5,96 | 19,37 | 28,76 | 26,45 | 12,96 | 5,07 | 1,27 | 0,16 |
| gričevja | 40,06 | 4,65 | 15,79 | 30,95 | 30,27 | 12,58 | 4,67 | 1,01 | 0,08 |
| kotline | 13,28 | 20,86 | 36,93 | 24,25 | 12,75 | 3,93 | 1,05 | 0,23 | 0,00 |
| planota | 2,91 | 12,47 | 37,19 | 30,30 | 13,40 | 5,59 | 0,82 | 0,23 | 0,00 |
| skupaj | 100,00 | 7,60 | 20,79 | 29,08 | 25,78 | 11,40 | 4,25 | 1,00 | 0,10 |

*Preglednica 8: Primerjava rezultatov Gavrilovićeve in RUSLE metode za različno rabo tal v porečja Dragonje v jugozahodni Sloveniji (Petkovšek 2002, 133–141). Meritve so izvedli na evtrični rjavi prsti na flišu.*

| | letno sproščanje (t) | | specifično letno sproščanje (t na ha) | | povprečen naklon (%) | površina (ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | RUSLE | Gavrilović | RUSLE | Gavrilović | | |
| njive | 6322 | 3205 | 21,6 | 10,94 | 19 | 293,1 |
| sadovnjaki | 309 | 69 | 20,88 | 4,77 | 33 | 14,4 |
| vinogradi | 2208 | 952 | 51,31 | 22,12 | 21 | 43,0 |
| travniki | 627 | 610 | 4,80 | 4,67 | 28 | 130,7 |
| pašniki | 764 | 427 | 3,39 | 1,89 | 36 | 225,5 |
| gozdovi | 298 | 54 | 2,55 | 0,46 | 52 | 116,9 |
| ostalo | 80 | 72 | 4,92 | 4,43 | 30 | 16,3 |

### 2.2.6 EROZIJSKO DELOVANJE ČLOVEKA

Človek povzroča erozijo na različne načine. Najpogostejši je kmetovanje. Z oranjem, rigolanjem razgrnjena prst ima zmanjšano kohezivnost ter je podvržena denudaciji in eroziji. V preteklih stoletjih je bila v Sloveniji zaradi erozije prsti opuščena marsikatera kmetija, ki je bila poseljena ob višku srednjeveške kolonizacije v 14. in 15. stoletju.

Na nekaterih območjih želijo erozijo preprečiti in zato gradijo terase, s katerimi vsaj deloma zmanjšajo uničevalno delovanje površinske tekoče vode. Kljub temu poznamo primere, ko so bile zaradi erozije opuščene njive na terasah. Erozijo zmanjšujejo še z mulčenjem in zatravljanjem. Pogoste so agromelioracije, ki pa imajo veliko stranskih učinkov in vplivajo na ekološke značilnosti območij. Ponekod za zmanjšanje erozije kopljejo jarke za odvodnjavanje (Komac, Zorn 2005a).

Geomorfne procese naj bi delovanje človeka sprožilo ali pospešilo v gorskem in visokogorskem alpskem svetu zahodne Slovenije, saj »… *začetke močnejše erozije* …« na območju Vršiča v Julijskih Alpah »… *povezujejo s pašništvom* …« (Kunaver 1999, 80). Na nekaterih območjih je pomembna potna erozija (Vrhunc 2006).

## 2.3 AKUMULACIJA

Najočitnejša posledica denudacije in erozije je akumulacija gradiva. To medsebojno odvisnost najprej razložimo na primeru. Pri vasi Luskovica na Slovaškem so na podlagi iz peščenjakov in glinavcev v letih 1959–1960 izvedli komasacijo zemljišč. Leta 1978 so zravnali terase na pobočjih, travnik na dnu doline pa preorali. To je povzročilo zelo močno erozijo na pobočjih in akumulacijo gradiva na dnu doline. Ker so v istem času na dnu doline postavili telefonske stebre, je bilo mogoče ugotoviti skupno debelino sedimenta. S pomočjo 105 cm globokega prereza, ki so ga izkopali na dnu doline, so rekonstruirali geomorfno dogajanje v tem času. Devet erozijsko-akumulacijskih dogodkov je povprečno prispevalo od 3 do 19 cm debele plasti sedimentov, ki so med seboj ločene z razpadlo organsko snovjo (trava). Povprečna letna stopnja sedimentacije je bila 2,5 mm (Stankoviansky, Cebecauer 2000).

Najpogostejši vrsti akumulacije sta klastična in kemična. Z akumulacijo ali usedanjem nastajajo na površju akumulacijske reliefne oblike. Najpogostejše so melišča, vršaji, naravni zasipi, delte, rečne terase in poplavne ravnice (Natek 2001).

Naplavne ravnice so območje pod prvo teraso, ki ga dosežejo poplave. Je neke vrste poplavna ravnica visokih voda oziroma dno struge poplavnih vod. Reka tam zaradi upočasnjenega toka odlaga drobno gradivo, zlasti pesek in mulj. Ravnice so široke od nekaj metrov do več deset kilometrov, saj se reka zaradi bočne erozije prestavlja po ravnici. Posledica prestavljanja rečne struge po ravnici je dvojna naplavina v prerezu sedimentov: spodaj je prod, nad njim pa sta mivka in mulj.



BLAŽ KOMAC

*Slika 4: Na meliščih pod Kredarico se lepo vidi najnovejše zasipe.*

Ostanki nekdanje naplavne ravnice oziroma dolinskega dna, ki so se po naknadnem vrezovanju reke ohranili na straneh doline, so rečne terase. Vzdolž reke je pogosto niz teras. Najbolje ohranjene so spodnje, terase nad njimi pa so zaradi denudacijskih procesov vse bolj spremenjene. Do naknadnega vrezovanja reke pride zaradi spreminjanja podnebja in s tem količine vode, menjavanja medledenih in ledenih dob z intenzivnejšim preperevanjem in nasipavanjem, zniževanja erozijske baze ter zaradi tektonskih ali epirogenetskih premikov. Zaradi navedenih razlogov se reka lahko zareže v lastne nanose ali skalnato dno, ko pa se vrezovanje ustavi, začne prvotno dno uničevati z bočno erozijo. Včasih se razmere spremenijo, še preden se to zgodi v celoti, zato se reka lahko ponovno vreže ali nasuje gradivo; tako lahko nastane cel niz teras. Terase se praviloma znižujejo v smeri rečnega strmca in pogosto potonejo pod recentno naplavno ravnico (na primer v Spodnji Savinjski dolini, na Krškem polju). Pri nas so najpogostejše rečno-ledeniške terase, ki jih sestavljajo prodne naplavine izpod nekdanjih ledenikov.

Ob poplavah nastajajo nad poplavno ravnico tik ob rečnih bregovih naravni nasipi. Ko reka prestopi bregove, se ji hitro zmanjša zmožnost prenašanja gradiva, zato odloži debelejše gradivo. S tem se rečna struga počasi dviga nad okoliško poplavno ravnico. To je ob ravninskih rekah v času poplav edini svet, ki ni poplavljen, zato je poseljen.

Izgon je umetna tvorba, ki so jo ljudje naredili, da bi olajšali odtok. S čiščenjem rečne struge in odlaganjem gradiva ob straneh so reko obdali z nasipi, sčasoma pa se je kljub odnašanju gradiva njeno dno dvignilo nad ravnico. V Sloveniji so izgoni pogosti ob manjših potokih na Dravskem in Ljubljanskem polju.

Delte so stožčasto ali pahljačasto razporejeni sedimenti, ki jih reka odlaga v morje ali jezero. Nastanejo, ko rečni tok doseže stoječo vodo in se upočasni. Debelejše gradivo se odloži takoj, drobnejše pa voda odnaša še naprej proti globlji vodi, kjer se počasi useda. Delta nastane samo tam, kjer je dotok gradiva večji od količine, ki jo odnesejo morski tokovi. Za gradivo, odloženo v delti, je značilna križna plastovitost.

V zdajšnjih podnebnih razmerah je v Evropi najznačilnejša kemična akumulacija odlaganje sige, aragonita in lehnjaka. Prva dva se povečini odlagata v kraških jamah, drugi pa tudi na površju, predvsem na dolomitnih območjih.

# 3 METODOLOGIJA TERENSKEGA PREUČEVANJA POBOČNIH PROCESOV

## 3.1 PRED TERENSKIM PREUČEVANJEM

Preden se odpravimo na teren moramo pregledati dostopno literaturo in kartografske podlage. Pregledati je treba geomorfološke in geološke raziskave ter dela o podnebju, vodah, rastlinstvu in prsti. Pomembna kartografska podlaga so geološki zemljevidi v merilu 1 : 100.000 s tolmači, mnogo uporabnejši pa rokopisni geološki zemljevidi v merilu 1 : 25.000. Priročna podlaga so temeljni topografski načrti oziroma digitalni ortofotografski načrti v merilu 1 : 5000 in 1 : 10.000. Za pojave večjega obsega so uporabni topografski zemljevidi v merilu 1 : 25.000. Zanimivi podlagi sta pedološki zemljevid v merilu 1 : 25.000 in zemljevid rabe zemljišč (Natek 1996; Petek 2001), izjemno pomembni pa že izdelani zemljevidi pobočnih procesov.

V novejšem času pogosto uporabljamo petindvajsetmetrski in 12,5-metrski digitalni model višin ter različne metode daljinskega zaznavanja (Fridl in ostali 1996; Gabrovec 1990; Perko 1992a, 2001a; Oštir in ostali 2000; 2002). Pomembne podlage so karte reliefa in naklonov (Perko 1992b, 1998b, 2001a), pomagamo si s podatki iz zemljiškega katastra in ostalimi zgodovinskimi viri (na primer Rajšp, Serše 1998), med katerimi so najpomembnejši viri »prve roke«, ki izpričujejo neposreden stik avtorja z dogodkom. Pogosteje pa pri iskanju podatkov naletimo na vire »druge roke«, kjer avtor navaja dejstva, ki jih je povzel po starejšem viru. Te najdemo na primer v popotnih dnevnikih ali starejših zgodovinah nekega območja (Grafenauer 1960, 249–268). Za v zadnjih dvesto letih nastale geomorfne procese so pomemben vir časniki, na preteklo geomorfno dogajanje nas opozarjajo tako lokalne pripovedke in pesmi kot tudi krajevna in ledinska imena. V pomoč so objavljena in neobjavljena dela, zlasti elaborati. Ob študiju gradiva si je smiselno zapisati misli in jih v strnjeni obliki uporabiti pri terenskem preučevanju. Priprava na terensko delo je temeljnega pomena za terensko raziskovanje – čim boljša je, tem hitrejše in temeljitejše bo terensko delo (Kern 1988, 2).

Pred odhodom na teren dobro premislimo, da s seboj ne vzamemo vse možne opreme, temveč le tisto, ki jo bomo uporabljali. Pomembne so karte, kompas, geološki kompas, globalni pozicijski sistem (GPS), po možnosti kladivo. Prav pride merilni trak (20–30 m), za merjenje težko dostopnih predelov laserski merilec razdalj, smiselno je uporabljati naklonomer in višinomer. Potrebujemo terenski zvezek, svinčnik z radirko in šilčkom, barvnike, geotrikotnik, vodoodporni flomaster, vrečke za vzorce, fotoaparat z zoomom in dovolj filmi oziroma prostora v spominskem modulu, daljnogled, nahrbtnik, po možnosti lopato. Ne pozabimo še na lastno varnost in vzemimo s seboj vsaj rokavice in čelado (skalni odlomi) ter primerno obutev in obleko. Redko uporabljamo vrtalne naprave, georadar ali napravo za merjenje električne upornosti gradiva, ki so potrebni za ugotavljanje sestave tal ali globine premikajoče se gmote.

Pred obiskom terena se pozanimamo, ali je območje dostopno in v primeru zapore pridobimo dovoljenje. Pri domačinih se pozanimamo o dotedanjem poteku pobočnega procesa, njegovih posledicah in o znamenjih v pokrajini, ki so morebiti že prej kazala nanj. Na ta način pridobljene podatke kasneje preverimo pri drugih osebah.

## 3.2 TERENSKO PREUČEVANJE

Kot zahteva deduktivni pristop (Vrišer 2002, 102), skušamo na terenu najprej pridobiti širši pregled nad razmerami in šele nato se podamo na območje pobočnega procesa. Če je le mogoče, procese preučujemo in opisujemo od zgoraj navzdol, kot so se dejansko zgodili.

Pojav najprej poimenujemo in opredelimo način premikanja gradiva. Nato se lotimo meritev. Območje fotografiramo in skiciramo (dobro si je zapomniti in kasneje na skici ali fotografiji označiti stojišče). Skice morajo biti čim preglednejše, vsebujejo naj skupno legendo, merilo in oznako smeri neba.

Območje nato podrobno geomorfološko (Gams, Natek 1981; Natek 1983; Gams in ostali 1985) in geološko kartiramo (Ribičič 2002). Važno je opisati vsaj glavne poteze reliefa v okolici. Kartiramo in

preučimo tudi rabo zemljišč (Petek 2001) ter antropogene sestavine na območju pobočnega procesa. Na terenu vzamemo vzorce kamnine, premaknjenega gradiva in vode. Izmerimo temperaturo, pretok vode, trdoto in vsebnost suspendiranega gradiva. Po opravljenem terenskem delu povzamemo najpomembnejša dognanja.

Uporaben pripomoček pri preučevanju je tudi terenski obrazec (Komac, Zorn 2002c, 188–189), v katerega vpisujemo podatke o pobočnem procesu.

# 4 PREGLED POMEMBNEJŠE SLOVENSKE GEOGRAFSKE LITERATURE O POBOČNIH PROCESIH

V nadaljevanju podajamo pregled literature o pobočnih procesih (Komac, Zorn 2005c), ki zajema dostopna slovenska geografska dela o usadih, zemeljskih plazovih, skalnih podorih in tokovih, ne obravnava pa geomorfne vloge snežnih plazov, erozije in denudacije ter kvartarnega razvoja površja pri nas. Prav tako smo se zaradi velikega števila izognili navajanju virov, ki so delo drugih strok, čeprav mnogi prinašajo tudi za geografe zanimive vsebine. Prispevki so razvrščeni kronološko in po tematskih sklopih.

Med prvimi velja omeniti delo Seidla (1919) o plazu pri Zagorju, Planine (1951, 1952) o pobočnih procesih in skalnem podoru na Javorščku, Melika s sodelavci (1954) o usadih na Celjskem in Šifrerja (1955, 1960) o pleistocenskem razvoju dolin Tolminke in Zadlaščice ter o učinkih neurja na območju med Slovenskimi Konjicami in Krškim. Ilešič (1956, 1969) je pisal o dobraških skalnih podorih. Gams (1959) je opisal pojave polzenja zemlje in usade na Goričkem ter njihov vpliv na razvoj površja. Kert (1959) je opisal zemeljske plazove v Slovenskih goricah, Melik (1961, 1962) pa geomorfno vlogo podorov pri oblikovanju reliefa v Zgornjem Posočju.

Šifrer (1962, 164) je poročal o posledicah neurja med Peco in zgornjo Pako; omenja plaz iz rudniške jalovine. Sore (1963, 1970) je pisal o plazovih na Sotelskem in Celjskem, Meze (1963) pa o pomenu usadov in zemeljskih plazov pri oblikovanju površja v terciarnih kamninah Voglajnsko-Sotelske Slovenije. Radinja (1971, 1974, 1983b) je pisal o usadih v Vipavski dolini, na Sotelskem in v subpanonski Sloveniji. Študentje geografije so poročali o pojavu kamnitega plazu v dolini Kamniške Bistrice (Slušatelji … 1971). Šifrer (1981) je opisal posledice ujme v severovzhodni Sloveniji leta 1980, kjer so nastali številni usadi in zemeljski plazovi. Orožen Adamič je pisal o plazu Ruardi v Zagorju (1988) in poročal o podoru v Trenti (1990). Natek (1989a, 1990a, 1990b) je opisal geomorfno vlogo usadov v Voglajnskem gričevju, opredelil morfometrične značilnosti in tipologijo usadov v Halozah ter preučil usade v terciarnem gričevju vzhodne Slovenije. Gabrovec in Brečkova (1990) sta opisala usade v dolini Lahomnice, ki so nastali leta 1989.

Orožen Adamič je skupaj z Vidicem (1991) opisal razmere po ujmi leta 1990 v Škofjeloškem hribovju, Repolusk (1991) takratne dogodke v dolini Kamniške Bistrice, Meze (1991) pa njene posledice v Zgornji Savinjski dolini. Natek (1991) je opisal zemeljske plazove v Zgornji Savinjski dolini, Kladnik (1991) pa takratne razmere v Podvolovljeku, kjer je plaz ustvaril zajezitveno jezero. Natek (1991) je opisal plazove in usade v Celjski kotlini, Gams (1991a) razmere v Mislinjski in Mežiški dolini. Razmere v severovzhodni Sloveniji je opisal Žiberna (1991).

O plazovih v Zasavju leta 1991 je pisala Drnovškova (1992), o takratnih razmerah v severovzhodni Sloveniji pa Žiberna (1992). Natek (1992) je pisal o stanju zemeljskih plazov v Spodnji Savinjski dolini leto dni po zgoraj omenjeni ujmi. Šifrarjeva (1992) je opisala usade med Kladjem in Cerknim, Kraljeva (1993) pa plazove v občini Zagorje. Maher in Pavšek (1992) sta predstavila podorno ogroženost alpskega sveta in vpliv človeka na podore. Pavšek (1994a, 1994b, 1996) je opisal skalni podor v Trenti, zemeljski plaz pod Krnom in skalni podor na Mangartu, ki ga je preučil še skupaj s Hrvatinom (1995). O pobočnih procesih v Posočju je poročal še Rojšek (1991, 1995). O zemeljskih plazovih, ki so nastali v porečju Bolske leta 1994 je pisal Natek (1995). Golob in Hrvatin (1996) sta opisala značilnosti skalnih podorov v slovenskih gorah. O meliščih, ki so neposredna posledica intenzivnih pobočnih procesov, sta pisala Kladnik (1980, 1981) in Gams (1991b). Orožen Adamič (1998) je prispeval besedilo o usadih v monografiji o Sloveniji. Golob (1998) je priobčil prispevek o podorih v ljudskem izročilu. Komac (2001a, 2001b, 2001c, 2003) je pisal o drobirskem toku v Logu pod Mangartom, skupaj z Zornom pa sta pisala o plazu nad Kosečem in recentnih pobočnih procesih v Zgornjem Posočju (Komac, Zorn 2002a, 2002b; Zorn, Komac 2004a, 2004b) in Zgornji Savinjski dolini (2005b). Zorn in Komac sta pisala o pobočnih procesih in drobirskem toku v Logu pod Mangartom (2002a) in o recentnih pobočnih procesih v Sloveniji (2004c). Zorn (2001, 2002a, 2002b, 2004a, 2005) je podrobno obdelal skalne podore v slovenskih in zamejskih Alpah, Pečnikova (2002) pa zemeljske plazove v Zgornji Savinjski

dolini. Podobno študijo, s poudarkom na ogroženosti vršajev, so izdelali Natek, Komac, Pečnikova in Zorn (2006). Natek, Komac in Zorn (2003; Komac in ostali 2006) so na primeru Zgornjega Posočja opisali povezanost pobočnih procesov in potresov. Komac in Zorn (2006a, 2006b, 2006c) sta opisala pleistocenski zemeljski plaz pri Selu v Vipavski dolini, zemeljske plazove na Rebernicah in zemeljske plazove v Goriških brdih, Zorn, Komac, Pavšek in Pipan (2007) pa pobočne procese v dolini Soče pod Kobaridom in Vipavski dolini.

Gams (1983b) je objavil prispevek o naravnih nesrečah z vidika celovitega geografskega pristopa. Bogato geografsko znanje je bilo uporabljeno za preučevanje ogroženosti visokogorskih dolin s strani podorov, kamnitih tokov, hudournikov, melišč in snežnih plazov na primeru doline Kamniške Bistrice (Gams, Bat 1983). Pavšek (1992) je na primeru dolin Kot in Vrata v Julijskih Alpah predstavil študijo ogroženosti zaradi naravnih nesreč, Perko (1990) je s tega vidika preučil ogroženost Krške kotline. Fridlova, Gabrovec, Hrvatin, Orožen Adamič, Pavšek in Perko (1996) so v študiji z uporabo geografskega informacijskega sistema preučili odvisnost naravnih nesreč od tipov pokrajin oziroma pokrajinskih sestavin. Gabrovec (1990) in Perko (1992a) sta preučila možnosti uporabe digitalnega modela reliefa pri preučevanju usadov. Plut, Gosar in Klemenčič (1978) so na primeru doline Koritnice predstavili vrednotenje alpskega sveta. Radinja (1983a) je predstavil sintezni pregled geografskih del o naravnih nesrečah, Natek (1996) pa analizo ogroženosti površja Haloz in regeneracijske sposobnosti površja po katastrofalnem neurju.

Gabrovec in Hrvatin (1998) sta na ozemlju Slovenije predstavila tipologijo reliefa in opredelila najznačilnejše pobočne procese. Zorn in Komac (2004b, 2005b) sta predstavila primerjavo metode ponderiranja in metode matrik za izdelavo zemljevidov plazovitosti in na primeru Goriških brd izdelavo zemljevida plazovitosti s probabilistično metodo (2006č, 2006d). Komac in Zorn (2005a) sta predstavila tudi pregled meritev erozije prsti in študijo tega pojava na primeru doline Besnice, Zorn pa meritve erozije prsti in hitrosti umikanja pobočij v slovenski Istri (Zorn 2007). Izdelala sta pregled pobočnih procesov v Srednjem in Zgornjem Posočju (2006) in opisala uporabo zemljevidov plazovitosti pri načrtovanju rabe prostora (2005c) ter geografsko analizo nesreč v domači pokrajini (Zorn, Komac 2005).

Sistematičen pregled pobočnih procesov s poudarkom na podorih oziroma plazovih prinašata deli Zorna (2001) in Pečnikove (2002). Nekatera dela pobočne procese obravnavajo z vidika njihovega vpliva na človeka (Gams 1983a, 1983b) ali podajajo celovit pregled dotedanjih raziskav (Radinja 1983b). Številna geografska dela pobočne procese omenjajo kot del širšega geomorfnega dogajanja ali v povezavi z drugimi procesi (na primer Planina 1951; Melik 1954; Kunaver 1975; Natek 1985; Perko, Orožen Adamič 1998). Leta 2002 je izšla monografija o naravnih in drugih nesrečah in varstvu pred njimi, ki med naravnimi nesrečami obravnava tudi pobočne procese (Ušeničnik 2002).

Raznolikost procesov, veliko število avtorjev, pestrost slovenskih narečij in raznovrstna poimenovanja istih procesov v drugih strokah, so geografe nenehno silili k večji enotnosti in oblikovanju terminologije. Med pomembnejšimi tovrstnimi prispevki so dela Radinje (1971), ki razpravlja o usadih, Gamsa (1956) o zemljepisnem izrazju s poudarkom na usadu, podoru, kamnitem plazu, soliflukciji in kraškem udoru in istega avtorja (1989a, 1989b), kjer predstavlja terminologijo premikanja zemeljskih gmot z razlago zemeljskega in kamnitega plazu, toka, kamnitega toka, podora, kraškega udora, ugreza, ugreznine, pogreznice, usada in polzenja. Gams (2001a) je plazovno terminologijo predstavil še na primeru drobirskega toka v Logu pod Mangartom. Kunaver (1995, 21; 2000, 101) je prispeval definiciji skalnega podora in usada, Natek (1996) pa opis zemeljskih plazov in usadov. Zorn (2001) je opredelil izrazje pobočnih procesov s poudarkom na skalnih podorih, ki sta ga dodelala Zorn in Komac (2002a). Kladnik (Geografija 2001) je v slovenščino prevedel in priredil Dudnov geografski leksikon, ki podrobno obravnava tudi pobočne procese. Kladnik, Lovrenčak in Orožen Adamič so uredili Geografski terminološki slovar (2005). V širšem smislu velja omeniti delo Badjure (1953) in številne geografske učbenike (na primer Belec 1983; Kunaver in ostali 1997; Natek, Hočevar, Vidmar 2000) ter atlase (na primer Heritage, Hrvatin, Perko 2001).

Številna poglobljena dela in terminološki prispevki kažejo na nenehen razvoj ter poglabljanje geografske misli. Geografsko znanje o pobočnih procesih je razpršeno, raziskovanje je bilo v nekaterih obdobjih odvisno od posameznikov. Slabo je zastopana kvantifikacija, kar je posledica slabe opremljenosti

z merilnimi napravami in laboratorijsko opremo, pa tudi skromnega časa in denarja, ki ga namenjamo raziskavam. Posledica tega je dejstvo, da ostane geografsko raziskovanje pobočnih procesov pogosto neopaženo, geografsko znanje in geografske metode pa zaradi nepoznavanja niso cenjene. Do sedaj je v slovenščini le Melik (1935, 101–107; 1963, 71–94) objavil geomorfološko sintezo razvoja reliefa Slovenije (Natek 2001). Sintezno delo Šifrerja (1997) o razvoju površja v Sloveniji je ostalo žal neobjavljeno.

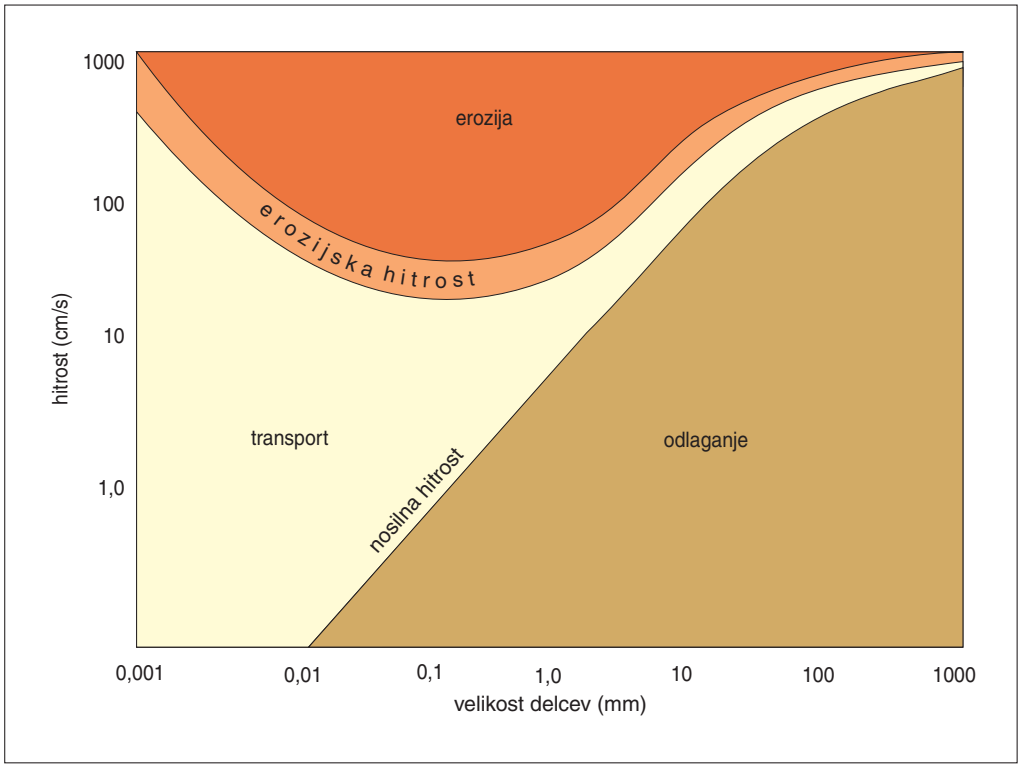
# 5 POBOČNI PROCESI

Transport gradiva omogoča izravnavanje razlik v razporeditvi gradiva in je pomemben dejavnik preoblikovanja površja. Poteka na različne načine. Najpogostejše je odnašanje gradiva zaradi gravitacije in delovanja vode. Manjše je premeščanje zaradi delovanja vetra in snega. Velik del kamnine in preperine se prenaša v obliki suspenzije in raztopine. Količino gradiva, ki se z različnimi procesi premika po pobočju navzdol, lahko merimo z zajezitvami. Iz nje sklepamo na intenzivnost erozijskih procesov v zaledju (Morgan 1979).

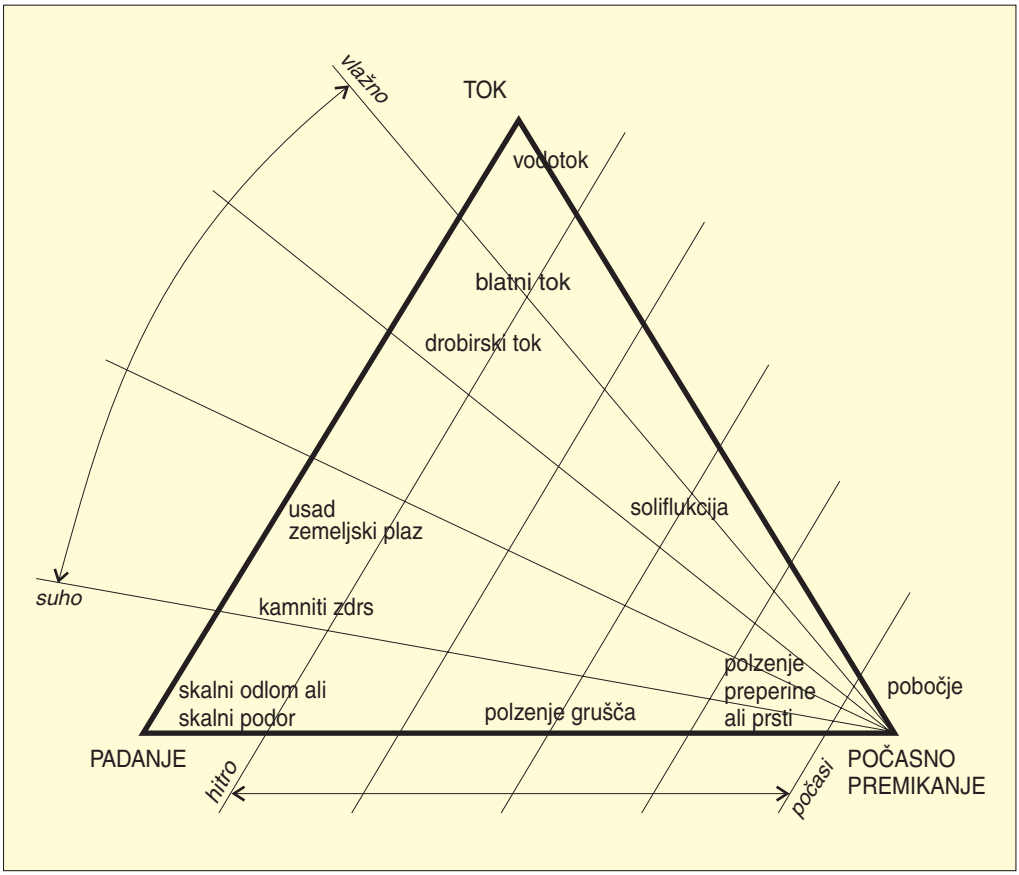
Gravitacijski transport poteka z valjenjem, kotaljenjem, skakanjem ali padanjem po pobočju navzdol (skalni podori). Poteka s tako imenovanimi pobočnimi procesi. Ti so še polzenje in soliflukcija, različni tokovi, na primer blatni, drobirski, kamniti, in plazenje, na primer usadi, zemeljski plazovi (Slušatelji … 1971; Zorn, Komac 2002a).

Pobočni procesi potekajo tako v podvodnem (na primer turbiditni ali kalni tokovi in prekoncentrirani vodni tokovi) kot v kopnem okolju. Podvodni pobočni procesi so pomembnejši za kamninski zapis Zemlje in so običajno obsežnejši od kopenskih (Skaberne 2001a, 2001b). Posledice tovrstnih procesov pod morsko gladino lahko na kopnem opazujemo v sedimentnih kamninah. Tako so se na primer ob turbiditnih tokovih odložile kamnine, ki sestavljajo fliš.

Veliki podvodni pobočni procesi se dogajajo na robovih aktivnih celinskih litosferskih plošč, kot kaže primer ob severni perujski obali. Na morskem dnu s površino približno 1000 km$^2$, na območju med 5° 15' in 6° 5' južne zemljepisne širine je bilo odkrito pobočno premikanje, pri katerem je bila prostornina gmote




*Slika 5: Hjulstrømov diagram, ki prikazuje kritično hitrost vode za erozijo, transport in odlaganje delcev kot funkcijo njihove velikosti (Komac 2003b, 38).*



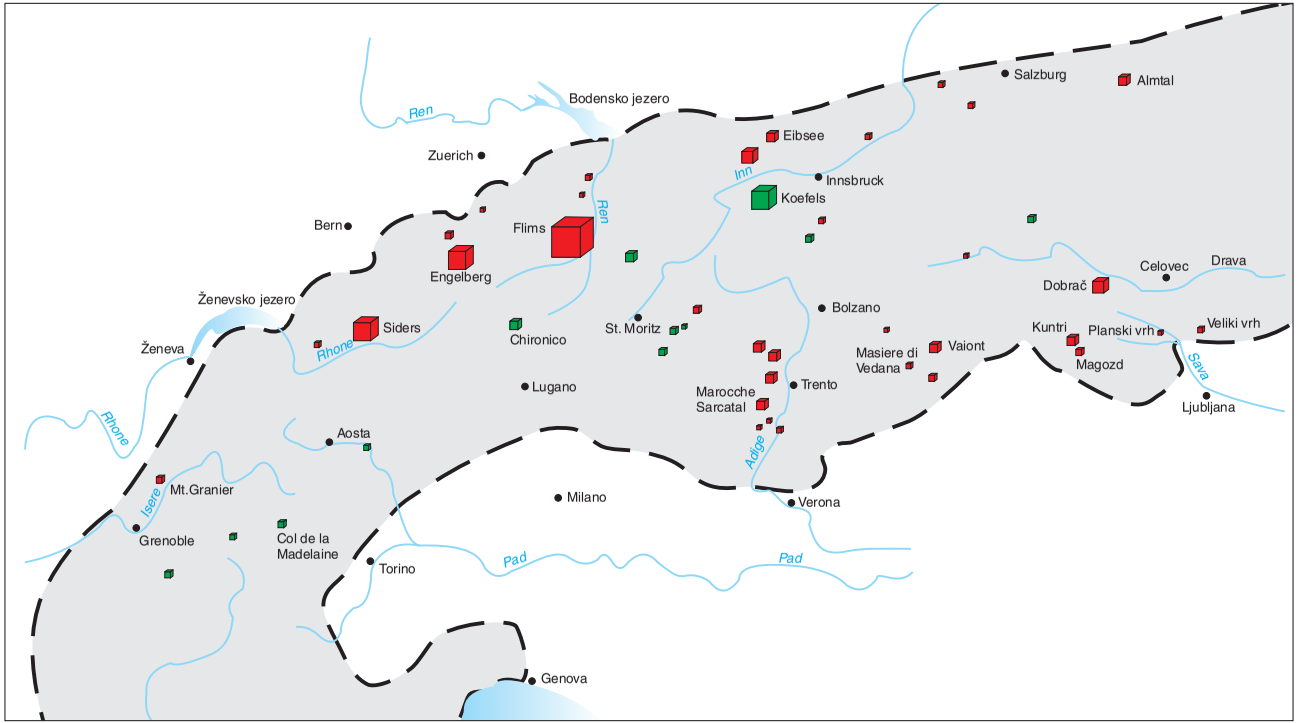

*Slika 6: Nekatere vrste pobočnih procesov glede na vlažnost in hitrost premikanja (Komac, Zorn 2002, 178).*

ocenjena na 250 km$^3$ (Duperret in ostali 1995). Iz Arktičnega oceana poročajo o premiku 1350 km$^3$ gradiva (Vanneste, Mienert, Bünz 2006).

Med recentnimi pobočnimi procesi na kopnem si tako velikih gmot v premikanju ne moremo predstavljati, še manj pa si lahko predstavljamo pokrajinske posledice tovrstnih premikanj. V omenjenem primeru se premika območje, veliko približno za dve tretjini Julijskih Alp.

Največji znani pobočni procesi na kopnem izhajajo predvsem iz prazgodovinskega obdobja. Tako je največji znani kamniti zdrs v Alpah nastal pri kraju Flims v švicarskem kantonu Graubünden. Sprožil naj bi se pred najmanj 8300 leti, po ocenah pa je njegova prostornina okrog 11 km$^3$. Gradivo je odloženo na več kot 50 km$^2$ ozemlja (Poschinger, Haas 1997; Poschinger 2002). Največji znani skalni podori v Vzhodnih Alpah so nastali na Dobraču v Ziljski dolini. Njihova skupna prostornina je 1 km$^3$ oziroma 1.000.000.000 m$^3$ (Zorn 2002a).

*Slika 7: Skalni podori v Alpah (Zorn 2001).*




mesto

jezero, morje

reka

podor v sedimentnih kamninah

podor v magmatskih ali metamorfnih kamninah

prostornina podorov

20–50 mio. $m^3$

50–100 mio. $m^3$

100–200 mio. $m^3$

200–500 mio. $m^3$

500–1000 mio. $m^3$

> 2 $km^3$

> 10 $km^3$

0 50 100 km

Avtor zemljevida: Matija Zorn

© Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU

## 5.1 VZROKI IN POVODI ZA NASTANEK POBOČNIH PROCESOV

Za razumevanje neprestanega geomorfnega dogajanja moramo razlikovati vzroke in povode pobočnih procesov. Ti so največkrat le na prvi pogled posledica izjemnih dogodkov, kot so potresi ali močne padavine, ki so ponavadi le sprožitelj ali povod geomorfnih procesov. Povodi delujejo kratek čas in odločajo le o času sprožitve gradiva, ne pa o njegovi količini. Na sprožitev vpliva splet dalj časa trajajočih dejavnikov (vzrokov). Tako je potres lahko povod ali sprožitelj geomorfnega procesa, ali pa le eden od vzrokov, ki počasi načenjajo stabilnost pobočja. Določen dogodek ali proces je povod v tistem trenutku, ko dejansko pride do sprožitve gradiva, sicer pa je le delček v mozaiku vzrokov.

S sistemsko teorijo, ki se je uveljavila v geomorfologiji (Klemenčič 1992; Komac 2006), lahko zgornjo razlago opredelimo drugače. Površje je hierarhično urejen splet geomorfnih sistemov v različnih merilih. Na srednji ravni sta znana rečni ali fluvialni in kraški geomorfni sistem, v manjšem merilu na primer pobočje. Na pobočju lahko razlikujemo manjše geomorfne sisteme, na primer območje sprožitve, območje potovanja in območje akumulacije.

To so odprti sistemi, v katerih se pretakata snov in energija, zato lahko zanje rečemo, da imajo pretočni ali kaskadni značaj (Summerfield 1994, 9). Iznos iz enega sistema pomeni vnos v drugega (Chorley 1967, 78). Odneseno gradivo je iznos iz sistema na območju sprožitve, hkrati pa vnos v sistem na območju akumulacije. Premeščanje gradiva in energije iz enega sistema v drugega je del neprestanega geomorfnega dogajanja.

Za iznos iz sistema na območju sprožitve je potreben povod. Do iznosa pride, ko zunanje okoliščine, ki vplivajo na sistem, pripeljejo sistem do praga (Summerfield 1994, 10; Chorley 1967, 79). Ponavadi sistem preide prag v kratkem času in se ustali na novi snovni ali energetski ravni. Po nenadni spremembi in prehodu nastopi novo stanje dinamičnega ravnovesja (Chorley 1967, 86).

Vzroki za pobočne procese so dejavniki, ki daljši čas delujejo na območje sprožitve in krhajo ravnovesje. Tisti dejavnik, ki dokončno podre dinamično ravnovesje v sistemu oziroma sistem sune prek praga v novo ravnovesno stanje, pa je povod. Po sprožitvi se na območju vzpostavi dinamično ravnovesje na novi ravni, ki vztraja toliko časa, dokler novega sistema vzroki ne privedejo do novega praga, povod pa spet čezenj.

Površje je odprt sistem, v katerem se vedno znova vzpostavlja dinamično ravnovesje, tako da vsaki spremembi zunanjih okoliščin sledi niz prilagoditev celotnega sistema, na pobočjih tudi z njihovim podiranjem, in ponovna vzpostavitev ravnovesja v skladu z novimi okoliščinami.

Ponekod se razmerje med geomorfnimi procesi in reliefnimi oblikami odraža v naklonih površja. Ker so nekateri nakloni značilni za določen geomorfni proces (na primer naklon posipnega kota), pride s spremembo zunanjih okoliščin do spremembe naklona površja (Komac 2006).

Vzroki za nastanek pobočnih procesov so sila različni (Zorn 2001, 16–20; Zorn, Komac 2002, 11–12):

- notranji ali endogeni vzroki:
  - premikanje litosferskih plošč,
  - (neo)tektonsko dviganje gorovij,
  - potresi;
- zunanji ali eksogeni vzroki:
  - vremenska dogajanja:
    - padavine,
    - nihanje ter spremembe pH in kemične sestave podtalnice,
    - spomladansko taljenje ledu v razpokah,
    - taljenje snega in ledu,
    - odlaganje drobnozrnatih delcev na drsnih ploskvah;
  - preperevanje kamnine (kamnina razpada v manjše delce):
    - mehansko,
    - kemično;
  - erozija:

  - ledeniška,
  - rečna,
  - vetrna;
- biogeni vzroki:
  - biološko preperevanje:
  - korenine dreves se razraščajo med nezveznostmi v kamnini ter zaradi debeljenja pritiskajo in širijo razpoke,
  - nabrekanje tkiv mahov in lišajev v razpokah in porah;
- zunajzemeljski vzroki:
  - motnje pri gibanju Zemlje (vpliv na podnebne spremembe),
  - premikanje zemeljskih tečajev (vpliv na podnebne spremembe);
  - trki nebesnih teles:
    - neposredni vpliv (rušitev pobočij),
    - posredni vpliv (podnebne spremembe);
- antropogeni vzroki:
  - neposredni vzroki:
    - gradnja na nestabilnih pobočjih,
    - posegi v pobočja, gradnja usekov, povečanje naklona pobočij,
    - akumulacijska jezera,
    - spremenjene vodne razmere,
    - pretirana raba prostora,
    - miniranje,
    - vojaški posegi;
  - posredni vzroki:
    - propadanje gozdov;
  - spremembe podnebja:
    - ekstremni podnebni dogodki,
    - spremembe padavinskih režimov,
    - umikanje ledenikov in permafrosta.

Poglavitni povodi za nastanek pobočnih procesov so (Zorn 2001, 21; Zorn, Komac 2003; 12–13):

- vremenska dogajanja:
  - ekstremne padavine (močne in/ali dolgotrajne),
  - nenaden dvig podtalnice,
  - poplave;
- hitre temperaturne spremembe:
  - taljenje snega,
  - umikanje ledenikov in permafrosta v poznem pleistocenu, v sodobnosti pa v višjih nadmorskih višinah in višjih zemljepisnih širinah,
  - spomladansko taljenje razpok;
- potresi,
- trki nebesnih teles;
- antropogeni posegi:
  - spodkopavanje pobočij in gradnja usekov,
  - povečanje naklona pobočij;
  - pretirana raba prostora:
    - gradnja naselij na nestabilnih območjih,
    - gradnja infrastrukturnih objektov (ceste, železnice, smučarske proge),
    - sečnja gozdov ali drugi posegi v vegetacijo,
    - povzročanje tresljajev (promet, miniranje),

  - rudarjenje,
  - kmetovanje (čezmerna paša);
- nenaden dvig podtalnice (akumulacijska jezera),
- povečan odtok vode, sprememba oziroma usmeritev odtokov padavinske vode na nestabilno območje, odnašanje preperine,
- vojaški posegi (raketiranje, bombardiranje).

### 5.1.1 VREMENSKA DOGAJANJA KOT POVODI ZA NASTANEK POBOČNIH PROCESOV

Vreme je zelo pomemben dejavnik sprožitve pobočnih procesov. Izpostaviti velja obilne in/ali intenzivne padavine. Krajše in intenzivne padavine ponavadi povzročijo premike manjših gmot, večji pobočni procesi pa so ponavadi posledica dolgotrajnih in obilnih padavin, ki pronicajo globoko v podlago. Zaradi tega se na primer precej podorov in odlomov v Alpah sproži v poletnih mesecih, ko so najpogostejše ekstremne padavine. Heim (1932, 176–177) navaja, da so v Švici premiki gradiva pogosti junija, večji podori pa septembra in oktobra. Septembra so se sprožili nekateri večji podori v Švici. V Alpah so znani veliki skalni podori, ki so nastali zaradi velike količine padavin. To so skalni podor Goldau (kanton Schwyz, Švica), skalni podori na Sandlingu (Salzkammergut, Avstrija), skalni podori pri Margreidu (Južna Tirolska, Italija) in skalni podor Prà del Finonchio v Trentinu v Italiji (Abele 1971, 89).

V Sloveniji se je to pokazalo novembra 2000, ko sta se nad Logom pod Mangartom sprožila zemeljski plaz (15. 11. 2000) in drobirski tok (17. 11. 2000), nad Lokavcem pri Ajdovščini je znova postal aktiven zemeljski plaz, znan že leta 1904 (Kovač, Kočevar 2000). V istem času so se sprožili pobočni procesi nad Kosečem v Drežniškem kotu in drobirski tok s Ciprnika v Planici. Oktobra in novembra (do 22. 11.) je v Logu pod Mangartom padlo skupaj kar 1762,3 mm padavin, kar je več kot 70 % običajne letne količine padavin v tem kraju (Komac 2000).

Skalne podore lahko sproži nenaden dvig podtalnice. To se je zgodilo pri umetnem akumulacijskem jezeru v dolini Vaiont v Italiji leta 1963. Zaradi naraščanja gladine jezera za umetno zajezitvijo se je dvignila talna voda v porah in razpokah v kamnini na pobočjih nad jezerom. Na pobočju je nastal velik kamniti zdrs. Predpostavljamo, da je do podobnih pojavov prihajalo tudi v poznem pleistocenu, ko so po umiku ledenikov v Alpah nastala številna ledeniška jezera (Abele 1971, 90).

Pomemben povod za nastanek manjših skalnih podorov in odlomov, je spomladansko taljenje. Ko se temperature dvignejo nad ledišče, se stalita sneg in led v razpokah v kamnini. Gradivo na pobočju nenadoma namoči velika količina vode in nastanejo pobočni procesi. Zaradi odmrzovanja so skalni podori večjih razsežnosti nastajali predvsem v poznem pleistocenu (Abele 1971, 90). Danes se permafrost tali predvsem v alpskem subnivalnem pasu, saj nižje v Alpah ledu ni več, je pa zato bolj značilen za višja svetovna gorstva (Abele 1971, 90). Do podobnih pojavov v Alpah in drugod prihaja tudi zaradi segrevanja ozračja v zadnjih nekaj desetletjih (Vrhovec 2003, 2004).

Skalne podore povzroča tudi nastajanje ledu v razpokah. Prostornina ledu je za 9 % večja od prostornine vode (Whalley 1984, 231), zato se ob zmrzovanju poveča porni tlak, ki deluje na stene razpok (Šneberger 1999, 13).

## 5.2 POKRAJINSKI UČINKI POBOČNIH PROCESOV

Pobočni procesi v pokrajini povzročajo spremembe na mestu nastanka, na območju potovanja gradiva in na območju odlaganja ali akumulacije. Vplivajo na naravo (fizičnogeografski učinki) in na človeka (družbenogeografski učinki). Poglavitni fizičnogeografski učinki pobočnih procesov so naslednji (Zorn 2001, 99–103; Zorn, Komac 2002, 13):

- neposredni učinki, ki nastanejo zaradi premikanja gradiva po pobočju:
  - spremembe reliefnih oblik na mestih sprožitve,
  - nastanek tenzijskih (napetostnih) razpok, vzporednih z odlomno ploskvijo,

  - reliefne poškodbe,
  - poškodbe na prsti in rastlinstvu,
  - poplave in udarni valovi,
  - zračni udar;
- posredni učinki, ki nastanejo po odložitvi gradiva:
  - kupi premaknjenega gradiva na pobočjih in na dnu dolin (sprememba morfologije območja),
  - nastanek jezer za odloženim gradivom,
  - usedanje jezerskih sedimentov, na primer jezerske krede,
  - zamočvirjena območja za pregradami iz odloženega gradiva,
  - preboji odloženega gradiva;
  - sprememba hidroloških razmer na mestu odložitve:
    - izviri pod melišči oziroma pod akumuliranim gradivom,
    - prestavitev vodotokov zaradi zasutja stare struge,
    - spremembe v vodnem odtoku;
  - spremembe prsti in rastlinstva;
  - sprememba mikroklime:
    - sprememba ekspozicije in naklona površja in s tem temperaturnih razmer,
    - lokalne zajezitve hladnega zraka v konkavnih reliefnih oblikah,
    - povečanje vlage v zraku in spremembe temperatur zaradi ojezeritve ali zamočvirjenja.

Poglavitni učinki pobočnih procesov na človeka so naslednji (Zorn 2001, 107–114; Zorn in Komac 2002, 13, 16):

- neposredni učinki, ki nastanejo zaradi premikanja gradiva:
  - poškodbe alpinističnih smeri, planinskih in zavarovanih plezalnih poti (Krn, skalni podor, 12. 4. 1998),
  - poškodbe infrastrukturnih objektov (Trenta, skalni podor, v letih 1989 in 1993),
  - poplave in udarni valovi (Vaiont v Italiji, zemeljski plaz, leta 1963; Podvolovljek zemeljski plaz, november 1990),
  - poškodbe stanovanjskih in drugih objektov (Log pod Mangartom, drobirski tok, november 2000),
  - zasutje krajev (Yungay, Peru, skalni podor leta 1970; 40 km vzhodno od San Salvadorja, Salvador, potres, zemeljski plaz, 13. 1. 2001);
- posredni učinki na človeka, ki nastanejo po odložitvi gradiva:
  - vpliv na kulturno pokrajino (opuščanje obdelave, ogozdovanje) in razmestitev naselij,
  - nastanek pregrad in zamočvirjenje območij za njimi,
  - pregrade kot reliefne prepreke za komunikacijo, promet,
  - kupi gradiva kot politična, kulturna in jezikovna meja (pri Sidersu v Švici podorno gradivo deli francosko govoreči del kantona Valais od nemško govorečega dela; gozd na podornem gradivu pri Flimsu v Švici deli nekdaj retoromansko območje od nemško govorečega, kot tudi katoliško zgornje od protestantskega spodnjega območja; močvirno območje na območju podora Pletzach je bilo do leta 1504 deželna meja med Bavarsko in Tirolsko),
  - možna je izraba gradiva v industriji (podjetje v Srpenici izkorišča jezersko kredo, ki je nastala v jezeru za pleistocenskim skalnim podorom s Polovnika),
  - hidroenergetska izraba,
  - območja pobočnih procesov kot turistična območja z veliko doživljajsko vrednostjo,
  - spomin na pobočne procese je ohranjen v krajevnih in ledinskih imenih ter imenih ulic (Plaz oziroma Na Plazu v Podljubelju, Plazne pri Izlakah, Plazovje pri Laškem, Plaz, Šentanski plaz in Birški plaz v Karavankah (v Atlasu Slovenije iz leta 1996 je devet domačij z imenom Plaznik, štiri pa se imenujejo Plazovnik); območje Schütt oziroma Podertje v Spodnji Ziljski dolini, ledinska imena Plazič/Vallone Blasic južno nad Reklansko dolino/Val Raccolana, Plaznica/Blasnitzen pri Železni Kapli/Eisenkappel, Begunjski plaz, Ulica poplave 13. septembra 1903/Via alluvione 13 settembre 1903 v Ukvah/Ugovizzi v Kanalski dolini),

– pobočni procesi, ohranjeni v pripovedkah, pesmih in legendah (pripovedka o nastanku Rabeljskega jezera, ki jo je upesnil Simon Gregorčič).

### 5.2.1 SUKCESIJA KOT PRIPOMOČEK ZA UGOTAVLJANJE STAROSTI POBOČNIH PROCESOV

Podorna območja so idealna za študij pedogeneze in sukcesije rastlin, saj skalne podore lahko datiramo na podlagi razvoja prsti in rastlinstva na podornem gradivu. Vendar se na take datacije ni mogoče povsem zanesti (Abele 1971, 187).

Tako oceno smo naredili na podlagi primerjave zgodovinskih podorov na Dobraču, za katere je datum znan (leto 1348) in podora na Velikem vrhu na Košuti, kjer so zgodovinski viri problematični. Na podlagi podobne geološke zgradbe in podobnih podnebnih razmer smo podor na Velikem vrhu uvrstili v isto obdobje srednjega veka, kot so datirani zgodovinski dobraški podori (Zorn 2001; Zorn 2002).

Pri preučevanju večfaznosti skalnih podorov se dobro obnese datiranje s pomočjo vegetacije, saj lahko na ta način razlikujemo starejše podore od mlajših (Abele 1971, 191). Skalne podore, ki so nastali z le nekajletnim zamikom težko ločimo, lahko pa razlikujemo predzgodovinske skalne podore od zgodovinskih. To je nazorno vidno na območju Schütt pod Dobračem, kjer so predzgodovinski podori v celoti poraščeni z gozdom in skoraj v celoti pokriti s prstjo, na zgodovinskih podorih pa je vegetacija še v začetnih razvojnih fazah in tudi razvoj prsti je še na začetku, čeprav je od podorov minilo že skoraj 700 let.

Na podornem gradivu razlikujemo tri stopnje razvoja rastlinstva (Abele 1971, 187):

- Površje najprej poselijo pionirske rastlinske vrste, ki so sposobne preživeti v ekstremnih razmerah brez prsti. Te rastline koreninijo v skalnih razpokah.
- Po daljšem obdobju s preperevanjem nastane plitva plast humusa. Vlaga v razpokah omogoči rast različnim vrstam zelišč, trav in praproti.



MATIJA ZORN

*Slika 8: Neporaščeno recentno melišče podorov pod Krnom.*



MATIJA ZORN

*Slika 9: Manj poraščeno podorno gradivo iz zgodovinske dobe v dolini Grebnovega potoka – podor na Velikem vrhu.*



MATIJA ZORN

*Slika 10: Poraščeno predzgodovinsko podorno gradivo – podor Molida.*

- Z razvojem humusnega horizonta že nastane gostejša rastlinska odeja s pionirskim drevjem, povečini borovcem (predvsem pritlikavi rdeči bor), brezo, vrbo in macesnom. Šele v slabo razvitem borovem gozdu se pojavijo smreke, veliko pozneje poženejo še jelke in bukve. Ker je bukov gozd je v naših podnebnih razmerah v gorskih pokrajinah stabilna klimatska združba oziroma zadnja faza v razvoju prsti in rastlinstva, je pod Dobračem razvit le na območjih, ki jih skalni podori niso prizadeli (Pichorner 1998, 82).

Na naselitev rastlin vpliva več dejavnikov, zato poteka pri različnih skalnih podorih različno hitro. V višjih nadmorskih višinah sukcesijo zavira krajša rastna doba. Zaradi redkejše poraslosti starejše podore v višjih gorskih predelih lažje opazimo kot njihove sodobnike v dolinah. Rastlinstvo se počasneje razvija tudi na sušnih gorskih območjih.

Na hitrost razvoja prsti in rastlinstva vpliva sestava podornega gradiva. Tako rastline hitreje poselijo območja, kjer je več drobnozrnatega gradiva.

Pomemben dejavnik je vrsta kamnin. Če so podorni bloki iz karbonatnih kamnin, poteka preperevanje veliko počasneje kot drugod (Abele 1971, 188). Ker so karbonatne kamnine prepustne za vodo, so na njih pogostejše suše (Pichorner 1998, 82). Površje historičnih skalnih podorov je na karbonatnih območjih povečini slabo poraslo. Na teh območjih kemična erozija (korozija) povzroča odnašanje kamnine v obliki raztopine, tako da na nastanek preperine vplivata le mehansko in biogeno preperevanje. Zaradi spiranja v globino se lahko produkti preperevanja zadržijo le v razpokah in konkavnih oblikah, vendar se razpoke le počasi polnijo in omogočijo rast zahtevnejšim rastlinam (Pichorner 1971, 82).

Razlike v poraslosti pa niso le med različnimi skalnimi podori, ampak tudi znotraj določenega podornega območja. Na podornem gradivu se na zelo majhne razdalje spreminjajo ekspozicija, vlažnost in mikroklimatske razmere. Hladen zrak se pogosto ujame v dnu kotanj, kjer lahko med kamninskimi bloki pride do zmrzovanja (Abele 1971, 189–190). Poglavitni vzrok za omenjene razlike je razgiban relief (Zorn 2001, 2002b).

### 5.3 POLZENJE

Polzenje je zelo počasno premikanje gradiva po pobočju navzdol. Ponavadi poteka s hitrostjo nekaj cm do največ nekaj deset cm letno (Martin 2000, 3). Procesa samega ne moremo opaziti, nanj pa lahko sklepamo posredno, po njegovih učinkih. To so povite zgornje plasti sedimentov, nagnjena drevesa, telefonski drogovi ali zidovi. Proces deluje na vseh pobočjih in je posledica premikanja posameznih delcev preperine, poteka pa tudi v obliki počasnega viskoznega toka (Penck 1972; Natek 2001).

Polzenje je najhitrejše blizu površja, kjer so še vidni učinki sušenja in vlaženja ter vlaženja in zmrzovanja. Z globino postaja proces vedno počasnejši.

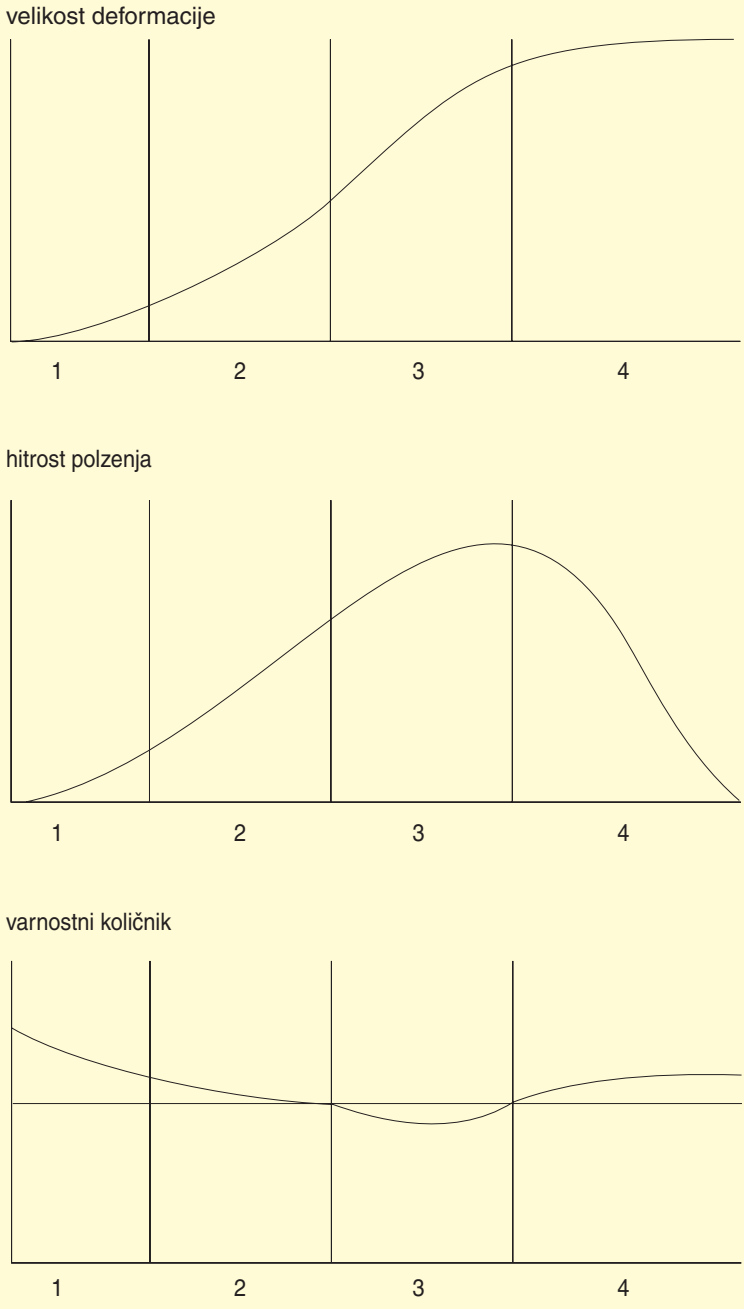
Polzenje je značilno za območja, kjer temperatura gradiva pogosto preide ledišče (Mihevc 2001). Poteka v preperini, rečnih in jamskih sedimentih in je najpogosteje v plastičnih glinah. Možno je tudi polzenje trdnih kamnin, kot so glinavci, filiti, saj jih sestavlja glinasto gradivo.

Gradivo se premika tako, da v njem nastajajo počasne prostorninske spremembe in se notranji strižni kot zniža do te mere, da zaradi krajevnih napetosti pride do premika v stabilnejšo lego. Tako gibanje je značilno za viskozna gradiva in ga opišemo z reološkim modelom:

$$dv : dy = (\tau - \tau_o) : \mu,$$

pri čemer je μ koeficient viskoznosti, τ mejna strižna napetost, $\tau_o$ dejanska strižna napetost in v hitrost polzenja. Iz enačbe izhaja, da polzenje traja, dokler je razlika med dejansko in mejno strižno napetostjo večja od nič in se upočasnjuje s časom, dokler preperevanje spet ne poruši ravnovesja. Čim večje bodo razlike med dejansko in mejno strižno napetostjo, tem hitrejše bodo viskozne deformacije. Pri polzenju je razmerje med dejansko in mejno strižno napetostjo blizu 1 (Ribičič 2001a, 32–33 in 34).

Če strižna napetost prekorači določeno mejo, se ravnovesje poruši in polzenje postaja vedno hitrejše, dokler ne pride do porušitve, nastanka drsne ploskve in plazenja. Ker v gradivu zaradi deformacij naraščajo napetosti, najprej nastanejo krajevne strižne razpoke. Napetost se nato prenese pred ali za




*Slika 11: Hitrost polzenja, velikost deformacije in varnostni količnik (Ribičič 2001a).*

razpoke, ki se zato širijo, v končni fazi pa se združijo v enotno drstno ploskev, vzdolž katere pride do plazenja. Hitrost plazenja je največja v začetni fazi, ko je kot predstopnja plazenja značilno polzenje (Ribičič 2001a, 33 in 34).

## 5.4 SKALNI PODOR

### 5.4.1 OPREDELITEV SKALNIH PODOROV

V geomorfologiji kot interdisciplinarni vedi, s katero se ukvarja več znanstvenih panog in področij, se pogosto srečujemo z različnimi opredelitvami istega pojava.

V geografski literaturi se je z izrazoslovjem o premikanju zemeljskih gmot ukvarjal Gams (1956, 18), ki je zapisal, da je za skalne podore značilno, »… *da se 'podre' ali 'posuje' živoskalno ali predvsem živoskalno gradivo, navadno na izpostavljenih mestih v steni ali na zelo ekstremnem pobočju, prestavitev pa je nagla in enkratna … Kot osnovne vzroke podorov omenjajo izpodkopavanje pobočij zaradi tekočih voda, kar ustvarja prevelike strmine, razganjanje skalovja zaradi zmrzovanja skalne vode …*« Več kot trideset let pozneje je isti avtor v dveh člankih (Gams 1989a, 122–123; 1989b, 171–175) med drugim uporabil izraz »gorski plaz« kot prevod oziroma sopomenko nemškemu izrazu *Bergsturz*, ki ga Abele (1971, 8) uporablja, ko govori o odtrgani gmoti, večji od 0,01 km$^3$ (10 milijonov m$^3$), oziroma ko je območje, ki ga je odtrgana gmota prekrila, večje od 0,5 km$^2$. Za manjše podore uporablja izraz *Felssturz*, kar bi v slovenščino lahko prevedli z besedo zvezo skalni podor (Kladnik, Lovrenčak, Orožen Adamič 2005).

V geološki literaturi o premikanju zemeljskih gmot največ pišejo inženirski geologi, ki skalni podor definirajo kot »… *navadne naravne zdrse velikih blokov trdih kamnin (apnencev, tonalitov) v alpskem ali hribovitem terenu, kjer so pobočja vertikalno nagnjena. Nastajajo ob različnih med seboj sekajočih se sistemih razpok, pri katerih je eden ponavadi blizu navpičnega nagiba. Zaradi človeškega delovanja lahko manjši podori nastanejo ob visokih in strmih umetnih usekih v trdih hribinah …*« (Ribičič 1999, 19; 2001a). Drugi prištevajo skalne podore k plazovom, saj plazove delijo v zemeljske plazove in skalne podore. Oboji nastajajo na pobočjih kot posledica preperevanja, erozije in potresov ali zaradi neenakomernega dviganja zemeljske skorje, zlasti ob geoloških prelomih in narivih, ob gradnji nasipov, vkopov v pobočja, ob spremembi vodnih tokov, kot posledica rudarskih del ali drugih umetnih posegov. Grimšičar (1983, 59, 64) je uporabil izraz kamniti plaz. Glede na velikost razlikuje skalni podor (na primer Dobrač, 25. 1. 1348) in pravi kamniti plaz (na primer Vaiont, 6. 10. 1963).

V gradbeništvu oziroma vodarstvu pojem težnostna erozija obsega pojave plazne, usadne in podorne erozije oziroma pojave, ki jih »… *pogosto imenujemo skupaj kar zemeljski plazovi …*« (Mikoš 2000, 103–104). Pri istem avtorju najdemo še izraze kot odlomnina, podornina in zdrsnina, ki nastanejo z odložitvijo gradiva, pri erozijskih pojavih odlom, podor in zdrs, pri katerih je način premikanja gradiva odlamljanje, padanje in drsenje. »… *Za podorno erozijo so značilne trenutne porušitve v kamninah. Podori in kamniti plazovi imajo izredno rušilno moč, lahko ogrozijo cela naselja, uničijo posamezne objekte ali zasujejo prometnice. V manjšem obsegu se pojavljajo kar pogosto, predvsem ob spomladanskih otoplitvah v stenah, vendar njihovo delovanje pogosto ne seže do prometnic in objektov …*« (Mikoš 1994a, 6).

V gozdarstvu poznajo pojem »skalni podor«, ki ga definirajo kot porušitev od 10.000 do 1.000.000 m$^3$ gradiva ali porušitev od 25 do 100 m roba stene (Zemljič, Horvat 1999, 208; Šneberger 1999, 4). Poznajo zelo prikladen pojem »porušitev skalnih gmot« (Šneberger 1999, 3), pri katerem velikost skalnih gmot oziroma skupna prostornina podornega gradiva nista pomembni.

V gorniški literaturi (Škerbinek 1983, 43–44) opredeljujejo podor oziroma sopomenko »polom« kot »… *velik kup skalovja, ki se je odkrušilo od stene zaradi močnejših naravnih sil (na primer potres)* …«.

*Slika 12: Zemljevid plazovitih in podornih območij ter večji in v knjigi opisani pobočni procesi (Zorn, Komac 2004c; Uprava RS za zaščito in reševanje 2006.*

plazovita območja
podoma območja
pobočni procesi, ki so omenjeni v knjigi
skalni podor
zemeljski plaz
drobirski tok
hudournik
drugi pobočni in geomorfni procesi (po podatkih Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje)
zemeljski plaz ali skalni podor
0 10 20 30 40 50 km
Avtorja zemljevida: Jerneja Fridl, Blaž Komac
Avtorja vsebine: Blaž Komac, Matija Zorn
© Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU
SLOVENSKE GORICE
GOLIČKO
POHORJE
KOZJAK
KAMNIŠKO SAVINJSKE ALPE
KAMNIŠKO HRIBOVJE
KOROŠKA KOTLINA
KOROŠKA GORIČJA
KOROŠKA RAVNINA
SUHA KRAJINA
GORJANCI
BELOKRANJINA
KOČEVSKI ROG
GOTENIŠKA GORA
JAPORNIKI
BRKINI
KRAS
JADRANSKO MORJE
JELOVICA
REZIJA
Dobratschi
Dobrač
Ogovizza
Ukanc
Kamnitnik
Jovšič
Log pod Mangartom
Mangart
Mangrt
Ratitovec
Stol
Mamca
Cmir
Vrtača
Kosiška
Mlinarica
Veliki Vrtač
Rjavščica
Prisojnik
Kladivo
Veliki Draški vrh
Draški vrh
Rušica
Ponca
Kanjavec
Kanjavec
Kanjavec

V isti publikaciji je v tej zvezi definiran tudi pojem odlom, ki je »… *del stene, kjer se je pred kratkim odkrušil večji del kamnine (navadno rumenkaste ali rdečkaste barve – še nerazčlenjeno)* …«.

Za Planino (1951, 145) je skalni podor pojav, ko »… *velika masa skalovja hipoma zdrkne po gori navzdol*…«, Rojšek (1991, 205) pa ga opredeli kot »… *skalni in kamniti plaz, ki se utrga na prepadnih pobočjih in zasuje del doline* …«. Badjura (1953, 153) je pri pojmu podor slikovito zapisal: »… *Podòr ne oplazi gore samo po vrhu kakor usad in plaz. Ne odere ji zgolj ruše, prsti ali kakšnega kosa gozda, ampak zgrabi na debelo. Strese, razmikasti jo in odtrga cele v debelih plasteh naložene rebrí, straní gore; izpodnese, zamaje in trešči cel gorski vršac navzdol ter uniči za vedno ali vsaj za nekaj stoletij obsežne rodovitne kraje po dolinah z debelimi tja navaljenimi skalnatimi grmadami. Vzrok temu so močni potresi in druge izpremembe v notranjosti naše zemlje. Na srečo to pri nas niso vsakdanji, oziroma bolje rečeno vsakoletni pojavi, temveč se pripetijo kdaj v stoletjih … Učinek, nasledek podora je podrtje* …«

### 5.4.2. VRSTE SKALNIH PODOROV

Skalne podore opredeljujemo glede na (Abele 1971; Zemljič, Horvat 1999; Ribičič, Vidrih 1998a; Vidrih, Ribičič 1999) skupno prostornino premaknjenih gmot ter način in obliko sprožitve.

V nemško govorečem okolju v geografski literaturi uporabljajo delitev na *Bergsturz* (skalni podor) in *Felssturz* (skalni odlom). Skalni podori imajo prostornino več kot 0,01 km$^3$ (10.000.000 m$^3$), podorno gradivo pa prekrije vsaj 0,5 km$^2$ veliko območje. Skalni odlomi so manjši pojavi (Abele 1971, 8).

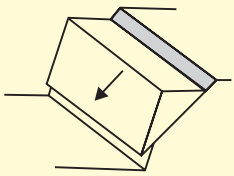
*Preglednica 9: Kvantitativna opredelitev porušitev skalnih gmot (Zemljič, Horvat 1999, 208; Šneberger 1999, 4; Zorn, Komac 2002, 13).*

| porušitev skalnih gmot | prostornina podornih blokov (m$^3$) | dolžina roba (m) |
|---|---|---|
| padanje kamenja (angl. *stone fall*) | 0,01–0,1 | 0,2–0,5 |
| padanje skal (angl. *rock fall*) | 0,1–2 | 0,5–1,5 |
| skalni podor (angl. *block fall*) | 10.000–1.000.000 | 25–100 |
| podor hriba (angl. *bergsturz*) | > 1.000.000 | > 100 |

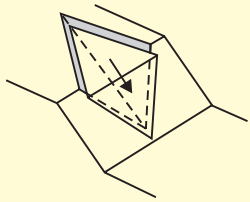
*Preglednica 10: Nekateri večji skalni podori (Erismann, Abele 2001, 9).*

| ime | prostornina (km$^3$) | gradivo | čas, leto |
|---|---|---|---|
| Sherman | 0,030 | peščenjak | 1964 |
| Pandemonium | 0,005 | gnajs | 1959 |
| Blackhawk | 0,280 | apnenec | prazgodovinski |
| Flims | 9,000 | apnenec | prazgodovinski |
| Săsagit/Tamins | 1,700 | apnenec | prazgodovinski |
| Tschirgant | 0,200 | dolomit | prazgodovinski |
| Köfels | 2,200 | gnajs | prazgodovinski |
| Almtal | 0,300 | apnenec | prazgodovinski |
| Val Pola | 0,035 | gabro | 1987 |
| Vaiont | 0,300 | apnenec | 1963 |
| Lengtang | 2,000 | migmatit, gnajs | prazgodovinski |
| Huascarán | 0,053 | granodiorit, led | 1970 |

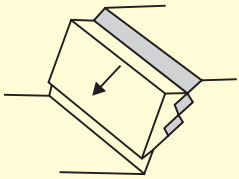
V geomorfologiji lahko uporabljamo slovenske izraze skalni podor, manjši skalni podor in skalni odlom, manjši odlom. Poudarjamo, da so to približne kvantitativne opredelitve, pri katerih razmejitev med skalnim



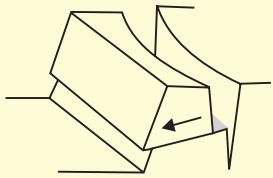
ravninski ali planarni zdrs



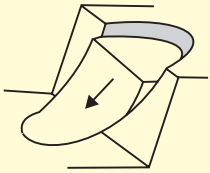
klinasti zdrs



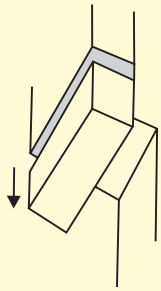
zdrs po različnih
sistemih razpok



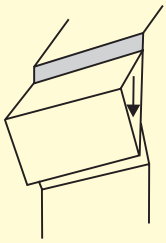
zdrs po plastovitosti
ob naključni zaledni razpoki



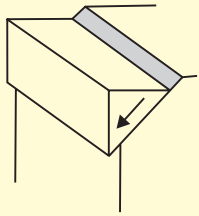
zdrs v močno razpokani kamnini



podor ob strmo nagnjeni leziki



podor ob vertikalni razpoki v pobočju,
spodjedenem v spodnjem delu



zdrs bloka ob poševni razpoki,
ki preide v podor
ob navpično nagnjenem pobočju

*Slika 13: Tipi skalnih podorov (Zorn 2002, 131).*

podorom in odlomom ni šele pri 10.000.000 $m^3$, pač pa že pri nekaj 1000 $m^3$ gradiva. Procese, pri katerih se sproži med 1000 in 10.000 $m^3$ gradiva lahko opredelimo kot manjše skalne podore, izraz večji skalni odlom pa je sopomenka. Večje procese lahko opredelimo kot skalne podore, padanje posameznih skal pa kot manjši odlom.

Za uporabo v geografiji oziroma geomorfologiji je uporabna tudi inženirsko-geološka tipizacija skalnih podorov. Glede na način premikanja in nekatere druge lastnosti razlikujemo naslednje tipe podorov (Ribičič, Vidrih 1998a, 49–52; Vidrih, Ribičič 1999, 111):

- ravninski ali planarni zdrs, ki nastane, kadar potekata padnica pobočja in padnica razpok v približno isti smeri,
- klinasti zdrs, ki nastane, ko je presečišče dveh sistemov razpok usmerjeno v isti smeri kot padnica pobočja in nagnjeno navzdol,
- zdrs po različnih sistemih razpok,
- zdrs po plastovitosti ob slučajni zaledni razpoki,
- zdrs v močno razpokani kamnini (je izjemen in redek pojav, pri katerem pride do plazenja v trdni kamnini, ki se pri premikanju vede kot gmota preperine),
- podor ob strmo nagnjeni ploskvi plastovitosti oziroma leziki,
- podor ob navpični razpoki v pobočju, ki je v spodnjem delu spodjedeno,
- zdrs bloka ob poševni razpoki, ki preide v podor ob navpično nagnjenem pobočju.

### 5.4.3 PREMIKANJE PODORNE GMOTE

Najpomembnejše vprašanje je, kako visoko in kako strmo je lahko pobočje, da je še stabilno. To je pomembno predvsem za pobočja v slovenskih Alpah, kjer so kamnine tektonsko pretrte, razpokane ali naložene v plasteh z izrazitimi lezikami. Zato lahko mehaniko trdnih kamnin imenujemo tudi »mehaniko razpok« (Dolšina 1990, 8). Manj pomembno je to vprašanje v monolitnih trdnih kamninah, kjer so pogosti celo navpični useki.

Gradivo, ki sestavlja pobočje, se lahko vede (Easterbrook 1999, 58):

- elastično, ko gradivo ob pritisku spremeni obliko, ko pa je pritiska konec, se vrne v prvotno obliko,
- plastično, ko gradivo ob pritisku spremeni obliko, ko pa je pritiska konec, se ne vrne v prvotno obliko (plastičnost je značilnost, ki se pojavi, ko se poruši ravnovesje in je presežen prag, do katerega se gradivo še vede elastično; tako se vedejo trdne kamnine, ko ob deformaciji preidejo prag in se del gradiva premakne po pobočju navzdol);
- viskozno, ko je gradivo do določene mere prepojeno z vodo in se vede kot tekočina.

Poglavitni dejavniki, ki vplivajo na stabilnost trdnih kamnin, so gravitacija, nezveznosti v kamnini, trenje, kohezija na razpokah in strižna trdnost kamnin ter vpliv vodnega pritiska (Hoek, Bray, 1977, 22).

Čeprav so zelo pomembni tudi drugi dejavniki, je gravitacija najpomembnejša za katerokoli premikanje gradiva iz višje v nižjo lego. Stalno deluje na vse delce na Zemlji (Easterbrook 1999, 57).

Diskontinuitete oziroma nezveznosti v kamnini so strukturno šibke ravnine, na katerih se lahko pojavi drsenje. To je odvisno predvsem od njihovega nagiba glede na pobočje. Navpične in vodoravne diskontinuitete onemogočajo preprosto drsenje, zato so za stabilnost pobočja najbolj nevarne tiste, ki so nagnjene v smeri pobočja pod kotom od 30 do 70° (Hoek, Bray 1977, 19; Dolšina 1990, 9).

Strižno trdnost kamnin določata trenjski kot in kohezija. Ko je strižna trdnost na določeni ploskvi prekoračena, pride do drsenja. Razmerje med strižno trdnostjo in normalnim tlakom prikazuje Coulombova premica. To je poenostavljen prikaz rezultatov, ki jih dobimo, če vzorec, ki vsebuje diskontinuiteto, obremenimo v navpični in vodoravni smeri. Če je diskontinuiteta cementirana, se drsenje pojavi kasneje, pri višji vrednosti strižnega tlaka, ki jo imenujemo kohezija ali sprijemnostna trdnost. Ko je ta presežena, je strižna trdnost odvisna le še od trenjskega kota ali kota notranjega trenja oziroma strižnega kota. Opredeljuje ga koeficient trenja, ki odraža hrapavost površine, po kateri poteka drsenje (Hoek, Bray 1977, 22; Dolšina 1990, 9). Gradivo se v nižjo lego lahko premika na različne načine.

V nesprijetem gradivu je pri ničelni normalni napetosti strižni tlak enak nič, kar pomeni, da kohezije ni (Easterbrook 1999, 62). Sprijeto gradivo pa ima pri ničelni vrednosti normalne napetosti že določeno vrednost strižnega tlaka, ki je odvisen od vrste gradiva. Strižni tlak se linearno poveča, če povečujemo normalno napetost. Razmerje odraža Coulombova premica, kot med to premico in absciso pa je trenjski oziroma strižni kot.

#### 5.4.3.1 Padanje kamnine

Padanje se pojavi, ko je razmerje med pospeškom padajočega delca in gravitacijo večje od 0,6. To se zgodi pri naklonu pobočja med 45 in 60°, do prostega pada kamnine pa ponavadi pride, če se gmota sproži na pobočju, ki je strmejše od 70 do 75°.

Vendar kamenje ponavadi ne pada v prostem padanju, ampak se nekateri delci odbijajo od sten, med posameznimi delci pa prihaja do trkov. Zato je pri skalnih podorih prosto padanje težko razlikovati od odbijanja in prevračanja. Čas potovanja in doseg skalnega podora sta torej odvisna od številnih dejavnikov, kot so višina stene, njen naklon, usmerjenost, oblika. Nanju vplivajo tudi velikost, oblika in trdnost padajočih skal.

Zaradi omenjenih dejavnikov v skalnem podoru kamninski delci ponavadi padajo v obliki parabole. Ko delci dosežejo tla, se od njih odbijejo. Skale se pri prvem udarcu ponavadi raztreščijo. Ne glede na to, ali bi se raztreščil ali ne, bi 0,3 $m^3$ velik kamninski blok pri padcu izgubil približno tri četrtine energije. Notranje sile so namreč takrat veliko večje od zunanjih, kot je sila teže.

Na gibanje delcev po stiku s podlago vplivajo njena trdnost, poraščenost površja in oblika. Za nadaljnjo pot je pomembno še, pod kakšnim kotom kamenje prileti na podlago in kakšne deformacije pri tem nastanejo (Petje, Mikoš, Majes 2006).



BLAŽ KOMAC

*Slika 14: Padli kamen se je zaradi velike kinetične energije zaril v tla.*

Skale se tudi po stiku s tlemi od njih odbijejo. Po odboju se gibljejo v obliki parabole, ki pa ima zaradi manjše hitrosti in potencialne energije zmanjšan doseg. Izgube energije povečajo drobljivost kamninskih blokov ter plastičnost in hrapavost podlage. Koeficient hrapavosti ima na primer na goli skalni podlagi vrednosti 0,90–0,92, če je porasla z rastlinstvom, je koeficient hrapavosti manjši (0,80–0,87), če pa je na pobočju mehka prst oziroma drobir, je koeficient hrapavosti med 0,78 in 0,80.

Nekateri celo ugotavljajo, da je na stenah z naklonom med 45° in 63° prevladujoč način padanja skal njihovo odbijanje od pobočja. To pa ne velja za večje skale, ki se ne odbijejo od podlage, ampak se v nižjo lego le še valijo. Padajoče kamenje povzroči tudi gibanje drugih skal na pobočju ali melišču, kar lahko močno poveča učinke podora v pokrajini (Petje, Mikoš, Majes 2006).

*Preglednica 11: Okvirni prikaz sproščene kinetične energije pri prostem padanju apnenčastih skalnih blokov (Zorn 2001, 100).*

| prostornina bloka iz apnenca ($m^3$) | masa skalnega bloka (kg) | višina prostega pada (m) | sproščena energija pri prostem padanju (kJ) |
|---|---|---|---|
| 0,25 | 500 | 10 | 66 |
| 0,25 | 500 | 50 | 331 |
| 0,50 | 1000 | 50 | 662 |
| 1,00 | 2000 | 50 | 1324 |
| 2,00 | 4000 | 50 | 2648 |
| 2,50 | 5000 | 50 | 3310 |

*Preglednica 12: Kinetična energija vozila z maso 1000 kg in specifično maso 2000 kg na $m^3$ pri trku z določeno hitrostjo (Zorn 2001, 100).*

| masa (kg) | hitrost (km na h) | sproščena kinetična energija (kJ) |
|---|---|---|
| 1000 | 40 | 62 |
| 1000 | 60 | 139 |
| 1000 | 100 | 386 |
| 1000 | 200 | 1543 |

### 5.4.3.2 Kotaljenje kamnine

Pri manjšem naklonu pobočja skale ne odskakujejo več, ampak se kotalijo. Kotaljenje je lahko zelo hitro. Ker se pri njem težišče pomika tako rekoč premočrtno, je to eden od najbolj ekonomičnih načinov premikanja, kombinacija kotaljenja in kratkega odskakovanja, ki je posledica nepopolne zaobljenosti delcev, pa eden od najbolj učinkovitih načinov premikanja. Kotaljenje je najpogostejše na pobočjih z zmernim naklonom (do 45°) in na meliščih, kjer prevladuje gradivo, ki je drobnejše od kotaleče se skale. Ta način premikanja poteka tudi potem, ko okoliščine niso več najbolj ugodne, zato lahko kotaleče se skale dosežejo veliko oddaljenost od izvora. Zaradi medsebojnih trkov se doseg močno poveča pri večjem številu delcev, kar je pri skalnih podorih običajno (Petje, Mikoš, Majes 2006).

*Preglednica 13: Pogoji za kotaljenje poligonalne prizme (Petje, Mikoš, Majes 2006, 401).*

| število stranic prizme | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| minimalni naklon pobočja, na katerem se začne kotaljenje | 45,0 | 30,0 | 22,5 | 18,0 | 15,0 | 12,9 | 11,2 |

5.4.3.3 Prevračanje in drsenje kamnine

Na pobočjih lahko pride do prevračanja kamninskih blokov, preden preidejo v prosto padanje. Kamninski blok z višino h in dolžino osnovne ploskve b leži na nagnjeni ploskvi. Tak blok lahko ob izpolnitvi določenih pogojev zdrsi po pobočju ali pa se prevrne. Če je:

- $\alpha < \varphi$ in $b : h > tg\alpha$, je kamninski blok stabilen in ne bo niti zdrsel niti se prevrnil po pobočju;
- $\alpha > \varphi$ in $b : h > tg\alpha$, bo kamninski blok zdrsel po pobočju, ne bo pa se prevrnil;
- $\alpha < \varphi$ in $b : h < tg\alpha$, se bo kamninski blok prevrnil, ne bo pa zdrsel po pobočju;
- $\alpha > \varphi$ in $b : h > tg\alpha$, lahko kamninski blok zdrsi in se hkrati prevrne po pobočju (Hoek, Bray 1977, 31).

Drsenje običajno nastopi v začetni ali končni fazi premikanja skalnih podorov in je značilen način premikanja zemeljskih plazov. Med drsenjem so skale v stiku s podlago, zato se zaustavi, če ima pobočje konstanten naklon ali če se naklon pobočja zmanjša.

Drsenje na pobočju se pojavi zaradi delovanja sile teže ($F_g$), ki je produkt mase telesa (m) in gravitacijskega pospeška (g), oziroma njene komponente, ki deluje vzporedno z ravnino pobočja navzdol ($F_1$). Trenje ($F_t$), ki zavira drsenje, aktivira komponenta sile teže ali normalna sila, ki deluje pravokotno na ravnino pobočja ($F_2$) (Hoek, Bray 1977, 24; Dolšina 1990, 10).

S pobočjem vzporedna komponenta sile teže ($F_g \sin\alpha$) ima na ravni površini vrednost 0 (takrat velja: $F_2 = F_g$), z večanjem naklona pa se povečuje, dokler pri naklonu 90° ne doseže viška (takrat velja: $F_1 = F_g$). Normalna sila ($F_2$) pa je največja na ravni površini, na navpični steni pa je enaka 0. S povečevanjem te sile se povečuje sila trenja ($F_t$), ki se zmanjša, če se poveča $F_1$ (Easterbrook 1999, 57–58).

V enostavnem primeru je premikanje podorne gmote podobno premikanju togega telesa po nagnjeni površini. Pri kamninah razlikujemo dva tipa trenja (Eastebrook 1999, 60):

- trenje pri drsenju, ki nastane, ko se kos kamnine odlepi od pobočja, in je odvisno predvsem od hrapavosti drsne ploskve, njene velikosti ter nagnjenosti in namočenosti kamnine;
- notranje trenje, to je trenje med delci v kamnini, značilno predvsem za nesprijeto gradivo.

Teža telesa ($F_g$) na nagnjeni površini razpade v dve komponenti. Prva je vzporedna s pobočjem ($F_1 = Fg \sin\alpha$), normalna sila pa je pravokotna nanjo ($F_2 = F_g \cos\alpha$). Da je neko telo na pobočju stabilno oziroma je v mejnem ravnovesju, mora veljati naslednja fizikalna zakonitost (Hoek, Bray 1977, 24; Dolšina 1990, 10):

- $F_1 = cA + F_2 \, tg\varphi > F_g \sin\alpha = cA + F_g \cos\alpha \, tg\varphi$.

Če je $c = 0$ in $\alpha = \varphi$, potem velja enačba (pogoj stabilnosti):

- $F_g \sin\alpha = F_g \cos\alpha \, tg\alpha$;
- $F_g \sin\alpha = F_g \sin\alpha > 1 = 1$.

Na podlagi te formule lahko izračunamo varnostni količnik (F), ki je definiran kot razmerje med celotno silo, ki se upira drsenju, in celotno silo, ki povzroča drsenje:

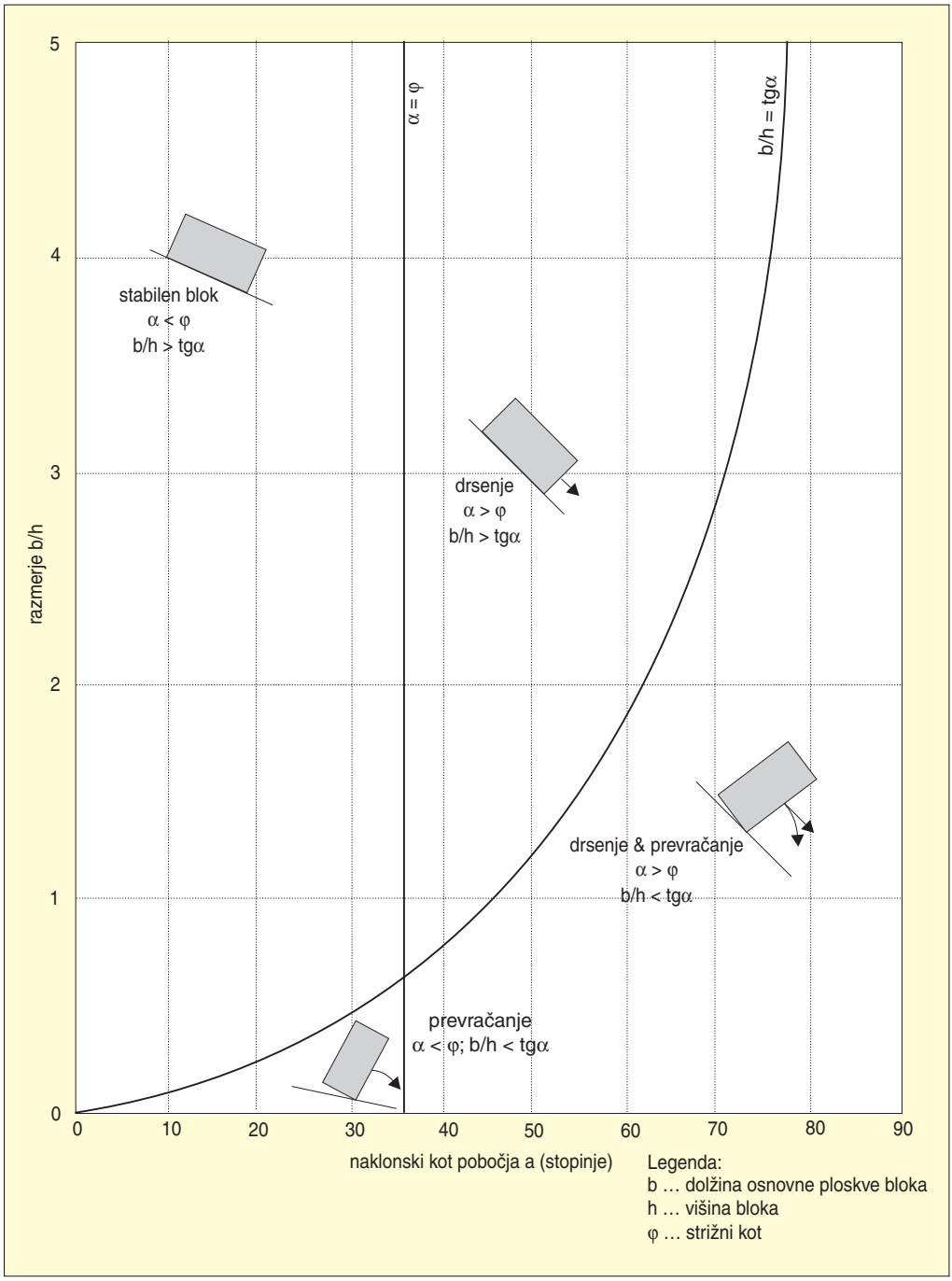
- $F = (cA + F_2 \, tg\varphi) : F_1 > F = (cA + F_g \cos\alpha \, tg\varphi) : F_g \sin\alpha$.

Če velja:

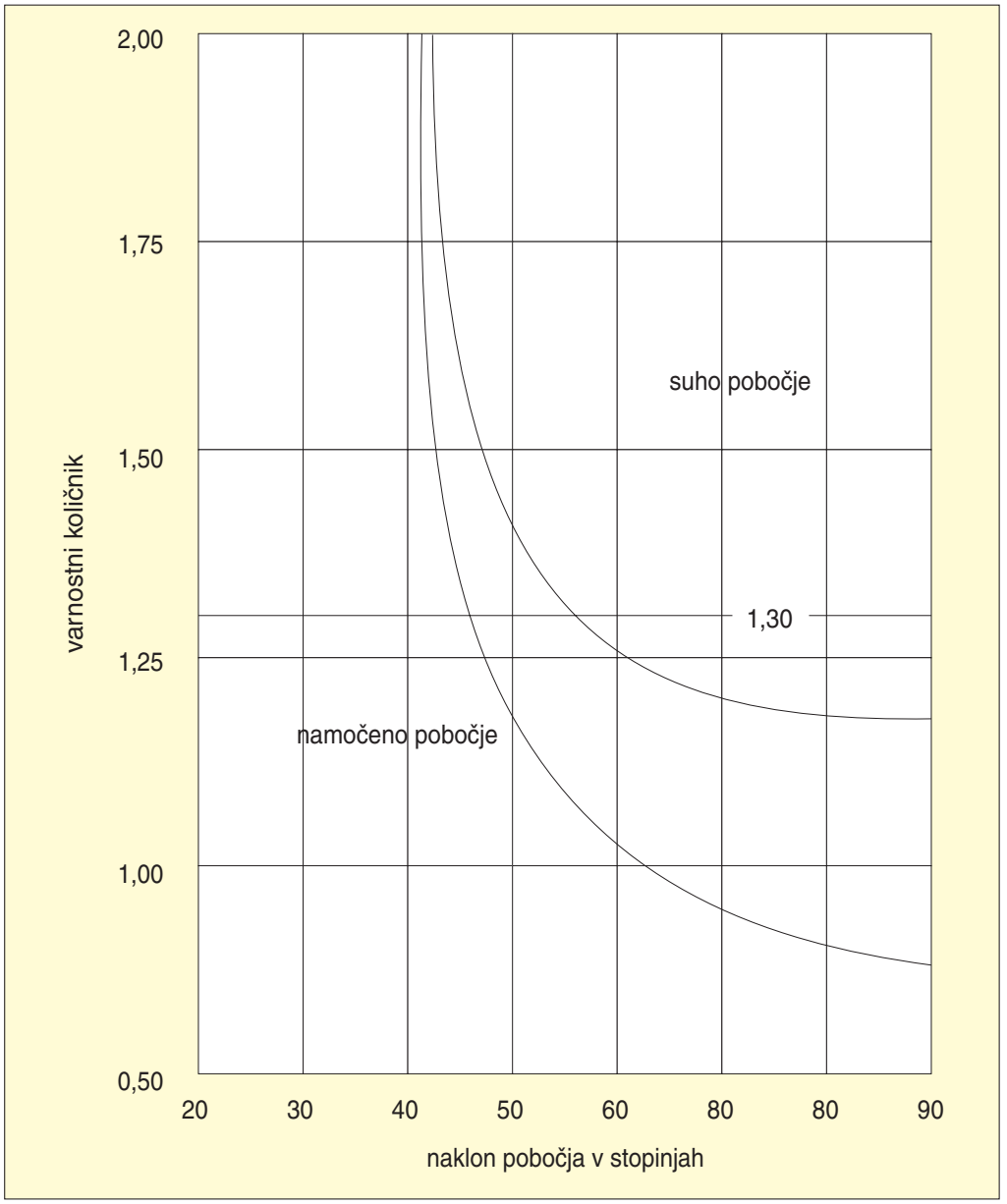
- F = 1, to pomeni, da so si sile v ravnovesju in da je pobočje na meji stabilnosti (glej izpeljavo prejšnje formule);
- pri F > 1 je pobočje stabilno;
- pri F < 1 je pobočje nestabilno.

Praktične izkušnje kažejo, da je v dnevnih kopih varnostni količnik 1,0–1,3 dovolj velik za pobočja, za katera se ne zahteva trajna stabilnost. V gradbeništvu pa je priporočljivo upoštevati varnostni količnik 1,5 (Hoek, Bray 1977, 27–28; Dolšina 1990, 12).

Na strižno trdnost pa močno vpliva vodni tlak. Ob prisotnosti vode se kohezivne in trenjske lastnosti v večini trdnih kamnin in pri peskih bistveno ne spremenijo. Pri meljevcih in skrilavih glinavcih pa sta trenje in kohezija odvisna od vsebnosti vode v polnilu razpok (Hoek, Bray 1977, 25–26; Dolšina 1990, 11). Zato vpliv vode za skalne podore ni tako pomemben kot za zemeljske plazove.




*Slika 15: Pogoji za drsenje in prevračanje kamninskega bloka po pobočju vzdolž odlomne oziroma drsne ploskve (Hoek, Bray 1977, 32).*

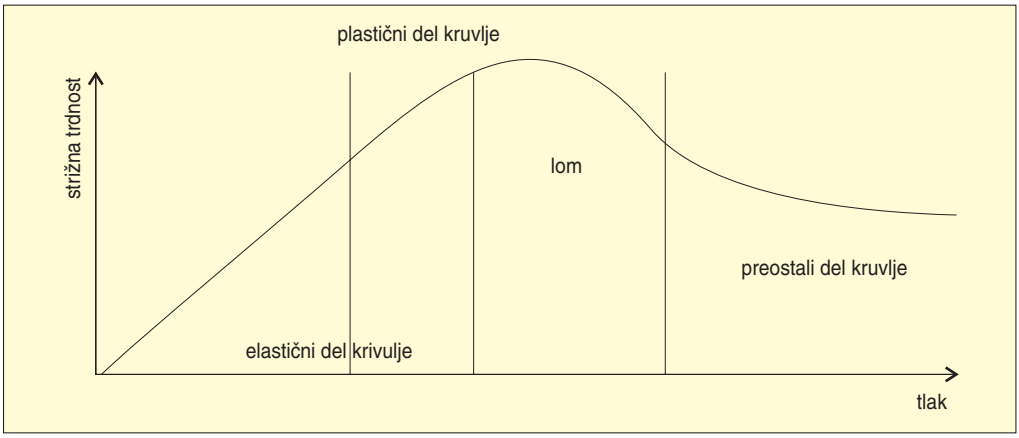



*Slika 16: Razmerja med naklonom, varnostnim količnikom in vlažnostjo kamnine (Hoek, Bray 1973, 9).*

Če se na stiku dveh površin pojavi voda, se normalna sila zmanjša za silo vzgona ($F_u$). Zaradi manjše celotne strižne trdnosti se zmanjša stabilnost pobočij. Velja tako imenovani efektivni strižni zakon:

$$\tau = c + (\sigma - F_u) \operatorname{tg}\varphi,$$

kjer je c kohezivnost, σ tlak pravokotno na razpoko ali drsno ploskev, φ pa strižni kot vzdolž razpoke in $F_u$ vodni tlak vzdolž diskontinuitete.



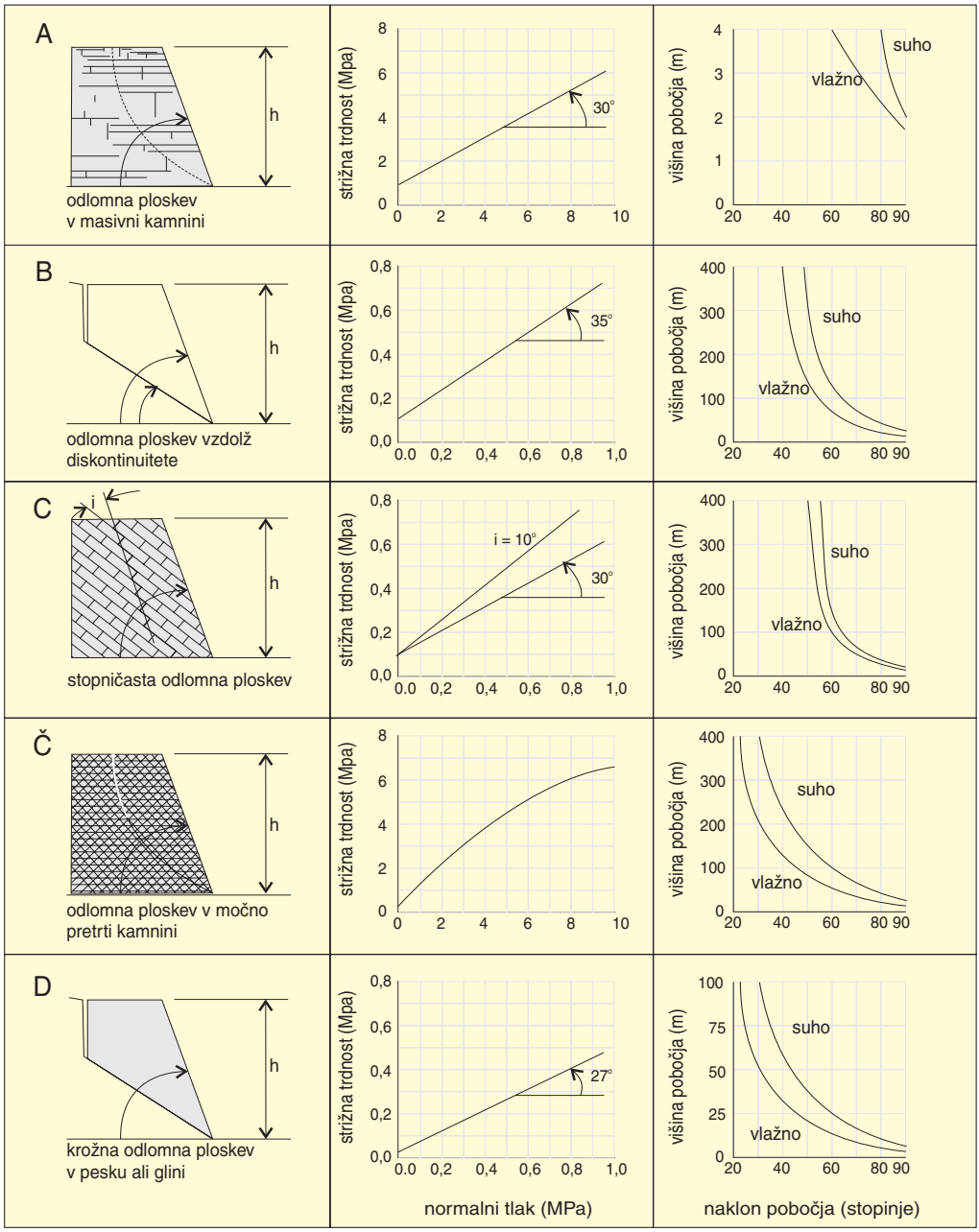

*Slika 17: Razmerje med normalnim tlakom (σ) in strižnim tlakom (τ) vzdolž drsne ploskve (Hoek, Bray 1973, 9).*

*Preglednica 14: Značilni strižni koti in kohezivnost gradiva (Hoek, Bray 1977, 23).*

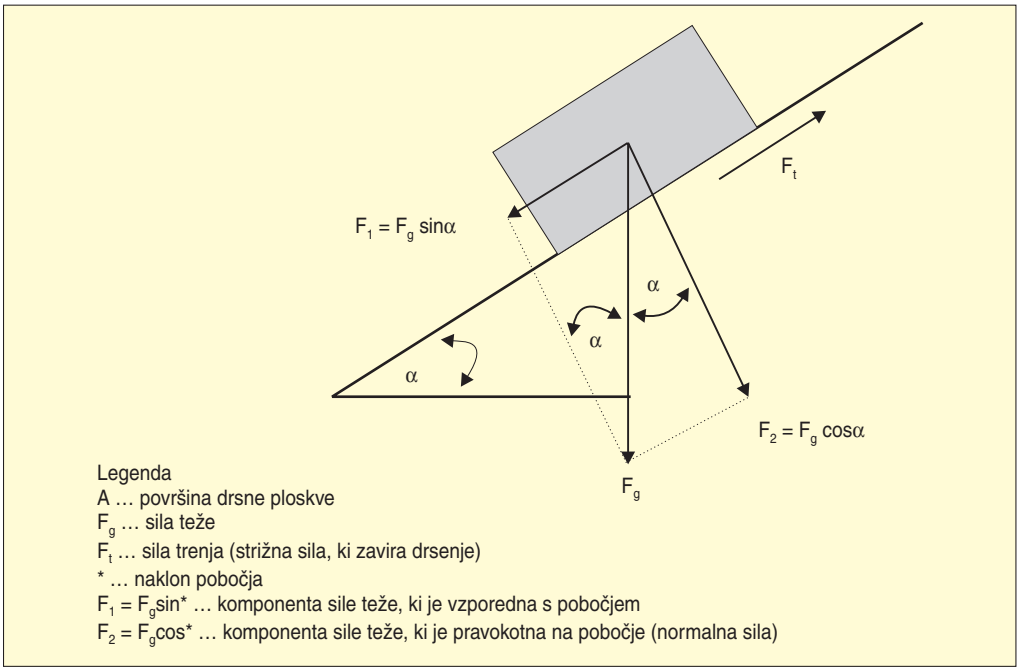
| kohezivnost | velikost zrn, vrsta gradiva | gradivo, kamnina | strižni kot (stopinje) | kohezivnost (kPa) |
|---|---|---|---|---|
| nekohezivno gradivo | pesek | rahel pesek, zrna so enake velikosti | 28–34 | – |
| | | rahel pesek, zrna so različne velikosti | 34–40 | – |
| | | strjen pesek, zrna so enake velikosti | 32–40 | – |
| | | strjen pesek, zrna so različne velikosti | 48–46 | – |
| | prod | prod, zrna enake velikosti | 34–37 | – |
| | | pesek in prod | 45–48 | – |
| | pretrta, | bazalt | 40–50 | – |
| | razpokana | kreda | 30–40 | – |
| | kamnina | granit | 45–50 | – |
| | | apnenec | 35–40 | – |
| | | peščenjak | 35–45 | – |
| | | glinasti skrilavec | 30–35 | – |
| kohezivno gradivo | glina | mehak bentonit | 7–13 | 10–20 |
| | | zelo mehka organska glina | 12–16 | 10–30 |
| | | mehka, deloma organska glina | 22–27 | 20–50 |
| | | mehka ledeniška glina | 27–32 | 30–70 |
| | | trda ledeniška glina | 30–32 | 70–150 |
| | | ledeniški til | 32–35 | 150–250 |
| | trdna kamnina | trdne vulkanske kamnine (granit, bazalt, porfir) | 35–45 | 35.000–55.000 |
| | | metamorfne kamnine | 30–40 | 20.000–40.000 |
| | | trdne sedimentne kamnine (apnenec, dolomit, peščenjak) | 35–45 | 10.000–30.000 |
| | | mehke sedimentne kamnine (peščenjak, kreda) | 25–35 | 1000–20.000 |

Če je v določenem kamninskem bloku na pobočju tenzijska razpoka, ki je nastala zaradi napetosti, zapolnjena z vodo, voda pa je tudi na stični površini bloka in pobočja, velja naslednja fizikalna zakonitost:

$$F_1 + F_v = cA + (F_2 - F_u)\,\mathrm{tg}\alpha > F_g \sin\alpha + F_v = cA + (F_g \cos\alpha - F_u)\,\mathrm{tg}\varphi.$$

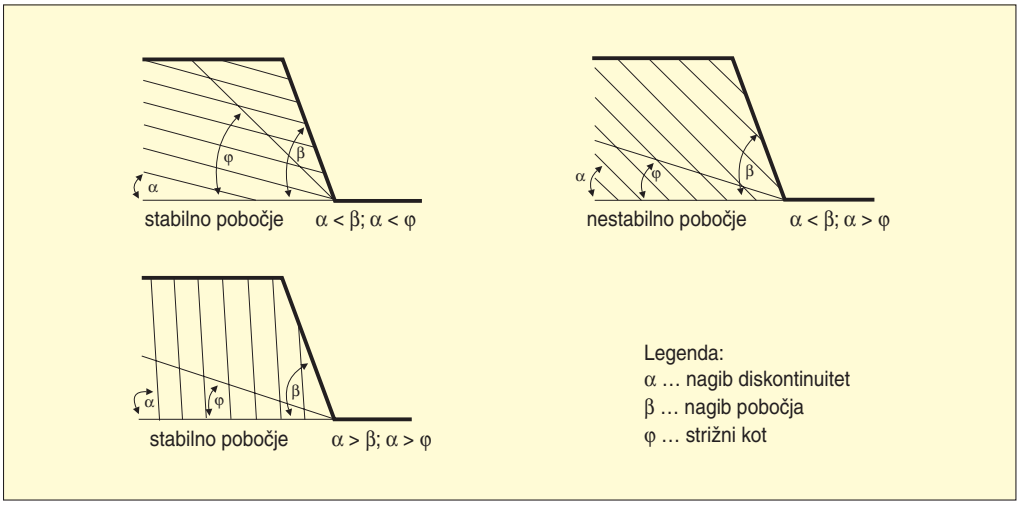



*Slika 18: Razmerje med vrsto gradiva, strižno trdnostjo, normalnim tlakom in naklonom pobočja: A – krožna odlomna ploskev v prsteh in glinah, B – krožna odlomna ploskev v močno razpokani kamnini ali v preperini, C – stopničasta odlomna ploskev v trdnih skladovitih kamninah, D – ravna odlomna ploskev vzdolž diskontinuitete, E – odlomna ploskev v kamnini z vodoravnimi kamninskimi plastmi (Hoek, Bray 1973, 30).*

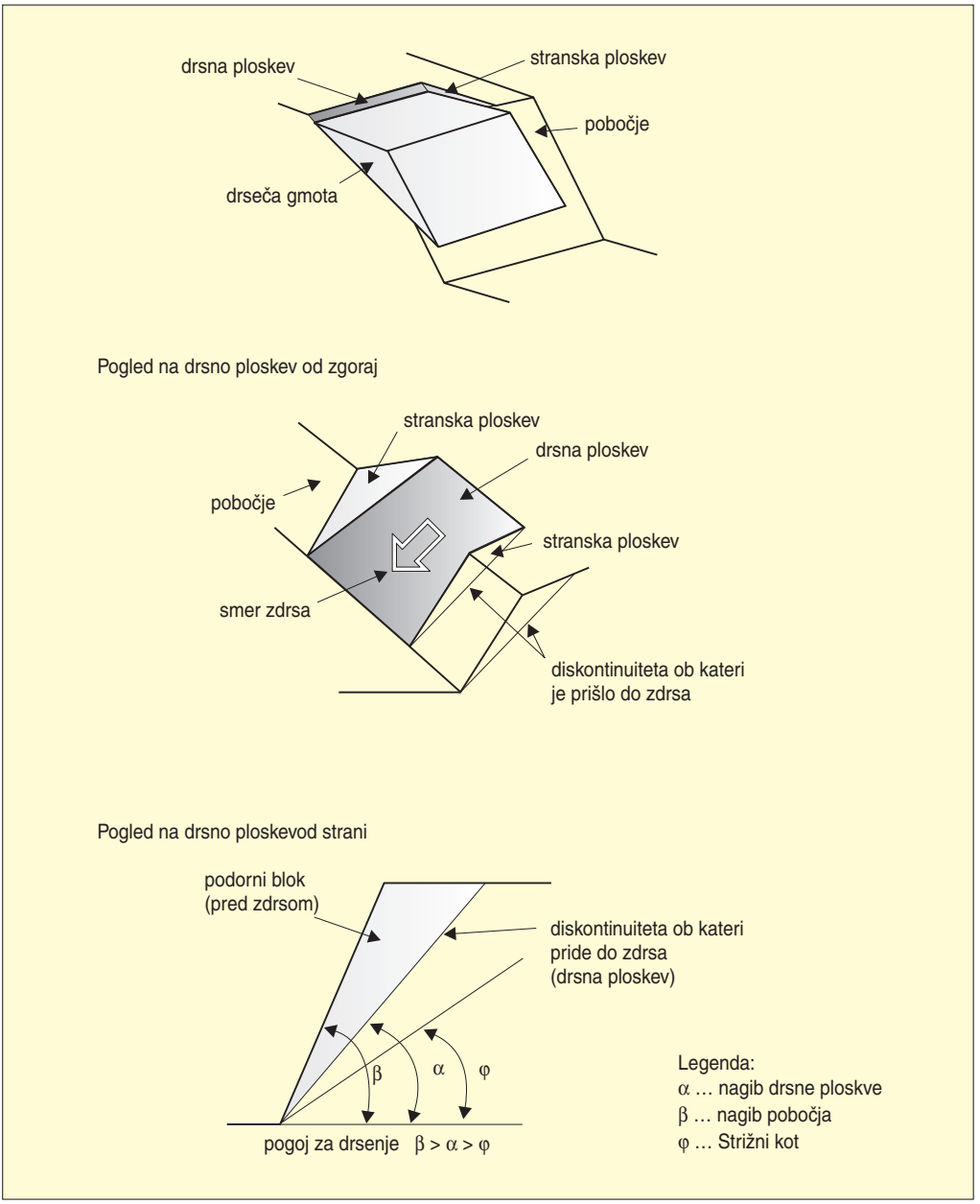



*Slika 19: Premikanje telesa po nagnjeni površini (Hoek, Bray 1977, 24).*

Vodni tlak v razpoki narašča linearno z globino, skupna sila $F_v$ pa deluje na kamninski blok in ga sili navzdol. Vodni tlak na stični površini deluje s silo vzgona $F_u$, ki zmanjšuje normalno silo. S tem se zmanjša strižna trdnost in poveča sila, ki povzroča drsenje. Sili $F_u$ in $F_v$ povzročita zmanjšanje stabilnosti. Čeprav je vodni tlak v razpokah majhen, postanejo sile velike, saj lahko deluje na velikih površinah (Hoek, Bray 1977, 26; Dolšina 1990, 12).




*Slika 20: Nagib kamninskih plasti in stabilnost pobočja pri planarnem zdrsu (Ribičič 2001a).*




*Slika 21: Planarni zdrs (Hoek, Bray 1977, 150–151).*

Kljub temu, da je zgornja razlaga namenjena boljšemu razumevanju skalnih podorov, je uporabna tudi za razumevanje ostalih pobočnih procesov, na primer zemeljskih plazov. Zato to temo v poglavju o zemeljskih plazovih zgolj omenjamo. Omenjene sile namreč delujejo ne glede na vrsto premikanja in vrsto gradiva.



MATJA ZORN

*Slika 22: Predvrh Spodnje Vrbanove Špice v Julijskih Alpah, imenovan Plesišče, na katerem je nastal zdrs po plastovitosti.*

V naravi je redek ravninski ali planarni zdrs. Nastane vzdolž ploskve, ki je nagnjena v približno isti smeri kot pobočje. Njegov pojav je odvisen od nagiba kritične drsne ploskve. Če je nagib kritične ploskve večji od strižnega kota na njej, pride do zdrsa.

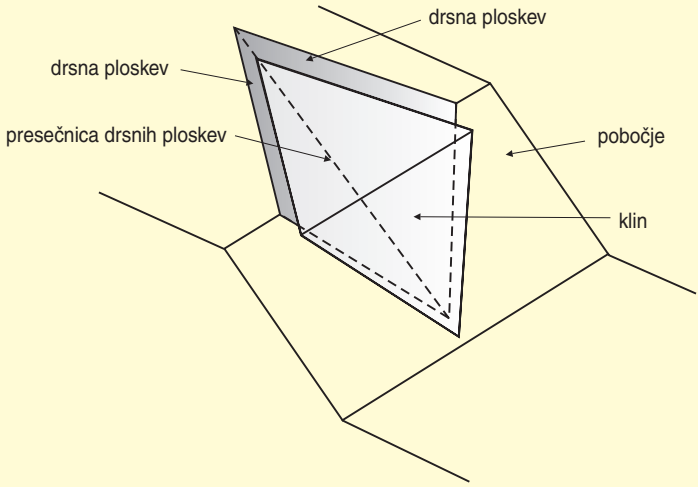
Pobočje je nestabilno, ko je: $\alpha < \beta$ in $\beta > \alpha$. Za ravninski zdrs morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji (Dolšina 1990, 30; Ribičič 2001a):

- nagib kritične ravnine zdrsa naj bo usmerjen v isti smeri kot naklon pobočja (± 20°),
- nagib kritične ploskve naj bo večji od trenjskega oziroma strižnega kota na njej (kohezijo zanemarimo) in manjši od nagiba pobočja,
- obstajati morajo stranske ploskve, ki določajo bočne meje zdrsa; so nesprijete z drsečo maso in dajejo neznaten odpor drsenju;
- poleg ploskve, ki je vzporedna naklonu pobočja, naj obstaja še sistem s pobočjem vzporednih navpičnih razpok, ob katerem nastanejo zaledne tenzijske razpoke, kjer se lahko nabira voda, ki z vzgonom pritiska na kamnino.

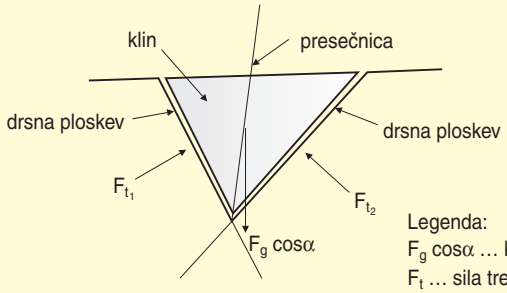
Ravninski zdrsi nastanejo že na položnih ploskvah, ki pa morajo biti usmerjene v smeri naklona pobočja. Ker je ta pogoj le redko izpolnjen, so pogostejši zdrsi vzdolž ploskev, ki se med seboj sekata. Klinasti zdrs je zelo pogost v trdnih kamninah z več sistemi razpok; v primerjavi z ravninskim zdrsom nastane pri bolj strmo nagnjenih ploskvah. Trenje tu nastopa na dveh ploskvah in ima zato večji vpliv (Ribičič 2001a).

### 5.4.4 PLEISTOCENSKI IN PRAZGODOVINSKI SKALNI PODORI

Ob koncu pleistocena so se v slovenskih Alpah večji skalni podori prožili v južnih oziroma prisojnih legah. Nastali so v času periglacialnega preoblikovanja pobočij. Zanje sta ugodna še poglobljenost strug zaradi ledeniške erozije dolinskih ledenikov in položaj ob tektonskih deformacijah. Takšno lego

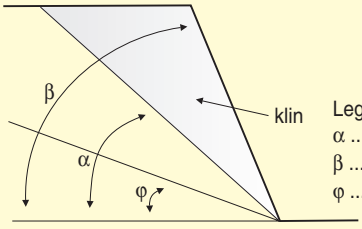



Pogled vzdolž presečnice




Legenda:
$F_g \cos\alpha$ … komponenta sile teže
$F_t$ … sila trenja

Pogled pravokotno na presečnico




Legenda:
α ... nagib presečnice drsnih ploskev
β ... nagib pobočja
φ ... strižni kot

pogoj za drsenje $\beta > \alpha > \varphi$

*Slika 23: Klinasti zdrs (Dolšina 1990, 41; Hoek, Bray 1977, 201; Ribičič 2001a).*

ima dolina Soče med Mostom na Soči in Žago, saj poteka vzdolž idrijske prelomne cone. Ponekod je težavno razločevanje med morenskim in podornim gradivom, pri čemer si lahko pomagamo z datiranjem (Melik 1961, 323–324).

#### 5.4.4.1 Skalni podor Kuntri

Kot drugod v našem alpskem svetu, so tudi v Zgornjem Posočju pobočja strma, vendar je v nasprotju z drugimi območji tu relief pobočij izredno strm tudi v srednjih in nižjih legah, ne le v višinah (Melik 1962, 310).

V Soški dolini so nadmorske višine veliko nižje kot v dolinah na severni ali vzhodni strani Julijskih Alp. Tako je nadmorska višina v Bovški kotlini, ob izlivu Koritnice in Slatenika v Sočo le približno 370 m, gladina Bohinjskega jezera pa je na nadmorski višini 535 m. Razlike v nadmorskih višinah med severno in južno stranjo Julijskih Alp so še večje, saj je nadmorska višina Tolmina na južnem robu Julijskih Alp vsega 200 m, nadmorska višina Kranjske gore na severnem robu Julijskih Alp pa kar 809 m. Na vzhodnem robu Julijskih Alp je gladina Blejskega jezera na nadmorski višini 475 m.

Navedeni podatki kažejo, da je v Posočju erozijska moč vodotokov večja kot na primer v dolini obeh Sav. To je nedvomno posledica bližine Jadranskega morja oziroma tamkajšnje absolutne erozijske baze. Zaradi tega si Soča in pritoki hitreje in globlje vrezujejo struge. V primeru Save in njenih pritokov je erozijska baza veliko bolj oddaljena in jo v absolutnem smislu predstavlja Črno morje, v relativnem pa Panonska nižina (Melik 1962, 310).

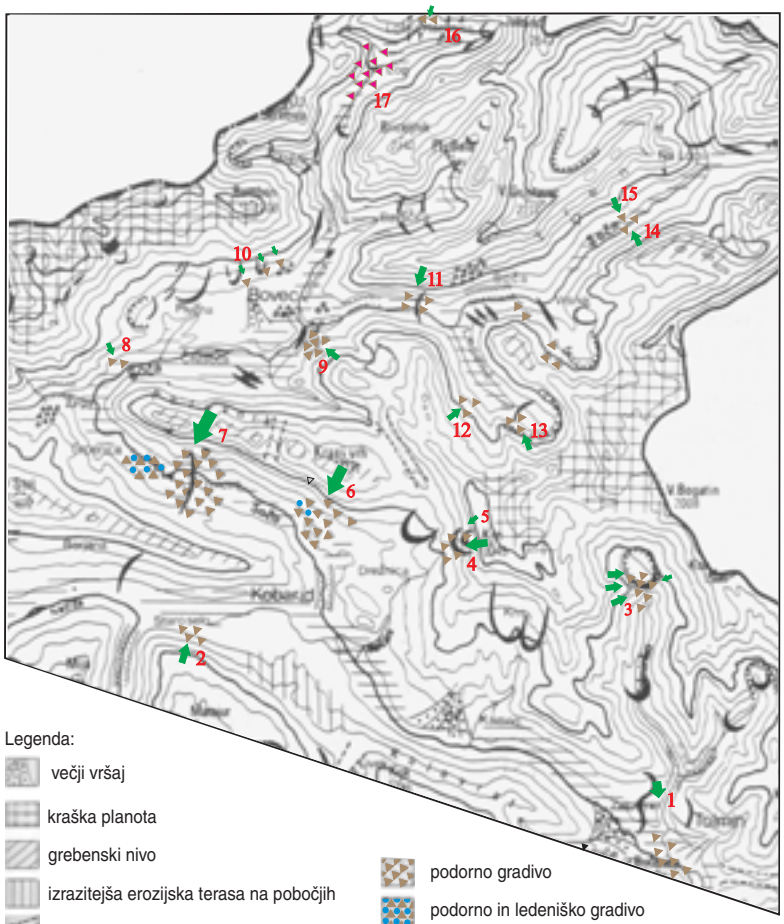
V Soški dolini so se največji skalni podori sprožili na dveh mestih med Žago in Kobaridom. Podor Kuntri, ki se je sprožil med Srpenico in Trnovim ob Soči, velja za največji znani skalni podor v Sloveniji. Nastal je na južnem pobočju Polovnika nad Prevelkom, čeprav tu položaj skladov iz apnenca ni ugoden za podore, saj vpadajo proti severovzhodu. Podorno gradivo leži na dnu doline, na obeh straneh Soče. Na levi strani Soče je podorno gradivo obstalo na vznožju Polovnika, na desnem bregu pa je kot posledica podora nastal 530 m visok hrib Kuntri, imenovan tudi Gorenji hrib ali Hrib (Melik 1961, 317).

Podor naj bi nastal v pleistocenu, gradivo pa naj bi bilo pomešano z morenskim. Za podorom je nastalo globoko in dolgo jezero, ki je segalo skoraj do Bovca. V njem se je odlagala jezerska kreda, ki jo izkoriščajo in predelujejo v Tovarni kemičnih izdelkov pri Srpenici. Na podlagi ostankov lesa so starost krede in podora ocenili na približno 21.000 let (Grimšičar 1988, 65). Po drugem viru radioogljikova analiza zgornjih plasti krede v Srpenici kaže na starost 12.490 let (Kunaver 1975, 19). Debelina jezerske krede, ki je pri Boki 18 m pod površjem, pri Bočiču in v strugi potoka Sušca pa seže na površje (Komac 2000), je 122 m, tako da sega v globino do nadmorske višine 213 m. Na tej nadmorski višini je zdaj vrezana struga Soče v debri med Trnovim ob Soči in Kobaridom, ob vznožju Dolenjega hriba. Pri Srpenici je jezerska kreda na nadmorski višini 314 do 374 m (Melik 1962, 317), kar je skoraj enako zdajšnji gladini Soče.

Brückner leta 1909 in Winkler leta 1931 sta podore datirala v čas, ko je v dolini še bil končni del ledenika. Kot dokaz je Brückner navedel z morenskim gradivom pomešano podorno skalovje pri Magozdu, Winkler pa je s podornim gradivom pomešane morene našel pri Trnovem (Melik 1961, 320).

O velikosti jezera, ki je nastalo za podornim gradivom, so pisali že starejši avtorji. Tako Melik (1961, 317) navaja Brücknerja, ki je leta 1909 ocenil, da naj bi gladina jezera segala do nadmorske višine 400 m, češ da se na tej višini začenja soška deber skozi podorno skalovje. Po Brücknerjevem mnenju naj bi jezero segalo od 10 do 12 km po Soški dolini navzgor. Melik se s to trditvijo ne strinja in meni, da je morala biti jezerska gladina višje. Višina podornega gradiva naj bi bila podobna vzpetini Kuntri. V zvezi s tem navaja nižjo globel na nadmorski višini 460–470 m, med Kuntri in Tresko (646 m) na zahodnem vznožju podornega skalovja, kjer naj bi si Soča našla nov odtok. Melik (1961, 318) te trditve ni mogel dokazati, saj v globeli ni našel ostankov nekdanjega soškega toka. Domneval je, da naj bi šlo v primeru te globeli za pliocensko dolinsko teraso (Melik 1961, 324).

Na podobna problema pri razlagi izvora odloženega gradiva naletimo nižje v dolini Soče, med Srpenico in Kobaridom.




Legenda:

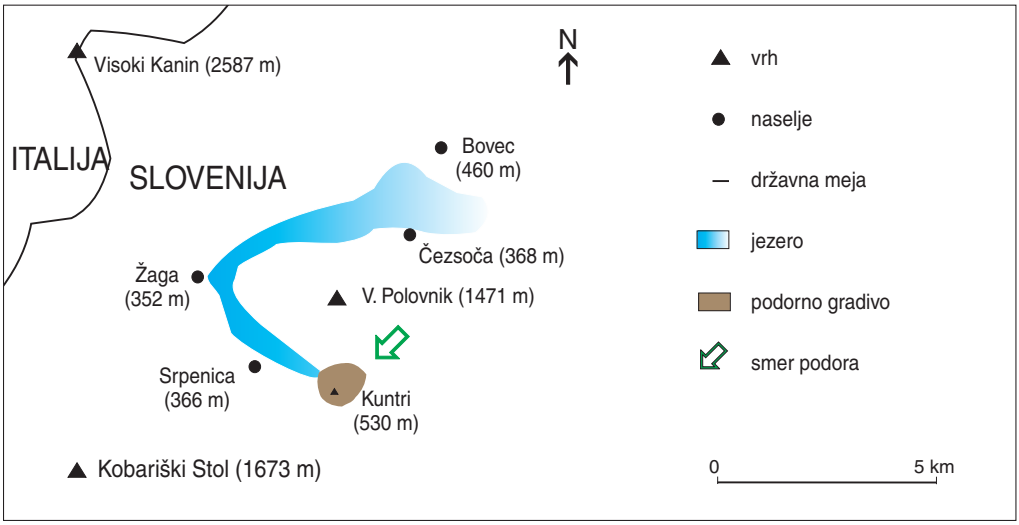
- večji vršaj
- kraška planota
- grebenski nivo
- izrazitejša erozijska terasa na pobočjih
- suha dolina
- obvisela dolina
- dolinski zatrep
- starejši pleistocenski sprijeti sedimenti
- čelni ledeniški nasipi
- bočni ledeniški nasipi
- podorno gradivo
- podorno in ledeniško gradivo
- prodne terase
- vintgarska soteska
- meja območja
- gradivo drobirskega toka
- smer podora

0 1 km 5 km
merilo

Podori:

1 ... »domnevni« podor nad Zatolminom
2 ... podor Molida
3 ... podori na Osojnici
4 ... podori pod Krnom
5 ... podor v steni Srednjega vrha
6 ... podor pri Magozdu
7 ... podor Kuntri
8 ... podor nad slapom Boka
9 ... podor na Javorščku
10 ... podori na pobočju Rombona
11 ... podor nad Črčo
12 ... klinati zdrs z grebena Šije
13 ... podor z vršacev Lemeža
14 ... podor nad domačijo Plajer
15 ... podor Berebica
16 ... podor na Velikem Mangartu
17 ... Drobirski tok v Logu pod Mangartom

*Slika 24: Geomorfološke značilnosti Zgornjega Posočja s poudarkom na skalnih podorih (Šifrer, Kunaver 1978, 73).*




*Slika 25: Podor Kuntri in Srpeniško jezero (Grimšičar 1988, 66; Zorn 2001, 43).*

Po našem mnenju je vzpetina Kuntri največji znani podor v slovenskih Alpah. Med Trnovim ob Soči in Kobaridom naj bi bili vzpetini Molid in Dolenji hrib prav tako posledica enega večjih podorov pri nas. V obeh primerih mnenja avtorjev o izvoru odloženega gradiva niso enotna.

Za podorni izvor vzpetine Kuntri se je med starejšimi avtorji opredelil že Winkler (1926), ki podor datira v čas po koncu poledenitve. Podobnega mnenja so tudi nekateri poznejši avtorji (Melik 1961; Bavec 2001; Zorn 2001). Nasprotno pa je bila vzpetina geološko kartirana kot nesprijeta morena (Buser 1986a) oziroma kot mešanica morenskega in podornega gradiva (Kuščer in ostali 1974). Po navedbah nekaterih avtorjev (na primer Grimšičar 1988), naj bi kot posledica podora Kuntri nastalo mlajšekvartarno, tako imenovano Srpeniško jezero, ki naj bi segalo v Bovško kotlino. Obstoj jezera dokazujejo več kot 200 m debele plasti jezerske krede (Kuščer in ostali 1974). Po mnenju drugih avtorjev pa je podor Kuntri padel na že prej odloženo jezersko kredo in zato naj ne bi povzročil nastanka Srpeniškega jezera (Melik 1962; Bavec 2001).

Ne glede na to je morala tako velika akumulacija povzročiti zajezitev Soče. Podor se je verjetno sprožil ob koncu pleistocena ali v začetku holocena. Po najnovejših ugotovitvah naj bi do dogodka prišlo pred 12.790 ± 85 leti (Marjanac in ostali 2001).

Podor Kuntri je nedvomno največji znan podor v slovenskih Alpah. Po naših ocenah meri vzpetina Kuntri skupaj z njenim nadaljevanjem na levem bregu Soče več kot 200 milijonov $m^3$, Bavec (2001) pa njeno prostornino ocenjuje na 50–100 milijonov $m^3$. Največji del podornega gradiva izvira z južnega pobočja Polovnika, kjer je lepo vidna konkavna stenska oblika, od koder se je sprožilo gradivo ob enkratnem ali večkratnih dogodkih. Del gradiva ima verjetno izvor tudi na severnem pobočju, med Kobariškim Stolom in Starijskim vrhom.

### 5.4.4.2 Skalni podor Magozd

Melik (1961, 318–319) navaja Winklerja, ki je leta 1931 predpostavljal višjo gladino jezera. Izhajal je iz drugega velikega podora v tem delu Soške doline, to je iz podora pri Magozdu, kjer podorno skalovje sega do nadmorske višine 480 m. Sklepal je, da je morala biti gladina jezera na nadmorski višini 460–470 m. Ta podor naj bi se po Winklerju sprožil jugovzhodno od Trnovega ob Soči. Tudi skalovje tega podora leži na obeh straneh Soče, vendar ga je glavnina na levem bregu, kjer sega do

Magozda. Skalovje na desnem bregu sestavlja vzpetino Dolenji hrib (482 m), na levem pa uravnan planotast svet na nadmorski višini med 480 (Molid, 479 m) in 450 m (Kozlov Laz) na vznožju Polovnika. Tudi ta podor je zgrmel s pobočja Polovnika, ki ima v tem predelu s pobočjem skoraj vzporedne sklade nagnjene proti jugozahodu. Danes teče Soča skozi podorno skalovje v skoraj 100 m globoki debri. Polovnik ima antiklinalno zgradbo, saj severna pobočja nad Čezsočo strmo vpadajo navzdol (Kunaver 1975, 18) in so zelo ugodna za nastajanje podorov. Antiklinala je zlasti lepo vidna z Žage na zahodu.

Tudi pri tem podoru je med Dolenjim hribom in predgorjem Starijskega vrha globel, vendar Melik (1961, 320) dokazov rečnega toka ni našel.

Pozneje so se prožili podori manjših razsežnosti izpod Krasjega vrha na Polovniku. Novembra 1975 je prišlo do odloma, a gradivo ni zgrmelo globlje v dolino. To se je zgodilo šele po močnih nalivih novembra 1990, ko je gradivo kot kamniti plaz prihrumelo po hudourniški strugi Globočaka v Sočo nad Otonami. Reko je skoraj zajezilo in jo dodobra zasulo v dolžini približno kilometer in pol (Rojšek 1995, 170). Na še novejši podor izpod Krasjega vrha nas opozarja sveža svetla lisa na pobočju Polovnika, ki je posledica potresa 12. 4. 1998.

Podorno gradivo jugozahodno od Magozda je označeno na geološki karti 1 : 100.000 in omenjeno v tolmaču (Buser 1986, 71). Na isti karti je območje hriba Kuntri označeno kot nesprijeta morena in ne kot podorno gradivo, kot sta trdila Winkler in Melik. Na desnem bregu je Soče med obema podoroma trnovska terasa, na kateri je veliko skalnih blokov, ki jih Melik (1961, 321) prišteva med balvane.

#### 5.4.4.3 Skalni podori pri Boki

Višje po soški dolini najdemo več podornega gradiva ob kraškem izviru Boke, kjer so v steni še lepo vidna odlomna mesta, pod slapom pa ležijo velike skalne gmote. Glede njegovega nastanka daje Melik (1961, 321) v tem primeru prednost pronicajoči vodi v robnem delu stene, ki je v dolgotrajnem procesu razjedla skalovje.

#### 5.4.4.4 Skalni podor Črča

Večji odlomi so pri vasi Soča, zahodno od Lepene in pri Črči. Domnevamo, da so skalne gmote zgrmele v dolino s strmih pobočij izpod grebena med Svinjakom in Bavškim Grintavcem. Skladi so tu nagnjeni strmo na južno stran oziroma so vzporedni s pobočjem, kar je ugodno za nastanek podorov. Na pobočju je veliko gladkih prog, v katerih so se sprožile velike zaplate skladov in zgrmele navzdol. Verjetno se je to dogajalo večkrat in ni šlo le za enkratni dogodek. Podor nad Črčo naj bi zajezil Sočo, jezero pa naj bi segalo v Lepeno (Melik 1961, 321–323). Tu je bila najdena jezerska kreda, stara približno 12.000 let (Kunaver 1975, 29).

#### 5.4.4.5 Skalni podor Molida

Med starejšimi skalnimi podori v Zgornjem Posočju velja omeniti še podor Molida (Rojšek 1991, 72; Zorn 2001; Zorn in ostali 2007) in domnevni podor nad Zatolminom (Zorn 2006).

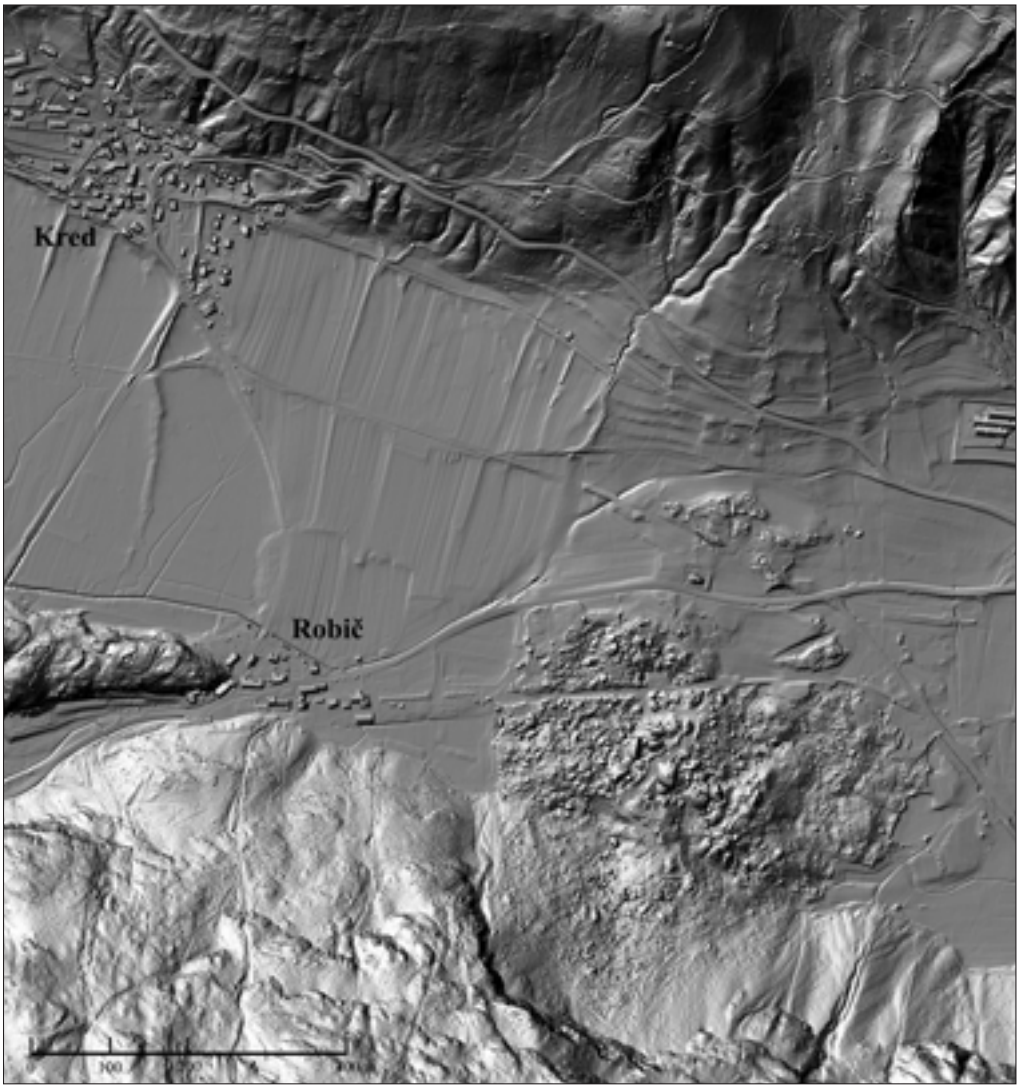
Gradivo podora Molida je odloženo v Starijskem (Gams 1976; Melik 1954, 276–277) oziroma Staroselskem podolju, med Starim selom na vzhodu in Robičem na zahodu. Po umiku ledenika se je sprožil s severnega pobočja Matajurja oziroma s stene, ki je na topografskih kartah poimenovana Molidnik. Podorno gradivo je zasulo približno polovico doline (po širini) južno od ceste Kobarid–Robič, s katere je dobro opazno kot od 30 do 40 m visoka vzpetina.

Podorni bloki so zelo veliki, tudi krepko prek 1000 $m^3$. Nadmorska višina največjih skalnih blokov je 275 m. Na njih so tudi ostanki bojnih položajev iz 1. svetovne vojne, saj je bilo z njih možno nadzirati vso dolino, tako proti vzhodu kot proti zahodu.

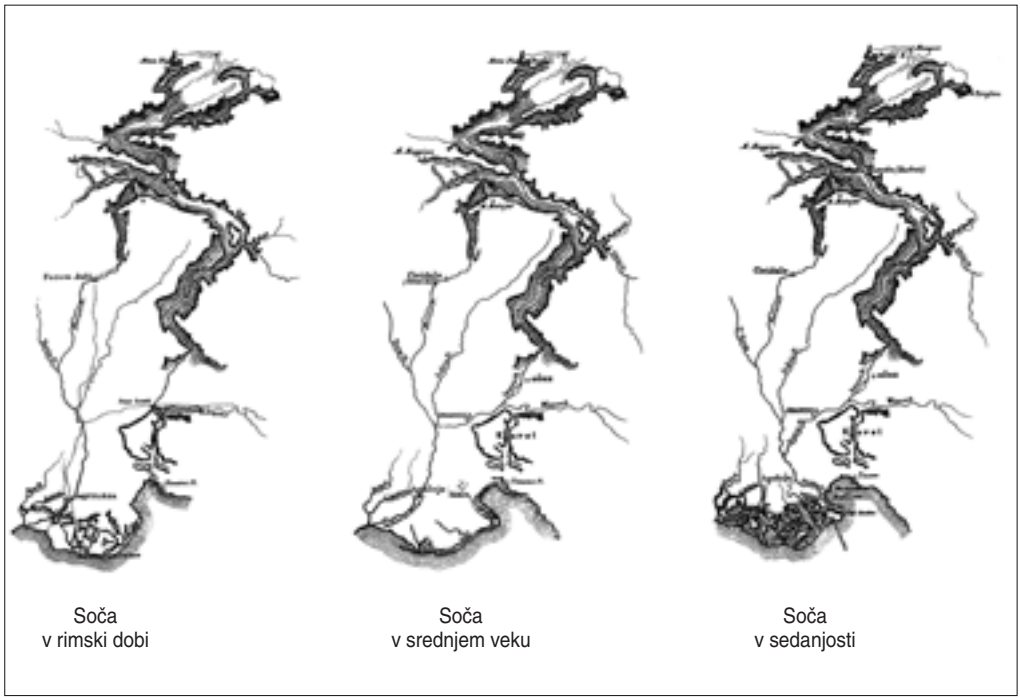
Da so tu odloženi tako veliki podorni bloki, si lahko razlagamo z razmeroma majhno višinsko razliko med odlomnim mestom in mestom odložitve, morda je vzrok tudi v manjši pretrtosti kamnine. Podorna stena je iz skladovitega dachsteinskega apnenca s plastmi in vložki dolomita (Buser 1986).

Domnevno gre za postpleistocenski podor, pri katerem je podorno gradivo deloma pomešano z morenskim v podlagi. Vzroke za njegov nastanek je treba iskati v vsesplošnem podiranju pobočij po umiku ledenikov.

Drugačnega mnenja glede datiranja v predzgodovinsko holocensko obdobje je bil zgodovinar goriške grofije Carl von Czoernig, ki je leta 1875 na geografskem kongresu v Parizu podor datiral v čas okrog leta 585 našega štetja. Czoernig je v tem podoru videl tudi razlog, da reka Soča danes teče od Koba-




*Slika 26: Skalni podor Molida – relief z ločljivostjo 0,5 m, posnet s tehniko LIDAR (© Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU).*




*Slika 27: Tok Soče po Czoernigu (1876).*

rida proti Tolminu in ne, kot naj bi bilo še v rimskih časih, proti Robiču (Czoernig 1876). Da naj bi Soča v rimskih časih tekla od Kobarida proti zahodu, je Czoernig sklepal na podlagi rimskega pisca Plinija starejšega iz 1. stoletja. Ta je namreč v svoji Zgodovini narave (*Naturalis historia*) naštel vse reke, ki se izlivajo v severni Jadran, a med Nadižo in izviri Timava ne omenja nobenega večjega vodotoka. Njegovo sklepanje je še podkrepilo dejstvo, da je bila Nadiža v rimskih časih plovna reka z večjim pretokom kot danes. V rimskih časih naj bi tako pri zdajšnjem Kobaridu obstajalo jezero, v katerega so se stekali vodotoki iz Zgornjega Posočja. Iz jezera naj bi vode po Starijskem podolju tekle proti zahodu in se na območju zdajšnjega Robiča usmerile proti naselbini Forum Iulii (zdajšnji Čedad).

Po Czoernigovem mnenju je v rimskih časih po Srednjem Posočju tekla Idrijca (z večjim pritokom Bačo), ki se je na severnem robu Krasa izlivala v jezero, v katerega se je na vzhodu izlivala tudi Vipava. Jezerska voda naj bi ponikala v Kras in ponovno prihajala na plan kot izviri Timava.

Sprememba v rečnem toku Soče je po Czoernigu (1876) posledica velike naravne ujme, ki je okrog leta 585 pustošila po severni Italiji in sosedstvu. O njej poroča tudi langobardski zgodovinar Pavel Diakon iz 8. stoletja, ki je v svoji Zgodovini Langobardov (*Historia Langobardorum*) zapisal (Diakon 1988): »… *V tistem času je bila na ozemlju Benečije, Ligurije in drugih delov Italije takšna poplava, kakršne menda ni bilo po Noetovem času. Kamniti plazovi so povzročili velik propad posestev in vasi ter obenem ljudi in živali. Poti so bile razdejane, ceste zasute*…«. Zaradi nenehnih padavin naj bi se sprožil tudi podor s pobočja Matajurja v Starijsko podolje. Podor naj bi zajezil odtok iz »kobariškega« jezera, zato naj bi jezerska gladina začela naraščati, vode pa so si iz njega našle novo pot v smeri zdajšnjega Tolmina. Te vode so se zlile z Idrijco in se izlivale v jezero pri Krasu. Njihovo gradivo je zamašilo kraški odtok jezerske vode in jezero se je začelo prelivati proti zahodu, v smeri Nadiže. Na podlagi te razlage je Czoernig na pariškem kongresu Sočo promoviral kot najmlajšo reko v Evropi (*der jüngste Fluss von Europa*; Czoernig 1876, 52–54).

### 5.4.4.6 Skalni podor pri Zatolminu

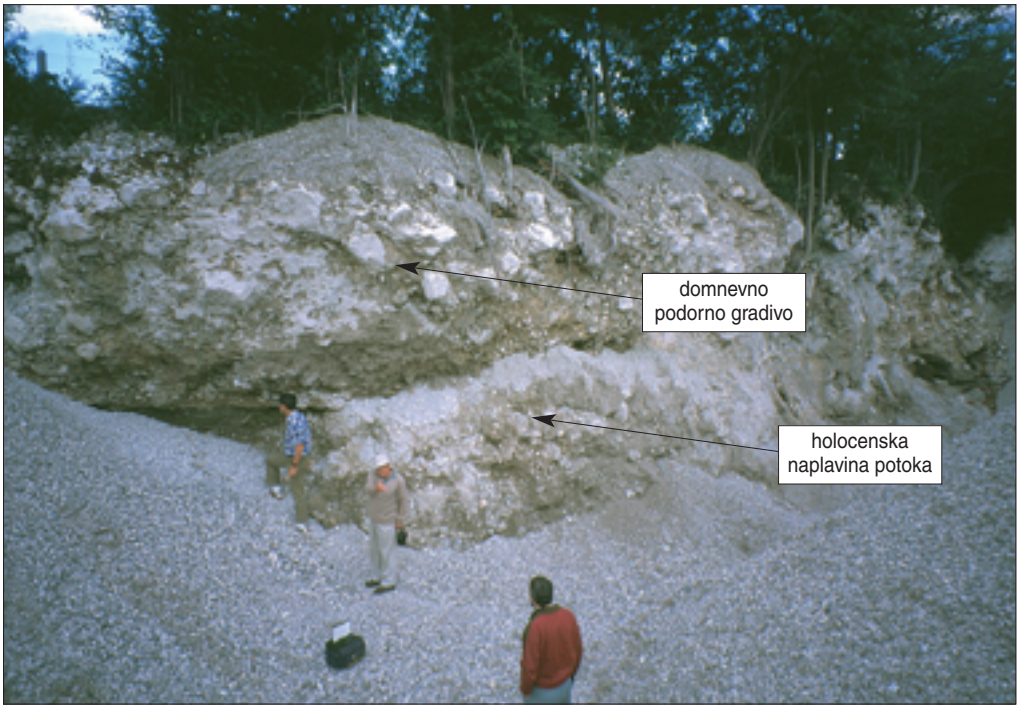
Po Šifrerju (2000) naj bi na območju med Zatolminom in Modrejem po nanosu holocenskih naplavin, ki so nastale po umiku ledenikov, prišlo do akumulacije ogromnih količin gradiva. To gradivo naj ne bi bilo ledeniškega izvora, ampak naj bi nastalo s podorom oziroma drobirskim tokom. Gradivo naj bi tudi zajezilo Sočo. Nekaj metrov debela plast je dolga približno 6 km in ne vsebuje debelega rečno-ledeniškega proda. To po Šifrerju priča o tem, da je šlo za nenaden dogodek. Würmske rečno-ledeniške terase so višje, nad gradivom, ki se je odložilo, ko je že bila izoblikovana struga Soče. V peskokopu Prapetno se pod domnevno podorno plastjo vidi rečna holocenska naplavina potoka Godiča (Šifrer 1965).

Podorno gradivo je večinoma gruščnato. Od moren ga je mogoče razlikovati, ker ni tako zbito in so med kamninskimi delci prazni prostori. Zato nekateri domnevajo, da gre za nesprijeto morensko gradivo (Vrabec 1998, 9).

Gradivo, ki je vidno v zgornjem delu vzpetine Čemanova bula med Žagarjevo in Gregorčičevo ulico sredi Tolmina, poleg tega pa še v kamnolomu oziroma peskokopu Prapetno ter ob sotočju Soče in Tolminke, Kunaver (1993, 18–19) interpretira kot ostrorobat ledeniški nanos, odložen na rečno-ledeniškem produ. Podorno gradivo je tudi še na pobočjih nad Zatolminom.

Po našem mnenju je gradivo ostanek vršaja drobirskega toka, ki se je v začetni fazi sprožil kot podor in je pozneje prešel v tok. Strinjamo se s Šifrerjem, da je dogodek nastal, ko je že bila izoblikovana struga Soče, odprto pa puščamo vprašanje območja izvora gradiva.

Možno je, da je skalni podor nad Zatolminom nastal med vzpetinama Vodel (1053 m) in Grmuč (1196 m). Po Šifrerju (2000) naj bi podor nastal prav na tem pobočju, saj naj bi si sicer težko predstavljali, da bi gradivo prišlo skozi Tolminska korita. Iz izkušnje v Logu pod Mangartom novembra 2000 pa vemo, da lahko drobirski tok zasuje korita in teče prek njih.




MATIJA ZORN

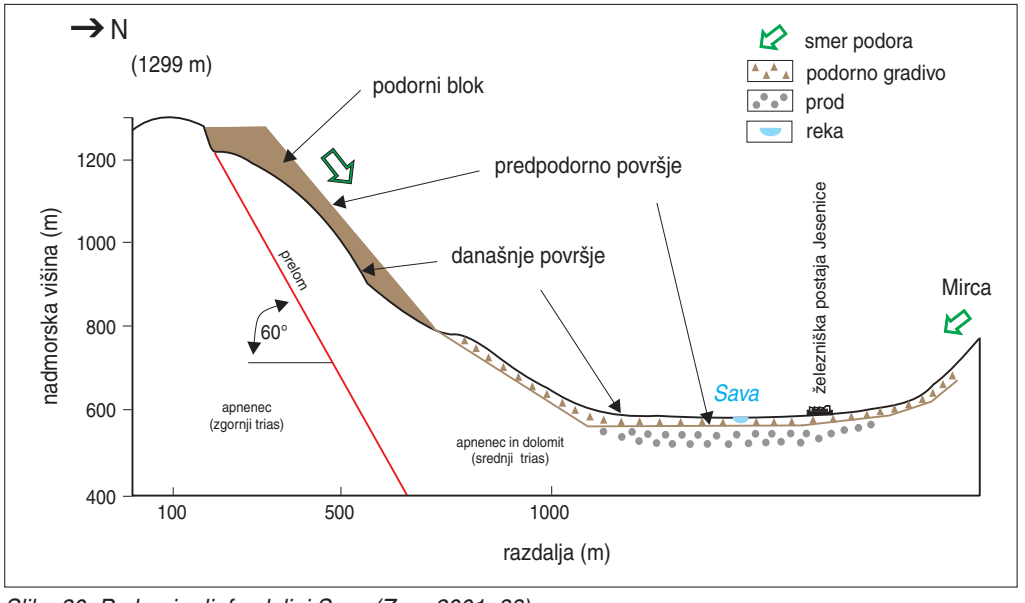
*Slika 28: Podorno gradivo v peskokopu Prapetno.*



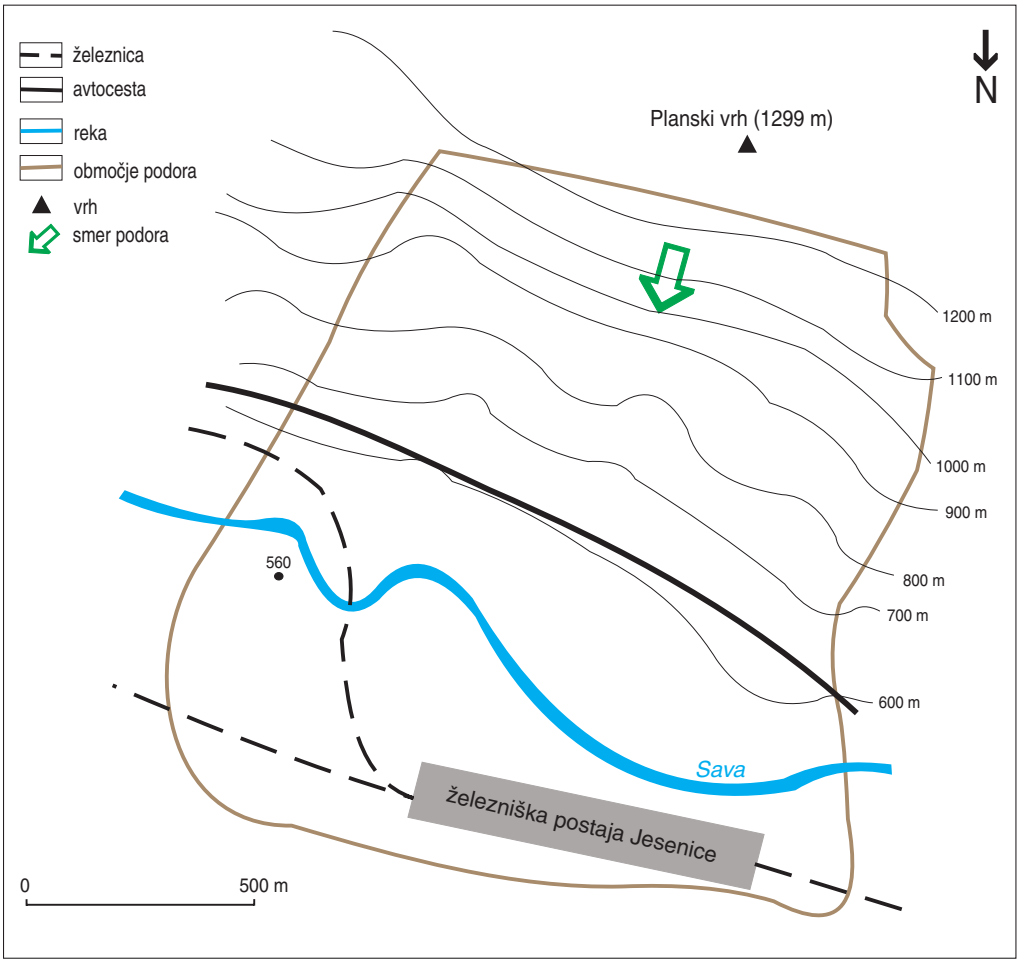

*Slika 29: Geomorfološka karta okolice Tolmina (Šifrer 1965).*

5.4.4.7 Skalni podor pod Planskim vrhom

V pleistocenu so doline na severni strani Julijskih Alp preoblikovali ledeniki. Poledenele so bile dolina Save Dolinke, dolina Save Bohinjke, Tamar, Pišnica, Vrata, Kot, Krma, Radovna, Voje, dolina Triglavskih




*Slika 30: Podorni relief v dolini Save (Zorn 2001, 88).*




*Slika 31: Skalni podor pod Planskim vrhom (Zorn 2001, 88).*

jezer, Velska dolina in Mišeljska dolina. V gorenjskem delu Kamniško-Savinjskih Alp so bili ledeniki v dolinah Kamniške Bistrice (do Stahovice), Repov kot, Kokre (do Spodnjega Jezerskega), Ravenske in Makekove Kočne ter Suhi dol (do Suhadolnika). Med večjimi dolinami v Karavankah sta bili deloma poledeneli le dolini Tržiške Bistrice in Mošenika. Zaradi spremenjene statike pobočij po umiku ledenikov je verjetno prišlo do obsežnih rušenj pobočij.

Iz tega obdobja je velik podor z Mežakle. Nastal je točno na robu Slatenske plošče, severno od Planskega vrha (1299 m). Pri tej geološki enoti (Slatenska ali Zlatenska plošča) mislimo na narivno strukturo kot jo je leta 1913 opisal Kossmat in leta 1929 povzel Seidl. Ne gre pa tega geološkega izraza zamenjevati z izrazi Slatenski pokrov (Buser 1986), Slatenski nariv (Jurkovšek 1987) ali Triglavski pokrov (Ramovš 1985). Prva dva se le deloma oziroma v manjši meri prekrivata s Kossmatovo definicijo, medtem ko Ramovšev Triglavski pokrov sploh ni del Kossmatove enote (Ramovš 2000, 109–113).

V zgornjem delu je lepo vidna strma in gladka prelomna ploskev (60°), pod katero je apnenec spremenjen v marmor. Zgoraj je približno 1000 m širok odlom, ki se na nadmorski višini 800 m razširi na 1450 m. Od tu je v dolino zgrmelo približno 10.000.000 $m^3$ apnenca ter dolomita in na območju zdajšnjih

Jesenic (območje celotne železniške postaje in stare železarne, Kurja vas in Podmežakla) zasulo dolino do 20 m visoko. Za podornim gradivom je nastalo jezero, ki je segalo do Hrušice. Njegov obstoj dokazuje do 10 m debela plast jezerske krede. S pelodnimi preiskavami so podoru in jezeru določili holocensko starost (Grimšičar 1983, 64; 1988, 65).

#### 5.4.4.8 Skalni podor Mirca

Na nasprotnem pobočju je na vznožju Karavank nastal manjši skalni podor »dvojček«, po istoimenskem hribu (1025 m) imenovan Mirca. Odložil se je na delu današnjih Jesenic, imenovanem Murova. Sestavljajo ga dolomitni podorni bloki, pod katerimi je 13 m pobočnega grušča (Grimšičar 1988, 65). Njegova prostornina je bila manj kot 100.000 $m^3$.

#### 5.4.4.9 Skalni podor v dolini Radovne

Podoben je podor v dolini Radovne, ki pa je bil manjši od podora pod Planskim vrhom. Nastal je v istem obdobju zahodno od Spodnje Radovne, na zavoju doline. V njegovem zaledju je jezerska kreda, ki pa ni nujno povezana z njim, saj so v bližini čelne morene (Grimšičar 1988, 65). Ta podor je verjetno prigrmel s Polic na Mežakli (1184 m), a ima precej odlomnih mest tudi Kamnikova peč na nasprotni strani doline. Na letalskih posnetkih je vidna polkrožna oblika pobočja. Količina gradiva ne presega 100.000 $m^3$.

#### 5.4.4.10 Skalni podori na Dobraču

Dobrač je vzhodni del Ziljskih Alp (Gailtaler Alpen), ki se pnejo med Ziljsko dolino (Gailtal) na jugu in Dravsko dolino (Drautal) na severu. Njegovo južno ostenje je dolgo približno 30 km in se razteza med krajema Čajna (Nötsch) na zahodu in Vetrov (Federaun) na vzhodu. Po vsej dolžini ga ogrožajo podori.

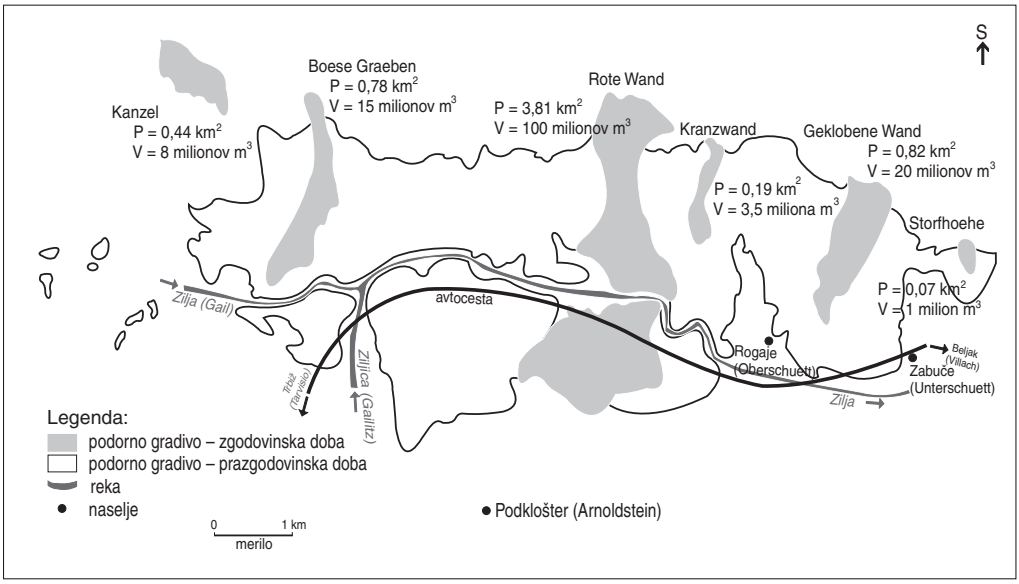
Glede na starost odloženega gradiva oziroma obdobje sprožitve skalne podore delimo na (Zorn 2002b):

- fosilne podore, nastale v starejših geoloških obdobjih, katerih sledi so se ohranile v kamninskem zapisu Zemlje,
- prazgodovinske podore, nastale v pleistocenu in v prazgodovinskem obdobju holocena,
- zgodovinske podore, nastale v času pisanih zgodovinskih virov in
- recentne podore, nastale v zadnjih letih oziroma desetletjih.

Pri datiranju podorov so najbolj uporabni absolutni postopki, vendar obstaja tudi nekaj preprostih metod, ki omogočajo relativno datacijo oziroma razlikovanje različno starih podornih gmot. Starost gradiva je možno razlikovati na podlagi stopnje erozije, stopnje zakraselosti, razvoja prsti in rastlinstva.

Till (1907) je dobraške podore razčlenil na podlagi razvoja prsti in rastlinstva (Abele 1974). Tako je prazgodovinsko podorno gradivo že bolj ali manj prekrito s humusom in rastlinstvom, medtem ko je zgodovinsko gradivo še slabo preperelo in na redko poraslo z rastlinstvom (Krainer 1998b). Podobne značilnosti ekološke sukcesije lahko v Sloveniji opazujemo na podobno starih zgodovinskih podornih gmotah na območju Velikega vrha (2088 m) v Karavankah (Zorn 2002b; 2004b).

Prazgodovinsko podorno gradivo obsega 900 milijonov $m^3$ in je razprostrto na površini 30 $km^2$. Ponekod je debelo od 50 do 80 m. Po odložitvi je potovalo od 3,5 do 5 km daleč. V zgodovinski dobi so se prek njega odložile podorne gmote, nastale ob beljaškem potresu 25. 1. 1348. Takratni podori so bili bistveno manjši, vendar so še vedno dosegli velike razsežnosti. Podori iz leta 1348 pokrivajo 6,11 $km^2$, kar je približno četrtina površine prazgodovinskih podornih gmot, in imajo prostornino 147,5 milijona $m^3$, kar je približno petina prazgodovinske podorne gmote. Zgodovinski in prazgodovinski podori na Dobraču skupaj dosegajo prostornino 1 $km^3$, kar jih uvršča v sam evropski vrh. V Alpah se je največji podor s prostornino 12 $km^3$ sprožil pri kraju Flims v Švici (Brandt 1981, 34; Zorn 2002b, 14).




*Slika 32: Skalni podori na Dobraču (Zorn 2001, 80).*



MATIJA ZORN

*Slika 33: Dobrač in z poraslo gozdom območje Schütt, kjer je odloženo podorno gradivo.*

Dobrač sestavljajo predvsem permske in triasne sedimentne kamnine. Spodnji del južnega pobočja je iz pisanega peščenjaka in werfenskih skladov, na katere so se v triasu odložili školjkoviti apnenec, vulkaniti in wettersteinski apnenec. V spodnjem delu teh plasti so tudi več centimetrov debele plasti sadre. Skladi vpadajo pod kotom od 30 do 60° proti severu (Krainer 1998, 37). Za nastanek podorov je bila pomembna sadra. Ker jo voda izpira, kar dokazujejo sulfatni izviri v južnem delu Dobrača, karbonatne kamnine nad njo pokajo.

Na dobraške podore so poleg litološke in tektonske sestave, sadre ter pretrtosti karbonatnih kamnin vplivali še preperevanje, naklon pobočij in spodjedenost pobočij zaradi ledenikov. Ziljski ledenik je v Spodnji Ziljski dolini dosegel debelino do 1000 m in je spodjedel južna pobočja Dobrača, ki so zato še bolj podorno ogrožena (Krainer 1998a, 25–38; Geologische … 1977).

### 5.4.5 ZGODOVINSKI SKALNI PODORI

V slovenskih Alpah so se podori dogajali tudi v zgodovinski dobi, a povečini žal niso dobro dokumentirani. To gre pripisati dejstvu, da se niso zgodili v bližini večjega naselja, kot je bil v primeru zgodovinskih dobraških podorov Beljak, ali pomembne trgovske poti, kot je bilo v primeru povezave Koroške s Furlanijo. Vzrok je lahko tudi okoliščina, da v zgodnjem in v srednjem veku na Kranjskem ni bilo takih piscev in kronistov kot na Koroškem.

#### 5.4.5.1 Skalni podor Studor

Eden takšnih skalnih podorov se je sprožil s hriba Studor (1002 m) v Bohinju. Po pričevanju domačinov se je Studorski podor zgodil pred več stoletji. Podrl se je del hriba in zasul staro vas Studor v Bohinju. Gradivo sestavljajo grušč in večje skale, ki segajo približno 200 m v širino in dolžino, odložene pa so



MATIJA ZORN

*Slika 34: Skalni podor na Studorju v Bohinju.*

do 30 m na debelo. Podorno gradivo naj bi imelo prostornino več kot 1.000.000 $m^3$. Podor je nastal na robu Slatenske plošče, ki je na tem območju s srednjetriasnimi in zgornjetriasnimi kamninami narinjena na jurske sklade. Za Bohinj so značilne tudi razpoke v smeri sever–jug (Grimšičar 1988, 66). Po krajevni pripovedki se lahko, če se dobro prisluhne, na podornem vršaju še vedno sliši kokodakanje kokoši. Domačini opažajo, da še zdaj vsako pomlad s stene zgrmi več kubičnih metrov gradiva.

#### 5.4.5.2 Skalni podor pod Lučkim Dedcem

V Kamniško-Savinjskih Alpah je iz tega obdobja skalni podor pod Lučkim Dedcem (2023 m) v bližini Korošice. Del stene Lučkega Dedca naj bi se podrl ob ljubljanskem potresu leta 1895 (Golob, Hrvatin 1996, 42). Zahodna stena grebena med Lučkim Dedcem in Vežico (1965 m) je zelo strma in previsna, polna starih odlomnih ploskev in prepredena s nezveznostmi v kamnini vseh smeri. Pod steno je obsežno gruščnato območje, prek katerega vodi nemarkirana planinska pot »čez Šraj pesek« do Kocbekovega doma na Korošici (1808 m). Ledinsko ime Šraj pesek pove, da imamo opraviti z zares velikimi količinami nasutega gradiva.

#### 5.4.5.3 Skalni podor na Velikem vrhu

V zgodovinski dobi je nastal tudi izredno razsežen skalni podor na Velikem vrhu (2088 m) v grebenu Košute v Karavankah. Uvrstimo ga lahko med največje skalne podore v Sloveniji in v tem delu Alp nasploh. Na podor spominjata zemljepisni imeni Birški plaz, ki označuje obsežno območje melišč pod odlomno steno podora, in Plaz, ime za del naselja Podljubelj, ki naj bi ga bil podor zasul po ljudskem izročilu.

Podor je nastal v dachsteinskem apnencu jugozahodno od Velikega vrha. Po južnem pobočju Košute poteka v smeri vzhod–zahod Košutin prelom (Buser, Cajhen 1977, 41). Zato je na grebenu Košute veliko razpok, ki so vzporedne s prelomom ali potekajo prečno nanj. V močno razpokani kamnini se je v širini približno 300 m in višini približno 250 metrov odlomil večji del stene. Odlomna ploskev meri približno 75.000 $m^2$. Količino podornega gradiva je težko natančno določiti, vendar lahko podamo približno oceno. Sklepamo, da je bilo v skalnem podoru več kot 20.000.000 $m^3$ gradiva.

Naklonski kot med mestom odloma (približno 1940 m nad morjem) in mestom odložitve pri Deševnem v Podljubelju na nadmorski višini 633 m je približno 17°, prepotovana razdalja gradiva pa približno 5 km. Če sklepamo zgolj po naklonu med mestom odloma in mestom odložitve (po metodi Abeleta 1971; 1974), lahko ocenimo, da se je pod Košuto sprožilo več kot 100.000.000 $m^3$ gradiva, kar podor na Velikem vrhu uvršča med največje v tem delu Alp.

*Preglednica 15: Razmerje med dolžino transporta podornega gradiva in njegovo prostornino (Hütschler 1981, 20).*

| dolžina transporta | prostornina ($m^3$) |
|---|---|
| 2 km | 4.000.000 |
| 4 km | 20.000.000 |
| 7 km | 1.000.000.000 |

Če se pri količini gradiva lahko zadovoljimo s približno oceno, pa bi moral biti čas takega dogodka v zgodovinski dobi natančneje določen. V pisnih virih namreč natančen datum tega dogodka ni naveden. V literaturi lahko spremljamo različne navedbe dogodka. Tako lahko pri Koblarju (1895, 69) beremo: »… *Leta 1348, na dan spreobrnjenja sv. Pavla, je bil najstrašnejši potres, kar so jih občutili naši kraji … Mogoče je, da je gora Korošica ob tem potresu zasula tudi stari Tržič na Gorenjskem* …« Isto domnevo sta ponovila Seidl (1895, 551) in Gruden (1910, 237), prav tako Badjura (1953, 153).

*Preglednica 16: Razmerje med kotom gibanja (Petje, Ribičič, Mikoš 2005, 116) in prostornino podornega gradiva (Hütschler 1981, 20).*

| naklonski kot | prostornina ($m^3$) |
|---|---|
| 25° | 10.000.000 |
| 12–22° | 100.000.000 |
| 5–14° | 1.000.000.000 |

Nekoliko drugačno datacijo zasledimo v legendi o ustanovitvi cerkvice sv. Ane pod Ljubeljem, ki pravi, da zvonovi v cerkvici »… *še dandanes kažejo letnico 1517 kot leto žalostnega dogodka*…« (Kragl 1936, 424). Hicinger (1845, 19) natančne letnice ni zapisal, pač pa pravi: »… *Kdaj se je pa ta posip zgodil, ni mogoče razločiti; pisanja taciga ni najti; tudi Valvazor, ki je več starih zgodeb zapisal, nič ne pove od tega. Znalo pa bi se vunder toliko soditi, da je to pred kakimi pet sto letmi moglo biti*…« in »plaz« datira v čas pred letom 1399.

Viri večkrat omenjajo, da naj bi ta »plaz« zasul prvotno tržiško naselbino. Ta naj bi nastala po tem, ko je leta 1261 koroški vojvoda podaril Ljubelj v posest stiškemu samostanu, ki je tu uredil zavetišče oziroma hospic za popotnike. Okoli zavetišča je nastalo naselje Forum Lvbelino oziroma trg Ljubelj, predhodnik zdajšnjega Tržiča, ki naj bi stal nekje v dolini Mošenika, najverjetneje na mestu, kjer se je pot čez Preval (1311 m) skozi dolino Drage mimo gradu Kamen križala s tisto iz doline Tržiške Bistrice, to je na kraju, ki se zdaj imenuje Lajb (Šoren 1998, 18). Po ljudskem izročilu naj bi bil ta trg nekoliko nižje oziroma južneje, to je na kraju, ki se imenuje Plaz, kjer naj bi ga, prav tako po ljudskem izročilu, zasul omenjeni plaz (Avguštin 1970, 3).

Kje natančno v dolini Mošenika je stalo prvotno naselje in kaj se je z njim zgodilo, še ni točno ugotovljeno. Pa vendar lahko z večjo gotovostjo sklepamo, da je prvotno naselje nastalo na križišču obeh cest, to je na Lajbu, saj je tako opravljalo funkcije (gostišča, prenočišča, obrtniki) za obe cesti (Šoren 1998, 19–20; Zorec 1981, 19). Če to drži, potem prvotnega naselja Tržič ni uničil skalni podor, pač pa je uničenju botrovalo nekaj drugega. Res pa je, da so pobočja severovzhodno od Lajba zelo strma in podorno ogrožena, kar potrjujejo recentna melišča in podorno gradivo pod Belimi pečmi na Kramarici. Tudi Melik (1954, 94) pravi, da »… *so plazovi na Lajbu prav pogosti*…«.

Če drži ljudsko izročilo, da je naselje stalo na Plazu, potem je bil tako imenovani »plaz« zagotovo odgovoren za zaton naselja in se je moral zgoditi med letoma 1261, ko so zgradili prvo zavetišče, in 1337 (Janša-Zorn 1999, 385), ko imamo prve dokaze o obstoju Neymarckhtla oziroma novega Tržiča. Ime kraja Novi trg dokazuje, da gre za kontinuiteto s starim n aseljem. To pomeni, da prvotno naselje ni živelo niti 60 let (Šoren 1998, 21; Avguštin 1970, 3).

Pojav lahko približno datiramo glede na razvoj prsti in stopnjo poraslosti. Na določenih mestih na nadmorskih višinah 980–1150 m, 840–900 m in 750–790 m v dolini Grebnovega potoka oziroma v dolini Pod Košuto, skozi katero se je gradivo valilo, praktično ni prsti in rastlinstva. To območje lahko primerjamo z delom območja pod Dobračem, ki so ga prizadeli podori leta 1348 in kažejo podobno stopnjo razvoja prstene odeje in poraščenosti, podobna pa sta tudi geološka sestava podornega gradiva in podnebje. Iz tega lahko sklepamo, da naj bi oba procesa nastala v približno isti dobi srednjega veka.

Na obeh območjih sta na podornem gradivu že razvita prst in rastlinstvo. To gre pripisati dejstvu, da se je podorno gradivo potem, ko je treščilo na tla, začelo valiti in podirati gozd pred seboj. Pomešalo se je s prstjo in vodo, verjetno tudi s snegom (če je skalni podor nastal konec januarja 1348). Gmota je verjetno v srednjem delu proti dolini stekla v obliki drobirskega toka in se po nekaj kilometrih zaustavila nekje med Deševnim in Logom v Podljubelju. Zaradi vsebnosti drobnih in grobozrnatih delcev se je območje spet hitro zaraslo. Neporaščene so ostale le večje skalne gmote, s pomočjo katerih lahko danes določimo obseg podora.



MATIJA ZORN

*Slika 35: Skalni podor na Velikem vrhu.*

V reliefu je opaziti še več podobnosti s posledicami dobraških podorov. Tu ne mislimo le na zajezitev Mošenika, ki verjetno ni presegla nadmorske višine 650–670 m, tako da jezero ni segalo niti do Žverca, kaj šele, da bi poplavilo in uničilo naselje na Lajbu (750 m). Mošenik je pregrado verjetno kmalu prebil. Kako hitro lahko pride do preboja pregrade, je pokazal primer Tratičnikovega plazu v Podvolovjeku (Natek 1991).

S to razlago izvora gradiva v dolini Grebnovega potoka oziroma v dolini Pod Košuto in na Plazu se ne strinjajo Melik (1954, 94) in avtorja geološke karte (Buser, Cajhen 1977). Melik (1954, 94) pravi: »… *Krajevno ime Plaz je nastalo, ker se nahaja tu čelna morena ledenika, ki je segal semkaj iz doline Pod Košuto in ker so ostale še pred njo po dnu doline velike skale bržkone še od starejše, riške morene. Brez dvoma so ljudje prav radi morenskega kamenja dali ime Plaz, v napačni domnevi, da izvira iz plazu* …«. Ponazoritev, da je v dnu doline morensko gradivo, najdemo tudi na omenjeni geološki karti.

Ne dvomimo sicer, da je v dolini morensko gradivo, menimo pa, da je bilo na debelo prekrito s podornim gradivom. Glede Melikove razlage izvora imena Plaz se je mogoče z njim načeloma strinjati, le da se zdi v besedilu izraz morensko gradivo primerno zamenjati s podornim. Zapis bi se potem glasil: »… *Krajevno ime Plaz je nastalo, ker se nahaja tu podorno gradivo, ki sega semkaj iz doline Pod Košuto. Brez dvoma so ljudje prav zaradi podornega gradiva dali kraju ime Plaz, v domnevi, da izvira iz plazu* …«.

### 5.4.6 SKALNI PODORI V BLIŽNJI PRETEKLOSTI

V bližnji preteklosti so večji skalni podori v Sloveniji nastali povečini zaradi potresov. Potresi v vzpetem svetu namreč pogosto sprožijo pobočne procese. Znanih je več takih pojavov. Ob beljaškem potresu 25. 1. 1348 z magnitudo 6,4–6,6 stopnje po Richterju in intenziteto X. stopnje po lestvici EMS so se z Dobrača sprožili verjetno največji podori v Evropi, ki so neposredno povezani s potresi (Zorn 2002a). Ob idrijskem potresu 26. 3. 1551 z magnitudo 6–7 stopnje po Richterju in intenziteto IX–X. stopnje po lestvici EMS je zemeljski plaz začasno zajezil Idrijco in v Idriji ogrozil delovanje takrat najpomembnejšega rudnika živega srebra na svetu. Ljubljanski potres 14. 4. 1895 z magnitudo 6,1 stopnje po Richterju

*Preglednica 17: Opisi trdnih kamnin in preperine na inženirsko-geološki karti Slovenije (Ribičič, Vidrih 1998b, 99).*

| uvrstitev | naziv | opis | ocena možnosti nastanka pobočnega procesa pri največji možni stopnji potresa | |
|---|---|---|---|---|
| | | | zemeljski plazovi | skalni podori |
| trdne kamnine (inženirsko-geološki izraz je hribine) | zelo trdne | zelo trde in kompaktne magmatske kamnine Pohorja (granodiorit) | majhna | srednja |
| | trdne | apnenci in dolomiti prevladujejo, ponekod z vključki raznih klastičnih kamnin | majhna | velika |
| | srednje trdne | peščenjaki, laporji in skrilavci ter njihove metamorfne različice; andezitske, keratofirske in tufske kamnine | velika | majhna |
| slabo sprijete kamnine (inženirsko-geološki izraz je polhribine) | polhribine | zbiti peski, meljevci, glinavci, laporji – slabo litificirani | zelo velika | ni možnosti |
| preperinski pokrov (inženirsko-geološki izraz je zemljine) | prodne zemljine | zasipi večjih rek, ki imajo v zaledju kompaktne kamnine | ni možnosti | ni možnosti |
| | mešane zemljine | zasipi počasneje tekočih vodotokov; ponekod prevladujejo glinasto-meljaste-peščene zemljine, ponekod glinasti, meljasti in peščeni prodi | ni možnosti | ni možnosti |
| | močvirsko-jezerske zemljine | zelo rahlo odloženi sedimenti jezersko-močvirnega ali morskega nastanka | ni možnosti | ni možnosti |

*Preglednica 18: Pojavi v naravi, ki se sprožijo ob določeni intenziteti potresa: • – območje največje uporabnosti za določitev intenzitete, ○ – intenzitete, tudi značilne za pojav (Vidrih, Ribičič 1998, 391; Vidrih, Ribičič 1999, 110).*

| pojavi porušitev naravnega ravnovesja v trdnih kamninah | intenziteta potresa (EMS) VI | VII | VIII | IX | stopnja poškodovanosti terena |
|---|---|---|---|---|---|
| padanje posameznih manjših kamnov | • | | | | 1. |
| odpiranje kratkih svežih razpok v trdni kamnini | • | ○ | | | 1. |
| padanje posameznih skal | • | ○ | | | 1. |
| manjši podori | ○ | • | | | 2. |
| zdrsi grušča | ○ | • | | | 2. |
| krušitev kamnov v večji količini | | • | | | 2. |
| manjši planarni zdrsi | | • | | | 3. |
| manjši klinasti zdrsi | | ○ | • | | 3. |
| premikanje skal na položnem ali ravnem terenu | | ○ | • | | 3. |
| veliki podori | | ○ | • | | 3. |
| odpiranje dolgih svežih razpok | | ○ | • | | 3. |
| padanje skal v večji količini | | | • | | 4. |
| razklanost skal in prevrnitve | | | • | ○ | 4. |
| veliki planarni zdrsi | | | • | ○ | 4. |
| veliki klinasti zdrsi | | | • | ○ | 4. |
| podori regionalnih razsežnosti | | | ○ | • | 5. |
| planarni zdrsi regionalnih razsežnosti | | | | • | 5. |
| veliki klinasti zdrsi regionalnih razsežnosti | | | | • | 5. |

in intenziteto VIII–IX. stopnje po lestvici EMS je v okolici glavnega mesta Slovenije povzročil nastanek več podorov, plazov in usadov. Podobne učinke je imel litijski potres 19. 5. 1963 z magnitudo 4,9 stopnje po Richterju in intenziteto VII. stopnje po lestvici EMS. Podobne učinke so imeli potresi na Kozjanskem 20. 6. 1974 z magnitudo 5,1 stopnje po Richterju in intentziteto VII. stopnje po lestvici EMS ter furlanski potres 6. 5. 1976 z magnitudo 6,5 stopnje po Richterju in X. stopnje po lestvici EMS. Podobo pokrajine je spremenil tudi potres v Zgornjem Posočju 12. 4. 1998 z magnitudo 5,8 stopnje po Richterju in VII–VIII. stopnje po lestvici EMS. Njegov hipocenter je bil le 8 km pod površjem; energija se je sprostila na jugu Julijskih Alp. Sprožilo se je več kot 100 skalnih podorov različnih velikosti, premaknjenega je bilo več milijonov kubičnih metrov gradiva. Ob potresu leta 2004 je bilo na približno istem območju registriranih 38 skalnih podorov, ki pa so bili intenziteti potresa primerno ustrezno manjši in predvsem površinski. Med letoma 2000 in 2004 je bilo iz Zgornje soške doline odplavljenega več kot 150.000 $m^3$ gradiva (Ribičič, Vidrih 1998a, 1998b; Mikoš, Fazarinc, Ribičič 2006).

Podori so povečini nastali na neposeljenih, težko dostopnih območjih nekaj sto metrov nad dnom dolin in niso imeli večjega vpliva na ljudi, povzročili pa so nekaj škode na planinah in planinskih poteh. Zaradi povečevanja pospeškov v vodoravni smeri in amplitude potresnih nihanj število podorov narašča z relativno nadmorsko višino. Največji so v jugozahodni steni Krna (2244 m), kjer se je podorno gradivo odložilo na 15 ha, in na Osojnici nad dolino Tolminke, kjer se je odložilo na 30 ha (Natek, Komac, Zorn 2003).

### 5.4.6.1 Skalni podor na Javorščku

Na severozahodnem pobočju Javorščka (1557 m) na jugovzhodnem obodu Bovške kotline se je 8. avgusta 1950 zgodil podor. O tem je poročal Planina (1952, 44): »… *Dne 8. avgusta 1950 sem bil priča znamenitemu dogodku v naravi. V prvih popoldanskih urah sem se mudil v Čezsoči pri Bovcu. Ko sem se razgovarjal v neki hiši, zunaj hipoma nekaj zabobni. Slišalo se je kakor, da bi vlak peljal mimo vasi. Toda saj vendar v bovški kotlini ni nobene železnice! Stopimo pred hišo. Tudi ljudje iz drugih hiš*



KAREL NATEK

*Slika 36: Skalni podor na Javorščku.*

*radovedno ogledujejo, kaj naj bi pomenil ta ropot, ki je prav tako hitro utihnil, kakor se je začel. Nekdo opazi nekakšen dim v pobočju gore Javorščka. Nato hitimo vsi izmed hiš na rob vasi, od koder se prosto vidi pobočje te gore. Dim se redči in na površju zija dolga gola lisa. Jasno nam je, da se je dogodil podor skalovja* …« Dolga gola lisa, o kateri piše France Planina, je še vedno dobro vidna.

Javorščck sestavlja skladovit zgornjetriasni dachsteinski apnenec. Na mestu podora imajo njegove plasti smer jugozahod–severovzhod in so nagnjene za 45° proti severozahodu. To pomeni, da visijo strmo po pobočju navzdol, kar je za nastanek skalnih podorov zelo ugodno. Na severovzhodni strani podora se vzporedno s podorom spušča jarek Dolgi žleb proti senožetim Na Počivalniku. Podoben, vendar manjši jarek je tudi v zgornjem delu podora, na njegovem jugozahodnem robu. Padavinska voda iz tega jarka je verjetno zamakala lezike in sčasoma prepojila tanko plast ilovice, ki je ločila apnenčaste plasti v smeri njihovega nagiba. Po podoru je bila namreč drsna ploskev podora mokra, na ploskvah podrtih skal pa je bila marsikje ilovica. Na jugozahodnem oziroma odlomnem robu podora pa je bila pokončna plast ilovice, ki je nastala ob navpični razpoki in je ločevala apnenčeve plasti pravokotno na njihov vpad (Planina 1952, 190–191).

Glavni vzroki za nastanek podora na Javorščku so bili:

- strmo nagnjene plasti v smeri pobočja, ki v spodnjem delu niso imele opore, saj je na nadmorski višini približno 700 m pobočje obrusila ledeniška erozija in v njem ustvarila strmejši rob,
- lezike, napolnjene z ilovico in zamakanje stičnih ploskev med plastmi z zgornjih delov pobočja,
- razpokanost apnenčevih plasti in njihova preperelost (Planina 1952, 191).

Drsna ploskev je dolga več kot 190 m, nagnjena za 45° in izredno gladka. Konča se na nadmorski višini 770 m, kjer izgine pod podornim gradivom, ki sega do nadmorske višine približno 520 m. Ob spodnjem robu je široka 75 m, njena površina pa je 1,5 ha. Po ocenah Planine (1952, 192–193) naj bi bila debelina odtrgane gmote 6 m, kar pomeni, da je po pobočju zgrmelo najmanj 80.000 $m^3$ skalovja in z njim 1,5 ha gozda.

Skalni podor na Javorščku je lep primer zdrsa po plastovitosti ob naključni zaledni razpoki. Na podoben način je po vsej verjetnosti nastala večina severnih in južnih pobočij Polovnika, severozahodnih pobočij Javorščka, južnih pobočij grebena med Bavškim Grintavcem in Svinjakom ter jugovzhodnih pobočij med Bavškim Grintavcem in Trentarskim Pelcem, pa tudi večina pobočij severno nad dolino Bavšice. Vsi našteti grebeni imajo namreč antiklinalno zgradbo in na vseh naštetih pobočjih vpadajo plasti vzporedno z njimi. Na vseh teh pobočjih so nad gozdno mejo lepo vidne sledi starih odlomov oziroma zdrsov po lezikah. K večji verjetnosti zdrsov so poleg antiklinalne zgradbe pobočij nedvomno prispevali ledeniki, ki so obrusili spodnje dele pobočij in plastem spodnesli spodnje dele. Ko so se ledeniki umaknili, se je stabilnost pobočij zmanjšala.

#### 5.4.6.2 Skalni podor nad slapom Boka

Planina (1951, 145) poroča tudi o dve leti starejšem podoru, ki se je zgodil nad slapom Boka v pobočju Kope (1439 m). O podornem reliefu v okolici slapu Boka je več povedanega v podpoglavju o prazgodovinskih podorih.

#### 5.4.6.3 Skalni podor nad Vrsnikom

Leta 1976 je ob furlanskem potresu nastal podor nad Vrsnikom (Rojšek 1995, 170), potem, ko so bili nekaj dni pred tem tam na delu gozdarji (Pavšek 1996, 67).

#### 5.4.6.4 Skalni podori nad Plajerjem

Skalni podor, ki je ogrozil prebivalce, se je zgodil 28. in 29. 6. 1989 v severozahodnem pobočju Osojnika oziroma Male Tičarice (1798 m) v Spodnji Trenti, nad domačijo Plajer. Do prvega krušenja kamnitih



MATIJA ZORN

*Slika 37: Skalni podor nad domačijo Plajer.*

blokov je prišlo 28. 6. 1989 okrog 16. ure, naslednji dan med 7. in 8. uro pa se je odtrgal večji skalni blok. V naslednjih dneh je na robu prvotnega odloma še nekajkrat prišlo do sprožitve skalovja. Podorno gradivo je prekrilo približno tretjino terase, na robu katere je domačija Plajer (Orožen Adamič 1990, 38).

Ta podor je nastal na mestu starejšega podora, ki se je že ustalil in zarasel. Najlepša ostanka starejšega podora sta dva velika skalna bloka, imenovana Ta velik' kamen in Ta mal' kamen (Rojšek 1991, 35). Poleg teh dveh so še manjši skalni bloki starejših podorov, ki so že prav tako poraščeni. Velika bloka sta poraščena z drevesi in služita kot plezalni vrtec. Velikost obeh blokov je nekaj tisoč kubičnih metrov.

Zadnji podor je meril 400 krat 300 m, debelina podornega gradiva pa je bila na spodnjem robu približno 20 m. Ocenjeno je bilo, da se je splazilo 1.200.000 $m^3$ gradiva (Orožen Adamič 1990, 38), kar je krepko pretirana ocena. Novejši viri navajajo, da se je odlomilo le od 300.000 do 400.000 $m^3$ gradiva (Pavšek 1996, 69).

Podor se je sprožil v sistemu razpok, ki so nastale v prelomni coni, v smeri severozahod-jugovzhod potekajoči prek pobočja Osojnika. Glavna odlomna ploskev je nastala na rahlo valoviti razpoki, vzporedni s pobočjem in prečno na prelom. Na stranski in zgornji ploskvi so številne razpoke, prečne do pravokotne na glavno odlomno ploskev. Kamniti blok, ki se je zrušil, je imel obliko klina; bil je močno razpokan in zdrobljen na manjše bloke. Posamezni skalni bloki so bili veliki več kot 10 $m^3$.

Ob tem podoru so bili ogroženi ljudje v hišah v Spodnji Trenti št. 7 in 8, ki so jih izselili. Ogrožena sta bila tudi daljnovod in cesta Bovec–Trenta. Obstajala je nevarnost, da bi podorno gradivo zasulo strugo Soče. Orožen Adamič (1990, 38) kot poglaviten povod za nastanek tega podora navaja obilico padavin.

V ozkih gorskih dolinah z ledeniško poglobljenimi pobočji so pogosti skalni podori dvojčki. To pomeni, da se sprožita skalna podora na nasprotnih pobočjih. Tak primer je tudi v Spodnji Trenti in ga sestavljata opisani podor nad domačijo Plajer in podor nad domačijo Fačer oziroma podor Berebica. Ime ima po planini Berebica oziroma Veverica, ki je severno nad podorom na nadmorski višini 1248 m.

### 5.4.6.5 Skalni podor Berebica

Pri skalnem podoru Berebica je prvi sistem večjih odlomov nastal 19. 12. 1993, sedemnajst minut po polnoči (Pavšek 1994a, 24), drugi sistem odlomov pa 27. 7. 1998 (Špacapan 1998, 2).

Do prvega podora je prišlo, ko se je z navpičnega skalnega grebena na desnem bregu Soče odlomila večja skalna gmota velikosti približno 30 krat 50 krat 5 m, se ob vznožju razletela in zgrmela po melišču proti dnu doline. Posamezni skalni bloki so merili od 0,5 do 100 $m^3$, zato so brez težav prebili ozek gozdni pas pod ostenjem. Obstali so na regionalni cesti Bovec–Vršič in pod njo na soški terasi. Nekaj blokov se je ustavilo šele ob strugi Soče in v njej, eden pa šele na nasprotnem bregu (Pavšek 1994a, 24).

Ob tem odlomu naj bi se sprožilo približno 7500 $m^3$ podornega gradiva, ki se je odložilo na melišču pod steno in na zgornji soški terasi. Po tem podoru je na skalnem grebenu ostala kamninska gmota s prostornino približno 2000 $m^3$ (Pavšek 1994a, 25).

Podor je zasul del smrekovega gozdnega pasu pod njim, v dolžini približno 150 m je bila poškodovana regionalna cesta, ki je bila na krajšem odseku popolnoma zasuta z ostanki drevja, drobirjem ter večjimi in manjšimi skalami. Od sveta je bilo odrezanih približno 120 Trentarjev, saj je bila zaprta tudi cesta prek Vršiča. Skalni podor je pretrgal žice in poškodoval nekaj stebrov električne in telefonske napeljave (Pavšek 1994a, 25).

Ostenje, s katerega se je sprožila skalna gmota, se dviga ob vznožju pobočja Strmarice, jugozahodno pod planino Berebica. V tem delu dolina Soče seka pas zgornjetriasnih plastovitih apnencev in dolomitov. Slemenitev grebena med Srebrnjakom in Trentarskim Pelcem sovpada s smerjo čela kamninskih skladov, vpad plasti pa je proti jugovzhodu. Zato so pobočja pod omenjenima vrhovoma večinoma skladna, saj sta njihov nagib in smer vzporedna z naklonom in smerjo kamninskih plasti. Proti vznožju pobočja in na območju podora je ta sestava prekinjena, saj kamninske plasti krajevno vpadajo proti jugu, kamnina pa je močno razpokana in korodirana. Podorno mesto seka navpični prelom v smeri jugovzhod–severozahod. Ta prelom poteka prečno na smer doline, ki v tem delu sledi glavnemu prelomu. Nadaljuje se na levi strani doline, kjer seka podorno območje podora nad Plajerjem. Poleg plastovitosti



MATIJA ZORN

*Slika 38: Gradnja galerije nad cesto Bovec–Vršič.*

sta v steni še dva sistema razpok. Prvi poteka pravokotno na omenjeni prelom, drugi pa je vzporeden z glavnim prelomom. Te razpoke delijo kamnino v značilne prizmatične bloke, ki so ponekod zaradi previsnosti močno nagnjeni k odlamljanju. Ko takšni labilni bloki zgubijo oporo, pride do odloma. Na širšem območju odloma so žlebiči in škraplje, površinski kraški pojavi (Pavšek 1994a, 26–27).

Na obeh straneh doline potekajo na pobočjih pobočni procesi, o čemer pričajo številna aktivna in recentna, zdaj že poraščena melišča. Posamezne velike skale na dnu doline so prav tako nastale s podiranjem v različnih časovnih obdobij, zlasti v zadnjem tisočletju (Pavšek 1994a, 26–27).

Nekateri večji bloki so preskočili cesto in se zaustavili šele na aluvialni obsoški terasi. Skalni podor je na zgornjem robu in na spodnjem robu razširil melišče. Od vseh labilnih blokov iz leta 1993 je v steni v celoti ostal le blok s prostornino približno 35.000 $m^3$ (Špacapan 1998, 3).

Skalni podor leta 1993 je sprožil prizadevanja za trajna sanacija, tako da podor ne bi več ogrožal ceste. Nakazovali sta se dve rešitvi. Po prvi bi cesto premaknili na levi breg Soče, po drugi pa bi na obstoječi cesti zgradili zaščitno galerijo (Pavšek 1994a, 28). Do leta 2000 je bil zgrajen alarmni sistem, ki je voznike opozarjal na padajoče skale in kamenje, poleti leta 2000 pa so začeli graditi galerijo, ki je cesto zavarovala pred padajočimi skalami. Galerijo so uradno odprli maja 2001; dolga je 280 m in vanjo je vgrajenih 8000 $m^3$ betona (Roš 2001, 5).

Pri sanaciji tega in drugih skalnih podorov je težji problem zavarovanje hiš, saj jih je praktično nemogoče zaščititi. V takih primerih je najbolje, da se prebivalci umaknejo, saj na ogroženem območju popolne zaščite ni mogoče zagotoviti.

Skalna podora dvojčka sta nastala na enem od najožjih delov soške doline, kjer je kamninska sestava preprečila nastanek širše doline, zato je nastala ozka tesen s strmini pobočji, ki jim je spodnje dele spodkopal soški ledenik. Ker je to območje ugodno za nastanek skalnih podorov, nas ti ne bi smeli presenetiti.

#### 5.4.6.6 Skalni podor na Mangartu

Glede na velikost zelo odmeven pobočni proces je bil skalni podor oktobra 1995 na Velikem Mangartu. V medijih so zapisali, da naj bi šlo za podor, ki naj bi bil kar petkrat večji od podorov dvojčkov, visok naj bi bil 1500 m, kamniti prah pa naj bi do 5 cm na debelo prekril Mangartsko sedlo in pobočja pod njim (Roš 1995, 1 in 3).

Trditev je bila pretirana, saj Mangartsko sedlo (2055 m) meri le približno dva kvadratna kilometra. To pomeni, da bi se moralo enakomerno odložiti 100.000 $m^3$ prahu (Rojšek 1995, 168), kar takrat ni bilo mogoče.

Skalni podor je nastal v vršnem delu jugozahodne stene Velikega Mangarta. Sprožila sta se dva podora, nekoliko manjši (po različnih virih) 26. ali 27. 11. 1995, večji pa 29. 11. 1995. Skalni podor je nastal 120–150 m pod vrhom Velikega Mangarta, na nadmorski višini 2550 m. Zahodna odlomna ploskev je manjša in meri 50 krat 50 m, vzhodna, ki ima nepravilno trikotno obliko, pa meri približno 100 krat 100 m (Rojšek 1995, 170; Hrvatin, Pavšek 1995, 14; Pavšek 1996, 69).

Pod odlomnim mestom so kar tri izrazite, več kot 100 m visoke skalne stopnje, ki jih prekinjata vmesni polici (spodnja Na lopi in zgornja Na Drnu), kjer se je začasno zaustavil del drobirja. Zaradi velike kinetične energije so se podorni bloki pri padanju namreč večinoma raztreščili v droben grušč, pri čemer se je dvigal prah. Zaradi prevelikega strmca se podorno gradivo ni zaustavilo ob vznožju ostenja, ampak je v obliki gruščnatega toka nadaljevalo pot po Velikem žlebu proti Loški Koritnici, skoraj do vstopa žleba v strnjen gozdnat predel, imenovan Jački. Veliki žleb se začenja na sedelcu med travnato planjavo Jaričico in vršno kopo Velikega Mangarta, na nadmorski višini 2200 m. Proti dolini se spušča prek številnih skokov in zavojev, zaradi katerih je le manjši del grušča dosegel iztek žleba. Po grobi oceni naj bi bilo podornega gradiva malo več, kot ga je bilo pri podoru Berebica leta 1993 (Hrvatin, Pavšek 1995, 14; Pavšek 1996, 69).

V vršnem delu jugozahodne stene Velikega Mangarta (vršno gmoto Velikega Mangarta gradi zgornjetriasni apnenec (Jurkovšek 1986)) so številni sledovi starejših odlomov. Ponekod se previsne in razpokane skalne gmote še držijo stene. Domnevo o starejših podorih v tem delu stene potrjuje bližnje zemljepisno ime Za hudo steno. K dodatni labilnosti zgornjega dela Velikega Mangarta vplivajo številne strele,

ki jih privlačijo kovinski minerali v tamkajšnji kamnini. Ob poletnih nevihtah strele pogosto udarijo v ovršje (Hrvatin, Pavšek 1995, 15; Pavšek 1996, 69). Fotograf Bogdan Kladnik je opisani skalni podor ujel v objektiv fotoaparata (Proteus 1995-4; Golob, Hrvatin 1996).

#### 5.4.6.7 SKALNI PODOR V DOVŠKEM GAMSOVCU

Primerov, ko se je odkrušil del alpinistične smeri ali del zavarovane plezalne poti je precej, redki pa so primeri, ko tak dogodek doživijo alpinisti. To se je zgodilo Marku Štremflju in Bojanu Pograjcu 6. 8. 1995 ob skalnem podoru v Dovškem Gamsovcu (Julijske Alpe; 2440 m), ko se je podrl del zahodne stene. Tega dogodka se prvi spominja takole (Golob, Hrvatin 1996, 43): »… *6. avgusta sva z Bojanom Pograjcem plezala steber Rogljice. Na prehodu v zadnjo tretjino stene sva si na začetku bolj krušljivega zgornjega dela stene na stojišču ravno urejala komplete za naslednji raztežaj. Zabobnelo je in stena se je rahlo stresla. Prestrašeno sem pogledal navzgor, saj sem najprej pomislil, da se je odtrgal del stene nad nama … Toda stena nad nama je mirovala. Zvok se je odbijal od sten v dolini, tako da je bilo zelo težko določiti smer, odkoder je prihajal. Takrat sem v dnu grape, ki prihaja iz Škrbine med Rogljico in Gamsovcem opazil oblak prahu, ki je bil po vsem, razen po barvi, podoben ledenim odlomom, ki so mi tako znani iz Himalaje. Oblak je izredno hitro rasel in v nekaj minutah popolnoma zastrl pogled na Krnico. Videti je bilo, kot da se po dolini preganja nizka oblačnost. Topel vzgornjik je oblak prahu dvignil prav do naju in fin prah v njem naju je silil na kašelj. Dolina je bila še skoraj pol ure po podoru zavita v oblak prahu, ki se je le počasi polegel. Samega mesta odloma iz stojišča, na katerem sva bila, ni bilo videti, zato pa sva lahko kakšno uro kasneje z vrha v miru opazovala veliko svežo rano, iz katere je bilo mogoče sklepati, da se je podrl del vrha in stene pod njim* …«.

S ceste na Vršič je še vedno opazna velika rdeča lisa pod vrhom Dovškega Gamsovca. V njegovi bližini, le malo severneje, je pred kratkim prišlo do klinastega zdrsa v Lipnici (2418 m; predvrh Špika, 2472 m), v kateri so lepo vidne rumenkaste drsne ploskve. Podorno gradivo je zgrmelo proti Kačjemu grabnu in se odložilo na melišču nad njim. Sestavljeno je iz nekaj večjih blokov, ki jih od starejših brez težav razlikujemo po svetlejši, sveži barvi.

#### 5.4.6.8 Skalni podori v steni Travnika

V Julijskih Alpah je med podorno bolj ogroženimi zahodna stena Travnika (2379 m) nad Tamarjem, pod katerim je obsežno melišče. V tej steni je bila ob dveh novejših podorih poškodovana Aschenbrennerjeva alpinistična smer. Prvič se to zgodilo leta 1967, drugič pa leta 1995 (Golob, Hrvatin 1996, 42–43).

#### 5.4.6.9 Skalni podori v steni Jalovca

V Jalovcu (2645 m) je skalni podor pred več kot desetimi leti poškodoval Hornovo alpinistično smer, v kateri je do skalnega odloma prišlo v tako imenovanem Hornovem kaminu (Golob, Hrvatin 1996, 42–43).

#### 5.4.6.10 Skalni podori v steni Triglava

V severni Triglavski steni je polno bolj ali manj svežih odlomnih mest. Eden od bolj svežih odlomov je nastal v Zorčevi smeri (Golob, Hrvatin 1996, 42–43).

#### 3.4.6.11 Skalni podori v steni Tosca

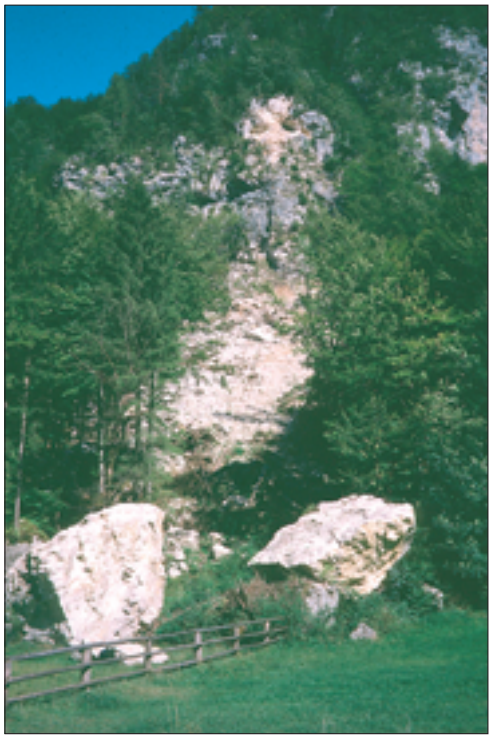
Med recentne skalne podore štejemo tudi manjše odlome v zahodni steni Tosca (2275 m) in Vernarja (2275 m), ki so deloma ogrozili planinsko pot na Triglav, na relaciji med Vodnikovim domom (1817 m) in Konjskim prevalom (2020 m).

### 5.4.6.12 Skalni podori v steni Velikega Draškega vrha

V severni steni Velikega Draškega vrha (2243 m) je velika rdeča lisa, nastala zaradi večjega odloma, ki je pristal v dolini Krme. Severna stena med Toscem in Debelo pečjo (2014 m) je glede na razpokanost kamnine in previsnost sten močno podorno ogrožena. Novejše podorno gradivo najdemo vsako pomlad pod vsako steno našega alpskega sveta, kjer se nabira na meliščih. V Julijskih Alpah je eno najdaljših melišč v Dolini Triglavskih jezer, pod grebenom Mala Tičarica (2071 m)–Velika Zelnarica (2320 m). Med večjimi območji melišč so še Dol pod plazmi nad Vrsnikom, dolini Krnice in Krme, Velska dolina in severovzhodna pobočja Bohinjskega grebena (Kunaver 1985, 37).

Pred nekaj leti se je večji odlom zgodil v dolini Radovne pri Klemenčku, kjer je podorni blok ogrozil partizansko spominsko obeležje. Odtrgalo se je nekaj sto kubičnih metrov gradiva, velika, na dvoje razklana skalna gmota, ki je obstala na poti ob vznožju pobočja, pa je v širini nekaj deset metrov podrla bukov gozd.

2. 11. 2001 je nastal manjši podor med Zadnjo Mojstrovko (2369 m) in Travnikom (2379 m), nad Tamarjem (Zorn 2002a), 17. 4. 2007 pa je prišlo do podora nad kočo v Krnici.



MATIJA ZORN

*Slika 39: Skalni odlom v dolini Radovne.*

### 5.4.7 Podori, nastali ob potresu 12. 4. 1998

Potres 12. 4. 1998 je bil najmočnejši potres z epicentrom na slovenskem ozemlju v 20. stoletju. Na sorazmerno majhnem ozemlju Posočja je povzročil več kot sto nestabilnosti, ki so nastale predvsem ob navpičnih ali strmo nagnjenih razpokah. Skupaj je bilo premaknjenih okrog 940.000 $m^3$ gradiva, kar je približno trintridesetkrat več kot ob potresu v Zgornjem Posočju 12. julija 2004 (Ribičič, Vidrih 1998a, 49; Vidrih, Ribičič 1998b, 374–377; Komac, Zorn 2002a, 10; Mikoš, Fazarinc, Ribičič 2006).



MIHA PAVŠEK

*Slika 40: Skalni podor v Krnici.*

Več sto skalnih odlomov in podorov na majhnem območju, ki jih je sprožil velikonočni potres leta 1998, bi težko pojasnili izključno z neposrednim učinkom potresnih sunkov, saj potres niti ni bil tako silovit. Precej preperelih in pretrtih kamnitih gmot se je premaknilo že ob furlanskem potresu leta 1976. Terenski ogledi so pokazali, da se število premikov skalnih gmot izrazito povečuje z nadmorsko višino, oziroma, da se jih je velika večina zgodila v srednjih in vršnih delih pobočij.

To zelo verjetno ni le posledica razlik v stabilnosti pobočij, saj so zaradi pleistocenskega ledeniškega delovanja spodnji deli pobočij doline Soče prav tako strmi in nestabilni, zato so na njih pogosti skalni podori.

Tovrstni premiki skalnih gmot so izrazito sporadični. Povezani so s počasnim slabljenjem povezanosti med skalno gmoto in podlago zaradi postopnega napredovanja eksogenih procesov vzdolž lezik in drugih razpok. Za takšne premike je težko ugotoviti povode, saj gre zgolj za normalne sekvence geomorfnega preoblikovanja površja (Natek 1989b).

Podrobna preučevanja premikov kamninskih gmot in preperine ob potresih so tudi drugod po svetu potrdila povezavo med razčlenjenostjo površja in vedenjem potresnih valov. Večjo pogostnost premikov skalnih gmot v zgornjih delih pobočij, na vrhovih in slemenih lahko pripišemo vplivu izoblikovanosti površja na jakost potresnega nihanja. Z večanjem relativne višinske razlike med dolinskim dnom in gorskimi vrhovi se namreč povečujejo pospeški v vodoravni smeri in s tem amplituda potresnih nihajev, podobno kot v visokih stavbah (Petley, Murphy 2001; Murphy in ostali 2000). Ob potresu 2. maja 1983 pri Coalingi na zahodnem robu doline San Joaquin v Kaliforniji (magnituda potresa je bila 6,7 stopnje po Richterju) so pri črpalni postaji Pleasant Valley ob vznožju pobočja izmerili najvišji pospešek v vodoravni smeri 0,3 g, na vrhu pobočja, le 25 m višje, pa 0,5 g (Stewart 2002). Raziskava na Tajvanu je razkrila, da se ob tajfunih pobočni procesi povečini prožijo v bližini vodotokov, ob potresih pa so pogostejši na vršnih delih pobočij (Chang, Chiang, Hsu 2007).

Na preučevanem območju je zelo očitno, da se skalni odlomi in podori, nastali ob potresu leta 1998, začno pojavljati šele nekaj sto metrov nad dolinskim dnom, najštevilnejši pa so se utrgali prav v vršnih



MATIJA ZORN

*Slika 41: Manjši skalni podori na pobočju Rombona nad Bovcem, nastali ob potresu leta 1998.*



MATIJA ZORN

*Slika 42: Podor v konglomeratu vzhodno od Čezsoče.*

delih pobočij, na primer na grebenu med Skutnikom (2074 m) in Vršičem (1897 m) med Bovško kotlino in dolino Lepene, na Krnu (2244 m) in okoliških grebenih ter na Osojnici (okrog 1200 m) nad izviri Tolminke. Kljub temu, da je prispevek teh podorov h geomorfnemu preoblikovanju kar precejšen (Natek, Komac, Zorn 2003), nobeden ni ogrozil naselij ali prometnic na dnu dolin.

Potres je najbolj prizadel okolico Bovca, jugozahodne grebene nad dolino Lepene, Krnčico (2142 m) in Krn (2224 m) ter okolico izvira Tolminke in planine Polog (Vidrih, Ribičič 1998, 367).

Naravni pojavi, ki so spremljali potres, niso imeli večjega neposrednega vpliva na ljudi, saj so nastali v glavnem na neposeljenih in težko dostopnih območjih. Nekaj škode so povzročili na cestah, planinah (na planini Polog so uničili sirarno), planinskih poteh ter znamenjih in ostankih 1. svetovne vojne (Vidrih, Ribičič 1998, 377; Komac, Zorn 2002a, 12).

Žarišče potresa je bilo po vsej verjetnosti ob prelomu, ki poteka v dinarski smeri od Rombona do območja med Krnom in Bogatinom in naprej čez Tolminske Ravne proti Cerkljanskemu hribovju. Nekateri ta prelom po Knežjih Ravnah imenujejo Ravenski ali Ravnikarski prelom. Na tem območju so največje poškodbe objektov in tudi poškodbe v naravi. Največje poškodbe na objektih so v pasu od Bovca, Kala-Koritnice, Lepene, Magozda, Spodnjih in Zgornjih Drežniških Raven, Jezerce in Krna, medtem ko pas z največjimi spremembami v naravi poteka od manjših skalnih podorov nad Bovcem po jugozahodnih grebenih nad dolino Lepene in Krnskem pogorju do izvira Tolminke in planine Polog nad Tolminom (Vidrih, Ribičič 1998, 367; Ribičič, Vidrih 1998a, 48; Vidrih, Ribičič 1999, 108). Zanimiv pojav so podori v konglomeratni ježi nad Sočo v bližini Čezsoče, podobni so nastali 18. februarja 1915 v konglomeratni terasi v Kokrski debri v Pečeh pri Kranju (Sajovic 1915).

#### 5.4.7.1 Skalni podori pod Krnom

S Krna se je sprožilo sedem večjih skalnih podorov, poleg teh pa še več deset skalnih odlomov. Nastali so na območjih razpokanega, pretrtega ali dolomitiziranega dachsteinskega apnenca (Buser 1986). Podorno gradivo je pod jugozahodno steno Krna zasulo okrog 15 ha veliko območje.

Skalni podori, ki so spremenili videz jugozahodne stene Krna, so nastali v zelo razpokanih kamninah, kjer je prihajalo do zdrsov po različnih sistemih razpok. Manjši podor je nastal v steni Srednjega vrha (2134 m) v grebenu Krnčice. Vzdolž grebena poteka več kot 100 m dolga razpoka (Vidrih, Ribičič 1998, 372; Vidrih 1998, 111; Ribičič, Vidrih 1998a, 52; Vidrih, Ribičič 1999, 111–113).

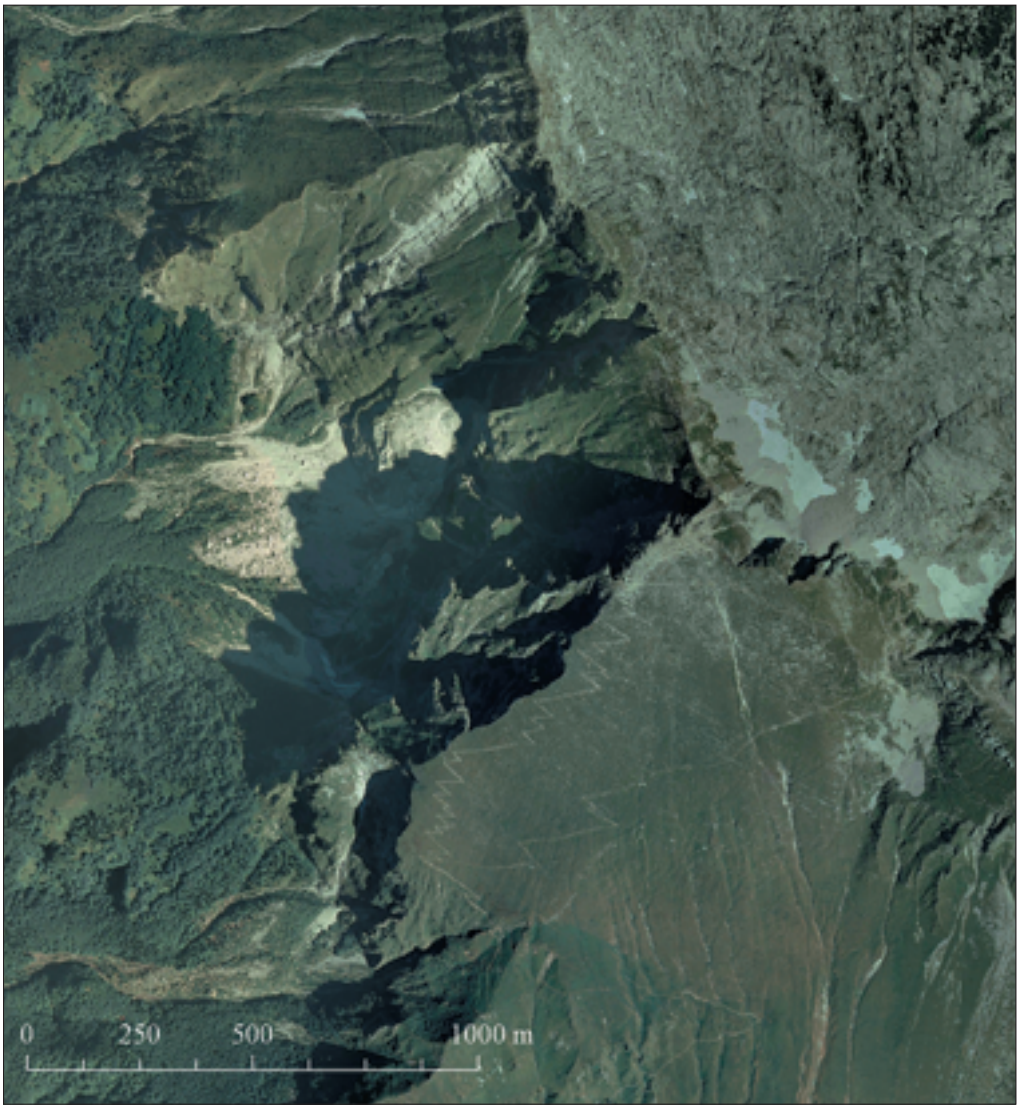
Recentno melišče, na katerem se je obliki v petih jezikov odložilo podorno gradivo, se začenja na nadmorskih višinah med 1350 in 1435 m. Na območju zahodnih dveh jezikov je bilo že pred podorom melišče, na območju osrednjega jezika in na območju vzhodnih dveh pa je pred podorom rasel bukov gozd.

Podorno gradivo je v osrednjem, največjem delu melišča prekrilo več kot 150 višinskih metrov gozda. Skupaj je podorno gradivo pod steno zasulo 0,14 km$^2$ veliko območje, njegova prostornina pa dosega več kot milijon kubičnih metrov.

Na melišču so velike podorne skale, ki merijo približno 300 m$^3$, prevladujejo pa manjše skale, kar je verjetno posledica velike višinske razlike med mestom odloma in mestom odložitve. To priča tudi o veliki kinetični energiji, ki so jo bloki imeli ob udarcu na sedanje melišče. Večina skal ne presega velikosti 20–30 m$^3$. Na večjih podornih skalah je bilo opaziti tektonske drse, kar priča, da so se skale odlomile ob kakšni razpoki ali lokalni tektonski deformaciji.

Nekateri večji podorni bloki so prodrli globlje v gozd. Ob markirani poti proti bivaku na Črniku je na nadmorski višini 1050 m približno 25 m$^3$ velik podorni blok, ki se je zaustavil šele po 100 višinskih metrih poti skozi strnjeni gozd.

Plasti skladovitega dachsteinskega apnenca z vložki dolomita (Buser 1986), ki gradijo Krnsko pogorje, niso vzporedne s pobočjem, pač pa imajo smer pod kotom 94° proti vzhodu in naklon 15°. V krnski steni plastovitost ni bila pomembnejši vzrok za skalne podore tako kot je bilo to pri podorih v dolini Lepene. Skalni podori in odlomi v jugozahodni krnski steni so nastali na previsih ali v strmi steni.




*Slika 43: Slika prikazuje skladno travnato pobočje Krna na jugu, neskladno in podorno ogroženo pobočje na zahodu ter močno kraško preoblikovano površje na severu. Pod zahodno steno je vidno melišče, ki je nastalo ob potresu leta 1998 (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005).*

V bukovem gozdu, ki porašča podorno gradivo iz dachsteinskega apnenca, v podlagi pa je rdečkasti ploščati apnenec, je veliko fosilnih podornih blokov, ki jim lahko najdemo vse do Drežnice. Nekateri merijo tudi več kot 500 $m^3$, spet drugi so lahko ledeniški balvani. O prisotnosti poledenitve priča značilno oblikovana dolina z amfiteatralnim koncem med Kukom (1224 m) na zahodu in Črnikom (1160 m) na. Tam sta se v ledeni dobi zbirala sneg in led z okoliških pobočij, zdaj pa je na istem mestu podorno gradivo skalnih podorov iz leta 1998.



MATIJA ZORN

*Slika 44: Skalni podori pod Krnom.*

5.4.7.2 Skalni podori na Osojnici

Podori na Osojnici so zajeli čez 30 ha veliko območje (Komac, Zorn 2002a, 12). Nastali so v tektonsko močno poškodovanem in dolomitiziranem dachsteinskem apnencu. Najpogostejši so bili zdrsi po različno usmerjenih sistemih razpok v močno razpokani kamnini, za katere so značilni odlomni robovi zelo nepravilnih oblik.

Učinki potresa so bili še posebno veliki v širši okolici izvira Tolminke, saj je tam ob potresu nastalo več kot 50 različnih velikih podorov, ki imajo nepravilne odlomne robove (Vidrih, Ribičič 1998, 373; Vidrih 1998, 112–114).

Največji skalni podori so nastali na Osojnici. Gora je ostala brez vrha, močno so bila spremenjena tri pobočja. Skalni podor je uničil planinsko pot, ki vodi proti izviru Tolminke. Nekoliko manjši podor z iste gore je ogrozil lovsko kočo pri izviru Tolminke, ki pa je ostala nepoškodovana. Tretji podor je nastal na nasprotni strani gore (Vidrih 1998, 12–14; Ribičič, Vidrih 1998a, 52–53; Vidrih, Ribičič 1999, 113).

5.4.7.3 Skalni podor s Šije

Klinasti zdrs z grebena Šije je nad kmetijo V Koncu nastal vzdolž lezike in tektonske razpoke, ki se sekata in sta nagnjeni v smeri pobočja, ter zgornje, nepravilne in skoraj navpično nagnjene odlomne razpoke. Ob potresu je prišlo do dinamičnih obremenitev, zato je teža klina presegla vezni odpor na navpični razpoki in trenjske odpore na obeh drsnih ploskvah. Klin je drsel do navpične previsnice in se prek nje lomil v velike skalne bloke, ki so se ob padcu na vznožje previsa razbili. Pod podorom je nastalo melišče, ki se končuje v gozdu nad dolino (Vidrih, Ribičič 1998, 373; Vidrih 1998, 109–110; Ribičič, Vidrih 1998a, 51–52; Vidrih, Ribičič 1999, 111).




*Slika 45: Ob potresu leta 1998 se je v dolini Tolminke podrlo južno, vzhodno in severno pobočje Osojnice (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005).*

5.4.7.4 Skalni podor na Lemežu

Skalni podor je nastal na območju močno razpokane kamnine. Razpoklinski sistemi so bili zaradi mehanskega preperevanja še dodatno razrahljani, strižna trdnost ob razpokah pa zmanjšana. Ob tresljajih potresnih sunkov je prišlo do zdrsa ob spodnji strmo nagnjeni leziki apnenčastih skladov in ob dveh skoraj navpičnih razpoklinskih sistemih. Gradivo je najprej zdrselo po prvi ploskvi plastovitosti prek previsa na drugo, že zglajeno ploskev skladovitega apnenca. Na desni se je gradivo odbilo od navpičnih sten, tako da je bil pas padajočega skalovja zelo ozek. Prek zadnjega melišča se je močno zdrobljeno gradivo zrušilo na melišče v dolini. Padajoče gmote na poti ni nič oviralo, saj so bile lezike in vmesni previsi zaradi pogostih snežnih plazov očiščeni. Hitrost padajoče gmote je bila zelo velika. Ob padcu



MATIJA ZORN

*Slika 46: Skalni podor na Osojnici leta 1998.*



MATIJA ZORN

*Slika 47: Skalni podor na Osojnici leta 2005.*



MATIJA ZORN

*Slika 48: Klinasti zdrs z grebena Šije, ki je nastal v dolini Lepene ob potresu 12. 4. 1998.*



KAREL NATEK

*Slika 49: Odlomno mesto skalnega podora na Lemežu.*

na melišče je nastal velik hrup, dvignil se je rumen oblak, ki je zatemnil dolino. Ob podoru je nastal zračni udar. Zračni piš s hitrostjo približno 300 km na h je prevrnil vse smreke neposredno pod meliščem in nato v dveh krakih udaril prek smrekovega gozda. Prvi, približno 15 m širok piš je povzročil, da so se drevesa v ozkem pasu zvrnila v isto smer. Drugi krak je sledil strugi potoka, ki izvira pod meliščem, in udaril na travnik ob kmetiji V koncu, kjer je dvignil streho lope in jo premaknil za približno 2 m (Vidrih, Ribičič 1998, 373; Vidrih 1998, 110; Ribičič, Vidrih 1998a, 54; Vidrih, Ribičič 1999, 114).

### 5.4.7.5 Drugi skalni podori v Krnskem pogorju

Med največje skalne podore, ki so nastali ob potresu, spada podor s kote 1776 nad dolino Lepene. Skalni podori so nastali tudi ob Krnskih jezerih, največji pa je zgrmel z 1939 m visokega Malega Šmohorja (Vidrih 1998, 111–112).

Jugovzhodno od doline Lepene in Lemeža je med Vršičem (1897 m), Krnčico (2142 m) in Krnom (2244 m) greben dinarske smeri, na katerem so ob potresu nastali številni skalni podori. Pogosti so bili predvsem v zahodnih oziroma jugozahodnih pobočjih pod Krnom in v severnih pobočjih pod Vršičem oziroma med Vršičem in Lipnikom (1867 m).

## 5.4.8 SKALNI PODOR V POLOGU

Dne 10. maja 2004 je v dolini Tolminke v Pologu, prav nasproti znamenite cerkvice Sv. Duha v Javorci, nastal skalni podor. Nastal je na območju, kjer je že prej prihajalo do podiranja. O tem priča melišče.




*Slika 50: Skalni podor v dolini Tolminke pri planini Polog (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005).*

Skalni podor je nastal na območju močno pretrte kamnine. Levo od podora je na sredi pobočja skoraj navpičen prelom. Odlomna stena je iz plastovite in močno nagubane kamnine, plasti pa vpadajo v pobočje. Pojav je podoben skalnemu podoru v Koseču, le da tukaj ne poteka geološka meja s spodnjekrednim flišem (Komac, Zorn 2002b).

V zaledju so nastajale napetostne razpoke, ob katerih je gradivo zdrsnilo v nižjo lego. Podorno gradivo se je na pobočju razporedilo v obliki treh jezikov. Na teh območjih je popolnoma uničeno rastlinstvo, razen tam, kjer je že prej bilo melišče. Odnesena je bila prst, skalni podor pa je poškodoval gozd na pobočju in planinsko pot, ki vodi s Čadrga v dolino Tolminke.

Zaradi velikih sprememb na območju skalnega podora, ki je popolnoma uničil prst in rastlinstvo, začenjajo pedogenetski procesi delovati od začetka, prav tako se je od začetka vzpostavila ekološka



MATIJA ZORN

*Slika 51: Skalni podor s cerkvico Sv. Duha v Javorci v ospredju.*



BLAŽ KOMAC

*Slika 52: Za podornim gradivom je nastalo jezero.*

sukcesija. Ponekod sta bila prst in rastlinstvo poškodovana tudi na desnem bregu Tolminke, saj so skale padle tudi do 10 m nad strugo. Ob trku podornega gradiva ob police v steni so nastale reliefne poškodbe, na katerih so se pojavili sekundarni odlomi. Del gradiva se je v obliki melišč odložil že na pobočju, večina pa v dolini Tolminke.

Pri tem je nastal zanimiv pojav. Podorno gradivo je zajezilo Tolminko. Najprej je nastalo nekaj metrov globoko in nekaj sto metrov dolgo jezero. Reka je sprva tekla skozi podorno gradivo, ki je zelo prepustno, saj ga sestavljajo različno veliki kamninski bloki. Čez čas si je izdolbla strugo in tekla čezenj. Takšna jezera ponavadi niso dolgotrajna. Do preboja podornih pregrad pogosto pride v obliki katastrofalnih dogodkov, ki pokrajino preoblikujejo bolj kot sami podori (Abele 1971, 170).

Z nastankom in izginotjem takšnih jezer je povezanih še več pokrajinskih učinkov. Na dnu jezera so se v obliki delte odlagali prod in drobnozrnati jezerski sedimenti. Reka se je za pregrado začela vrezovati v jezerske sedimente in nastale so majhne rečne terase.

Pod podorom je bila rečna struga močno spremenjena, saj je tam Tolminka odložila nekaj tisoč kubičnih metrov gradiva. Udarni val je popolnoma spremenil strugo pod pregrado. Ker se je reka kmalu znova vrezala v nasuto gradivo, je nastala nova rečna terasa. Poglabljanje v sekundarno prestavljeno gradivo je bilo zelo hitro in je potekalo s hitrostjo približno decimeter na dan (meter v desetih dneh). Reka je imela namreč veliko erozijsko moč, saj je morala doseči krajevno erozijsko bazo. Z mesta odložitve je v nižje lege prenesla velike količine gradiva in ga nižje v dolini odložila na razdalji nekaj sto metrov.

Vrezovanje reke v jezerske sedimente in v podorno gradivo povzroči, da vodotok le redko ponovno naleti na staro strugo. Ko naleti na matično osnovo, si pogosteje epigenetsko vreže novo strugo (Abele 1971, 184).

Podorno jezero je povzročilo krajevni dvig talne vode, ki je prepojila pobočja ob jezeru. Na desnem bregu so bila zalita pobočja porasla s travo in gozdom. Ko je jezero odteklo, je raven talne vode upadla.

### 5.4.9 SKALNI PODORI, NASTALI OB POTRESU 12. 7. 2004

Potres julija 2004 je v Zgornjem Posočju povzročil veliko gmotno škodo, narave pa ni močno prizadel, saj je ob njem nastalo le nekaj deset manjših skalnih podorov. Vzroka za to sta majhna intenziteta potresa (Vidrih 2006) in dejstvo, da je v Julijskih Alpah veliko razrahljanega in preperelega gradiva v nižje lege zgrmelo že ob potresu leta 1998 (Černuta, Komac 2007).

#### 5.4.9.1 Skalni podor v Loški steni

Dan po potresu julija 2004 je skalni podor nastal vrh Loške stene, gorskega masiva med Koritnico in Bavšico. Čeprav ne gre za velik naravni pojav, nas je podor opozoril na dejstvo, da naravni procesi z »majhnimi koraki« tako rekoč pred našimi očmi nenehno spreminjajo pokrajinsko podobo.

Skalni podor v Loški steni je nastal 13. julija 2004 približno ob 10. uri. Z vrha Loške stene se je tik ob izhodu plezalne Lovske smeri odlomila skalna gmota velikosti vsaj nekaj sto kubičnih metrov. Gradivo je najprej zgrmelo čez dvestometrsko navpično apnenčasto steno, potem pa zadelo ob položnejše dolomitno pobočje. Skale so se raztreščile v drobne kosce, sprostila se je silna energija. Gradivo se je z veliko hitrostjo kotalilo navzdol po strmem pobočju in na njem popolnoma uničilo rastlinstvo. Nastal je velik hrup, ki ga je bilo mogoče slišati v približno kilometer oddaljeni stavbi hidroelektrarne Log.

V spodnjem delu stene se je kamninska gmota raztreščila v velik oblak prahu, ki je se hitro širil navzdol in navzven. Zaradi velike hitrosti kamninskih delcev je bil zelo podoben oblaku, ki običajno nastane ob eksploziji. Približno ob 10 uri 20 minut je zgornji del prašnega oblaka dosegel višino Petričevca (1217 m), najgostejši pa je bil približno 550 m nad dolinskim dnom.

Sčasoma je iz gostega oblaka nastala sicer še vedno kompaktna meglica iz drobnih delcev. Dosegla je Log pod Mangartom, ki je od stene oddaljen približno kilometer in pol zračne razdalje, 20 minut pozneje pa se je razprostrla čez celotno dolino Koritnice do vznožja Ovčje gore.



ROMEO ČERNUTA

*Slika 53: Skalni podor v Loški steni tik po sprožitvi.*



ROMEO ČERNUTA

*Slika 54: Na silno energijo podora lahko sklepamo po oblaku prahu v spodnjem delu, podobni oblakom, ki nastanejo ob eksplozijah.*

### 5.4.10 SKALNI PODORI V KAMNIŠKO-SAVINJSKIH ALPAH

V dolini Kamniške Bistrice se je v Čemažarjevem turnu (1609 m) podrl večji del stene pod Kalcami, kar je dobro vidno z gozdne ceste proti Žagani peči. Podrl se je spodnji del smeri, imenovane »Š«. Vsako leto iz stene še vedno odpade nekaj kubičnih metrov skale (Golob, Hrvatin 1996, 43). Na območju pod Kalcami, imenovanem Hlev, je nastal skalni podor, ki je dobro viden od Doma v Kamniški Bistrici (601 m). Skalni podori ogrožajo tudi ledenik pod Skuto. Nanj neprestano padajo manjši ali večji kamninski delci, še posebej iz pretrtega rdečkastega ostenja jugozahodno nad zgornjim robom ledenika. Kamninsko gradivo ščiti pod njim ležeče plasti ledu pred sončnim sevanjem. Na začetku aprila 2002 je nastal podor na zahodnem pobočju Velikega Zvoha (1971 m) nad Roblekovim kotom (Zorn 2002a).

### 5.4.11 SKALNI PODORI V KARAVANKAH

Novejši odlomi so pogosti na severnih pobočjih Karavank, katerih glavnina je v Republiki Avstriji. Pri nas so podorno najbolj ogrožena severna in vzhodna pobočja Begunjščice, kjer so obsežna melišča (ledinski imeni Šentanski in Begunjški plaz). Zaradi snežnega plazu so nad cesto na Ljubelj zgradili galerijo. Ogroženi so tudi območji Belščice vzhodno od Stola (2236 m) in zgornjega dela Suhega ruševja, pa tudi severni, južni in zahodni del Zajmenovih peči vse do Velikega vrha na Košuti.

## 5.5 ZEMELJSKI PLAZ

### 5.5.1 OPREDELITEV ZEMELJSKIH PLAZOV

Izraz zemeljski plaz ima več pomenskih razločkov. V najširšem smislu pomeni premik gmote kamenja, prsti, preperine s polzenjem, plazenjem ali tokom. Pomeni tudi nanos gradiva, ki je nastal s plazenjem, označuje pa še vdolbino na območju ali območje, kjer se pogosto prožijo plazovi.

V Sloveniji je aktivnih prek 8000 zemeljskih plazov, kar pomeni gostoto 0,4 plazu na kvadratni kilometer. Kar četrtina med njimi ogroža infrastrukturo in/ali objekte. V Sloveniji je največji znani pobočni proces v ožjem smislu besede, kot ga obravnavamo v tem delu, pri čemer so izključena počasna premikanja preperine in nesprijete kamnine s polzenjem, prazgodovinski podor Kuntri na južnem pobočju Polovnika v Julijskih Alpah, ki ima prostornino 200.000.000 $m^3$ (Melik 1962; Zorn 2002a).

### 5.5.2 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA PLAZENJE

Poglavitne dejavnike, ki vplivajo na pobočne procese, smo opisali že v poglavju o skalnih podorih. Zato na tem mestu podrobneje obravnavamo le vpliv obilnih in intenzivnih padavin na plazenje; najpogosteje ga namreč sprožijo prav obilne in dolgotrajne padavine.

Obilica vode premoči preperino, kar poveča vzgonski tlak in zmanjša medzrnske sile vzdolž drsne ploskve. S tem se poruši ravnovesje na pobočju in poveča možnost zdrsa. Sprožitev plazov ni nujno neposredno povezana z ravnijo podtalnice, toda začetna vsebnost vode v tleh ima pri sprožitvi pomembno vlogo, saj zmanjša potrebno mejno količino padavin (Govi, Sorzana 1980, 52; Komac 2005b, 264, 275). Povprečna letna količina padavin neposredno ne vpliva na plazenje oziroma vpliva le v kombinaciji s kratkotrajnimi intenzivnimi padavinami (Komac 2005b, 276). Govi in Sorzana (1980, 59) ugotavljata, da so pragovi za sprožitev plazenja na enaki litološki osnovi in podobnem reliefu odvisni zlasti od količine letnih padavin. Vendar pri enaki količini padavin na različnih območjih z isto kamninsko podlago in reliefom nastanejo različne nestabilnosti.

Splošno krivuljo za določitev mejne vrednosti padavin ali pragu, pri katerem pride do plazenja zaradi intenzivnih padavin, opisuje enačba (Caine 1980, 23): $I = 14{,}82D^{-0{,}39}$, pri čemer je I = intenziteta padavin (mm na h), D pa trajanje padavin (h).

Mejna količina padavin za sprožitev plazenja je v Sloveniji od 100 do 150 mm pri 24-urnih padavinah in od 130 do 180 mm pri 48-urnih padavinah (Komac 2005b, 275–276). Velikostni razred, to je intenzivnost padavin približno 150 mm v 24 urah, ustreza podatkom od drugod, mejne vrednosti pa se razlikujejo glede na litostratigrafske enote.

*Preglednica 19: Nekateri podatki o kritičnih količinah padavin, potrebnih za plazenje (Komac 2005b, 264).*

| količina kritičnih padavin v mm na 24 ur | območje | vir |
|---|---|---|
| 100–200 | Portoriko | Larsen, Simon (1993) |
| 120 | Britanska Kolumbija, Kanada | Chatwin (1994) |
| > 100 | Kantabrija, Španija | González, Díez (1995) |
| 180–190 | vzhodni Pireneji | Gallart, Clotet (1988); Corominas, Moya (1999) |
| 140–300 | Nova Zelandija | Glade (1998) |
| 140–160 | Oregon, ZDA | Montgomery in ostali (2000) |
| 171 | Montserrat | Marquès in ostali (2001) |
| 125, 137, 75 | San Mateo, Kalifornija, ZDA | Casadei in ostali (2003) |
| 130 | Majorka, Španija | Ruiz, Garcia (2003) |
| 62–164 | območje Lizbone, Portugalska | Zezere in ostali (2005) |
| 100–150 | Slovenija | Komac (2005) |

Intenzivne padavine so v Sloveniji že povzročile številne zemeljske plazove, na primer v Halozah in dolini Lahomnice leta 1989, v občinah Pesnica, Slovenska Bistrica in Ptuj novembra leta 1991, v Logu pod Mangartom in nad Lokavcem leta 2000 ter v vzhodni Sloveniji avgusta 2005 in spomladi 2006.

O povezavi med intenzivnimi padavinami in plazenjem na flišu poroča številna literatura (Govi, Sorzana 1980; Gorczyca 2000). V Liguriji v severni Italiji je oktobra in novembra 2000 v 45 dneh padlo več kot 1000 mm padavin, deževno obdobje pa se je končalo 23. novembra, ko je v 24 urah padlo 180 mm padavin. V tem času se je sprožilo čez 1200 zemeljskih plazov. Plazenje je potekalo na okrog 0,3 % prizadetega območja. Plazovi so se praviloma prožili od 8 do 10 ur po začetku intenzivnih padavin, najbolj pa so bili aktivni pri intenziteti padavin od 8 do 10 mm na h. Pri vrednotenju tega praga je treba upoštevati predhodno namočenost podlage. Plazovi s podobno gostoto so nastajali tako v flišu kot v pleistocenskih sedimentih (Guzzetti in ostali 2004). Da litologija ob izrednih padavinskih dogodkih »… *nima znatnega vpliva na število plazov* …« sta za severozahodno Italijo ugotovila že Govi in Sorzana (1980, 57).

V Liguriji je do podobnega dogodka prišlo že leta 1910, ko se je na majhnem območju sprožilo 690 plazov. Na istem območju je leta 2000 nastalo 273 plazov, ki so povzročili za približno 13 milijonov evrov škode, kar je šestnajstkrat več od škode, nastale leta 1910, čeprav se je takrat sprožilo bistveno več plazov. Poglavitni razlogi takšnega nesorazmerja so spremembe rabe tal, gospodarske in družbene spremembe, večja gostota prebivalcev ter večja vrednost stavb in infrastrukture (Guzzetti in ostali 2004, 244).

O plazenju ob intenzivnih padavinah poročajo tudi s flišnega dela Karpatov. Ti obsegajo le 6 % površja Poljske, a se v njih sproži več kot 90 % vseh pobočnih procesov v državi. V času od 4. do 9. julija in od 18. do 20. julija 1997 se je ob intenzivnih padavinah sprožilo prek 500 zemeljskih plazov (Mrozek, Rączkowski, Limanówka 2000, 89, 95, 108–109). Med 4. in 9. julijem je v minuti padlo povprečno 0,123 mm padavin, 9. julija pa kar 0,504 mm padavin. V poljskih flišnih Karpatih je bila ugotovljena pozitivna zveza med pojavljanjem plazov in krajevnimi nalivi (Gorczyca 2000, 653). Med 4. in 8. julijem 1997 so bile intenzivne padavine tudi v čeških flišnih Karpatih, kjer so na eni izmed postaj namerili

*Preglednica 20: Mejne količine dnevnih padavin za izbrane litostratigrafske enote (prirejeno po Komac 2005b, 277).*

| kamnina | starost | mejna količina padavin v mm |
|---|---|---|
| skrilavi glinavec, meljevec, laporovec, peščenjak, konglomerat, breča, tuf | srednji trias | 100–150 |
| skrilavi glinavec, kremenov peščenjak, kremenov konglomerat, vložki apnenca | zgornji karbon | |
| laporovec, pesek, prod, peščenjak in konglomerat | zgornji miocen | |
| laporovec | srednji miocen | |
| keratofir, kremenov keratofir, porfir, porfirit, tufi | srednji trias | |
| lapornata glina (sivica) | srednji in zgornji oligocen | |
| glineni laporovec, pesek, prod in glina | zgornji miocen | |
| pesek, peščenjak in laporovec | srednji in spodnji miocen | |
| konglomerat, peščenjak in lapor (ivniške plasti) | srednji in spodnji miocen | |
| litotamnijski apnenec, lapornati apnenec, laporovec | srednji miocen | |
| rdeči in sivi peščenjak, glinavec, konglomerat (grödenska formacija) | srednji perm | 150–200 |
| rudniška jalovina | antropogeni recentni sediment | |
| preperina, zlasti glina s kosi kamnin | kvartar | |
| menjavanje glinavca in peščenjaka, tuf, tufit, breča in ploščati apnenec | zgornji trias | |
| menjavanje dolomita in laporovca, boksit (borovniške plasti) | zgornji trias | |
| menjavanje skrilavega glinavca in kremenovega peščenjaka, kremenov konglomerat | spodnji perm in zgornji karbon | |
| glina, melj, pesek, premog | pliocen | |
| glina, melj s prodniki kremena in silikatnih kamnin | pliocen in pleistocen | |
| pesek, melj, peščenjak, meljevec in konglomerat | srednji miocen | |
| menjavanje andezitnega tufa, tufita in laporovca | srednji oligocen | |
| pesek in glina | zgornji miocen in spodnji pliocen | |
| prod, pesek, laporovec, lapornati apnenec, peščenjak, glina in premog (psevdosoteške plasti) | srednji oligocen | |
| serpentinit | spodnja kreda | |
| menjavanje skrilavega glinavca in kremenovega peščenjaka, kremenov konglomerat, vložki apnenca | spodnji perm | 200–250 |
| diabaz, tuf | srednji trias | |
| filitoidni skrilavec z vložki diabaza in marmorja (štalenskogorska formacija) | devon–silur | |
| pobočni grušč | kvartar | |
| menjavanje skrilavega glinavca in breče, vložki plastnatega apnenca | spodnji karbon | 350–400 |
| skrilavi glinavec z roženci, laporovec in apnenec | srednja in zgornja jura | 400–450 |

375 mm padavin; julija je padlo kar 70 % padavin letnega povprečja (Krejčí in ostali 2002, 1569–1570). Plitvi zemeljski plazovi oziroma usadi, ki so zajeli le preperino, so se prožili ne glede na kamninsko podlago. Ugotovili so, da je kar 40 % plazov nastalo na območjih starejših plazov. Največ plazov je nastalo v srednjih in spodnjih delih pobočij (prim. Chang, Chiang in Hsu 2007). Kar 71 % plazov je nastalo na površju z naklonom 10–20°. Litološke meje in druge geološke strukture so vplivale na nastanek 14 % plazov, človek pa je bil soodgovoren le za nastanek petnajstine plazov (Krejčí in ostali 2002, 1568–1569, 1571).

### 5.5.3 NASTANEK ZEMELJSKIH PLAZOV

Premik zemeljskih gmot, zlasti prsti in preperine, lahko pa tudi zgornjega dela trdne kamnine v nižjo lego, je posledica različnih dejavnikov.

Za plazenje sta, podobno kot za skalne podore, pomembna zlasti dva dejavnika ali vzroka, to je zemeljska težnost in trdnost kamnine ali gradiva. Zemeljska težnost povzroča premikanje gradiva v nižjo lego, trdnost gradiva pa to preprečuje.

Razmerje med učinki teh dveh dejavnikov se spreminja zaradi vsebnosti vode, ki obteži pobočje in vpliva na sprijetost gradiva. Na proženje lahko vpliva tudi človek. Če se torej na pobočju zaradi povečane vsebnosti vode spremeni teža gradiva, narašča notranji upor ali sprijetost gradiva. Notranji upor lahko narašča le do določene meje, ki jo opredeljuje najvišji notranji upor. Ko je ta presežen, pobočje postane nestabilno in gradivo se hipoma ali počasi premakne v nižjo lego. O zemeljskem plazu govorimo, ko je začetni zdrs hiter in so v naravi opazni njegovi učinki. Do zdrsa pride vzdolž ploskve znotraj gradiva, ob kateri je vrednost notranjega ali strižnega upora manjša od komponente sile teže, ki deluje v smeri pobočja.

Pri trdnih kamninah je pobočje stabilno tudi, če je naklon večji od kota notranjega trenja. K stabilnosti pripomore večja kohezivnost gradiva, ki pa vpliva le do določene višine pobočja. Zato lahko v tem primeru govorimo o kritični višini pobočja, ki še omogoča njegovo stabilnost. Če se ravnovesje poruši, se znova vzpostavi ob manjšem naklonu. V idealnih razmerah je drsna ploskev zemeljskih plazov krožne ali kroglaste oblike in ni vzporedna s pobočjem. Takšne drsne ploskve so v naravi redke zaradi nehomogenosti in številnih dejavnikov, ki vplivajo na plazenje oziroma na zmanjšanje strižnega odpora.

V nesprijetem gradivu je pri ničelni normalni napetosti strižni tlak enak nič, kar pomeni, da kohezije ni (Easterbrook 1999, 62). Zato je pomembno razmerje med kotom notranjega trenja (ali strižnega kota), kohezivnostjo gradiva in silo težnosti. Stabilnost pobočja v nesprijetem gradivu je odvisna od kota notranjega trenja. Pobočje je nestabilno, ko je naklon pobočja večji od kota notranjega trenja. Ko sta sili enaki, je pobočje v ravnovesju. Notranjo trdnost gradiva torej nadomesti strižna trdnost vzdolž drsne ploskve (Hoek, Bray 1977, 22; Dolšina 1990, 9; Ribičič 2001a).

Na nagnjeni površini teža plazu ($F_g$) razpade v dve komponenti. Prva je vzporedna s pobočjem ($F_1 = Fg \sin\alpha$), normalna sila pa je pravokotna nanjo ($F_2 = F_g \cos\alpha$). Da je neko telo na pobočju stabilno oziroma je v mejnem ravnovesju, mora veljati naslednja fizikalna zakonitost (Hoek, Bray 1977, 24; Dolšina 1990, 10):

- $F_1$ (najvišji strižni upor) = cA (kohezivnost) + $F_2$ (normalna komponenta najvišjega strižnega upora) $tg\varphi > F_g \sin\alpha = cA + F_g \cos\alpha\ tg\varphi$.

  Če je c (kohezivnost) = 0 in $\alpha = \varphi$, potem velja enačba (pogoj stabilnosti):
- $F_g \sin\alpha = F_g \cos\alpha\ tg\alpha$;
- $F_g \sin\alpha = F_g \sin\alpha > 1 = 1$.

Na podlagi te formule lahko izračunamo varnostni količnik (F), definiran kot razmerje med celotno silo, ki se upira drsenju (najvišji strižni upor) in celotno silo, ki povzroča drsenje. Izračunamo ga lahko na različne načine, na primer:

- $F = (cA + F_2\ tg\varphi) : F_1 > F = (cA + F_g \cos\alpha\ tg\varphi) : F_g \sin\alpha$.

  Če velja:
- F = 1, to pomeni, da so si sile v ravnovesju in da je pobočje na meji stabilnosti (glej izpeljavo prejšnje formule);
- F > 1, je pobočje stabilno;
- F < 1, pobočje ni stabilno;

Na pobočjih je pogosto sekundarno plazenje. Gre za zaporedno ali postopno proženje zemeljskih plazov, ki poteka navzgor ali navzdol po pobočju. Plazenje sestavlja več zaporednih plazov, ki so nastali potem, ko je prvi plaz povzročil nestabilnost pobočja in so zaradi pomanjkanja opore nad njim nastali novi (Ribičič 2001, 35).

Na nastanek zemeljskih plazov pa močno vpliva voda, ki zmanjša notranji upor. To se najpogosteje zgodi s preperevanjem, neredko pa tudi zaradi vzgona talne vode. Pri meljevcih in skrilavih glinavcih sta namreč trenje in kohezija odvisna od vsebnosti vode v polnilu razpok (Hoek, Bray 1977, 25–26; Dolšina 1990, 11).

Voda na stiku dveh površin zmanjša normalno silo za silo vzgona ($F_u$). Zmanjša se celotna strižna trdnost in velja tako imenovani efektivni strižni zakon:

- $\tau = c + \sigma - F_u) \operatorname{tg}\varphi$.

Če je drsna ploskev zemeljskega plazu zapolnjena z vodo, velja naslednja fizikalna zakonitost:

- $F_1 + F_v = cA + (F_2 - F_u) \operatorname{tg}\varphi > F_g \sin\alpha + F_v = cA + (F_g \cos\alpha - F_u) \operatorname{tg}\varphi$.

Vodni tlak v razpoki narašča linearno z globino, skupna sila $F_v$ pa deluje na kamninski blok in ga sili navzdol. Vodni tlak na stični površini deluje s silo vzgona $F_u$, ki zmanjšuje normalno silo. S tem se zmanjša strižna trdnost in poveča sila, ki povzroča drsenje. Sili $F_u$ in $F_v$ povzročita zmanjšanje stabilnosti. Čeprav je vodni tlak na drsnih ploskvah majhen, postanejo sile velike, saj lahko deluje na velikih površinah (Hoek, Bray 1977, 26; Dolšina 1990, 12).

Pri preperinskih plazovih je drsna ploskev povečini na stiku prepereline s podlago, kjer je gradivo manj odporno na strig. Vzrok za to je pronicanje talne vode vzdolž stika, ki odnaša gradivo. Zaradi spremembe kemičnih razmer, ki je posledica mešanja vode iz prepereline in podlage, prihaja do odlaganja koloidnih delcev. Pri tem nastane do nekaj milimetrov debela plast drobnozrnatega gradiva, iz katere lahko ob povečani obtežitvi nastane drsna ploskev.

Zemeljski plazovi pogosto nastanejo tudi zaradi delovanja površinske vode, ki spodkopava pobočja z globinsko ali bočno erozijo.

### 5.5.4 VRSTE ZEMELJSKIH PLAZOV

Zemeljske plazove delimo glede na različne lastnosti. Najbolj običajna je delitev glede na sestavo gradiva. Praviloma se s plazenjem premakne nevezano gradivo, preperina. Na takšen način se lahko premakne tudi trdna kamnina. Takšen premik poteka vzdolž drsne ploskve znotraj kamnine, na primer vzdolž kamninskih plasti, ali na stiku z drugo kamnino. Pojav prištevamo k skalnim podorom in ga v geografiji imenujemo kamniti zdrs.

Glede na hitrost razlikujemo trenutne zdrse, hitro plazenje, ki poteka s hitrostjo nekaj centimetrov na uro, in počasno plazenje, ki poteka s hitrostjo nekaj milimetrov na uro. Zemeljski plaz se lahko giblje s prekinitvami, ki so ponavadi odvisne od zunanjih dejavnikov, na primer padavin.

Glede na velikost razlikujemo usad, ki je manjši zemeljski plaz; obsega travno rušo in do 1 m debelo plast preperine. Gradivo se premakne v enem kosu in skoraj brez deformacij. Zemeljski plaz pa je počasen premik, pri katerem se gmota med premikom tudi premeša.

Glede na globino razlikujemo plitve zemeljske plazove, ki zajamejo le preperino, globoki pa poleg preperine obsegajo tudi matično kamnino. Najglobliji zemeljski plazovi pri nas dosegajo globino več deset metrov, plitvi pa so povečini globoki le nekaj metrov. Inženirsko-geološka razvrstitev zemeljskih plazov glede na globino razlikuje (Ribičič 2001a, 43):

- zdrs humusa (0–0,5 m),
- plitev plaz (0,5–2 m),
- srednje globok plaz (2–5 m),
- globok plaz (5–10 m) in
- zelo globok plaz (več deset, tudi več kot 100 m).

Po načinu premikanja razlikujemo rotacijsko in translacijsko plazenje. Najpogostejši so rotacijski zemeljski plazovi s krožno drsno ploskvijo. Nastanejo v homogenih kamninah oziroma preperini, ki jih sestavljajo glinasti, meljasti ali peščeni sedimenti. Za translacijske zemeljske plazove je značilno, da je drsna ploskev vsaj približno vzporedna s pobočjem, zato pride do premika gradiva v enem kosu.

Več vrst zemeljskih plazov razlikujemo tudi glede na vrsto gradiva. Splazijo lahko glina, melj, pesek, prod, grušč, prst, preperina, jalovina. Zemeljski plazovi zelo pogosto vsebujejo raznoliko gradivo. Zemeljski

plaz lahko na primer vsebuje glino in peščene delce z večjimi kosi kamnine. Najpogostejši so preperinski zemeljski plazovi.

Glede na dejavnost razlikujemo aktivne, umirjene in fosilne zemeljske plazove. Aktivni zemeljski plaz se premika s krajšimi ali daljšimi prekinitvami. Umirjeni zemeljski plaz se ne premika več, star ali fosilni zemeljski plaz pa razkrivajo nagubano ali grbinasto površje, manjši krajevni zdrsi ali mokrotno površje.

### 5.5.5 SESTAVA IN LASTNOSTI ZEMELJSKIH PLAZOV

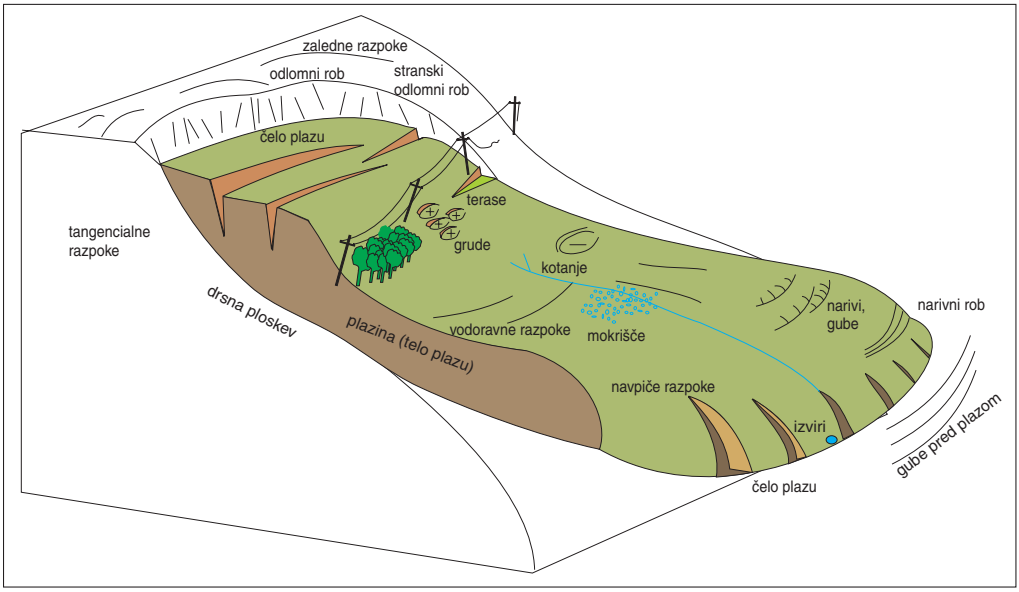
Zemeljski plaz nastane s premikom zemeljskih gmot zaradi delovanja gravitacije in drugih dejavnikov. Pri tem v zgornjem delu nastane porušna ploskev. Ker nato gradivo v nižjo lego vzdolž nje drsi, jo pogosteje imenujemo drsna ploskev.

Zemeljski plaz ima nekatere značilnosti, po katerih ga lahko razlikujemo od drugih pobočnih procesov. Zgoraj ima odlomni rob, nad katerim so pogoste natezne razpoke različne oblike in obsega. Razpoke površje razdeljujejo v grude. Odlomni rob je prva reliefna oblika, ki nastane pri plazenju in je najvišji del drsne ploskve. Ponavadi je strm in izrazit, včasih celo previsen. Ponavadi je polkrožne oblike, lahko je valovit ali nepravilnih oblik.

V zgornjem delu pod odlomnim robom je zemeljski plaz različnih oblik. Njegovo površje je lahko vbočeno, izbočeno ali premočrtno.

Stranski odlomni robovi so bolj ali manj vidni, kar je odvisno od oblike površja, kjer je nastal zemeljski plaz, pa tudi od hitrosti in načina njegovega premikanja. Na smer premikanja kažejo razpoke različnih oblik vzdolž stranskih odlomnih robov. Stranske razpoke lahko potekajo vzporedno s smerjo plazenja, lahko pa se širijo navzven in na ta način povečujejo območje plazu. Razpoke so lahko prečne ali vzdolžne oziroma radialne (Ribičič 2001a, 38).

Razpoke, vdolbine in izbokline nastanejo na površju zemeljskega plazu in ga delijo na posamezne grude. Grude so lahko nespremenjene, na njih na primer še raste prvotno rastlinstvo. V osrednjem in spodnjem delu plazu pa se rastne razmere pogosto spremenijo. Tako z gubanjem in narivanjem nastanejo grebeni z vmesnimi kotanjami, v katerih se zadržuje voda.




*Slika 55: Shema zemeljskega plazu.*

Plazeča gmota je lahko različnih oblik, kar je odvisno od oblike podlage ter vrste, plastičnosti, trdnosti in namočenosti gradiva. Pri narivanju se mehko gradivo naguba, trdno pa pri plazenju na ravni, vbočeni ali izbočeni podlagi razpoka; nastanejo natezne razpoke.

Spodnji del plazu imenujemo čelo. Tam se gradivo kopiči. Pri tem se poveča trenje, zato se spremeni oblika gradiva, nastanejo razpoke in pride do gubanja. Na spodnjem delu se čelo lahko nagrbanči in izrine podlago, lahko pa sega čez njo in oblikuje narivni rob. Čelo se lahko razlije ali oblikuje v obliki jezika, pahljače.

### 5.5.6 SANACIJA ZEMELJSKIH PLAZOV

Zemeljski plaz je pobočni proces, ki verjetno najpogosteje vpliva na človeka, saj so neredko ogrožene stavbe, ceste. Čeprav bi morali več pozornosti nameniti preventivi, je najpogostejši in najučinkovitejši način ukrepanja še vedno sanacija. Z njo ublažijo posledice plazenja in v najboljšem primeru zagotovijo trajno stabilnost.

Ukrepi za trajno stabilnost obsegajo prevažanje gradiva v nižje lege, postavitev drenaž in odvajanje vode, stabilizacijo podlage ter gradbene posege, kot so zidanje pregrad in podpornih zidov (Ribičič 2001a, 69–91).

Zemeljski plaz lahko stabilizirajo z injektiranjem cementnih, silikatnih, glinastih gmot ali kemičnih snovi. Možna je še termična stabilizacija gradiva s plinom ali tekočino, pri čemer se vpihujejo žareči plini in gradivo se dobesedno speče. Te metode pri nas razmeroma redko uporabljamo. Pogostejša je mehanska stabilizacija z zbijanjem tal z udarnimi stroji.

Zemeljski plaz se lahko stabilizira še z menjavo gradiva. Najpogostejše je dodajanje skal na čelo plazu, redkejša pa zamenjava celotne gmote plazu. Z njimi lahko plaz preusmerijo ali pa gradivo prenesejo drugam. Na ta način zmanjšajo naklon pobočja, razbremenijo zgornji del plazu, pogosto pa obremenijo čelo plazu in na ta način onemogočijo njegovo premikanje. Če je voda vezana v sedimente, jo lahko odstranijo z elektroosmozo. Zemeljska dela potekajo predvsem na območjih, kjer so ogrožene stavbe ali infrastruktura. Zaradi visokih stroškov se te metode redko uporabljajo.

Pogosteje se za stabilizacijo pobočij uporabljajo gradbeni posegi. Pri tem je treba paziti na dovolj globoko temeljenje, naklon, debelino in širino objektov.

Najpogosteje se uporabljajo kamniti zidovi brez veziva, ki so zelo primerni za izdelavo manjših zidov in prenesejo velike deformacije. Njihovi slabosti sta zamudna gradnja in dejstvo, da prenesejo le majhne sile. Zato jih pogosto gradijo v nizih, ki ločijo terase. Zelo pogosto uporabljajo gabione, to je mreže v obliki kocke, ki so zapolnjene z gruščem ali prodom. Omogočajo zelo hitro gradnjo in prenesejo zelo velike deformacije. Pri manjših zemeljskih plazovih se zelo pogosto uporabljajo montažne konstrukcije ali kašte. Sestavljene so iz betonskih ali lesenih gred, ki so zapolnjene z gruščem in omogočajo dobro odvodnjavanje.

Pogosto se uporabljajo tudi podporni zidovi. Najpogostejši so armiranobetonski. Pri večjih plazovih je zidove treba sidrati v trdno podlago ali pa jih utrditi z zatego. Betonske elemente se lahko z gradivom v zaledju poveže s kovinskimi ali plastičnimi trakovi in jih na ta način armira. Trenje trakov preprečuje, da bi se zid podrl.

Ker zemeljski plazovi pogosto nastajajo v konkavnih reliefnih oblikah, je površje pogosto mokrotno. Vodo s površine plazu se odvaja z neprepustnimi jarki, ki omogočajo hiter tok. Ponavadi jih gradimo iz elementov – koritnic, kar omogoča hitro popravljanje in dodajanje. Uporabijo lahko tudi cevi.

Ko se zemeljski plaz umiri, lahko uredijo drenažo, po kateri odteka talna voda. V ta namen se lahko uporabijo drenažni jarke, zaseki, rebra, jaške, vodnjake, cevi, vrtine in rovi. Drenažni jaški so globoki do 2 m. Naredijo jih tako, da s folijo ali betonom prekrijejo njihovo dno, ga zasujejo s prodom in peskom ter na površju prekrijejo z glino. Tudi čez10 m globoke drenažne zaseke je treba izkopati z gradbenimi stroji. Drenažni vodnjaki, iz katerih črpajo vodo, omogočajo odvodnjavanje umirjenih zemeljskih plazov z neprepustno podlago. Najzahtevnejši poseg so drenažne vrtine in rovi. Vodoravne vrtine uporabljajo



MATIJA ZORN

*Slika 56: Drenaža Macesnikovega plazu.*

za odvajanje vode iz srednje prepustnega gradiva v spodnjem delu zemeljskega plazu. Drenažni rovi omogočajo odvodnjavanje umirjenih velikih zemeljskih plazov, ki jih zvečine napaja podzemna voda. Pri manjših zemeljskih plazovih se lahko dotok padavinske vode onemogoči s plastično folijo (Ribičič 2005).

### 5.5.7 ZEMELJSKI PLAZOVI V SLOVENIJI

V Sloveniji nastajajo zemeljski plazovi zlasti v pokrajinah, kjer so za njihov nastanek ugodne geološke in reliefne razmere, to pa so predvsem hribovite in gričevnate pokrajine. Zemeljski plazovi nastajajo zlasti v Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alpah ter Karavankah. Značilni so še za Škofjeloško, Idrijsko-Cerkljansko in Posavsko hribovje ter za nekatera flišna območja, kot so Koprska in Goriška brda ter Vipavska dolina. Relief preoblikujejo tudi v terciarnem gričevju severovzhodne Slovenije, ki ga gradijo laporovci in peski, ter na območjih, kjer so na površju metamorfne kamnine (Pohorje, Kobansko, Karavanke) ali

*Preglednica 21: Pomembnejši parametri večjih zemeljskih plazov v Sloveniji.*

| zemeljski plaz | površina (ha) | debelina (m) | dolžina (m) | širina (m) | nadmorska višina(m) | prostornina ($m^3$) | prostornina na prebivalca Slovenije ($m^3$ na prebivalca) | začetek plazenja | zdajšnje stanje |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Koseč | 10 | 10 | 600 | do 150 | 730–1200 | 675.000 | 0,3 | 22. 12. 2001 | stabilen |
| Slano blato | 20 | 10 | 1100 | do 200 | 360–660 | 1.000.000 | 0,5 | 18. 11. 2000 | stabilen |
| Stovžje | 25 | 10 | 900 | do 400 | 1340–1580 | 2.500.000 | 1,3 | 15. 11. 2000 | stabilen |
| Macesnik | 19 | 10–14 | 2200 | do 100 | 800–1350 | 2.000.000 | 1,5 | november 1990 | delno stabilen |

permokarbonski skrilavci (okolica Ljubljane). Plazenju niso podvržene kraške pokrajine, kotline in široke doline. Najpomembnejši vzrok za plazenje je hitro preperevanje omenjenih kamnin, pomembno vlogo pri proženju plazov pa imajo še voda, nagnjenost kamninskih plasti ali bližina vodotokov (Mikoš, Brilly, Ribičič 2004).

V Sloveniji je bilo doslej zabeleženih več kot 8000 zemeljskih plazov, verjetno pa jih je vsaj 10.000. Povečini gre za manjše in plitvejše pojave. V zadnjih desetletjih so nekateri zemeljski plazovi povzročili veliko gmotno škodo. Izstopajo zemeljski plazovi oziroma usadi v Halozah leta 1989, zemeljski plazovi v okolici Laškega (v letih 1989, 2006), zemeljski plaz Macesnik leta 1990, Slano blato leta 2000 in zemeljski plaz v Logu pod Mangartom leta 2000.

### 5.5.7.1 Pleistocenski zemeljski plaz pri Selu v Vipavski dolini

Na pobočjih pod narivnim robom Trnovskega gozda, ki ga gradi apnenec, so nekaj deset metrov debeli nanosi pobočnega grušča, večinoma pleistocenske starosti, ki so mobilni zaradi številnih izdatnih izvirov na narivnem stiku. »… *Ob vipavskem robu od Gradišča do Razdrtega in v Postojnski kadunji od Razdrtega do severno od Strahinj imamo na flišu ogromna melišča kvartarne starosti. Grušč, ki je naložen na debelo, se je krušil od strmega pobočja Nanosa in prekril flišno osnovo* …«. Breča na pobočjih je močno razpokana. Vzrok za to »… *moramo iskati v polzenju grušča in brečije v smeri nagnjenosti fliša, t. j. v smeri dna doline* …« (Leban 1950, 101–102).

Tu so mezozojske karbonatne kamnine dinarskega sveta narinjene na mlajši eocenski fliš v Vipavski dolini, vzdolž nariva pa močno tektonsko pretrte in zato podvržene preperevanju. Apnenčev grušč in breča se raztezata po pobočju navzdol v obliki velikih jezikov, ki ponekod segajo do dna dolin. Na njih so nastale značilne uravnave, ki so posledica plazenja. Grušč je ponekod debel do 50 m. Na stiku apnenca in fliša so številni izviri: »… *v celotnem obsegu Nanosa ne najdemo nikjer nobenih tekočih voda … Prvi izviri, na katere naletimo, so šele na njegovem vznožju, kjer se stikata kredni apnenec s flišem ali kvartarno nasipino* …« (Leban 1950, 104).

Podoben litološki stik je med apnenčasto Čičarijo in flišno »sivo« Istro na Hrvaškem, od koder poročajo o pogostih zemeljskih plazovih, na primer na območju Dolenje vasi blizu Lipoglava (Arbanas, Benac, Jardas 1999, 87).

Na labilnost jugozahodnega roba dinarskih visokih kraških planot kažejo številni več sto kubičnih metrov veliki skalnati bloki, raztreseni po dolgih pobočjih vse do dolinskega dna, vendar znani zgodovinski viri o tovrstnih dogodkih ne poročajo.

Pri Selu je znan ogromen pleistocenski plaz s prostornino okrog 150 milijonov $m^3$ (Popit, Košir 2003, 137). Opisal ga je že Seidl kot plaz pri Črničah, ki obsega 12 $km^2$ in sega »… *daleč preko Sela do Batuj* …« Sestavlja ga ostrorobi drobir, ponekod zlepljen v brečo (Pavlovec 1975, 55). Po Popitu in Koširju (2003, 133) je gradivo odloženo na več kot 10 $km^2$; največja širina nanosa je 3,2 km in dolžina 4,7 km. Debelina nanosa je do 55 m, v povprečju pa čez 15 m. Na podlagi radioogljikove datacije lesa iz fosilne prsti pod gradivom, ki je starejši od 42.000 let, plaz datirajo v pleistocen.

### 5.5.7.2 Zemeljski plaz Slano blato nad Lokavcem v Vipavski dolini

Po obilnih padavinah 18. 11. 2000 se je nad vasjo Lokavec v bližini Ajdovščine sprožil razmeroma velik plaz Slano blato. Tega dne so opazili, da potok Grajščak teče kalen, 22. novembra pa je plaz opazil lovski čuvaj. 1300 m dolg in od 70 do 250 m širok plaz z višinsko razliko od 270 do 340 m je zajel približno 15 ha flišnih kamnin in zaglinjenega pobočnega grušča, ki jih prekrivajo gozd in travniki. Od 3,3 do 14,3 m debel zemeljski plaz je vseboval 700.000 $m^3$ gradiva. Največja hitrost premikanja gmote je bila 100 m na dan (Kovač, Kočevar 2001; Logar in ostali 2005).

Pozneje se je utrgalo gradivo nad prvotno odlomno razpoko, tako da se je plazišče raztezalo vedno višje po pobočju. Odtod je zaradi velike vsebnosti vode odtekalo v obliki viskoznega blatnega toka,




*Slika 57: Zemeljski plaz Slano Blato ogroža Lokavec (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005).*

ki se je zaustavil po 400 višinskih metrih na nadmorski višini 460 m, v tako imenovanem Blatnem jezeru. Tam se je hitrost premikajočega gradiva upočasnila na nekaj metrov dnevno. Ko je gradivo doseglo oviro iz peščenjaka, se je plaz razcepil na dva kraka, nakar se je plaz po približno 300 m ustavil. Leta 2001 so zaradi padavin nastali manjši blatni tokovi, ki so napredovali s hitrostjo 10 m na dan. Gradivo se je nazadnje ustavilo po 330 m toka pri Grajščkovem slapu, kjer se je na koncu nakopičilo približno 170.000 $m^3$ gradiva. Pri tem so nastali številni bočni zemeljski plazovi, tako da je bilo na celotnem območju najmanj petnajst manjših plazov (Ribičič 2002; Logar in ostali 2005).

Septembra istega leta je v zgornjem delu plazu znova prišlo do drsenja, prek slapu je zdrselo novih 80.000 $m^3$ gradiva. Oktobra 2001 so nastajali tudi drobirski tokovi, ki so po Grajščkovi strugi potovali skozi Lokavec. Da bi jih ustavili, so leta 2002 nad Lokavcem zgradili kamnito pregrado. Po inženirsko-geo-

loški terminologiji spada zemeljski plaz Slano blato glede na vrsto gradiva med »viskozne blatne tokove« (Ribičič 2002).

Voda je v nižje lege prenašala velike količine blata. Ocenili so, da je potok Grajšček s pretokom 50–100 l na s pod mostom pri Kuših med 28. in 31. decembrom 2000 dnevno prenesel od 40 do 500 $m^3$ blata oziroma v štirih dneh skupaj 820 $m^3$ (Kovač, Kočevar 2001).

Zanimivo je, da se je na istem mestu plaz sprožil že pred približno 200 in pred dobrimi 100 leti. Pred 200 leti je blatni tok uničil del državne ceste (Ribičič 2002), vir iz leta 1904 pa pravi: »… *Pred par leti se je bila pričela polzeti proti Lokavcu precej obširna plast z vsemi rastlinami. Čudno je bilo gledati vse vprek in vprek zmandrano površino zemlje* …« (povzeto po Kovač, Kočevar 2001). Takrat so na vodotoku prvič postavili pregrade.

Vzrok za plazenje so bile obilne padavine v zadnjih treh mesecih leta 2000, ko so v Lokavcu namerili 990 mm padavin, kar je več kot 60 % povprečne letne višine. Samo novembra je padlo 592 mm dežja, oktobra pa 202 mm (Kovač, Kočevar 2001).

Tudi pred stoletjem so ugotovili, da »… *neprestano deževje razmoči zgornjo plast po izvirkih vedno bolj in bolj, da prične polzeti navzdol* …« (povzeto po Kovač, Kočevar 2001).

Ugotovljeno je bilo, da zemeljski plaz ob intenzivnih padavinah na odlomnem robu napaja več kot 800.000 $m^3$ vode dnevno (Kovač, Kočevar 2001). Leta 2001 je gradivo vsebovalo od 25 do 40 % vode, leta 2002 od 20 do 30 % in leta 2003 še od 7 do 15 % (Logar in drugi 2005).

V plazovini so poleg zanimivih reliefnih oblik nastali pojavi, kot so terase, izviri in kotanje z jezerci, prišlo pa je tudi do dviganja gradiva zaradi zastajanja (Kovač, Kočevar 2001).

Plaz je ogrozil vas Lokavec ob vznožju pobočja. Do določene mere so ogroženost zmanjšala obsežna sanacijska dela, kot so zajetje izvirov, črpanje in preusmeritev vode (Kovač, Kočevar 2001) ter odvoz blatnih gmot na letališče pri Ajdovščini, izdelava pregrad in vzdrževanje zapolnitvenih kotanj (Ribičič 2002). Jeseni 2001 in spomladi 2002 so s plazišča odpeljali več kot 200.000 $m^3$ gradiva (Logar in drugi 2005).

### 5.5.7.3 Zemeljski plaz nad Podrago v Vipavski dolini

Ta razmeroma velik naravni pojav je nastal 21. februarja 1969. Zima je bila snežna in mokra s pogostim zmrzovanjem in tajanjem tal. Radinja (1971, 301) ugotavlja, da se je v zgornjem delu »… *usadno površje pravzaprav bolj posedlo kot pa spolzelo. Zato so premaknjena tla ne samo nižja, temveč tudi položnejša od okolice* …«. V spodnjem delu pa je gmota splazela in se nagnetla v strmo čelo. Zemeljski plaz je vseboval približno milijon $m^3$ gradiva in obsegal 4 ha. V Podragi je porušil eno hišo, več pa jih poškodoval. Domačini so najprej opazili, da Mrzli potok teče kalen. Temu je čez nekaj ur sledil blatni tok, kmalu nato pa je naselje že doseglo 300.000 $m^3$ plazovine. Plaz se je ustalil in se naslednji dan premikal »… *le še s hitrostjo 30 do 40 km na uro* …«. Naslednjo noč se je višje na pobočju sprožil drugi usad enake velikosti. Tretji dan se je pojav umiril (Radinja 1971, 269).

Fliš v zahodni Sloveniji je zaradi vmesnih konglomeratnih in apnenčastih plasti povečini odpornejši proti plazenju kot podobne kamnine v vzhodni Sloveniji (Radinja 1971). Zato so zemeljski plazovi pogosti zlasti na skladnih pobočjih, tako je bilo tudi v tem primeru. Splazelo gmoto je sestavljala ilovica, ki je nastala s preperevanjem fliša. Poglavitni vzrok za nastanek zemeljskega plazu je poleg reliefa stik podzemne vode in matične kamnine. K temu so prispevale tudi obilne padavine. Decembra 1968 je v Podragi padlo 120 mm, januarja 1969 104 mm in februarja istega leta 177 mm padavin. V tem času je padlo za petino več padavin od dolgoletnega povprečja. Poleg tega je v tednu pred usadom šest dni deževalo, izhlapevanje pa je bilo majhno. Na pobočne procese je močno vplival tudi človek z gradnjo vinogradniških teras in steljarskega jarka (v katerega je burja nanosila listje), kopičenjem ilovnate preperine, pašo, lomljenjem peščenjaka in gradnjo cest na tem območju. Pomembna je ugotovitev, da gre pri tem pojavu bolj kot za posledico sodobnih antropogenih posegov v pokrajino za »… *zapoznel odmev na razrahljano prirodno ravnotežje iz prejšnjih faz pokrajinske preobrazbe, zlasti iz druge polovice 19. stoletja, ko sta pretirana paša in ogoličenje tal dosegli višek. V sedanji dobi pa se je podedovano labilno*

*ravnotežje nepričakovano porušilo, med drugim zaradi procesov v preperelini, ki se je jela v obnavljajoči se pokrajini hitro kopičiti. To navidezno nasprotje (usad v obnavljajoči se pokrajini) je pač posledica prepletajočih se procesov z zelo različnimi razvojnimi obdobji …*« (Radinja 1971, 308).

V dneh, ko se je sprožil usad nad Podrago, se je za približno pol metra pogreznil del ceste na Rebernicah, posedla pa so se tudi tla pri bližnjih Mančah (Radinja 1971).

#### 5.5.7.4 Zemeljski plazovi na Rebernicah

Po Rebernicah, labilnih pobočjih med Razdrtim in Podnanosom, nad dolino Močilnika, na začetku 21. stoletja gradijo avtocesto med osrednjo Slovenijo in Goriško. Ob gradnji so naleteli na več zemeljskih plazov. Eden večjih je tako imenovani zemeljski plaz Rebernice. Spomladi 2001 se je sprožil približno pol kilometra severovzhodno od vasi Lozice, v oddaljenosti 4,7–6,3 km od Razdrtega in 100 m nad regionalno cesto. Povod za plazenje je bil vkop avtoceste, vzrok pa voda, ki namaka gradivo. Nad njim je po pobočju z naklonom 15–20° začelo plazeti približno 400.000 $m^3$ pobočnega gradiva. Drsna ploskev 4 ha velikega zemeljskega plazu je od 10 do 20 m globoko. Pri tem so se nosilni stebri avtomobilske ceste premaknili za več decimetrov. Največji zemeljski plaz je nastal na območju večjega fosilnega plazu, pri zadnjih dveh od šestih stebrov viaduktov Na Polancah, ob tem pa so opazili še tri manjše. Z nasipom gradiva iz bližnjega kamnoloma v cestni usek so pozneje plazenje začasno zaustavili (Jež 2005; Zorn, Natek, Komac 2006).

#### 5.5.7.5 Macesnikov plaz

Ob ekstremnih padavinah in poplavah leta 1990 se je v Zgornji Savinjski dolini sprožilo več zemeljskih plazov. Zaradi dviga talne vode in intenzivnega izsekavanja gozda pred tridesetimi leti je na stiku



MATIJA ZORN

*Slika 58: Macesnikov plaz je prizadel tudi tako imenovano panoramsko cesto.*




*Slika 59: Macesnikov plaz (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005).*

apnencev in dolomitov s spodaj ležečim skrilavim glinavcem nastal 2200 m dolg, 100 m širok in 7–8 m globok Macesnikov plaz, ki je med največjimi v Sloveniji, saj ima prostornino 2.000.000 $m^3$.

V zemeljski plaz je v letih 1992–1993 vtekala voda, ki je sčasoma gmoto premočila do te mere, da je leta 1994 plaz začel hitro drseti. Pri tem so v spodnjem delu nastali več metrov visoki narivi plazovine (Horvat in Galič 1998).

Med letoma letoma 1994 in 2000 se je plaz s hitrostjo 0,3 metra na dan premaknil za 850 m, potem pa je njegovo napredovanje ustavil izdanek apnenca. Po prehodu skalne ovire se bo gibanje pospešilo. Plaz lahko doseže zaselek, pod katerim se dolina zoži v hudournik. Zato so hiše pod plazom ogrožene, ogrožena je tudi Solčava z 241 prebivalci.

Zemeljski plaz je leta 1994 dosegel državno, tako imenovano panoramsko cesto in jo ogrozil. Najprej so cesto zasilno popravljali z nasipavanjem, pozneje pa to ni bilo več možno in so postavili pontonski most. Pozimi 1996/97 so morali cesto prestaviti (Horvat, Galič 1998).

Zemeljski plaz so sanirali z odvodnjavanjem in izravnavanjem površja. Odvodnjavanje z jarki je bilo nujno potrebno, saj je plaz nastal pod apnenčastimi pobočji pod Olševo, kjer so številni izviri. Z izravnavanjem so želeli doseči, da bi bil naklon površja manjši od 16,7°, ki naj bi glede na geomehanske analize še omogočal stabilnost. Delo je oteževalo premikanje plazu, pri čemer so nastajale do 3 metre globoke kotanje in razpoke. Sanacijski ukrepi pa niso uspešni, saj je plaz nastal na območju 350 m širokega in 30 m globokega fosilnega plazu (Horvat, Galič 1998; Pečnik 2002).

### 5.5.7.6 Tratičnikov plaz ali plaz v Podveži

V Podvolovjeku se je ob ujmi leta 1990 sprožil Tratičnikov ali Tretičnikov plaz (Meze 1991, 41). Utrgal se je 1. novembra ob 22. uri in je okrog 20 m na debelo in 200 m na široko zaprl pot Lučnici. Plaz je porušil eno stanovanjsko hišo. V resnici je šlo za tri samostojne, vendar vzročno povezane plazove, ki so se sprožili drug za drugim. Prvi plaz se je sprožil v spodnjem delu pobočja, potegnil s sabo Tratičnikovo domačijo in zajezil strugo Lučnice. Drugi plaz se je sprožil v andezitnem drobirju in prsti višje na pobočju, na nadmorski višini 630–660 m. Bolj ali manj istočasno se je ob strmo nagnjeni leziki na severnem robu plazne kotanje utrgal še skalni podor. Plaz je v južnem delu dosegel strugo Lučnice, na severu pa je le deloma zasul prvi plaz. Nagnjenost drevja je kazala na rotirajoče gibanje plazeče gmote (Natek 1991, 64; Horvat 1993).

Za gmoto, nakopičeno v dolinski pregradi, je v nekaj urah nastalo 10–15 m globoko zajezitveno jezero s približno milijonom kubičnih metrov vode, ki je navzgor segalo 1,5 km daleč. Voda je zalila več domačij.



MATIJA ZORN

*Slika 60: Odlomni rob Tratičnikovega plazu, ki je v Podvolovljeku ustvaril dolinsko pregrado, za katero je nastalo jezero.*

Pod pregrado je Lučnica skoraj presahnila, zato so Lučani kljub temni noči brez elektrike in s prekinjenimi telefonskimi povezavami samoiniciativno zapustili hiše (Meze 1991; Kladnik 1991; Natek 1991).

Približno sedem ur zatem je Lučnica ob 5 uri 20 minut prebila zgornji del pregrade. Dvometrski poplavni val je odnesel dve hiši. V bobneči gmoti so se valila drevesa, hlodi in deli hiš. Razdejala je območje nad sotočjem s Savinjo in segla vse do spodnjega dela Luč. Ob 10. uri je val dosegel Nazarje, kjer je višino Savinje dvignil za 80 cm, ob 12. uri in 30 minut pa Laško, kjer je voda narasla za 20 cm. Zajezena voda je zahtevala smrtno žrtev, uničenih je bilo šest hiš in gospodarskih poslopij. Približno dve tretjini jezera sta se spraznili v pol ure, poplavni val pa je nižje po slabo poseljeni dolini povzročil več škode kot poplavne vode prejšnjega dne (Meze 1991, 40–41; Natek 1991, 64).

V istem času je nastal zemeljski plaz na strmem travniku kmetije Fitez v Podveži. Prodrl je do ovinka ceste, ga zasul in se ustavil malo nižje na pobočju (Meze 1991, 41).

### 5.5.7.7 Plaz v Raduhi

Zemeljski plaz v Raduhi se je utrgal ob ujmi leta 1990. Nastal je na mestu fosilnega plazu, na katerega opozarjajo polkrožna kotanja v zgornjem delu, še vidne navpične stene ob zalednih razpokah in ostanki jezika takratnega plazu v spodnjem delu. Njegovo površje je bilo težko prehodno in z veliko razmetanimi skalnimi bloki netipično oblikovano. Na to nakazuje ledinsko ime Pekel (Natek 1991, 63).

Nekaj južneje je v bližini še večji fosilni plaz, ki je spodaj širok čez 400 m. Ob dolgih polkrožnih razpokah se je utrgal na nadmorski višini 750–770 m. Spodaj je delno zasul rečno teraso Savinje.

Zemeljski plaz se je nepričakovano utrgal 3. novembra 1990 ob 20. uri 30 minut, torej več kot dva dni po poplavah. Sprožil pa se ni zaradi padavin, ampak zaradi potoka, ki je tekel po grapi mimo Prepadnikove



MATIJA ZORN

*Slika 61: Na desni je viden zemeljski plaz v vasi Raduha, ki je nastal 3. 11. 1990, na levi je v plazni kotanji manjšega zemeljskega plazu kmetija Slapnik. Nad domačijo je približno 400 m široka polkrožna plazna kotanja starejšega plazu.*

domačije, in je napajal gmoto plazu, da je iz nje še teden dni pozneje iztekalo 20 l vode v sekundi (Natek 1991, 64).

Po 900 m drsenja je plaz dosegel zaselek v dolini, na nadmorski višini 510 m. Podrl je eno stanovanjsko hišo in dve ogrozil. Zgoraj je bil širok od 100 do 150 m, v strmejšem spodnjem delu pa od 30 do 40 m (Natek 1991, 63). V zgornjem delu je bila gmota sicer močno razpokana, vendar je v nižjo lego zdrsela kot celota, v spodnjem delu pa se je gradivo hitro premikalo proti dolini, skoraj že v obliki toka.

### 5.5.7.8 Zemeljski plazovi v Halozah leta 1989

Usadi oziroma manjši zemeljski plazovi v Halozah (Natek 1990b; Natek 1996) so nastali ob intenzivnih padavinah julija in avgusta 1989.

V Halozah so se številni usadi sprožili v nestabilnih legah, veliko pa jih je nastalo na navidez stabilnih pobočjih s tanko preperino. Vzrok za to so bile obilne padavine, ki so prepojile preperino in obtežile pobočja (Natek 1990b, 11). Med 3. in 4. julijem 1989 je v 24 urah padlo od 150 do 200 mm padavin, kar je za to območje izjemno veliko. V Žetalah so namerili 106 mm padavin, kar je približno tri četrtine mesečnega povprečja. Povedano drugače, šlo je za padavine s približno 25-letno povratno dobo (Natek 1990b, 11).

Večina usadov je bila majhnih, več zemljišč pa je bilo uničenih zaradi drsenja ali toka. Povprečna dolžina usadne kotanje je bila 12,4 m, povprečna širina pa 12,0 m (Natek 1990b, 12).

*Preglednica 22: Dolžina in širina usadov oziroma usadnih kotanj v Halozah (Natek 1990b, 12).*

| | širina (m) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| dolžina (m) | do 10 | 11–20 | 21–30 | 31–40 | nad 41 | skupaj |
| do 10 | 1182 | 457 | 17 | 3 | 0 | 1659 |
| 11–20 | 448 | 258 | 65 | 4 | 0 | 775 |
| 21–30 | 57 | 57 | 22 | 2 | 1 | 132 |
| 31–40 | 6 | 6 | 13 | 1 | 1 | 26 |
| 41–50 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| nad 50 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| skupaj | 1695 | 782 | 109 | 10 | 2 | 2598 |

V Halozah prevladujejo miocenski tortonski laporovci in lapornati peščenjaki. Kamninske plasti so močno nagubane in nagnjene, kar je posledica močnega neotektonskega dviganja. Območje označuje še gosto in nepravilno usmerjena mreža dolin z višinskimi razlikami med dolinskim dnom in temeni slemen med 90 in 130 m. Zaradi velike gostote dolin so za Haloze značilna izredno strma pobočja z naklonom 25–32°, zato je gričevje močno podvrženo plazenju (Gabrovec 1990; Gabrovec, Brečko 1990; Natek 1990b; Fazarinc, Pintar 1991; Fazarinc, Mikoš 1992).

Večina usadov se je sprožila na strmih do zelo strmih pobočjih. Skoraj 90 % usadov se je sprožilo na pobočjih z naklonom 19–36°. Na pobočjih z naklonom 19–24° se je sprožilo 9,3 % usadov, na pobočjih z naklonom 25–30° 36 % in na pobočjih z naklonom 31–36° 44,3 %. 9,2 % usadov je nastalo na zelo strmih pobočjih s z naklonom več kot 36°. Le 1,1 % usadov je nastalo na pobočjih z naklonom pod 18° (Natek 1990b, 12–13).

Glede na reliefne oblike (Natek 1990b, 12; Natek 1996, 144) je kar 43,8 % usadov nastalo na srednjih, najstrmejših delih pobočij. Le 0,7 % se jih je sprožilo na zgornjih, konveksnih delih pobočij, 7,8 % pa na njihovih spodnjih, konkavnih delih. Kar 29,1 % usadov je nastalo v dolinskih zatrepih, le 1,3 % pa v zgornjih delih grap (Natek 1996, 147–148). Na 106 km$^2$ velikem ozemlju se je sprožilo okrog 5000 usa-

dov, povprečna gostota je bila torej 47 usadov na km$^2$. Če upoštevamo le kmetijska zemljišča, je bila gostota kar 120 usadov na km$^2$.

Skoraj polovico usadov v Halozah je neposredno povzročil človek, saj so se sprožili ob cestah in na kmetijskih zemljiščih, zlasti travnikih ter spodnjih delih njiv in vinogradov. Na travnikih, pašnikih in v sadovnjakih se je sprožilo kar 70,5 % usadov (Natek 1990b, 11; Natek 1996, 142). Slabih 17,2 % se jih je sprožilo na omejkih na spodnjih robovih vinogradov, slabih 5 % pa na spodnjih robovih obdelanih pa tudi opuščenih njiv. Na terasiranih vinogradih je nastalo 5,2 % povečini majhnih usadov. Toda, v terasiranih vinogradih se je »… *glede na razmeroma majhen obseg sprožilo zelo veliko usadov* …« V gozdu se je sprožilo malo usadov (5,6 %), veliki usadi pa so bili zelo pogosti na strmih pobočjih, kjer je »… *bil gozd v celoti izkrčen* …« To kaže na izjemno pomembno varovalno vlogo gozda (Natek 1990b, 13).

Zaradi velikih naklonov pobočij se je gradivo pri skoraj sedmih desetinah usadov premaknilo za več kot 20 m. Nekaj se jih je ustavilo na pobočjih (23,1 %), ostali pa so segli do vznožja ali stekli po dolini navzdol, kar kaže na veliko vsebnost vode v premikajoči se gmoti. Glede na to razlikujemo blatne tokove, viskozne tokove, zdrse in rotirane zdrse. Blatni tokovi so po pobočjih tekli z veliko hitrostjo. Kar šest desetin jih je steklo po dolinah navzdol. Le četrtina se je zaustavila na vznožju pobočij in le šestina na pobočjih. Viskozni tokovi, ki so vsebovali manj vode, so se premikali počasneje in prepotovali manjše razdalje. Več kot 50 m daleč je tekla le četrtina viskoznih tokov in skoraj šest desetin blatnih tokov. Včasih je prišlo do kombinacije običajnih usadov oziroma zdrsov in tokov. V teh primerih se je gmota premaknila od 20 do 50 m daleč. Običajni usadi oziroma zdrsi so nastali predvsem na travnikih (67,7 %). Značilno zanje je, da se je travna ruša oziroma preperina premaknila za krajšo razdaljo (85 % za manj kot 20 m), gmota pa se med premikom ni deformirala. Globljih usadov oziroma zemeljskih plazov, pri katerih drsna ploskev ni vzporedna s pobočjem, je bilo manj, prizadeli pa so zlasti travnike ter spodnje dele njiv in vinogradov. Zanje so značilne razpoke, ki potekajo prečno na pobočje (Natek 1990b, 14).

*Preglednica 23: Dolžina premika usadov in mesto zaustavitve glavnine gmote (Natek 1990b, 14).*

| | mesto zaustavitve | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| dolžina zdrsa (m) | malo premaknjeno | enako strmo | položno pobočje | vznožje pobočja | dno doline | steklo po dolini |
| do 5 | 203 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 6–20 | 143 | 180 | 58 | 164 | 47 | 6 |
| 21–50 | 0 | 189 | 126 | 325 | 192 | 113 |
| 51–100 | 0 | 15 | 26 | 96 | 92 | 286 |
| nad 100 | 0 | 0 | 3 | 5 | 21 | 305 |

*Preglednica 24: Tipi premikanja usadov v Halozah (Natek 1990b, 14).*

| tip | število |
|---|---|
| blatni tok | 1055 |
| viskozni tok | 458 |
| zdrs in razlitje | 340 |
| zdrs (usad) | 592 |
| rotiran zdrs ali zemeljski plaz | 153 |
| skupaj | 2598 |

Čeprav smo bili v Halozah »… *priča siloviti pospešitvi geomorfnih procesov, ki so v nekaj urah premaknili tolikšne množine materiala kot v stoletjih ali morda celo tisočletjih normalnega, vsakodnevnega*

*dogajanja* …« (Natek 1990b, 12), je zanimivo, da po nekaj manj kot dvajsetih letih v Halozah tako rekoč ni več mogoče zaznati sledov takrat močno preoblikovanega površja. Sklepamo lahko, da so usadi sestavni del rečno-denudacijskih procesov. Ti preoblikujejo površje v zatrepnih delih dolin, ki imajo zato značilno plosko obliko.

### 5.5.7.9 Zemeljski plazovi v dolini Lahomnice leta 1989

Julija in avgusta 1989 so usadi oziroma manjši zemeljski plazovi nastali tudi v dolinah Lahomnice in Kozarice vzhodno od Laškega.

Na le okrog 20 km$^2$ velikem območju v porečjih Lahomnice in Kozarice je 19. avgusta 1989 v dobrih dveh urah padlo 130–140 mm padavin, na nekaterih mestih celo več kot 400 mm. Intenziteta je presegla stoletne povratne dobe (Fazarinc, Pintar 1991, 12; Fazarinc, Mikoš 1992, 378, 381). Usadi so se prožili že med neurjem, njihova gostota pa je bila podobna kot ob neurju julija 1989 v Halozah, le da je bilo prizadeto manjše območje (Gabrovec 1990, 181; Gabrovec, Brečko 1990, 16). Na celotnem območju je nastalo več kot tisoč usadov, v dolini Loškega potoka v porečju Lahomnice je bila gostota 36 usadov na km$^2$ (Gabrovec 1990, 184).

V porečju Lahomnice so že na začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja s pomočjo geografskih informacijskih sistemov ugotavljali povezanost usadov z nekaterimi pokrajinskimi prvinami. V porečju Lahomnice so usadi nastali le na treh litostratigrafskih enotah od skupno šestnajstih. Največ se jih je sprožilo na tako imenovanem laškem laporovcu, ki zavzema 7 % območja. Usadi so se pojavili še na 2 % površja z govškimi plastmi (pesek, peščenjak z vložki peščenega laporovca), pa tudi v ozkem pasu litotamnijskega apnenca (Gabrovec 1990, 181–182; Gabrovec, Brečko 1990, 16).

V dolini Loškega potoka v porečju Lahomnice je bil na zgornjem robu usadov povprečni naklon 35°. Zgornji rob je bil ponavadi tik pod pregibom pobočja, kjer je naklon bistveno večji od povprečnega naklona tistega pobočja. Na spodnjem robu usada je bil naklon vsaj 10–15° manjši. Pri analizi so uporabili razmeroma grob digitalni model višin 100 krat 100 m, pri katerem se naklon računa za cele hektarske celice (10.000 m$^2$), zato so bili izračunani nakloni bistveno manjši od dejanskih. Povprečni naklon celic, kjer so se pojavljali usadi, je bil komaj 18° (Gabrovec 1990, 185).

*Preglednica 25: Naklon pobočij na območjih z usadi v porečju Lahomnice (Gabrovec, Brečko 1990,17).*

| naklon (°) | delež od skupno 2614 celic digitalnega modela višin 100 krat 100 m |
|---|---|
| do 4 | 3,3 |
| 5–9 | 19,7 |
| 10–14 | 28,8 |
| 15–19 | 24,2 |
| 20–24 | 14,9 |
| 25–29 | 6,6 |
| 30–34 | 2,1 |
| nad 35 | 0,4 |
| skupaj | 100,0 |

V porečju Lahomnice je povezanost usadov in naklona »… *očitna, ni pa zelo močna* …« Na plazenje so namreč poleg naklona vplivale tudi reliefne oblike. Največ usadov se je takrat sprožilo v zatrepih manjših dolinic in na omejkih, to je na spodnjih robovih njiv. Največ usadov se je sprožilo na zemljiščih z nakloni 10–14°, 15–19° in 20–24°. Usadi so se prožili na približno četrtini območja teh naklonskih razredov. Prizadeta je bila desetina območja z naklonom 25–29° in dobrih petnajstina območja z naklonom 5–9° (Gabrovec 1990, 182; Gabrovec, Brečko 1990, 17).

Največ usadov se je sprožilo v sadovnjakih in na travnikih. Velika je bila gostota usadov na njivah, predvsem na omejkih. V porečju Lahomnice je bilo bistveno manj usadov v gozdu. Pojavljali so se na večjih strminah (povprečni naklon 23°) kot usadi na obdelovalnih zemljiščih, na njivah povprečno pri 14° in v sadovnjakih povprečno pri 18° (Gabrovec 1990, 183; Gabrovec, Brečko 1990, 19; Fazarinc, Mikoš 1992, 384–385).

V vzhodni Sloveniji smo bili nazadnje priča proženju večjega števila zemeljskih plazov v okolici Laškega in Sevnice ob močnih padavinah avgusta 2005 in spomladi 2006. Mejne količine padavin so bile tudi takrat med 130 in 180 mm v 48 urah, pri čemer je sprožilno količino padavin znižala vlaga v tleh (Komac 2005b, 275).

Številni plazovi so nastali tudi ob intenzivnih padavinah 18. 9. 2007 v Škofjeloškem hribovju, Idrijsko-Cerkljanskem hribovju in v Savinjski dolini. V dvanajstih urah je na območju Bohinja in v porečju Selške Sore padlo od 250 do 350 litrov dežja na kvadratni meter. Padavine so imele povratno dobo 250 let (Dnevni … 2007).

### 5.5.7.10 Zemeljski plaz Ruardi v Zagorju ob Savi

Zemeljski plaz Ruardi v Zagorju ob Savi, ki je nastal leta 1987, je imel podobne značilnosti in mehanizem delovanja kot zemeljski plaz Slano blato, čeprav je šlo pravzaprav za tehnološko nesrečo. Nastal je na odlagališču rudniške jalovine, ki je imelo v zgornjem delu naklon 25°, v spodnjem delu, kjer se je grapa zožila, pa 8°. Na jalovišče so vsako leto navozili približno šest milijonov kubičnih metrov jalovine in 40.000 $m^3$ komunalnih odpadkov. Odlagališče so gradili v etažah z naklonom 45° in vmesnimi bermami širine 10 m, tako da je bil povprečen naklon 33°. Odlomni rob plazu je meril 10 m (Kuščer in ostali 1987, 24).

Zemeljski plaz Ruardi je bil v primerjavi s Slanim blatom večji in je povzročil večjo gmotno škodo, saj je uničil več stanovanjskih hiš in razpolovil proizvodno halo tovarne Lisca. Po enotedenskem deževju (januarja in februarja 1987 je padlo 138,2 mm padavin) ob hkratnem taljenju metrske snežne odeje se je sprožil 18. februarja 1987 ob 17. uri in 45 minut.

Plazovino je sestavljala temno siva do črna talninska glina s kosi rdečkastega krovnega laporovca, sivega laporovca, peščenjaka, dolomita in jamskega lesa. Ponekod je vsebovala sivozelenkasto glino iz podlage jalovišča.

Zemeljski plaz je bil približno 250 m širok in približno 150 m dolg. Zajel je južni del odlagališča jalovine. Jalovina je zdrsnila proti jugovzhodu po pobočju hriba Ruardi. Severovzhodni del odlagališča se ni premaknil, a je na mnogih mestih kazal znake manjših premikov, nastali so številni drugotni odlomi. Plazenje se je umirilo po približno šestih dneh, največja hitrost čela pa je bila ob sproženju, in sicer od 5 do 10 metrov na uro (Kuščer in ostali 1987, 22).

Večinoma glinasta jalovina se je zasitila z vodo in gradivo se je premaknilo v obliki blatnega toka, ki je potoval z veliko hitrostjo in se ustavil šele po 235 m na ravninskem delu, potem ko je prešel položno, delno pozidano grapo. Pri tem je porušil osem stanovanjskih hiš, rudniško kompresorsko postajo, dve večji delavnici, nekaj manjših začasnih objektov in proizvodno halo konfekcijske tovarne Lisca. Na vrhu odlagališča je bil ob prelomnem robu plazu uničen plato strelske družine, na severovzhodnem delu pod odlomi pa kinološki poligon. Še več stanovanjskih hiš je bilo zaradi plazu ogroženih, tako da so morali stanovalce iz varnostnih razlogov izseliti. Pretrgana je bila komunalna oprema dela naselja Farčnikova kolonija, cesta Zagorje ob Savi–Trbovlje pa je bila na dolžini okoli 50 m zasuta do 15 m na debelo. Pretila je nevarnost, da bo plazina zasula strugo Kotedreščice in povzročila poplavo, ki bi med drugim povzročila vdor vode v premogovniško izkopno jamo (Kuščer in ostali 1987).

### 5.5.7.11 Plazovi ob močnem deževju novembra 1991

Novembrsko deževje leta 1991 je sprožilo precej zemeljskih plazov. Veliko jih je nastalo v Posavskem hribovju.

Povečini je šlo za manjše pojave, nastali pa so tudi večji zemeljski plazovi. Pri Podlipovici se je sprožil zemeljski plaz, ki je poškodoval cesto. Odlomna razpoka je bila dolga 10 in visoka 2 m. V Zabrezniku nad Izlakami je zemeljski plaz prav tako nastal na robu ceste. Zemeljski plaz meri 8 m v širino in 10 m v dolžino. Zemeljski plaz s približno 1400 $m^3$ gradiva je zasul cesto pri cementarni v Trbovljah. Pri Kladjah v občini Hrastnik je zemeljski plaz obsegal 1500 $m^3$, splazela je 60 m široka gmota. Pri Stušci je zemeljski plaz odtrgal del ceste v dolžini 25 m. Podoben učinek je imel zemeljski plaz v Podkraju, ki je bil v spodnjem delu širok 45 m. Plaz pri Ferku pri Podkraju je bil v zgornjem delu širok 30 m, v spodnjem pa 70 m. Nad naseljem Brdce je pri domačiji Kovač nastal velik zemeljski plaz; premik ob zaledni razpoki je meril 4 m. Približno 4000 $m^3$ plazovine je zaprlo cesto Novi Dol–Blate. Zemeljski plaz je odtrgal del ceste in ogrozil stanovanjsko hišo, prizadeto pobočje pa je bilo 30 m dolgo, v višino pa je merilo 6 m. V dolžini 20 m je cesto prizadel tudi zemeljski plaz v Čreti. Gradivo je odneslo približno 150 m nižje (Drnovšek 1992).

V občinah Pesnica, Slovenska Bistrica in Ptuj se je ob intenzivnih padavinah med 14. in 25. novembrom 1991 sprožilo čez 200 zemeljskih plazov. V Mariboru je padlo 162,3 mm padavin, kar močno presega novembrsko povprečje 92,8 mm. Na kmetijskih zemljiščih se je največ plazov sprožilo na travnikih in v vinogradih. Delež plazov v vinogradih je glede na vsa kmetijska zemljišča presegal 50 % v polovici krajevnih skupnosti občine Pesnica, v občini Slovenska Bistrica pa je več kot polovična udeležba vinogradov veljala za celo občino. Vzrok za plazenje v vinogradih so bili predvsem prestrmi bregovi teras ali spodnjega roba vinograda. V občini Pesnica je več kot polovica plazov v novembru 1991 nastala zaradi neustreznih človekovih posegov, v občinah Slovenska Bistrica in Ptuj pa celo več kot tri četrtine (Žiberna 1992, 12–13).

### 5.5.7.12 Pobočni procesi nad Kosečem

Nad Kosečem se je po manjših premikih, ki so trajali že dva ali tri dni, v večernih urah 22. 12. 2001 sprožil zemeljski plaz s prostornino približno 95.000 $m^3$. Šlo je za kombinacijo različnih pobočnih pro-



MATIJA ZORN

*Slika 62: Pogled na plaz nad Kosečem z levega brega Brsnika.*

cesov, saj je del gradiva splazel, del se je odlamljal oziroma podiral, del pa je po strugi Brsnika tekel v dolino v obliki drobirskih tokov. Dva dni pozneje (26. 12. 2001) je prišlo do ponovnega plazenja. Plaz bi lahko glede na zemljepisna imena v okolici imenovali Koseški plaz, plaz Brsnik, plaz Struge, plaz Za Struge (Zastruge) ali plaz Za melom (Zorn, Komac 2002b).

Po inženirsko-geološki terminologiji lahko pojav kot celoto imenujemo plaz, saj ta označuje tako zemeljske plazove kot skalne podore (Grimšičar 1983).

Plaz je nastal zaradi součinkovanja različnih procesov (vzrokov), povod za njegovo sprožitev pa je zaenkrat neznan. Pred leti je v bližini že prišlo do plazenja v flišu. 18. 4. 1994 je plaz v dolžini 50 m zasul cesto v bližini vasi Krn (Pavšek 1994b).

Plaz se je sprožil na stiku prepustnih zgornjekrednih rdečkastega apnenca in laporja z vmesnimi polami in gomolji roženca, znanega kot *scaglia*, in spodnjekrednega fliša, ki ga sestavljajo skrilavi glinavec, kalkarenit, roženec in apnenčeve breče (Buser 1986). Plasti so močno pretrte in zato nestabilne, čeprav vpadajo v pobočje. Na stiku ploščatih apnencev in fliša se v podlagi sredi pobočja izceja voda, ki je ob padavinah poglavitni povod za intenzivnejše premike. Eden od vzrokov za nastanek razpok in destabilizacijo pobočja je verjetno tudi potres 12. 4. 1998, ki je dosegel magnitudo 5,8 stopnjo po Richterjevi lestvici in intenziteto VII–VIII po lestvici EMS. Prva razpoka poteka nekaj metrov od desnega odlomnega roba in se navzgor izklini. Druga je globlja in poteka vzporedno z razpoko, ob kateri je 20–30 m zahodno od odlomnega roba prišlo do plazenja. Pobočje, po katerem poteka razpoka, je usmerjeno proti jugozahodu, ima naklon 20° in je dolgo 35 m. V celoti je razpoka dolga okrog 50 m in ji lahko s travnika sledimo navzdol v bukov gozd.

Ob teh razpokah se je površje posedlo za dober meter. Ob potresu so premik pobočja zabeležili tudi ob mali hidroelektrarni, katere zajetje je bilo nekoliko niže v dolini Brsnika. Premik pobočja je pretrgal dovodno cev, ki so jo morali podaljšati za okrog 10 cm. Kaže, da nestabilno območje na desnem bregu Brsnika sega vse do geološke meje, ki na zahodu poteka med morenskim in pobočnim gradivom ter plastmi krednega skrilavega glinavca, kalkarenita in roženca. Na to kažejo geomorfološke značilnosti območja in sledovi starejših plazov. Kredne plasti so v glavnem vododržne, kar omogoča nemoteno vodno oskrbo bližnjih naselij (Komac, Zorn 2002b).

Kmalu potem, ko se je sprožil zemeljski plaz, je prišlo do podiranja gradiva s strmega pobočja. Zaradi velike mase skalnega podora s prostornino približno 45.000 $m^3$ je prišlo do plazenja pobočja pod podorom (Mikoš in ostali 2006). Splazelo gradivo, ki obsega preostalih 50.000 $m^3$, se je ustavilo v strugi potoka Brusnika, na nadmorski višini 730 m, kar je približno 130 višinskih metrov nad Kosečem. Plaz je širok okrog 150 m, njegova debelina pa je med 5 in 10 m (Komac, Zorn 2002b). Premik je bilo mogoče natančno določiti, ker se je v nižjo lego premaknila z gozdom obdana senožet na nadmorski višini 870–900 m. Pretrgal se je suhi kamniti zid, tako da je njegov zahodni del ostal na istem mestu, vzhodni pa se je premaknil skupaj s travnikom. Skupaj je bilo premaknjenega približno 310.000 $m^3$ gradiva (Mikoš, Fazarinc, Ribičič 2006).

Po začetnem zdrsu za 10 m se je plaz premikal s hitrostjo do 3 cm na dan, dokler se ni leta 2003 popolnoma zaustavil (Mikoš in ostali 2006).

Ko so padavine dosegle dnevno intenzivnost 20–30 mm, se je leta 2002 gradivo v nižje lege premeščalo z drobirskimi tokovi, ki so ogrožali Koseč. Skupaj jih je bilo več kot 20, obsegali pa so po približno 1000 $m^3$ (Mikoš in ostali 2006).

Prvo noč je preživelo zunaj domačij vseh 69 prebivalcev Koseča, ki živijo v 21 gospodinjstvih. Na domove so se vrnili 24. decembra. Na podlagi zbranih podatkov in analiz so odgovorni na Koseču določili za bivanje bolj in manj varna območja. Zaradi drobirskih tokov so zgradili nov, bolj prepusten most, ki pa ga bodo morali nadomestiti z novim. Na Koseču je bilo ogroženih sedem stavb (Mikoš in ostali 2006), poleg Koseča je bila ogrožena še vas Ladra v dolini Soče blizu Kobarida z okrog 153 prebivalci (Komac, Zorn 2002b).

Na podlagi ocen je država prispevala k ureditvi razmer in tako prebivalcem zagotovila večjo varnost, za kar ima podlago v Zakonu o ukrepih za odpravo posledic določenih zemeljskih plazov večjega




*Slika 63: Pobočni procesi ogrožajo vas Koseč (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005).*

obsega iz let 2000 in 2001, ki ga je sprejel Državni zbor Republike Slovenije 1. 3. 2002 (Zakon o ukrepih … 2002). Poudarek je predvsem na preprečitvi širjenja in ustalitvi zemeljskega plazu ter zagotovitvi obnove ali nadomestne gradnje infrastrukturnih oziroma stanovanjskih objektov. Za slednje se za dodeljevanje državne pomoči uporabljajo podobna merila, kakršna so bila uporabljena ob obnovi po potresu v letu 1998. Deloma gre torej za nepovratna sredstva, prebivalci pa bodo lahko zaprosili tudi za posojila pod nekoliko ugodnejšimi pogoji. V proračunu so bila zagotovljena sredstva za obdobje 2002–2005, ko naj bi bila sanacija tudi dokončana (Uradni list 21, 11. 3. 2002).

Ob splošnem neugodnem socialnem in gospodarskem položaju v Zgornjem Posočju je večina prebivalcev Koseča povečini že obremenjena z odplačevanjem posojil za popotresno obnovo zaradi potresa

12. 4. 1998. Povprečna vrednost škode zaradi potresa je bila 8500 evrov na gospodinjstvo, vrednost popotresne sanacije pa 7200 evrov na gospodinjstvo (Orožen Adamič, Hrvatin 2000).

### 5.5.7.13 Zemeljski plazovi v Goriških brdih

Goriška brda so niz prstasto razporejenih gričevnatih hrbtov, ki se razprostirajo med dolinama Idrije na vzhodu in Soče na zahodu, na nadmorski višini od 300 do 500 m. Merijo okrog 140 km$^2$. Na severu je gričevje višje kot na jugu, kjer potone pod kvartarne nanose. Kvartarne naplavine segajo v Goriška brda vzdolž večjih potokov, Birše, Končnarja, Fedriha, Reke in Kožbanjščka, ki je del struge vrezal tudi v apnenec. Proti zahodu se gričevnata pokrajina nadaljuje prek državne meje v Italijo (po italijansko se Goriška brda imenujejo Collio). Hidrogeografsko Goriška brda pripadajo Posočju. Večino voda zbirata Idrija in njen pritok Birša, ki se izlivata v hudourniški Ter, ta pa nazadnje v Sočo.

Gričevje sestavljajo sedimentne flišne kamnine, ki jih sestavljajo od nekaj centimetrov do pol metra debele plasti peščenjaka, laporja, glinavca in apnenca ali kalkarenita. Flišne kamnine v Goriških brdih delimo na zgornjepaleocenske kožbanske plasti z več karbonatnimi sestavinami, ki prevladujejo na severu, in mlajše, spodnjeeocenske medanske plasti z večjo vsebnostjo glinenih sestavin, ki so pogostejše na jugu. Severne, kožbanske plasti fliša so starejše od južnih, pod katerimi ležijo (Pavlovec 1974, 146). Meja med omenjenima tipoma fliša poteka od Bele mimo Krasnega in Vrhovelj proti Podsenici in Podsabotinu (Arčon 2004, 17–31).

Fliš je pogost tudi drugje v Sloveniji, in je tem mlajši, čim bolj se pomikamo proti jugovzhodu. Kamnina je različne sestave: brkinski fliš ima več laporja, fliš na severu Goriških brd in ponekod v Vipavski dolini pa več peščenjaka, breče in konglomerata (Pavlovec 1965, 99; 1962, 260).



BLAŽ KOMAC

*Slika 64: Voda zastaja na pobočjih in prispeva k nastanku zemeljskih plazov.*

Na to, da lahko v flišnih kamninah Goriških brd pričakujemo zemeljske plazove, opozarja že izvor besede fliš, saj izvorna nemška beseda *fliessen* pomeni 'teči'. Kamninska sestava je temeljni vzrok za razčlenjenost reliefa in plazovitost tega območja. Fliš je namreč malo odporen na preperevanje, pri čemer razpada v drobno preperino, ki lahko postane mobilna, če so izpolnjeni še nekateri drugi pogoji. Krajevni izraz za lapor ali hitro razpadajočo flišno kamnino, iz katere nastaja plodna »… *prst, ki ugaja zlasti vinski trti* …« (Pavlovec 1975, 55), je opoka. Fliš, v katerem se hitro menjavajo laporovci in peščenjaki, se imenuje sovdan (Pavlovec 1974, 146). Fliš je plazovit tudi zaradi slabe prepustnosti za vodo in zaradi zmožnosti zadrževanja vlage (Pavlovec 1965, 100).

Drugi, prav tako pomemben vzrok za plazenje, je gričevnat relief s strmimi pobočji. Večina usadov in zemeljskih plazov se sproži na strmih pobočjih. Najpomembnejši povodi zanje so obilne oziroma intenzivne padavine ter z njimi povezana gladina talne vode. Talna voda je v slabo prepustni podlagi razmeroma visoko, dolgotrajne in obilne padavine pa lahko močno obtežijo pobočja in povzročijo premike zemeljskih gmot. Veliko vlogo ima tudi oblikovanost zemeljskega površja. Večina zemeljskih plazov se namreč sproži na konkavnih območjih, kjer se na pobočjih zbira voda. Pomembno pa je tudi delovanje človeka; zemeljski plazovi in usadi so namreč pogosti zlasti na intenzivno obdelanih zemljiščih, na primer v vinogradih ter ob cestiščih.

Večina usadov in zemeljskih plazov se proži na strmih pobočjih, temeljni vzrok za plazenje pa je poleg neugodne geološke sestave voda: »… *Tudi neugodno ležeče plasti lapornih glin in glinastih laporjev na vseh jugozapadnih pobočjih so precejšen vzrok za plazove, če se v njih pojavljajo solzaji ali izviri vode* …« (Grimšičar 1962, 9). Na pomen izvirov za pojavljanje zemeljskih plazov je opozoril tudi Šifrer (1981, 183) ob neurju avgusta 1980 v Slovenskih goricah.



BLAŽ KOMAC

*Slika 65: Zemeljski plazovi in usadi pogosto nastajajo na cestnih usekih.*

»… *Pred plazovi najbolj varni so položni tereni, ki niso preveč strmi, niso obrnjeni proti jugozapadu in nimajo preveč debele preperinske plasti* …« (Grimšičar 1962, 8). Zaradi slednjega je po Grimšičarju (1962, 8) »… *zelo malo plazov v severnih Brdih* …«. Grimšičar ugotavlja tudi, da se manjši plazovi pojavljajo dejansko po vseh Brdih, zlasti v srednjem delu, kjer so laporji in strme brežine, ter se da v jugozahodnem delu »… *plazijo večinoma le plitve prepereline* … *Globokih plazov* (v Goriških brdih, opomba avtorjev) *je največ pri dnu dolin, kjer niso tako nevarni za kmetijstvo. Skoraj v vsaki večji dolini jih je nekaj. Tudi predvidene zemeljske pregrade za namakanje bi lahko zaradi nihanja vode sprožile plazenje pobočij* …« (Grimšičar 1962, 8–9).

Jeseni 1998 so bile v Goriških brdih obilne padavine. 6. septembra je padlo 114 mm dežja. 13. septembra pa še 100 mm. Oba padavinska dogodka sta dosegla petletno povratno dobo. 6. oktobra istega leta je v 24 urah padlo kar 175 mm padavin, kar pomeni, da so takratne padavine imele petdesetletno povratno dobo. Pri takih padavinah pade v enem dnevu na kvadratnem metru površine približno 175 litrov oziroma 175 kg vode. Leta 1998 je torej samo od 28. septembra do 13. oktobra je padlo 433 mm padavin. Povprečno so v tem času namerili kar 31 mm padavin dnevno.

Na tako predhodno namočeni podlagi so intenzivne padavine na začetku oktobra sprožile številne zemeljske plazove. Samo plazov, ki so prizadeli kmetijska zemljišča in povzročili gmotno škodo, je bilo čez 800. Na 41,3 km$^2$ velikem območju so zemeljski plazovi obsegali približno 74 ha oziroma skoraj 2 % ozemlja.

Povečini so bili prizadeti vinogradi, nekoliko manj pa gozdovi in travniki. Najmanj prizadete so bile njive, ki so povečini v bolj ravnih legah. Večina plazov je nastala v vinogradih, ki sicer zavzemajo približno štiri desetine površine Goriških brd. Več kot šest desetin plazovitih zemljišč namreč zavzemajo vinogradi. To je povezano z dejstvom, da so vinogradi pogosti na strmih pobočjih, ki so zato terasirana. Približno desetina plazov je nastala v gozdovih, ki sicer poraščajo približno tretjino površine Goriških brd. Manj kot desetino plazovitih zemljišč zavzemajo travniki, približno po dvajsetino pa njive in sadovnjaki. Zemeljski plazovi so nastali na približno treh odstotkih pozidanih zemljišč, kamor je prišteta infrastruktura.

Leta 1998 je po podatkih občine Brda samo na kmetijskih zemljiščih nastalo za 250.000 evrov škode. Državna pomoč kmetovalcem je bila 26.300 evrov. Večina, 48 % zemeljskih plazov se je sprožila pri naklonih od 12 do 20°, skoraj četrtina (22 %) pri naklonih od 6 do 12°, približno šestina (17,7 %) pri naklonih od 20 do 32° in devetina (11,6 %) pri naklonih pod 6°.

Nižje v dolinah nastajajo večji zemeljski plazovi, povezani z delovanjem rek in potokov, ki spodjedajo pobočja. Na plazenje vplivajo tudi reliefne oblike (Hrvatin in Perko 2002).

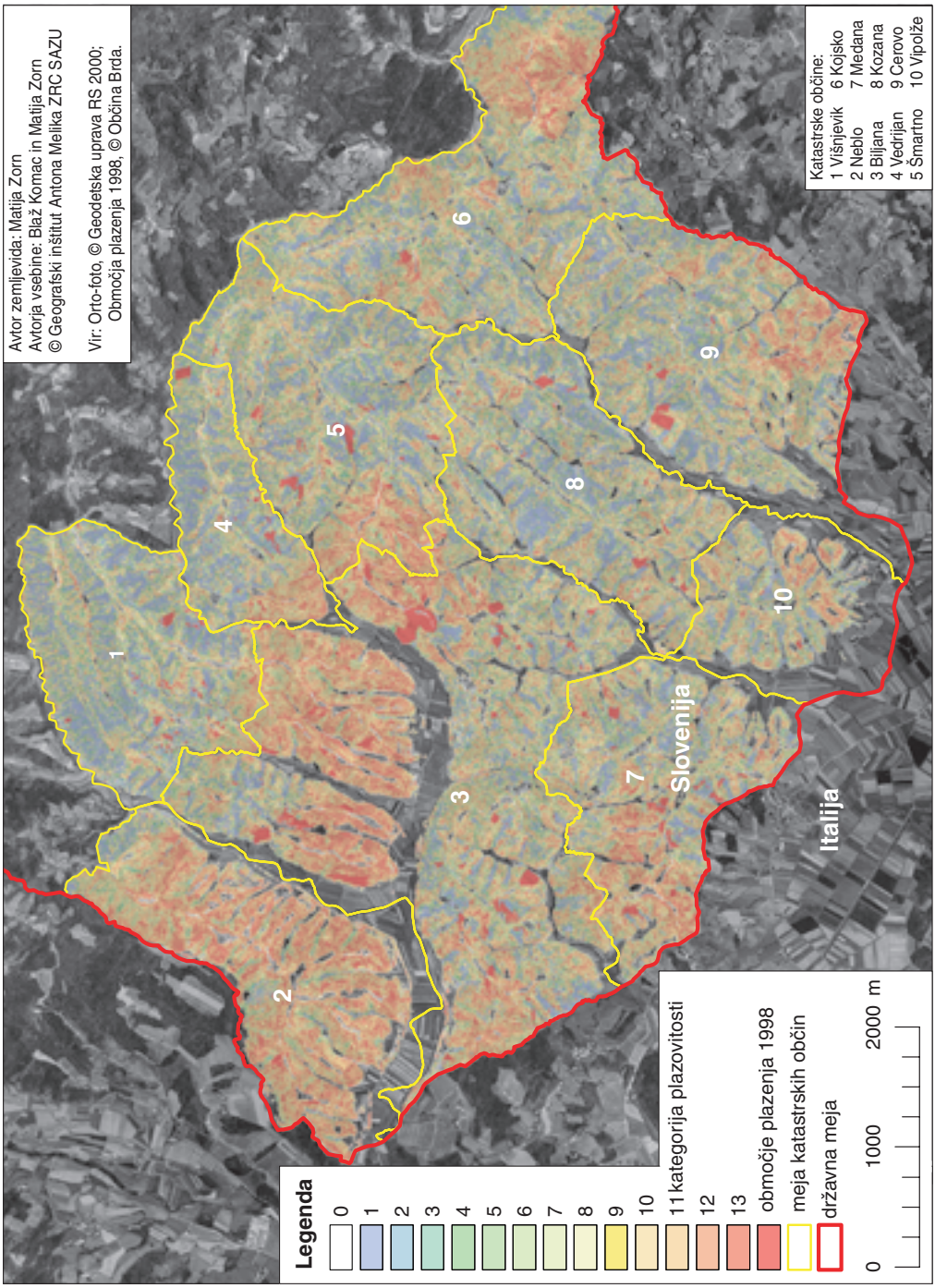
Na neplazovitih območjih je v Goriških brdih manj premočrtnih pobočij. Usadi in zemeljski plazovi so pomemben dejavnik pri nastajanju dolin, saj na ta način visoko v povirjih nastajajo doline s širokim, ploskim dnom, ki se zajedajo v pobočje.

Skladno z omenjenim je dejstvo, da je v Goriških brdih leta 1998 večina usadov in zemeljski plazov nastala v oddaljenosti približno 70 m pod temeni slemen. Kot kaže, ob takih padavinah na razdalji nekaj deset metrov na površju in v preperini nastane dovolj močan vodni tok, ki lahko prepoji gmoto in v nižje lege odnaša gradivo. V Goriških brdih je malo velikih zemeljskih plazov (nekaj deset), pri večini premikov zemeljskih gmot pa gre za manjše zemeljske plazove ali usade, pri katerih zdrsne le zgornji del preperine. Zato je četrtina plazovitih pobočij krajših od 20 m, polovica pa krajših od 50 m. Le četrtina plazovitih pobočij je daljših od 100 m.

Primerljiv kazalnik je tudi oddaljenost od vodotokov. Usadi in zemeljski plazovi so se v Goriških brdih prožili povprečno 130 m od vodotokov. Desetina jih je oddaljenih manj kot 30 m, četrtina kot 60 m in polovica manj kot 115 metrov. Četrtina usadov in zemeljskih plazov je od vodotokov oddaljenih več kot 180 m.

Zemeljski plazovi so bili najpogostejši (23 %) na pobočjih, usmerjenih proti zahodu, ki so obenem tudi skladna. Nekaj manj kot petinska deleža odpadeta na jugovzhodna oziroma na severozahodna pobočja. Na južnih in jugozahodnih pobočjih se jih je sprožila po desetina.

Štiri desetine plazovitih območij je v konveksnih legah, 35 % na premočrtnih legah (ukrivljenost je enaka 0), četrtina pa v konkavnih legah. Na flišnih območjih so usadi in zemeljski plazovi pomemben




*Slika 66: Zemljevid plazovitosti južnega dela Goriških brd.*

dejavnik oblikovanja površja in razvoja rečne mreže. Večina usadov in zemeljskih plazov, ki so pomembni za razvoj pobočij, je nastala na konveksnih pobočjih, tik pod temeni slemen ali nad strmimi spodnjimi deli pobočij. Za razvoj dolin oziroma za zadenjsko erozijo pa so pomembni usadi in zemeljski plazovi v konkavnih legah, to je v dnu dolin. Z usadi in zemeljskimi plazovi se povečuje naklon pobočij, spreminja pa se tudi prevladujoča ukrivljenost. Iz konveksnih pobočij nastanejo konkavna oziroma se konkavni spodnji del pobočij vedno bolj »zajeda« navzgor. Končni rezultat preoblikovanja so slemena, pod katerimi so strma premočrtna pobočja, ki se spodaj nadaljujejo v obsežnejše, dolgo in položno konkavno pobočje (Komac, Zorn 2006c).

Podobno kot jeseni 1998 so po poročanju Grimšičarja (1962, 9) več plazov sprožile obilne padavine januarja 1962. Za sprožanje plazov Goriških brdih pa niso »odgovorne« le obilne padavine, pač pa tudi človek. Grimšičar (1962, 9–10) navaja dva primera:

- nepravilen izkop za kanalizacijo med gradom Dobrovo in hotelom je sprožil plazenje, ki je v dolžini več deset metrov porušilo obcestni zid,
- nasproti Jordane ob cesti severno od Medane je »*velik plaz*« nastal zaradi nepravilnega zasipanja in rigolanja. Izkopano gradivo je bilo nasuto v plitvo kotanjo, kjer je bil verjetno manjši izvir. »… *Kopičenje glinaste prepereline na preperelino, zlasti če ne odstranimo humusa, je vedno nevarno. Posebno, kjer se pojavijo v podlagi izviri ali solzaji* …«.

Ocepek (2002) za vinograd južno od gradu Dobrovo ugotavlja, da flišne plasti prekriva 1,0–2,5 m debel preperinski pokrov, ki na spodnjem delu pobočja sega 3,5 m v globino, in kaže znake plazenja. Plazenje je najbolj vidno na »*brežini*«, ki je »… *mestoma izbočena* …«. Izbočenost kamnitih zidov, zgrajenih zaradi usekov cest, lahko opazujemo po vseh Goriških brdih.

## 5.6 DROBIRSKI TOK IN HUDOURNIŠKI VRŠAJ

Drobirski tok v angleški literaturi imenujejo *debris flow* (Summerfield 1994). Izraz so prevzeli tudi v italijansko literaturo (Castiglioni 1982), v nemški pa sta uveljavljena izraza *die Mure* oziroma *der Murgang* (Mikoš 2000, 106). Hidrotehniki so izraz (neustrezno) poslovenili v murasti tok (Brilly 2000, 26), uporabljajo pa termin drobirski tok (Mikoš 2001). V gozdarskem izrazoslovju uporabljajo izraz hudourniški izbruh (Horvat 2001a), ki je neustrezen zaradi sorodnosti z izrazom vulkanski izbruh. V geologiji uporabljajo izraza gruščnati tok (Ribičič, Vidrih 2001) in drobirski tok (Ribičič 2001b; Skaberne 2001a, 2001b). V geografski literaturi uporabljamo izraze blatni tok (Radinja 1971; Gams 1989a, 1989b, 2001a), blatno-gruščnati tok (Komac 2001a, 2001b, 2001c; Zorn 2001, 61) in drobirski tok (Komac 2003a; Komac, Zorn 2002a).

Blatni tok je najhitrejša oblika premikanja preperine. Gradivo vsebuje veliko količino vode. Ob premiku postane tekoče in židko, spremeni se v viskozno tekočino. Ker se vede kot togo telo, ga je zelo težko zaustaviti. Pojav nastopi bodisi zaradi spremenjene trdnosti gradiva, ki je posledica povečanja količine vode, bodisi zaradi obtežbe, ki je lahko posledica zemeljskega plazu. Ker najpogosteje nastane iz splazelega gradiva, ki ga razmočijo obilne padavine, je sanacija možna le s preprečevanjem dotoka vode.

Giblje se podobno tekočini, saj je gmota skoraj brez kohezivnosti in strižne trdnosti, čeprav vsebuje plazovino skupaj s kamninskimi delci. Teče počasi, vendar vztrajno in se ustavi šele na ravnem površju ali potem, ko izgubi veliko vode. Najhitrejši blatni tokovi so po značilnostih zelo podobni hudournikom. Takšni pojavi so nastali ob zemeljskem plazu Slano blato (Ribičič 2001a, 35).

### 5.6.1 NASTANEK DROBIRSKEGA TOKA

Drobirski tok največkrat nastane zaradi dotekanja vode v že splazele zemeljske gmote. Plaz se večinoma sproži zaradi zasičenosti z vodo, erozije spodnjega dela pobočja v dolinskem dnu ali povečane erozije na nepogozdenih zemljiščih. Splazelo gradivo se spremeni v drobirski tok, če so izpolnjeni še nekateri drugi pogoji.

Hitri premiki zemeljskih gmot so praviloma povezani z izjemnimi vremenskimi razmerami, ki zagotavljajo vodo. Največkrat gre za obilne padavine ali topljenje snega, lahko pa tudi za površinski dotok.

Gradivo mora vsebovati čim več mineralov glin (ilit, kaolinit in montmorilonit), ki omogočajo vpojnost vode in povečajo plastičnost gmote. Glineni minerali vpijajo vodo in jo vežejo v svojo strukturo. Ob tem nabrekajo in močno povečajo svojo prostornino, zato površje razpoka. Učinek je podoben kot pri zmrzovanju ledu. Razpoke povzročajo nadaljnje vdiranje vode pod površje in s tem destabilizacijo pobočij. Razpoke lahko nastanejo tudi zaradi premikov zemeljskih gmot ob potresih, manjših plazovih ali podorih. Na cesti Bovec–Log pod Mangartom so pri odcepu za Trento ob potresu 12. 4. 1998 nastale razpoke v flišu. Vanje je vdirala voda, zato je konec novembra 2000 prišlo do plazenja.

Razmočen sediment postane tekoč že ob majhni spremembi vsebnosti vode. Takrat se lastnosti na videz suhega gradiva v trenutku povsem spremenijo, gmota se utekočini in se premakne v obliki drobirskega toka.

Čelo drobirskega toka potuje po blatni podlagi, pred njim pa brzi blatni tok, v katerem so že lahko manjši ali večji kosi kamnin. Sam drobirski tok sestavlja meljasto vezivo, ki je polno vode, zato se gmota v celoti vede, kot bi bila sestavljena samo iz glinastih delcev. Njihova struktura se ob vsakem premiku spremeni. V končni fazi se delci enako usmerijo. Prej prečno postavljeni delci, ki so preprečevali gibanje, se postavijo vzdolžno in zdrsijo eden ob drugem. Na mikro ravni premik zgleda kot zdrs, v celem pa se gmota vede kot tekočina.

Židka mešanica steče po pobočju ali dolini navzdol, ko postane trenje na stiku s podlago manjše od notranjega trenja. Pri tem lahko tok premaga velike razdalje. Poleg tega med potovanjem po hudourniški strugi veže vso vodo iz struge, kar mu močno poveča hitrost. Ob vodnem pretoku 1 $m^3$ na s in dolžini struge 1 km to pomeni dodatnih 1000 $m^3$ vode! Drobirski tok tudi erodira lastno strugo, kar zagotavlja dodatno gradivo.

Temeljni pogoji za nastanek drobirskega toka so:

- voda (padavine, tajanje snega, dvig gladine talne vode, dotekanje vode s površinskimi pritoki),
- kamninska podlaga, ki omogoča nastajanje nevezanih, prepustnih in higroskopičnih sedimentov z vsebnostjo glinenih mineralov, in vzpostavlja labilnost pobočij,
- na pobočjih morajo obstajati preperina ali sipki, nevezani sedimenti, ki so občutljivi na pobočne procese,
- naklon pobočij mora biti dovolj velik,
- obstajati mora mehanizem, ki omogoča mešanje sedimentov in vode, na primer zemeljski plaz,
- obstajati mora struga, po kateri lahko teče drobirski tok, pri čemer zadošča že manjši, nekajstopinjski naklon,
- pomanjkanje rastlinskega pokrova, ki povzroča večjo erodibilnost pobočij (gozd na plazenje vpliva le posredno z zadrževanjem vode v prsti, masa lesa pa na stabilnost pobočij ne vpliva, saj obsega kvečjemu stotisočinko skupne mase gradiva);

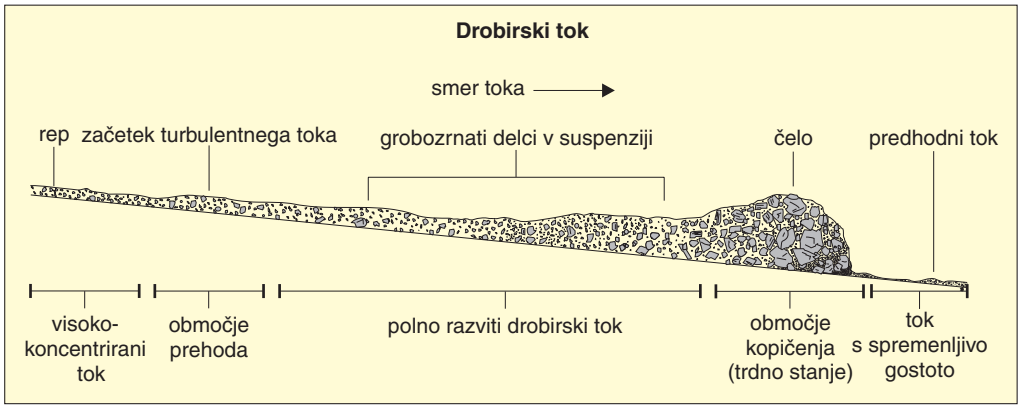
Drobirski tokovi se najpogosteje pojavljajo na polsušnih in sušnih območjih ter v visokih gorah. Nastajajo na območjih z redkim rastlinstvom, v vlažnih predelih tudi na gozdnatih območjih.

So lahko zelo različne velikosti in merijo v premeru od nekaj metrov do kilometer, njihova debelina pa je od enega do pet, pogosto tudi nekaj deset metrov.

Mehanizem nastanka in vedenje drobirskega toka še nista povsem natančno znana, saj gre za pojav, ki se ga zaradi velike hitrosti premikanja in njegovega obsega ne da natančno napovedati, težko pa jih je tudi opazovati.

Drobirski tokovi so zaradi velikega obsega in razmeroma pogostega pojavljanja v geološki zgodovini pomemben dejavnik preoblikovanja zemeljskega površja in še posebej v obdobjih neugodnih podnebnih razmer povzročajo obsežna premikanja zemeljskih gmot. Velik del gradiva s povirij gorskega sveta naj bi v nižje lege prenesli drobirski tokovi, čeprav se z vidika človeka pojavljajo le obdobno. Zdaj je to gradivo vidno v obliki številnih vršajev.

Drobirski tokovi so pogosti na območjih z velikimi višinskimi razlikami in na sušnih območjih z obdobnimi močnimi nalivi. V Alpah je znan drobirski tok v dolini Strona, pri mestu Biellese v Italiji, ki se je sprožil




*Slika 67: Prerez drobirskega toka (Zorn, Komac 2002a, 18).*

novembra 1968. Razen za gorata območja so značilni tudi za polsušne in sušne pokrajine, kjer so v višjih legah pogosti močni nalivi, na primer za Kalifornijsko puščavo ali Pamir. Pogosti so še na vulkanskih območjih, na primer na Japonskem. Tam imajo s temi pojavi največ izkušenj in žal tudi škode, saj kar četrtina žrtev naravnih nesreč umre zaradi drobirskih tokov (Selby 1982; Castiglioni 1982; Ritter, Kochel, Miller 1995).

### 5.6.2 DINAMIKA DROBIRSKEGA TOKA

Drobirski tok ponavadi vsebuje od 70 do 90 utežnih oziroma od 47 do 77 prostorninskih odstotkov trdne snovi v obliki večjih ali manjših, z vodo premešanih kamninskih delcev in drugega gradiva. Tok deluje enotno, saj se njegove trdnejše komponente gibljejo z enako hitrostjo kot voda.

V nasprotju s plazom se zgornji del drobirskega toka mehansko vede kot tekočina. Notranje trenje, visoka specifična gostota in viskoznost omogočajo, da s seboj prenaša tudi do nekaj metrov velike skale. Za drobirski tok je značilna manjša turbulentnost kot za vodni poplavni tok, z izjemo čela, kjer prihaja do trkov posameznih delcev (skal), ki dosežejo zelo visoke hitrosti, prehitevajo čelo in letijo več deset metrov daleč.

Drobirski tok ima zelo veliko erozijsko moč, saj lahko njegovo čelo celo erodira dolinsko dno in bregove. Uničujoče deluje praktično na vsako prepreko. Na zunanji strani zavojev zaradi delovanja centrifugalne sile nastane značilni akumulacijski previšani rob iz narinjenega gradiva. S pomočjo relativne višine akumulacijskega roba v zavojih lahko sklepamo na njegovo hitrost. Hitrost drobirskega toka je odvisna od količine vode v gradivu. Z izgubljanjem vode se hitrost zmanjšuje, če pa jo pridobiva, hitrost narašča.

Njegovo transportno in erozijsko moč določa predvsem vsebnost glinenih primesi. Če je glinenih delcev manj in tok vsebuje veliko vode, je manjša tudi njegova sposobnost prenašati večje skale, ki so sposobne erodirati. Če drobirski tok vsebuje več kot 30 % gline, lahko zaradi velikega notranjega trenja, visoke specifične gostote in viskoznosti brez težav nosi skale z maso več ton, ki v njem dobesedno lebdijo, podobno kot ledene gore v morju. Specifična gostota drobirskega toka je 2100–2400 kg na $m^3$, kar je v primerjavi s specifično gostoto apnenca (2700–2900 kg na $m^3$) velika vrednost.

Sprednji del drobirskega toka se imenuje čelo. Sestavljajo ga grobozrnato gradivo, večji in manjši kosi kamnin, pomešani z blatom, in majhna količina vode. Gradivo v čelu je razmeroma suho, zato se čelo premika zelo hitro in kot togo telo. V začetnem delu tvori do nekaj (deset) metrov visoko stopnjo. Pred prihodom čela vodna gladina v strugi ponavadi upada, voda pa je blatna in s seboj nosi pesek ter prod. Tik pred prihodom čela gladina močno narase. Čelo namreč potuje po blatni podlagi, pred njim pa teče tako imenovani predhodni val, imenovan blatni tok, v katerem so že lahko manjši ali večji kosi



MATIJA ZORN

*Slika 68: Recentni nanos drobirskega toka na terasi v Logu pod Mangartom.*

kamnin. Čelo se zaradi strmega sprednjega dela in velike mase gmot, ki nanj pritiskajo, z lahkoto premika po položnejših pobočjih. Zaradi relativne sušnosti, strmega sprednjega dela in trdnosti čela znotraj njega prihaja do narivanja, gubanja in prelamljanja. Čelo se premika zelo hitro, tudi s hitrostjo več deset metrov na sekundo.

*Preglednica 26: Poglavitne značilnosti drobirskega toka.*

| | merska enota | vrednost (vrednosti v oklepaju veljajo za Log pod Mangartom) |
|---|---|---|
| hitrost | m na s | 0,6–31,0 (8–15) |
| spodnji strmec pobočja, ki omogoča nastanek toka | ° | 5,8–47,0 (do 10 %) |
| specifična gostota | t na $m^3$ | 1,8–2,6 (1,4–2,2) |
| viskoznost | Pa s | 2000–600.000 |
| globina | m | 0,5–12,0 |
| trdne snovi | % glede na skupno maso | 70–90 |
| natezna trdnost | μPa | > 0,4 |
| lastnosti toka | opisno | večinoma laminaren |

Za čelom pretok in gladina še nekaj časa kolebata, vendar vztrajno upadata, gladina se zniža. Za čelom potuje polno razvit drobirski tok, ki v viskozni tekočini prenaša grobozrnate delce. Zaradi prevlade laminarnega toka skorajda ne prihaja do trenja in erozije med skalami. Gradivo v gostem laminarnem toku teče po tanki plasti blatne podlage. Zaradi viskoznosti in gostote toka je ta sposoben prenašati velike skale in drugo plavje. V tem delu se lastnosti toka zelo spreminjajo, prihaja do kolebanja njegove površine, povratnih tokov in sprememb v hitrosti. Pulzirajoče, sunkovite premike ali premike v valovih



BLAŽ KOMAC

*Slika 69: »Glinasta bomba«, ki je nastala v drobirskem toku v Logu pod Mangartom.*

ponavadi spremljajo spremembe v lastnosti tekočine. Kadar tok naleti na oviro, na primer oster zavoj, ožino, korito ali skalni pomol, se lahko pojavi povratni tok oziroma udar ali val. V tem delu drobirskega toka se iz delcev preperine, ki so bili odtrgani od podlage, oblikujejo »glinaste bombe« premera od nekaj centimetrov do več kot meter. V drobirskem toku nazadnje prevlada voda, ki še vedno nosi veliko trdnih snovi; spet prevlada turbulenca.

Drobirski tokovi lahko z območja nastanka tečejo več kilometrov daleč, ponavadi pa se ustavijo na območjih z manjšimi nakloni oziroma na vršajih, kjer struge niso več omejene z visokimi bregovi. V zgornjem delu, kjer tečejo po dolinskem dnu, so drobirski tokovi debeli več deset metrov, v spodnjem delu, kjer se tok pahljačasto razširi, so ponavadi tanjši. V podlagi in na robovih, kjer izgubljajo vodo, tečejo vedno počasneje, dokler se povsem ne ustavijo. Ustvarjajo razmeroma položne zasipe, ki jih v glavnem sestavlja meljasta ali peščena osnova z naključno razporejenimi skalami. Za nanos drobirskega toka je zaradi njegove vzdolžne zgradbe in poteka značilna inverzna gradacija.

### 5.6.3 DROBIRSKI TOKOVI V SLOVENIJI

#### 5.6.3.1 Zemeljski plaz na Stovžju in drobirski tok v Logu pod Mangartom

Dne 15. 11. 2000 se je na Stovžju na nadmorski višini med 1300 in 1700 m utrgal zemeljski plaz, ki je dosegel sotočje Mangartskega potoka in Predelice ter odnesel most na cesti Strmec–Predel. Pojav je zaradi slabih vremenskih razmer slabo dokumentiran, zato dogajanje v zgornjem delu ostaja neznanka. Gradivo je skoraj v celoti zapolnilo dolinsko dno med Mangartsko planino in omenjenim sotočjem.

Gradivu so bila primešana številna debla in kosi lesa, saj je bilo odnesenega okrog 25 ha gozda. Kljub temu je bil delež lesa in drugega organskega gradiva v primerjavi s celotnim gradivom neznaten. Po pričevanju je nad gmoto nastalo jezerce.



MATIJA ZORN

*Slika 70: Pogled na Stovžje in Log pod Mangartom z Jerebice (2126 m) leta 2001.*

Približno 300.000 $m^3$ gradiva je bilo sicer premaknjenih v drugotno lego, a so ostali na plazišču. V njem so prevladovali zaglinjen grušč, slabo sprijeto morensko gradivo in laporovec (Majes in ostali 2000, 86).

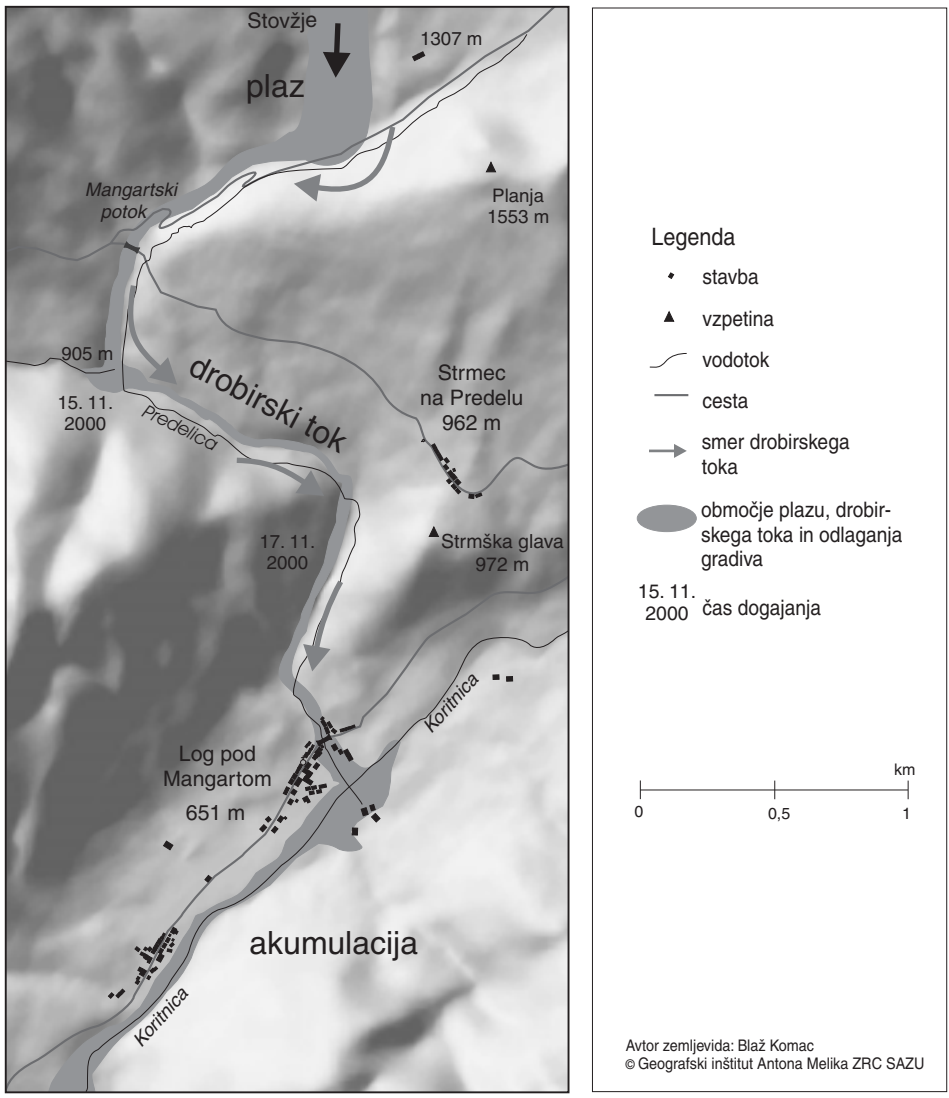
V času po splazitvi je na kraju sprožitve prihajalo do premikov gradiva po pobočju navzdol. Večji premik je bil na primer januarja leta 2001, ko se je velika gmota z ruševjem poraslega pobočja premaknila na območje, kjer običajno uspeva bukov gozd. Ocenjuje se, da je skupaj s nevarnimi sedimenti ledeniške morene in pobočnega grušča pod Vršičem na pobočju še vedno 1,5 milijona kubičnih metrov že premaknjenih gmot.

Ker je prišlo do splazitve na obsežnem, 25 ha velikem območju in je bilo pobočje prizadeto v globino nekaj deset metrov, so ob zunanjem robu nastali več kot 10 metrov visoki in strmi robovi, ki so se obdržali le nekaj dni. Zaradi izpostavljenosti eksogenim procesom so se sčasoma razrahljale kohezivne vezi, ki so omogočale stabilnost strmih pobočij in iz strmega pobočja so nastala manj strma pobočja z zaobljenimi robovi.

Drobnozrnato razmočeno gradivo je po plazišču in ob njegovem robu teklo tudi v obliki manjših blatnih tokov, ki so se končevali razprostrto z značilnimi jeziki. V večjem obsegu so nastali na pobočju nad Mangartsko planino (Komac 2001a, 2001b).

Po sprožitvi in ustalitvi zemeljskega plazu se je v gradivu nabirala voda. Ko je bila pri približno tretjini zapolnjene prostornine dosežena kritična točka zasičenosti, se je gmota utekočinila in kot drobirski tok stekla po dolini Mangartskega potoka in Predelice. Možen povod za sprožitev drobirskega toka je tudi manjši zemeljski plaz (Komac 2001a).

Ni še povsem jasno, ali je drobirski tok, ki je v noči s 16. na 17. november 2000 dosegel dolino Koritnice, nastal zaradi utekočinjenja gmote, ki je splazela prvi dan, ali zaradi sunka novega plazu s pobočja Stovžja. Prevladuje mnenje, da je bilo odločilno namakanje splazele gmote z obilnimi padavinami in Mangartskim potokom (nekaj kubičnih metrov na sekundo), vendar nekateri znaki kažejo tudi na dru-




*Slika 71: Drobirski tok v Logu pod Mangartom.*

go možnost. Nad desnim zavojem toka pod Mangartsko planino je bilo namreč na pobočju mogoče razločiti dve fazi sedimentacije, ki sta lahko nastali le kot posledica dveh zaporednih pojavov.

Drobirski tok je potoval z veliko hitrostjo (10 m na s) in je Log pod Mangartom dosegel v približno petih minutah. Zaradi velike hitrosti, židkosti in velike količine gradiva je tok dosegel veliko vztrajnost, ki je v zavojih povzročila značilno nadvišanje. Na zunanjem robu zavoja se je povečala akumulacija (Zorn, Komac 2002a). Izračuni z modeli so pokazali, da se je čelo toka usmerjalo po obstoječih geomorfnih oblikah, zlasti strugi Predelice (Majes 2001, 83).



KAREL NATEK

*Slika 72: HE Možnica po drobirskem toku.*

Drobirski tok je strgal podlago in odnašal preperino. V njem so plavale grude dolomita, laporovca in glinavca. Slednje so se v plazu oziroma drobirskem toku preoblikovale v glinaste bombe (Petkovšek 2001, 116), ki jih je bilo mogoče najti na celotnem vplivnem območju. Povečini so bile majhne, nekatere pa so merile več kot meter. Z njihovim razpadanjem so na pobočju nastali piramidasti stožci.

Presenetljivo je, da je bila asfaltirana cesta, ki vodi na Mangartsko sedlo, sicer zasuta, vendar je ostala nepoškodovana, razen na mestih, kjer je potekala prečno na dolino in jo je tok presekal.

V dolini Koritnice se je večji del gradiva odložil v obliki vršaja. Na dnu doline se je na skoraj treh kilometrih v nekaj metrov debeli plasti odložilo približno 700.000 $m^3$ gradiva (Majes in ostali 2000). HE Možnica in njena okolica sta bili zatrpani s sedimenti, ki so prekrili prvotno dno struge Koritnice več kot 8 m na debelo. Že nekaj dni zatem je Koritnica svojo strugo v naplavinah poglobila za več metrov.

Gostota drobirskega toka je bila 2,2 t na $m^3$ (Mikoš, Fazarinc, Ribičič 2006). Zaradi velike gostote je tok prenašal zajetne kamninske bloke. Nanos se je razprostrl v obliki vršaja in do določene višine zapolnil konkavne reliefne oblike. Nazadnje je v dolinsko dno pritekel blatni tok, nato pa prenasičen vodni tok, ki je bil nazadnje že podoben poplavnim vodam. Veliko gradiva se je po dolini navzdol premaknilo v obliki suspenzije, zato sta Koritnica in Soča še nekaj dni tekli kalni. Koritnica je vsebovala 2971 g na $m^3$ gradiva, Soča pri Logu Čezsoškem pa 2004 g na $m^3$. Nad sotočjem s Koritnico pri Kršovcu je Soča vsebovala le 104 g na $m^3$ lebdečega tovora. 21. 11. 2000 so v Kobaridu izmerili največjo koncentracijo suspendiranega gradiva v kadarkoli analiziranem vzorcu, to je 8112 g na $m^3$ (Ulaga 2000).

Po večurnem prehodu celotnega toka je bilo povečano šumenje Soče mogoče slišati celo v Bovcu. Začela se je rečna sedimentacija, ki so jo pospešili visoki pretoki: pri Logu Čezsoškem je Soča med 6. in 8. novembrom 2000 dosegla pet- do desetletne visoke vode (Polajnar 2000, 41).

Vršaj je za krajši čas zajezil Koritnico in Fratarico. Sprva je nanos vseboval veliko drevesnih debel, ki so bila v nasprotju s tistimi v zemeljskem plazu (15. 11. 2001) zaradi prenosa po dolini Predelice prelomljena in obrušena, celo zmleta, in zato redko daljša od 4 m (Zorn, Komac 2002a).



BLAŽ KOMAC

*Slika 73: Vršaj drobirskega toka v Logu pod Mangartom.*

Gradivo je bilo še več tednov zatem razmočeno in se je utekočinjalo že z majhnimi premiki. Zato je bilo po njem težko hoditi. Z izsuševanjem je na površini nastala skorja, ki jo je bilo ob večjih obremenitvah, na primer z gradbenimi stroji, mogoče predreti še na začetku poletja 2001. Bregovi strug, ki so jih zaradi usmerjanja vodotokov izkopali v gradivo, so se posedali, na umetnih terasah pa so nastajale značilne razbremenitvene razpoke (Zorn, Komac 2002a).

V dolini Koritnice je nanos segel tako visoko zato, ker so korita pri Novem mostu (pri odcepu ceste v dolino Možnice) zaustavila velike kose gradiva in drevje, tako da je v 27 m globokih koritih nastal zamašek. Novo nasuto dno nad koriti je bilo kakšnih 10 m višje. Podoben zamašek, povečini iz drevesnih debel, je nastal tudi v koritih Koritnice pri Kluţah. Po odstranitvi zamaška iz korit se je povečala zadenjska erozija, s tem pa poglabljanje struge in odnašanje gradiva. Na bregovih Koritnice je bila nad koriti pri Novem mostu razkrita jezerska kreda, na levem bregu Koritnice pa se je hudournik vanjo celo vrezal.

Zanimivo je, da zaradi velike kalnosti še dan po drobirskem toku ni bilo mogoče videti, ali je nad koriti pri Novem mostu nastalo jezero blatne vode, ali pa je šlo za grobozrnate nanose. Voda je skozi korita odnašala le drobnejše gradivo in ga odlagala na sotočju Možnice in Koritnice. Čelo novega prodnega nanosa je potovalo s hitrostjo približno kilometer na dan.

Takoj po dogodku je bilo po dolini Koritnice navzdol prenesenih 100.000 $m^3$ gradiva, med novembrom 2000 in koncem leta 2004 pa je bilo v Sočo prenesenih še dodatnih 350.000 $m^3$ gradiva, kar je približno polovica celotne gmote drobirskega toka (Mikoš, Fazarinc, Ribičič 2006).

Potem ko so visoke vode odtekle in si je reka vrezala novo strugo, je ustvarjala značilne meandre in velikokrat spremenila potek toka. Terase, ki so ob tem nastale, so se spreminjale zaradi sušenja ter zmrzovanja in tajanja gradiva. Nastajale so razpoke, prihajalo je do posedanja. Območje so dodatno preoblikovali še z ravnanjem, odvažanjem in nasipavanjem gradiva. Odstranjenega je bilo približno 175.000 $m^3$ gradiva.

Drobirski tok je v Logu pod Mangartom zahteval sedem življenj, porušil in poškodoval 18 stanovanjskih in 8 gospodarskih objektov ter na površini 15 ha odložil 700.000 $m^3$ gradiva. Dolinsko dno je bilo zatrpano nekaj metrov na debelo. Na cesti Bovec–Predel sta bila porušena dva mostova. Celotna škoda je bila ocenjena na skoraj 14 milijonov evrov. Na objektih je je bilo za 2 milijona evrov, na cestni infrastrukturi 5 milijonov, na drugi infrastrukturi pa za 3,3 milijone. Na kmetijskih zemljiščih je nastalo za 500.000 evrov škode (Komac 2000; Poročilo 2001, 10). Dan po nesreči so prebivalce izselili za cele tri mesece. V tem času je bil dostop dovoljen le posameznikom, in še to le izjemoma. Na Novem mostu je bila straža domačinov – gasilcev in policistov. To se je izkazalo kot slabo, saj ljudje v tem času niso mogli skrbeti za posest in očistiti stavb ter njihove okolice. V podobnih okoliščinah, nastalih leta 2003 v Ukvah/Ugovizzi v Kanalski dolini, so ljudem dovolili vstop že čez nekaj dni.

Prizadetim so ali bodo z državnimi sredstvi zgradili 15 novih stanovanjskih hiš. Največje naselje je nastalo tik pod Gorenjim Logom. V dolini Predelice je bila zgrajena varnostna pregrada, na glavni cesti pa so postavili 1,5 milijona evrov vreden širokoločni most. V minulih šestih letih je bilo za sanacijo porabljenih 13,3 milijona evrov. Leta 2008 bodo predvidoma za most pri Mlinču odšteli še dobre štiri milijone evrov, do leta 2010 pa naj bi za sanacijo porabili še 18,8 milijonov evrov. Načrtujejo namreč še gradnjo varovalnega zidu in postavitev brvi čez Koritnico v Repešču in pri Matijevcu ter ureditev okolice Mangartske planine in mangartske ceste. V vasi gradijo novo komunalno opremo in nadaljujejo z gradnjo enajstih nadomestnih hiš. Glavnino denarja zanje je pod okriljem potresne zakonodaje prispevala država, denar iz humanitarnih prispevkov pa so namenili za dokončanje notranjosti domov (Blazetič 2007).

Vzrokov za drobirski tok je več. Poglavitni vzrok za plazenje na tem območju je pestra geološka sestava. Na območju Mangarta se je v karnijski stopnji triasa v razmeroma mirnem okolju plitve celinske police odlagal zrnat in masiven dolomit. Dolomitne plasti so debele od 500 do 1000 m.

Karnijski dolomit navzgor konkordantno prehaja v julsko-tuvalske karbonatno klastične kamnine tamarske (rabeljske) formacije. V tamarskih plasteh se menjavata lapornati apnenec in glinavec. Kamnina je nastajala v plitvem morju na območju Julijske karbonatne platforme. V Julijskih Alpah te plasti izdanjajo v Loški Koritnici, dolini Mangartskega potoka, dolini potoka Ilovca in v Tamarju. Skrilavi glinavec je higroskopičen in pri dolgotrajni izpostavljenosti vodi počasi razpade v glino. Tamarske plasti, ki so debele od 100 do 200 m, so močno zaglinjene in slabo prepuščajo vodo.

Nad njimi so 700 m debele plasti skladnatega glavnega dolomita z vložki zelenkasto sivega laporovca in lapornatega dolomita. Glavni dolomit omejuje plazišče na vzhodni strani. Je tektonsko poškodovan in izdanja na zahodnem, spodnjem robu plazišča, kjer gradi strmo stopnjo, ki preprečuje zdrs labilnih gmot na vršnem delu Stovžja. Dolomit gradi ostenje Vršiča (1918 m) nad plaziščem, zato je pobočje pod Vršičem posejano z večjimi bloki in dolomitnim gruščem. Na kontaktu dolomita in laporovca je na zahodni strani plazišča veliko izvirov.

Vse omenjene kamninske plasti vpadajo 30° proti jugu-jugozahodu. V isto smer vpadajo pobočja, zato je zaradi skladne zgradbe velika možnost nastanka plazov. Pod steno Vršiča in na vzhodnem robu plazišča prečkata plazišče dva preloma, ki potekata v alpski smeri.

Spodnji del plazišča sestavljajo v glavnem kvartarni sedimenti. Večinoma gre za pobočni grušč, periglacialno gradivo in ledeniške morene. V ledeniški moreni prevladuje glinasto gradivo. Nad ledeniško moreno pri Mangartski planini so ob stiku z dolomitom številni izviri.

Do plazenja je prišlo v 100–200 m debelih julsko-tuvalskih tamarskih (rabeljskih) plasteh, ki jih sestavljajo apnenec, lapornati apnenec, laporovec in skrilavi glinavec. Slednji pri dolgotrajni izpostavljenosti zunanjim dejavnikom razpade v slabo prepustno glino in močno zaglinjen grušč. Glino sestavljajo minerali glin (kaolinit, ilit, montmorilonit), ki vpijajo vodo in ob tem nabrekajo. S tem na površju nastanejo razpoke, v katere lahko doteka voda. Zato so rabeljske plasti znane po plazenju.

Poglavitni povod za nastanek drobirskega toka so bile obilne padavine z intenzivnostjo čez 300 mm na dan. Novembra 2000 je na tem območju padlo 1234 mm padavin, kar je približno polovica povprečnih letnih padavin in štirikrat toliko kot dolgoletno novembrsko povprečje. Povprečna oktobrska višina padavin v Logu pod Mangartom (637,9 mm) je bila za trikrat večja kot povprečna mesečna

višina padavin in 1,5-krat večja kot oktobrska višina padavin v obdobju 1990–2000. Skupna višina oktobrskih in novembrskih padavin je presegla 1700 mm. Pomembna je bila izjemno velika dnevna količina padavin, saj je v Bovcu 14. in 15. 11. 2000 padlo 340 mm padavin (Markošek 2000, 25). Poleg tega je bil v četrtek, 16. 11. 2000 zvečer izredno močan naliv, ko je v zgolj nekaj urah padlo nekaj deset milimetrov dežja (Komac 2000).

Konec novembra 2000 so obilne padavine sprožile številne zemeljske plazove in usade tudi drugje po Sloveniji. Med drugim so se pojavili tudi na Reki nad Laškim, Besnici v občini Ormož, v Labinjah in Poljanah v občini Cerkno, na Pristavi v občini Črna na Koroškem, v Zabičah v občini Ilirska Bistrica, v bližini Vrhnike in Preddvora ter nad Ozeljanom. Med Predmejo in dolino Lokavščka (Slano blato) se je 22. 11. 2000 sprožil velik, 700 m dolg in 150 m širok zemeljski plaz s prostornino okrog 700.000 $m^3$, ki še vedno ogroža Lokavec. V istem času je nastal tudi drobirski tok v Tamarju (Obvestila … 2007).

Potresi, ki so jih naprave zaznale v času pred sprožitvijo drobirskega toka, zaradi oddaljenosti epicentra in šibkosti premikov niso neposredno prispevali h geomorfnemu dogajanju. Med 14. in 17. novembrom 2000 so v severozahodni Sloveniji zabeležili 21 potresov z magnitudo 0,9 stopnje po Richterju ali več. Le pri petih potresih so ocenili intenziteto, pri treh III. stopnje EMS-98 in pri dveh IV. stopnje EMS-98 (Ribičič, Vidrih 2001, 49). Vloga potresov je daljnosežna, povezana z delovanjem porne in razpoklinske vode ter možnostjo dotekanja večjih količin vode.

V okolici Bovca in v dolini Planice so drobirski tokovi večjih razsežnosti nastajali že v pleistocenu (Bavec 2002), na kar kažejo krajevna imena in zgodovinski viri, ki omenjajo podobne dogodke pred 300 in 110 leti (Zorn, Komac 2002a).

Na Slovenskem so taki pojavi v zgodovinski dobi redkejši, čeprav so eden najpomembnejših preoblikovalnih dejavnikov vršajev in povirnih območij alpskega sveta. V manjšem obsegu je večkrat prišlo do plazenja tudi že v dolini Koritnice in Mangartskega potoka. Na izjemnost dogodka kaže jožefinski vojaški zemljevid tega območja iz druge polovice 18. stoletja. Stanovanjske hiše v Logu so že pred več kot 200 leti stale tik ob mostu čez Predelico (Rajšp, Serše 1998). Vendar so se drobirski tokovi v dolini



BLAŽ KOMAC

*Slika 74: V Logu pod Mangartom so zgradili več novih stavb in most čez Predelico.*




*Slika 75: Plaz Stovžje (zgoraj), pot (na sredini) in vršaj drobirskega toka v Logu pod Mangartom (spodaj) (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005).*

Koritnice skoraj zagotovo pojavljali že prej. Do podobnega pojava je prišlo pred približno stodesetimi leti, kot poroča časopis Edinost (26. 8. 1891). V Logu je »… *debel pesek* …« zasul mlin in žago, ki sta stala pri sotočju Predelice in Koritnice. Gostilničarju Ferdinandu Štruklju je voda odnesla »… *ves vrt do ogla hiše, ter mu podsula pol hleva. Na drugi strani je podsulo tudi vso hišo* …«. Pod Logom je ujma odnesla na samem stoječo hišo, »… *od katere ni ne duha ne sluha* …« in po vsej verjetnosti za daljši čas pretrgala edino cestno povezavo med Bovcem in Predelom.

Preučevalci zgodovine območja (Klavora 2003) navajajo, da je plaz v dolini Mangartskega potoka pred približno tristo leti zasul nahajališča gline. To potrjujejo vzorci sedimenta iz vrtin, ki so jih v dolini Mangartskega potoka izvrtali v okviru sanacijskih del leta 2001. Glino so uporabljali za lončarstvo v Strmcu,

ki se je po tem dogodku nenadoma končalo. Med ljudmi se je ohranilo le ime »Lončarska pot« za najkrajšo povezavo med Logom in Strmcem. Na intenzivnost geomorfnega dogajanja kažejo mnoga ledinska imena (na primer Meli), manjši plazovi, ki so jih pred letom 2000 na Stovžju opažali pastirji z Mangartske planine, in učinki številnih snežnih plazov, ki so dosegli dno doline Mangartskega potoka pri Predelski cesti (Pavšek 2000).

Pojav lahko v širšem okviru povežemo s podnebnimi spremembami. Rast povprečnih temperatur zraka v zadnjih desetletjih in s tem povezane nenavadno visoke temperature pozno jeseni tudi v višjih legah so skrajšale obdobje, ko so zgornje plasti zamrznjene.

Na tem območju običajno petina letnih padavin pade v obliki snega (Radinja 1978; Cegnar 2000, 7), leta 2000 pa je še konec novembra deževalo do nadmorske višine približno 2000 m.

Aktivnost drobirskih tokov je lahko občutljiv indikator paleoklimatskih sprememb. Opazovanja so pokazala, da obstaja povezanost med spremembami podnebja in aktivnostjo drobirskih tokov. V ameriški zvezni državi Virginiji je bila dokazana povezava med pogostnostjo drobirskih tokov in obdobjem, ko se je podnebje po ledeni dobi spremenilo do te mere, da je omogočilo pogoste vdore toplih tropskih zračnih gmot v osrednji del Apalačev. Tako velik drobirski tok, kot je bil na primer tisti, ki je nastal leta 1969 zaradi hurikana Camilla v osrednji Virginiji v ZDA, je nastal najmanj trikrat v zadnjih 11.000 letih. V kanjonih Kalifornijske puščave se drobirski tokovi pojavljajo približno enkrat na vsakih 30–100 let (Castiglioni 1982).

### 5.6.3.2 Drobirski tok pod Ciprnikom

V noči z 18. na 19. 11. 2000 se je z zahodnega pobočja Ciprnika (1745 m) sprožil zemeljski plaz, ki je deloma prešel v drobirski tok. Ta je v minuti ali dveh dosegel dolinsko dno. Razdejal je gozd in del



BLAŽ KOMAC

*Slika 76: Pogled na Ciprniški vršaj z letalnice v Planici.*

ceste v 600 m nižje ležeči dolini Planice, nedaleč od planiške velikanke. Po grobih ocenah je vseboval med 50.000 in 80.000 $m^3$ gradiva.

Podobno kot pri drobirskem toku v Logu pod Mangartom so bile za njegov nastanek poglavitni vzrok karbonatno-klastične julsko-tuvalske kamnine. V njih se menjavajo laporovec, glinavec, lapornati apnenec, apnenec in dolomit. Te plasti se na širšem območju Tamarja in Loga pod Mangartom imenujejo tamarska formacija oziroma rabeljske plasti. Najdemo jih v ozkem pasu, ki poteka iz Italije od Rablja/Cave del Predil prek Mangartske planine v dolino Koritnice, ter v Tamarju, izoliranih krpah pod Ciprnikom in dolini Male Pišnice. Preperina lapornatih kamnin je večinoma iz glinenih mineralov, vsebuje pa tudi karbonatne kamnine. Ob razmočenosti je lahko eden izmed poglavitnih vzrokov za plazenje, saj takrat minerali glin močno nabreknejo.

Če plasti tudi vpadajo vzporedno s pobočjem, kot je primer na Ciprniku, so ob dolgotrajnem deževju vse kamnine, na njih odložene v obliki grušča, morene, podornih blokov izrazito podvržene pobočnim procesom (Jurkovšek 2001; Zorn 2004a; Zorn, Komac 2004a).

#### 5.6.3.3 Pobočni procesi nad Kosečem

Drobirski tokovi so nastali tudi v Koseču, kjer je najprej prišlo do skalnega podora, ki je sprožil še zemeljski plaz. Pojava sta opisana že v poglavju o zemeljskih plazovih, zato se na tem mestu nekoliko podrobneje posvečamo drobirskim tokovom kot najnevarnejšim med pobočnimi procesi. Bili so bistveno večji od količine odtekajoče vode, saj tok prenaša obilico gradiva.

Prvi zabeleženi drobirski tok je nastal 12. aprila 2002 po dvodnevnih obilnih padavinah (128 mm), ki so sledile sušni pomladi. Ta drobirski tok se je zaustavil že v zgornjem delu. Prvi drobirski tok, ki je dosegel Koseč, je nastal 4. maja 2002. Tega dne je bilo 46 mm padavin, gradivo pa je potovalo v treh sunkih. Zadnji drobirski tok je nastal 17. novembra 2002 po 52 mm izdatnih padavinah. Leta 2002 je nastalo skoraj 20 drobirskih tokov. Precej jih je nastalo tudi med 30. oktobrom in 2. novembrom 2003, vendar niso dosegli Koseča.

Drobirski tokovi so se prožili, ko je bilo gradivo namočeno že od prej in je intenzivnost sprožilnih padavin presegla 30 mm dnevno. Ta vrednost je zaradi prejšnje namočenosti gradiva nižja od empiričnih izračunov, po katerih se drobirski tok sproži pri padavinah z intenzivnostjo 2 mm na h, ki trajajo 24 ur.

Ker na tem območju izhlapi približno šestina padavin, mora skupna količina padavin v enem dnevu preseči 200 mm. Šele takrat je namreč gradivo dovolj razmočeno, da je možen nastanek drobirskih tokov.

Ker obsega zaledje 2,63 ha, lahko zaradi padavin z intenzivnostjo vsaj 10 mm nastane poplavni tok. Poplavni oziroma vodni tok v tem primeru sproži drobirski tok s prostornino od nekaj deset do nekaj tisoč kubičnih metrov.

Zaradi majhnega zaledja in majhnih količin vode so bili drobirski tokovi suhi. Njihova gostota je bila približno 2,0 t na $m^3$. Vsebovali so drobnozrnato glinasto gradivo, vodo in predvsem grobozrnato gradivo, valili so tudi velike skale. Zato je bila poroznost gradiva približno 50 %, njihova hitrost pa je bila le od 1 do 3 m na s, čeprav je strmec struge razmeroma velik (11°). Drobirski tok se je za nekaj sekund tudi ustavil, ko pa je z vodo bolj nasičeni zadnji del čelo porinil naprej, je znova napredoval (Mikoš in ostali 2006).

#### 5.6.3.4 Pojav v dolini Lepene

Ob močnih nalivih nastaja v naših razmerah večje število blatnih tokov na obdelovalnih zemljiščih, ne pa v gozdu. 3. in 4. 6. 1989 so jih zabeležili v Halozah, ob poplavah 1. 11. 1990 v porečjih Savinje in Kamniške Bistrice, ob potresu 12. 4. 1998 pa tudi v Lepeni in dolini Tolminke.

V dolini Lepene je ob potresu nastal pojav, ki ga ne moremo uvrstiti niti med skalne podore niti kamnite tokove niti blatne tokove, saj so se med potovanjem njegove značilnosti spreminjale. Tok je povečini sestavljalo starejše podorno gradivo. Sprožil se je z levega pobočja, ko se je v strmi grapi odloženo kamenje ob potresu premaknilo in se po njej zvalilo navzdol. Pri tem so se od nekaj centimetrov do

nekaj decimetrov velike skale in kamni mešali s snegom, ki je zapolnjeval grapo. Kotaleča in drseča gmota snega in preperine je v nižjih delih grape na melišču s podlage posnela glinaste in meljaste delce. Nastala je blatna gmota, ki se je po izhodu iz grape razlila po dolini. Ob premikanju po travnatih dolinskih bregovih je hitro izgubljala vodo in zato postajala vedno gostejša ter počasnejša. Ko se je tok ustavil, je iz njega odtekla še preostala voda, tako da je ostala gosta preperina, pomešana s kamenjem. Skale, ki jih je zaradi velike gostote prenašal tok, so imele prostornino do 10 $m^3$ (Vidrih, Ribičič 1998, 372–373; Ribičič, Vidrih 1998a, 53; Vidrih, Ribičič 1999, 113; Mikoš, Fazarinc, Ribičič 2006).

#### 5.6.3.5 Kamniti tok v dolini Kamniške Bistrice

Kamniti tok v dolini Kamniške Bistrice je nastal po obilnem deževju 15. julija 1970. Tega dne je na Brniku padlo 79 mm, na Jezerskem pa kar 163 mm dežja; večina ga je padla med 12. in 18. uro. Učinki neurja so bili najhujši na podnožju Grintovca, med zanimivejšimi pojavi pa je bil kamniti plaz oziroma kamniti tok s Kokrskega sedla v konec doline Kamniške Bistrice. Njegovi učinki so bili vidni nad Žagano pečjo v Čemaževki oziroma tik nad spodnjo postajo tovorne žičnice, speljane na Kokrsko sedlo (Slušatelji … 1971).

Kamniti plaz se je sprožil izpod ostenij v okolici Kokrskega sedla. Premaknilo se je gradivo, v katerem se je močno dvignila gladina talne vode. Hudourniški jarek je bil na vrhu le malo razoran, na nadmorski višini približno 1700 m pa se je žleb poglobil na 3,5 m in razširil na 7 m. Na nadmorski višini približno 1400 m je plaz prešel kamniti prag, pod katerim je nastal 5,5 m globok in 17 m širok jarek. V njem ni sledov vodne erozije ali sedimentacije, zato je utemeljena domneva, da je šlo zgolj za premikanje premočenega grušča, ki je nosil tudi velike skale. Pri drsenju so se frakcije sortirale, tako da so bile na vrhu večje skale, pri dnu pa ilovnato-peščena zmes. Po teži je gmota vsebovala 14,6 % delcev premera pod 0,2 mm, 15 % delcev velikosti 0,2–1,0 mm in 32 % delcev s premerom zrn 1–20 mm, preostanek (38,4 %) pa so sestavljale večje skale do velikosti 18,5 $m^3$, z maso do približno 50 ton. Dokler je imelo pobočje naklon nad 30°, se je kamniti plaz vanj vrezoval in se redil, na položnejšem dnu Kokrske doline pa je nastal velik vršaj z do 2 m visokima nasipoma ob straneh. Jarek je imel tako obliko do nadmorske višine 900 m, kjer je plaz prebil smrekov gozd »… *in odlomil debla, debela na panju do 45 cm* …« (Slušatelji … 1971, 206). Pod njim je na pobočju z naklonom 11° naletel na gozd bukovega mladja, ki se je upogibalo in ga zaustavljalo.

Zaradi zmanjšane hitrosti se je drobir razprostrl. Na nadmorski višini 970 m so se od glavnega jarka odcepljali stranski, kjer je gradivo potovalo v manjših plazičih. Ti so nastali prej kot je plaz v glavnem jarku poglobil strugo in nasul nasipa ob straneh, kar kaže na to, da je pojav nastajal v več valovih. Akumulacija se je začela na pobočju z naklonom pod 16°. Zanimivo je, da je bila na neporaščenem površju visoka do 2 m, »… *skoraj nič ali zelo malo pa med drevjem, čeprav dno tam ni nič višje. Kamniti val je moral biti še tu torej precej gost, da se ni mogel razteči med drevesa* …« (Slušatelji 1971, 209). Voda ni bila poglavitni dejavnik premikanja kot je na primer pri hudourniških poplavah, čeprav brez nje sploh ne bi prišlo do premočenega toka drobirja v nižjo lego. Glede na način premikanja bi ta pojav bolj kot med plazove mogli uvrstiti med (drobirske) tokove. Čeprav avtorji tega izraza niso uporabili, so se tega dejstva očitno zavedali, saj so zapisali, da se gmota ni »… *vedla kot običajno plaz z ostenij niti kot hudourni*k …« (Slušatelji 1971, 209).

Pomembna je še ugotovitev, da so v spodnjem delu Kokrske doline v gozdu poraščeni kamniti nasipi in jarki, ki so verjetno »… *nastali ob podobnih kamnitih plazovih … to se pravi, da je plaz iz l. 1970 le člen v verigi procesa, ki na koncu alpskih dolin prestavlja grušč iz višjih jarkov in polic v dolino, kjer pa ga razmeroma slabotne reke še niso sposobne raznesti v predgorje* …« (Slušatelji 1971, 210).

### 5.6.4 HUDOURNIŠKI VRŠAJI

V podpoglavju o drobirskih tokovih smo omenili, da je tokove pogosto težko razlikovati od hudourniških procesov. Zato omenjamo tudi hudourniške vršaje, ki nastajajo ob hudourniških poplavah, čeprav

bolj kot h geomorfnim spadajo k hidrološkim procesom. Bralec lahko več o njihovi kronologiji prebere v knjigi Pogubna razigranost (Jesenovec 1995).

V gorskem in hribovitem svetu so hudourniške poplave izjemno učinkoviti preoblikovalci površja. S svojo nenadnostjo in silovitostjo pomenijo zelo resno nevarnost za premoženje in celo življenja ljudi. Dokler vodotoki tečejo po ozkih in težko prehodnih grapah erodirajo podlago, ob izstopu v širšo dolino ali na ravnino pa zaradi hitrega zmanjšanja strmca nasipavajo gradivo in ustvarjajo prodne vršaje.

Vršaj je nanos površinskega vodotoka, ki nastane tam, kjer se zmanjša naklon dolinskega dna ali se dolina dovolj razširi. Najpogosteje se to zgodi na stiku doline z ravnino oziroma večjo dolino, kjer se vodi zmanjša transportna sposobnost. Da bi ohranila energijo, odloži del gradiva, ki se po površju razprostre v obliki pahljače. Na spodnjem delu so vršaji široki in plitvi, v osrednjem delu bolj debeli, zgoraj pa ozki in zelo debeli.

Polkrožna oblika vršaja je posledica prestavljanja vodnega toka, kar se lahko zgodi hipoma. Ker gre za kakšno kroženje okrog navidezne stalne točke v zgornjem delu vršaja, imajo vršaji obliko prisekanega stožca. Naselja na vršajih so ogrožena, saj lahko hudournik z gradivom zapolni strugo in svojo pot v trenutku ubere drugje, na primer po cesti.

Na vršaju se vodni tok razcepi v številne manjše tokove, zato ima neravno površino, ki jo prepredajo erozijski jarki in posamezni kupi gradiva. Gradivo na vršaju se odlaga v obliki jezikov, ki so usmerjeni tja, kamor je v danem trenutku usmerjen glavni tok. Zato vršaji nastajajo postopno, v sunkih, odvisno od tega, kako voda prinaša gradivo. Posledica zaporedja takšnih dogodkov je slojevita sestava vršaja. Posamezni sloji imajo različne lastnosti, sestavljajo jih lahko povsem različni sedimenti. V hudourniških vršajih je zaradi kratkega transporta gradivo pogosto nezaobljeno. V zgornjem delu vršaja prevladujejo večji kamninski delci, zato je tam strmejši (35–38°), v spodnjem delu pa so delci manjši in naklon se zmanjša (manj kot 30–35°).

Zaradi velike prepustnosti gradiva se na manjših vršajih izgublja voda, drobne frakcije pa so sprane v nižje sloje. V sušnih razmerah po vršaju teče malo ali nič vode, ob močnih padavinah ali taljenju snega pa pretoki močno narasejo. Pogosto jih oblikujejo tudi drobirski, kamniti in blatni tokovi. Zato je rast vršajev odvisna od vremenskih (podnebnih) razmer oziroma intenzivnosti padavin ter od intenzivnosti preperevanja kamnine v zaledju. Njihova velikost je odvisna od velikosti zaledja, tektonskih razmer, litoloških značilnosti kamnin in od razpoložljivega prostora na mestu odlaganja. Litološke razmere vplivajo zlasti na stopnjo in značaj nanosa, ki ga voda prenese do vršajev (Easterbrook 1999, 164–165).

Glede na obliko razlikujemo (Kunaver 2000, 389–390; Natek 2001a):

- meliščne vršaje, ki nastanejo na prehodu med meliščem in vršajem, na primer pod žlebovi v stenah, in imajo naklon le malo pod posipnim kotom,
- hudourniške vršaje, ki so strmi in nastanejo ob izstopu hudournika v dolino (značilni so za Škofjeloško hribovje, vznožje Pohorja, dolino zgornje Soče, Zgornjesavsko in Zgornjo Savinjsko dolino),
- potočne vršaje, ki nastanejo ob manjših potokih na izstopu v širšo dolino (Cerkniščica, Iška),
- dolinske vršaje, ki so obsežni in položni, nastanejo pa v izteku doline na širšo ravnino ali v kotlino (Kokra, Kamniška Bistrica, Savinja pod Letušem, Sava pod Krškim, Drava na Dravskem polju, Soča pod Solkanom).

Glede na nastanek razlikujemo (Natek 2001a):

- rečne ali fluvialne vršaje,
- rečno-ledeniške ali fluvio-glacialne vršaje in
- rečno-obledeniške ali fluvio-periglacialne vršaje.

Rečni vršaj je nanesla reka in ga sestavljajo izključno rečne naplavine. Rečno-ledeniški vršaj je nanesla reka, ki je tekla izpod ledenika in je gradivo odložila neposredno pod čelno moreno ali pa ga je odnesla naprej in odložila v niže ležeči kotlini ali ravnini. Rečno-obledeniški vršaj je v ledeni dobi nanesla reka ali potok z območja nad zgornjo gozdno mejo, kjer so bili zelo močni periglacialni procesi; ob višku würma je bila gozdna meja pri nas na nadmorski višini približno 600 m. Takšni vršaji so v Sloveniji pogosti v predalpskem hribovju ter na vzhodnem in severnem vznožju Pohorja.

Večina vršajev na Slovenskem je iz obdobja po koncu pleistocena, ko so se ob otoplitvi v razmeroma kratkem času sprostile velike količine drobirja (Šifrer 1983, 1990). Manjši vršaji, ki so pogosti na stiku večjih dolin in kotlin z manjšimi dolinami in grapami, pa so povečini nastali z drobirskimi tokovi (Natek 2002). Velikost drobirskih tokov, ki so v Sloveniji nastali v zadnjih letih, je bila v primerjavi s podobnimi dogodki v preteklosti neznatna (Bavec 2002). Akumulacija na takšnih vršajih poteka hitro, do nekaj cm letno (Watanabe, Dali, Shiraiwa 1998). Periglacialni vršaji so pogosti v hribovitem svetu, pri nas v Polhograjskem in Škofjeloškem hribovju, na Kočevskem in v alpskih pokrajinah. Pogosti so v podnožju Karavank in Julijskih Alp, na primer na Bovškem, najdemo pa jih tudi drugod, na primer na Črnovrški planoti, v Hotenjskem podolju in na Logaškem polju. Po otoplitvi ob koncu pleistocena so ponekod vode v vršaje ponovno vrezale globoke struge in v njih oblikovale rečne terase (Šifrer 1983; Bavec 2001).

V pleistocenu je bilo na območju Slovenije mehansko preperevanje intenzivnejše kot v današnjih razmerah. V goratem svetu trava ali grmovje nista sklenjeno poraščala površja. Posledice preperevanja in spiranja gradiva v nižje lege so velika pleistocenska melišča, številni vršaji in debelejše plasti preperine, ki imajo znake nastanka ali spreminjanja v hladnejšem podnebju (Menzies 1995).

Zdaj je periglacialni drobir običajno prekrit z 10 do 15 cm debelo prstjo, kar je dokaz, da gre za fosilno reliefno obliko. Periglacialni drobir iz starejših obdobij pleistocena je marsikje sprijet v brečo, mlajši pa je še nevezan. Zaradi prevlade mehanskega preperevanja v pleistocenu so se območja iz manj odpornih kamnin hitreje zniževala, zato je lahko prišlo do diferenciacije v razvoju površja, ki je posledica intenzivnejših procesov zaradi razlik v litološki in strukturni zgradbi (Šifrer 1983, 146–147; 1990; Radinja 1972, 251).

Pleistocenski vršaji so z vidika ogroženosti zaradi poplav tako rekoč povsem varni, saj so se hudourniki že globoko zarezali vanje. Holocenske vršaje pa hudourniki ob visoki vodi še vedno nasipavajo in erodirajo. Lepi primeri so vršaji v Zgornji Savinjski dolini.

Zaradi rahlo nagnjenega površja in lege nad dolinskim dnom so vršaji že od nekdaj privlačni za poselitev. Zato so na mnogih starejših vršajih stari kmečki domovi ali stari deli naselij. Za poselitev so večinoma izrabili robove vršajev, njihov osrednji del pa je bil namenjem kmetovanju. V sodobnosti prevladuje travniška raba, pogosti pa so tudi pašniki in njive.

Recentni vršaji so v glavnem posledica močnega nasipanja hudournikov ob neurjih. Tako so ob novembrski poplavi leta 1990 v Zgornji Savinjski dolini veliko razdejanje povzročili tudi hudourniki, ki so odnašali ceste in stavbe ter nasuli ogromne količine gradiva (Kladnik 1991; Meze 1991). Najhujša grožnja na recentnih vršajih pa je nastanek večjega skalnega podora ali zemeljskega plazu na strmih pobočjih nad njimi ali v nestabilnih povirnih delih grap ob zelo močnih padavinah. Pri tem lahko nastanejo kamniti, blatni ali drobirski tokovi. To se je med drugim zgodilo 1. novembra 1990 v Trbiškem grabnu nad Ljubnim (Meze 1991) in v dolini Kamniške Bistrice (Repolusk 1991), 17. novembra 2000 v Logu pod Mangartom (Komac 2001a, 2001b; Zorn, Komac 2002a), 29. avgusta 2003 v Ukvah/Ugovizzi v Kanalski dolini v Italiji in istega dne v Ratečah (Zorn, Natek, Komac 2006).

Hudourniška erozija (Horvat 2002) ogroža skoraj petino ali 4000 km$^2$ ozemlja Slovenije. Občutljiva so zlasti dolomitna območja alpskih gorovij ter hribovita in gričevnata območja v manj odpornih nekarbonatnih kamninah. Na območju Slovenije je približno 370 erozijskih žarišč in 700 večjih hudournikov. Na območjih hudourniške erozije je več kot 1700 km hudourniških strug in 4000 km njihovih pritokov, daljših od 0,5 km, kar da gostoto med 1,6 km na km$^2$ in 3,5 km na km$^2$. To je približno trikrat toliko kot v ravninskih predelih, kjer je približno 0,5 km na km$^2$ (Rainer, Pintar 1972; Zemljič 1972, 234).

Na teh območjih se letno sprosti povprečno 2,5 milijona m$^3$ gradiva oziroma okrog 10 t na ha letno. V goratem svetu zahodnih Karavank je specifično sproščanje 45 t na ha letno, na soški strani Julijskih Alp pa 50 t na ha letno (Zemljič 1972, 234). V porečju Soče se v vodotokih odlaga okrog 15 t na ha gradiva letno, v porečju Save okrog 6,3 t na ha, v porečju Drave okrog 5,7 t na ha in v porečju Kolpe okrog 2,6 t na ha. V obalnem gričevju se v vodotokih odlaga le okrog 6,4 t na ha gradiva letno (Zemljič, Blažič, Pirnat 1970). V antropogeno degradirani pokrajini v zgornjem delu Mežiške doline v vzhodnih Karavankah je bilo zaradi onesnaženja s svincem popolnoma uničeno rastlinstvo. Med delovanjem rudniške

separacije je erozija z 0,5 km$^2$ velikega dolomitnega območja sprala povprečno več kot 110 t na ha gradiva letno.

V Sloveniji naj bi izvajali sanacijske ukrepe na dobri polovici (2370 km$^2$) hudourniških zemljišč (Horvat, Zemljič 1998, 414). Hudourniki pogosto ogrožajo naselja in infrastrukturo. V povprečju hudournik prečka cesto na vsakih 834 m (Horvat 2002, 269). Hudourniki prispevajo pomemben delež k zapolnjevanju akumulacijskih jezer hidroelektrarn.

Ocene sproščanja gradiva za celo Slovenijo so 5.000.000–6.000.000 m$^3$ letno (Rainer, Pintar 1972, 23; Kolbezen 1979, 73), Horvat in Zemljič (1998, 422) pa navajata razpon od 3.924.002 do 5.722.895 m$^3$ gradiva. Najpogostejši je podatek od 5.200.000 do 5.300.000 m$^3$, izračunan z Gavrilovićevo metodo, prilagojeno slovenskim razmeram (Zemljič 1972, 234; Rainer, Zemljič 1975, 98; Horvat 1987, 36; Horvat, Zemljič 1991, 3; Horvat 2002, 268). Povprečno sproščanje je okrog 5 t gradiva na hektar letno. Nekateri navajajo nižje ocene letnega sproščanja gradiva, na primer Lazarević (1981, 9) 3.960.200 m$^3$ oziroma okrog 4 t na ha letno.

Komac in Zorn (2004) sta izračunala sproščanje in specifično sproščanje ter erozijsko zniževanje površja po kategorijah rabe tal v Sloveniji. Ugotovila sta, da se v Sloveniji na območjih z naklonom nad 2° letno sprosti povprečno 6.278.400 ton gradiva oziroma 3,7 t na ha letno, povprečno zniževanje površja zaradi erozijskih procesov pa je 0,03 mm na leto. Podatki meritev in izračuni z modeli kažejo, da erozija v Sloveniji najbolj ogroža njive, s katerih letno odnese oziroma premesti v nižjo lego 0,92–2,45 milijona m$^3$ prsti. Na gozdnih območjih se sprošča približno 0,34–0,36 milijona m$^3$ gradiva, v vinogradih približno 0,27–0,29 milijona m$^3$, na travnikih in pašnikih pa 0,84–1,03 milijona m$^3$. Erozija prsti v sadovnjakih obsega približno 0,18–0,20 milijona m$^3$ letno, na neporaslih in visokogorskih območjih pa se letno sprošča približno 1,38–1,40 milijona m$^3$ gradiva.

Približno tri petine sproščenega gradiva zastajajo na pobočjih, meliščih in vršajih ter v erozijskih in hudourniških grapah. Preostalo gradivo pride v vodotoke, vendar se ga približno četrtina zaustavlja že na prehodih iz hudournikov v reke in v njihovih zgornjih tokovih. Zaradi zastajanja gradiva se dna strug stalno dvigajo, prodišča pa se širijo na račun drugih zemljišč, zato se povečuje nevarnost poplav (Zemljič 1972, 234–236).

#### 5.6.4.1 Hudourniški nanosi v Ratečah in Ukvah/Ugovizzi

Konec avgusta 2003 je tromejo med Slovenijo Italijo in Avstrijo prizadelo hudo neurje (Palmieri, Rosenwirth, Sima 2004; Tropeano, Turconi, Sanna 2004). Zadnje tri dni avgusta je v Ratečah padlo 274 mm dežja, kar je skoraj dvakrat več od avgustovskega povprečja (158 mm).

Samo 29. avgusta je v Ratečah padlo 145 mm dežja, največ med 19. uro in 20.30. V močnem nalivu je v uri in pol padlo 59 mm dežja, kar pomeni 130-letno povratno dobo. Naslednji dan je padlo manj kot 5 mm dežja, 31. avgusta pa spet kar 127 mm, tako da je bila povratna doba nalivov pod pet let. Zaradi obilnih padavin so poplavljali Trebiža, Beli potok, Nadiža, Krotnik, Suhelj, Tofov graben, Pišnica in Hladnik. 29. avgusta je bil pretok Save Dolinke v Kranjski Gori 35,6 m$^3$ na s, s čemer je dosegel petdesetletno povratno dobo, na Jesenicah pa s 112 m$^3$ na s desetletno povratno dobo (Polajnar 2006, 49–50).

29. avgusta je na površje v sekundi padlo 1,68 m$^3$ na km$^2$ padavin, 31. avgusta pa 1,57 m$^3$ na km$^2$. Prvi dan je porečje Trebiže v sekundi prejelo 7,99 m$^3$ padavin, 31. avgusta pa 7,49 m$^3$. Samo v enoinpolurnem nalivu 29. avgusta je v porečju Trebiže, ki meri 4,76 km$^2$, v sekundi padlo kar 58,50 m$^3$ padavin, kar pomeni 12,29 m$^3$ na s na kvadratni kilometer.

Po ugotovitvah Šrajeve (2003) pade v gozdu na tla povprečno 80 % padavin, poleti zaradi večje intenzivnosti padavin nekoliko več (upoštevali smo vrednost 85 %), izhlapevanje pa obsega do četrtine padavin (upoštevali smo vrednost 18 %).

Na podlagi tega domnevamo, da je za izhlapevanje zmanjšan odtok iz porečja Trebiže ob večernem nalivu 29. avgusta 2003 obsegal približno 67 % padavin ali do 40 m$^3$ na s, specifični odtok pa je bil do 8 m$^3$ na km$^2$ na s.



MATIJA ZORN

*Slika 77: V Ukvah je hudourniški nanos zasul prva nadstropja hiš.*



MATIJA ZORN

*Slika 78: Poplava je premikala tudi avtomobile.*

Tega dne je bil celodnevni specifični odtok sedemkrat nižji od navedenega viška in je bil 1,12 $m^3$ na $km^2$ na s, 31. avgusta pa je bil osemkrat nižji in je bil še vedno visokih 0,98 $m^3$ na km na s. Povprečni specifični odtok za Savo Dolinko pri Jesenicah je približno dvajsetkrat nižji od omenjenih vrednosti in je približno 0,05 $m^3$ na $km^2$ na s (Kolbezen, Pristov 1998, 83).

Zaradi izjemno velikega pretoka je Trebiža valila ogromne količine gradiva in se zaradi nasipanja v strugi razlila čez obrambni nasip. Zalila je stanovanjske hiše v novem delu Rateč, pod naseljem pa je nasula drobir in blato. Podoben pojav se je zgodil že leta 1885, ko je bilo zasutih 12 ha njiv in travnikov. Starega dela vasi, zgrajenega ob mirnejšem potoku Kravnjaku, tokratno neurje ni prizadelo. Hudournik Kravnjak so uredili v letih 1888–1890, ohranjen pa je tudi ureditveni načrt, ki velja za najstarejši tovrstni ohranjeni načrt pri nas (Jesenovec 1995, 94).

Nanosi hudournikov so onemogočili promet na prelazih Vršič, Predel in na mangartski cesti ter na več mestih zasuli cesto med Jesenicami in Ratečami.

Prizadeti sta bili tudi avstrijska Koroška in Kanalska dolina v Italiji, kjer je padlo čez 400 mm padavin. Voda je na trinajstih mestih uničila cesto in prekinila železniško povezavo Videm/Udine–Beljak/Villach. Štirinajst dni pred stoto obletnico podobnega dogodka, na katerega spominja ime ulice '*Via 13. Settembre 1903 alluvione*', je Ukevski potok/Torrente Uqua zasul zahodni del naselja Ukve/Ugovizza. Pri tem sta dva človeka umrla, domove pa je moralo zapustiti več kot 300 ljudi. O nevarnosti Ukevskega potoka poročajo že viri s konca 18. stoletja (Zorn, Komac 2004a). Na podlagi zgodovinskih podatkov, ki segajo v 16. stoletje, so ugotovili, da imajo večji tovrstni dogodki povratno dobo 25 let, manjši pa od 3 do 6 let (Tropeano, Turconi, Sanna 2004).

#### 5.6.4.2 Hudourniški vršaji v Zgornji Savinjski dolini

V Zgornji Savinjski dolini so območja z najvišjo stopnjo nevarnosti proženja zemeljskih plazov ali skalnih podorov ravno v dolinah in grapah v zaledju vršajev. Povečini so vstran od naselij ali prometnic, vendar predstavljajo realno grožnjo za naselja in prometnice na vršajih in ob sotočjih z večjo reko. V dolini Savinje nad Ljubnim so večji vršaji nastali na nekaj manj kot petini sotočij. Od tega je 23 večjih vršajev, ki skupaj obsegajo 1,24 $km^2$. Na njih stoji kar 200 od skupaj približno 1200 stavb. Glede na lego je torej v zgornjem delu doline ob Savinji ogrožena slaba desetina stavb (Komac in ostali 2006).

# 6 ZEMLJEVIDI GEOMORFNIH PROCESOV IN ZEMLJEVIDI OGROŽENOSTI

Zemljevide ogroženosti izdelamo iz zemljevidov naravnih procesov (v našem primeru geomorfnih), ki prikazujejo njihovo razširjenost in intenziteto, ob upoštevanju človekovega delovanja v pokrajini. So ena od temeljnih podlag za varovanje pred naravnimi nesrečami in prikazujejo ogroženost območij človekove dejavnosti ali bivanja zaradi različnih naravnih procesov. Na njihovi podlagi lahko določimo primernost nekega območja za določeno rabo (Mikoš 1997). S tem so tudi eden od preventivnih ukrepov v boju proti naravnim nesrečam (Perko 1992a).

Izdelujemo jih s terenskim in kabinetnim delom. Neposredna metoda je metoda geomorfološkega kartiranja. Njena točnost je odvisna od izkušenj in znanja tistih, ki kartirajo. Je natančna, toda subjektivna in zaradi časovne zahtevnosti dražja od posrednih metod (Zorn, Komac 2004b). Rezultati kartiranja različnih avtorjev se lahko razlikujejo za 55–65 % ali celo do 80 % (Ardizzone in ostali 2002), zato pri izdelavi zemljevidov težimo k čim večji objektivnosti.

Cenejše in krajše posredne metode delimo na probabilistične (tudi statistične ali verjetnostne) in deterministične. Deterministične metode so subjektivne, pri probabilističnih pa upoštevamo dejanske razmere, na primer zemeljske plazove, ki so se v določeni pokrajini že sprožili (Zorn, Komac 2004b). Problem je v tem, da kataster zemeljskih plazov (Ribičič, Buser, Hoblaj 1994; Fajfar in ostali 2005) ni javen, oziroma, da je javno dostopni del za strokovno vrednotenje praktično neuporaben (medmrežje 1).

S posrednimi metodami izdelani zemljevidi so model, izdelan na podlagi geografskih informacijskih sistemov. Takšni zemljevidi niso namenjeni dokončnemu vrednotenju ogroženosti posameznih objektov v pokrajini, pač pa so temeljna podlaga za natančnejše terensko delo, s katerim določimo dejansko ogroženost posameznih objektov.

Natančno poznavanje naravnih procesov omogoča razpoznavanje ogroženih območij v pokrajini in usmerjanje poselitve ter človekovih dejavnosti na varnejša območja (Komac, Zorn 2002a). Izkušnje in dogodki v zadnjih letih potrjujejo, da človek ne sme posegati na območja, ki so zaradi naravnih procesov veljajo za nevarna. Če tam že prebiva ali deluje, je potreben premišljen, odgovoren pristop ob tvornem sodelovanju ogroženih prebivalcev, strokovnjakov ter državnih in lokalnih oblasti.

Vloga izobraževanja bi morala biti predvsem v ozaveščanju učencev o nevarnostih narave. Tuje izkušnje kažejo, da je visoka stopnje zavedanja ljudi o naravnih nesrečah in njihovih posledicah zelo pomembna za preventivo pred njimi (Siegel 1996). To pa je šele prvi korak k zmanjšanju škode, ki jo povzročajo na primer zemeljski plazovi in je v Sloveniji med letoma 1995 in 2004 bila povprečno 8,3 milijona evrov letno (Komac, Zorn 2005c).

Kakovost zemljevidov ogroženosti je odvisna od uporabljenih podatkovnih slojev, zlasti temeljnega sloja za izračun naklonov površja, to je digitalnega modela višin. Pomemben je tudi podatkovni sloj s kamninami, ki je žal bistveno manj natančen, saj digitalni geološki zemljevid v merilu 1 : 25.000 še ne obstaja, zemljevid v merilu 1 : 100.000 pa je za podroben pristop premalo natančen in uporaben le na regionalni ravni. Pomagamo si lahko z digitalnim pedološkim zemljevidom 1 : 25.000. Za izdelavo zemljevida plazovitih območij bi morali upoštevati še zemljevid debeline preperine (Ribičič in ostali 2003), toda na ta dejavnik lahko zaenkrat sklepamo le posredno. Zemljevid maksimalnih 24-urnih padavin je bil izdelan za celo Slovenijo in je zaradi (prevelike) širine razredov (50 mm) primeren le za uporabo na regionalni ravni.

Zemljevidi ogroženosti zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov, izdelani z determinističnimi metodami, so model oziroma ocena dejanskega stanja v pokrajini. Njihova zanesljivost je odvisna od kakovosti uporabljenih kartografskih podlag in izbrane metode. Ker je ocena izdelana na podlagi dokazano dominantnih spremenljivk (a ne vseh), je hkrati mera verjetnosti, da se bo določen pojav na nekem območju dejansko zgodil. Še natančnejšo oceno verjetnosti lahko dobimo, če zemljevide ogroženosti zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov, izdelane z modeliranjem, primerjamo s konkretnimi razmerami v pokrajini, zato pa je treba modele nadgraditi z rezultati podrobnega geomorfološkega kartiranja teh pojavov na terenu. S preverjanjem zabeležk terenskih ogledov ugotavljamo, da se izdelane karte povečini dobro

ujemajo z razporeditvijo ugotovljenih zemeljskih plazov in skalnih podorov, še zlasti na območjih z visokimi stopnjami ogroženosti.

Zemljevidi ogroženosti so model in prikazujejo le tisti del dejanske ali resnične ogroženosti, ki jo določajo uporabljene spremenljivke oziroma vplivni dejavniki. Dejanska ogroženost je lahko večja od ugotovljene, saj na nastanek skalnih podorov in zemeljskih plazov vplivajo še drugi, neznani, slabše poznani ali nenapovedljivi dejavniki. Pride lahko do »nesrečnega spleta okoliščin«. Dejanska ogroženost pa je lahko manjša, saj je časovna razsežnost naravnega dogajanja povsem drugačna od človeškega dojemanja časa (Komac in ostali 2006).

Glede na dostopne vire in predvideno uporabo zemljevidov ogroženosti je pomembna njihova prostorska razsežnost. Raziskava je pokazala, da so takšni zemljevidi nadvse uporabni na regionalni in državni ravni, za uporabo na krajevni ali individualni ravni pa mora biti, kljub sodobnim metodam izdelave zemljevida ogroženosti, izvedeno še podrobno geomorfološko in družbenogeografsko kartiranje ogroženega območja. V nadaljevanju sta deterministična in probabilistična metoda izdelave zemljevidov predstavljeni na konkretnih primerih.

## 6.1 DETERMINISTIČNI ZEMLJEVIDI

### 6.1.1 METODA PONDERIRANJA VPLIVNIH DEJAVNIKOV

Metode izdelave zemljevidov ogroženosti delimo na neposredne (tudi kvalitativne ali izkustvene) in posredne (kvantitativne). Neposredna je metoda geomorfološkega kartiranja. Točnost te metode je odvisna od izkušenj in znanja tistih, ki kartirajo, zato izdelki zahtevajo več časa za izdelavo, so subjektivni, zaradi terenskega dela pa natančnejši in dražji od zemljevidov, izdelanih s posrednimi metodami (van Westen, Seijmonsbergen, Mantovani 1999).

Posredne metode delimo na probabilistične (tudi statistične ali verjetnostne) in deterministične. Izdelava zemljevidov s posrednimi metodami je cenejša in krajša. Deterministične metode so subjektivne, pri probabilističnih pa intenzivnost in razširjenost procesov ugotavljamo s primerjavo posredno določenih pokrajinskih prvin in dejanskega stanja (van Westen, Seijmonsbergen, Mantovani 1999; Komac 2005a).

Zemljevide geomorfnih procesov in tudi zemljevid plazovitosti najpogosteje izdelujemo z metodo ponderiranja. Postopek je z matematičnega vidika preprost, vendar je za interpretacijo zemljevida potrebno temeljito poznavanje geomorfnih procesov, njihove dinamike in posledic.

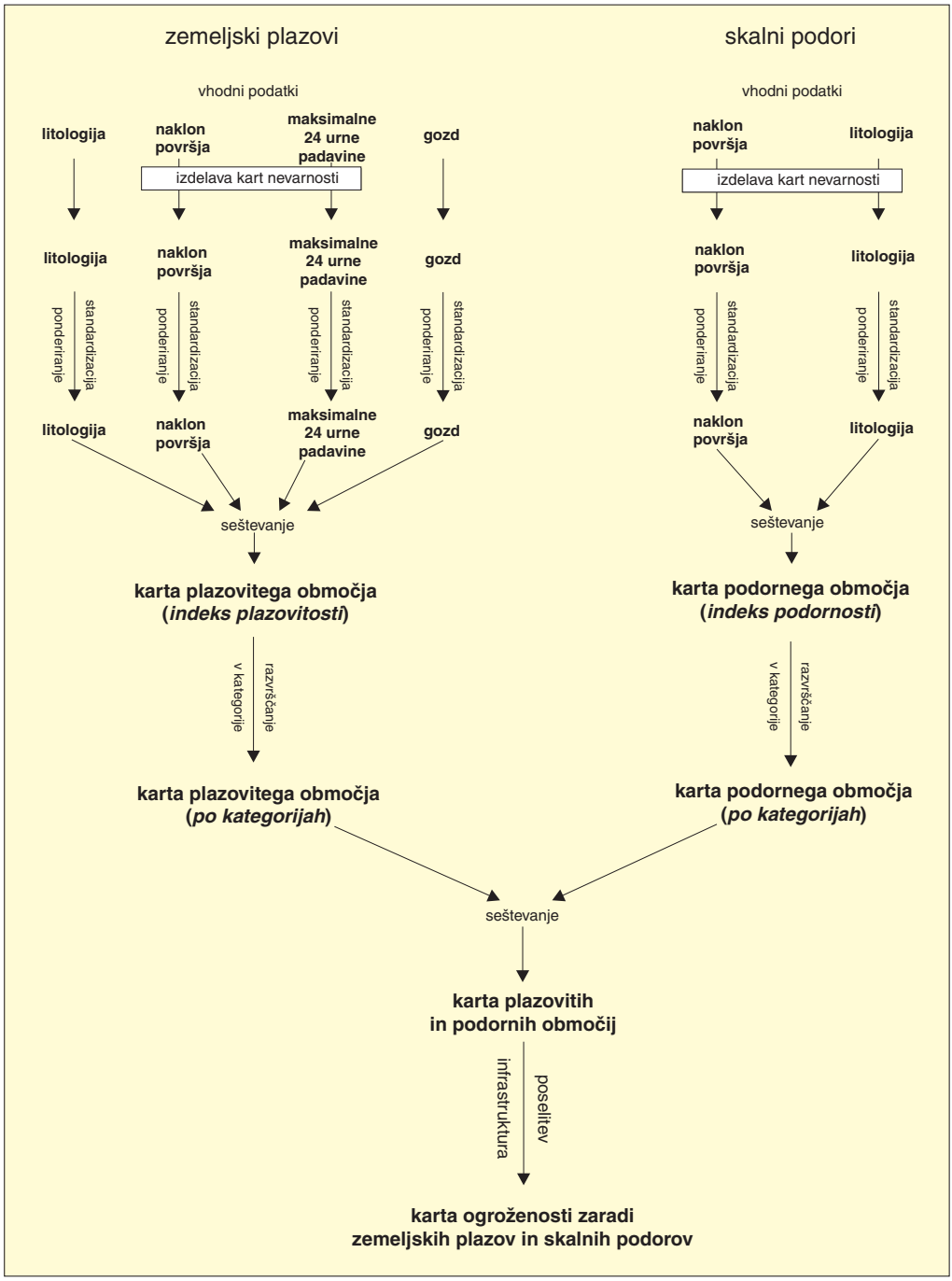
Za vsakega od vplivnih dejavnikov najprej izdelamo zemljevid nevarnosti. Zaradi različnih lestvic, po katerih merimo posamezne vplivne dejavnike, je nujna njihova standardizacija, s katero absolutne vrednosti spremenimo v relativne tako, da vrednosti sloja delimo z njegovo najvišjo vrednostjo. Na ta način lahko med seboj primerjamo različne zemljevide (Perko 1992a; Pečnik 2002).

Ker vpliv raznih dejavnikov na nastanek zemeljskih plazov ni enakovreden, je treba vsak dejavnik obtežiti ali ponderirati, pri čemer je vsota vseh uteži enaka 1. Določitev uteži je subjektivna (Pečnik 2002); dobro moramo poznati geomorfne procese in pojave, ker se na literaturo težko zanesemo. Za plazenje vemo, da sta neodpornost kamnin in naklon površja pomembnejša od vloge gozda, nejasno pa ostaja, za koliko (Zorn 2003).

Izbor ponderjev močno vpliva na določitev kategorije ogroženosti določenega območja. V nadaljevanju pomen ponderjev predstavljamo na primeru porečij Nemiljščice in Besnice.

Povedano bo postalo pomembno, ko bo izdelava zemljevidov ogroženosti zakonsko predpisana za uporabo v prostorskem načrtovanju, kot je že trideset let praksa v sosednji Avstriji (Forstgesetz 1975). Kategorija ogroženosti območja bo vplivala na vrednost zemljišč ter na zavarovalniške in davčne premije (Horvat 2001b), s tem pa posredno tudi na socialno sestavo prebivalcev.

S standardizacijo in ponderiranjem izdelamo delne zemljevide. Sledi faza kombiniranja delnih zemljevidov (Perko 1992a; Pečnik 2002), v kateri seštejemo posamezne sloje in seštevek delimo s številom slojev. Dobljeni indeks z vrednostjo med 0 in 1 izraža možnost plazenja. Najvišjo vrednost 1 imajo območja,




*Slika 79: Metoda izdelave zemljevidov ogroženosti zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov po metodi ponderiranja (Zorn, Komac 2005).*

ki so v vseh posameznih slojih uvrščena v najvišjo kategorijo (Perko 1992a). Številčni razpon med 0 in 1 nato ob upoštevanju statistične razporeditve razdelimo na kategorije, ki predstavljajo možnost nastanka zemeljskih plazov. Opisani postopek izdelave zemljevidov plazovitih območij iz zemljevidov nevarnosti povzema enačba (Zorn, Komac 2004b):

$$\kappa = \frac{\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{X_n}{Y_n} * p_n\right)}{N}$$

legenda:
κ = zemljevid plazovitega območja,
*n* = sloj,
*N* = skupno število slojev,
*p* = utež ali ponder,
*X* = zemljevid nevarnosti vplivnega dejavnika,
*Y* = največja vrednost sloja.

Zemljevid ogroženosti dobimo šele potem, ko na zemljevid plazovitih območij položimo podatkovne sloje z družbenogeografskimi prvinami. Na njem je za vsak objekt ali območje razvidno, kakšna je kategorija njegove ogroženosti. V tej fazi se približamo temeljnim načelom geografije, saj zemljevid ogroženosti prikazuje sočinkovanje naravnogeografskih in družbenogeografskih dejavnikov v pokrajini. Dobra stran metode ponderiranja je enostaven in preprost postopek izdelave, slabost pa pretirana subjektivnost (Zorn, Komac 2004b).

Dober zemljevid ogroženosti zaradi zemeljskih plazov mora upoštevati čim več vplivnih dejavnikov. Njihov izbor je odvisen od merila; pri majhnem je na razpolago več podatkov, pri velikem pa nekaterih vplivnih dejavnikov ne moremo upoštevati, saj se na majhne razdalje le malo spreminjajo (na primer potresna ogroženost) oziroma imamo na razpolago premalo podatkov (na primer podatki o maksimalnih 24-urnih padavinah).

#### 6.1.1.1 Zemljevida geomorfnih procesov za porečji Nemiljščice in Besnice

Pri izdelavi zemljevida ogroženosti za 29,25 km$^2$ veliki porečji Nemiljščice in Besnice severozahodno od Kranja smo za lažjo ponazoritev opisane metode upoštevali le tri vplivne dejavnike: litološko sestavo, naklon površja in gozdnatost. Izdelali smo pet zemljevidov plazenja, pri katerih smo vplivne dejavnike obteževali ali ponderirali na različne načine (Zorn 2003; Zorn, Komac 2005):

- enakovredno vrednotenje (1/3 litološka sestava + 1/3 naklon + 1/3 gozd = 1),
- poudarjanje litologije (3/5 litološka sestava + 1/5 naklon + 1/5 gozd = 1),
- poudarjanje naklona (1/5 litološka sestava + 3/5 naklon + 1/5 gozd = 1),
- poudarjanje gozdnatosti (1/5 litološka sestava + 1/5 naklon + 3/5 gozd = 1),
- uravnoteženo vrednotenje (0,45 litološka sestava + 0,45 naklon + 0,10 gozd = 1).

*Preglednica 27: Plazovita območja glede na različno ponderiranje vplivnih dejavnikov.*

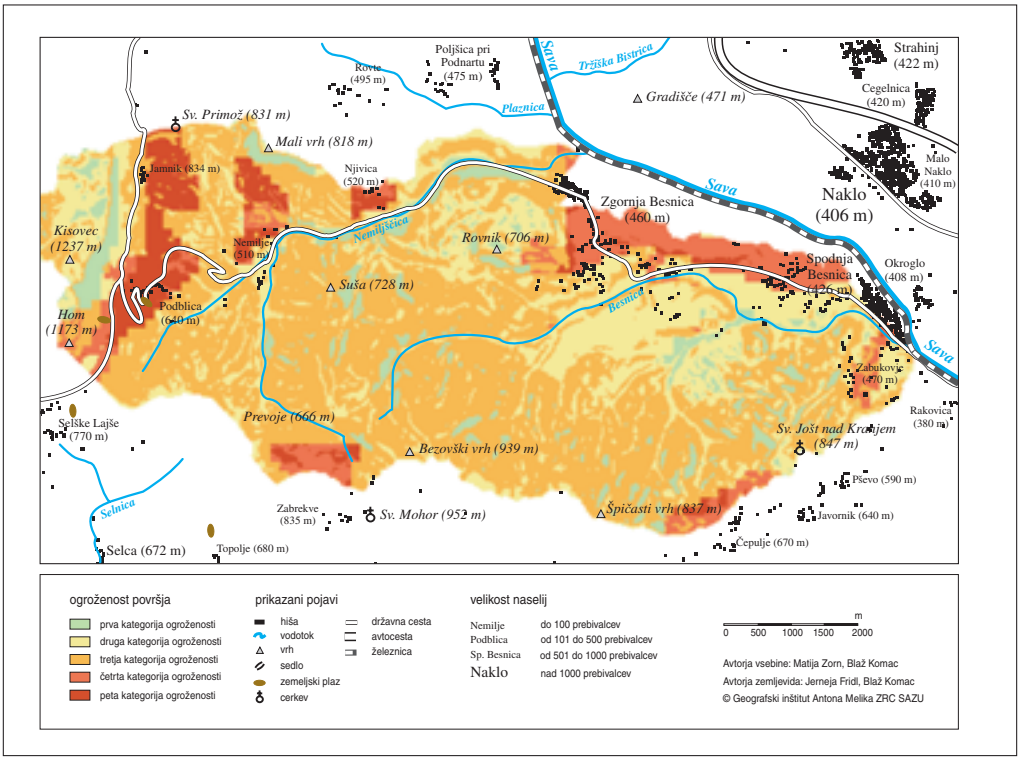
| kategorija plazovitosti | enakovredno vrednotenje litologije, naklonov in gozda (slika 80) | | poudarjanje litologije (slika 81) | | poudarjanje naklonov (slika 82) | | poudarjanje gozda (slika 83) | | uravnoteženo vrednotenje litologije, naklonov in gozda (slika 84) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % |
| 1 | 213,84 | 7,3 | 151,64 | 5,2 | 263,40 | 9,0 | 637,08 | 21,8 | 236,24 | 8,1 |
| 2 | 765,20 | 26,2 | 814 | 27,8 | 586,56 | 20,1 | 1841,80 | 63,0 | 451 | 15,4 |
| 3 | 1543,76 | 52,8 | 1588 | 54,3 | 600,08 | 20,5 | 11,80 | 0,4 | 1054,76 | 36,1 |
| 4 | 234,96 | 8,0 | 309,92 | 10,6 | 1275,16 | 43,6 | 143,52 | 4,9 | 1055,40 | 36,1 |
| 5 | 166,92 | 5,7 | 61,12 | 2,1 | 199,48 | 6,8 | 290,48 | 9,9 | 127,28 | 4,3 |
| skupaj | 2924,68 | 100,0 | 2924,68 | 100,0 | 2924,68 | 100,0 | 2924,68 | 100,0 | 2924,68 | 100,0 |

*Preglednica 28: Stavbe na ogroženih območjih glede na različno ponderiranje vplivnih dejavnikov.*

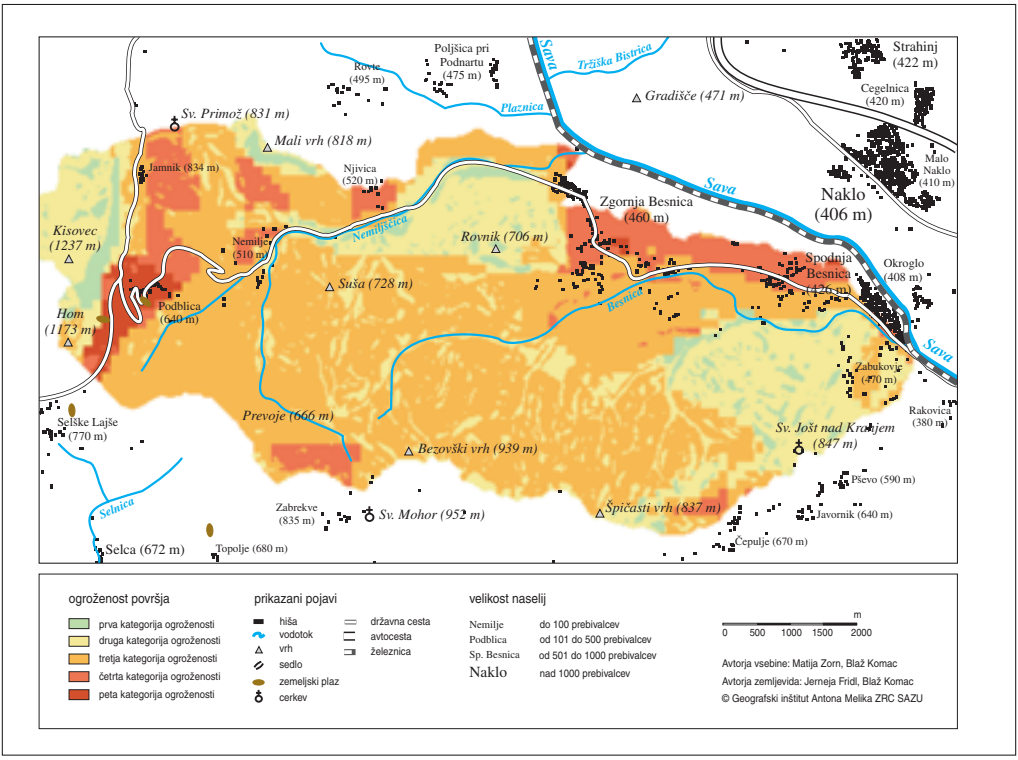
| kategorija plazovitosti | enakovredno vrednotenje litologije, naklonov in gozda (slika 80) | | poudarjanje litologije (slika 81) | | poudarjanje naklonov (slika 82) | | poudarjanje gozda (slika 83) | | uravnoteženo vrednotenje litologije, naklonov in gozda (slika 84) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | število hiš | % | število hiš | % | število hiš | % | število hiš | % | število hiš | % |
| 1 | 7 | 2,1 | 7 | 2,1 | 7 | 2,1 | 63 | 18,5 | 7 | 2,1 |
| 2 | 135 | 39,6 | 29 | 8,5 | 134 | 39,3 | 131 | 38,4 | 58 | 17,0 |
| 3 | 51 | 14,9 | 158 | 46,3 | 118 | 34,6 | 0 | 0,0 | 192 | 56,3 |
| 4 | 117 | 34,3 | 110 | 32,3 | 49 | 14,4 | 74 | 21,7 | 57 | 16,7 |
| 5 | 31 | 9,1 | 37 | 10,8 | 33 | 9,6 | 73 | 21,4 | 27 | 7,9 |
| skupaj | 341 | 100,0 | 341 | 100,0 | 341 | 100,0 | 341 | 100,0 | 341 | 100,0 |

Na preučevanem območju sta znana dva zemeljska plazova; mlajši je leta 2001 v vasi Podblica uničil cesto Dražgoše–Kranj.

Z združitvijo vseh treh podatkovnih slojev smo dobili zemljevid plazovitih območij. Preglednici prikazujeta velikost in delež območja ter število in delež hiš, ki na podlagi različnega vrednotenja vplivnih dejavnikov pripadajo različnim kategorijam plazovitosti.




*Slika 80: Zemljevid ogroženosti zaradi plazenja, izdelan na podlagi enakovrednega vrednotenja litologije, naklonov in gozda.*




*Slika 81: Zemljevid ogroženosti zaradi plazenja, izdelan na podlagi poudarjene vloge litologije.*

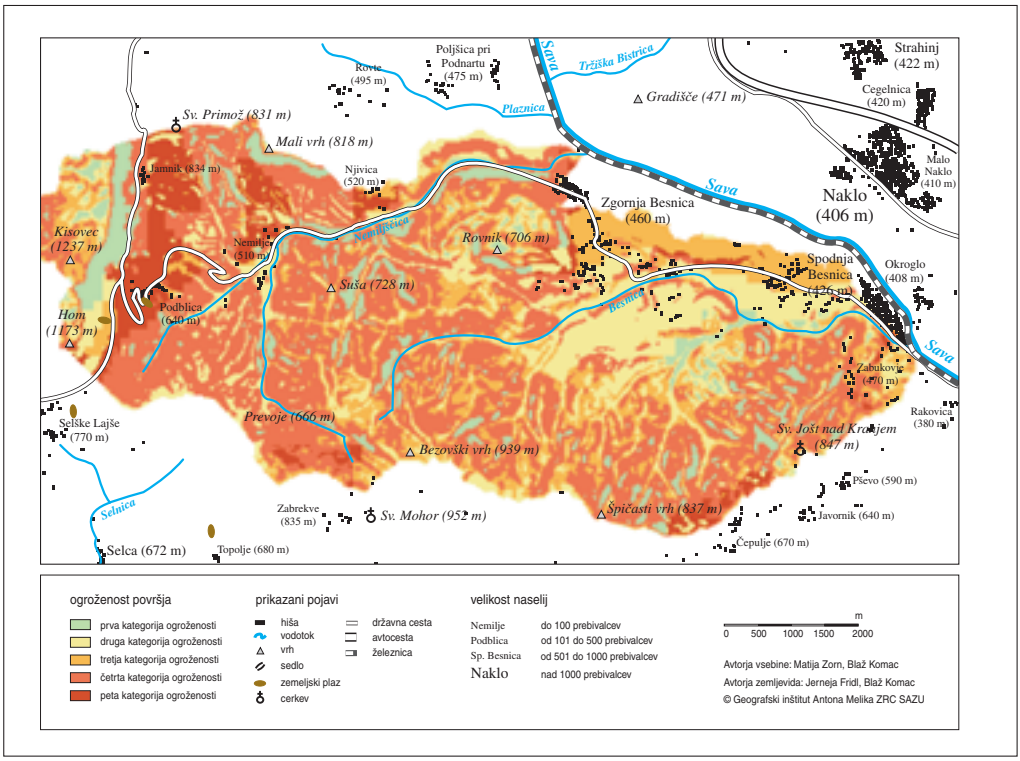
Pri enakovrednem vrednotenju vplivnih dejavnikov pride preveč do izraza varovalni vpliv gozda, saj največjo plazovitost kažejo neporaščena območja.

Na zemljevidu, ki izpostavlja vpliv litološke zgradbe, pridejo močno do izraza geomehanske lastnosti kamnin oziroma njihova odpornost na plazenje. Izstopajo območja karbonatnih kamnin, ki imajo najboljše geomehanske lastnosti.

Zemljevid plazovitosti z izpostavljenim vplivom naklona površja, spominja na zemljevid naklonov, le da ima nekoliko obrnjeno lestvico. Najbolj strma območja so najmanj plazovita, saj na njih teoretično ne prihaja do plazenja, pač pa do podiranja. Od zemljevida naklonov površja se razlikuje predvsem na ravninskih območjih, ki niso porasla z gozdom in hkrati ležijo na litološki podlagi z nekoliko slabšimi geomehanskimi lastnostmi. Na teh območjih omenjena vplivna dejavnika nekoliko povišata stopnjo plazovitosti.

Najmanj primeren za ugotavljanje plazovitosti je zemljevid s poudarjeno vlogo gozda, saj varovalno vlogo gozda pred plazenjem močno precenjuje.

Za pravilno vrednotenje plazovitosti so najboljši tisti zemljevidi, pri katerih premišljeno upoštevamo vplivne dejavnike. Takšen bi bil lahko zemljevid, pri katerem smo enakovredno ovrednotili vpliv litološke sestave in naklona, 4,5-krat manjšo vlogo pa smo pripisali gozdu. Na njem je viden vpliv geomehanskih lastnosti kamnin in negozdnih zemljišč. Najbolj plazoviti so reliefno razgibani povirni deli Nemiljščice in Besnice v erodibilnih psevdoziljskih skladih in manj prepustnih magmatskih kamninah, strma območja na zahodu in območja z oligocenskimi sedimenti na vzhodu. Za branje tovrstnih zemljevidov moramo podrobno poznati metodologijo izdelave, saj brez tega ne moremo dovolj dobro razumeti njihove vsebine.



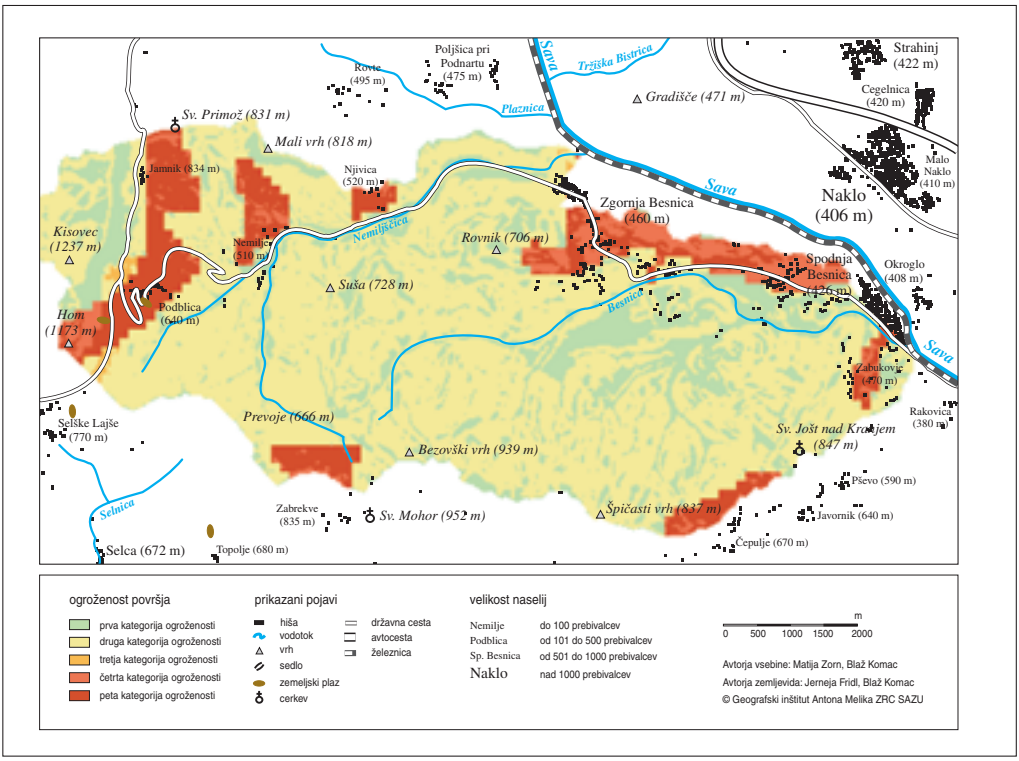

*Slika 82: Zemljevid ogroženosti zaradi plazenja, izdelan na podlagi poudarjene vloge naklonov.*

### 6.1.1.2 Zemljevid geomorfnih procesov za občino Kobarid

Za izdelavo zemljevida ogroženosti pred večjimi pobočnimi procesi smo izbrali 98,8 km$^2$ veliko vzorčno območje okolice Kobarida v Zgornjem Posočju, kjer so nastali večji podori aprila 1998 in plaz decembra 2001. Izdelali smo ga s pomočjo geografskih informacijskih sistemov in dobili kompleksni zemljevid ogroženosti zaradi podorov in zemeljskih plazov.

Preučeno območje ima zapleteno geološko sestavo. Prečkajo ga prelomi alpske in dinarske smeri. Najpomembnejši je Idrijski prelom, ki vzdolž doline Soče poteka od severozahoda proti jugovzhodu. V višjih legah prevladujejo apnenci (dachsteinski apnenec), v nižjih legah pa kredni fliš s kvartarnimi nanosi (Buser 1986). Na tem območju je skupaj s prelomi in tektonskim dviganjem eden od ključnih pogojev za nastanek intenzivnih pobočnih procesov kamninska sestava. Erozijske in denudacijske procese vzpodbuja bližina Jadranskega morja, v katerega se po vsega 138 km dolgem toku izliva Soča. V njenem srednjem toku je višinska razlika med dolinskim dnom in vrhom Krna več kot 2000 m.

Podrobneje smo preučili kamninsko sestavo, naklone, ukrivljenost površja in poraslost z gozdom. Za preučitev vpliva kamninske sestave smo uporabili digitalizirano Pedološko karto Slovenije v merilu 1 : 25.000 (2002) in digitalizirani geološki zemljevid v merilu 1 : 100.000 (Buser 1986), za izračun naklonov ter vodoravne in navpične ukrivljenosti površja (Hrvatin, Perko 2002) digitalni model višin z osnovno celico 20 krat 20 m (Podobnikar, Stančič, Oštir 2000), za poraslost z gozdom in poseljenost pa podatkovna sloja Geografskega inštituta Antona Melika ZRC SAZU. Na zemljevidu so prikazani točkovni podatki, pridobljeni s pomočjo literature (Pavšek 1994; Vidrih, Ribičič 1998; Komac, Zorn 2002a, 2002b). Pri izdelavi nismo upoštevali vpliva potresov, saj je na celotnem območju največja pričakovana intenziteta




*Slika 83: Zemljevid ogroženosti zaradi plazenja, izdelan na podlagi poudarjene vloge gozda.*

potresa 9. stopnje EMS-98 lestvice za obdobje 500 let (Vidrih, Ribičič 1998, 368), kar je obenem tudi najvišja pričakovana intenziteta v Sloveniji.

Za vsakega od omenjenih dejavnikov smo s programskima orodjema Idrisi 32.2 in Surfer 7.0 izdelali zemljevid, ki prikazuje stopnje nevarnosti. Stopnje nevarnosti smo določili glede na poznavanje dejavnikov nevarnosti in spoznanj iz literature (Perko 1992; Pečnik 2002).

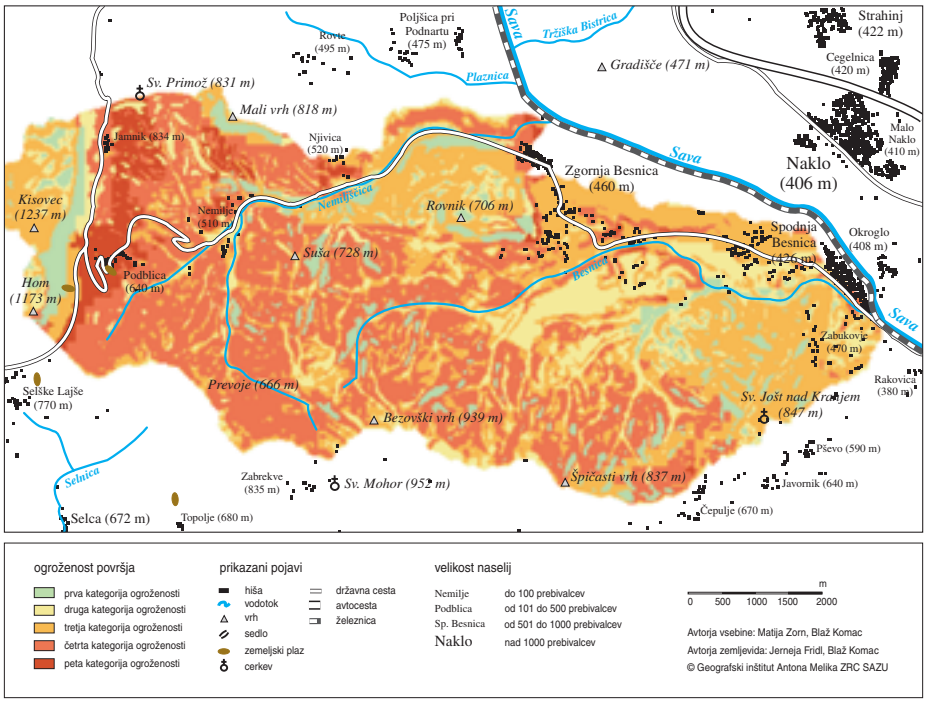
Zemljevid prikazuje pet stopenj ogroženosti; čim višja je številka, tem višja je stopnja ogroženosti. Varna območja obsegajo vsega 19,29 km$^2$, srednje ogrožena 43,73 km$^2$, nevarna pa 35,8 km$^2$ ozemlja.

Zemljevid ogroženosti smo prekrili s podatkovnim slojem, ki na tem območju prikazuje poselitev. Med 941 poslopji jih je 82 % na varnih območjih, nekaj manj kot 14 % jih je na srednje ogroženih območjih, 4 % pa na nevarnih območjih. Zemljevid prikazuje tudi večje skalne podore na tem območju ter zemeljska plazova pri Koseču in Krnu.

Ob združevanju vseh slojev se je pokazalo, da na ogroženost najbolj vpliva litološka sestava v povezavi z nakloni. Tako so flišna območja bolj podvržena pobočnim procesom kot apnenčasta, sploh najbolj ogrožena pa so flišna območja z nakloni od 21 do 30°.

### 6.1.2 METODA MATRIK

V tem podpoglavju je opisan zemljevid ogroženosti porečja Savinje nad Ljubnim ob Savinji zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov, izdelan s tako imenovano metodo matrik (Zorn, Komac 2004b). Razširjenost plazovitih in podornih območij ter ogroženost zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov smo določili glede na poselitev, državne ceste, rabo tal in vodotoke.




*Slika 84: Zemljevid ogroženosti zaradi plazenja, izdelan na podlagi uravnoteženega vrednotenja litologije, naklonov in gozda.*

V prvem koraku modeliranja plazovitih in podornih območij smo, tako kot pri metodi ponderiranja, za vsakega od omenjenih dejavnikov izdelali po dva zemljevida (enega za zemeljske plazove in drugega za skalne podore), ki prikazujejo stopnjo nevarnosti. Stopnje nevarnosti smo določili na podlagi lastnih spoznanj in literature.

V nadaljevanju smo določili zaporedje množenja vplivnih dejavnikov v matrikah. Pri skalnih podorih smo predpostavili, da je naklon površja pomembnejši od kamninske sestave, pri zemeljskih plazovih pa naj bi bila kamninska sestava pomembnejša od naklona površja, ta pa pomembnejši od padavin in gozdnatosti. Dobljene vrednosti smo vnesli v matrike in izdelali delne zemljevide.

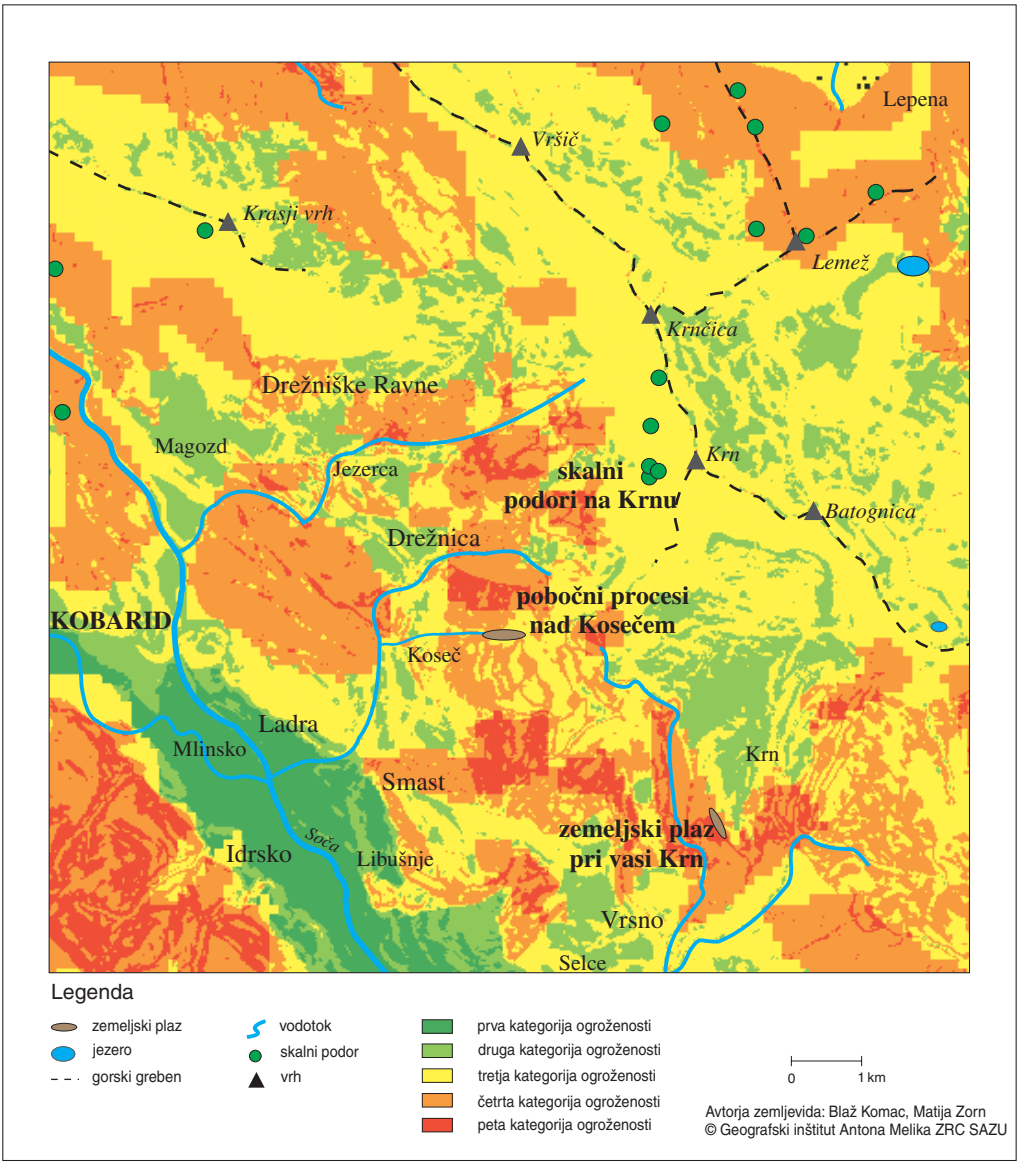
Izračunali smo indeks plazovitosti oziroma podornosti. Relativne indeksne vrednosti smo glede na frekvenčno razporeditev pojavov oziroma standardni odklon od aritmetične sredine razvrstili v razrede in jim pripisali določeno vrednost, ki predstavlja oceno možnosti nastanka pojava.

Na ta način dobljena zemljevida plazovitih in podornih območij lahko združimo in dobimo procesno geomorfološko karto, na kateri sta prikazani razširjenost in stopnja nevarnosti pojavljanja zemeljskih plazov ter skalnih podorov.

Osrednji del postopka je povzet v enačbi in omogoča določanje plazovitih in podornih območij:

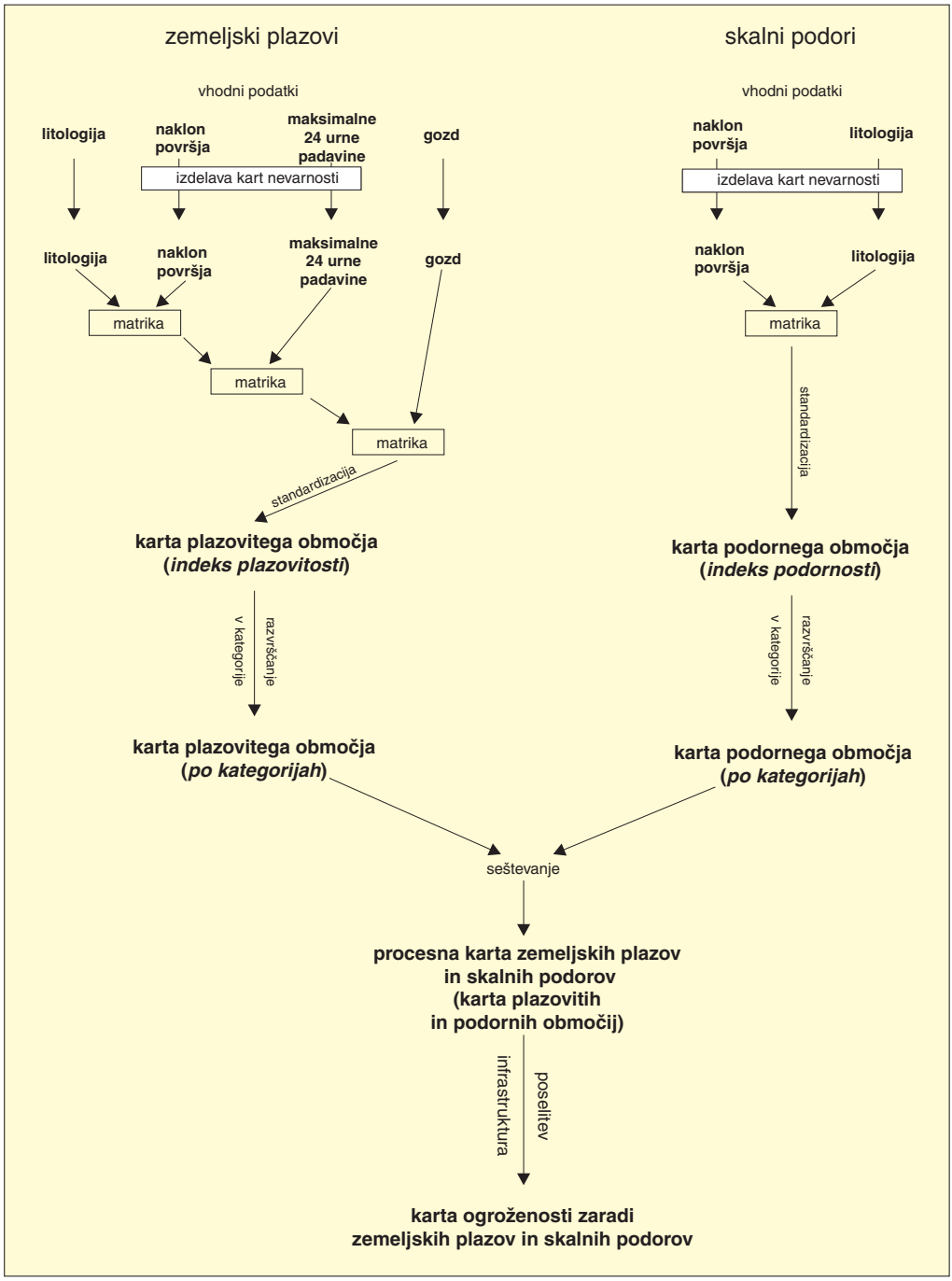
$$\kappa = \frac{\prod_{k=1}^{\infty}(M_k)}{R_{\max}} = \frac{\prod_{k=1}^{\infty}\left(\left|{}^{k}R_1 \quad {}^{k}R_m\right|\right)}{R_{\max}} = \frac{\prod_{k=1}^{\infty}\left(\left|{}^{k-1}R_1 * x_1 \quad {}^{k-1}R_m * x_m\right|\right)}{R_{\max}}$$

legenda:
$\kappa$ = zemljevid plazovitega oziroma podornega območja,
$k$ = zaporedna številka matrike, $m$ = zaporedje v matriki,
$M$ = matrika, $R$ = rang, $R_{max}$ = najvišji rang zadnje matrike,
$x$ = vplivni dejavnik.




*Slika 85: Zemljevid geomorfnih procesov v občini Kobarid, izdelan z deterministično metodo (Natek, Komac, Zorn 2003).*

Pri izdelavi smo upoštevali štiri informacijske sloje oziroma vplivne dejavnike: kamninsko zgradbo, naklon površja, maksimalne 24-urne padavine in poraslost z gozdom. Podatke o kamninski sestavi smo zajeli z geološkega zemljevida v merilu 1 : 100.000 (Mioč, Žnidarčič, Jerše 1983; Premru 1983), za izračun naklonov smo uporabili digitalni model višin z osnovno celico 25 krat 25 m (Podobnikar, Stančič, Oštir 2000), za vpliv maksimalnih padavin karto Maksimalne 24-urne padavine za 100-letno povratno dobo (Maksimalne … 1995) v merilu 1 : 250.000 in za gozdnatost podatke Zavoda za gozdove, Območne




*Slika 86: Metoda izdelave kart ogroženosti zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov po metodi matrik (Zorn, Komac 2005).*

enote Nazarje. Za analizo je primerna rastrska oblika podatkov, zato v slovenski geografiji za tovrstno modeliranje uporabljamo zlasti programske pakete Idrisi, ArcGis in TAS.

Velikost in obseg plazovitih in podornih območij ter razlike v ogroženosti zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov smo nazadnje primerjali s poselitvijo, državnimi cestami in rabo tal. Zanimala nas je še možnost nastanka zemeljskih plazov in skalnih podorov v bližini vodotokov.

Čeprav je metoda matrik deterministična, je njena dobra stran objektivnost postopka v najpomembnejši fazi izdelave in preverljivost do ravni posamezne celice digitalnega modela višin. Na končnem zemljevidu lahko procese med seboj jasno razlikujemo, mogoče je določiti neogrožena območja. Slabi strani metode matrik sta velika poraba časa za izdelavo zemljevidov in razmeroma zapleten postopek.

#### 6.1.2.1 Zemljevid za Zgornjo Savinjsko dolino

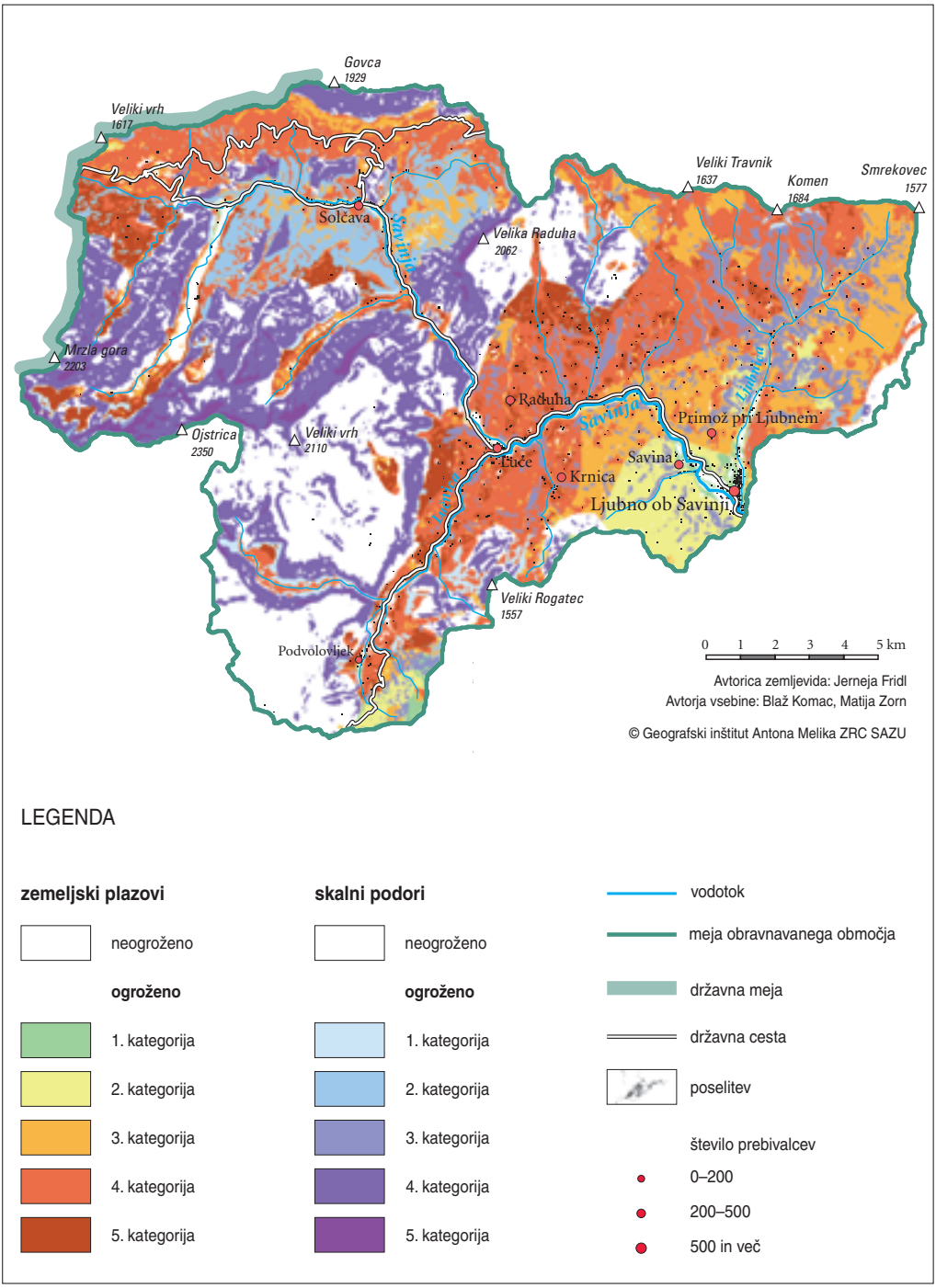
Na preučevanem območju potekajo recentni geomorfni procesi v okviru hkratnega tektonskega dviganja gorskega sveta in eksogenega zniževanja površja, pri čemer se s pobočij še vedno odstranjujejo velike količine periglacialnega drobirja iz zadnje ledene dobe (Meze 1966). Večji kot so posamični geomorfni dogodki (skalni podori, zemeljski plazovi, hudourniška opustošenja), v daljših in bolj nepravilnih časovnih presledkih se praviloma dogajajo. Ta občasnost velikih dogodkov dopušča tako imenovano sprejemljivo stopnjo tveganja, računajoč, da bodo med dvema dogodkoma minila desetletja ali celo stoletja. To je lahko res, kot nam kažejo na primer zemeljski plaz pod Raduho, ki se je ponovno sprožil več stoletij po starejšem zemeljskem plazu (Natek 1991), ali skalni podori pod Dobračem (veliki skalni podori ob koncu pleistocena in naslednjič ob potresu 1348, Zorn 2002b). Toda v Zgornjem Posočju so bili v zadnjih 30-letih kar trije močni potresi. Ker zemljevidi ogroženosti ne vključujejo časovne dimenzije, nam ne morejo odgovoriti, kdaj se bo dogodil določen pojav.

Porečje Savinje nad Ljubnim ob Savinji obsega 282,3 km$^2$. Večina ozemlja je na nadmorski višini pod 1200 m, četrtina ga je na nadmorski višini med 800 in 1200 m. Skoraj dve petini porečja sta na nadmorski višini nad 1000 m. Ozemlje na nadmorski višini med 400 in 600 m meri vsega 16 km$^2$, med 600 in 800 m pa 47 km$^2$.

Le 0,1 % porečja ima naklon manjši od 2°, kjer ne potekajo močnejši pobočni procesi. Zmerno odnašanje gradiva poteka na dveh odstotkih porečja z nakloni od 2 do 5,9°. Močna erozija na kmetijskih zemljiščih poteka na šestnajstini porečja z nakloni od 6 do 11,9°. Zelo močno površinsko spiranje, ki ponekod že lahko preide v linijsko erozijo, poteka na 50 km$^2$ ozemlja z nakloni od 12,0–19,9°. Na teh območjih že nastajajo usadi. Glede na naklone je velika nevarnost nastanka zemeljskih plazov na dveh petinah porečja. Slabo četrtino porečja sestavljajo stene.

*Preglednica 29: Površina porečja po naklonskih razredih in prevladujoči geomorfni procesi (Zorn, Komac 2004b)*

| naklonski razredi (°) | površina (km$^2$) | delež površja (%) | prevladujoči geomorfni procesi |
|---|---|---|---|
| do 2 | 0,36 | 0,13 | razmeroma šibko in večinoma površinsko spiranje gradiva s pogostim zastajanjem vode |
| 2,0–5,9 | 6,76 | 2,39 | zmerno odnašanje gradiva, erozija prsti na njivah, polzenje preperine v gozdu |
| 6,0–11,9 | 16,52 | 5,85 | močno odnašanje gradiva z erozijo prsti na njivah in travnikih, proženje manjših zemeljskih plazov. |
| 12,0–19,9 | 49,07 | 17,38 | zelo močno površinsko spiranje, ki prehaja v linijsko erozijo, pogosti zemeljski plazovi |
| 20,0–31,9 | 115,51 | 40,92 | zelo močno odnašanje gradiva s prevlado linijske erozije in pogostimi zemeljski plazovi |
| 32,0–54,9 | 26,99 | 9,56 | v naših razmerah je Pri 32° naravni posipni kot, zato na površju ni sklenjene odeje prsti, pogosto podiranje |
| nad 55 | 67,81 | 24,02 | stena, s katere vsak odkrušen delec kamnine zaradi gravitacije pade navzdol |




*Slika 87: Zemljevid plazovitosti in podornosti za Zgornjo Savinjsko dolino.*

Območja, kjer naj se ne bi sprožali zemeljski plazovi in skalni podori obsegajo približno četrtino porečja. Zemeljski plazovi se lahko pojavijo na šestih desetinah porečja, podori pa lahko nastanejo na tretjini. 154 km$^2$ ozemlja ni plazovitega. Polovica plazovitih zemljišč je na območju četrte kategorije, četrtina na območju tretje kategorije in osmina na območju pete kategorije. Podorno območje obsega 91 km$^2$ ozemlja ali tretjino porečja. Od tega je 54 % na območju četrte kategorije, po dobra petina pa na območjih tretje in druge kategorije, po dvajsetina pa na območjih prve in pete kategorije. Podori se naj ne bi sprožali na 191 km$^2$ ozemlja.

*Preglednica 30: Površina plazovitih in podornih območij (Zorn, Komac 2004b).*

| kategorija | plazovita območja (km$^2$) | podorna območja (km$^2$) |
|---|---|---|
| 1 | 2,49 | 5,23 |
| 2 | 11,38 | 15,45 |
| 3 | 32,69 | 16,87 |
| 4 | 65,44 | 49,40 |
| 5 | 16,34 | 3,68 |
| skupaj | 128,34 | 90,64 |

Da bi dobili zemljevid ogroženosti, smo procesni zemljevid primerjali z nekaterimi družbenogeografskimi prvinami. Ker zemljevid ogroženosti prikazuje le izvorna območja procesov, ne pa tudi vplivnih območij, smo pri modeliranju ogroženosti upoštevali še ogroženost območja v stometrski oddaljenosti od stavb, cest in vodotokov.

Poseljena zemljišča (zabeležili smo 1218 stavb) zavzemajo le 0,26 % preučevanega območja, seveda pa je raziskovanje njihove ogroženosti zaradi zagotavljanja varnosti prebivalstva zagotovo najpomembnejše opravilo. Na območjih, ki jih zemeljski plazovi ne ogrožajo, je 452 (slabi dve petini) stavb. Za usmerjanje poselitve je pomembno dejstvo, da je kar 315 stavb na območju četrte stopnje ogroženosti, po desetina ogroženih stavb pa je na območjih prve in pete stopnje ogroženosti. V oddaljenosti 100 m od poseljenih območij je 13 km$^2$ površja, od tega so 4 km$^2$ v samo petdesetmetrski oddaljenosti. Polovica površine prvega pasu je na območju četrte kategorije ogroženosti, petina pa na območju pete kategorije ogroženosti.

*Preglednica 31: Površina kategorij ogroženosti pozidanih območij in njihove bližnje okolice zaradi zemeljskih plazov (Zorn, Komac 2004b).*

| kategorija ogroženosti | poseljeno območje | | okolica (do 50 m) | | okolica (od 50 do 100 m) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | število celic | površina (ha) | število celic | površina (ha) | število celic | površina (ha) |
| 1 | 149 | 9,31 | 748 | 46,75 | 837 | 52,31 |
| 2 | 81 | 5,06 | 672 | 42,00 | 1406 | 87,88 |
| 3 | 60 | 3,75 | 664 | 41,50 | 1863 | 116,44 |
| 4 | 309 | 19,31 | 2974 | 185,88 | 7285 | 455,31 |
| 5 | 143 | 8,94 | 1389 | 86,81 | 2844 | 177,75 |
| skupaj | 742 | 46,38 | 6447 | 402,94 | 14235 | 889,69 |

Zaradi skalnih podorov je ogroženih le pet stavb, kar je posledica redke poseljenosti na površju z velikimi nakloni. Na območju druge kategorije ogroženosti zaradi podorov je ena stavba, tri so na območju tretje kategorije in ena na območju četrte kategorije. V 100 m oddaljenosti od stavb je kvadratni kilometer površja, od tega zavzema območje v 50 m oddaljenosti 15 ha. Tri petine prvega pasu so v tretji kategoriji ogroženosti, petina pa je v drugi kategoriji ogroženosti.

*Preglednica 32: Površina kategorij ogroženosti pozidanih območij in njihove bližnje okolice zaradi skalnih podorov (Zorn, Komac 2004b).*

| kategorija ogroženosti | poseljeno območje | | okolica (do 50 m) | | okolica (od 50 do 100 m) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | število celic | površina (ha) | število celic | površina (ha) | število celic | površina (ha) |
| 1 | 0 | 0,00 | 4 | 0,25 | 51 | 3,19 |
| 2 | 1 | 0,06 | 54 | 3,38 | 353 | 22,06 |
| 3 | 3 | 0,19 | 174 | 10,88 | 1002 | 62,63 |
| 4 | 1 | 0,06 | 18 | 1,13 | 117 | 7,31 |
| skupaj | 5 | 0,31 | 250 | 15,63 | 1523 | 95,19 |

Za ugotavljanje ogroženosti državnih cest smo zemljevid plazovitih in podornih območij prekrili z informacijskim slojem državnega cestnega omrežja, ki je v Zgornji Savinjski dolini dolgo približno 55 km (Pregledna … 2002).

Zaradi zemeljskih plazov sta ogroženi dve tretjini cestnega omrežja. Na območju pete kategorije ogroženosti je 1,5 km državnih cest, na območju četrte kategorije pa 22,7 km ali štiri desetine od vseh državnih cest. Kar 8 km$^2$ ogroženih zemljišč je v oddaljenosti do 100 m, največ na območju četrte kategorije ogroženosti.

*Preglednica 33: Površina kategorij ogroženosti državnih cest in njihove bližnje okolice zaradi zemeljskih plazov v ha (Zorn, Komac 2004b).*

| kategorija ogroženosti | državne ceste | okolica (do 50 m) | okolica (od 50 do 100 m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,69 | 34,22 | 25,05 |
| 2 | 1,95 | 41,47 | 37,38 |
| 3 | 3,11 | 67,87 | 65,62 |
| 4 | 11,38 | 250,35 | 241,04 |
| 5 | 0,78 | 19,21 | 23,84 |
| skupaj | 18,91 | 413,11 | 392,92 |

Podori ogrožajo 3,5 ha cestišč in njihove bližnje okolice. Dve petini cestišč je na območju druge kategorije ogroženosti, petina je na območju tretje kategorije in tretjina na območju četrte kategorije ogroženosti. Na območju pete kategorije ogroženosti je 175 dolžinskih metrov cest, na območju prve kategorije ogroženosti 8,7 km, na območju četrte kategorije ogroženosti pa 2,3 km. V oddaljenosti 100 m od cest je približno 160 ha ozemlja.

*Preglednica 34: Površina kategorij ogroženosti državnih cest in njihove bližnje okolice zaradi skalnih podorov v ha (Zorn, Komac 2004b).*

| kategorija ogroženosti | državne ceste | okolica (do 50 m) | okolica (od 50 do 100 m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,08 | 1,14 | 1,61 |
| 2 | 1,37 | 33,76 | 35,10 |
| 3 | 0,79 | 17,92 | 22,16 |
| 4 | 1,16 | 25,06 | 24,24 |
| 5 | 0,09 | 1,24 | 0,64 |
| skupaj | 3,49 | 79,12 | 83,75 |

Za ugotavljanje ogroženosti zemljiških kategorij smo zemljevid plazovitih in podornih območij primerjali z zemljevidom Raba kmetijskih zemljišč (2002). Zaradi zemeljskih plazov je ogroženih je 127 km$^2$ zemljišč. Najbolj ogrožene zemljiške kategorije so neporasla zemljišča, pašniki in sadovnjaki, saj so kar štiri petine neporaslih zemljišč ter polovica pašnikov in sadovnjakov na območju pete kategorije ogroženosti. Tri petine ogroženih travnikov so na območju četrte kategorije ogroženosti, tri desetine pa na območju pete kategorije ogroženosti. Med pozidanimi zemljišči (upoštevana so vsa urbana zemljišča), ki obsegajo 3 km$^2$, jih je skoraj polovica na območju četrte kategorije ogroženosti, petina pa na območju pete kategorije.

*Preglednica 35: Površina kategorij ogroženosti po kategorijah rabe tal zaradi zemeljskih plazov (Zorn, Komac 2004b).*

| kategorija ogroženosti | njive | sadovnjaki | travniki | gozd | pozidano | pašniki | neporaslo | vode |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,88 | 4,31 | 56,31 | 139,13 | 34,50 | 0,00 | 0,94 | 11,38 |
| 2 | 1,00 | 8,13 | 0,00 | 963,13 | 24,50 | 0,00 | 0,06 | 5,13 |
| 3 | 0,19 | 4,25 | 147,44 | 3062,13 | 40,06 | 5,06 | 5,31 | 4,44 |
| 4 | 2,38 | 0,00 | 1028,63 | 5315,38 | 137,50 | 7,94 | 9,13 | 9,81 |
| 5 | 0,56 | 15,69 | 493,56 | 983,31 | 60,38 | 16,94 | 61,25 | 2,56 |
| skupaj | 7,00 | 32,38 | 1725,94 | 10463,06 | 296,94 | 29,94 | 76,69 | 33,31 |

Zaradi skalnih podorov je ogroženih 90 km$^2$ zemljišč. Najbolj ogrožene zemljiške kategorije so neporasla zemljišča, pašniki in gozdovi. Četrtina neporaslih zemljišč je na območju pete kategorije ogroženosti, njihov preostanek pa je na območju četrte kategorije ogroženosti. Kar devet desetin pašnikov je na območju četrte kategorije ogroženosti. Polovica gozdov je na območju četrte kategorije ogroženosti, petina na območjih druge in tretje kategorije ogroženosti, majhen delež pa jih je tudi na območju prve kategorije ogroženosti. Ogroženi travniki obsegajo 38 ha; šest desetin jih je na območju tretje kategorije ogroženosti, četrtina na območju druge kategorije, desetina pa na območju četrte kategorije ogroženosti. Podori neposredno ogrožajo 11 ha pozidanih zemljišč, od tega jih je več kot polovica na območju tretje kategorije ogroženosti, tretjina na območju druge kategorije in desetina na območju četrte kategorije ogroženosti. Ogroženih je še 0,63 ha sadovnjakov, njiv pa skalni podori ne ogrožajo.

*Preglednica 36: Površina kategorij ogroženosti po kategorijah rabe tal zaradi skalnih podorov (Zorn, Komac 2004b).*

| kategorija ogroženosti | njive | sadovnjaki | travniki | gozd | pozidano | pašniki | neporaslo | vode |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 | 1,19 | 483,81 | 0,31 | 4,69 | 32,81 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | 0,19 | 9,94 | 1525,44 | 3,63 | 0,25 | 5,75 | 0,06 |
| 3 | 0,00 | 0,44 | 21,81 | 1650,38 | 6,13 | 0,06 | 8,25 | 0,13 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 5,06 | 3992,31 | 1,13 | 158,13 | 783,75 | 0,00 |
| 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,69 | 0,00 | 11,94 | 255,44 | 0,00 |
| skupaj | 0,00 | 0,63 | 38,00 | 7752,63 | 11,19 | 175,06 | 1086,00 | 0,19 |

Za ugotavljanje »ogroženosti« vodotokov smo zemljevid plazovitih in podornih območij prekrili z zemljevidom vodotokov v Zgornji Savinjski dolini (Vodotoki … 2004). Vodotoki so skupaj dolgi okrog 280 km, površinsko pa obsegajo 0,5 % preučevanega območja. Analizo površinskih vodotokov smo, tako kot analizo državnih cest, naredili z digitalnim modelom višin 5 krat 5 metrov, ki smo ga izdelali iz digitalnega modela višin 25 krat 25 metrov.

Zemeljski plazovi in skalni podori lahko ustvarijo dolinske pregrade, kar za pregradami povzroča poplave, po njihovem preboju pa so poplave prizadenejo tudi območja pod njimi. Na obravnavanem območju je takšno pregrado novembra 1990 ustvaril Tratičnikov plaz v Podvolovljeku. Nastalo jezero je do streh zalilo nekaj hiš, po preboju pregrade pa je 2 m visok vodni val razdejal nekaj kilometrov oddaljeni spodnji del Luč (Natek 1991). Stopnjo tovrstne ogroženosti posameznih vodotokov smo določili s pomočjo opredelitve ogroženosti njihove okolice.

Zaradi zemeljskih plazov je ogroženih 1,3 km$^2$ voda, od tega jih je skoraj polovica na območju četrte kategorije ogroženosti, tretjina pa na območju tretje kategorije.

*Preglednica 37: Površina kategorij ogroženosti vodotokov zaradi zemeljskih plazov v ha (Zorn, Komac 2004b).*

| kategorija ogroženosti | vodotoki | okolica (do 50 m) | okolica (od 50 do 100 m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 5,93 | 95,42 | 41,33 |
| 2 | 13,04 | 236,38 | 164,11 |
| 3 | 41,24 | 677,37 | 440,39 |
| 4 | 57,53 | 1257,51 | 1038,55 |
| 5 | 9,37 | 231,15 | 219,41 |
| skupaj | 127,10 | 2497,83 | 1903,78 |

Skalni podori ogrožajo 12 ha območij vodotokov. Po četrtina jih je na območju druge in tretje kategorije ogroženosti, dve petini pa sta na območju četrte kategorije ogroženosti. Na območju pete kategorije ogroženosti je približno 50 m vodotokov. Območja v oddaljenosti do 50 m od vodotokov obsega 7 km$^2$, območje pasu v oddaljenosti med 50 in 100 m od vodotokov pa 12 km$^2$.

*Preglednica 38: Površina kategorij ogroženosti vodotokov zaradi skalnih podorov v ha (Zorn, Komac 2004b).*

| kategorija ogroženosti | vodotoki | okolica (do 50 m) | okolica (od 50 do 100 m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,63 | 41,18 | 90,04 |
| 2 | 2,97 | 177,80 | 299,21 |
| 3 | 3,30 | 253,30 | 450,86 |
| 4 | 5,46 | 220,91 | 347,05 |
| 5 | 0,03 | 5,17 | 13,75 |
| skupaj | 12,39 | 698,37 | 1200,90 |

Izračun po metodi matrik je pokazal, da lahko zemeljski plazovi ali skalni podori nastanejo na osmih desetinah preučevanega ozemlja.

Polovica porečja Savinje nad Ljubnim ob Savinji spada v območja četrte in pete kategorije možnosti za nastanek zemeljskih plazov in skalnih podorov, zato bi bilo tam nujno usmerjanje človekovih dejavnosti na varnejša območja. Na območjih zmerne ogroženosti z zemeljskimi plazovi in skalnimi podori, ki zavzemajo 50 km$^2$, so človekove dejavnosti možne ob poprejšnjih ustreznih ukrepih. Velika možnost nastanka zemeljskih plazov in skalnih podorov je na kar 20 km$^2$ porečja. Na teh območjih bi se morali izogibati kakršnekoli dodatne intenzivne rabe in novogradnje. Stroški so najmanjši, če se nevarnosti izognemo, nekoliko dražje je preventivno delovanje, še najdražje pa je odstranjevanje posledic geomorfnih procesov.

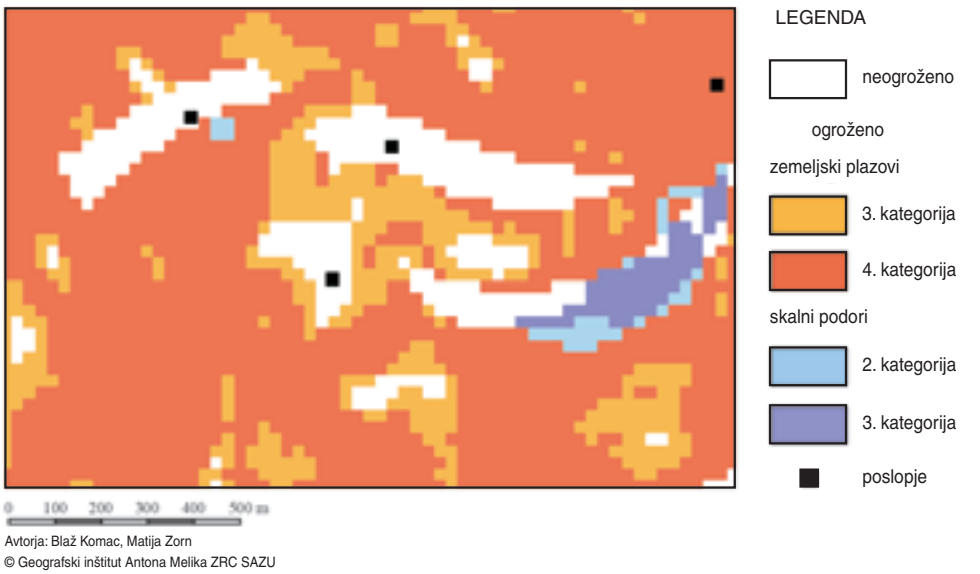
Vprašanje je, kakšni varnostni ukrepi bi bili potrebni na že poseljenih oziroma koriščenih območjih najvišje kategorije, ki skupaj obsegajo 0,1 km$^2$. V takšnih primerih mora izdelavi zemljevida ogroženosti

*Preglednica 39: Površina ogroženih območij (Zorn, Komac 2004b).*

| | | površina ogroženega območja (ha) |
|---|---|---|
| območja poselitve | zemeljski plazovi | 76,0 |
| | skalni podori | 0,3 |
| državne ceste | zemeljski plazovi | 19,0 |
| | skalni podori | 3,0 |
| vodotoki | zemeljski plazovi | 127,0 |
| | skalni podori | 12,0 |

*Preglednica 40: Dobre in slabe strani metode matrik: + dobra stran metode, – slaba stran metode, [a] do zdaj zemljevid, ki bi lahko napovedoval čas nastanka procesov, še ni bil izdelan (Zorn in Komac 2004b).*

| | |
|---|---|
| čas izdelave | – |
| kompleksnost postopka | – |
| subjektivnost | + |
| na končnem zemljevidu je mogoče razlikovati procese | + |
| prikaz neogroženih območij | + |
| preverljivost vplivnih dejavnikov do ravni posamezne celice digitalnega modela višin | + |
| prikaz vplivnega območja procesov | – |
| prikaz intenzitete procesov | – |
| prikaz časa nastanka procesov[a] | – |




*Slika 88: Izsek z zemljevida plazovitosti in podornosti za Zgornjo Savinjsko dolino, ki prikazuje prilagojenost tradicionalne poselitve naravnim razmeram.*

nujno slediti podrobno geomorfološko kartiranje, potrebna pa je tudi dodatna družbenogeografska preučitev ogroženega območja.

Na podlagi rezultatov modela ogroženosti zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov lahko za preučevano območje izpostavimo naslednje:

- Območij, kamor lahko človek posega brez posebne nevarnosti, je na preučevanem območju malo.
- Tradicionalna poselitev je upoštevala ogroženost zaradi večjih geomorfnih procesov, kar je bilo v Zgornji Savinjski dolini dobro opazno ob novembrski ujmi leta 1990, saj niso bile neposredno prizadete niti kmetije niti stara vaška jedra.
- Pojavljanje zemeljskih plazov in skalnih podorov sta časovno nenapovedljiva procesa, napovedati je možno le njuno prostorsko razširjenost. Za zmanjšanje ogroženosti ob nadaljnjem poseganju v prostor je torej nujno treba upoštevati dozdajšnje (tradicionalne) izkušnje pri smotrnem ravnanju z zelo omejenim prostorom.
- Zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov je tako ali drugače ogroženega kar osem desetin preučevanega območja. Kar polovico vseh ogroženih zemljišč obsega območje četrte stopnje ogroženosti, močno ogroženih pa je 20 km$^2$ zemljišč, od tega zaradi zemeljskih plazov 3,5 km$^2$. Človekove dejavnosti bi bilo s teh območij nujno treba preusmeriti na varnejša območja, oziroma zelo strogo omejiti kakršnokoli nadaljnje poseganje na ta najbolj nevarna območja. Zmerno ogroženega je 50 km$^2$ ozemlja, od tega zaradi zemeljskih plazov 32 km$^2$. Na teh območjih so človekove dejavnosti možne ob poprejšnjih ustreznih varovalnih ukrepih. Zastavlja se vprašanje, kakšni varnostni ukrepi bi bili potrebni na že poseljenih oziroma koriščenih območjih v peti kategoriji ogroženosti.

## 6.2 PROBABILISTIČNI ZEMLJEVIDI

V nasprotju z deterministčnimi metodami, pri katerih se moramo odločiti, katere dejavnike bomo upoštevali pri izdelavi in v kolikšni meri jih bomo upoštevali, probabilistične metode omogočajo večjo objektivnost. Pri njih namreč za izdelavo uporabimo kvantitativne podatke o pojavih, ki so se na določenem območju že zgodili. Tako smo za območje Goriških brd izdelali zemljevid plazovitosti, ki temelji na podatkih o zemeljskih plazovih, ki so nastali po obilnih padavinah leta 1998. Ker je pojav že opisan v poglavju o zemeljskih plazovih, ga na tem mestu ne bomo znova podrobno opisovali. Več pozornosti namenjamo metodi izdelave zemljevida.

Izdelali smo ga s pomočjo Dempster-Shaferjevega algoritma (Dempster 1968; Shafer 1990). Gre za primerjavo pomena posameznih dejavnikov za plazenje, ki temeljijo na podatkih s terena. Za vsak dejavnik izdelamo delni zemljevid, ki prikazuje, kje na obravnavanem območju obstaja večja in kje manjša verjetnost za plazenje.

Program na vse hierarhično možne načine primerja dejavnike in za vsak upoštevani dejavnik izračuna, kakšne so vrednosti na plazovitih območjih. Te vrednosti privzame kot merilo in jih upošteva kot območja, kjer je večja možnost za nastanek zemeljskih plazov. Nato moramo za vsak dejavnik ugotoviti in v program vpisati mejne vrednosti, pri katerih prihaja do plazenja. Tako na primer za naklon ugotovimo, da se plazenje ne pojavlja pod (na primer 6°) ali nad (na primer 20°) določeno vrednostjo.

Program deluje po Dempster-Shaferjevem algoritmu, ki ga opisuje naslednje pravilo:

$$\mathrm{m(Z)} = \frac{\sum m_1(X)\cdot m_2(Y); X\cap Y = Z}{1-\sum m_1(X)\cdot m_2(Y); X\cap Y = 0},$$

pri čemer je m(Z) temeljna pripisana verjetnost ali vsota podpore za hipotezo (Z). Če je

$$\sum m_1(X)\cdot m_2(Y); X\cap Y = 0,$$

potem se enačba glasi:

$$\mathrm{m(Z)} = \sum m_1(X)\cdot m_2(Y); X\cap Y = 0.$$

Program nazadnje celotno preučevano območje primerja s tako postavljenim merilom in ugotavlja podobnosti oziroma razlike posameznih območij – celic digitalnega modela višin. Končni rezultat je zemljevid, ki prikazuje možnost nastanka zemeljskih plazov z vidika uporabljenih podlag ob natančno takšnih razmerah, kot so bile takrat, ko so nastali zemeljski plazovi. Metoda omogoča izračun, tudi če nimamo podatkov za celotno območje, kar je pri računanju plazovitosti običajno.

Nazadnje so kot plazovita določena tista območja, ki so glede na čim večje število upoštevanih parametrov najbolj podobna območjem, na katerih je že prišlo do plazenja. Prav zato je zelo pomembna kakovost vhodnih podatkov.

Možnost plazenja je prikazana z vrednostmi od 0 do 1. V našem primeru vrednost 1 pomeni, da lahko pride do plazenja na tistem mestu, ko imajo padavine približno petdesetletno povratno dobo. V resnici je verjetnost plazenja manjša, saj nanjo vplivajo še drugi dejavniki, ne le kratkoročne padavine, ki so lahko le povod za plazenje (Zorn, Komac 2002a, 11). Za plazenje ni pomembna samo trenutna ali kratkoročna količina padavin (na primer maksimalne 24-urne padavine), ampak tudi prejšnja namočenost terena. Vse to je treba upoštevati pri interpretaciji zemljevida, ki na določenem ozemlju prikazuje večjo ali manjšo možnost, da ob danih okoliščinah (pri padavinah s petdesetletno povratno dobo) pride do plazenja. Verjetnost, ki bi upoštevala časovno komponento oziroma povratno dobo plazenja, še vedno težko določimo oziroma modeliramo. Finlay, Fell in Maguire (1997, 811) so na podlagi podatkov o povratnih dobah padavin in na podlagi števila plazov, ki so se pojavljali ob teh padavinah, za Hong Kong uspeli izdelati model, s katerim lahko napovejo, koliko plazov se bo sprožilo ob dani količini padavin.

Na podlagi opisanega modela smo izdelali zemljevid plazovitosti južnega dela Goriških brd. Zemljevid prikazuje možnost plazenja ob padavinah s petdesetletno povratno dobo. Uporaben je za določitev območij, kjer obstaja največja možnost za plazenje. Podatke o plazovih, ki so se zgodili leta 1998, nam je posredovala Občina Brda.

Dobri strani deterministične metode sta kratek čas izdelave zemljevida in preprostost postopka, njena največja slabost pa je subjektivnost (Zorn in Komac 2004; 2005). Probabilistična metoda se je izkazala za primernejšo od deterministične, ker:

- smo lahko uporabili veliko število podatkov (N = 800) o zemeljskih plazovih, ki so nastali ob znanih okoliščinah,
- nismo ponderirali v modelu upoštevanih prvin pokrajine, s čimer smo kar se da zmanjšali subjektivnost,
- omogoča izračun tudi če nimamo na razpolago podatkov o zemeljskih plazovih za celotno območje preučevanja,
- so rezultati oziroma zemljevidi plazovitosti bližji dejanskemu stanju v naravi kot na zemljevidih, izdelanih z determinističnо metodo; to je potrdilo terensko delo.

*Preglednica 41: Primerjava deterministične in probabilistinče metode ([a] uporabili smo podatke o padavinah z znano povratno dobo, ki so sprožile zemeljske plazove; [b] ob predpostavki, da so kartografske podlage na razpolago in že pripravljene za uporabo).*

| | metoda ponderiranja | probabilistična metoda |
|---|---|---|
| opis dejanskih razmer v naravi | delen | zelo dober |
| kompleksnost postopka | preprost | zapleten |
| subjektivnost | subjektivna | manj subjektivna |
| prikaz časa nastanka procesov | neopredeljen | znan[a] |
| prikaz neogroženih območij | ne | delno |
| čas izdelave[b] | najmanj nekaj dni | najmanj nekaj dni |
| prikaz intenzitete procesov | ne | ne |
| prikaz vplivnega območja procesov | ne | ne |

Glavne slabosti probabilistične metode so:
- zemljevid, ki je izdelan z njo, je le model, z modeli pa lahko le deloma simuliramo naravne procese,
- zemljevid temelji na le enem (časovnem) nizu podatkov o usadih in zemeljskih plazovih v preteklosti,
- uporabljeni so manj zanesljivi podatki o zemeljskih plazovih, ki jih niso posredovali strokovnjaki, ampak na pobudo občine kmetovalci, saj so bili zaradi višine škode upravičeni do državne pomoči; zato so možna tudi pretiravanja.

### 6.2.1 ZEMLJEVID PLAZOVITOSTI GORIŠKIH BRD

Z opisano metodo smo izdelali zemljevid plazovitosti (slika 66). Natančnost zemljevida smo preverili na terenu. S statistično analizo smo ugotovili, da so v južnih Goriških brdih zelo plazoviti zlasti vinogradi na severovzhodnih ali jugozahodnih konkavnih pobočjih s povprečnim naklonom 20°, ki so povprečno 70 m oddaljeni od temena slemen. Iz prikaza smo izločili ravna območja z naklonom pod 6°, kjer po definiciji geomorfni procesi niso pomembni za oblikovanje površja. Zemljevid plazovitosti smo primerjali še z nekaterimi naravnogeografskimi in s poglavitnimi družbenogeografskimi prvinami pokrajine.

Za življenje velikega števila ljudi v Goriških brdih so pomembne vinogradniške terase. Zato smo ugotavljali povezanost terasiranih območij (Berčič 2007) in kategorij plazovitosti.

S probabilistično metodo smo ugotovili, da je kar polovica teras z njihovo okolico vred urejena na nadpovprečno plazovitih območjih. Petina jih je na območjih s povprečno plazovitostjo, nekaj manj kot tretjina pa na območjih s podpovprečno plazovitostjo. Sodeč po probabilističnem zemljevidu naj bi bile večje površine plazovitih terasiranih območij v bližini teras (do 100 m), kar je bolj pričakovano. Sklenemo lahko, da so na gričevnatih vinogradniških območjih vzrok za plazenje tudi vinogradniške terase. Zaradi premeščanja preperine je kritičen zlasti čas njihove gradnje. Takrat lahko voda doseže flišno podlago. Za poznejši čas je pomembno, kako je izvedeno njihovo odvodnjavanje (Ažman Momirski, Berčič 2007). Znani so primeri, ko je slabo narejeno odvodnjavanje teras povzročilo močno erozijo (Valenčič 1970, 145).

Gradnja vinogradniških teras je kljub plazenju možna (donosna), saj dobiček od prodaje kmetijskih pridelkov omogoča povrnitev stroškov za porabljeni čas (tudi do nekaj tednov letno) in delo, ki ga imajo vinogradniki z vzdrževanjem teras. Zemeljski plazovi so povečini vezani na intenzivne padavine, ki so (z vidika človeka) razmeroma redek pojav. Poleg tega je manjše zemeljske plazove, ki nastanejo na pobočjih v (do) nekaj metrov debeli preperini, največkrat mogoče sanirati le z ureditvijo odvodnjavanja.

Z družbenogospodarskega vidika, zlasti pa z zornega kota dostopnosti stavb, naselij in proizvodnih obratov je zelo pomembna ogroženost cestnega omrežja s plazovi. Preučili smo povezanost kategorij plazovitosti in cestnega omrežja v južnem delu Goriških brd. Ceste smo po pomenu razdelili v tri kategorije: glavne prometnice, krajevne prometnice, kmetijske poti.

Petina glavnih prometnic je speljana po pobočjih z naklonom pod 2° in polovica jih teče po ozemlju z naklonom pod 7°. Četrtina jih poteka po ozemlju z naklonom večjim od 12° in desetina po površju z naklonom nad 16°. Zemeljski plazovi lahko nastanejo na tretjini glavnih prometnic, neogroženih pa je 56,6 km glavnih cest. Desetina ali 9,8 km glavnih cest poteka po območjih najvišje plazovitosti (kategorije 11–14), četrtina ali 21,1 km pa po območjih, kjer je kategorija plazovitosti višja od 7. Tri četrtine glavnih prometnic poteka po območjih s kategorijo plazovitosti 0–6.

Tretjina krajevnih prometnic je speljana po ozemlju, ki ima naklon manjši od 6°, polovica pa po površju z naklonom, manjšim od 8,5°. Četrtina jih poteka po površju z naklonom nad 12° in desetina po površju z naklonom nad 16°. Zemeljski plazovi močno ogrožajo približno četrtino ali 24,1 km krajevnih prometnic (9–14 kategorija plazovitosti), več kot polovice ali 54 km krajevnih prometnic pa ne ogrožajo neposredno.

Desetina kmetijskih poti je speljana po zemljiščih z naklonom pod 2°, petina pa po zemljiščih z naklonom, manjšim od 6°. Kar polovica kmetijskih poti je speljanih po zemljiščih z naklonom nad 12°, četrtina pa po zemljiščih z naklonom, večjim od 17°. Desetina ali 62,9 km kmetijskih poti je urejenih po zelo strmih zemljiščih z naklonom več kot 22°. Zaradi tega je razumljivo, da sta več kot dve tretjini od 629,48 km kmetijskih poti speljani po plazovitih območjih. Četrtina jih je na območjih s kategorijo plazovitosti 10–14,

na polovici kmetijskih poti pa je plazovitost višja od šeste kategorije. Plazovi ne ogrožajo približno četrtine (110 km) kmetijskih poti.

*Preglednica 42: Naklon površja kot omejitev za delovanje človeka (Natek 1983, 50 in 67).*

| |
|---|
| naklon 0,0–1,9° |
| • možna je popolna uporaba vseh vrst mehanizacije v kmetijstvu in gozdarstvu, |
| • umetno namakanje je preprosto, |
| • optimalne razmere za gradnjo prometne in druge infrastrukture ter naselij; |
| naklon 2,0–5,9° |
| • površje je težje prehodno za vozila na kolesih, |
| • v kmetijstvu je možna uporaba vse mehanizacije, priporočljivo pa je oranje prečno na strmino, |
| • umetno namakanje je možno z dodatnimi ukrepi, |
| • odtekanje vode na takem površju je ugodno za gradnjo naselij in industrije, razmere so ugodne za gradnjo prometnic; |
| naklon 6,0–11,9° |
| • površje je komaj prehodno za vozila na kolesih, potrebna je uporaba goseničarjev, |
| • v kmetijstvu ne moremo uporabljati težjih strojev, pri 12–14° je zgornja meja uporabe traktorja, |
| • poljedelstvo je možno le z oranjem vzdolž plastnic (konturnim oranjem), |
| • gradnja stavb, infrastrukture in industrijskih naprav je otežena, |
| • zgornja meja za razvoj mest; |
| naklon 12,0–19,9° |
| • površje je neprehodno za vozila na kolesih, zgornja meja nagnjenosti cest, |
| • možno je le ročno obdelovanje ali je potrebna uporaba posebnih traktorjev, |
| • zgornja meja za njive, |
| • gradnja stavb in infrastrukture je omejena; |
| naklon 20,0–31,9° |
| • skrajna meja za uporabo goseničarjev, |
| • le izjemoma je možna obdelava njiv, |
| • le izjemoma je možna gradnja stavb in infrastrukture, ki jim nenehno grozijo usadi in zemeljski plazovi, |
| • površje povečini poraščajo travniki in gozd, ki ima varovalni pomen; |
| naklon 32,0–45,5° |
| • površje je za človeka prehodno le s skrajnimi napori (alpinizem), |
| • površje je gospodarsko neproduktivno, |
| • rastlinstvo je skromno in površja ne porašča sklenjeno, |
| • vznožja pobočij so nevarna zaradi pobočnih procesov, kot so skalni podori in zemeljski plazovi. |

Z vidika urejanja prostora, ki je pri nas v pristojnosti občin, je zanimiva primerjava območij plazovitosti z območji poselitve. Na celotnem območju južnih Goriških brd je poseljenih približno 50 ha zemljišč.

*Preglednica 43: Plazovitost poseljenih območij v južnih Goriških brdih.*

| kategorija plazovitosti | delež stavb (%) | kategorija plazovitosti | delež stavb (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 0,00 | 8 | 5,15 |
| 1 | 5,97 | 9 | 7,50 |
| 2 | 1,36 | 10 | 9,04 |
| 3 | 3,16 | 11 | 21,16 |
| 4 | 2,80 | 12 | 10,94 |
| 5 | 4,07 | 13 | 3,07 |
| 6 | 4,25 | 14 | 0,18 |
| 7 | 21,34 | skupaj | 100,00 |

V južnih Goriških brdih je kar tretjina stavb postavljenih na plazovitih območjih. Polovica med njimi jih stoji na območjih z veliko možnostjo nastanka zemeljskih plazov (9–14 kategorija). Le četrtino tamkajšnjih stavb zemeljski plazovi malo ali sploh ne ogrožajo, saj so postavljene na območjih z manj kot 6. kategorijo plazovitosti.

### 6.3 PRIMERJAVA PROBABILISTIČNE METODE Z METODO PONDERIRANJA

Deterministični in probabilistični zemljevid južnih Goriških brd se močno razlikujeta. Plazovitost v južnih Goriških brdih je sodeč po probabilističnem zemljevidu večja kot izhaja iz determinističnega zemljevida. Poglavitni vzrok za to so velike površine vinogradov. Tam so bili zemeljski plazovi najpogostejši oziroma so jih kmetovalci zaradi povrnitve nastale škode najpogosteje prijavili.

Pri determinističnem zemljevidu so rezultati na videz bolj uravnoteženi kot pri probabilističnem, vendar to s kakovostjo zemljevida nima nobene zveze. Sodeč po determinističnem zemljevidu je plazovitost največja v severnem delu obravnavanega območja, kjer so tudi največji nakloni. Ker je naklon imel pomembno vlogo, je plazovitost močno spremenljiva.

Probabilistični zemljevid kaže precej večjo regionalno raznolikost. Plazovitost je največja v zahodnem delu gričevja, najmanjša pa v severovzhodnem. Na tem zemljevidu kategorije enake plazovitosti zavzemajo večja sklenjena območja. Zemljevid je bližje stanju v naravi, saj kot plazovita niso prikazana le strma, ampak tudi skladna pobočja. Prav slednja so tudi najbolj podvržena plazenju. Večjo pogostnost zemeljskih plazov na skladnih pobočjih v osrednjem in zahodnem delu obravnavanega območja so potrdili tudi ogled terena in pogovori s kmetovalci.

Sodeč po determinističnem zemljevidu plazovitosti v katastrski občini Medana naj bi bila največja možnost nastanka zemeljskih plazov v njenem južnem, vzhodnem in severovzhodnem delu. Najbolj naj bi bila plazovita območja tik pod slemeni, kjer je velik naklon. Ogled terena pa je pokazal, da na tem območju zemeljskih plazov praktično ni. Flišna pobočja so tam res strma, vendar so neskladna, imajo plitvejšo preperino in so zato bolj stabilna.

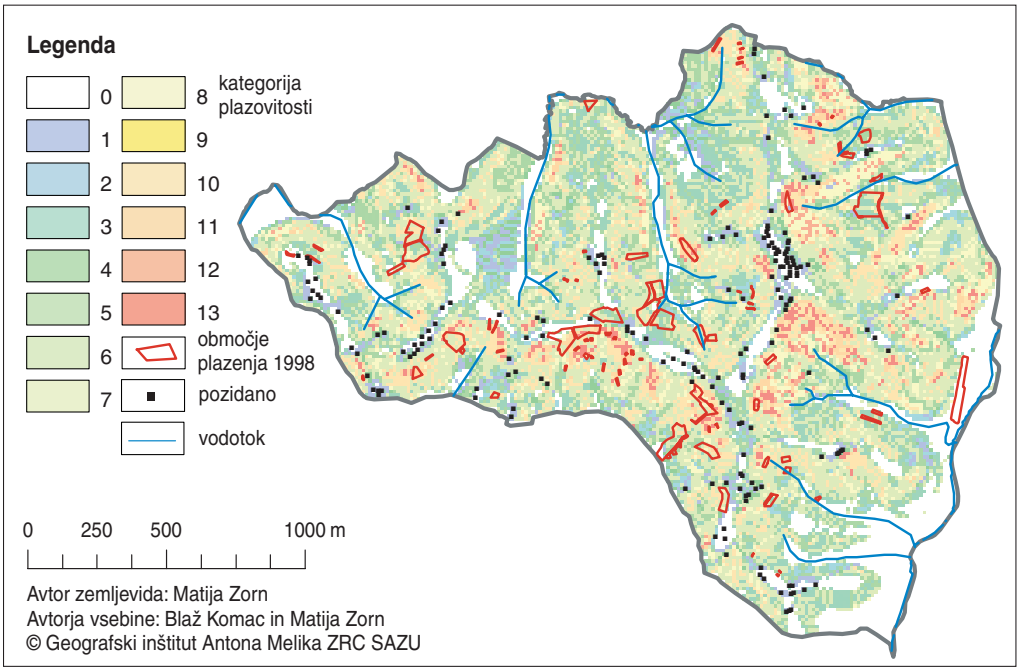
Na probabilističnem zemljevidu plazovitosti v katastrski občini Medana je kot najbolj plazovit prikazan njen zahodni del. S terenskim ogledom smo ugotovili, da ta zemljevid bolje odraža razmere v naravi kot deterministični. Večina zemeljskih plazov leta 1998 je nastala v vzhodnem in severnem delu, prav tako so se tam bolj množično pojavljali zemeljski plazovi, ki jih je ugotovil Grimšičar (1962).

Po determinističnem zemljevidu je plazovitost največja na območjih z velikimi nakloni. Probabilistični zemljevid pa kot plazovita območja prikazuje tudi bregove potoka in pobočja, ki so usmerjena proti jugu. Na njem so bolj plazovita območja tudi bolj sklenjena kot na determinističnem zemljevidu. Tako kot na prejšnjih slikah, so iz prikaza izvzeta območja z naklonom pod 6°.

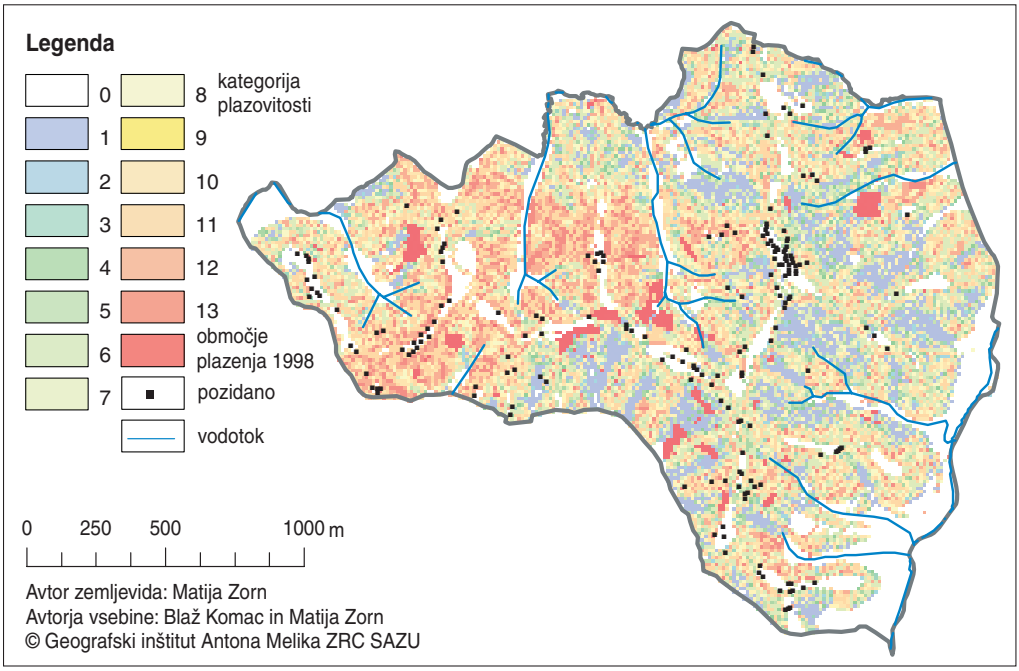
Zemljevid je uporaben za načrtovanje rabe prostora do ravni naselja in je dobra podlaga za podrobno geomorfološko kartiranje plazovitih območij. Z vidika kmetijskega gospodarjenja je do neke mere zaskrbljujoča ugotovitev, da je plazovit večji del (80 %) južnih Goriških brd. Zato bi bilo treba z vidika plazovitosti zlasti kmetijsko dejavnost, ki z gradnjo vinogradniških teras povzroča nestabilnost pobočij in s tem povezane stroške potrebne sanacije (čas in denarna sredstva), dolgoročno usmeriti na območja z manjšo plazovitostjo, ki se povečini raztezajo v vzhodnem delu južnih Goriških brd. Pri gradnji teras je treba upoštevati pogostnost zemeljskih plazov pri določenih naklonih, zelo pomemben dejavnik pa je tudi vpad kamninskih plasti oziroma njihova usmerjenost glede na potek pobočja.

Na plazovitost bi morali biti posebej pozorni tudi pri gradnji novih prometnic in stavb oziroma pri določanju poselitvenih območij ali širjenju naselij, ki pa zaradi dolgotrajne poseljenosti območja v veliki meri že upoštevajo naravne razmere.

Ugotovili smo, da je poglavitni vzrok za večjo plazovitost v zahodnem delu skladnost med usmerjenostjo pobočij in vpadom kamninskih plasti. Na pobočjih z razmeroma majhnim naklonom se zaradi hitrega preperevanja fliša povečuje debelina preperine. Ko njena debelina preseže kritično vrednost oziroma maso, ta pa je odvisna tudi od vsebnosti vode, preperela gmota splazi v nižjo lego. Plitvi zemeljski




*Slika 89: Zemljevid plazovitosti katastrske občine Medana, izdelan z deterministično metodo.*




*Slika 90: Zemljevid plazovitosti katastrske občine Medana, izdelan s probabilistično metodo.*

plazovi najpogosteje nastajajo na terasiranih pobočjih, nekaj deset metrov pod temeni slemen. Globoki in večji zemeljski plazovi so najpogostejši v spodnjem delu pobočij in nastajajo zaradi njihovega spodkopavanja z bočno erozijo potokov.

Zaradi opisanega procesa je preperina najdebelejša na slemenih. Na pobočjih, kjer prevladujejo denudacijsko-erozijski procesi, je njena debelina manjša. Odvisna je od skladnosti in naklona pobočja. Tako se je skoraj polovica zemeljskih plazov sprožila pri naklonih od 12 do 20°, četrtina pri naklonih od 6 do 12° in šestina pri naklonih od 20 do 32°. Na plazenje vpliva tudi pogostnost plazenja; daljši čas kot je pretekel od zadnjega plazenja, večja je možnost za nastanek novega pojava. Nedvoumen je tudi vpliv vsebnosti vode v preperini na plazenje. Plazovino napajajo zlasti tokovi vode v preperini, zelo pogosti so tudi vodni tokovi na stiku preperine in flišnih kamnin. Zato lahko kamnina tudi pod preperino prepereva mnogo hitreje kot bi sicer. Razumljivo je, da zaradi tega na plazenje močno vplivajo izdelava teras, oranje, zlasti pa rigolanje, pri katerem se premešajo horizonti prsti in ki seže celo do matične kamnine.

Največji delež (40 %) zemeljskih plazov je nastal tik pod zgornjimi, konveksnimi deli pobočij v oddaljenosti približno 70 m pod temeni slemen. Z zemeljskimi plazovi v povirjih nastajajo značilna konveksno-konkavna pobočja. Končni rezultat takšnega preoblikovanja reliefa so:

- ploska, uravnana slemena z razmeroma debelo (do 4 m) preperino,
- strmi osrednji deli pobočij s plitvo (do 2 m) preperino, na katerih prevladujejo erozijsko-denudacijski procesi in nastajajo zemeljski plazovi,
- položna in konkavna pobočja na stiku z dolinskim dnom, ki pa jih lahko od ravnine loči oster pregib, posledica bočne erozije.

Tako smo s pomočjo probabilističnega zemljevida plazovitosti in terenskega dela ugotovili, da so usadi in zemeljski plazovi pomemben dejavnik pri preoblikovanju reliefa v povirnih delih dolin v flišni pokrajini Goriških brd. Zgolj z uporabo deterministočnega zemljevida plazovitosti tega ne bi mogli ugotoviti.

V knjigi je s primeri predstavljeno modeliranje pobočnih procesov na regionalni ravni, pri čemer smo ugotavljali izvorna območja pobočnih procesov. Ob povečanju merila na krajevno raven, posamezno pobočje ali posamezen proces lahko modeliramo tudi pot in odlaganje gradiva. Eno izmed tovrstnih metod za preučevanje skalnih podorov (metoda RHDM; kratica iz angleškega *Rockfall Hazard Determination Method*) so predstavili Đurović (2004) ter Đurović, Ribičič in Mikoš (2005). Za ogroženost državne ceste v Trenti pred skalnimi podori so podobno modeliranje (program *Rockfall*) uporabili Petje (2005) ter Petje, Mikoš in Ribičič (2005). Več o tovrstnih modelih so pisali Petje (2005) ter Petje, Ribičič in Mikoš (2005).

# 7 GEOMORFOLOGIJA IN PROSTORSKO PLANIRANJE

V prejšnjem poglavju smo si ogledali metode za izdelavo in pomen zemljevidov geomorfnih procesov, zlasti zemljevidov plazovitosti. Pri tem pa se pojavlja vprašanje o smiselnosti njihove izdelave. Takšni zemljevidi ne morejo biti sami sebi namen, niti ne morejo biti namenjeni le objavi v znanstvenih in strokovnih revijah. Njihov resnični namen je dosežen šele, ko jih uporabimo pri načrtovanju rabe prostora, predvsem pri načrtovanju poteka prometnic in obsega naselij. Na regionalni in državni ravni so uporabni za usmerjanje človekovih dejavnosti, na krajevni ali individualni ravni pa je, kljub sodobnim metodam in uporabljenim sredstvom, zaenkrat njihova natančnost majhna.

Regionalno planiranje naj bi v pokrajini z usklajevanjem možnosti in teženj družbe ustvarilo »… *funkcionalno, gospodarno, humano in estetsko okolje* …« ter na ta način sodelovalo pri prostorski organizaciji družbe (Vrišer 1978, 13–14). Naravno okolje namreč za planerja ni le »… *vir zemljišč za prihodnjo poselitev, temveč je potrebno za ta vir tudi skrbeti, ohranjati njegove naravne funkcije in se izogibati nevarnostim* …« (Kaiser, Godschalk, Chapin 1995, 172).

Zanima nas, ali je mogoče vzpostaviti ravnovesje med ohranjanjem ekoloških funkcij okolja ter varovanjem ljudi in premoženja pred naravnimi nevarnostmi. Uspešno prostorsko planiranje obravnava dejansko geografsko okolje, to je »… *tisto zemeljsko površje, ki ga človeška družba že tisočletja uporablja za svoj obstoj in na novo oblikuje, je z njim … povezana in je od njega, kljub tehničnemu in znanstvenemu napredku, še vedno v marsičem hudo odvisna* …« (Vrišer 1978, 9).

Za urbanistično planiranje so pomembne predvsem tri fizičnogeografske prvine pokrajine: »… *tla* (prst; opomba avtorjev)*, voda in zrak* …« (Pogačnik 1980, 104). Vpliv podnebja na razvoj naselij se je z razvojem tehnologije v sodobni družbi močno zmanjšal, toda vplivu reliefa in geomorfnih procesov se ne moremo vedno izogniti, čeprav mu pri prostorskem načrtovanju namenjamo premajhno pozornost. Naselja, kot so Jesenice, Soča, Čezsoča, Sužid in Smast, zaradi reliefa na primer dobršen del leta ne prejmejo sončnega obsevanja (Planina 1954; Gabrovec 1996). Med geomorfološkimi prvinami so za urbanizem pomembne nadmorska višina ter razgibanost, oblikovanost in naklon površja. Poleg vrste kamnin so pomembne tudi njihove značilnosti kot so prepustnost, odpornost na preperevanje, nosilnost in stabilnost oziroma podvrženost eroziji. Z vidika načrtovanja človekovih dejavnosti namreč niso pomembni samo naravni viri, ampak tudi naravni procesi, ki zaradi napačnega načrtovanja človeka in njegove dejavnosti pogosto prizadenejo (Pogačnik 1980).

Geomorfni procesi (Zorn, Komac 2002a), ki jih razumemo kot naravne nesreče, prizadevajo človeka in njegove dejavnosti. Škoda zaradi naravnih nesreč v svetu narašča, kar povezujemo z večjim številom naravnih pojavov, širjenjem poselitve in človekovih dejavnosti na nevarna območja ter naraščanjem vrednosti premoženja kot posledico modernizacije in globalizacije.

Na procesnih zemljevidih in zemljevidih ogroženosti prikazujemo zlasti prostorske razsežnosti pojavov in ugotavljamo, katera območja so bolj in katera manj ogrožena. Zaradi kratkega obdobja opazovanja večinoma ne poznamo pogostnosti pojavljanja zemeljskih plazov in skalnih podorov, zato je težko, če že ne nemogoče napovedati, kdaj se bo v določeni pokrajini zgodil določen pojav in kakšna je verjetnost, da se bo zgodil v določenem trenutku. Zato je izjemnega pomena terensko delo, na podlagi katerega lahko določimo okvirne mejne vrednosti posameznih vplivnih dejavnikov.

Na geomorfološko znanje kljub temu pogosto pozabljamo, saj daje geomorfologija vtis teoretične znanosti, geomorfologi so pri njeni aplikaciji pogosto počasni (Alexander 1991, 57), pri pripravi projektov pa investitorji največkrat ne vidijo potrebe za vlaganje v takšne raziskave. Vendar je geomorfološko znanje pomembno tako pri kratkoročnih gradbenih posegih kot pri dolgoročnem načrtovanju. Geomorfologi so tisti, ki »… *lahko napovejo vrsto in obseg sprememb, ki bodo nastale, ko se bo družba odločila spremeniti naravno površje in geomorfne procese* …« (Coates 1984, 130).

V Sloveniji je uporaba geomorfološkega znanja in kartografskih podlag pri prostorskem načrtovanju sicer opredeljena v zakonodaji, a se ne izvaja dosledno. Naročnikom (občinam) in izvajalcem (izdelovalci planov) zato predlagamo, da pri načrtovanju razvoja prostora bolj upoštevajo značilnosti reliefa in geo-

morfne procese. Na ta način bi se dolgoročno zmanjšala škoda zaradi naravnih nesreč, ki v Sloveniji povprečno obsega od 2 do 3 % bruto domačega proizvoda (BDP), ob posameznih večjih dogodkih pa lahko preseže desetino BDP (Orožen Adamič 2004). Ob furlanskem potresu leta 1976 je dosegla 7 %, ob poplavah leta 1990 pa več kot 20 % BDP (Orožen Adamič 2005, 12).

Zanimivo je, da se pomena takšnih raziskav pri nas ne zavedajo niti na državni ravni: »… *Atlas ogroženosti Slovenije, z vidika naravnih in drugih nesreč, lahko predstavlja le posnetek nekega stanja v določenem času, ne more pa biti osnova za zagotavljanje pripravljenosti države na naravne in druge nesreče, ker se ocene ogroženosti spreminjajo, dopolnjujejo, kot se spreminjajo dejavniki, ki na ocene ogroženosti vplivajo* …« (Ministrstvo … 2004).

Premajhnega upoštevanja znanja geomorfologov pri preučevanju in preprečevanju naravnih nesreč se zaveda tudi Mednarodna geomorfološka zveza, ki je leta 2005 o tem sprejela deklaracijo. V njej je zapisano, da »… *mora biti geomorfološko raziskovanje, ki s pomočjo zemljevidov in modelov prepoznava ogrožena območja, vedno ena od znanstvenih podlag za odločanje, da bi se zmanjšala ogroženost ter preprečevalo izgube človeških življenj in lastnine* …«. Poleg tega »… *morajo geomorfologi na vseh ravneh sodelovati pri odločanju, da bi preprečili geomorfološke nesreče in spodbudili organe odločanja, da posvetijo več pozornosti preventivi* …« (Declaration … 2005). Tudi Radinja je že pred desetletji zapisal (1971, 309): »… *Bolje se je čim prej spoprijeti z vzroki, kakor pa sproti s posledicami* …«.

Geomorfološko znanje lahko uporabimo zlasti pri preučevanju:

- poplav (kartiranje poplavnih območij, prepoznavanje sedimentov, ki so se odložili ob poplavah v preteklosti, ugotavljanje sprememb rečne struge) in
- geomorfoloških nesreč (ugotavljanje plazovitih in podornih območij, preučevanje vršajev, ki so pogosto nastali z drobirskimi tokovi, preučevanje snežnih plazov, preučevanje erozije, potresov in udorov).

Nekateri gradbeni neuspehi in nesreče pa niso posledica nepravilno izvedenih raziskav, pač pa posledica njihovega neizvajanja oziroma ignoriranja. Posledice takšne ignorance so leta 1963 zaradi podora v umetno zajezitev v dolini Vaiont (Italija) in posledičnega pljuska vode čez sicer neporušen jez v pod njim ležečem Longaroneju in okolici vzele okrog 2000 življenj (Zorn 2004a, 245–248).

Zemljevidi ogroženosti prikazujejo izvorna območja geomorfnih procesov, ne pa nujno njihovih vplivnih območij. Tej pomanjkljivosti se povečini skušamo izogniti z izračunom površine ogroženega območja v neposredni bližini posameznih ogroženih objektov ali zemljišč in z uporabo dinamičnih modelov, ki pa se kažejo za uporabne le v velikem merilu oziroma na krajevni ravni in so za sedaj primerni le za izračun vplivnega območja posameznega pobočnega procesa ali več pobočnih procesov na majhnem območju (Mikoš in ostali 2004). Vendar bo morala sodobna družba kljub velikim tehnološkim zmožnostim vsaj ponekod priznati premoč narave in se umakniti ter prostor prepustiti naravnim procesom. Tako imenovani »odprti prostor« lahko ostane »nerazvit«, določimo mu lahko neintenzivno rabo. Na ta način se izognemo morebitnim žrtvam, škodi ter drugim negativnim gospodarskim in družbenim vplivom (Kaiser, Godschalk, Chapin 1995, 295–296).

V Sloveniji se moremo še vedno zgledovati po tradicionalni poselitvi: predniki so stavbe praviloma postavili na območjih, ki so bila varna pred pobočnimi procesi (zemeljski plazovi, skalni podori, snežni plazovi) in hudourniki oziroma poplavami (Komac, Zorn 2002a, 172; Komac, Zorn 2005b, 181).

### 7.1 STANJE V SLOVENIJI – TEORIJA

Slovenska zakonodaja določa, kateri so poglavitni preventivni ukrepi ob naravnih nesrečah. Kljub temu se nanje le odzivamo, za preventivo pa ni zagotovljenih dovolj sredstev. Najpomembnejši akti, ki opredeljujejo razmerje slovenske družbe do naravnih nesreč, so (Komac, Zorn 2005c, 88–89):

- Strategija prostorskega razvoja Slovenije,
- Nacionalni program varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami,
- Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja,

- Zakon o vodah,
- Zakon o graditvi objektov,
- Zakon o prostorskem načrtovanju,
- državni razvojni programi,
- regionalni razvojni programi.

V Sloveniji praksa izdelovanja zemljevidov ogroženosti še ni zaživela, vendar bodo takšni zemljevidi morali postati pomemben dejavnik prostorskega razvoja Slovenije. V Strategiji prostorskega razvoja Slovenije (2003) je med cilji, povezanimi z zmanjševanjem ogroženosti zaradi naravnih in drugih nesreč, med drugim navedeno, naj se z ustreznim načrtovanjem zagotavljata racionalna raba prostora in varnost prebivalstva (str. 6), naj se prostorski razvoj usmerja zunaj območij, ki so ogrožena zaradi naravnih ali drugih nesreč, oziroma naj se izboljša zaščita pred njihovimi posledicami (str. 7). Prostorski razvoj na ogroženih območjih naj bi se prilagajal stopnji ogroženosti (str. 18).

Po Zakonu o urejanju prostora (2002) je temeljni cilj urejanja prostora vzdržen prostorski razvoj, ki ga omogoča varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami. Gradnje objektov zunaj poselitvenih območij so dovoljene le, če so namenjene varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami. Na to določbo se navezuje Strategija prostorskega razvoja Slovenije.

Leta 2007 je Zakon o prostorskem načrtovanju nasledil Zakon o urejanju prostora, ki določa, da je treba pri izdelavi državnega strateškega prostorskega načrta upoštevati tudi nacionalne programe, strategije ter druge razvojne akte in dokumente, s katerimi se določa celovita državna politika razvoja države in tudi državna politika na področju varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami. Prav tako je treba posege v prostor in prostorske ureditve načrtovati tako, da je možno varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami. Nenazadnje je cilj prostorskega načrtovanja skladen prostorski razvoj. Dosežemo ga lahko le z obravnavo ter usklajevanjem različnih potreb in interesov, tudi na področju varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami; vendar to načelo v praksi le redko upoštevamo.

Preventivni ukrepi po vrstah nesreč so opredeljeni v Nacionalnem programu varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami (2002). Prostorski, urbanistični in gradbeni ukrepi prispevajo k večji varnosti, zato jih je treba upoštevati pri prostorskem načrtovanju ter projektiranju in gradnji objektov. Najpomembnejši so vodnogospodarsko soglasje, kataster naravnih nesreč, strategija in program varstva pred njimi ter program del za preprečevanje nesreč in njihovo sanacijo.

Pomen ukrepov je poudarjen v Resoluciji o nacionalnem programu varstva okolja (2005). Kot pomemben negradbeni ukrep je izpostavljena prilagojenost poselitve poplavam in zemeljskim plazovom. Ker pa je človek s poselitvijo in dejavnostmi močno posegel v okolje, so gradbeni ukrepi potrebni, saj ohranjajo umetno spremenjene razmere.

Zakon o vodah (2002) opredeljuje območja, ogrožena zaradi zemeljskih plazov in določa možne posege glede na vrsto ogroženosti.

Po Državnem razvojnem programu 2001–2006 (2001) je zaščita pred naravnimi nesrečami ena od prednostnih razvojnih nalog za krepitev skladnega regionalnega razvoja. Pomen naravnih nesreč za celovito urejanje prostora omenjajo regionalni razvojni programi za Pomurje, Zasavje, Gorenjsko in Goriško.

## 7.2 STANJE V SLOVENIJI – PRAKSA

Eden od preventivnih ukrepov zoper naravne nesreče so zemljevidi ogroženosti zaradi geomorfoloških nesreč (Zorn, Komac 2005, 53). Z njihovo pomočjo lahko izberemo območja, primerna za gradnjo, oziroma določimo potrebne ukrepe. Izdelovanje takšnih zemljevidov je drago in časovno zahtevno. Obstaja tudi določena stopnja negotovosti, saj na podlagi zemljevidov ne vemo, kdaj se lahko pričakovani geomorfni proces sproži (Alexander 1991, 63). Pri poplavah že lahko z določeno mero gotovosti izračunamo povratne dobe, pri zemeljskih plazovih pa smo v tej smeri naredili šele prvi korak: na primeru Goriških brd smo uporabili probabilistični model (Komac, Zorn 2006c, 56–60). Izdelani so že zemljevid ogroženosti območja mestne občine Nova Gorica, zemljevid plazovitosti Goriških brd (Komac,

Zorn 2006e) in zemljevid pobočnih procesov v občini Bovec (Bavec, Budkovič, Komac 2005). Narejen je bil tudi zemljevid plazovitosti Slovenije (Mikoš in ostali 2004; Komac, Ribičič 2005, 307).

Ob tem se postavlja vprašanje, kje je danes pri preučevanju pobočnih procesov mesto geografije? Geografi so sicer sodelovali pri oblikovanju Nacionalnega programa varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami (2002), v izdelavo tistega dela, ki govori o pobočnih procesih pa niso bili vključeni. Če geomorfologi ne bomo preučevali pobočnih procesov, bo manjkal geografski vidik, ki deluje povezovalno tudi med drugimi strokami. Od njih se lahko naučimo uporabe laboratorijskih, fizikalnih, kemijskih, matematičnih in drugih metod, one pa od nas kompleksnega pogleda na pokrajino. Vzpostavljena sta že računalniško vodena kataster zemeljskih plazov (s programom GIS SDMS'97), v katerem je evidentiranih več tisoč plazov (Vzpostavitev … 2002; Ribičič, Buser, Hoblaj 1994; medmrežje 1; Ribičič 2005), in kataster snežnih plazov (Horvat 2001b; Pavšek 2002), ki pa med seboj nista povezana in javnosti nista dostopna.

Geomorfologi lahko planerjem pomagamo pri (Alexander 1991, 64; Glade 2005, 191):

- identifikaciji geomorfnih procesov v porečju,
- ugotavljanju prostorske razporeditve in stopnje aktivnosti geomorfnih procesov,
- podrobni opredelitvi in členitvi geomorfnih procesov,
- razlagi reliefnih oblik oziroma ugotavljanju stabilnosti pobočij in identifikaciji nestabilnih reliefih oblik,
- ugotavljanju preteklih geomorfnih procesov, njihovi velikosti in času nastanka (povratna doba oziroma pogostnost pojavljanja),
- ugotavljanju izvora sedimentov,
- opredelitvi območij, kjer lahko v prihodnosti še pride do geomorfnih procesov,
- oceni količine mobilnega gradiva, ki ga geomorfni procesi lahko prenesejo v nižjo lego,
- modeliranju premikanja in opredelitvi območij usedanja (akumulacije) in
- umerjanju modelov oziroma primerjavi rezultatov modeliranja z meritvami in ocenami dejanske intenzivnosti geomorfnih procesov.

Vloga geomorfologov je torej predvsem identifikacija nevarnih območij in geomorfnih procesov, ki na njih potekajo. Planerji naj se pri načrtovanju tem nevarnim območjem izognejo, gradbeniki pa naj pri graditvi objektov na teh območjih uporabijo potrebne in razmeram prilagojene gradbene ukrepe (Alexander 1991, 65).

Za načrtovanje urejanja prostora na območjih, kjer sta hitra urbanizacija in pomanjkanje primernega prostora povzročila potrebo po gradnji tudi na ogroženih območjih, priporočajo multidisciplinarni pristop, ki naj obsega pet korakov. Preizkušen je bil na primeru petih naselij v Andori sredi Pirenejev, ki jih ogrožajo drobirski tokovi (Hürlimann, Copons, Altimir 2006):

- v prvem koraku so bile geomorfološke in geološke analize podlaga za izdelavo geomorfološko-geološkega zemljevida ter za določitev izvornih območij in količine razpoložljivega mobilnega gradiva v porečju; na podlagi tega so ugotovili možne scenarije in izdelali zemljevide;
- drugi korak je bila analiza scenarijev, nato pa so preučili kritične odseke, izračunali največji doseg drobirskih tokov in izdelali zemljevid intenzivnosti drobirskih tokov za vsak scenarij posebej;
- v tretjem koraku so združili rezultate prejšnjih dveh korakov in izdelali zemljevid ogroženosti, pri čemer so območje razdelili v cone in za posamezno cono določili stopnjo ogroženosti glede na pričakovano intenzivnost in verjetnost pojavljanja drobirskih tokov;
- v četrtem koraku so izdelali predloge ukrepov za zmanjšanje ogroženosti;
- v petem koraku so izdelali zemljevide ogroženosti v merilu 1 : 2000, ki so postali obvezna sestavina za načrtovalce rabe prostora na krajevni ravni. Območje so glede na nevarnost razdelili v kategorije.

Študija je pokazala velik pomen sodelovanja med geologi, geomorfologi, arhitekti, gradbeniki, urbanisti, ekonomisti, organi zaščite in odločanja ter prebivalci.

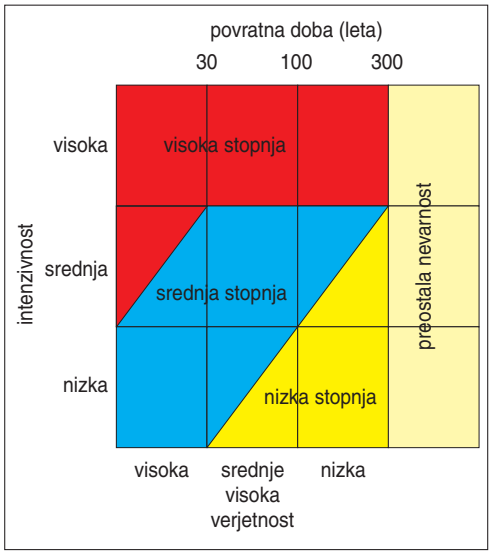
V Sloveniji je že pripravljena metodologija za določanje ogroženih območij in način razvrščanja zemljišč v kategorije ogroženosti zaradi zemeljskih plazov (Mikoš in ostali 2004). Predlaga uvedbo usmeritvenih načrtov in načrtov rabe za ogrožena območja. V usmeritvenem načrtu bodo prikazani

temeljne planerske usmeritve, usklajenost dejavnosti z izhodišči in navodila za načrtovanje rabe prostora. Na natančnejšem zemljevidu načrtovanja rabe so zemljišča glede na ogroženost razvrščena v kategorije. Na manj ogroženih območjih se lahko gradi pod določenimi pogoji, na bolj ogroženih pa je gradnja omejena ali prepovedana. V tujini so pogosti naročniki takšnih zemljevidov zavarovalnice, saj s svojo dejavnostjo omogočajo preživetje tudi na ogroženih območjih. V Sloveniji je zaenkrat možno zavarovanje nepremičnin proti potresu, pa tudi proti poplavi ter zemeljskim in snežnim plazovom, vendar dejavnost ni državno regulirana.

*Preglednica 44: Značilnosti območij ogroženosti zaradi zemeljskih plazov, prikazanih na zemljevidu ogroženosti, in predvideni ukrepi (Mikoš in ostali 2004, 94–95).*

| območje ogroženosti | barva na zemljevidu ogroženosti | ogroženost zaradi zemeljskih plazov | predpisi in ukrepi ob načrtovani gradnji |
|---|---|---|---|
| območja velike ogroženosti | rdeča barva | • zemeljski plaz obstaja,<br>• velika verjetnost nastanka zemeljskih plazov,<br>• osebe so ogrožene v stavbah in zunaj njih,<br>• zelo verjetno je uničenje objektov | • prepoved novogradenj,<br>• analiza zaščite obstoječih objektov,<br>• izjemoma je možna sprememba v območje nižje ogroženosti |
| območje srednje ogroženosti | modra barva | • možen nastanek zemeljskih plazov,<br>• ogroženost zaradi zemeljskih plazov v bližini,<br>• osebe so ogrožene zunaj stavb, v stavbah pa ne,<br>• škoda na objektih je zelo verjetna, ne pričakuje pa se njihovo uničenje | • ogled strokovnjaka in po potrebi terenske raziskave,<br>• izdelava podrobne ocene ogroženosti za obstoječo poselitev |
| območje majhne ogroženosti | rumena barva | • majhna verjetnost nastanka zemeljskih plazov,<br>• možen nastanek usadov ali majhnih zemeljskih plazov,<br>• osebe so komajda ogrožene,<br>• na objektih lahko nastane le neznatna škoda | • opozorilo graditelju, da morda gradi na plazovitem območju,<br>• za obstoječo poselitev se ocene ogroženosti ne izdela |
| območje neznatne ogroženosti | šrafirana rumeno-bela barva | • neznatna verjetnost nastanka zemeljski plazov,<br>• neznatna ogroženost zaradi obstoječih zemeljskih plazov | • opozorilo graditelju, da obstaja možnost, da gradi na območju, kjer lahko nastane zemeljski plaz,<br>• za obstoječo poselitev se ocene ogroženosti ne izdela |
| neogroženo območje | bela barva | • ni možnosti nastanka zemeljskih plazov,<br>• neogroženo zaradi zemeljskih plazov v bližini | • ni omejitev za novogradnje,<br>• preventiva za obstoječo poselitev ni potrebna |

Prvi takšen načrt je bil izdelan za Log pod Mangartom (Uredba … 2004), podoben pa za Koseč (Odlok … 2003; Uredba … 2005). Vršaj, na katerem stoji naselje, so razdelili na območja velike, srednje in majhne ogroženosti ter za vsako območje določili, kakšne stavbe je na njem mogoče graditi. Na območju velike ogroženosti je z izjemo infrastrukturnih objektov (ceste, parkirišča, mostovi, pregrade in jezovi, cevovodi, čistilne naprave in elektroenergetski vodi), začasnih objektov (športna igrišča) in tako imenovanih enostavnih objektov (drvarnica, čebelnjak, gozdna pot, igrišče, spominsko obeležje) objekte prepovedano graditi. Če stavba (hiša, garaža, kašča, kozolec, skedenj, steklenjak, rezervoar) na območ-




*Slika 91: Razmerje med intenzivnostjo in verjetnostjo pojavljanja naravnih nesreč (Petje 2004, 160).*

ju velike ogroženosti že stoji, jo mora lastnik odstraniti. Na območju srednje ogroženosti je pod posebnimi pogoji dovoljena gradnja stanovanjskih, gostinskih, trgovskih in upravnih stavb. Na območju majhne ogroženosti je dovoljena gradnja vseh stavb in infrastrukturnih objektov.

V nekaterih alpskih državah je določanje ogroženosti prostora razširjena in zakonodajno sprejeta oblika varstva pred naravnimi ujmami (Mikoš 1997). V Avstriji so leta 1975 z zakonom o gozdovih (Forstgesetz 1975) in leta 1976 s posebno odredbo (Verordnung … 1976) določili izdelavo načrtov ogroženosti državnega ozemlja na »… *hudourniških in plazovitih območjih* …«. Do leta 1994 je bilo izdelanih 865 takšnih načrtov, na katerih so zbrani podatki o 10.000 hudournikih in 5000 plazovih. Dokument je javno dostopen in se ga mora uporabljati pri prostorskem načrtovanju ter graditvi objektov (Mikoš 1997, 3; Komac, Zorn 2002c).

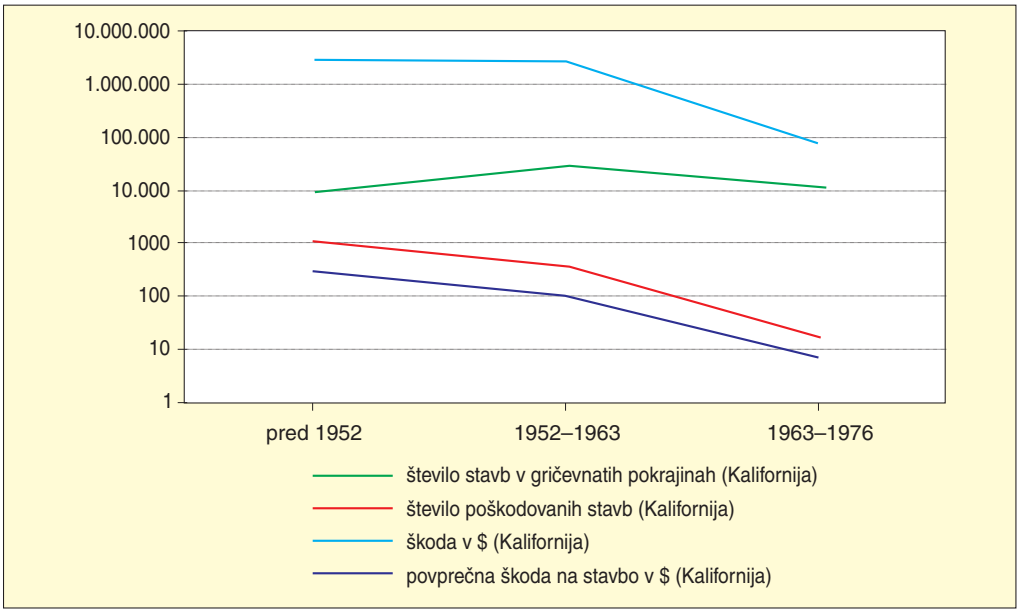
## 7.3 SMISELNOST UREJANJA PROSTORA Z VIDIKA NARAVNIH NESREČ

Pokrajino lahko razumemo le kot vir surovin in prostor, na katerem se dogajajo človekove dejavnosti, ali pa kot kompleksen prostor, kjer skozi zgodovino v nenehnem prepletanju součinkujejo naravne in družbene prvine.

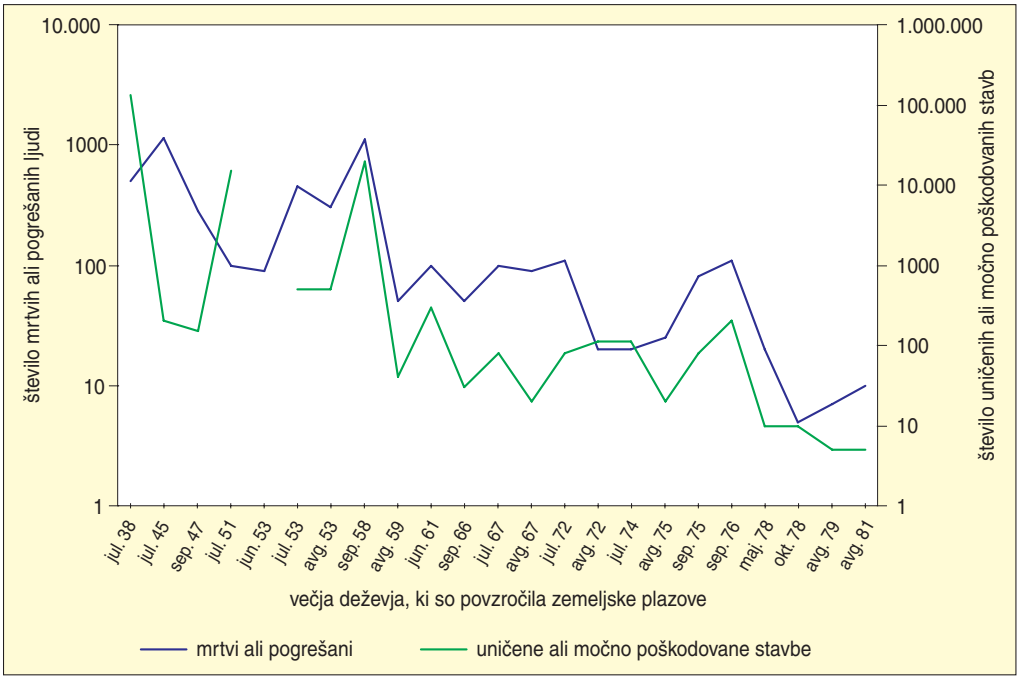
Prvi vidik odraža naslednji navedek: »… *Najbolje bi bilo, če bi območja, ki jih ogrožajo naravne nesreče, ohranili 'nerazvita'. Na ta način bi se izognili smrtnim žrtvam, gmotni škodi, vplivu na gospodarsko in socialno strukturo skupnosti ter nepotrebnim razvojnim stroškom, ki jih porabljamo za varovanje človekovih dejavnosti pred naravnimi pojavi* …« (Kaiser, Godschalk, Chapin 1995, 295). Takšen način obravnavanja določenega območja je morda lažje obvladljiv, vendar ne upošteva dejstva, da pokrajina vsebuje zgodovino, to je spomin na vse, kar se je na določenem območju zgodilo v preteklosti, in je za njene prebivalce tudi zdaj pomembno. To potrjuje tisočletna kontinuiteta poselitve na mnogih krajih.

Drugi vidik je že preizkušen in zato vreden posnemanja: človek se »… *skozi celotno zgodovino poskuša prilagoditi zakonitostim naravnega dogajanja … Tovrstne prilagoditve so … pomembna sestavina vsake pokrajine* …« V njih se »… *kažejo izkušnje prejšnjih generacij, ki bi jih lahko koristno uporabili pri načrtovanju prihodnje rabe prostora in naravnih virov* …« (Natek 2003, 134).

V preteklosti so se morali zaradi pomanjkanja organiziranosti, politične volje ali sredstev prebivalci pogosto prilagoditi tudi (dokazano) zelo nevarnim razmeram (Alexander 1991, 77). Danes lahko naredimo




*Slika 92: Izgube ob nesrečah zaradi drobirskih tokov, ki so jih med letoma 1938 in 1981 na Japonskem povzročale obilne padavine ob tajfunih.*




*Slika 93: Število uničenih stavb in škoda zaradi zemeljskih plazov v hriboviti okolici Los Angelesa v Združenih državah Amerike.*

korak naprej in z načrtovanjem usmerjamo predvideno (intenzivno) rabo prostora na območja, ki so varna pred poplavami, erozijo, zemeljskimi in snežnimi plazovi ter skalnimi podori. Obstoječa naselja pa lahko zavarujemo z ustreznimi ukrepi. Na ta način bi zmanjšali škodo, pa tudi ogroženost in obremenjenost celotne družbe. Kot smo že poudarili, je nujna podrobna in celovita obravnava za vsak primer posebej.

Glede na pogostnost geomorfnih nesreč v Sloveniji lahko rečemo, da niso nepričakovane. Ni pa še razvita »… *kultura izogibanja nevarnostim* …« (Alexander 1991, 75), saj večino sredstev porabljamo za odpravljanje posledic in ne za preventivo. Prihranek družbe bi bil lahko silno velik: za enak učinek v prostoru zadošča vložek v preventivo v višini le 3 % sredstev, ki so porabljena za sanacijo. Razmerje med prihranki zaradi preventive in sredstvi, vloženimi v sanacijo zemeljskih plazov, je od 1 : 10 do celo 1 : 2000 (Siegel 1996). Po uvedbi geomorfoloških in geoloških raziskav se je v hriboviti okolici Los Angelesa v sedemdesetih letih 20. stoletja močno zmanjšala gmotna škoda zaradi zemeljskih plazov, po uvedbi učinkovitega državnega upravljanja z zemeljskimi plazovi pa so uspeli zmanjšati število umrlih in znižati škodo zaradi zemeljskih plazov in drobirskih tokov tudi na Japonskem (Siegel 1996).

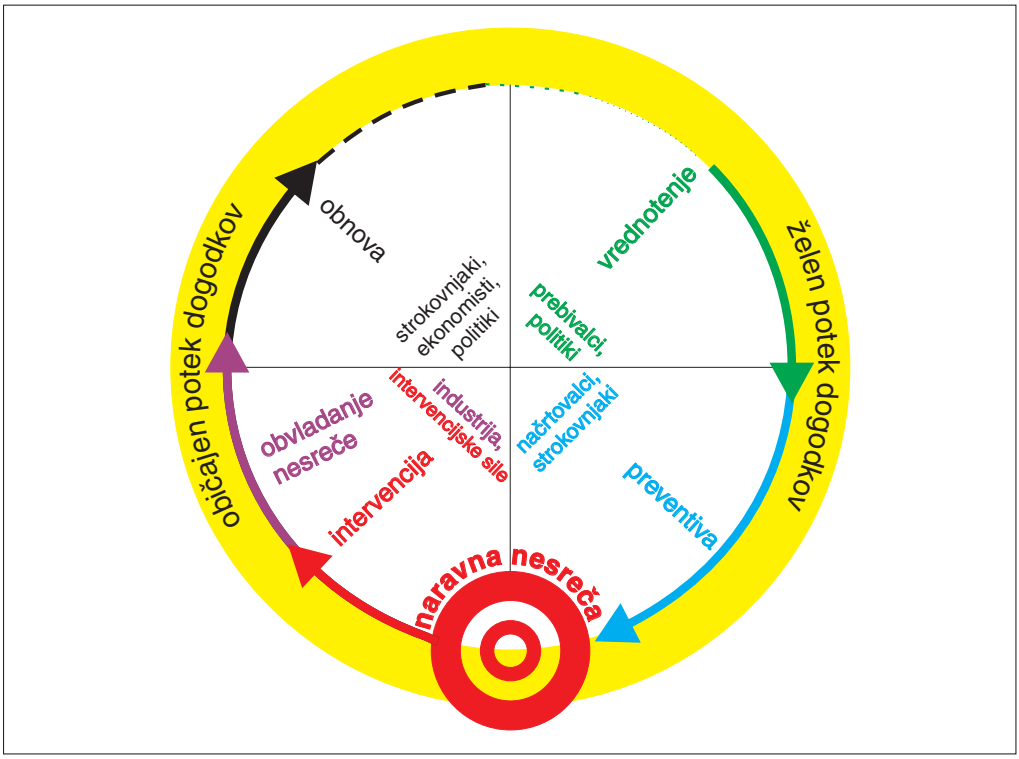
*Preglednica 45: Škoda zaradi zemeljskih plazov in usadov med letoma 1994 in 2003 in njen delež v primerjavi s škodo zaradi naravnih nesreč v Republiki Sloveniji ([a] kljub večkratnim prošnjam od ministrstva, pristojnega za sanacije naravnih nesreč, nismo dobili prostorsko in časovno natančnejših podatkov), (Drsenje tal … 2006).*

| leto | škoda zaradi zemeljskih plazov, usadov in skalnih podorov (evri)[a] | delež škode zaradi zemeljskih plazov, usadov in skalnih podorov v primerjavi s skupno škodo zaradi naravnih nesreč (%) |
|---|---|---|
| 1994 | 6.271.907 | 10 |
| 1995 | 10.144.383 | 16 |
| 1996 | 10.624.270 | 22 |
| 1997 | 4.732.098 | 7 |
| 1998 | 23.931.730 | 14 |
| 1999 | 13.048.740 | 32 |
| 2000 | 9.639.459 | 9 |
| 2001 | 1.577.366 | 2 |
| 2002 | 3.488.566 | 18 |
| 2003 | 1.393.757 | 1 |
| 2004 | 3.100.484 | 4 |

*Preglednica 46: Predvidena, sprejeta in porabljena sredstva za izvedbo ukrepov za odpravo posledic, preprečitev širjenja in ustalitev zemeljskih plazov ter primerjava z BDP v Republiki Sloveniji (Predlog … 2005).*

| leto | sredstva v veljavnih proračunih (evri) | dejanska poraba sredstev (evri) | delež sredstev v veljavnih proračunih glede na BDP (%) |
|---|---|---|---|
| 2002 | 2.941.912 | 88.883 | 0,014 |
| 2003 | 5.437.322 | 5.437.322 | 0,024 |
| 2004 | 5.860.874 | 5.270.405 | 0,023 |
| 2005 (do 25. 8. 2005) | 6.601.569 | 6.601.569 | – |
| skupaj 2002–2005 | 20.841.679 | 19.324.820 | 0,020 |

Prihaja čas, da spet razmislimo o dejstvu, da človek ne more in ne sme posegati na območja, kjer obstaja nevarnost »uničujočih« pobočnih procesov. Če človek tam že prebiva ali deluje, je potreben




*Slika 94: Diagram aktivnosti po naravni nesreči.*

premišljen, odgovoren pristop in tvorno sodelovanje prebivalcev, strokovnjakov ter predstavnikov državnih in lokalnih oblasti.

Smisel preučevanja pobočnih procesov je predvsem v njihovem natančnem (s)poznavanju. Znanje omogoča razpoznavanje ogroženih območij v pokrajini in dolgoročno usmerjanje poselitve ter drugih človekovih dejavnosti na varnejša območja. Prav zato je nujno sodelovanje vpletenih strok, ki pa je šele v povojih. Terminološke razlike med strokami ne bi smele biti ovira pri komunikaciji, saj ima v primerjavi s strokovno samozadostnostjo izmenjava znanj neprimerno večji pomen.

Če ne upoštevamo izkušenj oziroma nevarnosti nekaterih območij, to slejkoprej privede do neljubih posledic. Zato je bila nujna vključitev ogroženih območij v Strategijo prostorskega razvoja Slovenije (2003). Z urejanjem zakonodaje se lahko pri prihodnjem prostorskem načrtovanju nadejamo manj napak. Potrebna je še podrobna analiza ogroženosti pozidanih in poseljenih območij pred pobočnimi procesi.

V praksi se aktivnosti po naravni nesreči običajno začnejo z intervencijo, ki ji sledita obvladanje nesreče in obnova, šele nato pridejo na vrsto vrednotenje vzrokov naravne nesreče in njenih posledic ter preventiva. Ustrezen pristop pa bi se moral začeti z vrednotenjem in preventivo, tako da smo na naravno nesrečo že pripravljeni, ko do nje pride. V tem primeru bi bili učinkovitejši tudi intervencija in obnova.

# 8 POBOČNI PROCESI V SVETIH KNJIGAH IN PRIPOVEDKAH

Temeljna dilema, ki smo jo lahko zaslutili v predstavljenem besedilu, je pravzaprav odraz razmerja med človekom in naravo. To pa se kaže tudi v razmerju med znanostjo in naravo. Človekovo dojemanje narave je od razsvetljenstva dalje popredmeteno. S tem naravno razumemo kot nasprotje umetnega, civilnega, človeškega, duhovnega in nadnaravnega. Naravno torej obsega določen prostor in čas. Obsega svet predmetov oziroma v našem primeru svet geomorfnih oblik in procesov.

Ko določeno stvar analitično doumemo, jo lahko obvladamo in uporabimo v svoj prid. S tem jo obravnavamo na način kolikosti in pogosto zanemarimo vidik kakovosti ali kakšnosti. Stvari reduciramo zgolj na naravo zato, da bi jih mogli osvojiti. Naravo osvajamo, ker je 'narava' ime za to, kar smo do določene mere osvojili. Zaradi tega obstoji tudi cena, ki jo moramo plačati za osvojitev, da obravnavamo predmet zgolj kot naravo. Tako na primer zvezde ne postanejo narava, dokler nismo sposobni izmeriti njihove teže in velikosti.

Toda ko naravi iz rok izvijemo moč, ji s tem tudi predamo stvari v roke. Dokler ta proces ostane pred zadnjo stopnjo, zagotovo več pridobimo kot izgubimo, saj smo pri dojemanju narave še vedno svobodni in jo razumemo tako, kot je (Lewis 1998).

Obstaja nekaj, kar znanost razlikuje od 'modrosti' zgodnjih dob. Za modrece starih časov je bil poglavitni problem, kako človekovo dušo uskladiti s stvarnostjo; rešitev so našli v znanju, samodisciplini in kreposti. Tako se lahko Gregorčič na videz nemočno vpraša: »… *Kadàr se v gori utrga plaz, kedó li mu zastavi gaz* …?« (Tomaževič 1964, 114–115).

Za uporabno znanost, to pa se kaže tudi na področju pobočnih procesov, je aktualno vprašanje, kako stvarnost podrediti željam ljudi. Pogosto zmotno mislimo, da je rešitev problemov z zemeljskimi plazovi le v določeni tehniki, problemov s poplavami pa le v graditvi nasipov.

Iz te napačne predpostavke oziroma odnosa pa izhaja tudi neustrezno delovanje. Namesto da bi poskušali dobro razumeti naravo, značaj, učinke in obseg naravnih procesov in se jim prilagoditi, kjer je to treba, poskušamo skoraj za vsako ceno ustreči našim željam. Takšni sta na primer želji po dobičku, kar se kaže v gradnji stavb za industrijske in storitvene dejavnosti na nevarnih območjih, in želja po udobju, ta pa se kaže v želji po bivanju na lepih, a nevarnih krajih.

Pri prebiranju starodavnih izkušenj, zapisanih v svetih knjigah in pripovedkah, se še enkrat več potrdi dejstvo, da je pri urejanju prostora treba upoštevati tudi naravne dejavnike. Pri tem je lahko v veliko pomoč védenje o dogodkih v preteklosti, ki se je v celoti ali v fragmentih ohranilo pri prebivalcih. Ti so lahko pomemben vir informacij pri terenskem delu. Znanost bi lahko prepad premostila le tako, da bi pojasnjevala vzroke, ne bi pa poskušala odpravljati posledic.

Tako, tudi ko bi govorila o posameznih delih, ne bi pozabila celote (Lewis 1998).

## 8.1 POBOČNI PROCESI V SVETIH KNJIGAH

V Svetem pismu in podobnih besedilih lahko razlikujemo tri ravni. Prva je duhovna ali religiozna in je na tem mestu ne obravnavamo. Druga je opis zgodovine, ki jo lahko preverimo z zgodovinskimi dokumenti. Tretja raven so miti in legende, ki so lahko odraz resničnih naravnih dogodkov. Spomin na dogodke, ki so naredili vtis na ljudi, se je sprva prenašal ustno, pozneje pa so ga zapisali. Skoraj vsaka velika civilizacija je ustvarila tudi mite, ki razlagajo naravne procese. Primera sta zgodbi o vesoljnem potopu in stvarjenju sveta (Bryant 2005, 2).

Obravnavali bomo Sveto pismo oziroma hebrejsko Biblijo. Ta je podlaga judovskemu Talmudu, ki so ga zapisali v prvih stoletjih krščanske dobe, na njem pa vsaj deloma temelji tudi islamski Koran, ki je nastal v 7. stoletju našega štetja (Jelinčič 2003; Majaron 2004).

Besedila so povečini uporabljali izobraženi – posvečeni družbeni sloji, zlasti duhovniki, ki so pogosto tudi vladali. Tako je bilo na primer v Mezopotamiji, pri starih Egipčanih, v inkovski in srednjeameriških civilizacijah, pa tudi v kulturah Daljnega vzhoda. Namenjena so bila uravnavanju družbenega življenja, zlasti pa napovedovanju pomembnih dogodkov, na primer časa poplav ali žetve.

Naravni oziroma geomorfni procesi imajo v Svetem pismu pogosto vlogo nekakšnega orodja Boga. Tako so nenadni in veliki procesi razumljeni kot posledica človekovega ravnanja, ki ni v skladu z božjimi zapovedmi: »... *Ta veličina (Boga) je svetla, pravir vsakršnega reda. Kjer zadene ob človekov upor, postane strahotna in se spremeni v 'božjo jezo', ki se svareče razodeva v uničujočih naravnih silah, kot so neurje, potres, sončna pripeka, vihar na morju. Vendar je strahotnost vsa odeta z dobroto, modrostjo; saj Bog v uri, ko gre za zadnje, poučuje svojega preroka, da on (Bog) ni v viharju niti v potresu niti v ognju, marveč v tihem, lahnem šumljanju* …« (Guardini 1979, 32).

Naravne nesreče naj bi človeka streznile in ga usmerile na pravo pot: »… *Tako je človek, ki je malo prej v svoji nečloveški oholosti mislil, da lahko ukazuje valovom morja, in si domišljal, da tehta na tehtnici vrhove gorá, obležal na tleh in so ga morali odnesti na nosilih. S tem je vsem dokazal Božjo mogočnost* …« (2 Mkb 9,8; opomba: glej seznam okrajšav svetopisemskih knjig v Krašovec 1996, 7). Nenazadnje je »… *prav vsaka nesreča, ki zadene zemljo in vas, … že vnaprej zapisana v Knjigi* …« (Koran 57,22; povzeto po Majaron 2004). V Svetem pismu je redko omenjena povezanost natančno določenega greha in nesreče, temveč so preroki nesreče napovedovali kot posledico malikovanja. Le vesoljni potop (1 Mz 6–8; glej Krašovec 1996, 7) naj bi bil neposredna kazen človeštva, vendar je Bog potem obljubil, da tako velike naravne nesreče ne bo več dopustil. To ne pomeni, da naravnih nesreč ne bo več, ampak da bodo omejene (Venton, Hansford 2006, 7). Številni ljudje naravne nesreče tudi danes dojemajo kot kazen za njihove grehe, čeprav je namen kazni le želja, da bi se ljudstvo ponovno obrnilo k Bogu (Jon 3,10; glej Krašovec 1996, 7).

Pojav katastrofizma je imel velik vpliv tudi na razvoj geologije in geomorfologije. Po tem mišljenju naj bi nekatere geomorfne oblike nastale z eksplozivnimi, nenadnimi in nepričakovanimi, s stališča človeka v glavnem katastrofičnimi procesi. V 18. stoletju sta se v Evropi pojavili dve šoli katastrofizma: neptunisti in plutonisti. Neptunisti (A. g. Werner) so verjeli, da je večina kamnin na površju Zemlje nastala ob »*vesoljnem potopu*« in so bili »… *očitno pod vplivom dobesedne interpretacije Stare zaveze* …«. V nasprotju z njimi so plutonisti (N. Desmarest) spoznali, da s potopom ne morejo razložiti nastanka vseh kamnin in da je geološki razvoj Zemlje veliko bolj zapleten (Gonzalez 2003, 1–2). Zagovarjali so vulkanski izvor kamnin.

Nasprotno od katastrofistov so uniformisti (C. Lyell in J. Hutton), ki so izhajali iz empirizma (Nevins 2007), zagovarjali tezo, da so spremembe zemeljskega površja stalne in počasne ter, da so površje v preteklosti oblikovali prav takšni geomorfni procesi kot v sodobnosti.

Ne bomo se poglabljali v problem, ki ga označujeta besedi kreacionizem in evolucionizem, in je nastopil s pojavom sodobne znanosti, saj nas zanima le geografski vidik besedil oziroma razumevanje narave in naravnih procesov. Geomorfni procesi namreč pogosto niso opisani kot naravni pojavi, temveč ima opis družbeni pomen. Besedila te procese omenjajo z vidika človeka. Odtod izhaja razkorak med dobesednim in prenesenim pomenom besedil. Poučen primer iz zgodovine znanosti je ugotavljanje starosti planeta Zemlje na podlagi podatkov v Svetem pismu. V nadaljevanju navajamo nekaj značilnih primerov.

### 8.1.1 ZEMELJSKI PLAZ

Potres lahko sproži zemeljski plaz. Če zdrsne v reko, lahko zaustavi njen tok (Komac, Zorn 2007). Zemeljski plaz je v poznem 13. stoletju pred našim štetjem morebiti omogočil prehod izvoljenega ljudstva čez reko Jordan »*... po suhem* …«, saj je »… *kakor nasip* …« za nekaj ur zaustavil reko: »… *Ko so nosilci skrinje zaveze prišli do Jordana in so se noge duhovnikov, ki so nosili skrinjo, na obrežju potopile v vodo – Jordan namreč vse dni žetve napolnjuje svoje struge – so se vode, ki so pritekale od zgoraj, ustavile in stale kakor nasip, precej daleč, pri Adámu* (današnja Damiya v Jordaniji, 25 km severno od Jeriha)*, mestu tik ob Caretánu. Vode pa, ki so tekle proti morju v Arábi, proti Slanemu morju, so odtekle* …« (Joz 3,14–17; glej Krašovec 1996, 7). Grški prevod Jozuetove knjige je določnejši, saj naj bi se vode ustavile, ker je bil postavljen »… *silno velik jez daleč naokrog, vse do meja Kirját Jearíma* …« (Krašovec 1996, 275). 114. psalm (3–8) priča, da je bil prehod čez Jordan res povezan s potresom (»… *gore*



LUČKA ŠPAROVEC

*Slika 95: Reka Jordan.*

*so poskakovale* …«) in z zemeljskim plazom (»… *Jordan se je obrnil nazaj* …«). Na podoben način sta vodo prečkala tudi Elija (2 Kr 2,8; glej Krašovec 1996, 7) in Elizej (2 Kr 2,14; glej Krašovec 1996, 7).

Dogodek je po mnenju geologa de Boera (Lovett 2006) »… *zelo logičen* …«, saj je znano, da »… *reko Jordan zajezijo zemeljski plazovi, in ustavijo njen tok za več dni* …«. Neki arabski zgodovinar pripoveduje, da je Jordan leta 1266 (ali 1267) našega štetja pri kraju Adam zaradi zemeljskega plazu za deset ur presahnil (The Bible … 2007). Dokumentirano je, da so plazovi reko zajezili še v letih 1160, 1534, 1546, 1834 in 1906 (Nur 1991). Leta 1927 je ob potresu v Jerihu preperina zdrsnila v reko kar 40 km severno od epicentra in jo zajezila. Ob potresu leta 1546 je bil tok reke zaustavljen za dva dni, ob potresu z magnitudo 6,2 leta 1927 pa za več ur (Bentor 1989, 328). Na tem območju so zemeljski plazovi pogosti zaradi spodkopavanja bregov z erozijo, tam pa dolino prečka tudi prelom, ob katerem so nestabilni sedimenti jezerske krede razpokani in pretrti (Bentor 1989, 327).

### 8.1.2 PRELOM

Svetopisemski pisatelji so znali opazovati naravo, kar po Bentorju (1989, 333) potrjuje tudi več kot 2000 let stara Zaharijeva (14,4–5; glej Krašovec 1996, 7) prerokba. V njej je verjetno prvi opis premika ob tako imenovanem zmičnem prelomu: »… *in Oljska gora se bo razklala po sredi od vzhoda proti zahodu. Velikanska dolina bo: polovica gore se bo umaknila proti severu in polovica proti jugu* …« Tudi ta proces je povezan s tektoniko oziroma s tektonskim jarkom in s potresi.

### 8.1.3 EROZIJA

Ugotovili smo že, da so se ljudje v preteklosti dobro zavedali spremenljivosti sveta, ki ga odražajo erozivna in transportna moč vode ter pobočni procesi: »… *Še gora se podre in razpade, skala se utrga*

*s svojega mesta, voda brusi kamenje in naliv odnaša prah zemlje*…« (Job 14,18–19; glej Krašovec 1996, 7). Koran erozijo omenja posredno, v prispodobi o človeku kot o gladki skali, ki je pokrita z zemljo. Nanjo pade močan dež in spere z nje prst, da postane gola (2, 264; povzeto po Majaron 2004). Zanimiv je še opis »… *peščenih planjav*…« (46,21; povzeto po Majaron 2004) oziroma puščavskega reliefa, kjer »… *veter odnaša gore v obliki prahu*…« (77,10; povzeto po Majaron 2004).

Problema erozije in poplav so se zavedali tudi starogrški modreci (Thornes 1998, 4). Platon je sredi 4. stoletja pred našim štetjem o eroziji zapisal: »… *Mnogo in veliko poplav je bilo v času dveh tisočih let… in v teh časih in med temi dogodki zemlja, ki je drsela z višin, ni naredila nobenih omembe vrednih nasipov… ampak je vselej drsela v krogu in končno izginila v globočini. Kar ostaja zdaj, je – kot (vidimo) na majhnih otokih – v primerjavi s tedanjo deželo kot okostje telesa* (kamnita puščava, opomba avtorjev)*, ki ga je uničila bolezen, saj je bila naokrog izprana vsa rodovitna in mehka zemlja ter je ostalo le mršavo telo dežele. Vendar je bila takrat (naša dežela) še neokrnjena; za gore je imela visoke griče z zemljo, in kar zdaj imenujemo Felejske ravnice, je bilo prekrito z obilico rodovitne zemlje. V hribih so bili gosti gozdovi… Nekateri od gričev imajo zdaj hrano le še za čebele, a ni še prav dosti časa od tedaj, ko so [tam rasla drevesa]… Vsako leto je (deželo) obogatila voda, ki jo je poslal Zeus in se ni izgubila, kot se zgubi zdaj, ko odteka z nerodovitne zemlje v morje*«. Glede atenske akropole pravi, da »*del okrog akropole tedaj ni bil tak, kakršen je zdaj. Tedaj pa je le ena izredno deževna noč okrog akropole raztopila zemljo in jo razgalila…*« (Platon 2004, 1319).

V starih spisih najdemo tudi zapise o sekanju gozda. Eden najstarejših je Ep o Gilgamešu iz 2. polovice 1. tisočletja pred našim štetjem, kjer Gilgameš in njegov prijatelj ubijeta varuha (po nekaterih razlagah boga) gozda Humbabo. Yasuda, Kitagawa in Nakagawa (2000, 135) ugotavljajo, da je »*mogoče, da so pisci* (epa, opomba avtorjev) *že izkusili posledice ali pa slišali za neusmiljen odgovor narave na izsekavanje gozda*«. Posledice pospešene erozije so danes vidne v jezerskih sedimentih (Yasuda, Kitagawa, Nakagawa 2000, 127, 132).

### 8.1.4 OSAMELEC

Z erozijo je povezana že opisana pripoved o uničenju Sodome in Gomore. Vsebuje namreč razlago nastanka solnih stebrov: »… *Lotova žena, ki je bila z njim, pa se je ozrla nazaj in postala solnat steber*…« (1 Mz 19,26; glej Krašovec 1996, 7). Za nastanek takšnih erozijskih ostankov oziroma osamelcev je pomembno, da je nad soljo plast tršega kalcijevega sulfata oziroma anhidrita (Bentor 1989, 331). Podobne aitiološke zgodbe o izstopajočih reliefnih oblikah so zelo pogoste v slovenskih pripovedkah; zlasti znana je pripovedka o nastanku Igle pri Solčavi.

### 8.1.5 UDOR

Globine zemlje so neznane in vzbujajo strah, zato grešne ljudi požre zemlja, se pogreznejo vanjo. Temu bi prav lahko ustrezala naravna pojava kot sta udiranje, ki je povezan s krasom, ali plazenje. Ljudje so tudi v preteklosti gotovo izkusili, da se je zemlja ob potresih razprla ali razpokala. Primer iz bližnje zgodovine je, ko se je 8. 1. 1910 v Rablju/Cave del Predil v sosednji Italiji zaradi vdora vode in kamenja v rov tamkajšnjega rudnika svinca in cinka udrlo površje. Krajevna bolnišnica se je v petih minutah pogreznila 30 m v zemljo in s seboj potegnila sedem ljudi; rešil se je le petnajstletni deček, ki mu je uspelo skočiti skozi okno (Sorč 1998, 7).

Prav tako iz Italije zgodovinski vir iz druge polovice 18. stoletja poroča, da je po »… *velikem Messinskem potresu*…« nastalo več »*kraterjem podobnih vrtač*« (Montenat in ostali 2007, 6). V Svetem pismu beremo, kako je Bog iztegnil desnico in »… *zemlja jih je požrla*…« (2 Mz 15,12; glej Krašovec 1996, 7) ali kako je »… *odprla svoja usta in pogoltnila*…« Korahove privržence, da so se živi pogreznili v podzemlje, zemlja pa se je nad njimi zaprla (4 Mz 16,32–33; glej Krašovec 1996, 7). Psalmist poroča, da se je zemlja odprla in pogoltnila Datána z njegovim krdelom (Ps 106,17; glej Krašovec 1996, 7).

### 8.1.6 POMEN SVETIH KNJIG ZA GEOGRAFIJO

Sveto pismo ob opisu zgodovine odrešenja in zgodovine Judov prinaša tudi razlago nastanka Zemlje ter opise številnih reliefnih oblik in naravnih procesov. Čeprav so v besedilu velikokrat uporabljene prispodobe, lahko iz njega izluščimo temeljni pogled ljudi na dogajanje v naravi. Logično je, da so v besedilih pogosto omenjeni ali opisani predvsem tisti naravni procesi, ki so pomembno vplivali na človeka, njegovo bivanje ali dejavnosti, in jih danes imenujemo naravne nesreče. Veliko je tudi aitioloških sestavin ali razlag določenih (nad)naravnih pojavov, za katere so pisci uporabili opise znanih naravnih pojavov. Tako si poplav ali vulkanskih izbruhov ljudje niso znali razložiti drugače, kot s posegom Boga ali njemu podrejenih naravnih sil.

V preteklosti so ljudje nastanek večjih naravnih procesov pripisovali Bogu ali bogovom (na primer bog groma), vendar so pogosto iskali tudi naravoslovne razloge za naravne pojave: »… *Čez nekaj časa je potok usahnil, ker v deželi ni bilo dežja* …« (1 Kr 17,7; glej Krašovec 1996, 7). Ker so ti procesi v obliki naravnih nesreč vplivali na družbo in njeno delovanje, lahko vseskozi sledimo hotenju po njihovem obvladovanju. To je ljudem v preteklosti v večji ali manjši meri uspelo, pri tem pa je najpogosteje šlo za prilagoditev danim naravnim razmeram.

V preteklosti so bili naravni procesi bistven sestavni del življenja v določeni pokrajini. Opažanja o njih so ostala zapisana v številnih besedilih, ki imajo tudi religiozni značaj. Vzrok za to je verjetno v dejstvu, da je bil močnejši tisti vladar ali kultura, ki je bolje poznal in obvladoval naravne procese. Znani so primeri starih kultur, kot so južnoameriške (Inki), srednjeameriške (Maji, Azteki) in mezopotamske. Dodobra so poznali letni naravni cikel ter na podlagi astronomskih in drugih pojavov napovedovali čas setve, žetve in podobno. Kanaanska religija je na primer temeljila na ciklu letnih časov (Krašovec 1996, 416). Omenimo še Egipt, kjer je odraščal Mojzes, pomembna starozavezna oseba (2 Mz 2,11). Svetopisemski pristop je drugačen od omenjenih, saj zemeljsko površje že v temelju razume kot spremenljivo.

Z razvojem tehnologije je sodobni človek v večji meri zmožen nadzorovati naravne procese in jih v primerjavi s predniki tudi bolj obvladati. Zato se v vsakdanjem življenju tudi ne ravna več po njih, ampak naravne razmere in potek naravnih procesov prilagaja sebi in svojim dejavnostim. Primer je prostorsko načrtovanje (Komac, Zorn 2005c), ki vsaj v Sloveniji bolj izjemoma (večji zemeljski plazovi) kot ne upošteva naravne procese.

Pomen naravnih procesov se je v zadnjih desetletjih zmanjšal tudi zato, ker jih je človek dosegel in tudi že presegel po tehnološki moči. Z gradnjo predorov relief kljub vsemu ni več tako velika ovira, kot je bil v preteklosti (Gams 2001c), številnim rekam so zajezitve povsem spremenile značaj, nenazadnje je človek spremenil tudi podnebje planeta (Intergovernmental … 2007). Kljub silni človekovi tehnološki moči so na nekaterih območjih različni naravni procesi in pojavi, kot potresi, izbruhi ognjenikov, cunamiji ali zemeljski plazovi, še vedno omejitev za razvoj družbe, saj povzročajo smrtne žrtve in gmotno škodo.

Če se je njihov pomen v preteklosti odražal v verskih besedilih, ki smo jih obravnavali v tem članku, ga v zdajšnjem času poleg zapisov v leposlovju, kronikah, urbarjih, medijih in strokovni literaturi odražajo širše veljavni normativni akti oziroma besedila zakonov. V Sloveniji sta na podlagi konkretnih naravnih pojavov na primer nastala Zakon o ukrepih za odpravo posledic določenih zemeljskih plazov večjega obsega iz let 2000 in 2001 ter Zakon o popotresni obnovi objektov in spodbujanju razvoja v Posočju iz leta 2005. Že iz Jugoslavije pa poznamo udejanjenje gradbene zakonodaje po potresu v Skopju 26. julija 1963.

V uvodu smo zapisali, da so mnoge civilizacije v zgodovini opisovale naravne procese v številnih dokumentih, ki so bili v preteklosti zlasti verske narave, zdaj pa se je njihov značaj spremenil. Za geografa so ti zapisi zanimivi, ker prinašajo pričevanja o razmerah v naravi, pa naj si gre za različne pokrajine ali za različna obdobja. Pomembni so zaradi zgodovinskega spomina, ki se prenaša iz roda v rod, pričajo pa tudi o tem, kako je človek v različnih zgodovinskih obdobjih razumeval naravo. Razumevanje razmer na določenih območjih v preteklosti nam pomaga razumeti sodobne procese. Lep primer so omembe neurij v zgodovinskih kronikah, ki jih lahko koristno uporabimo za preučevanje učinkov ali obsega sodobnih (globalnih) podnebnih sprememb (Ogrin 2007).

## 8.2 POBOČNI PROCESI V PRIPOVEDKAH

Teme tega podpoglavja smo se deloma dotaknili že v prejšnjih poglavjih, vendar se na tem mestu osredotočamo bolj na humanistične vidike. Razmerje med človekom in naravo se odraža tudi v leposlovju, zlasti ljudskih pripovedkah in legendah.

V preteklosti so si ljudje večje geomorfne procese razlagali na svojstven način, saj povečini niso poznali pravih vzrokov zanje. Če je geomorfni proces povzročil škodo ali uničil vasi, so njegov nastanek razlagali kot kazen za grešnost ali hudobnost njihovih prebivalcev. Kljub temu so »preprosti« ljudje pogosto imeli zelo jasno predstavo o tem, kaj se v naravi dogaja. Pravljica o Dravi tako opisuje poplave kot povsem naraven proces in uspe celo izluščiti njihovo dobro stran.

Danes sta zaradi manjšega vsakodnevnega stika ljudi z naravo izjemno pomembna vzgoja in izobraževanje. Vzgoja naj pri človeku ustvari pravilen, to je spoštljiv odnos do narave, izobraževanje pa ima v sodobnem svetu enako vlogo, kot jo je nekdaj imelo pripovedovanje zgodb. S pravljicami, zgodbami in pripovedkami se je iz roda v rod prenašalo izročilo, v katerem je bilo obilo napotkov za varno in uspešno življenje v določeni pokrajini. Način življenja v enoceličnih družinah, ki je pomenil prelom s tem izročilom, pa večinoma ni vodil k vzpostavitvi novega sistema prenašanja znanja. Šola je lahko živo izkušnjo, ki je govorila iz zgodb, le deloma nadomestila. Zato bi morala biti ena od nalog sodobnega izobraževalnega sistema tudi ohranjanje znanja o domači pokrajini in njegovo posredovanje mladim. To pa ni mogoče brez nenehnega oziranja v preteklost pokrajine, v kateri otroci živijo.

Zato imajo pripovedke dvojni namen: razlagalni in moralni. Poslušalcu oziroma bralcu na razumljiv način razložijo vzroke za nastanek in posledice določenega naravnega procesa. Zgodba vsebuje moralni nauk, ki povečini temelji na dejstvu, da bo napačnemu ravnanju ali kršenju prepovedi sledila pravična kazen.

Zanimivo je, da razlage nimajo le krajevnega značaja, ampak prek krajevnih meja sežejo na regionalno raven, kar kaže na primer pripovedka o Dravi, Savi in Soči.

V nadaljevanju navajamo nekaj takšnih pripovedk, legend in zgodb oziroma njihove dele, ki zagotovo temeljijo na resničnih dogodkih, vendar so sčasoma prerasle v legende. Ena od takih, kjer so zgodovinska dejstva znana, kljub temu pa se legenda tudi v strokovni literaturi vztrajno prenaša naprej, je zgodba o posledicah skalnih podorov na Dobraču.

Pripovedke in legende so razporejene glede na geomorfne pojave in procese, ki jih opisujejo.

### 8.2.1 GORE

Nekatere pripovedke o nastanku gora so gotovo ohranile spomin na hladna obdobja z intenzivnejšimi geomorfnimi procesi, kot je mala ledena doba. Takšni sta pripovedki o tem, kako sta nastala Špik in Šmarna gora. Izvor prve sega verjetno v obdobje male ledene dobe med 14. in 19. stoletjem, Kunaverjeva (1999, 24) pa ga postavlja celo v obdobje preseljevanja narodov, ko naj bi se naši predniki po prihodu iz ravninske vzhodne Evrope začudeno spraševali, kdo je naredil tako visoke gore. Odgovor je bil na dlani – zgradili so jih velikani ali njim podobna mitološka bitja.

#### 8.2.1.1 Kamniške planine

Zgodba o nastanku Kamniških planin je zanimiva, saj vsebuje ugotovitev, da so geomorfni procesi v gorskem svetu stalnica – kamenje se namreč nenehno vali s strmali.

Pripoved govori o ukletniku, ki je nenehno valil kamenje in je bil ljudem v nadlego. Če bi ga pregnali v vodo, bi ta narasla in vse poplavila, če pa bi ga vrgli v ogenj, bi ta vse požgal. Nazadnje je ljudem pomagal star puščavnik, ki je ukletnika pregnal v neobljuden kraj, kjer je brez škode valil kamenje. Ta je kamenje nosil in valil tako dolgo, da so sčasoma nastale planine (Cerar Drašler 2004, 216).

### 8.2.1.2 Špik

Tudi v zgodbi o Ledencu, ki je velikanom ukazal zgraditi goro, ki bo z vrhom predirala oblake, je več zanimivih sestavin. Prva je pripoved o tem, kako so nastale gore, vsebuje pa še opisa skalnega podora in izvira. Po mnenju pripovedovalca se skale v dolino valijo zaradi glasnega krohotanja oziroma glasu velikana, Martuljek pa naj bi po mnenju ostroumnega opazovalca narave napajala ledenica, ki nastaja s taljenjem ledu v gorah.

Zgodba pripoveduje, da so se v sivi davnini, ko je našo zemljo še pokrival sneg in led, ljudje pred mrazom zatekali v podzemske jame. V velikanski jami, katere ostanek je zdajšnja Široka peč v Martuljkovi gorski skupini, je prebival Ledenec. Nekega dne si je zaželel, da bi nad Široko pečjo zrasla gora. Priklical je velikane, in jim zapovedal, naj nanosijo predenj toliko skal, da bo z njimi lahko zgradil goro, ki bo segala do neba. Med delom se je krohotal, njegov glas pa je lomil vrhove sosednjih planih, da so se skale valile v dolino.

Ko se je neke noči zavalil v svojo ledenico in zaspal, so nanosili pred Široko peč veje in grmado zažgali, da je zagorel velikanski kres. Pri tem se je Ledenec zadušil in obležal v Široki peči. V toplejših dneh se je začel topiti. Iz njega je nastal potok Martuljek, ki bo tekel, dokler se ne bo ves Ledenec pretopil v ledenico. Iz velikega kupa skal pa je nastal Špik (Kunaver 1999, 25–27).

O Špiku govori še ena pripoved (Košir 2007). Po njej naj bi v Zgornjesavski dolini živel oče s sinovoma. Bila sta sila nevzgojena, eden od njiju je pri jedi vedno rigal, drugi pa grdo govoril in preklinjal. Oče ju ni in ni mogel vzgojiti. Preden je nekega dne za daljši čas odšel od doma, je fantoma dal v dar množico igrač z željo, da bi se poboljšala. Fanta pa sta si namesto igre privoščila razposajeno divjanje po okolici in zvečer utrujena padla v posteljo. Zbudila sta se šele čez nekaj dni. Očeta še vedno ni bilo doma, zato sta si sama pripravila zajtrk. Eden od razvajencev je med obrokom v skale vrgel igrače in se tako gromko smejal, da je nastal potres. V hiši so se podrle police. Drugi ni mogel iz svoje kože in je zaklel: »Frdamane police!« Prvemu sinu je bilo ime Rignik (na zemljevidih Rigljica), drugi je na opisan način dal ime eni od tamkajšnih gora, očetu pa je bilo ime Špik.

### 8.2.1.3 Šmarna gora

V pripovedki, ki razlaga nastanek Šmarne gore pri Ljubljani, je glavno vlogo odigral velikan, imenovan Hrust. Tokrat je velikan goro zgradil sam, iz togote, ker ga je ugnal mlad fantič. Nazadnje se je pogreznil v osrčje gore, prebudil pa se bo, ko bo Sava spremenila svoj tok. Pravljica poskuša razložiti štiri naravne procese: nastanek gore, njeno obliko, votlo donenje v njenem osrčju in spreminjanje toka Save, v času, ko reka še ni bila regulirana.

Pripoveduje, da je Hrust živel v podzemni votlini, njen vhod pa je stražil pes z glavo. podobno zmajevi. Velikan je ljudem kradel poljske pridelke, pobijal živino in prinašal samo nesrečo, zato se je nadenj spravil šestnajstletni Kajžarjev Janez. Ko je nekaj korakov pred votlino obstal, se je pes prebudil in ga naskočil. Janez je odvezal vrečo in iz nje na prosto spustil zajca, pes pa za njim. Zatem je iz votline prišel velikan. Sončni žarki so ga razdražili, da je kihnil, piš je Janeza dvignil in ga vrgel čez Savo. Kmalu je za njim priletela ogromna skala. Togotni velikan je nato ves dan lučal skale čez Savo. Zvečer je z enim korakom prestopil reko, stopil na vrh gore in se zaril vanjo. Tam se še dandanes pozna udrtina, ki deli Šmarno goro na dva dela. Kadar velikan Hrust v osrčju gore smrči, se to sliši kot votlo grmenje. Znova se bo prebudil, kaobo Sava spremenila svoj tok (Kunaver 1999, 35–36).

### 8.2.1.4 Pekrska gorca

Na podoben način naj bi nastal osamelec pri Mariboru. Bog naj bi prebivalce kaznoval tako, da je nadnje poslal zlodeja. Ta je odlomil vrh Pohorja, da bi z njim zajezil Dravo, reka pa bi poplavila mesto. Toda na poti je srečal belo ženo ali Mater božjo in se je ustrašil. Odvrgel je breme, iz njega je nastala Pekrska gorca (Cerar Drašler 2004, 257).

## 8.2.2 SKALNI PODORI, ZEMELJSKI IN SNEŽNI PLAZOVI

### 8.2.2.1 Skalni podor v Reziji

V ljudskem izročilu Rezije se je spomin na skalni podor ohranil v obliki pesmi:

»… *Kóčaca so povile,*
*Mizica je wzdignula,*
*Stármica šla nünica,*
*Zapolúdnik je šal non,*
*Čókowje kukúcalo,*
*Studenčëć jewtučil pet*
*Rawno nutaw den Lunčëć* …«.

Etnolog Matičetov (1993, 220–221, 224–225) jo razlaga takole: »… *Kóčača so najbolj proti zahodu pomaknjeni hrib v grebenu, ki loči dolino Rezije od doline Učje … Pod divjimi, 50 do 100-metrskimi robovi Kočač je kdovekdaj prišlo do hudega podora: del hriba se je utrgal in zgrmel navzdol po pobočju. Širok plaz kamenja, zemlje, podrtega grmovja in drevja je moral v bregu zasekati grozljivo, daleč vidno rano. In vse to se ni zgodilo kje visoko, v kakšnem skritem, nedosegljivem žlebu, ampak nad glavno, edino kolikor toliko zložno potjo iz Rezije v vzporedno dolino Učje … Prav zato je novo nastala naravna sprememba očitno zelo razgibala domišljijo Rezijanov. Takrat še ni bilo časnikov, da bi o tem poročali in nenavadni dogodek premleli z vseh plati, zato pa se ga je polastila rezijanska pesemska kronika. Kako posrečeno je to naredila, nam spričujejo odmevi, ki so dosegli naš čas. Za to je bila prav gotovo odločilnega pomena mogočna prispodoba o rojstvu. Ko je ženska rodila, so včasih rekli: peč se je podrla. Gore pa ne rojevajo tako pogosto, zato so Kočača, ki so povile, še kako upravičeno prišle v rezijansko pesemsko zgodovino in se v nji obdržale do danes … Gora – Kočača je torej rodila … Po stari rezijanski navadi je poglavitna botra tista, ki otroka pobere s tal, 'vzdigne' … To vlogo je v naši pesmi prevzela Mizica – kraj, kjer se je kamniti plaz ustavil … Rezijanski otrok pa ima še dva krstna botra – žensko in moškega – za kar sta tokrat imenovana gorska soseda: Stármica kot nünica (botra) in Zapolúdnik kot non (boter). In če pri navadnih krstínah ne gre brez radovedneževev, seveda ni misliti, da bi šlo brez njih ob gorskem 'rojstvu'/krstu, ki do njega pride morda vsakih petsto let enkrat! Kdo bi potemtakem zameril, da je od nekod z nasprotnega brega kukúcalo (kukalo, gledalo, kaj se dogaja …) Čókowje (tega kraja ni na meni dosegljivih zemljevidih) … Čas gorskega podora pod Kočaci nam je in nam bo najbrž tudi moral ostati – žal – neznanka, razen če bi v kakšnem župnijskem ali opatijskem pisanju nepričakovano prišla na dan naključna omemba tega krajevnega dogodka … Gotovo je le eno: domačini so zložili pesmico, ki je po svoje – s toponimi – zaznamovala zemljepisne koordinate (kje natanko se je sprožil plaz), ko je bil dogodek še čisto svež, se pravi takoj po 'rojstvu' podora pod Kočači. Če bi se dandanes kdo pomujal s fotoaparatom v roki do tiste opazovalnice, od koder je kukúcalo v pesmi omenjeno Čókowje, bi po mojem lahko lepo posnel celotno prizorišče naravne nesreče* …«.

### 8.2.2.2 Skalni podor na Velikem vrhu

Znani sta pripovedki, povezani s podorom na Velikem vrhu, ki naj bi zasul prvotni Tržič. Prva z naslovom Bajka o podsutju stare naselbine pod Ljubeljem pravi, da v naselbini pod Ljubeljem, imenovani Na plazu, še danes leži golo kamenje, privaljeno iz gore. Tam je imel kovač starega petelina, ki mu je ušel na Košuto in tam znesel jajce. Iz njega se je izvalil mlad zmaj, ki se je nato zaril v goro. Ko je rasel, mu je primanjkovalo prostora. Gora se je širila in kosi so z groznim bobnenjem leteli v dolino. Pod ogromno težo skal se je lomilo drevje, divjad je bežala. Ker je dolina dolga, se je kamenje sprva ustavilo daleč od naselbine. Prebivalci naselbine so mislili, da se bliža sodni dan, toda bežati so začeli šele, ko so se

ogromne skale privalile do hiš, podirajoč med potoma velike smrekove gozdove (Kragl 1936, 422). Druga, nekoliko daljša pripovedka prav tako govori o zasutju naselbine, »... *kot leto žalostnega dogodka* …« pa navaja leto 1517 (Kragl 1936, 423–424).

#### 8.2.2.3 Skalni podori na Kamniškem vrhu

Tudi na Kamniškem so nastanek razbrazdanega pobočja, ki je prekrito z velikimi skalami, razložili s pomočjo lintvernov ali zmajev z dolgim repom, ki vse podirajo za seboj. To izročilo je pogosto v vzhodnih Alpah. V opisanem primeru lintvern simbolizira razdiralno moč potresa oziroma skalnega podora.

Tako imenovana Kamniška ali Slevška roža oziroma Monštranca na Kamniškem vrhu severno od Kamnika naj bi nastala s pomočjo lintvernov. Ti so živeli v starih časih znotraj gora. Včasih je kateri od njih ven skočil in takrat je »… *vse za njim drlo toliko časa, da ga je podsulo* …« (Podbrežnik Vukmir, Šinkovec Rajh, Štorman 1999, 13; Cevc 1999, 66).

#### 8.2.2.4 Skalni podori na Dobraču

Skozi stoletja se je ohranila zgodba o zasutju 17 vasi, devetih cerkva in treh gradov v Spodnji Ziljski dolini. Dogodek omenjamo, čeprav ni nastal na ozemlju Republike Slovenije, ker ga v slovenski literaturi pogosto opisujejo. Zgodba še ni prerasla v pripovedko, vendar že vsebuje nekatere prvine legende. Kljub temu, da je zgodovinska stroka že razkrila, kaj je v zgodbi resnično, in kaj ni, se v literaturi še vedno pojavljajo trditve, ki so daleč od resnice.

Potres leta 1348 omenja več kot 80 različnih virov, a le dvanajst med njimi jih omenja tudi njegove posledice. Tako zasledimo v teh poročilih navedbe o nastanku 10 milj dolgega jezera, ki ga je z zajezitvijo tamkajšnjih rek povzročil podor. Jezero je poplavilo vasi, ki so bile uničene »… *z vsemi prebivalci in njihovim imetjem* …«. Zaradi podora in zajezitve naj bi bilo uničenih do 32 vasi. Zanimivo je, da nobeden od prvih enajstih virov ne poroča o neposrednem uničenju vasi zaradi podornih gmot. Navedbe, da so bile nekatere vasi prizadete tudi neposredno zaradi podornih gmot, se pojavijo šele v dnevniku Paola Santonina iz leta 1486 (Neumann 1988), ki je ob potovanju skozi Podkloštr/Arnoldstein zapisal: »… *S tega samostana* (dominikanski samostan v Podkloštru, opomba avtorjev) *se vidijo na nasprotni strani velikanske in divje gore, katerih velik del je ob potresu leta Gospodovega 1348 na dan spreobrnjenja svetega Pavla žalostno zgrmel navzdol in zasul devet župnih cerkva in sedemnajst vasi, podložnih samostanu; niti sled ni ostala za njimi. Ob potresu se je podrlo tudi vse mesto Beljak in nobena stavba nad zemljo ni ostala cela* …«. V nadaljevanju je zaradi neverjetnosti dogodka in lastne verodostojnosti dodal še: »… *O teh dogodkih sem videl spise, na katere se kaže popolnoma zanesti, zato ne misli da pišem o izmišljijah ali da se mi sanja* …« (Santonino 1991, 54).

Njegovo razlago posledic podora so v naslednjih stoletjih spremenili, tako da viri z začetka 18. stoletja že navajajo imena zasutih krajev (Neumann 1988, 13). Sredi 19. stoletja je Hermann (1843; citirano po Neumann 1988, 20) poročal o kar 17 gradovih, ki naj bi bili zasuti skupaj s 17 vasmi, dodatnih deset vasi naj bi preplavilo jezero.

Konec 18. stoletja je o podorih na Dobraču pisal Hacquet (1784): *»V 14. stoletju se je podrl velik del gore v Ziljsko dolino in domnevno zasul 17 krajev (med temi je bilo tudi nekaj manjših trgov), ki so pripadali devetim župnijam. Podor se je zgodil sredi belega dne (brez dvoma spomladi), saj je v trenutku, ko je nastal zastrašujoč dogodek, opat Floriamundus … ravno gledal skozi okno. Nisem mogel izvedeti, koliko ljudi je izgubilo življenje, ker ni o tem nobenega pravega zapisa«*. Geografsko zanimivo je njegovo razmišljanje o preprečevanju podorov, saj pravi, da bi morali prebivalci »… *takšnih območij čuvati gozdove, ker ti za gore predstavljajo glavno vezivo* …« in so zato »… *glavno sredstvo proti podiranju gora* …«.

Aelschker leta 1885 poroča, da so v predelu, imenovanem Schütt na začetku 19. stoletja našli ostanke starih zidov in človeških okostij, pri čemer prvič po približno sto letih omenja imena 17 zasutih vasi.




*Slika 96: »Vulkanska eksplozija« na Dobraču (Zorn 2001, 83).*

Tudi v slovenski literaturi večkrat beremo, da naj bi dobraški podori leta 1348 zasuli več vasi, cerkva in gradov (Zorn 2002b, 2005).

Od 18. stoletja dalje se ob vprašanju davkov stalno omenja tragedija, saj so oblasti v Podkloštru na ta način želele izposlovati davčne olajšave. V enem od poročil o škodi iz leta 1831 lahko beremo (Neumann 1988): »… *velik del površja na desnem* (levem, opomba avtorjev) *bregu reke Zilje, je bilo leta 1359 ob vulkanski eksploziji, severno od tu ležečega pogorja Dobrač, prekrito s skalnatimi gmotami, ki danes predstavljajo nizko gričevje* …«.

Poročanje o vulkanski eksploziji je povzel ameriški časnik Omaha World Herald, ki je 17. 3. 1957 objavil sliko s pripisom »… *Najskrivnostnejša eksplozija v zgodovini: gora Dobrač na Koroškem v Avstriji ni vulkanska, vendar je 25. 1. 1348 nenadoma eksplodirala in uničila 17 vasi, 3 gradove in 9 cerkva ter pobila 11.000 ljudi* …« (Neumann 1988, 58–59).

Tokrat je resnica precej drugačna od zgodbe. V naslovu smo uporabili množinsko obliko izraza podor, torej podori. Mnenje, da je ob beljaškem potresu 25. 1. 1348 na Dobraču nastal en sam velikanski podor, je namreč zmotno. V resnici gre za niz podorov. Najstarejši so nastali v poznem pleistocenu, znani so podori, ki so nastali ob potresu leta 1348, veliko pa je tudi manjših svežih odlomov, ki leto za letom spreminjajo južno ostenje Dobrača. To omenja že Melik (1954). Tudi Ilešič (1939, 1956, 1969) je pisal, da se vsega podornega gradiva ne smemo pripisati le »… *temu zgodovinskemu podoru* …« (podori 1348, opomba avtorjev). Ta dognanja sta oba velikana slovenske geografije povzela po ugotovitvah geografa Tilla (1907).

Prav tako ne drži, da so skalni podori, ki jih je sprožil potres 25. 1. 1348, zasuli številna naselja. Prekrili so namreč popolnoma neposeljeno območje in zajezili Ziljo med naseljema Strajna vas/Hohenthuren in Čače/Saak, zaliti pa sta bili naselji Pruck in St. Johann. Do leta 1486, ko je skozi te kraje potoval Santonino, je med ljudmi že prevladalo mnenje, da so podori zasuli devet cerkva in sedemnajst vasi, podložnih samostanu v Podkloštru. Ta naselja pa so dobila imena šele na začetku 18. stoletja. Zgodovinarji so ugotovili, da, razen dveh, vsa še vedno obstajajo. Tudi število žrtev potresa, ki jih navaja literatura (od tisoč do več deset tisoč), je najverjetneje veliko manjše, od nekaj deset do nekaj sto (Neumann 1987; 1988).

Medtem ko je pri nas v zgodovinskem spominu ostalo, da so podori zasuli več cerkva, pa je nasprotno v vasi Rogaje/Oberschütt pod južno steno Dobrača živa pripovedka o Čudežu iz Rogaj (*Das Wunder von Oberschütt*), po kateri podori niso zasuli zgolj vaške cerkve. 25. januarja 1348 je pastir gnal čredo ovac iz vasi proti Zilji, ko so se živali nenadoma začele čudno obnašati in jo ucvrle nazaj proti vasi, toda ne proti kmetiji, pač pa v vaško cerkev. Ko jih je pastir v cerkvi dohitel, so se stresla tla, potres pa je spremljalo zastrašujoče bobnenje podora. Skalni podor je zasul vse hiše z ljudmi vred, poleg tega pa še vse njive, travnike in gozdove. Ostala je le cerkev s pastirjem in njegovimi ovcami (Stauder 1992, 18–26).

8.2.2.5 Zemeljski plaz na Čemšeniški planini

Na Čemšeniški planini poznajo zgodbo o »Zmaju v Čemšeniški planini«. Orožen (1980, 9) piše, da na »*… južni strani Čemšeniške planine plazovi niso redkost … ob daljšem deževju in nalivih drvi voda … navzdol in jemlje s seboj vrhnje plasti* …«. Ljudje so si razlagali, da je v vzpetini veliko jezero, v katerem živi zmaj, ki se včasih razjezi in spusti vodo po pobočju. Verovanje v zmaja je leta 1866 potrdila še živa izkušnja, saj so se po hudem deževju v Kozinovem grabnu pokazale kot žrd velike proge, jasni sledovi zmajevih peruti.

8.2.2.6 Snežni plaz v Reziji

Iz Rezije prihaja še en zanimiv opis pobočnega procesa. Pesem z naslovom *Lipaj ma na Banërina*, ki so jo posneli v vasi Učja/Uccea leta 1962, pravi:

»*… Lipaj ma na Banërina …*
*N'ë rüdi snëga basana …*
*Nu onjan tant an prïdi plaz …*
*Ke an pərnaša körana …*
*Ću rejše jit te körana …*
*Likój no rüso rožico* …« (Rezija … 1996, 12).

V pesmi je opisan snežni plaz, ki včasih pride (*onjan tant an prïdi*) z lepe Banërine (*Lipaj ma na Banërina*), ki je polna snega (*N'ë rüdi snëga basana*). Snežni plaz v nižje lege prinaša korenine (*p?rnaša körana*), kar je zelo verjetno posledica erozijskega delovanja talnega plazu. Zanimivo je, da so ljudje, sodeč po tej pesmi, znali v takšnih nanosih gradiva najti uporabne predmete. Nekatere od teh korenin so namreč celo užitne. Neznani avtor (verjetno ljudske) pesmi pravi, da rajši je te korenine, kot rumeno rožico (*Ću rejše jit te körana … likój no rüso rožico*).

8.2.3 OSAMELCI

8.2.3.1 Igla pri Solčavi

Pripovedka o Igli pri Solčavi razlaga nastanek tega osamelca, obenem pa opisuje več geomorfnih procesov. Z zemeljskimi plazovi oziroma erozijo na tem območju lahko povežemo stavek, da je Savinja tri dni in tri noči tekla umazana, ko je velikanova žena v reki možu prala hlače. Drugi geomorfni proces, ki je neposredno omenjen, je skalni podor. Pripovedka pravi, da se je »*… od vrha Raduhe odtrgala skalina* …« in zgrmela na frato.

Zgodba navaja, da je na Raduhi planini živel velikan. Ko mu je njegova žena Velebaba prala hlače, je Savinja tri dni in tri noči umazana tekla skozi Luče. Lep opis posledic hudournikov ali zemeljskih plazov!

Nastanek osamelca je povezan s podnebjem: velikan si je namreč v mrzli zimi zaželel srajco. Žena ni mogla ugoditi njegovi želji, saj ni imela igle. Zato se je velikan povzpel na vrh Raduhe, od vrha skalnate gore odtrgal veliko skalo in jo oglodal, da je postala okrogla kot igla. Toda ko je Velebaba končevala šivanje srajce, se je od vrha Raduhe planine odtrgala skala, zgrmela na frato, kjer je sedela, ter jo ubila. Ko se je velikan vrnil z lova, je zagledal mrtvo ženo, besen pograbil iglo in jo zalučal v dolino, da se je tik nad Savinjo zapičila v zemljo, kjer je še danes (Kunaver 1999, 31–32).

8.2.3.2 Babji zob na Jelovici

Pripovedka o nastanku Babjega zoba na Jelovici prav tako vsebuje opis različnih geomorfnih procesov: skalnega podora, potresa in hudourniške poplave.

Zgodba pravi, da je pod zemljo v Močilniku nad Dovško vasjo Zlato jezero, ki ga pazi zmaj s sedmimi glavami. Zmaja je nekega dne bolel sekalec. Šel je k velikanu Robavsu, ki je živel pod Borovljami. Zmaj je iztegnil srednji gobec in prosil za pomoč. Robavs je izrul zob, ki se je zakotalil po bregu in se postavil pokonci.

Zmaj še vedno spi v Močilniku pod Borovljami. Ko se bo prebudil in zamahnil z repom, se bodo gore stresle kot ob najhujšem potresu. Zemlja se bo udrla ter pod seboj pokopala Mojstrano in Dovje. Zlato jezero bo privrelo na dan in zalilo vso dolino. Prizaneseno bo le farni cerkvi in Paštberjevi kajži v Rebri.

#### 8.2.3.3 Poljanska baba

Mnogi skalni osamelci na Slovenskem so poimenovani dedci ali babe (Puc, Pleničar 1985). Povečini so nastali s selektivnim preperevanjem in erozijo, pa tudi z odlamljanjem. Pripoved o nastanku Poljanske babe na Mežakli nad Jesenicami njen nastanek povezuje s kaznijo, ki je doletela grajsko gospodično. Na lovu ni želela pomagati gonjaču, ki ga je napadla divja zver. Zato jo je doletela kazen: v hipu je okamnela, kakor je imela okamnelo srce za ljudi (Cerar Drašler 2004, 180).

#### 8.2.3.4 Kamniti lovec

Tudi pripovedka o kamnitem lovcu spada med tiste, ki nastanek reliefnih oblik razlagajo z prekletstvom ali okamnitvijo, tokrat zaradi človekovega nespoštovanja praznikov ali nedelje. Takšne pripovedke so pogosto povezane z romarskimi kraji, od tod tudi podobno krajevno ime Svete Višarje/Monte Lussari nad Trbižem v Kanalski dolini. V najstarejših motivih, kamor spada pravljica o zlatorogu, doleti lovca kazen, ker je streljal na sveto žival, v slovenskih različicah pa lovec ne strelja na sveto žival ampak na Marijo. Grehu sledi kazen, to je okamnitev (Cevc 1999, 66).

Ena od različic zgodbe pripoveduje, da je bila pri srednjeveški božjepotni cerkvi sv. Primoža in Felicijana severno nad Kamnikom skala. V očeh domačinov je imela podobo lovca, ki strelja na divjega petelina. Nastala naj bi, ko je na kvatrno nedeljo grof lovil divjad. Zavpil je: *»Ljubi sveti Primož, ti meni daj lovce, jaz rabim lovce, ne svetnike!«* Dvakrat je zavpil, v tretje pa je okamnel. Skala naj bi stala na tistem mestu, dokler je niso domačini zvalili v dolino. Od takrat je v Kropivnem, vendar je že zasuta (Podbrežnik Vukmir, Šinkovec Rajh, Štorman 1999, 15).

#### 8.2.3.5 Drobno kamenje na Krasu

Vrsta pripovedi razlaga nastanek določenih območij, ki zaradi nekaterih lastnosti niso bila primerna za življenje in kmetijsko obdelavo. Skale, ki so ovirale kmetovanje, so celo imenovali »hudičeve skale«. Zanimivo je, da so veliko kamnitost Krasa in Gore (pobočna uravnava na južnih obronkih Trnovskega gozda) razložili na podoben način, kot so njihovi sodobniki razlagali nastanek gora. Pripovedka vsebuje razlago učinkov preperevanja, s katerim na kraškem površju nastaja drobno kamenje. Omenjeni so tudi skalni podori, ki so na robu Trnovskega gozda zelo pogosti.

Zgodba pripoveduje, da je Bog najprej ustvaril morje in Vipavsko dolino. Toda hudič ni počival in je v morje nosil kamenje in vanj valil velike skale. Voda je zato poplavila vso ravnino. Bog je na pomoč poklical angele, vsakemu dal žakelj in jim ukazal, naj hudičeve skale znosijo proti Triglavu. Toda hudič je žakle na skrivaj narezal in kamenje se je sproti vsipalo na tla. Zato naj bi bilo na Krasu še dandanes toliko drobnega kamenja.

### 8.2.4 REKE, HUDOURNIKI IN POPLAVE

#### 8.2.4.1 Blejsko jezero

Pripovedka o nastanku Blejskega jezera vsebuje védenje prebivalcev o tem, da v hribovitih in goratih pokrajinah hudourniki »… *prihrumijo v dolino* …« in jo zalijejo. Zanimivost: opisan je vzrok pojava –

vode so z bližnjih planin priklicale vile. Na starost pripovedke kaže dejstvo, da je za pašnik uporabljena beseda frata, ki izhaja iz nemškega jezika, in pomeni krčevino.

Zgodba pravi, da tam, kjer je Blejsko jezero, včasih ni bilo vode, ampak dolina, sredi katere je stal hrib s skalo na vrhu. Vrh hriba so se v mesečnih nočeh zbirale gorske vile in plesale, v dolini pa so na strmih fratah pastirji pasli ovce. Ker so ovce popasle tudi travo, ki je rasla okrog skale na hribu, so se vile razjezile in pastircem ukazale, naj skalo ogradijo, sicer jo bodo ogradile same. Vilinskim grožnjam so se pastirci samo smejali. Zato si je neko noč najmlajša in najlepša vila med plesom zlomila nogo. Vile so se maščevale in so z bližnjih planinskih pašnikov priklicale vodo, ki je prihrumela v dolino in jo zalila, da je samo še majhen hrib s skale gledal iz nje. Tako so si gorske vile ogradile skalo na hribu, kjer so poslej nemoteno plesale v mesečnih nočeh. Tako je nastalo Blejsko jezero z zelenim otokom (Kunaver 1999, 71–72).

#### 8.2.4.2 Kamniško jezero

Aitiološka ali razlagalna pripovedka o nastanku Kamniškega jezera s pomočjo nekdanjega jezera razlaga nastanek griča nad Homcem. V razlagalni pripovedi sta med naravnimi procesi omenjena poplava in erozija. Pripoved ni zgodovinsko utemeljena, čeprav so raziskave pokazale, da je bilo v ledeni dobi manjše jezero med Vrhpoljem in Kamnikom (Rakovec 1958).

Pripovedka govori o tem, da je bilo tam, kjer je zdaj Kamnik, včasih jezero, med Starim in Malim gradom pa je bil hrib, ki ga je zapiral. V Nevljah naj bi se pri cerkvi še pred nedavnim videli koli, za katere so privezovali čolne. Ko je nekoč dolgo deževalo, je nastala povodenj, ki je spodjedla hrib in ga predrla. Voda se je razlila po polju in hrib odnesla do Homca (Podbrežnik Vukmir, Šinkovec Rajh, Štorman 1999, 12).

#### 8.2.4.3 Drava, Sava in Soča

Pripovedka o Dravi, Savi in Soči vsebuje misel, ki jo je zapisal Melik. Ugotavlja, da so večje višinske razlike v Zgornjem Posočju v primerjavi z Zgornjesavsko dolino posledica večje erozijske moči vodotokov oziroma bližje erozijske baze (Melik 1962, 310).

Zgodba pravi, da so Drava, Sava in Soča sestre. Sklenile so tekmovati, katera izmed njih bo čez noč prva dospela do morja. Zvečer sta Sava in Soča trdno zaspali, Drava pa se je potuhnila in na lahno stekla. Ko se je Sava ob jutranji zarji zbudila, je vzbesnela in planila, da bi dohitela Dravo. Bobnenje je slednjič zbudilo Sočo. S polno močjo je vrezala strugo v nasprotno smer in skozi skalovje prva planila morju v naročje (Komac 1997, 72).

#### 8.2.4.4 Nastanek Sočinega izvira

Komačeva (1997, 49) navaja zanimivo pripovedko o nastanku izvira Soče, v kateri lahko prepoznamo nekatere procese, na primer hudourniške poplave, ki so poplavile veliko vasi. Pripovedovalci so pojave sicer poosebili in jim pridali prvine legende. Zgodba pove, kako so naravne procese razumevali preprosti ljudje. Zanimivo je, da zgodba opisuje tudi kraški retinenčni – nestalni značaj izvira Soče.

V dolini Trente so živeli bog Triglav, bog Jalovec in bog Mangart, ki so jih imeli ljudje radi, saj so z veseljem priskočili na pomoč. Nekoč pa je v Trento prišel hudoben velikan Vodobruhec. Ko je odprl usta, je iz njih bruhala voda in poplavila naselja. Ljudje so se nad njim pritožili bogu Jalovcu, toda komaj se mu je ta približal, že je Vodobruhec odprl usta in curek vode je odrinil boga Jalovca. Na pomoč je poklical druga dva in vsi skupaj so le ukrotili Vodobruhca. Zvezali so ga, ga zaprli v votlino in mu odprli usta, tako da je voda namakala dolino. Od takrat tam izvira Soča. Bog Triglav je Vodobruhcu obljubil, da ga bodo rešili, ko bo odslužil kazen. Takrat bo Soča presahnila.

### 8.2.4.5 Pravljica o Dravi

Bolhar (1981) navaja zanimivo pripovedko, v kateri je opisan dobrodejen vpliv poplav na rodovitnost. Drobnozrnati poplavni nanosi lahko vsebujejo rodovitne snovi in semena, ki vzklijejo po poplavi. Pripovedka ohranja spomin na pogansko razmerje med zemljo, reko in prebivalci. V znak hvaležnosti za darove darujejo najvrednejši kmetijski pridelek – kruh.

Včasih je ob Dravi živel bogat ribič, ki je reko vprašal: *»Mamica Dravica, s čim ti naj povrnem, ker si mi ti pomagala do blagostanja?«* Drava mu je odgovorila, naj gre po svetu in najde ljudi, ki imajo bel in ržen kruh ter ji prinese vsakega po en hlebec. Ko se je vrnil, je vrgel pšenični in rženi hlebec v Dravo. Reka je narasla in poplavila bregova. Ko je odtekla, je zemlja pognala rž in pšenico in tako so ljudje dobili dragoceni semeni.

### 8.2.4.6 Nastanek Rabeljskega jezera

Po pripovedki o Rabeljskem jezeru (Gregorčič 1908, 81–85; Brenkova 1980, 20–21) naj bi jezero nastalo po silovitem neurju, ki naj bi uničilo prelepo vas v dolini Jezernice/Rio del Lago. Ljudska pripovedka Rabeljsko jezero, ki jo je upesnil Simon Gregorčič, pripoveduje o vasici v dolini Jezernice, ki jo je uničilo silovito nočno neurje.

Pripovedki vsaj glede vzrokov neurja ne moremo v celoti verjeti. Neverjetna je tudi trditev, da je na prostoru, kjer je stala vasica, nastalo Rabeljsko jezero. Povsem verjetno pa je, da je neurje prestala le hišica reveža na obrobju vasi, na manj kakovostnem zemljišču zunaj hudourniškega vršaja. Dogodek nedvomno temelji na resničnih dogodkih. Nenazadnje podobni pojavi, kot je bil drobirski tok v Logu pod Mangartom v preteklosti niso bili redkost. To pokaže že bežen pregled letalskih posnetkov Julijskih Alp. Številni hudourniki so marsikje ustvarili za bivanje najprimernejše vršaje in mnogo jih je nastalo na takšen način.

Obstaja več različic zgodbe: navajamo dve, ki jih je zbrala in zapisala Vlasta Terezija Komac (Komac 1997, 60 in 71).

Prva pravi, da je v Rablju na veliko soboto vse rajalo in se veselilo, ko je v gostilno prišla neka žena z otrokom. Prosila je za prenočišče, pa je nihče ni hotel sprejeti. Z njo je prišel tudi starec s sodčkom pod pazduho. Dejal je, naj se nehajo veseliti na tak dan, ko je Kristus v grobu, če ne da bo odprl sod in jih bo voda zalila. Vsi so se mu smejali, mož pa je odprl pipo na sodu in voda je tekla brez konca. Zjutraj je bila vsa vas pod vodo, nastalo je Rabeljsko jezero. Med nevihtami se iz vode še dandanes slišijo zvonovi rabeljske cerkve.

Sodeč po drugi različici pripovedke je bila na mestu zdajšnjega jezera lepa gorska kotanja, pokrita s polji in travniki, sredi katerih je stala prijazna vas z bogatimi prebivalci. Podobno kot ljudje, ki se jim predobro godi in pogosto izgubijo usmiljenje do svojega bližnjega, so tudi Rabeljčani postali trdi in neusmiljeni. Nekega večera je prišla v vas žena s prelepim detecem v naročju. Šla je od hiše do hiše in prosila za prenočišče, toda povsod so pred njo zapirali vrata. Že je želela leči na tla, ko je na koncu vasi zagledala kočo na samem. Potrkala je, vrata so se odprla, starček ji je ponudil večerjo in prenočišče. Ponoči je nastal silovit vihar, ki je zdramil starčka, a niti popotnice niti vasi ni bilo nikjer več videti, okrog njegove koče se je razširjala vodna gladina. Bog je vas za kazen pokončal, prizanesel je le koči usmiljenega deda.

Zgodba nam postavlja vprašanje o smiselnosti stalne poseljenosti takšnih območij, o čemer je bilo govora v prejšnjem poglavju. Jurkovšek (2001, 15) se sprašuje in išče vizijo: »… *Ali morda ne zahteva bivanje v njih previsoke cene? Res je, cena bivanja v gornji Soški dolini, ki velja za eno najlepših alpskih dolin, je navidezno marsikdaj višja kot v ljubljanski, celjski ali kateri drugi onesnaženi in zamegljeni kotlini. V Logu pod Mangrtom je prelepo, da bi dolina ostala prazna. Če bodo svoje delo dobro opravili še geologi, gradbeniki in načrtovalci urbanega prostora, bo nekoč katastrofa pod Mangrtom postala le del neke pripovedke*…«.

### 8.2.5 EROZIJA PRSTI

#### 8.2.5.1 Radmanca

Kmetje so v hribovitih pokrajinah izprano prst pogosto nosili v koših nazaj na njive. Na temenih slemen in zgornjih delih pobočij v Gabrovškem in Šentjanškem hribovju nad Mirnsko dolino so morali prst zaradi močne erozije na njivah občasno dovažati (Topole 1998, 25, 29) ali v koših prenašati s spodnjih delov njiv. Kako pomembno je bilo to delo, priča dejstvo, da se je ob že opisanem neurju v Halozah leta 1989 skoraj petina usadov sprožila na omejkih na spodnjih robovih vinogradov, sadovnjakov ter obdelanih in opuščenih njiv (Natek 1990, 13–14). Takšno težaško delo je v povesti Ljubezen na odoru (1969) slikovito opisal Prežihov Voranc (1893–1950):

»… *Pri Radmanu so imeli vsega štiri njive, a vse tako strme, da so jih v starih časih, ko je bilo še dovolj rok na razpolago, kopali, a ne orali. Zdaj so jih že dolgo orali, dasiravno za oranje niso mogli uporabljati jarma, temveč posebne telege za brežno delo. Za oračem je moral iti zmeraj še tretji, ki je z nogami in rokami krotil svežo brazdo k tlom, da se ni skotalila po strmini in se zgubila v globači.*

*Radman je zoral, posejal, več se pa za njive ni brigal; Radmanco pa je čakalo še veliko delo. Imela je na skrbi, da na vsaki njivi spravi prvo zorano brazdo z roba na odor vrh njive. To je delo vseh strmincev že od davnih časov, kajti če ne bi tega delali, bi bila vsa zemlja kmalu odorana v nižavo, za njo bi pa ostali le suhi, kamniti odori.*

*Ker je bilo to odvečno, posebno delo strmincev, ki ga dolinci in kmetje na zložnejših položajih niso poznali, se je imenovalo robota.*

*Radmanca je vstala zjutraj, ko še pridno svitalo ni, vzela svitek in jerbas in se lotila prve, največje njive. Tako zgodaj zato, ker je robota morala biti opravljena poleg drugega, vsakdanjega dela. Ko je prišla na rob njive, je pokleknila na ral ter vzdihnila:* »Bog in ta sveti križ, menda ja ne bo greha!« *Po starem izročilu je greh prenašati zemljo; ta greh se je pa moral odkupiti s posebno prošnjo.*

*Nato je z rokama začela grebsti vlažno brazdo v jerbas, ga napolnila, zadela na glavo in počasi odnesla po strmini na vrh njive, kjer je spet počenila ter kleče izsula zemljo v odor zadnje brazde, rekoč:* »Menda bo ja gratalo!«

*Preden je sonce razgrnilo svojo svetlobo izza pobočja, je Radmanca že petdesetkrat prehodila njivo; petdeset jerbasov ali več kakor dva tisoč kilogramov zemlje je že znosila na odor njive. Več kot dva tisoč kilogramov zemlje!*

*Toda zemlja je prekleta, kadar jo mora nositi siromak, ki je ima premalo, zemlja je hudič, kadar se je lotiš golorok. Odkoplješ je en jerbas, nosiš jo, glavo ti hoče raznesti in boki ti pokajo, a brazdi se niti ne pozna; znosiš je deset, dvajset jerbasov, a komaj za spoznanje se je skrčila brazda, ki leži tu na robu kakor črna, tolsta ubita kača*…«.

#### 8.2.5.2 Od kdaj je Rombon gol

Komačeva (1997, 67) navaja pripoved, ki verjetno temelji na resničnosti in še vedno živi med Bovčani. Z njeno pomočjo si preprosti ljudje na primer razlagajo nastanek preperine in prsti na flišu v severnem delu Bovca. Zgodba na zanimiv način povezuje družbenogeografske in naravnogeografske prvine.

Pravi, da je bil v starih časih Rombon ves poraščen. Na njegovi bovški strani so živeli samo pastirji z ovcami, na drugi strani Gore pa so ovce pasli Rezijani. Včasih so jih prignali tudi na Bovško stran. Tako se je Rezijan zaljubil v bovško dekle, ki pa je že imela Bovčana rada. Bovčan in Rezijan sta se stolkla zaradi nje. Rezijan je takrat zažgal gozd na Rombonu; pogorel je in celo zemlja je gorela. Od tistega časa je Rombon gol.

# 9 TERMINOLOŠKI SLOVARČEK

Zaradi obsežne tematike knjiga sega na mnoga področja geografije in tudi na področja drugih znanosti. Za opis nekaterih procesov so zato pogosto uporabljeni drugačni izrazi, kot jih uporabljajo v drugih strokah, včasih pa imajo tudi enaki izrazi povsem različen pomen. Ker smo želeli že z izborom teme poudariti »geografskost« dela, smo se potrudili uporabljati zlasti geografsko izrazje oziroma izluščiti geografske vidike strokovnih izrazov, ki jih uporabljajo tudi druge stroke.

Da bi delo lažje brali tudi tisti, ki geografskega izrazoslovja niso vešči, prilagamo terminološki slovarček. V njem je več kot sto izrazov, ki smo jih izbrali glede na pogostnost omemb v knjigi ter njihovo sporočilnost in uporabnost z vidika obravnavane teme. Razlaga nekaterih manj znanih izrazov je praviloma povzeta po Geografskem terminološkem slovarju (Kladnik, Lovrenčak, Orožen Adamič 2005), nekatera gesla pa so prvič objavljena prav na tem mestu. Kratice, ki so v navadi v leksikografski stroki, pomenijo: PRIM. – primerjaj; GL. – glej; S. – sopomenka ali sinonim.

**akumulacija** 1. odlaganje, nasipanje, kopičenje sedimentov ali ledu, snega 2. **GL.**: nanos

**apnenec** biokemična karbonatna sedimentna kamnina iz kalcijevega karbonata, v kateri zaradi vodotopnosti nastajajo kraški pojavi **PRIM.**: dolomit

**areal GL.**: območje (1)

**blatni tok** z vodo prepojena gmota blata in kamenja, ki zaradi težnosti z veliko hitrostjo spolzi po nagnjenem površju **PRIM.**: drobirski tok, kamniti tok

**blok** od skalne podlage ločen del, ponavadi zaradi skalnega podora ali odloma

**dejavnik** kar deluje, vpliva na geomorfne procese ali povzroča njihov nastanek

**denudacija** razgaljanje skalne podlage zaradi delovanja padavin, vetra, ledenikov **PRIM.**: erozija

**dolina** podolgovata, vsaj na eni strani odprta globel na Zemljinem površju, ki nastane zaradi rečne erozije, lahko pa jo preoblikujejo ledeniki, korozija, veter

**dolomit** biokemična sedimentna kamnina, večinoma iz magnezijevega in kalcijevega karbonata **PRIM.**: apnenec

**drobirski tok** z vodo prepojena gmota drobirja, ki pomešana z blatom, prstjo in organskim gradivom zaradi težnosti s hitrostjo več metrov na sekundo steče navzdol po pobočju ali strugi **PRIM.**: blatni tok, kamniti rok

**ekspozicija** nagnjenost površja glede na navpično ravnino **PRIM.**: naklon

**erozija** 1. dolbenje, razjedanje, žlebljenje in odnašanje kamninske gmote in preperine, zlasti zaradi delovanja tekoče vode **PRIM.**: denudacija 2. vsi eksogeni procesi odnašanja kamninskih gmot in preperine

**erozijsko žarišče** ozemlje, prizadeto zaradi zelo intenzivne erozije

**fizična geografija** panoga geografije, ki preučuje pokrajinsko pomembne naravne sestavine, pojave in procese na Zemlji

**geografsko okolje** splet za geografijo pomembnih naravnogeografskih in družbenogeografskih pojavov, prvin in procesov, pomembnih za življenje ljudi

**geomorfni proces** proces spreminjanja reliefa

**geomorfologija** veja fizične geografije, ki preučuje reliefne oblike in geomorfne procese

**geomorfološka nesreča** dogodek oziroma naravni pojav, ki nastane z geomorfnimi procesi in povzroči veliko škodo, na primer zemeljski plaz, skalni podor, drobirski tok

**geomorfološki proces** neustrezno za geomorfni proces

**glacial** vsako od več hladnejših obdobij pleistocena **PRIM.**: intergiacial, pleistocen

**gmota** kup sprijetega ali nesprijetega gradiva **PRIM.**: gradivo

**gmotno odnašanje GL.**: pobočni procesi

**gora** velika, masivna, navadno manj razčlenjena vzpetina, višja od griča ali hriba

**gorovje** obsežna, medsebojno povezana skupina goratih vzpetin

**gradivo** celota kemično navadno nevezanih trdnih mineralnih in/ali organskih snovi, ki sestavlja, tvori, gradi zlasti reliefne oblike in pojave, npr. ledeniško gradivo, akumulacijsko gradivo, sipko gradivo, nesprijeto gradivo, organsko gradivo **S**.: material
**graviklastični procesi GL**.: pobočni procesi
**grič** vzpetina, nižja od hriba, za katero je značilna višinska razlika med vrhom in vznožjem do 300 m
**gričevje** večji sklenjeni niz gričev z relativno višinsko razliko do 300 m, katerega vrhovi pri nas segajo do nadmorske višine 600 m
**grožnja** okoliščina, pogoj, da se komu ali čemu zgodi kaj hudega, neprijetnega **PRIM**.: nevarnost, tveganje, ogroženost
**holocen** epoha kvartarja od pleistocena do sedanjosti **PRIM**.: holocen
**hrib** vzpetina, višja od griča in nižja od gore, pa tudi manj razsežna in bolj razčlenjena od nje
**hribina** neustrezno za kamnina
**hribovje** večji, povezan sistem hribov in njihovih slemen
**hudournik** deroč potok ali reka na strmem pobočju v gorskem svetu, ki ob deževju hitro naraste in lahko zlasti v kulturni pokrajini povzroča škodo
**hudourniški vršaj** stožčast nanos hudournika, ponavadi iz grobega in manj sortiranega gradiva **PRIM**.: vršaj
**interglacial** vsako od več toplejših obdobij pleistocena **PRIM**.: glacial, pleistocen
**izbočeni pobočni prerez** pobočje v rečnem reliefu, kjer zložnejši denudacijski pas navzdol prehaja v strmejšega med začetnimi erozijskimi jarki **S**.: konveksni pobočni prerez **PRIM**.: vbočeni pobočni prerez
**kamnina** trdna, sprijeta ali nesprijeta naravna sestavina Zemljine skorje s stalno mineralno in kemično sestavo
**kamniti plaz** kamnita gmota, ki se na strmem pobočju loči, odtrga od skalne podlage in zaradi težnosti zdrsne navzdol **PRIM**.: skalni podor (1, 2)
**kamniti tok** gmota kamenja, ki se odtrga od podlage in se zaradi specifičnih značilnosti z veliko hitrostjo premika navzdol po pobočju v obliki toka **PRIM.**: blatni tok, drobirski tok, skalni podor (1, 2)
**konkavni pobočni prerez GL**.: vbočeni pobočni prerez
**konveksni pobočni prerez GL**.: izbočeni pobočni prerez
**krajina** 1. zgodovinska ali sodobna upravna enota 2. pokrajina (3) 3. neustrezno za pokrajina (1)
**kraški relief** relief, za katerega so značilni kraški procesi in kraške oblike
**lapor** neustrezno za laporovec
**laporovec** klastična sedimentna kamnina iz kalcitnih in dolomitnih zrn ter mineralov glin
**ledeniški relief** relief z značilnimi oblikami, nastalimi zaradi poledenitve
**material GL**.: gradivo
**naklon** nagnjenost površja glede na vodoravno ravnino **PRIM**.: ekspozicija
**nanos** sedimenti, ki jih odložijo vodotoki, vetrovi, ledeniki **S**.: akumulacija
**naravna nesreča** nesreča, ki jo povzročijo izjemne naravne okoliščine, na primer potres, zemeljski plaz, skalni podor, poplava, suša, vetrolom, toča, pozeba, žled, snegolom, in učinkuje na človeka, njegova bivališča ali infrastrukturo
**nevarnost** nezaželena, negativna danost, stanje, za katero obstaja določena verjetnost, da se bo dogodil **PRIM**.: grožnja, ogroženost, tveganje
**nižavje** obsežno območje sorazmerno nižjega reliefa, v Sloveniji zlasti ravnin in gričevja
**obalni relief** relief, nastal z abrazijo in/ali akumulacijo na morski ali jezerski obali
**območje** 1. ozemlje z določenimi skupnimi značilnostmi **S**.: areal, področje 2. prostor, kjer ima določen pojav svojo privlačnost, vpliv
**ocena ogroženosti** mnenje, presoja o stanju ogroženosti
**odnašanje** premeščanje gradivo v nižjo lego, zlasti s transportnimi geomorfnimi procesi
**ogroženost** izpostavljenost določenega ozemlja naravnim in drugim nesrečam, navzočnost v nevarnih razmerah **PRIM**.: grožnja, nevarnost, tveganje

**osamelec** vzpetina na samem, osamljena gorica, grič, gora, holm, hrib, trdin
**osoje** senčne pobočne lege s kratkotrajnim neposrednim sončnim obsevanjem ali povsem brez njega **PRIM**.: prisoje
**padavine** količina vode, ki iz ozračja pade na Zemljino površje
**planota** obsežno, precej ravno ali rahlo razgibano površje, ki je s strmimi pobočji vidno omejeno od sosedstva, navadno v večji nadmorski višini na kopnem ali pod morjem
**plaz** 1. premikanje gmote kamenja, prsti, snega, ledu s polzenjem, plazenjem ali tokom, zlasti zaradi težnosti **PRIM**.: plazenje, usad (1) 2. odkladnina, ki jo je odložil plaz **PRIM**.: usad (2) 3. vdolbina, območje, kjer se pogosto prožijo plazovi **PRIM**.: usad (3)
**plazenje** premikanje omejene količine gradiva, preperine, nesprijetih sedimentov po pobočju navzdol zaradi težnosti **PRIM**.: plaz (1), polzenje, tok
**plaznica** 1. drsna ploskev zemeljskega plazu 2. celotna površina snežnega plazu od območja prožen-ja do območja odlaganja 3. sled, ki jo na površju naredi snežni plaz 4. podlaga snežnega plazu v kopnih razmerah glede na zaraščenost, rabo tal
**plazovitost** značilnost območja, na katerem se pogosto prožijo plazovi
**pleistocen** epoha kvartarja od 1,8 milijona let v preteklosti do holocena, za katero je značilno menja-vanje glacialov in interglacialov **PRIM**.: glacial, interglacial, holocen
**pobočje** nagnjeno površje, ki povezuje višje in nižje dele reliefa na kopnem ali v morju
**pobočni nanos** sedimenti, odloženi na pobočju
**pobočni prerez** oblika pobočja, kot se vidi od strani **S**.: pobočni profil
**pobočni procesi** eksogeni procesi odnašanja gradiva na površini pobočja vzpetine, kot so erozija, denu-dacija in plaz, in ki so predvsem posledica delovanja sile teže in eksogenih dejavnikov, na primer vode **S**.: gmotno odnašanje, graviklastični procesi
**pobočni profil GL**.: pobočni prerez
**podnebje** povprečne vremenske razmere v daljšem obdobju, značilne za določen kraj, območje **PRIM**.: vreme
**podor GL**.: skalni podor
**področje** neustrezno za območje (1)
**pokrajina** 1. del Zemljinega površja, ki ima glede na prepletanje geografskih pojavov, prvin in součinko-vanje geografskih dejavnikov svojski značaj, videz, po katerem se razlikuje od okolice **PRIM**.: regija (2) 2. ozemlje s prevlado ene ali več pokrajinskih prvin **PRIM**.: regija (1) 3. videz Zemljinega površ-ja S.: krajina (2)
**polzenje** zelo počasno in očem neprepoznavno premikanje preperine po pobočju, katerega učinki v nara-vi so npr. »pijana drevesa«, nagnjeni drogovi **PRIM**.: plazenje, tok
**poplava** redno ali obdobno razlitje vode iz prenapolnjene rečne struge, jezerske kotanje, morja
**porečje** ozemlje, s katerega odteka voda površinsko ali podzemno v isto reko **PRIM**.: rečje, povodje
**potok** v manjši in krajši strugi tekoča voda **PRIM**.: reka, vodotok
**potres** nenaden premik in tresenje dela litosfere zaradi sprostitve napetosti v Zemljini skorji
**povodje** ozemlje, s katerega odteka voda površinsko ali podzemno v isto morje **PRIM**.: porečje
**povratna doba** dolgoletno povprečno obdobje ali število let, ki ločuje dogodek določene velikosti od ponovitve dogodka enake ali večje velikosti
**površje** zunanji, vrhnji del Zemlje
**prelom** razpoka v kamninskih skladih, nastala zaradi premika kamnin
**preperevanje** razpadanje, razkrajanje kamnin in mineralov zaradi kemičnih, fizikalnih, mehanskih in bioloških procesov **S**.: razpadanje
**preperina** plast nesprijetega preperelega kamninskega gradiva na Zemljinem površju, nastala s pre-perevanjem matične podlage **S**.: preperelina
**preperelina GL**.: preperina
**pridvig GL**.: relief (1)

**prisoje** sončne pobočne lege z dolgotrajnim neposrednim sončnim obsevanjem **PRIM**.: osoje
**prostor** 1. celota fizičnih pojavov, procesov na Zemljinem površju, nad in pod njim, do koder sežejo neposredni vplivi človekovih dejavnosti 2. neustrezno za pokrajina (2)
**prst** 1. preperel površinski del Zemljine skorje, ki nastaja in se spreminja zaradi vplivov matične podlage, podnebja, reliefa, vode, časa, delovanja organizmov in človeka, in je naravno okolje za uspevanje rastlin **S**.: tla 2. s humusom bogata tla
**ravnina** večje območje uravnanega Zemljinega površja, ne glede na nadmorsko višino
**razpadanje GL**.: preperevanje
**razpoka** pojav na mestu, kjer se snov zaradi sile ali pritiska prelomi, ni nič več strnjena
**rečje** reka z vsemi pritoki v določenem porečju **PRIM**.: porečje
**rečni sistem** neustrezno za rečje
**rečno-denudacijski relief** relief z značilnimi oblikami, nastalimi z delovanjem tekoče vode, erozije in denudacije
**regija** 1. bolj ali manj enoten del Zemljinega površja **PRIM**.: pokrajina (2) 2. večje območje, ki zaradi svojskih pokrajinskih sestavin in procesov, njhovega medsebojnega prepletanja, součinkovanja predstavlja značilno pokrajinsko enoto z enakimi naravnimi in/ali družbenimi značilnostmi **PRIM**.: pokrajina (1)
**reka** večja, v strugi tekoča voda z zgornjim, srednjim in spodnjim tokom, ki se razlikujejo po količini vode, strmcu, hitrosti, erozijskem in akumulacijskem delovanju, živem svetu **PRIM**.: potok, vodotok
**relief** 1. oblikovanost Zemljinega površja na kopnem ali pod vodno gladino, na primer rečno-denudacijski relief, ledeniški relief, obalni relief, kraški relief, reliefna oblika **S**.: pridvig **PRIM**.: 2. celota reliefnih oblik na Zemljinem površju 3. model, ki pomanjšano prikazuje Zemljino površje 4. grafična ponazoritev dela Zemljinega površja
**reliefna oblíka** vsaka od reliefnih prvin, ki oblikujejo Zemljino površje
**skalni odlom** manjši skalni podor **PRIM**.: skalni podor (1, 2)
**skalni podor** 1. ločitev, odlomitev, odkrušitev dela kamnine od strmega pobočja, pri čemer sproščeno gradivo pade v nižjo lego **PRIM**.: skalni odlom, kamniti plaz, kamniti tok 2. s podorom odloženo gradivo **PRIM**.: skalni odlom, kamniti plaz, kamniti tok
**sleme** enakomerno visoka in široka razpotegnjena vzpetina, navadno z blago zaobljenim in poraslim vršnim delom, imenovanim teme
**sproščanje** rahljanje gradiva, zlasti s preperevanjem, da je primerno za transport, odnašanje
**stena** strmo skalnato pobočje
**stopnja tveganja** intenzivnost ali velikostni razred izpostavljanja nevarnosti, izražena z enoto
**terasa** dokaj raven ali uravnan del Zemljinega površja, ki ga od nižjega ali višjega sveta ostro razmejuje ježa, in je nastal z nasipanjem reke ali njeno erozijo
**tla** 1. **GL**.: prst (1) 2. Zemljina površina kot podlaga, po kateri se hodi, na kateri kaj stoji
**tok** nepretrgano premikanje snovi, zlasti tekočine, ki poteka v določeni smeri **PRIM**.: polzenje, plazenje
**tveganje** prisotnost, izpostavljenost človeka na nevarnih območjih, na primer stalno bivanje in gospodarsko delovanje, izraženo z zmnožkom grožnje in nevarnosti **PRIM**.: grožnja, nevarnost, ogroženost, stopnja tveganja
**udor** kotanja, vdolbina, ki nastane z udiranjem, posedanjem površja
**ujma** 1. dogodek, pojav v naravi, ki povzroča škodo širšega obsega, nastal zaradi izjemnih vremenskih dogajanj ali naravnih procesov 2. naravna nesreča
**ukrivljenost površja** izračunano prostorsko spreminjanje naklona, ekspozicije površja ali razmerje med kotno in dolžinsko enoto, izraženo v stopinjah ali radianih na meter, ki je obratnosorazmerno s polmerom pripadajočega umišljenega kroga **PRIM**.: pobočni prerez
**usad** 1. odtrganje in zdrs površinske plasti preperine po strmem pobočju **PRIM**.: plaz (1), zemeljski plaz 2. površinska plast preperine, ki se na strmem pobočju loči, odtrga od celote in zdrsne navzdol **PRIM**.: plaz (2) 3. pobočje, razgaljeno zaradi odtrganja površinske plasti preperine in njenega zdrsa navzdol **PRIM**.: plaz (3)

**usmerjenost** neustrezbo za ekspozicija
**vbočeni pobočni prerez** pobočje vzpetine, navadno v spodnjem delu rečno-denudacijskega reliefa, nastalo zaradi močne erozije in naplavljanja klastičnih sedimentov **S**.: konkavni pobočni prerez **PRIM**.: izbočeni pobočni prerez
**vodotok** 1. naravni vodni tok ne glede na njegovo velikost **PRIM**.: potok, reka 2. reka kot tekoča voda 3. naravni ali umetni vodni tok ne glede na njegovo velikost, uporabnost
**vodozbirno območje** neustrezbo za porečje
**vreme** stanje ozračja oziroma celota zračnih pojavov v krajšem času nad določenim krajem **PRIM**.: podnebje
**vršaj** nagnjen prodnat in peščen nanos v obliki trikotnika ali stožca, nastal zaradi zmanjšane transportne moči vodnega toka, navadno v podgorju, kjer reka z vzpetega površja priteče na ravnino **PRIM**.: hudourniški vršaj
**zemeljski plaz** premikanje zemeljskih gmot s plazenjem **PRIM**.: usad
**zemljevid ogroženosti** zemljevid, ki prikazuje navzočnost naselij ali infrastrukture glede na nevarne razmere

## 10 SKLEP

Pobočni procesi so del geomorfnih procesov, ki nenehno spreminjajo zemeljsko površje. Spremembe so povečini počasne in za človeka komaj opazne. Takšen proces je na primer polzenje preperine, ki poteka tako počasi, da ga lahko spoznamo le po učinkih, ki jih pusti v sedimentih ali travni ruši. Čeprav so večji geomorfni procesi redkejši, lahko močno spremenijo relief. V hribovitih in goratih pokrajinah so kljub majhni pogostnosti zaradi velike intenzivnosti ali velikosti eden od poglavitnih dejavnikov preoblikovanja reliefa.

Pobočni procesi skupaj s poplavami ogrožajo skoraj polovico državnega ozemlja. Naselja ogrožajo številni izmed skoraj deset tisoč zemeljskih plazov, številni skalni podori in približno 8000 km hudournikov na skoraj 400 hudourniških območjih.

Geomorfologi znamo prepoznati z geomorfnimi procesi povezana znamenja v naravi. Ostali se teh procesov povečini zavedo šele, ko pride do nekega večjega dogodka, ki prizadene naselje ali pa pretrga pomembno prometno povezavo. Taki na videz slučajni, enkratni katastrofalni dogodki dajejo ljudem napačno predstavo, da so nastali iznenada in brez predhodnega opozorila. K temu prispeva obravnava pojavov v medijih, ki traja le kratek čas in pogosto ne temelji na preverljivih dejstvih, ampak je njen glavni namen vzbujanje pozornosti na podlagi čustvenega odziva bralcev ali gledalcev.

Po večdesetletnih raziskavah se je potrdilo mnenje Radinje (1983a, 17): »… *Naravne nesreče se po vzrokih, posledicah in svojem bistvu uvrščajo med pomembne geografske pojave ne samo zato, ker imajo usodne pokrajinske učinke, temveč tudi zato, ker se z njimi na prepričljiv način kaže osrednja problematika geografije, nanašajoč se na spreminjajoče odnose med naravo in družbo* …«.

Temeljna želja avtorjev knjige je, da bi z opisom poglavitnih pobočnih procesov ter njihovih vzrokov in posledic prispevala k spremembi takšnih predstav. Pobočni proces je namreč le zadnja faza v dolgotrajnem geomorfnemu spreminjanju površja, pri katerem gre za prilagajanje oblike pobočij nenehno se spreminjajočim razmeram v naravi. Pri tem pa ima že tisočletja ne ravno zanemarljivo vlogo tudi človek: »… *Spreminjanje naravnih danosti na ogroženih območjih z varovalnimi posegi namreč sproži po eni strani niz prilagoditev naravnih procesov novim okoliščinam, po drugi strani pa takšne 'dokončne ureditve problemov' ustvarjajo pri ljudeh lažni občutek popolne varnosti, stopnjujejo pritiske na umetno 'varovana' območja in s tem še prispevajo k silovitosti ter škodi zaradi prihodnjih ekstremnih dogodkov, ki jih nikakor ne moremo preprečiti, temveč njihove negativne učinke samo preložimo na kasnejši čas* …« (Natek 2003, 140).

Vprašanje, ki ga pravzaprav izpostavlja naslov knjige Pobočni procesi in človek, torej ni, ali lahko preprečimo pobočne procese, ki prizadenejo človeka, ampak, ali se bomo pobočnim (in drugim naravnim) procesom uspeli čim bolj prilagoditi, in nenazadnje, ali bomo njihovemu delovanju prilagodili svoj razvoj. Kot kaže opisani primer poselitve na vršajih v Savinjski dolini, se pri tem lahko veliko naučimo od naših prednikov: »… *Negiranje teh izkušenj oziroma neupoštevanje ogroženosti nekaterih območij ima lahko katastrofalne posledice ne zgolj za neposredno prizadetega posameznika ali lokalno skupnost, temveč tudi za celotno državo* …« (Natek 2003, 140).

S tem pa se odpirajo nove dileme, ki zadevajo razmerje med preventivo in odpravljanjem posledic. Kljub odlični pripravljenosti intervencijskih sil se je v Sloveniji pri skoraj vseh večjih naravnih nesrečah izkazalo, da je največja pomanjkljivost ravno neupoštevanje naravnih dejavnikov na sistemski ravni, to je pri načrtovanju ustrezne rabe prostora. To pa je med drugim tudi posledica dejstva, da za sanacijo pojavov porabimo veliko več sredstev kot za preventivne ukrepe. Med najpomembnejšimi vzroki za takšne razmere sta gotovo naša velika prilagodljivost in (prehitra) pozabljivost.

Prvi znak izboljševanja razmer je morda že delna vključitev teh vsebin v Strategijo prostorskega razvoja Slovenije (2003). Žal k temu prispevajo vedno nove naravne nesreče, po katerih vsakokrat poslušamo obljube o tem, da bo poslej vse drugače. Geografska preučevanja lahko prispevajo pomemben delež pri analizi pojavov, njihovi sintezni obravnavi, podatkov o nastali škodi in ugotavljanju ogroženosti, pomemben prispevek pa imajo lahko tudi pri razreševanju konkretnih problemov na terenu.

## 11 SEZNAM LITERATURE IN VIROV

Abele, G. 1971: Bergstürze in den Alpen, ihre Verbreitung, Morphologie und Folgeerscheinungen. Doktorsko delo. Fakultät für Bio- und Geowissenschaften der Universität Karlsruhe. Karlsruhe.

Abele, G. 1974: Bergstürze in den Alpen, ihre Verbreitung, Morphologie und Folgeerscheinungen. Wissenschaftliche Alpenvereinshefte 25. München.

Alexander, D. 1991: Applied geomorphology and the impact of natural hazards on the built environment. Natural Hazards 4, 1. Amsterdam.

Arbanas, Ž., Benac, Č., Jardas, B. 1999: Small landslide on the flysch of Istria. Razprave tretjega posvetovanja slovenskih geotehnikov. Maribor.

Arčon, B. 2004: Kamnine in njihova uporaba v Goriških brdih. Diplomsko delo. Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani. Ljubljana.

Ardizzone, F., Cardinali, M., Carrara, A., Guzzetti, F., Reichenbach, P. 2002: Impact of mapping errors on the reliability of landslide hazard maps. Natural Hazards and Earth System Sciences 2. Katlenburg-Lindau.

Atlas Slovenije. 1996. Ljubljana.

Auerswald, K. 1998: Bodenerosion durch Wasser. Analyse und Bilanz eines Unweltproblems. Darmstadt.

Avguštin, C. 1970: Tržič in okolica. Zbirka kulturni in naravni spomeniki Slovenije 23. Ljubljana.

Ažman Momirski, L., Berčič, T. 2007: Priporočila za izdelavo teras: primer obnove vinograda v Goriških brdih. Fakulteta za arhitekturo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.

Badjura, R. 1953: Ljudska geografija – terensko izrazoslovje. Ljubljana.

Bavec, M. 2001: Kvartarni sedimenti Zgornjega Posočja. Doktorska disertacija. Oddelek za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete. Ljubljana.

Bavec, M. 2002: Masni tokovi sedimentov – stalnica v geološki zgodovini – primer Zgornjega posočja. Nesreče in varstvo pred njimi. Ljubljana.

Bavec, M., Budkovič, T., Komac, M. 2005: Geohazard – geološko pogojena nevarnost zaradi procesov pobočnega premikanja. Primer občine Bovec. Geologija 48, 2. Ljubljana.

Belec, B. 1983: Fizična geografija, 1. del. Pedagoška akademija Univerze v Mariboru. Maribor.

Benedik, A. 1999: Analiza hribinskih podorov na območju Osojnice. Diplomsko delo. Oddelek za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.

Bentor, Y. K. 1989: Geological events in the Bible. Terra Nova 1. Oxford.

Berčič, T. 2005: Zemljevid prometnic v Goriških brdih. Digitalna podatkovna baza. Fakulteta za arhitekturo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.

Berčič, T. 2007: Zemljevid vinogradniških teras in cest v Goriških brdih. Digitalna podatkovna baza. Fakulteta za arhitekturo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.

Bland, W., Rolls, D. 1998: Weathering. An introduction to the scientific principles. London.

Blazetič, N. 2007: Vas do poletja urejena. Primorske novice, 27. 2. 2007. Nova Gorica.

Bognar, A. 2001: Theory of geomorphological cycles of William Morris Davis. Geografski zbornik 41. Ljubljana.

Bolhar, A. (ur.) 1981: Pravljica o Dravi. Slovenske ljudske pripovedke. Ljubljana.

Bračič, V. 1967: Vinorodne Haloze. Socialnogeografski problemi s posebnim ozirom na viničarstvo. Maribor.

Brandt, A. 1981: Die Bergstürze an der Villacher Alpe (Dobratsch), Kärnten/Österreich – Untersuchungen zur Ursache und Mechanik der Bergstürze. Doktorsko delo. Universität Hamburg. Hamburg.

Breg, M. 2007: Okoljski vidiki ohranjanja in zaščite vrtač v Sloveniji. Fizična in okoljska geografija v teoriji in praksi. Znanstveni posvet in okrogla miza v počastitev osemdesetletnice rednega profesorja dr. Darka Radinje. Ljubljana.

Brenkova, K. 1980: Rabeljsko jezero. Babica pripoveduje – slovenske ljudske pripovedi. Ljubljana.

Brilly, M. 2000: Po naravni ujmi v Logu pod Mangartom. Delo, 29. 11. 2000. Ljubljana.

Bryant, E. 2005: Natural hazards. University of Wollongong. Wollongong.
Büdel, J. 1977: Klima-Geomorphologie. Arbeiten aus der Kommission für Geomorphologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Berlin, Stuttgart.
Buh, Š. 2004: Esktremne padavine v Sloveniji med obdobjema 1961–1990 in 1991–2002. Diplomsko delo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Burbank, W. D., Anderson, A. S. 2001: Tectonic Geomorphology. Malden.
Buser, S. 1986: List in tolmač Tolmin in Videm (Udine). Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Beograd.
Buser, S., Cajhen J. 1977: List Celovec (Klagenfurt). Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Beograd.
Caine, N. 1979: Rock weathering rates at the soil surface in an alpine environment. Catena 6, 2. Amsterdam.
Caine, N. 1980: The rainfall intensity – duration control of shallow landslides an debris flows. Geografiska Annaler 62A, 1–2. Uppsala.
Castiglioni, G. B. 1982: Geomorfologia. Torino.
Cegnar, T. 2000: Klimatske razmere v novembru. Mesečni bilten Hidrometeorološkega zavoda Republike Slovenije 7–11. Ljubljana.
Cerar Drašler, I. 2004: Pravljične poti Slovenije – Družinski izletniški vodnik. Radovljica.
Cevc, T. 1999: Opombe in komentarji. Podbrežnik Vukmir, B., Šinkovec Rajh, M., Štorman, A., Veronika z Malega gradu. Kamnik.
Chang, K.-T., Chiang, S.-H., Hsu, M.-L. 2007: Modeling typhoon- and earthquake-induced landslides in a mountainous watershed using logistic regression. Geomorphology 89, 3–4. Amsterdam.
Chapman, G. P. 1977: Human and Environmental Systems: A Geographer's Appraisal. London.
Chorley, R. J., Haggett, P. 1967: Models in Geography. London.
Chorley, R. J., Schumm, S. A., Sugden, D. E. 1984: Geomorphology. London.
Coates, D. R. 1984: Geomorphology and public policy. Developments and Applications of Geomorphology. New York.
Czoernig, C. v. 1876: Über die in der Grafschaft Görz seit Römerzeiten vorgekommenen Veränderungen der Flussläufe. Der Isonzo, als der jüngste Fluss von Europa. Mitteilungen der k. k. Geographischen Gesellschaft in Wien 19. Wien.
Čeh, B. 1999: Izgubljamo rodovitne površine. Kmetovalec 67, 8. Ljubljana.
Černuta, R., Komac, B. 2007: Kako je nastal skalni podor v Loški steni, vpliv potresov na oblikovanje površja. Delo, Znanost, 12. 7. 2007. Ljubljana.
Davis, W. M. 1899: The geographical cycle. Geographical Journal 14. London.
Declaration 2005. International Association of Geomorphologists, Zaragoza. Medmrežje: http://www.geomorph.org/sp/arch/es05/Declaration2005.pdf (26. 2. 2007).
Dempster, A. P. 1968: A generalization of Bayesian inference. Journal of the Royal Statistical Society B30. Medmrežje: http://www.glennshafer.com/assets/downloads/articles/article48.pdf (26. 2. 2007).
Diakon, P. 1998: Zgodovina Langobardov. Maribor.
Dnevni informativni bilten 841-3/2007-265, 19. 9. 2007. Uprava RS za zaščito in reševanje Ministrstva za obrambo. Ljubljana.
Dolšina, A. 1990: Stabilnost brežine kamninskega podora pri partizanski bolnici Franja. Diplomsko delo. Odsek za geologijo Fakultete za naravoslovje in tehnologijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Drnovšek, V. 1992: Zemeljski plazovi novembra 1991 in plazovitost v Zasavju. Ujma 6. Ljubljana.
Drsenje tal in snega. Statistični urad RS. Ljubljana. Medmrežje: http://www.stat.si/pxweb/Dialog/Saveshow.asp (12. 10. 2006).
Državni razvojni program za obdobje 2001–2006 (2001). Ministrstvo za gospodarstvo RS. Ljubljana.
Duperret, A., Bourgois, J., Lagabrielle, Y., Suess, E. 1995: Slope instabilities at an active continental margine, Large-scale poliphase submarine slides along the northern Peruvian margin, between 5 degrees S and 6 degrees S. Marine geology 122, 4. Amsterdam.
Đurović, B. 2004: Določanje podorne ogroženosti prostora. Diplomsko delo. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijoUniverze v Ljubljani. Ljubljana.

Đurović, B., Ribičič, M., Mikoš, M. 2005: RHDM postopek analize potencialne ogroženosti zaradi odlomne nevarnosti. Geologija 48, 1. Ljubljana.
Easterbrook, D. J. 1999: Surface Processes and Landforms. New Jersey.
Edinost, glasilo slovenskega političnega društva tržaške okolice, 26. 8. 1891. Trst.
Erismann, T. H., Abele, G. 2001: Dynamics of Rockslides and Rockfalls. Berlin.
Fairbridge, R. W. 1968: The Encyclopedia of Geomorphology. New York.
Fajfar, D., Ravnik, D., Ribičič, M., Komac, M. 2005: Slovenian national landslide database as a solid foundation for the landslide hazard analysis. Geophysical Research Abstracts 7. Amsterdam.
Fazarinc, R., Mikoš, M. 1992: Feststoffmobilisierung als Folge der extremen Niederschläge in Slowenien. Schutz des Lebensraumes vor Hochwasser, Muren und Lawinen. Internationales Symposion Interpraevent 1992-1. Klagenfurt.
Fazarinc, R., Pintar, J. 1991: Plazna erozija kot posledica intenzivnih padavin. Gradbeni vestnik 40, 1–2. Ljubljana.
Finlay, P. J., Fell, R., Maguire, P. K. 1997: The relationship between the probability of landslide occurrence and rainfall. Canadian Geotechnical Journal 34. Ottawa.
Finlayson, B., Statham, I. 1980: Hillslope Analysis. London.
Forstgesetz. Bundesgesetzblatt der Republik Österreich 440, 3. 7. 1975. Wien.
Fridl, J., Gabrovec, M., Hrvatin, M., Orožen Adamič, M., Pavšek, M., Perko, D. 1996: Tipi pokrajin in naravne nesreče. Spodnje Podravje s Prlekijo. Ljubljana.
Fuchs, S., Keiler, M., Zischg, A., 2001: Risikoanalyse: Oberes Suldental, Vinschgau: Konzepte und Methoden zur Erstellung eines Naturgefahrenhinweis-Informationssystems. Innsbrucker Geographische Studien 31. Innsbruck.
Gabrovec, M. 1990: Uporaba digitalnega modela reliefa pri proučevanju usadov na primeru doline Lahomnice. Geomorfologija in geoekologija. Ljubljana.
Gabrovec, M. 1996: Sončno obsevanje v reliefno razgibani Sloveniji. Geografski zbornik 36. Ljubljana.
Gabrovec, M., Brečko, V. 1990: Poplave in usadi v dolini Lahomnice. Ujma 4. Ljubljana.
Gabrovec, M., Hrvatin, M. 1998: Površje. Geografski atlas Slovenije. Ljubljana.
Gabrovec, M., Kladnik, D. 1997: Nekaj novih vidikov rabe tal v Sloveniji. Geografski zbornik 37. Ljubljana.
Gams, I. 1956: Zemljepisno izrazje: usad – podor – kameniti plaz – soliflukcija – kraški udor in še kaj. Geografski obzornik 3, 1. Ljubljana.
Gams, I. 1959: Geomorfologija in izraba tal v Pomurju. Geografski zbornik 5. Ljubljana.
Gams, I. 1974: Kras, zgodovinski, naravoslovni in geografski oris. Ljubljana.
Gams, I. 1976: Potres 6. maja 1976 in neotektonska morfologija Starijskega podolja. Geografski obzornik 13, 1–2. Ljubljana.
Gams, I. 1983a: Naravne nesreče v Sloveniji v pregledu. Naravne nesreče v Sloveniji kot naša ogroženost. Ljubljana.
Gams, I. 1983b: O razsežnosti in potrebnosti raziskovanja naravnih nesreč v Jugoslaviji. Naravne nesreče v Jugoslaviji s posebnim ozirom na metodologijo geografskega proučevanja. Ljubljana.
Gams, I. 1989a: Terminologija premikanja zemeljskih gmot. Ujma 3. Ljubljana.
Gams, I. 1989b: Termini za premikanje zemeljskih gmot. Geografski vestnik 61. Ljubljana.
Gams, I. 1991a: Ujma 1990 v Mislinjski in Mežiški dolini. Ujma 5. Ljubljana.
Gams, I. 1991b: Dvojno življenje melišč. Proteus 53, 8. Ljubljana.
Gams, I. 1998: Relief. Geografija Slovenije. Ljubljana.
Gams, I. 2001a: Mangartski plaz v luči plazovne terminologije. Ujma 14–15. Ljubljana.
Gams, I. 2001b: William Morris Davis, Anton Melik, level top ridges and slope processes in Slovenia. Geografski zbornik 41. Ljubljana.
Gams, I. 2001c: O Afganistancih in drugih gorjancih. Geografski vestnik 73, 2. Ljubljana.
Gams, I., Bat, M. 1983: Metodologija kartiranja ogroženosti visokogorskih dolin. Naravne nesreče v Jugoslaviji s posebnim ozirom na metodologijo geografskega proučevanja. Ljubljana.

Gams, I., Natek, K. 1981: Geomorfološka karta 1 : 100.000 in razvoj reliefa v Litijski kotlini. Geografski zbornik 21. Ljubljana.
Gams, I., Zeremski, M., Marković, M., Lisenko, S., Bognar, A. 1985: Uputstvo za izradu detajlne geomorfološke karte SFRJ u razmeru 1:100.000. Beograd.
Geografija, 2001. Prevod in priredba Kladnik, D., Zbirka Tematski leksikoni. Tržič.
Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000, Blatt 200 Arnoldstein, 1977. Wien.
Glade, T. 2005: Linking debris-flow hazard assessments with geomorphology. Geomorphology 66, 1–4. Amsterdam.
Golob, U. 1998: Podori in ljudsko izročilo. Gea 8, 4. Ljubljana.
Golob, U., Hrvatin, M. 1996: Rock' n' roll v slovenskih gorah. Grif 1, 3. Ljubljana.
Gonzalez, M. A. 2003: A deeper look at uniformitarianism. North Dakota Geological Survey Newsletter 30-1. Bismarck.
Gorczyca, E. 2000: Role of movements in the slope modelling following a heavy rainfall in the Beskid Wyspowy Mountains (Flysch Carpathian Mountains). Landslides in Research, Theory and Practice 2. London.
Gosar, A. 2007: Presenetljivi skoki na meji Zemljine skorje pod Slovenijo. Delo, Znanost, 25. 1. 2007. Ljubljana.
Gosar, A., Živčić, M., Cecić, I., Zupančič, P. 1999: Seizmološke značilnosti potresa. Ujma 13. Ljubljana.
Govi, M., Sorzana, P. F. 1980: Landslide susceptibility as a function of critical rainfall amount in Piedmont basin (north-western Italy). Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica 14. Kraków.
Grad, K., Ferjančič., L. 1974: List Kranj. Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Beograd.
Grafenauer, B. 1960: Struktura in tehnika zgodovinske vede. Ljubljana.
Gregorčič, S. 1908: Rabeljsko jezero. Poezije. Celovec.
Grimšičar, A. 1962: Inženirsko-geološke razmere v Goriških brdih. Geološke razmere v Goriških brdih. Ljubljana.
Grimšičar, A. 1983: Zemeljski plazovi v Sloveniji. Naravne nesreče v Sloveniji kot naša ogroženost. Ljubljana.
Grimšičar, A. 1988: Zemeljski plazovi v Sloveniji, I. zgodovina. Ujma 2. Ljubljana.
Gruden, J. 1910: Zgodovina slovenskega naroda 1. Celovec.
Guardini, R. 1979: Uvajanje v molitev. Ljubljana.
Guzzetti, F., Cardinali, M., Reichenbach, P., Cipolla, F., Sebastiani, C., Galli, M., Salvati, P. 2004: Landslides triggered by the 23 November 2000 rainfall event in the Imperia Province, Western Liguria, Italy. Engineering Geology 73. Amsterdam.
Habič, P. 1982: Kraški relief in tektonika. Acta carsologica 10. Ljubljana.
Hacquet, B. 1784: Oryctographia Carniolica, oder Physikalische Erdbeschreibung des Herzogthums Krain, Istrien, und zum Theil der benachbarten Länder 3. Leipzig.
Harvey, D. 1969: Explanation in Geography. London.
Heim, A. 1932: Bergsturz und Menschenleben. Zürich.
Heritage, A., Hrvatin, M., Perko, D. (ur.) 2001: Družinski atlas sveta. Ljubljana.
Hicinger, P. 1845: Stari Teržič. Kmetijske in rokodelske novice. Ljubljana.
Hoek, E., Bray J. 1977: Rock Slope Engineering. The Institution of Mining and Metallurgy. London.
Horvat, A. 1987: Hudourniške vode na Slovenskem. Ujma 1. Ljubljana.
Horvat, A. 1993: Sanacija Tratičnikovega plazu v Podvolovjeku. Ujma 7. Ljubljana.
Horvat, A. 2001a: Hudourniški izbruh izpod Mangarta. Ujma 14–15. Ljubljana.
Horvat, A. 2001b: Metode določanja erozijsko ogroženih območij. Doktorsko delo. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Horvat, A. 2002: Erozija. Naravne nesreče in varstvo pred njimi. Ljubljana.
Horvat, A. 2007: Vpliv klimatskih sprememb na varstvo pred erozijo in hudourniki. Podnebne spremembe. Ljubljana.

Horvat, A., Galič, R. 1998: Sanacija Macesnikovega plazu pod Olševo. Ujma 12. Ljubljana.
Horvat, A., Zemljič, M. 1991: Problematika urejanja hudourniških. Gradbeni vestnik 41. Ljubljana.
Horvat, A., Zemljič, M. 1998: Protierozijska vloga gorskega gozda. Gorski gozd. Ljubljana.
Hrovat, A. 1953: Kraška ilovica. Njene značilnosti in vpliv na zgradbe. DZS. Ljubljana.
Hrvatin, M., Komac, B., Perko, D., Zorn, M. 2006: Slovenia. Soil Erosion in Europe. London.
Hrvatin, M., Pavšek, M. 1995: Podor na Mangartu. Geografski obzornik 42, 3. Ljubljana.
Hrvatin, M., Perko, D. 2002: Ugotavljanje ukrivljenosti površja z digitalnim modelom višin in njena uporabnost v geomorfologiji. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2001–2002. Ljubljana.
Hrvatin, M., Perko, D., Petek, F. 2006: Raba tal na izbranih erozijsko ogroženih območjih terciarnih gričevij v Sloveniji. Geografski zbornik 46. Ljubljana.
Hugget, R. 2004: Complexity in geomorphology. Encyclopedia of Geomorphology 1. London.
Huggett, P., Chorley, R. J. 1969: Network Analysis in Geography. London.
Hürlimann M., Copons, R., Altimir, J. 2006: Detailed debris flow hazard assessment in Andorra, A multidisciplinary approach. Geomorphology 78. Amsterdam.
Hütschler, C. M. v. 1981: Bergstürze am Dobratsch/Kärnten/Österreich – eine tektonische und geomehanische Analyse. Doktorsko delo. Universität Hamburg. Hamburg.
Ilešič, S. 1939: Slovenska Ziljska dolina. Planinski vestnik 39, 6. Ljubljana.
Ilešič, S. 1956: Dobrač, podrta gora nad slovensko zemljo. Planinski vestnik 56, 2. Ljubljana.
Ilešič, S. 1969: Dobrač, podrta gora nad slovensko zemljo. Planinsko berilo. Ljubljana.
Intergovernmental panel on climate change: The physical basis of climate change; Report of Working group I, 2007. Medmrežje: http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html (5. 6. 2007).
Janša Zorn, O. 1999: Tržič. Enciklopedija Slovenije 13. Ljubljana.
Jelinčič, K. (prev.) 2003: Koran. Atilova knjiga. Radenci.
Jesenovec, S. (ur.) 1995: Pogubna razigranost, 110 let organiziranega hudourničarstva na Slovenskem: 1884–1994. Ljubljana.
Jež, J. 2005: Ocena možnosti nastopanja regionalnih plazov na območju Rebrnic nad Vipavsko dolino. Diplomsko delo. Oddelek za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Jurkovšek, B. 1986: List Beljak in Ponteba. Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Beograd.
Jurkovšek, B. 1987: Tolmač listov Beljak in Ponteba. Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Ljubljana.
Jurkovšek, B. 2001: Geologom in ljudskim pripovedkam je treba prisluhniti. Delo, 10. 1. 2001. Ljubljana.
Kaiser, E. J., Godschalk, D. R., Chapin, F. S. 1995: Urban Land Use Planning. Chicago.
Kajfež Bogataj, L., Bergant, K., Črepinšek, Z., Cegnar, T., Sušnik, A. 2004: Scenariji podnebnih sprememb kot temelj za oceno ogroženosti z vremensko pogojenimi naravnimi nesrečami v prihodnosti. Zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela na projektu ciljnega raziskovalnega programa Konkurenčnost Slovenije 2001–2006. Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Kaufmann, G. 2002: Karst lanscape evolution. Evolution of Karst, From Prekarst to Cessation. Ljubljana.
Kern, M. 1988: Geologie im Gelände. Stuttgart.
Kert, B. 1959: Geomorfologija severozahodnih Slovenskih goric. Geografski zbornik 5. Ljubljana.
Kessler, M., A., Werner, B., T. 2003: Self-organization of sorted patterned ground. Science 299. New York.
Kladnik, D. 1980: Možnost uporabe poskusnih modelov v fizični geografiji na primeru proučevanja melišč. Geografski vestnik 52. Ljubljana.
Kladnik, D. 1981: Melišča v Kamniško-Savinjskih Alpah. Gorenjska. Ljubljana.
Kladnik, D. 1991: Ujma 1990 v Podvolovljeku. Ujma 5. Ljubljana.
Kladnik, D. 1998: Zemljiška razdrobljenost. Geografski atlas Slovenije. Ljubljana.

Kladnik, D., Lovrenčak, F., Orožen Adamič, M. (ur.) 2005: Geografski terminološki slovar. Ljubljana.
Klavora, V. 2003: Predel 1809, avstrijsko-francoski vojni spopadi na slovenskem narodnostnem ozemlju. Ljubljana.
Klemenčič, M. M. 1992: Sistemska teorija in geografija v srednji šoli. Geografija v šoli 2. Ljubljana.
Koblar, A. 1895: Zemeljski potresi na Slovenskem. Izvestja Muzejskega društva za Kranjsko 5, 2. Ljubljana.
Kolbezen, M. 1979: Transport hribinskega materiala na potokih vzhodnega in jugovzhodnega Pohorja kot posledica erozije tal. Geografski vestnik 51. Ljubljana.
Kolbezen, M., Pristov, J. 1998: Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ljubljana.
Komac, B. 2000: Vodne razmere kraških izvirov na južnem podnožju Kaninskega pogorja. Diplomsko delo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Komac, B. 2001a: Geografski vidiki nesreče. Ujma 14–15. Ljubljana.
Komac, B. 2001b: Ko se strese zemlja, novembrska ujma pod Mangartom. Grif 34. Ljubljana.
Komac, B. 2001c: Ko se strese zemlja, novembrska ujma pod Mangartom. Grif 35. Ljubljana.
Komac, B. 2003a: Drobirski tok pod Mangartom. Slovenija, Vodniki Ljubljanskega geografskega društva, Evropa 3. Ljubljana.
Komac, B. 2003b: Geomorfne oblike in procesi na dolomitu. Magistrsko delo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Komac, B. 2006: Dolec kot značilna oblika dolomitnega površja. Geografija Slovenije 13. Ljubljana.
Komac, B., Natek, K., Pečnik, M., Zorn, M. 2006: Ogroženost Zgornje Savinjske doline zaradi recentnih geomorfnih procesov. Šaleška in Zgornja Savinjska dolina, 19. zborovanje slovenskih geografov. Velenje.
Komac, B., Zorn, M. 2002a: Recentni pobočni procesi v Zgornjem Posočju. Geografski obzornik 49, 1. Ljubljana.
Komac, B., Zorn, M. 2002b: Plaz nad Kosečem – geografski pogled na ujmo. Ujma 16. Ljubljana.
Komac, B., Zorn, M. 2002c: Aplikativne možnosti geografije pri preučevanju pobočnih procesov. Dela 18. Ljubljana.
Komac, B., Zorn, M. 2005a: Soil erosion on agricultural land in Slovenia – measurements of rill erosion in the Besnica valley. Acta geographica Slovenica 45, 1. Ljubljana.
Komac, B., Zorn, M. 2005b: Zemljevid ogroženosti Zgornje Savinjske doline zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov. Ujma 19. Ljubljana.
Komac, B., Zorn, M. 2005c: Geomorfološke nesreče in trajnostni razvoj. IB 39, 4. Ljubljana.
Komac, B., Zorn, M. 2006a: Pleistocenski zemeljski plazov pri Selu v Vipavski dolini. Narava proti družbi?, Program, povzetki predavanj in vodnik po ekskurziji 3. Melikovih geografskih dni. Ljubljana.
Komac, B., Zorn, M. 2006b: Zemeljski plazovi na Rebrnicah. Narava proti družbi?, Program, povzetki predavanj in vodnik po ekskurziji 3. Melikovih geografskih dni. Ljubljana.
Komac, B., Zorn, M. 2006c: Zemeljski plazovi v Goriških brdih. Narava proti družbi?, Program, povzetki predavanj in vodnik po ekskurziji 3. Melikovih geografskih dni. Ljubljana.
Komac, B., Zorn, M. 2006d: Plazovitost v Goriških brdih. Elaborat. Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU. Ljubljana.
Komac, B., Zorn, M. 2006e: Zemeljski plazovi v Goriških brdih. Primorske novice, Sobota, 11. 8. 2006. Nova Gorica.
Komac, B., Zorn, M. 2007: Pokrajinski učinki skalnega podora v Pologu. Ujma 21. Ljubljana.
Komac, M. 2005a: Napoved verjetnosti pojavljanja plazov z analizo satelitskih in drugih prostorskih podatkov. Geološki zavod Slovenije. Ljubljana.
Komac, M. 2005b: Intenzivne padavine kot sprožilni dejavnik pri pojavljanju plazov v Sloveniji. Geologija 48, 2. Ljubljana.
Komac, M., Ribičič, M. 2006: Landslide susceptibility map of Slovenia at scale 1 : 250.000. Geologija 49, 2. Ljubljana.

Komac, V. T. 1997: Na Klužah tice strašijo. Nova Gorica.
Košir, R. 2007: Oltarji Špika. Dokumentarna oddaja Televizije Slovenija, 29. 8. 2007. Ljubljana.
Kovač, M., Kočevar, M. 2001: Plaz Slano blato nad Lokavcem pri Ajdovščini. Ujma 14–15. Ljubljana.
Kragl, V. 1936: Zgodovinski drobci župnije Tržič. Tržič.
Krainer, K. 1998a: Geologie. Bergsturz Landschaft Schütt. Naturwissenschaftliches Verein für Kärnten. Klagenfurt.
Krainer, K. 1998b: Die Bergstürze des Dobratsch. Bergsturz Landschaft Schütt. Naturwissenschaftliches Verein für Kärnten. Klagenfurt.
Kralj, V. 1993: Zemeljski plazovi jeseni 1992 v zagorski občini. Ujma 7. Ljubljana.
Kranjc, A. 1983: Dinamika odpadanja sige v Golobji luknji, Predjama. Acta carsologica 11. Ljubljana.
Krašovec, J. (ur.) 1996: Sveto pismo Stare in Nove zaveze, slovenski standardni prevod iz izvirnih jezikov. Svetopisemska družba Slovenije. Ljubljana.
Krejčí, O., Baroò, I., Bíl, M., Hubatka, F., Jurová, Z., Kirchner, K. 2002: Slope movements in the Flysch Carpathians of Eastern Czech Republic triggered by extreme rainfalls in 1997, a case study. Physics and Chemistry of the Earth 27. Amsterdam.
Kunaver, D. 1999: Slovenske ljudske pripovedke. Ljubljana.
Kunaver, J. 1975: Vodnik ekskurzij po zgornjem Posočju, 10. zborovanje slovenskih geografov. Ljubljana.
Kunaver, J. 1984: O nastanku Alp in razvoju njenega površja. Geografski obzornik 31, 4. Ljubljana.
Kunaver, J. 1985: Relief. Triglavski narodni park – vodnik. Bled.
Kunaver, J. 1993: Prispevek k poznavanju pokrajine in geomorfologije Tolminke in Zadlaščice. Dolini Tolminke in Zadlaščice – zbornik. Tolmin.
Kunaver, J. 1995: Podor. Enciklopedija Slovenije 9. Ljubljana.
Kunaver, J. 1999: Geomorfološki razvoj doline Krnice in njene zadnje poledenitve. Dela 13. Ljubljana.
Kunaver, J. 2000: Usad. Enciklopedija Slovenije 14. Ljubljana.
Kunaver, J., Drobnjak, B., Klemenčič, M., Lovrenčak, F., Luževič, M., Pak, M., Senegačnik, J. 1997: Obča geografija za 1. letnik srednjih šol. Ljubljana.
Kuščer, D., Grad, K., Nosan, A., Ogorelec, B. 1974: Geološke raziskave soške doline med Bovcem in Kobaridom. Geologija 17. Ljubljana.
Kuščer, D., Sovinc, I., Vidic, F., Vidmar, S. 1987: Plaz v Zagorju – vzroki in posledice. Ujma 1. Ljubljana.
Lazarević, R. 1981: Erozija zemljišta u Jugoslaviji. Geographica Iugoslavica 3. Beograd.
Leban, V. 1950: Nanos – gospodarska povezava s sosedstvom. Geografski vestnik 22. Ljubljana.
Lewis, C. S. 1998: Odprava človeka. Ljubljana.
Logar, J., Fifer Bizjak, K., Kočevar, M., Mikoš, M., Ribičič, M., Majes, B. 2005: History and present state of the Slano Blato landslide. Natural Hazards and Earth System Sciences 5. Amsterdam.
Lovett, R. A. 2006: Fantastic tales may actually contain grains of geological truth. San Diego Union-Tribune. Medmrežje: http://www.signonsandiego.com/uniontrib/20060215/news_lz1c15myth.html (15. 2. 2006).
Lovrenčak, F. 1994: Pedogeografija. Ljubljana.
Macor, C. 1994: Prebivalstvo in poeti vzdolž reke Soče. Soški protokol. Celovec.
Maher, I., Pavšek, M. 1994: Si bomo podrli gore na glavo? Planinski vestnik 94, 2. Ljubljana.
Majaron, E. (prev.) 2004: Koran. Tržič.
Majes, B. 2001: Analiza plazu in možnosti njegove sanacije. Ujma 14–15. Ljubljana.
Majes, B., Mikoš, M., Petkovšek, B., Komac, B., Magajne, D., Vlaj, B., Špacapan, I., Pretner, D. 2000: Plaz pod Mangartom, poročilo. Ekspertna skupina za področje geotehnike. Ljubljana.
Maksimalne 24-urne padavine za 100 letno povratno dobo 1 : 250.000. 1995. Oddelek za klimatologijo Hidrometeorološkega zavoda Republike Slovenije. Ljubljana.
Malovrh, V. 1955: Mikrometeorološka opazovanja vetra v Črnem Kalu. Meteorološko poročilo za leto 1955. Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije. Ljubljana.

Marjanac, T., Marjanac, L., Poljak, M., Živčić, M., Bavec, M. 2001: Srpenica seismites – indicators of paleoseismicity in the Upper Soča valley, NW Slovenia. Geologija 44, 2. Ljubljana.
Markošek, J. 2000: Razvoj vremena v novembru 2000. Mesečni bilten 7, 11. Ljubljana.
Martin, Y. 2000: Modelling hillslope evolution: linear and nonlinear transport relations. Geomorphology 34. Amsterdam.
Martínez-Casanovas, J. A., Ramos, M. C., Ribes-Dasi, M. 2002: Soil erosion caused by extreme rainfall events, mapping and quantification in agricultural plots from very detailed digital elevation models. Geoderma 105. Amsterdam.
Matičetov, M. 1993: Pesemski odmevi o davnem podoru v hribih Rezije. Pahorjev zbornik: spomini, pogledi, gradiva. Trst.
Medmrežje 1: http://www.arso.gov.si/podro~cja/sanacije/podatki/PLAZ-skupaj_2001j.xls (26. 2. 2007).
Melik, A. 1935: Slovenija – geografski opis. Ljubljana.
Melik, A. 1954: Slovenski alpski svet. Ljubljana.
Melik, A. 1961: Vitranc, Zelenci in Bovško – geomorfološke študije iz zahodnih Alp. Geografski zbornik 6. Ljubljana.
Melik, A. 1962: Bovec in Bovško – regionalnogeografska študija. Geografski zbornik 7. Ljubljana.
Melik, A., Arlič, S., Gams, I., Kolenik, E., Marolt, S., Predan, D., Radinja, M., Rebernik, D., Sore, A., Šifrer, M., Zupančič, Z., Žagar, M. 1954: Povodenj okrog Celja junija 1954. Geografski vestnik 26. Ljubljana.
Menzies, J. (ur.) 1995: Modern Glacial Environments, Processes, Dynamics and Sediments. Oxford.
Meze, D. 1963: H geomorfologiji Voglajnske pokrajine in Zgornjega Sotelskega. Geografski zbornik 8. Ljubljana.
Meze, D. 1966: Gornja Savinjska dolina. Nova dognanja o geomorfološkem razvoju pokrajine. Dela 10. Slovenska akademija znanosti in umetnosti. Ljubljana.
Meze, D. 1991: Ujma 1990 v Gornji Savinjski dolini, med Lučami in Mozirsko kotlinico. Ujma 5. Ljubljana.
Mihevc, A. 2001: Jamski fluvialni sedimenti v Snežni jami pod Raduho. Geološki zbornik 16. Ljubljana.
Mihevc, A. 2001: Speleogeneza Divaškega krasaLjubljana.
Mikoš, M. 1994a: Erozija v Sloveniji I. Delo, 12. 10. 1994. Ljubljana.
Mikoš, M. 1997: Ocena ogroženosti alpskega sveta z naravnimi ujmami. Gradbeni vestnik 46, 1–3. Ljubljana.
Mikoš, M. 2000: Izrazje na področju erozijskih pojavov. Gradbeni vestnik 49, 5. Ljubljana.
Mikoš, M. 2001: Značilnosti drobirskih tokov. Ujma 14–15. Ljubljana.
Mikoš, M., Batistič, P., Đurović, B., Humar, N., Janža, M., Komac, M., Petje, U., Ribičič, M., Vilfan, M. 2004: Metodologija za določanje ogroženih območij in način razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti zaradi zemeljskih plazov. CRP Konkurenčnost Slovenije 2001–2006. Katedra za splošno hidrotehniko Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Mikoš, M., Brilly, M., Fazarinc, R., Ribičič, M. 2006: Strug landslide in W Slovenia, a complex multi-process phenomenon. Engineering geology 83. Amsterdam.
Mikoš, M., Brilly, M., Ribičič, M. 2004: Poplave in zemeljski plazovi v Sloveniji. Acta hydrotechnica 22, 37. Ljubljana.
Mikoš, M., Fazarinc, R., Ribičič, M. 2006: Sediment production and delivery from recent large landslides and earthquake-induced rock falls in the Upper Soča River Valley, Slovenia. Engineering geology 86. Amsterdam.
Mikoš, M., Zupanc, V. 2000: Erozija tal na kmetijskih površinah. Sodobno kmetijstvo 33, 10. Ljubljana.
Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport, 29. 10. 2004 (sklep številka 404-03-6/2004/389); Ministrstvo za obrambo, 10. 11. 2004 (sklep številka 808-00-1/2004-360). Ljubljana.
Mioč, P., Žnidarčič, M., Jerše, Z. 1983: List Ravne na Koroškem. Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Beograd.
Montenat, C., Barrier, P., Ott d'Estevou, P., Hibsch, C. 2007: Seismites, An attempt at critical analysis and classification. Sedimentary Geology 196. New York.

Morgan, P. C. 1979: Soil Erosion, Topics in Applied Geography. London.
Mrozek, T., Rączkowski, W., Limanówka, D. 2000: Recent landslides and triggering climatic conditions in Laskowa and Pleśna regions, Polish Carpathians. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica 34. Kraków.
Murphy, W., Petley, D. N., Risdon, G., Chien, M. C. 2000: Topographic effects influencing large scale slope failure during the 21st September Chichi eartquake, Taiwan. Proceedings of the Second Euro-Conference on Global Change and Catastrophe Risk Management, Earthquake Risks in Europe. Medmrežje: http://www.iiasa.ac.at/Research/RMS/july2000/Papers/murphy0709.pdf (23. 2. 2004).
Myers, N. (ur.) 1991: Gaia, modri planet: atlas za današnje upravljavce jutrišnjega sveta. Ljubljana.
Nacionalni program varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami. 2002. Uradni list RS 44. Ljubljana.
Natek, K. 1983: Metoda izdelave in uporabnost splošne geomorfološke karte. Magistrsko delo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Natek, K. 1985: Geomorfološko dogajanje, čas in mi. Proteus 8, 4. Ljubljana.
Natek, K. 1989a: Vloga usadov pri geomorfološkem preoblikovanju Voglajnskega gričevja. Geografski zbornik 29. Ljubljana.
Natek, K. 1989b: Erozija. Enciklopedija Slovenije 3. Ljubljana.
Natek, K. 1990a: Usadi v terciarnem gričevju vzhodne Slovenije. Geomorfologija in geoekologija. Ljubljana.
Natek, K. 1990b: Geomorfološke značilnosti usadov v Halozah. Ujma 4. Ljubljana.
Natek, K. 1991: Plazovi v Gornji Savinjski dolini. Ujma 5. Ljubljana.
Natek, K. 1996: Ogroženost in regeneracijske sposobnosti površja severovzhodne Slovenije na osnovi regeneracije površja v Halozah po katastrofalnem neurju julija 1989. Spodnje Podravje s Prlekijo. Ljubljana.
Natek, K. 2001a: Geomorfologija – predavanja v študijskem letu 2000/01. Medmrežje: http://www.ff.uni-lj.si/geo/Pedagosko/gradiva/geomorfologija/geomorfo-predavanja.htm (1. 3. 2001).
Natek, K. 2001b: Življenje in delo Williama Morrisa Davisa (1850–1934). Geografski zbornik 41. Ljubljana.
Natek, K. 2002: Ogroženost zaradi naravnih procesov kot strukturni element slovenskih pokrajin. Dela 18. Ljubljana.
Natek, K. 2003: Fizična geografija in preučevanje ogroženosti zaradi naravnih in drugih nesreč. Dela 20. Ljubljana.
Natek, K., Hočevar, M., Vidmar, M. 2000: Geografija, shematski pregledi. Ljubljana.
Natek, K., Komac, B., Zorn, M. 2003: Mass movements in the Julian Alps (Slovenia) in the aftermath of the easter earthquake on april 12, 1998. Studia geomorphologica Carpatho-Balcanica 37. Kraków.
Natek, M. 1991: Nekateri geografski vidiki in učinki povodnji v Spodnji Savinjski dolini 1. novembra 1990. Ujma 5. Ljubljana.
Natek, M. 1992: Odprava posledic povodnji 1. novembra 1990 v Spodnji Savinjski dolini. Ujma 6. Ljubljana.
Natek, M. 1995: Poplave v porečju Bolske leta 1994. Ujma 9. Ljubljana.
Neumann, D. 1988: Lage und Ausdehnung des Dobratschbergsturzes von 1348. Neues aus Alt-Villach 25. Villach.
Neumann, W. 1987: Zu den Folgen des Erdbebens von 1348. 1. Teil: im Gailtal bei Arnoldstein. Neues aus Alt-Villach 24. Villach.
Nevins, S. E. 2007: Interpreting Earth History. Medmrežje: http://www.icr.org/article/59/ (8. 6. 2007).
Nur, A. 1991. And the walls came tumbling down. New Scientist 6. Stanford.
Obvestila uprave Reppublike Slovenije za zaščito in reševanje. Medmrežje: http://www.sos112.si/slo/clanek.php?catid=3 (24. 4. 2007).
Ocepek, D. 2002: Geološko-geotehnično poročilo o pogojih izvedbe vinograda na pobočju pod gradom Dobrovo. Ljubljana.

Odlok o programu priprave lokacijskega načrta za vplivno območje plazu Strug nad vasjo Koseč v Občini Kobarid. 2003. Uradni list RS 92. Ljubljana.
Ogrin, D. 2007: Nevihtna neurja in njihove posledice v submediteranski Sloveniji od 14. do srede 19. stoletja. Geografski zbornik 47, 1. Ljubljana.
Ollier, C. 1969: Weathering. Edinburgh.
Orožen Adamič, M. 1988: Škoda in odpravljanje posledic zemeljskega plazu v Zagorju. Ujma 2. Ljubljana.
Orožen Adamič, M. 1990: Podor v Trenti. Ujma 4. Ljubljana.
Orožen Adamič, M. 1998: Usadi. Slovenija – pokrajine in ljudje. Ljubljana.
Orožen Adamič, M. 2004: Natural disasters. Orožen Adamič, M., Slovenia, a geographical overview. Ljubljana.
Orožen Adamič, M. 2005: Geografija in naravne nesreče. Geografski obzornik 52, 1. Ljubljana.
Orožen Adamič, M., Hrvatin, M. 2000: Vpliv potresa 12. 4. 1998 na Bovškem na stavbe, ljudi in okolje. Elaborat. Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU. Ljubljana.
Orožen Adamič, M., Rejec Brancelj, I. 1998: Morje. Geografski atlas Slovenije. Ljubljana.
Orožen Adamič, M., Vidic, F. 1991: Ujma 1990 v Škofjeloškem hribovju. Ujma 5. Ljubljana.
Orožen, J. 1980: Zgodovina Zagorja ob Savi 1. Zagorje ob Savi.
Oštir, K., Podobnikar, T., Stančič, Z., Mlinar, J. 2000: Digitalni model višin Slovenije InSAR 25. Geodetski vestnik 44, 4. Ljubljana.
Oštir, K., Veljanovski, T., Podobnikar, T., Stančič, Z. 2002: Uporaba daljinskega zaznavanja pri opazovanju plazu v Logu pod Mangartom. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2001–2002. Ljubljana.
Palmieri, R., Rosenwirth, R., Sima, F. 2004: Val – L'onda – Die flut. Trieste.
Pavlovec, R. 1962: Starost terciarnega fliša v Sloveniji. Geologija 7. Ljubljana.
Pavlovec, R. 1965: Sprehod na fliš. Proteus 28, 4–5. Ljubljana.
Pavlovec, R. 1974: Vasici Medana in Kožbana v geološkem in strokovnem izrazoslovju. Koledar Goriške Mohorjeve družbe. Gorica.
Pavlovec, R. 1975: Šestdeset let Seidlovih sprehodov po Goriškem. Koledar Goriške Mohorjeve družbe. Gorica.
Pavšek, M. 1992: Ogroženost Triglavskih dolin Kot in Vrata zaradi naravnih nesreč. Ujma 6. Ljubljana.
Pavšek, M. 1994a: Skalni podor v Trenti. Ujma 8. Ljubljana.
Pavšek, M. 1994b: Zemeljski plaz pod Krnom. Ujma 8. Ljubljana.
Pavšek, M. 1996: Skalni podor na Velikem Mangartu. Ujma 10. Ljubljana.
Pavšek, M. 2000: Fizičnogeografska pogojenost snežnih plazov v slovenskih Alpah s posebnim ozirom na preventivo. Magistrsko delo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Pavšek, M. 2002: Snežni plazovi v Sloveniji. Geografija Slovenije 6. Ljubljana.
Pečnik, M. 2002: Možnosti nastanka zemeljskih plazov na osnovi geomorfoloških značilnosti površja v Zgornji Savinjski dolini. Diplomsko delo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Pedološka karta Slovenije 1 : 25.000. 2002. Center za pedologijo in varstvo okolja Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Penck, W. 1924 (1972: angleški prevod): Die Morphologische Analyse: ein Kapitel der physikalischen Geologie. Stuttgart.
Perko, D. 1990: Ogroženost vzhodne Krške kotline zaradi naravnih nesreč. Ujma 4. Ljubljana.
Perko, D. 1992a: Naravne nesreče in digitalni model reliefa. Ujma 6. Ljubljana.
Perko, D. 1992b: Nakloni v Sloveniji in digitalni model reliefa. Geodetski vestnik 36, 2. Ljubljana.
Perko, D. 1998b: Nakloni površja. Geografski atlas Slovenije. Ljubljana.
Perko, D. 2001a: Analiza površja Slovenije s stometrskim digitalnim modelom reliefa. Geografija Slovenije 3. Ljubljana.
Perko, D., Orožen Adamič, M. (ur.) 1998: Slovenija – pokrajine in ljudje. Ljubljana.

Petek, F. 2001: Vrednotenje rabe zemljišč v slovenskih pokrajinah z vidika kazalcev sonaravnega razvoja. Magistrsko delo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Petek, F. 2004: Land use in Slovenia. Slovenia: a Geographical Overview. Ljubljana.
Petje, U. 2005: Analiza nevarnosti padajočega kamenja na cestah v alpskem prostoru. Magistrsko delo. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Petje, U., Mikoš, M., Majes, B. 2006: Motion of rock masses on slopes. Geologija 49, 2. Ljubljana.
Petje, U., Mikoš, M., Ribičič, M. 2005: Ocena nevarnosti padajočega kamenja za odsek regionalne ceste v dolini Trente. Geologija 48, 2. Ljubljana.
Petje, U., Ribičič, M., Mikoš, M. 2005: Computer simulation of stone falls and Rockfalls. Acta geographica Slovenica 45, 2. Ljubljana.
Petkovšek, A. 2001: Geološko geotehnične raziskave plazu. Ujma 14–15. Ljubljana.
Petkovšek, G. 2002: Kvantifikacija in modeliranje erozije tal z aplikacijo na povodju Dragonje. Doktorsko delo. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Petley, D. N., Murphy, W. 2001: Topographic amplification and the initiation of landslides in Taiwan. Proceedings of the fifth International Conference on Geomorphology. Tokyo.
Phillips, J. D. 1995: Nonlinear dynamics and the evolution of relief. Geomorphology 14. Amsterdam.
Phillips, J. D. 2003: Sources of nonlinearity and complexity in geomorphic systems. Progress in Physical Geography 27, 1. Ljubljana.
Pichorner, B. 1998: Die Bergsturz – Sukzession. Bergsturz Landschaft Schütt. Klagenfurt.
Pihler, B. 1999: Gozd in gozdni potok – nedeljiva celota. Gozdarski vestnik 57-4. Ljubljana.
Pintar, J., Mikoš, M. 1983: Sneg in snežni plazovi, njihovo ugotavljanje in vrednotenje. Ljubljana.
Planina, F. 1951: Podori in usadi. Proteus 13, 4–5. Ljubljana.
Planina, F. 1952: Podor na Javorščku. Geografski vestnik 24. Ljubljana.
Planina, J. 1954: Soča, Monografija vasi in njenega področja. Geografski zbornik 2. Ljubljana.
Platon 2004: Zbrana dela I. Mohorjeva družba. Celje.
Plut, D., Gosar, A., Klemenčič, M. 1978: Poskus vrednotenja alpskega sveta na primeru doline Koritnice. Zgornje Posočje. 10. zborovanja slovenskih geografov. Ljubljana.
Podbrežnik Vukmir, B., Šinkovec Rajh, M., Štorman, A. 1999: Veronika z Malega gradu. Kamnik.
Podobnikar, T., Stančič, Z., Oštir, K. 2000: Data integration for the DTM production. International Archieves of Photogrammetry and Remote Sensing. International Cooperation and Technology Transfer, Proceedings of the Workshop, 32-6W8/1. Ljubljana.
Pogačnik, A. 1980: Urbanistično planiranje. Ljubljana.
Polajnar, J. 2000: Izredne hidrološke razmere v novembru. Mesečni bilten 7, 11. Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije. Ljubljana.
Polajnar, J. 2006: Visoke vode rek in poplave. Hidrološki letopis Slovenije 2003. Ljubljana.
Popit T., Košir A. 2003: Pleistocenski plaz pri Selu v Vipavski dolini. Geološki zbornik 17. Ljubljana.
Poročilo o stanju okolja. 1996. Medmrežje: http://nfp-si.eionet.eu.int/soe-slo/008f.pdf (11. 7. 2003).
Poročilo o uresničevanju Zakona o ukrepih za odpravo posledic plazu Stože v občini Bovec in plazov večjega obsega, nastalih na območju Republike Slovenije po 15. oktobru 2000. Poročevalec Državnega zbora RS 66, 2001. Ljubljana.
Poschinger, A. v. 2002: Excursion to the Flims rockslide area. Excursion Guide CERG Intensive Course. Dornbirn.
Poschinger, A. v., Haas, U. 1997: Der Flimser Bergturz, doch ein warmzeitliches Ereignis? Bulletin für Angewandte Geologie 2, 1. Zürich.
Povratne dobe za ekstremne padavine. 2004. Urad za meteorologijo Agencije RS za okolje. Ljubljana.
Predlog zakona o spremembah in dopolnitvah zakona o ukrepih za odpravo posledic določenih zemeljskih plazov večjega obsega iz let 2000 in 2001. 2005. Medmrežje: http://www.dz-rs.si/index.php?id=101&vt=46&sm=k&q=plaz&mandate=1&docid=470&showdoc=1&unid=PZ|0B2BAE74D1B46C86C125706900337584 (11. 10. 2005).

Pregledna karta državnega cestnega omrežja Republike Slovenije v merilu 1 : 250.000. 2002. Direkcija Republike Slovenije za ceste. Ljubljana.
Prelovšek, M. 2001: Talni tokovi vode. Seminarsko delo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Premru, U. 1983: List Ljubljana. Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Beograd.
Puc, M., Pleničar, M. 1985: Babe in dedci. Proteus 47, 5. Ljubljana.
Raba kmetijskih zemljišč, različica 2002. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2004. Ljubljana.
Rączskowska, Z. 2006: Recent geomorphic hazards in the Tatra mountains. Studia geomorphologica Carpatho-Balcanica. Kraków.
Radinja, D. 1971: Usad nad Podrago v Vipavski dolini, Primer porušenega ravnotežja v flišni submediteranski pokrajini. Geografski zbornik 12. Ljubljana.
Radinja, D. 1972: Zakrasevanje v Sloveniji v luči celotnega morfogenetskega razvoja. Geografski zbornik 13. Ljubljana.
Radinja, D. 1973: Prispevek k spoznavanju recentnega abrazijskega reliefa na primeru Strunjanjske obale. Mednarodni mladinski raziskovalni tabori 1971–1972. Ljubljana.
Radinja, D. 1974: Usadi na Sotelskem v pokrajinski luči. Voglajnsko-Sotelska Slovenija, 9. zborovanje slovenskih geografov. Ljubljana.
Radinja, D. 1978: Rečni režimi v Zgornjem in Srednjem Posočju. Zgornje Posočje, 10. zborovanja slovenskih geografov. Ljubljana.
Radinja, D. 1983a: Naravne nesreče v geografski luči. Naravne nesreče v Jugoslaviji s posebnim ozirom na metodologijo geografskega proučevanja. Ljubljana.
Radinja, D. 1983b: Usadi v subpanonski Sloveniji. Naravne nesreče v Sloveniji kot naša ogroženost. Ljubljana.
Rainer, F., Pintar, J. 1972: Ogrožanje tal zaradi erozije, hudournikov in plazov. Zelena knjiga o ogroženosti okolja v Sloveniji. Ljubljana.
Rainer, F., Zemljič, M. 1975: Vpliv gozdov na vodni režim in erozijske procese. Gozdovi na Slovenskem. Ljubljana.
Rajšp, V., Serše, A. (ur.) 1998: Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763–1787. Ljubljana.
Rakovec, I. 1958: Geološki razvoj kamniške pokrajine. Kamniški zbornik 4. Kamnik.
Ramovš, A. 2000: O Zlatenski plošči sensu Kossmat, 1913, Slatenskem pokrovu sensu Buser, 1986, Slatenskem narivu sensu Jurkovšek, 1987, in Triglavskem pokrovu sensu Ramovš, 1985. Geologija 43, 1. Ljubljana.
Ravbar, M. 1975: Kraška erozija v okolici Straže pri Novem mestu. Geografski obzornik 22, 1–2. Ljubljana.
Repolusk, P. 1991: Učinki poplav 1990 v zgornjem toku Kamniške Bistrice. Ujma 5. Ljubljana.
Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja 2005. Medmrežje: http//:www.npvi.si (5. 10. 2005).
Rezija, pesmi in glasba Rezijanske doline (iz arhiva Glasbenonarodopisnega inštituta ZRC SAZU 1962–1996). Cattedra di etnomusicologia, Dipartimento di musica e spettacolo, Università degli studi di Bologna. 1996. Bologna.
Ribarič, V. 1982: Seizmičnost Slovenije – Katalog potresov (792 n. e.–1981). Ljubljana.
Ribičič, M. 1999: Osnovni pojmi in definicije o plazenju ter sorodnih pojavih. Zbornik II. slovenskega posvetovanja o zemeljskih plazovih. Ljubljana.
Ribičič, M. 2001a: Inženirska geologija. Skripta. Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Ribičič, M. 2001b: Značilnosti drobirskega toka Stože pod Mangartom. Ujma 14–15. Ljubljana.
Ribičič, M. 2002: Izračun volumnov in sanacija plazu Slano Blato nad Lokavcem pri Ajdovščini. Ujma 16. Ljubljana.
Ribičič, M. 2005: Novelacija in nadgradnja informacijskega sistema o zemeljskih plazovih in vključitev v bazo GIS_UJME – 03/04/05. CRP konkurenčnost Slovenije 2001–2006. Katedra za splošno hidrotehniko Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.

Ribičič, M., Buser, I., Hoblaj, R. 1994: Digitalno atributna/tabelarična baza zemeljskih plazov Slovenije za terenski zajem podatkov. Prvo slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih. Idrija.
Ribičič, M., Šinigoj, J., Komac, M. 2003: New general engineering geological map of Slovenia. Geologija 46-2. Ljubljana.
Ribičič, M., Vidrih, R. 1998a: Poškodbe v naravi ob letošnjem potresu v Posočju. Življenje in tehnika 49, 9. Ljubljana.
Ribičič, M., Vidrih, R. 1998b: Plazovi in podori kot posledica potresov. Ujma 12. Ljubljana.
Ribičič, M., Vidrih, R. 2001: Gruščnati tok v Logu pod Mangartom. Proteus 63, 6. Ljubljana.
Ritter, D. F., Kochel, R. C., Miller, J. R. 1995: Process Geomorphology. Dubuque.
Rojšek, D. 1991: Naravne znamenitosti Posočja. Ljubljana.
Rojšek, D. 1995: Podor na Mangartu. Proteus 58, 4. Ljubljana.
Roš, K. 1995: Gora Mangart se podira. Delo, 2. 11. 1995. Ljubljana.
Roš, K. 2001: Po trentarski galeriji stekel promet. Delo, 12. 3. 2001. Ljubljana.
Sajovic, G. 1915: Podor skalovja v Kokrški debri pri Kranju. Carniola 6. Ljubljana.
Santonino, P. 1991: Popotni dnevniki. Celovec.
Scheidegger, A. E. 1987: Systematic Geomorphology. Wien.
Schönenberg, R., Neugebauer, J. 1994: Einführung in die Geologie Europas. Freiburg im Breisgau.
Seidl, F. 1895: Potresi na Kranjskem in Primorskem. Ljubljanski zvon 15, 9. Ljubljana.
Seidl, F. 1919: Melov plaz pri Zagorju 16. januarja leta 1917. Glasnik muzejskega društva za Slovenijo 1, 1–4. Ljubljana.
Selby, M. J. 1993: Hillslope Materials and Processes. Oxford.
Shafer, G. 1990: Perspectives on the theory and practice of belief functions. International Journal of Approximate Reasoning 3. Medmrežje: http://www.glennshafer.com/assets/downloads/articles/article48.pdf (26. 2. 2007).
Siegel, F. R. 1996: Natural and Antropogenic Hazards in Developement Planning. San Diego.
Sirvent, J., Desir, G., Guiterrez, M., Sancho, C., Benito, G. 1998: Erosion rates in badland areas recorded by collectors, erosion pins and profilometer techniques (Ebro Basin, NE-Spain). Geomorphology 18, 2. Amsterdam.
Skaberne, D. 2001a: Predlog slovenskega izrazoslovja pobočnih premikanj – pobočnega transporta. Geologija 44. Ljubljana.
Skaberne, D. 2001b: Prispevek k slovenskemu izrazoslovju za pobočna premikanja. Ujma 14–15. Ljubljana.
Slušatelji Oddelka za geografijo FF, 1971: Kamniti plaz s Kokrskega sedla v kot doline Kamniške Bistrice. Proteus 33, 5. Ljubljana.
Smith, K. 1998: Environmental Hazards. Assessing Risk and Reducing Disaster. London.
Sorč, E. 1998: Rabeljski rudnik – zamejska tehniška dediščina. Gea 8, 6–8. Ljuibljana.
Sore, A. 1963: Zemeljski plazovi na Zgornjem Sotelskem. Geografski zbornik 8. Ljubljana.
Sore, A. 1970: Zemeljski plazovi na ozemlju celjske občine. Celjski zbornik 13. Celje.
Sparks, B. W. 1972: Geomorphology. London.
Stankoviansky, M., Cebecauer, T., Hanušin, J., Lehotský, M., Solín, L., Šúri, M., Urbánek, J. 2000: Response of a fluvial system to large-scale land use changes, the Jablonka catchment, Slovakia. The Hydrology-Geomorphology Interface: Rainfall, Floods, Sedimentation, Land Use. IAHS 261. Paris.
Stauder, H. 1992: Sagen rund um den Dobratsch, das Bleibergtal, seine Umgebung und den Bergbau. Verein zur Pflege der Bergmannkultur. Bad Bleiberg.
Stewart, J. P. 2004: Analysis of topographic effects on ground motions at the Pleasant Valley pumping plant, California. Medmrežje: http://erp-web.er.usgs.gov/reports/annsum/vol40/nc/g0038.htm (26. 2. 2007).
Strahler, A. H., Strahler, A. N. 1992: Modern Physical Geography. New York.
Strategija prostorskega razvoja Slovenije 2003. Urad za prostorsko planiranje Ministrstva za okolje, prostor in energijo. Ljubljana. Medmrežje: www.sigov.si/upp/Assets/Dokumenti/PodzakonskiAkti/SPRS/kazalo.htm (23. 2. 2004)

Summerfield, M. A. 1994: Global Geomorphology – An Introduction to the Study of Landforms. New York.
Šifrar, M. 1992: Usadi med Kladjem in Cerknim. Seminarsko delo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Šifrer, M. 1955: Dolina Tolminke in Zalašce v pleistocenu. Geografski zbornik 3. Ljubljana.
Šifrer, M. 1962: Geografski učinki neurja med Peco in Zgornjo Pako. Geografski zbornik 7. Ljubljana.
Šifrer, M. 1965: Kvartarni razvoj doline Soče med Tolminom in Ročinjem. Elaborat. Inštitut za geografijo SAZU. Ljubljana.
Šifrer, M. 1969: Kvartarni razvoj Dobrav na Gorenjskem. Geografski zbornik 11. Ljubljana.
Šifrer, M. 1970: Nekateri geomorfološki problemi dolenjskega krasa. Naše jame 11. Ljubljana.
Šifrer, M. 1981: Katastrofalni učinki neurij v severovzhodni Sloveniji avgusta 1980. Geografski zbornik 21. Ljubljana.
Šifrer, M. 1983: Kvartarni razvoj Škofjeloškega hribovja. Geografski zbornik 22. Ljubljana.
Šifrer, M. 1990: Razvoj reliefa na Slovenskem v luči klimatske geomorfologije. Geomorfologija in geoekologija. Ljubljana.
Šifrer, M. 1997: Površje v Sloveniji. Elaborat. Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU. Ljubljana.
Šifrer, M. 1998. Površje v kvartarju. Geografski atlas Slovenije. Ljubljana.
Šifrer, M., Kunaver, J. 1978: Poglavitne značilnosti geomorfološkega razvoja Zgornjega Posočja. Zgornje Posočje, 10. zborovanje slovenskih geografov. Ljubljana.
Šifrer, M., Žagar, M. 1960: Geografski učinki neurja med Konjicami in Krškim. Geografski vestnik 32. Ljubljana.
Škerbinek, D. (ur.) 1983: Planinska šola. Ljubljana.
Šneberger, B. 1999: Določanje meja območij ogroženosti s porušitveno erozijo na primeru skalnih podorov v dolini Trente. Diplomsko delo. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Šoren, S. 1998: Vloga Ljubelja v zgodovini. Diplomsko delo. Oddelek za razredni pouk Pedagoške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Špacapan, I. 1998: Dodatno geološko-tehnično poročilo o pregledu skalnega pobočja in vznožja Berebice v Trenti po podoru v juliju 1998 (za potrebe projekta galerije). GEOD d. o. o., Gradbeni inštitut ZRMK. Ljubljana.
Šraj, M. 2003: Modeliranje in merjenje prestreženih padavin. Doktorsko delo. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Šribar, V. 1967: Nekatere geomorfološke spremembe pri Izoli, dokumentirane z arheološkimi najdbami. Geologija 10. Ljubljana.
The Bible gateway. Medmrežje: http://www.biblegateway.com/passage/?book_id=6&chapter=3&version=45 (4. 6. 2007).
Thornes, J. B. 1998: Mediterranean desertification. Atlas of Mediterranean Environments in Europe, The Desertification Contex. Chichester.
Till, A. 1907: Das Naturereignis von 1348 und die Bergstürze des Dobratsch. Mitteilungen der k. k. Geographischen Gesellschaft in Wien 50. Wien.
Titl, J. 1965: Socialnogeografski problemi na koprskem podeželju. Koper.
Tomažević, B. (ur.) 1964: Simon Gregorčič: Poezije. Ljubljana.
Topole, M. 1998: Mirnska dolina, regionalna geografija porečja Mirne na Dolenjskem. Ljubljana.
Tropeano, D., Turconi, L., Sanna, S. 2004: Debris flows triggered by the 29 august 2003 cloudburst in Val Canale, eastern Italian Alps. Interpraevent. Riva/Trient.
Ulaga, F. 2000: Koncentracija suspendiranega gradiva v vodotokih. Mesečni bilten 7, 11. Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije. Ljubljana.
Uredba o lokacijskem načrtu za vplivno območje plazu Strug nad vasjo Koseč v Občini Kobarid. 2005. Uradni list RS 93. Ljubljana.

Uredba o pogojih in omejitvah gradnje na območju Loga pod Mangartom, ogroženem zaradi pojava drobirskih tokov. 2004. Uradni list RS 87. Ljubljana.
Ušeničnik, B. (ur.), 2002: Nesreče in varstvo pred njimi. Ljubljana.
Valenčič, V. 1970: Vrste zemljišč. Gospodarska in družbena zgodovina Slovencev, Zgodovina agrarnih panog 1. Ljubljana.
Vanneste, M., Mienert, J., Bünz, S. 2006: The Hinlopen Slide: A giant submarine slope failure on the northern Svalbard margin, Arctic Ocean. Earth and Planetary Science Letters 245, 1–2. Amsterdam.
Venton, P., Hansford, B. 2006: Reducing risk of disaster in our communities. Tearfund. Teddington. Medmrežje: http://tilz.tearfund.org/webdocs/Tilz/Roots/English/Disaster/Disaster%20risk%20reduction%20-%20full.pdf (8. 6. 2007).
Verbič, T. 1991: Geološke osnove morfogeneze reliefa na prostoru Slovenije. Magistrsko delo. Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Gefahrenzonenpläne. Bundesgesetzblatt der Republik Österreich, 436/1976. 30. 7. 1976. Wien.
Vidrih, R. 1998: Potres v Posočju in močnejši potresi na Slovenskem v letu 1998. Proteus 61, 3. Ljubljana.
Vidrih, R. 2006: Potres 12. julija 2004 v Zgornjem Posočju. Potresi v letu 2004. Ljubljana.
Vidrih, R., Godec, M. 1998: Potres v Posočju 12. aprila 1998. Življenje in tehnika 9, 6. Ljubljana.
Vidrih, R., Ribičič, M. 1998: Porušitve naravnega ravnotežja v hribinah ob potresu v Posočju 12. aprila 1998 in Evropska makroseizmična lestvica (EMS-98). Geologija 41. Ljubljana.
Vidrih, R., Ribičič, M. 1999: Posledice potresa v naravi. Ujma 13. Ljubljana.
Vodotoki. 2007. EIONET v Sloveniji. Medmrežje: http://nfp-si.eionet.eu.int/ewnsi/index.htm (26. 2. 2007).
Voranc, P. 1969: Ljubezen na odoru. Zbrano delo 3. Ljubljana.
Vrabec, M. 1998: Geološka zgradba dolinskega dela Tolmina. Seminarsko delo. Oddelek za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Vrhovec, T. 2003: Podori v visokih alpskih stenah, podnebne spremembe spreminjajo obličje gora. Planinski vestnik 103, 9. Ljubljana.
Vrhovec, T. 2004: Odmrzovanje permafrosta in podori v visokih alpskih stenah. Ujma 17–18. Ljubljana.
Vrhunc, M. 2006: Potna erozija na planinskih poteh. Seminarsko delo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Vrišer, I. 1953: Erozija prsti. Proteus 16, 4–5. Ljubljana.
Vrišer, I. 1978: Regionalno planiranje. Ljubljana.
Vrišer, I. 2002: Uvod v geografijo. Ljubljana.
Vzpostavitev računalniško vodenega katastra plazov. Medmrežje: http://www.mikrodata.si/Kataster%20plazov.htm (22. 10. 2002).
Wainwright, J., Thornes, J. B. 2004: Environmental Issues in the Mediterranean, Processes and perspectives from the past and present. London.
Watanabe, T., Dali, L., Shiraiwa, T. 1998: Slope denudation and the supply of debris to cones in Langtang Himal, Central Nepal Himalaya. Geomorphology 26, 1–3. Amsterdam.
Westen, v. C. J., Seijmonsbergen, A. C., Mantovani, F. 1999: Comparing landslide hazard maps. Natural Hazards 20, 2–3. Ljubljana.
Whalley, W. B. 1984: Landscape Systems: a series in geomorphology – Rockfalls. Slope Instability. New York.
Windley, B. F. 1995: The Evolving Continents. New York.
Winkler, A. 1926: Zur Eiszeitgeschichte des Isonzotals. Zeitschrift für Gletscherkunde 15. Leipzig.
Yasuda, Y., Kitagawa, H., Nakagawa, T. 2000. The earliest record of major anthropogenic deforestation in the Ghab Valley, northwest Syria: a palynological study. Quaternary International 73–74. Oxford.
Young, A. 1972: Slopes. Edinburgh.
Zakon o graditvi objektov. 2002. Uradni list RS 110, 18. 12. 2002. Ljubljana.

Zakon o kmetijskih zemljiščih. 1996. Uradni list RS 59, 23. 10. 1996. Ljubljana.
Zakon o prostorskem načrtovanju. 2007. Uradni list RS 33, 13. 4. 2007. Ljubljana.
Zakon o ukrepih za odpravo posledic določenih zemeljskih plazov večjega obsega iz let 2000 in 2001. Uradni list RS 21, 11. 3. 2002. Ljubljana.
Zakon o urejanju prostora. 1990. Uradni list RS 48/1990, 85/2000, 110/2002 in 8/2003. Ljubljana.
Zakon o vodah. 2002. Uradni list RS 67/2002, 110/2002, 2/2004 in 41/2004, Ljubljana.
Zapisnik terenskih ogledov. Jama v Molidniku (kat. št. 824). 1950. Kataster jamarske zveza Slovenije. Ljubljana.
Zemljič, M. 1972: Erozijski pojavi v Sloveniji. Gozdarski vestnik 30, 8. Ljubljana.
Zemljič, M., Blažič, J., Pirnat, M. 1970: Stanje, problemi in suvremene metode za borbu protiv erozije i bujica. Oddelek za erozijo tal Inštituta za gozdarstvo in lesno gospodarstvo Biotehnične fakultete. Ljubljana.
Zemljič, M., Horvat, A. 1999: Sodobni načini varstva pred porušitveno erozijo. Gozdarski vestnik 57, 4. Ljubljana.
Zorec, Č. 1981: Pogovori o Tržiču, njegovih krajih in ljudeh. Glas, 23. 6. 1981. Kranj.
Zorn, M. 2001: Gorski relief kot posledica skalnih podorov. Diplomsko delo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Zorn, M. 2002a: Rockfalls in Slovene Alps. Geografski zbornik 42. Ljubljana.
Zorn, M. 2002b: Podori na Dobraču. Geografski vestnik 74, 2. Ljubljana.
Zorn, M. 2003: Vpliv gozda na pobočne procese in njihova vloga pri izdelavi kart ogroženosti. Podiplomsko seminarsko delo. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Zorn, M. 2004a: Nekateri recentni pobočni procesi v slovenskih Alpah. Znanstveno delo podiplomskih študentov v Sloveniji – »publish or perish!« Ljubljana.
Zorn, M. 2004b: Nekateri večji skalni podori v Alpah. Ujma 17–18. Ljubljana.
Zorn, M. 2005: Dobraški podori. Slovenija II, Vodniki Ljubljanskega geografskega društva, Evropa 4. Ljubljana.
Zorn, M. 2006: Domnevni skalni podor nad Zatolminom. Narava proti družbi?, Program, povzetki predavanj in vodnik po ekskurziji 3. Melikovih geografskih dni. Ljubljana.
Zorn, M. 2007: Recentni geomorfni procesi na rečno-denudacijskem reliefu na primeru porečja Dragonje. Doktorsko delo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
Zorn, M., Komac, B. 2002a: Pobočni procesi in drobirski tok v Logu pod Mangartom. Geografski vestnik 74, 1. Ljubljana.
Zorn, M., Komac, B. 2002b: Poročilo o prvem strokovnem ogledu plazu nad Kosečem (6. 1. 2002). Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU. Ljubljana. Medmrežje: www.zrc-sazu.si/giam/kosec3.pdf (26. 2. 2007).
Zorn, M., Komac, B. 2004a: Avgustovska ujma v Zgornjesavski in Kanalski dolini. Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU. Ljubljana. Medmrežje: www.zrc-sazu.si/giam/ukve-ratece.htm (23. 2. 2004).
Zorn, M., Komac, B. 2004b: Modeling of landslide and rockfall risk. Acta geographica Slovenica 44, 2. Ljubljana.
Zorn, M., Komac, B. 2004c: Recent Mass Movements in Slovenia. Slovenia – a Geographical Overview. Ljubljana.
Zorn, M., Komac, B. 2005: Geografska analiza naravnih nesreč v domači pokrajini – primer zemeljskih plazov. Geografija v šoli 15, 3. Ljubljana.
Zorn, M., Komac, B., Pavšek, M., Pipan, P. 2007: Naravne nesreče v Posočju, na odseku med Kobaridom in Ajdovščino. Slovenija IV, Vodniki Ljubljanskega geografskega društva, Evropa 6. Ljubljana.
Zorn, M., Natek, K., Komac, B. 2006: Mass movements and flash-floods in slovene Alps and surrounding mountains. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica 40. Kraków.

Zupanc, V., Mikoš, M. 2000: Protierozijski ukrepi na kmetijskih površinah. Sodobno kmetijstvo 33, 11–12. Ljubljana.
Zupanc, V., Pintar, M., Mikoš, M. 2000: Simulacija erozije tal s poskusnega polja v Latkovi vasi s pomočjo modela GLEAMS 2.1. Novi izzivi v poljedelstvu 2000. Ljubljana.
Zupančič, B. 1995: Klimatografija Slovenije. Količina padavin in število dni s snežno odejo (obdobje 1961–1990). Ljubljana.
Žiberna, I. 1991: Ujma 1990 v severovzhodni Sloveniji. Ujma 5. Ljubljana.
Žiberna, I. 1992: Zemeljski plazovi po močnem deževju novembra 1991 v občinah Pesnica, Slovenska Bistrica in Ptuj. Ujma 6. Ljubljana.
Žumer, J. 1990: Recentni razvoj klifov na obali Istrske Slovenije. Geomorfologija in geoekologija. Ljubljana.

## 12 SEZNAM SLIK

Slika 1: Razporeditev plasti na prepereli površini (Zorn 2001). 17
Slika 2: Sproščanje gradiva po kategorijah rabe tal v Sloveniji v t na ha letno (Komac, Zorn 2005). 24
Slika 3: Erozija po kategorijah rabe tal v Sloveniji: a – erozijsko zniževanje površja na območjih z naklonom 2–90°, b – erozijsko zniževanje površja na območjih z naklonom 0–90°, c – povprečno erozijsko zniževanje na območjih z naklonom 2–90°, d – povprečno erozijsko zniževanje na območjih z naklonom 0–90° (Komac, Zorn 2005). 25
Slika 4: Na meliščih pod Kredarico se lepo vidi najnovejše zasipe. 27
Slika 5: Hjulstrømov diagram, ki prikazuje kritično hitrost vode za erozijo, transport in odlaganje delcev kot funkcijo njihove velikosti (Komac 2003b, 38). 33
Slika 6: Nekatere vrste pobočnih procesov glede na vlažnost in hitrost premikanja (Komac, Zorn 2002, 178). 34
Slika 7: Skalni podori v Alpah (Zorn 2001). 35
Slika 8: Neporaščeno recentno melišče podorov pod Krnom. 40
Slika 9: Manj poraščeno podorno gradivo iz zgodovinske dobe v dolini Grebnovega potoka – podor na Velikem vrhu. 41
Slika 10: Poraščeno predzgodovinsko podorno gradivo – podor Molida. 42
Slika 11: Hitrost polzenja, velikost deformacije in varnostni količnik. 43
Slika 12: Zemljevid plazovitih in podornih območij ter večji in v knjigi opisani pobočni procesi (Zorn, Komac 2004c; Uprava RS za zaščito in reševanje 2006. 45
Slika 13: Tipi skalnih podorov (Zorn 2002, 131). 47
Slika 14: Padli kamen se je zaradi velike kinetične energije zaril v tla. 49
Slika 15: Pogoji za drsenje in prevračanje kamninskega bloka po pobočju vzdolž odlomne oziroma drsne ploskve (Hoek, Bray 1977, 32). 52
Slika 16: Razmerja med naklonom, varnostnim količnikom in vlažnostjo kamnine (Hoek, Bray 1973, 9). 53
Slika 17: Razmerje med normalnim tlakom (σ) in strižnim tlakom (τ) vzdolž drsne ploskve (Hoek, Bray 1973, 9). 54
Slika 18: Razmerje med vrsto gradiva, strižno trdnostjo, normalnim tlakom in naklonom pobočja: A – krožna odlomna ploskev v prsteh in glinah, B – krožna odlomna ploskev v močno razpokani kamnini ali v preperini, C – stopničasta odlomna ploskev v trdnih skladovitih kamninah, D – ravna odlomna ploskev vzdolž diskontinuitete, E – odlomna ploskev v kamnini z vodoravnimi kamninskimi plastmi (Hoek, Bray 1973, 30). 55
Slika 19: Premikanje telesa po nagnjeni površini (Hoek, Bray 1977, 24). 56
Slika 20: Nagib kamninskih plasti in stabilnost pobočja pri planarnem zdrsu (Ribičič 2001a). 56
Slika 21: Planarni zdrs (Hoek, Bray 1977, 150–151). 57
Slika 22: Predvrh Spodnje Vrbanove Špice v Julijskih Alpah, imenovan Plesišče, na katerem je nastal zdrs po plastovitosti. 58
Slika 23: Klinasti zdrs (Dolšina 1990, 41; Hoek, Bray 1977, 201; Ribičič 2001a). 59
Slika 24: Geomorfološke značilnosti Zgornjega Posočja s poudarkom na skalnih podorih (Šifrer, Kunaver 1978, 73). 61
Slika 25: Podor Kuntri in Srpeniško jezero (Grimšičar 1988, 66; Zorn 2001, 43). 62
Slika 26: Skalni podor Molida – relief z ločljivostjo 0,5 m, posnet s tehniko LIDAR (© Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU). 64
Slika 27: Tok Soče po Czoernigu (1876). 65
Slika 28: Podorno gradivo v peskokopu Prapetno. 66
Slika 29: Geomorfološka karta okolice Tolmina (Šifrer 1965). 67

Slika 30: Podorni relief v dolini Save (Zorn 2001, 88). 67
Slika 31: Skalni podor pod Planskim vrhom (Zorn 2001, 88). 68
Slika 32: Skalni podori na Dobraču (Zorn 2001, 80). 70
Slika 33: Dobrač in z poraslo gozdom območje Schütt, kjer je odloženo podorno gradivo. 70
Slika 34: Skalni podor na Studorju v Bohinju. 71
Slika 35: Skalni podor na Velikem vrhu. 74
Slika 36: Skalni podor na Javorščku. 76
Slika 37: Skalni podor nad domačijo Plajer. 78
Slika 38: Gradnja galerije nad cesto Bovec–Vršič. 79
Slika 39: Skalni odlom v dolini Radovne. 82
Slika 40: Skalni podor v Krnici. 83
Slika 41: Manjši skalni podori na pobočju Rombona nad Bovcem, nastali ob potresu leta 1998. 84
Slika 42: Podor v konglomeratu vzhodno od Čezsoče. 84
Slika 43: Slika prikazuje skladno travnato pobočje Krna na jugu, neskladno in podorno ogroženo pobočje na zahodu ter močno kraško preoblikovano površje na severu. Pod zahodno steno je vidno melišče, ki je nastalo ob potresu leta 1998 (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005). 86
Slika 44: Skalni podori pod Krnom. 87
Slika 45: Ob potresu leta 1998 se je v dolini Tolminke podrlo južno, vzhodno in severno pobočje Osojnice (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005). 88
Slika 46: Skalni podor na Osojnici. 89
Slika 47: Skalni podor na Osojnici leta 2005. 89
Slika 48: Klinasti zdrs z grebena Šije, ki je nastal v dolini Lepene ob potresu 12. 4. 1998. 90
Slika 49: Odlomno mesto skalnega podora na Lemežu. 90
Slika 50: Skalni podor v dolini Tolminke pri planini Polog (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005). 91
Slika 51: Skalni podor s cerkvico Sv. Duha v Javorci v ospredju. 92
Slika 52: Za podornim gradivom je nastalo jezero. 92
Slika 53: Skalni podor v Loški steni tik po sprožitvi. 94
Slika 54: Na silno energijo podora lahko sklepamo po oblaku prahu v spodnjem delu, podobni oblakom, ki nastanejo ob eksplozijah. 94
Slika 55: Shema zemeljskega plazu. 100
Slika 56: Drenaža Macesnikovega plazu. 102
Slika 57: Zemeljski plaz Slano Blato ogroža Lokavec (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005). 104
Slika 58: Macesnikov plaz je prizadel tudi tako imenovano panoramsko cesto. 106
Slika 59: Macesnikov plaz (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005). 107
Slika 60: Odlomni rob Tratičnikovega plazu, ki je v Podvolovljeku ustvaril dolinsko pregrado, za katero je nastalo jezero. 108
Slika 61: Na desni je viden zemeljski plaz v vasi Raduha, ki je nastal 3. 11. 1990, na levi je v plazni kotanji manjšega zemeljskega plazu kmetija Slapnik. Nad domačijo je približno 400 m široka polkrožna plazna kotanja starejšega plazu. 109
Slika 62: Pogled na plaz nad Kosečem z levega brega Brsnika. 114
Slika 63: Pobočni procesi ogrožajo vas Koseč (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005). 116
Slika 64: Voda zastaja na pobočjih in prispeva k nastanku zemeljskih plazov. 117
Slika 65: Zemeljski plazovi in usadi pogosto nastajajo na cestnih usekih. 118

Slika 66: Zemljevid plazovitosti južnega dela Goriških brd. 120
Slika 67: Prerez drobirskega toka (Zorn, Komac 2002a, 18). 123
Slika 68: Recentni nanos drobirskega toka na terasi v Logu pod Mangartom. 124
Slika 69: »Glinasta bomba«, ki je nastala v drobirskem toku v Logu pod Mangartom. 125
Slika 70: Pogled na Stovžje in Log pod Mangartom z Jerebice (2126 m) 25. 8. 2001. 126
Slika 71: Drobirski tok v Logu pod Mangartom. 127
Slika 72: HE Možnica po drobirskem toku. 128
Slika 73: Vršaj drobirskega toka v Logu pod Mangartom. 129
Slika 74: V Logu pod Mangartom so zgradili več novih stavb in most čez Predelico. 131
Slika 75: Plaz Stovžje (zgoraj), pot (na sredini) in vršaj drobirskega toka v Logu pod Mangartom (spodaj) (barvni ortofotografski posnetek, © Geodetska uprava Republike Slovenije 2005). 132
Slika 76: Pogled na Ciprniški vršaj z letalnice v Planici. 133
Slika 77: V Ukvah je hudourniški nanos zasul prva nadstropja hiš. 139
Slika 78: Poplava je premikala tudi avtomobile. 139
Slika 79: Metoda izdelave zemljevidov ogroženosti zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov po metodi ponderiranja (Zorn, Komac 2005). 143
Slika 80: Zemljevid ogroženosti zaradi plazenja, izdelan na podlagi enakovrednega vrednotenja litologije, naklonov in gozda. 145
Slika 81: Zemljevid ogroženosti zaradi plazenja, izdelan na podlagi poudarjene vloge litologije. 146
Slika 82: Zemljevid ogroženosti zaradi plazenja, izdelan na podlagi poudarjene vloge naklonov 147
Slika 83: Zemljevid ogroženosti zaradi plazenja, izdelan na podlagi poudarjene vloge gozda. 148
Slika 84: Zemljevid ogroženosti zaradi plazenja, izdelan na podlagi uravnoteženega vrednotenja litologije, naklonov in gozda. 149
Slika 85: Zemljevid geomorfnih procesov v občini Kobarid, izdelan z deterministično metodo (Natek, Komac, Zorn 2003). 150
Slika 86: Metoda izdelave kart ogroženosti zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov po metodi matrik (Zorn, Komac 2005). 151
Slika 87: Zemljevid plazovitosti in podornosti za Zgornjo Savinjsko dolino. 153
Slika 88: Izsek z zemljevida plazovitosti in podornosti za Zgornjo Savinjsko dolino, ki prikazuje prilagojenost tradicionalne poselitve naravnim razmeram. 158
Slika 89: Zemljevid plazovitosti katastrske občine Medana, izdelan z deterministično metodo. 164
Slika 90: Zemljevid plazovitosti katastrske občine Medana, izdelan s probabilistično metodo. 164
Slika 91: Razmerje med intenzivnostjo in verjetnostjo pojavljanja naravnih nesreč (Petje 2004, 160). 171
Slika 92: Izgube ob nesrečah zaradi drobirskih tokov, ki so jih med letoma 1938 in 1981 na Japonskem povzročale obilne padavine ob tajfunih. 172
Slika 93: Število uničenih stavb in škoda zaradi zemeljskih plazov v hriboviti okolici Los Angelesa v Združenih državah Amerike. 172
Slika 94: Diagram aktivnosti po naravni nesreči. 174
Slika 95: Reka Jordan. 177
Slika 96: »Vulkanska eksplozija« na Dobraču (Zorn 2001, 83). 184

# 13 SEZNAM PREGLEDNIC

Preglednica 1: Geomorfni procesi (Zorn, Komac 2002). 14–15
Preglednica 2: Vrste erozije. 22
Preglednica 3: Specifično sproščanje gradiva in erozijsko zniževanje površja v Sloveniji (Komac, Zorn 2005a). 23
Preglednica 4: Sproščanje in specifično sproščanje gradiva ter erozijsko zniževanje površja po kategorijah rabe tal v Sloveniji (Komac, Zorn 2005a). 24
Preglednica 5: Rezultati meritev erozije prsti na poskusni postaji Smast v dolini Soče na rjavih pokarbonatnih prsteh in poskusnih zemljiščih z velikostjo 50 $m^2$, izvedenih od 1. 10. 1972 do 27. 7. 1977 (Horvat, Zemljič 1998, 422), ob povprečni letni količini padavin 2699 mm (Zupančič 1995, 99). 24
Preglednica 6: Letne izgube prsti na poskusnem polju v Latkovi vasi v vzhodnem delu srednje Slovenije med letoma 1997 in 1998. Podatke so pridobili na hmeljišču s peščeno-ilovnato prstjo na podlagi modela GLEAMS 2.1 (Zupanc, Pintar, Mikoš 2000, 109). 25
Preglednica 7: Delež površine Mirnske doline v jugovzhodni Sloveniji, ki jih zajemajo posamezne stopnje erozije prsti po reliefnih enotah na leto. Erozija prsti je bila izračunana s pomočjo Weischmeier-Smithove (USLE) enačbe in digitalnega modela višin (Topole 1998, 83). 25
Preglednica 8: Primerjava rezultatov Gavrilovićeve in RUSLE metode za različno rabo tal v porečja Dragonje v jugozahodni Sloveniji (Petkovšek 2002, 133–141). Meritve so izvedli na evtrični rjavi prsti na flišu. 26
Preglednica 9: Kvantitativna opredelitev porušitev skalnih gmot (Zemljič, Horvat 1999, 208; Šneberger 1999, 4; Zorn, Komac 2002, 13). 46
Preglednica 10: Nekateri večji skalni podori (Erismann, Abele 2001, 9). 46
Preglednica 11: Okvirni prikaz sproščene kinetične energije pri prostem padanju apnenčastih skalnih blokov (Zorn 2001, 100). 50
Preglednica 12: Kinetična energija vozila z maso 1000 kg in specifično maso 2000 kg na $m^3$ pri trku z določeno hitrostjo (Zorn 2001, 100). 50
Preglednica 13: Pogoji za kotaljenje poligonalne prizme (Petje, Mikoš, Majes 2006, 401). 50
Preglednica 14: Značilni strižni koti in kohezivnost gradiva (Hoek, Bray 1977, 23). 54
Preglednica 15: Razmerje med dolžino transporta podornega gradiva in njegovo prostornino (Hütschler 1981, 20). 72
Preglednica 16: Razmerje med kotom gibanja (Petje, Ribičič, Mikoš 2005, 116) in prostornino podornega gradiva (Hütschler 1981, 20). 73
Preglednica 17: Opisi trdnih kamnin in preperine na inženirsko-geološki karti Slovenije (Ribičič, Vidrih 1998b, 99). 75
Preglednica 18: Pojavi v naravi, ki se sprožijo ob določeni intenziteti potresa: • – območje največje uporabnosti za določitev intenzitete, ○ – intenzitete, tudi značilne za pojav (Vidrih, Ribičič 1998, 391; Vidrih, Ribičič 1999, 110). 75
Preglednica 19: Nekateri podatki o kritičnih količinah padavin, potrebnih za plazenje (Komac 2005b, 264). 96
Preglednica 20: Mejne količine dnevnih padavin za izbrane litostratigrafske enote (prirejeno po Komac 2005b, 277). 97
Preglednica 21: Pomembnejši parametri večjih zemeljskih plazov v Sloveniji. 102
Preglednica 22: Dolžina in širina usadov oziroma usadnih kotanj v Halozah (Natek 1990b, 12). 110
Preglednica 23: Dolžina premika usadov in mesto zaustavitve glavnine gmote (Natek 1990b, 14). 111

Preglednica 24: Tipi premikanja usadov v Halozah (Natek 1990b, 14). 111
Preglednica 25: Naklon pobočij na območjih z usadi v porečju Lahomnice (Gabrovec, Brečko 1990, 17). 112
Preglednica 26: Poglavitne značilnosti drobirskega toka. 124
Preglednica 27: Plazovita območja glede na različno ponderiranje vplivnih dejavnikov. 144
Preglednica 28: Stavbe na ogroženih območjih glede na različno ponderiranje vplivnih dejavnikov. 145
Preglednica 29: Površina porečja po naklonskih razredih in prevladujoči geomorfni procesi (Zorn, Komac 2004b) 152
Preglednica 30: Površina plazovitih in podornih območij (Zorn, Komac 2004b). 154
Preglednica 31: Površina kategorij ogroženosti pozidanih območij in njihove bližnje okolice zaradi zemeljskih plazov (Zorn, Komac 2004b). 154
Preglednica 32: Površina kategorij ogroženosti pozidanih območij in njihove bližnje okolice zaradi skalnih podorov (Zorn, Komac 2004b). 155
Preglednica 33: Površina kategorij ogroženosti državnih cest in njihove bližnje okolice zaradi zemeljskih plazov v ha (Zorn, Komac 2004b). 155
Preglednica 34: Površina kategorij ogroženosti državnih cest in njihove bližnje okolice zaradi skalnih podorov v ha (Zorn, Komac 2004b). 155
Preglednica 35: Površina kategorij ogroženosti po kategorijah rabe tal zaradi zemeljskih plazov (Zorn, Komac 2004b). 156
Preglednica 36: Površina kategorij ogroženosti po kategorijah rabe tal zaradi skalnih podorov (Zorn, Komac 2004b). 156
Preglednica 37: Površina kategorij ogroženosti vodotokov zaradi zemeljskih plazov v ha (Zorn, Komac 2004b). 157
Preglednica 38: Površina kategorij ogroženosti vodotokov zaradi skalnih podorov v ha (Zorn, Komac 2004b). 157
Preglednica 39: Površina ogroženih območij (Zorn, Komac 2004b). 158
Preglednica 40: Dobre in slabe strani metode matrik: + dobra stran metode, – slaba stran metode, [a] do zdaj zemljevid, ki bi lahko napovedoval čas nastanka procesov, še ni bil izdelan (Zorn in Komac 2004b). 158
Preglednica 41: Primerjava deterministične in probabilistinče metode ([a] uporabili smo podatke o padavinah z znano povratno dobo, ki so sprožile zemeljske plazove; [b] ob predpostavki, da so kartografske podlage na razpolago in že pripravljene za uporabo). 160
Preglednica 42: Naklon površja kot omejitev za delovanje človeka (Natek 1983, 50 in 67). 162
Preglednica 43: Plazovitost poseljenih območij v južnih Goriških brdih. 162
Preglednica 44: Značilnosti območij ogroženosti zaradi zemeljskih plazov, prikazanih na zemljevidu ogroženosti, in predvideni ukrepi (Mikoš in ostali 2004, 94–95). 170
Preglednica 45: Škoda zaradi zemeljskih plazov in usadov med letoma 1994 in 2003 in njen delež v primerjavi s škodo zaradi naravnih nesreč v Republiki Sloveniji: [a] kljub večkratnim prošnjam od ministrstva, pristojnega za sanacije naravnih nesreč, nismo dobili prostorsko in časovno natančnejših podatkov (Drsenje tal … 2006). 173
Preglednica 46: Predvidena, sprejeta in porabljena sredstva za izvedbo ukrepov za odpravo posledic, preprečitev širjenja in ustalitev zemeljskih plazov ter primerjava z BDP v Republiki Sloveniji (Predlog … 2005). 173

**Seznam knjig iz zbirke Geografija Slovenije**

1 Milan Natek, Drago Perko: 50 let Geografskega inštituta Antona Melika ZRC SAZU
2 Jerneja Fridl: Metodologija tematske kartografije nacionalnega atlasa Slovenije
3 Drago Perko: Analiza površja Slovenije s stometrskim digitalnim modelom reliefa
4 Uroš Horvat: Razvoj in učinki turizma v Rogaški Slatini
5 Mimi Urbanc: Kulturne pokrajine v Sloveniji
6 Miha Pavšek: Snežni plazovi v Sloveniji
7 Maja Topole: Geografija občine Moravče
8 Drago Kladnik, Marjan Ravbar: Členitev slovenskega podeželja
9 Damir Josipovič: Dejavniki rodnostnega obnašanja v Sloveniji
10 Irena Rejec Brancelj, Aleš Smrekar, Drago Kladnik: Podtalnica Ljubljanskega polja
11 Franci Petek: Spremembe rabe tal v slovenskem alpskem svetu
12 Aleš Smrekar: Zavest ljudi o pitni vodi
13 Blaž Komac: Dolec kot značilna oblika dolomitnega površja
14 Drago Kladnik: Podomačena tuja zemljepisna imena v slovenskih atlasih sveta
15 Blaž Komac, Matija Zorn: Pobočni procesi in človek



**Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU**
Naslov: Gosposka ulica 13, 1000 Ljubljana, Slovenija
Faks: +386 (0)1 425 77 93
Telefon: +386 (0)1 470 63 50
E-pošta: gi@zrc-sazu.si
Medmrežje: http://www.zrc-sazu.si/giam

Inštitut je leta 1946 ustanovila Slovenska akademija znanosti in umetnosti in ga leta 1976 poimenovala po akademiku dr. Antonu Meliku (1890–1966). Od leta 1981 je sestavni del Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti. Leta 2002 sta se inštitutu priključila Inštitut za geografijo, ki je bil ustanovljen leta 1962, in Zemljepisni muzej Slovenije, ki je bil ustanovljen leta 1946. Ima oddelke za fizično geografijo, socialno geografijo, regionalno geografijo, naravne nesreče, varstvo okolja, geografski informacijski sistem in tematsko kartografijo, zemljepisno knjižnico in zemljepisni muzej ter sedež Komisije za standardizacijo zemljepisnih imen Vlade Republike Slovenije.
Ukvarja se predvsem z geografskimi raziskavami Slovenije in njenih pokrajin ter pripravljanjem temeljnih geografskih knjig o Sloveniji. Sodeluje pri številnih domačih in mednarodnih projektih, organizira znanstvena srečanja, izobražuje mlade raziskovalce, izmenjuje znanstvenike. Izdaja znanstveno revijo Acta geographica Slovenica/Geografski zbornik ter znanstveni knjižni zbirki Geografija Slovenije in Georitem. V sodih letih izdaja monografije Geografski informacijski sistemi v Sloveniji, v lihih letih pa monografije Regionalni razvoj v Sloveniji.

GEOGRAFIJA SLOVENIJE 15



ISBN 978-961-254-027-2

