

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Matjaž GUČEK

**OPREDELITEV GOZDNIH OBMOČIJ S
POUDARJENO VAROVALNO IN ZAŠČITNO
FUNKCIJO**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Matjaž GUČEK

**OPREDELITEV GOZDNIH OBMOČIJ S POUJARJENO VAROVALNO
IN ZAŠČITNO FUNKCIJO**

MAGISTRSKO DELO

**IDENTIFICATION OF FOREST AREAS WITH INDIRECT AND
DIRECT PROTECTION FUNCTION**

MASTER OF SCIENCE THESIS

Ljubljana, 2016

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete z dne 31. 03. 2014 je bilo potrjeno, da kandidat izpolnjuje pogoje za magistrski Univerzitetni podiplomski študij Varstva okolja ter opravljanje magisterija znanosti. Za mentorja je bil imenovan prof. dr. Andrej Bončina.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Jurij Diaci,
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član: prof. dr. Andrej Bončina,
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član: prof. dr. Matjaž Mikoš,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za okoljsko gradbeništvo

Datum zagovora: 23. 3. 2016

Podpisani izjavljam, da je magistrsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na Univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Matjaž GUČEK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

| | |
|----|--|
| ŠD | Md |
| DK | GDK 615:627.1(043.2.)=163.6 |
| KG | varovalni gozd/padajoče kamenje/snežni plazovi/modeliranje/gozdnogospodarsko načrtovanje/gospodarjenje z gozdovi/osrednje do vzhodne Karavanke |
| AV | GUČEK, Matjaž, univ. dipl. inž. gozd. |
| SA | BONČINA, Andrej (mentor) |
| KZ | SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101 |
| ZA | Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Univerzitetni podiplomski študij Varstva okolja |
| LI | 2016 |
| IN | OPREDELITEV GOZDNIH OBMOČIJ S POUДАРJENO VAROVALNO IN ZAŠČITNO FUNKCIJO |
| TD | Magistrsko delo |
| OP | XIV, 130 str., 43 pregl., 48 sl., 2 pril., 176 vir. |
| IJ | sl |
| JI | sl/en |

AI Na območju gozdnogospodarskih enot Tržič in Jezersko smo določili območja s poudarjeno funkcijo varovanja gozdnih zemljišč in sestojev ter zaščitno funkcijo gozda. Območja s poudarjeno zaščitno funkcijo pred padajočim kamenjem in snežnimi plazovi smo določili na podlagi kriterijev, ki jih uporabljajo v srednjeevropskih državah. Najprej smo določili območja naravnih nevarnosti z največjim dosegom in potencialno ogroženo infrastrukturo, ki se nahaja v teh območjih (stavbe, javne ceste, območje smučišča). Gozdu, ki leži med virom naravne nevarnosti (npr. virom padajočega kamenja, območjem proženja snežnih plazov) in ogroženo infrastrukturo (npr. cesto, stavbo) smo opredelili zaščitno funkcijo in določili stopnjo naravne nevarnosti. Območja s poudarjeno varovalno funkcijo smo glede na veljavne kriterije za valorizacijo gozdnega prostora določili na podlagi digitalnega modela višin (12,5 m x 12,5 m) in razpoložljivih strokovnih podlag. Prostorske analize smo izvedli v programih MapInfo 10.5 in ArcGIS 10.0, za delo pa uporabili razpoložljive prostorske podatke (npr. kataster snežnih plazov, pedološko karto območja največje višine snežne odeje). Ugotovili smo, da je površina območja s poudarjeno varovalno funkcijo za 80 %, površina območij z zaščitno funkcijo pa za 46 % večja od površin, ki so bile določene s karto funkcij Zavoda za gozdove Slovenije. V predelih s poudarjeno zaščitno funkcijo pred padajočim kamenjem smo na podlagi sestojnih kazalnikov prikazali določanje primernosti stanja gozda za zaščito pred padajočim kamenjem in na podlagi odstopanja strukture sestojev od zelenega stanja predlagali prioritete za ukrepanje.

KEY WORD DOCUMENTATION

- DN Md
- DC FDC 615:627.1(043.2.)=163.6
- CX protection forest/rockfall/avalanche/forest management planning/management of protection forests/modeling/management of protection forest/central to east Karavanks
- AU GUČEK, Matjaž, univ. dipl. inž. gozd.
- AA BONČINA, Andrej (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, University Postgraduate Study Programme in Environmental Protection
- PY 2016
- TI IDENTIFICATION OF FOREST AREAS WITH INDIRECT AND DIRECT PROTECTION FUNCTION
- DT Master of Science Thesis
- NO XIV, 130 p., 43 tab., 48 fig., 2 ann., 176 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB We delineated forests with direct and indirect protection function in forest management units Tržič and Jezersko. We adopted the methodology of delineation of forests with direct protection function against rockfall and avalanches from other Central European countries. Firstly we modeled the maximum reach of natural hazards and identified infrastructure threatened by natural hazards. We assigned direct protection function and defined the level of risk to forests located between the source of natural hazards and endangered infrastructure. We delineated areas with indirect protection function on the basis of digital elevation model (12,5 x 12,5 m) and existing expert data of Non-forestry institutions (e.g. Pedologic map, lavine cadastre), taking into account the criteria from the Forest planning guidelines (Priročnik za ..., 2008). We used GIS software MapInfo 10.5 and ArcGIS 10.0 for spatial analysis. Elaborated maps of areas with direct and indirect protection function were compared with the Slovenia Forest Service maps. Comparison showed that surface of areas with indirect protection function was 80 % larger, and surface of areas with direct protection function 46 % larger than surface of areas with the same functions under Slovenia Forest Service maps. For areas with direct protection function, we proposed the procedure for assessing suitability of forest stands for protection against rockfalls according to the stand indicators, and recommended management priorities according to the deviation of current forest stand structure from the optimal one.

KAZALO VSEBINE

| | |
|---|------|
| Ključna dokumentacijska informacija..... | III |
| Key word documentation | IV |
| Kazalo vsebine | V |
| Kazalo preglednic..... | IX |
| Kazalo slik..... | XI |
| Okrajšave in kratice..... | XIII |
| Slovarček..... | XIV |
| | |
| 1 UVOD IN OPREDELITEV PROBLEMA | 1 |
| 1.1 CILJI RAZISKAVE..... | 3 |
| 1.2 RAZISKOVALNE HIPOTEZE:..... | 3 |
| 2 DOSEDANJA RAZISKOVANJA IN PREGLED OBJAV | 4 |
| 2.1 OPREDELITEV VAROVALNE IN ZAŠČITNE FUNKCIJE GOZDA..... | 4 |
| 2.2 NARAVNI PROCESI IN PREVENTIVNO OBVLADOVANJE TVEGANJA..... | 7 |
| 2.3 GOZD KOT ZAŠČITA PRED NARAVNIMI NEVARNOSTMI | 8 |
| 2.4 PADAJOČE KAMENJE..... | 11 |
| 2.4.1 Definicija..... | 11 |
| 2.4.2 Vzroki za nastanek podornih pojavov..... | 12 |
| 2.4.3 Učinek gozda na zmanjševanje nevarnosti padajočega kamenja..... | 12 |
| 2.4.4 Mehanska odpornost drevesnih vrst na padajoče kamenje | 14 |
| 2.4.5 Optimalna struktura gozdih sestojev za zaščito pred padajočim kamenjem..... | 15 |
| 2.4.6 Lociranje območij padajočega kamenja..... | 16 |
| 2.4.7 Ukrepanje..... | 17 |
| 2.5 SNEŽNI PLAZOVI | 18 |
| 2.5.1 Definicija, razdelitev in vzrok za pojav snežnih plazov | 18 |
| 2.5.2 Učinek gozda za zaščito pred snežnimi plazovi..... | 19 |
| 2.5.3 Zaviralni učinek gozda..... | 22 |
| 2.5.4 Optimalna struktura gozda za zaščito pred snežnimi plazovi | 22 |
| 2.5.5 Ukrepanje..... | 23 |
| 2.6 ZEMELJSKI PLAZOVI | 24 |
| 2.6.1 Definicija in razmejitev..... | 24 |
| 2.6.2 Vzroki za pojav plazenja..... | 25 |
| 2.6.3 Učinek gozda na nevarnost pred zemeljskimi plazovi | 26 |
| 2.6.3.1 Mehanska stabilizacija zaradi korenin..... | 27 |
| 2.6.3.2 Vpliv na hidrologijo tal | 29 |
| 2.6.3.3 Dodatna obtežba pobočja zaradi teže drevja | 30 |
| 2.6.3.4 Vpliv vetra na plazenje tal..... | 31 |
| 2.6.3.5 Zaželeno drevesne vrste na plazljivih območjih..... | 31 |
| 2.6.4 Optimalna struktura gozdnih sestojev za zaščito pred plazovi | 31 |
| 2.7 HUDOURNIKI | 33 |
| 2.7.1 Definicija in razmejitev..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 2.7.2 Vzroki za pojav hudournikov..... | 33 |
| 2.7.3 Učinek gozda na hudourniških območjih..... | 34 |
| 2.7.4 Optimalna struktura gozda za zaščito pred hudourniki..... | 34 |
| 2.7.5 Ukrepanje na hudourniških območjih..... | 34 |
| 3 MATERIAL IN METODE | 36 |
| 3.1 OBJEKT RAZISKAVE | 36 |
| 3.1.1 Prostorska umeščenost območja..... | 36 |
| 3.1.2 Hidrologija..... | 37 |
| 3.1.3 Geološke in talne značilnosti..... | 37 |
| 3.1.4 Klimatske značilnosti..... | 38 |
| 3.1.5 Demografske značilnosti..... | 40 |
| 3.1.6 Vegetacijske značilnosti..... | 41 |
| 3.1.7 Značilnosti gozdnih sestojev..... | 42 |
| 3.1.8 Območja s poudarjenimi funkcijami..... | 43 |
| 3.1.9 Lastništvo gozdov..... | 44 |
| 3.1.10 Značilnosti preteklega gospodarjenja z varovalnimi gozdovi..... | 44 |
| 3.1.11 Pomembni dogodki, povezani z naravnimi nesrečami..... | 45 |
| 3.1.11.1 Padajoče kamenje in skalni podori..... | 45 |
| 3.1.11.2 Snežni plazovi..... | 45 |
| 3.1.11.3 Hudourniki, drobirski tokovi in zemeljski plazovi..... | 45 |
| 3.2 METODE RAZISKOVANJA | 47 |
| 3.3 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV S POUДАРJENO ZAŠČITNO FUNKCIJO | 47 |
| 3.4 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV, KI ŠČITIJU PRED PADAJOČIM KAMENJEM ... | 49 |
| 3.4.1 Določanje območij nevarnosti padajočega kamenja..... | 50 |
| 3.4.1.1 Določanje virov padajočega kamenja..... | 50 |
| 3.4.1.2 Opredelitev (ogrožene) infrastrukture..... | 52 |
| 3.4.1.3 Določanje dosega padajočega kamenja in škodnega potenciala..... | 53 |
| 3.4.2 Določanje gozdov, ki ščitijo pred padajočim kamenjem..... | 55 |
| 3.4.3 Določanje stopnje ogroženosti pred padajočim kamenjem..... | 56 |
| 3.4.4 Določanje učinkovitosti gozda za zaščito pred padajočim kamenjem..... | 56 |
| 3.5 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV, KI ŠČITIJU PRED SNEŽNIMI PLAZOVI | 59 |
| 3.5.1 Določanje simulirane lavinske ogroženosti..... | 61 |
| 3.5.1.1 Naklon površja..... | 63 |
| 3.5.1.2 Rastje..... | 63 |
| 3.5.1.3 Ekspozicija..... | 64 |
| 3.5.1.4 Maksimalna višina snežne odeje..... | 65 |
| 3.5.1.5 Trajanje snežne odeje..... | 65 |
| 3.5.1.6 Nadmorska višina..... | 65 |
| 3.5.1.7 Podnebje..... | 66 |
| 3.5.2 Modeliranje lavinske ogroženosti..... | 66 |
| 3.5.2.1 Določanje stopnje naravne nevarnosti pred snežnimi plazovi..... | 67 |
| 3.6 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV S POUДАРJENO VAROVALNO FUNKCIJO | 67 |
| 3.6.1 Kriteriji za določanje območij s poudarjeno varovalno funkcijo..... | 67 |
| 3.6.1.1 Rastiščne enote..... | 68 |
| 3.6.1.2 Gozdno rastje nad zgornjo mejo strnjene gozda..... | 68 |

| | |
|--|----|
| 3.6.1.3 Naklon površja in kompaktnost podlage | 68 |
| 3.6.1.4 Gozdovi v hudourniških območjih z veliko gostoto erozijskih pojavov | 70 |
| 3.6.1.5 Gozdovi na zelo plitvih tleh in gozdovi s skalovitostjo oziroma kamnitostjo nad 70 % površine | 70 |
| 3.6.1.6 Gozdovi, ki preprečujejo ali zadržujejo snežne plazove | 71 |
| 3.6.1.7 Območje 10-letnih visokih vod | 71 |
| 3.6.2 Izdelava končnega sloja območij s poudarjeno varovalno funkcijo | 71 |
| 4 REZULTATI..... | 73 |
| 4.1 OBMOČJA GOZDOV, KI ŠČITILJO PRED PADAJOČEM KAMENJEM..... | 73 |
| 4.1.1 Določanje virov padajočega kamenja | 73 |
| 4.1.2 Območja infrastrukture | 75 |
| 4.1.3 Doseg padajočega kamenja..... | 76 |
| 4.1.4 Ogroženost infrastrukture | 77 |
| 4.2 OBMOČJA GOZDOV Z ZAŠČITNO FUNKCIJO PRED SNEŽNIMI PLAZOVI..... | 79 |
| 4.2.1 Določitev območij lavinske ogroženosti..... | 79 |
| 4.2.1.1 Območja lavinske ogroženosti glede na naklon površja | 79 |
| 4.2.1.2 Območja lavinske ogroženosti glede na rastje | 80 |
| 4.2.1.3 Območja lavinske ogroženosti glede na ekspozicijo..... | 80 |
| 4.2.1.4 Območja lavinske ogroženosti glede na trajanje snežne odeje..... | 81 |
| 4.2.1.5 Območja lavinske ogroženosti glede na maksimalno višino snežne odeje | 82 |
| 4.2.1.6 Območja lavinske ogroženosti glede na nadmorsko višino..... | 82 |
| 4.2.1.7 Območja lavinske ogroženosti glede na podnebje | 83 |
| 4.2.2 Simulacija lavinske ogroženosti..... | 84 |
| 4.2.2.1 Osnovna simulacija lavinske ogroženosti | 84 |
| 4.2.2.2 Tehtana simulacija lavinske ogroženosti..... | 86 |
| 4.2.2.3 Primerjave rezultatov osnovne in tehtane simulacije lavinske ogroženosti s katastrom plazov | 88 |
| 4.3 GOZDNA OBMOČJA S POUJARJENO ZAŠČITNO FUNKCIJO | 89 |
| 4.3.1 Določitev območij s poudarjeno zaščitno funkcijo..... | 89 |
| 4.3.2 Stopnje naravne nevarnosti..... | 90 |
| 4.3.3 Presoja ustreznosti strukture gozdnih sestojev za zaščito pred padajočim kamenjem...91 | |
| 4.4 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV S POUJARJENO VAROVALNO FUNKCIJO GOZDA..... | 92 |
| 4.4.1 Določitev območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na posamezne kriterije | 92 |
| 4.4.1.1 Določitev območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na rastiščne enote | 93 |
| 4.4.1.2 Določitev območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na naklon površja in kompaktnost podlage..... | 93 |
| 4.4.1.3 Določitev območij s poudarjeno varovalno funkcijo glede na plitvost in skalovitost tal | 95 |
| 4.4.1.4 Določitev območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcije glede na zadrževanje snežnih plazov | 95 |
| 4.4.1.5 Določitev območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na območja 10-letnih voda | 96 |
| 4.4.2 Določitev območja s poudarjeno varovalno funkcijo | 96 |
| 5 RAZPRAVA IN SKLEPI..... | 99 |

| | |
|--|-----|
| 5.1 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV S POUДАРJENO ZAŠČITNO FUNKCIJO GOZDA | 100 |
| 5.1.1 Območja gozdov, ki ščitijo pred padajočim kamenjem | 101 |
| 5.1.2 Območja gozdov, ki ščitijo pred snežnimi plazovi | 104 |
| 5.1.2.1 Določanje lavinske ogroženosti območja raziskave | 104 |
| 5.1.3 Izdelava končnega sloja območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo..... | 106 |
| 5.2 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV S POUДАРJENO VAROVALNO FUNKCIJO GOZDA | 109 |
| 5.3 PREKRIVANJE OBMOČIJ S POUДАРJENO ZAŠČITNO IN VAROVALNO FUNKCIJO GOZDA | 112 |
| 5.4 USMERITVE ZA DOLOČANJE GOZDOV S POUДАРJENO ZAŠČITNO IN VAROVALNO FUNKCIJO..... | 113 |
| 6 POVZETEK (SUMMARY) | 115 |
| 6.1 POVZETEK | 115 |
| 6.2 SUMMARY | 117 |
| 7 VIRI..... | 119 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|---|----|
| Preglednica 1: Kriteriji za določanje območij gozdov s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo po Priročniku (Priročnik za ..., 2008)..... | 5 |
| Preglednica 2: Pregled varstvenih objektov v gozdnem okolju (prirejeno po Mikoš, 2012)..... | 9 |
| Preglednica 3: Pozitivni in negativni učinki gozda na različnih območjih skalnih podorov (prirejeno po Frehner in sod., 2005; Dorren in sod., 2005; Stokes in sod., 2005)..... | 13 |
| Preglednica 4: Pozitivni in negativni učinki gozda na treh različnih območjih pojava snežnih plazov (prirejeno po Frehner in sod., 2005; Horvat, 1999; Horvat in Zemljič, 1998; Margreth, 2004; Viglietti in sod., 2009)..... | 20 |
| Preglednica 5: Primerjava plitvih plazov s srednje globokimi in globokimi plazovi (prirejeno po Frehner in sod., 2007a)..... | 25 |
| Preglednica 6: Štiri možne interakcije med drevesnimi koreninami in podlago (glej Slika 5); ϕ je kot notranjega trenja (prirejeno po Rickli, 2001)..... | 29 |
| Preglednica 7: Kvantifikacija mase tal, količine vode in mase dreves na hektar (Beinsteiner, 1981)..... | 30 |
| Preglednica 8: Ciljni profil za gozdove, ki ščitijo pred plazovi, površinsko erozijo in drobirskimi tokovi – primer iz Švice (prirejeno po Frehner in sod., 2007a)..... | 32 |
| Preglednica 9: Deleži gozdnih združb v raziskovalnem območju ločeno po GGE (vir: Prostorski informacijski sistem ZGS ..., 2014)..... | 41 |
| Preglednica 10: Struktura lastništva gozdov v območju raziskave..... | 44 |
| Preglednica 11: Kritični odseki v hudourniškem območju Tržiške Bistrice in Kokre (prirejeno po Horvat, 2001a)..... | 46 |
| Preglednica 12: Območja naravnih nevarnosti oziroma potencialna območja naravnih nevarnosti v Občini Tržič (prirejeno po Občinski ..., 2010)..... | 46 |
| Preglednica 13: Mejne vrednosti geometrijskega kota β in pripadajoča verjetnost pojava padajočega kamenja..... | 55 |
| Preglednica 14: Sestojni kazalniki za oceno učinkovitosti zaščite pred padajočim kamenjem..... | 57 |
| Preglednica 15: Koeficienti statistične obdelave..... | 58 |
| Preglednica 16: Multivariatni regresijski modeli za kazalnike učinkovitosti strukture gozdnih sestojev za zaščito pred padajočim kamenjem..... | 58 |
| Preglednica 17: Izsek iz oblikovane podatkovne baze..... | 59 |
| Preglednica 18: Mejne vrednosti dejavnikov za razvrstitev območij v tri stopnje lavinske ogroženosti..... | 62 |
| Preglednica 19: Razvrstitev matičnih podlag, navedenih v podatkih pedološke karte, v kompaktne in erodibilne podlage..... | 69 |
| Preglednica 20: Število in površina osnovnih virov padajočega kamenja..... | 74 |
| Preglednica 21: Število in površina dopoljenih virov padajočega kamenja..... | 74 |
| Preglednica 22: Infrastruktura in stavbe v območju raziskave..... | 75 |
| Preglednica 23: Površine ogroženosti pred padajočim kamenjem glede na osnovni vir padajočega kamenja..... | 76 |
| Preglednica 24: Površine ogroženosti pred padajočim kamenjem glede na dopolnjene vire padajočega kamenja..... | 77 |

| | |
|---|-----|
| Preglednica 25: Ogroženo število stavb in ogrožena dolžina javnih cest pred padajočim kamenjem glede na osnovne vire padajočega kamenja..... | 78 |
| Preglednica 26: Ogroženost infrastrukture in stavb pred padajočim kamenjem glede na dopoljene vire padajočega kamenja | 78 |
| Preglednica 27: Lavinska ogroženost raziskovalnega območja glede na osnovno simulacijo z upoštevanjem učinka rastja | 85 |
| Preglednica 28: Lavinska ogroženost raziskovalnega območja glede na osnovno simulacijo brez upoštevanja učinka rastja..... | 85 |
| Preglednica 29: Lavinska ogroženost raziskovalnega območja glede na tehtano simulacijo z upoštevanjem učinka rastja | 86 |
| Preglednica 30: Lavinska ogroženost raziskovalnega območja glede na tehtano simulacijo brez upoštevanja učinka rastja..... | 88 |
| Preglednica 31: Odstotek prekrivanja površin katastra snežnih plazov s površinami iz osnovne in tehtane simulacije po stopnjah ogroženosti..... | 88 |
| Preglednica 32: Območja gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo glede na naravno nevarnost | 90 |
| Preglednica 33: Struktura površin s poudarjeno zaščitno funkcijo po stopnjah naravne nevarnosti | 91 |
| Preglednica 34: Ustreznost strukture gozdnih sestojev za zaščito pred padajočim kamenjem | 91 |
| Preglednica 35: Delež površine gozdov v raziskovalnem območju glede na ustreznost za zaščito pred padajočim kamenjem..... | 91 |
| Preglednica 36: Območja s poudarjeno varovalno funkcijo glede rastišče | 93 |
| Preglednica 37: Območja gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na naklon površja in kompaktnost podlage..... | 94 |
| Preglednica 38: Območja gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na plitvost tal in skalovitost | 95 |
| Preglednica 39: Območja gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na zadrževanje snežnih plazov | 96 |
| Preglednica 40: Struktura površine gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo gozda glede na kriterij opredelitve | 97 |
| Preglednica 41: Razdelitev površin gozdov z varovalno funkcijo po številu dejavnikov, ki opredeljujejo izločitev | 98 |
| Preglednica 42: Primerjava površin gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo s podatki ZGS | 107 |
| Preglednica 43: Primerjava površin gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo s podatki ZGS | 112 |

KAZALO SLIK

| | |
|--|----|
| Slika 1: Prikaz treh območij naravne nevarnosti (podatki o naklonih povzeti po Frehner in sod., 2007a)..... | 10 |
| Slika 2: Vpliv temeljnice gozdnega sestoja na ostanek nevarnosti padajočega kamenja (prirejeno po Dorren in Berger, 2006) | 16 |
| Slika 3: Shematski prikaz interakcije med plazovi in gozdom nad, med in pod gozdno mejo (prirejeno po Margreth, 2004)..... | 20 |
| Slika 4a in b: Prikaz sil, ki delujejo na pobočju in potek nastanka razpok v tleh (prirejeno po Zhou in sod., 1998; Watson in sod., 1999; Stokes, 2002). | 28 |
| Slika 5: Prikaz interakcij med rastlinjem, podlago, skalami in vodo (prirejeno po Steinacher in sod., 2009) | 28 |
| Slika 6: Pregledna karta območja raziskovanja..... | 36 |
| Slika 7: Povprečna letna temperatura na proučevanem območju v obdobju 1971–2000 (vir podatkov za izdelavo prikaza: Vreme podrobneje, 2013)..... | 38 |
| Slika 8: Povprečna letna količina padavin na proučevanem območju v obdobju 1971 – 2000 (vir podatkov za izdelavo prikaza: Vreme podrobneje, 2013)..... | 39 |
| Slika 9: Klimogram Golnik (podatki za obdobje 1961-1977) in klimogram Zgornje Jezersko (podatki za obdobje 1961-1981, vir za pripravo klimogramov: Vreme podrobneje, 2013) | 40 |
| Slika 10: Diagram poteka raziskave | 47 |
| Slika 11: Shematski prikaz postopka določanja površin gozda s poudarjeno zaščitno funkcijo..... | 49 |
| Slika 12: Izris sloja skal oziroma osnovnih virov padajočega kamenja na podlagi TTN 5/10 | 51 |
| Slika 13: Postopek določanja območij dopoljenih virov padajočega kamenja | 52 |
| Slika 14: Princip energijske linije (prirejeno po Berger in sod., 2013)..... | 54 |
| Slika 15: Postopek določanja karte škodnega potenciala po stopnjah ogroženosti..... | 55 |
| Slika 16: Potrebne grafične podlage in diagram določanja potencialnih predelov proženja snežnih plazov | 62 |
| Slika 17: Prikaz razdelitve območij v razrede lavinske ogroženosti glede na naklon..... | 63 |
| Slika 18: Prikaz razdelitve območij v razrede lavinske ogroženosti glede na ekspozicijo pobočja. | 64 |
| Slika 19: Prikaz razdelitve območij v razrede lavinske ogroženosti glede na nadmorsko višino | 66 |
| Slika 20: Diagram poteka določitve območij z varovalno funkcijo na podlagi naklona in kompaktnosti matične podlage..... | 70 |
| Slika 21: Karta območij osnovnih virov padajočega kamenja | 73 |
| Slika 22: Karta dopoljenih virov padajočega kamenja..... | 74 |
| Slika 23: Karta infrastrukture in stavb po pomembnosti..... | 75 |
| Slika 24: Območja dosega padajočega kamenja glede na osnovne vire padajočega kamenja | 76 |

| | |
|--|-----|
| Slika 25: Območja dosega padajočega kamenja glede na dopolnjene vire padajočega | 77 |
| Slika 26: Karta lavinske ogroženosti glede na naklon površja..... | 79 |
| Slika 27: Karta lavinske ogroženosti glede na rastje..... | 80 |
| Slika 28: Karta lavinske ogroženosti glede na ekspozicijo | 81 |
| Slika 29: Karta lavinske ogroženosti glede na trajanje snežne odeje | 81 |
| Slika 30: Karta lavinske ogroženosti glede na maksimalno višino snežne odeje..... | 82 |
| Slika 31: Karta lavinske ogroženosti glede na nadmorsko višino | 83 |
| Slika 32: Karta lavinske ogroženosti glede na podnebne tipe..... | 83 |
| Slika 33: Karta lavinske ogroženosti na podlagi osnovne simulacije z upoštevanjem učinka rastja | 84 |
| Slika 34: Karta lavinske ogroženosti na podlagi osnovne simulacije brez upoštevanja učinka rastja | 86 |
| Slika 35: Karta lavinske ogroženosti na podlagi tehtane simulacije z upoštevanjem učinka rastja . | 87 |
| Slika 36: Karta lavinske ogroženosti na podlagi tehtane simulacije brez upoštevanja učinka rastja | 87 |
| Slika 37: Gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo | 89 |
| Slika 38: Gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo glede na vrsto naravne nevarnosti | 90 |
| Slika 39: Ustreznost strukture gozda za zaščito pred padajočim kamenjem..... | 92 |
| Slika 40: Območja gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na gozdne združbe | 93 |
| Slika 41: Območja z naklonom $> 25^\circ$ na erodibilni podlagi | 94 |
| Slika 42: Območja z naklonom $> 35^\circ$ na kompaktni podlagi..... | 94 |
| Slika 43: Združena območja s poudarjeno varovalno funkcijo glede na naklon površja in kompaktnost podlage | 94 |
| Slika 44: Območja z zelo plitvimi tlemi..... | 95 |
| Slika 45: Območja s skalovitostjo oz. kamnitostjo nad 70 % površine..... | 95 |
| Slika 46: Območja gozdov, ki preprečujejo ali zadržujejo snežne plazove | 96 |
| Slika 47: Karta gozdov z varovalno funkcijo gozda | 97 |
| Slika 48: Potek posploševanja podatkov, prikazan na primeru območja Kriške gore..... | 111 |

OKRAJŠAVE IN KRATICE

ARSO – Agencija republike Slovenije za okolje

DMV 12,5 – digitalni model višin z osnovno celico velikosti 12,5 x 12,5 m

DOF5 – digitalni ortofoto načrt merila 1 : 5000

EPO – ekološko pomembno območje

GJI – gospodarska javna infrastruktura

GGE – gozdnogospodarska enota

GGN – gozdnogospodarski načrt

GGO – gozdnogospodarsko območje

GIS – geografski informacijski sistemi

GURS – Geodetska uprava republike Slovenije

MTFD – mean tree free distance

MTH – mean tree height

OPN – občinski prostorski načrt

TTN5 – temeljni topografski načrt v merilu 1 : 5000

TTN10 – temeljni topografski načrt v merilu 1 : 10.000

ZGS – Zavod za gozdove Slovenije

SLOVARČEK

Gozd s poudarjeno varovalno funkcijo gozda – območja gozdov, kjer zaradi skrajnostnih razmer gozd varuje rastišče in njegovo okolico pred posledicami vseh vrst erozijskih procesov. V tujini se občasno uporablja izraz *indirect protection function*.

Gozd s poudarjeno zaščitno funkcijo gozda – območja gozdov, ki ščitijo infrastrukturo, stavbe ali človeka pred pobočnimi procesi, kot so npr. padajoče kamenje, snežni plazovi. V tujini se občasno uporablja izraz *direct protection function*.

Varovalni gozd – izraz smo uporabili za skupno pojmovanje območij, ki imajo poudarjeno zaščitno in varovalno funkcijo gozda. Takšno pojmovanje je v tuji literaturi najpogostejše.

Kategorija varovalni gozd – izraz smo uporabljali, ko smo hoteli poudariti, da gre za predele, ki so po Uredbi o varovalnih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom določeni kot posebna kategorija gozda.

1 UVOD IN OPREDELITEV PROBLEMA

Gospodarjenje z gozdovi v Republiki Sloveniji je zasnovano na načelih trajnosti, sonaravnosti in večnamenskosti. Načrtno delo z gozdovi zagotavlja njihovo trajno ohranjanje, hkrati pa tudi zagotavljanje vseh funkcij gozda (Resolucija o nacionalnem gozdnem programu, 2007). Trajnostno gospodarjenje zagotavlja trajnost gozda ter njegovih ekonomskih, okoljskih in socialnih učinkov, kar zahteva usklajevanje med različnimi zahtevami in možnostmi. Cilji sonaravnega gospodarjenja so zagotavljati stalno produkcijo, z največjo možno količino kvalitetnega lesa, izpolnjevati varovalne in socialne funkcije z racionalnimi stroški in ohraniti ali celo povečati rastiščne potenciale (Waldwirtschaft ..., 1991). Pri večnamenskem gospodarjenju zagotavljamo različne učinke gozda hkrati, vendar vsi učinki gozda praviloma niso enako pomembni, zato pri izbiri ukrepov upoštevamo najpomembnejše. V gozdovih s poudarjenimi varovalnimi funkcijami se tako ukrepi za krepitev varovalnih funkcij razlikujejo od ukrepov za krepitev drugih splošnokoristnih funkcij (Anko, 1987).

Pomen gozdov za ljudi je različen in se v času tudi spreminja. Ljudje so že zelo zgodaj spoznali varovalni pomen gozda (Motta in Haudemand, 2000); varovalne funkcije pa so bile med prvimi nelesnimi gozdnimi funkcijami, ki so jih upoštevali pri načrtnem gospodarjenju z gozdovi (Bončina, 2009). Glede na preambulo Protokola o izvajanju Alpske konvencije na področju gorskega gozda se Slovenija kot podpisnica zaveda pomena gozda v gorskih območjih kot najučinkovitejšega, najgospodarnejšega in krajinski podobi najprimernejšega varstva pred erozijo, poplavami, snežnimi in zemeljskimi plazovi, hudourniki ter padajočim kamenjem. Cilj protokola je ohranjanje in po potrebi razvoj gozdov, povečanje gozdnosti in izboljšanje stabilnosti gorskega gozda (Protokol ..., 1996). Tudi v Resoluciji o nacionalnem gozdnem programu (2007) je izpostavljena nenadomestljiva vloga gozda pri varovanju tal na strmih legah, kjer gozd ščiti nižje ležeča zemljišča in objekte pred naravnimi nevarnostmi.

V Sloveniji sta med sedemnajstimi zakonsko opredeljenimi funkcijami dve povezani z varovalnimi funkcijami gozda, in sicer 1) funkcija varovanja gozdnih zemljišč in sestojev (v nadaljevanju varovalna funkcija) in 2) zaščitna funkcija. Predeli z izjemno poudarjeno varovalno ali katero drugo ekološko funkcijo so z Uredbo o varovalnih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom opredeljeni s kategorijo »varovalni gozd«, za njih je določen poseben režim gospodarjenja.

Gozdovi imajo velik varovalni pomen v Alpских deželah, kjer sta tradicionalno razvita načrtovanje in gospodarjenje v varovalnih gozdovih. V Nemčiji so leta 1974 pripravili smernice za kartiranje in ukrepanje v varovalnih gozdovih (Leitfaden zur ..., 1974). V Švici so v okviru projekta SilvaProtect-CH (2004) določili gozdove, ki varujejo pred različnimi nevarnostmi; pozneje, leta 2005, so v okviru projekta NaiS izdelali smernice za gospodarjenje v varovalnih gozdovih. Podobna navodila za gospodarjenje in spremljavo stanja gozdov s poudarjenimi varovalnimi funkcijami (*Guide des sylvicultures de montagne*) so izdali tudi v Franciji (Gauquelin in Courbaud, 2006). Pri nas je bilo leta 1987 v zborniku Varovalnost gozda v Sloveniji (Anko, 1987) ugotovljeno, da je treba pripraviti

strokovne smernice za krepitev varovalnih funkcij, ki bodo konkretno in razumljivo določale ukrepe za varovanje, vzdrževanje in krepitev varovalnih funkcij gozda. V Nacionalnem gozdnem programu (2007) je navedeno, da je treba preveriti območja varovalnih gozdov, območja s poudarjenimi varovalnimi funkcijami in ogrožena območja po predpisih o vodah, ter pripraviti usmeritve za ravnanje z gozdovi na teh območjih. V letu 2012 se je zaključil aplikativni raziskovalni projekt Varovalni gozdovi: razvojne zakonitosti, ocena tveganja, usklajevanje gojenja gozdov in tehnologij izkoriščanja (Diaci in sod., 2012b), ki je zopet opozoril na pomanjkljivosti in nakazal možnosti za nadgradnjo sistema načrtovanja in upravljanja gozdov s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo.

Pri načrtovanju gospodarjenja z gozdovi s poudarjenimi varovalnimi funkcijami sta v ospredju predvsem dve nalogi: 1) valorizirati gozdna območja s poudarjenimi varovalnimi in zaščitnimi funkcijami in 2) določiti ter izvajati ukrepe za krepitev varovalnih funkcij.

Ugotavljamo, da sta načrtovanje in gospodarjenje z gozdovi s poudarjenimi varovalnimi funkcijami v Sloveniji pomanjkljiva, zato ju je nujno treba dopolniti in izboljšati. Problematična je opredelitev območij z varovalnimi funkcijami gozda, in sicer terminološko (razlikovanje med gozdovi s poudarjeno varovalno in gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo), predvsem pa konceptualno, saj se območja z zaščitno in območja z varovalno funkcijo lahko deloma ali popolnoma prekrivajo (Guček in sod., 2012). Slednje poraja vprašanje o smiselnosti prikazovanja obeh funkcij.

Pomanjkljivost sedanjega določanja območij s poudarjeno varovalno, predvsem pa območij s poudarjeno zaščitno funkcijo, je v tem, da zanje ni znano, zaradi katere naravne nevarnosti so takšna območja določena. Vrsta naravne nevarnosti (npr. snežni plazovi, zemeljski plazovi, padajoče kamenje) je namreč pomembno izhodišče za določanje zelene strukture gozdnih sestojev in načrtovanje ustreznih ukrepov (Frehner in sod., 2007a).

Opazna slabost je tudi, da v gozdnogospodarskih načrtih niso opredeljene prioritete ukrepanja znotraj območij s poudarjenima varovalno in zaščitno funkcijo. Tako so pogosto določene splošne smernice za vse valorizirane gozdove, čeprav sta vrsta in nujnost ukrepanja znotraj območij glede na stanje gozdov in ogroženost lahko pomembno različna.

Tudi pri gospodarjenju z gozdovi s poudarjenimi varovalnimi in zaščitnimi funkcijami so opazne mnoge slabosti (Diaci in sod., 2012a; Diaci in sod., 2012b; Guček in sod., 2012). V nekaterih gozdnih območjih s poudarjenimi varovalnimi in zaščitnimi funkcijami je ukrepanje zaradi nedostopnosti ali drugih razlogov praktično nemogoče, vendar ta območja v načrtih sploh niso jasno razmejena. V gozdovih s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo izvajanje ukrepov ni obvezujoče. Poleg tega so takšni gozdovi pogosto na območjih skrajnostnih rastiščnih razmer (npr. velik naklon, plitva tla, velika stopnja skalovitosti). Že gozdna inventura na teh območjih, predvsem pa izvedba ukrepov, sta zahtevni in tudi zelo nevarni. Tudi zato je aktivno ukrepanje zelo omejeno ali pa ga največkrat sploh ni. Ti gozdovi so tako pogosto prepuščeni naravnemu razvoju, kar vodi v slabšanje stojnosti in stabilnosti gozdnih sestojev ter slabljenje njihovih varovalnih in zaščitnih funkcij. Slednje se pokaže zlasti ob ekstremnih vremenskih dogodkih, zato bi bilo v številnih območjih nujno aktivno ukrepanje za krepitev varovalnih in zaščitnih funkcij gozda.

Za uspešno načrtovanje in gospodarjenje z gozdovi s poudarjenimi varovalnimi in zaščitnimi funkcijami je pomembno sodelovanje različnih institucij s pristojnostmi v takšnem prostoru. V zadnjih dveh desetletjih so institucije s področij hidrologije, gradbeništva in podobnih disciplin oblikovale grafične podlage, ki nudijo pomembne informacije za gospodarjenje z gozdovi s poudarjenimi varovalnimi in zaščitnimi funkcijami. Ti podatki so lahko uporabni za objektivno določanje območij gozdov s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo in ustreznejše določanje območij z različnimi prioritetami ukrepanja. Z razvojem geografskih informacijskih sistemov (GIS) se pojavljajo možnosti za tesnejše sodelovanje med različnimi strokami.

1.1 CILJI RAZISKAVE

Cilji raziskave so:

- Na primeru gozdnogospodarskih enot (GGE) Tržič in Jezersko preveriti možnost določanja območij s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo na podlagi digitalnega modela višin.
- Preveriti možnost uporabe različnih strokovnih podlag (npr. opozorilne in podrobne karte erozijskih območij za občino Jezersko, kataster snežnih plazov, karte poplavnih območij) za določanje območij gozdov s poudarjeno zaščitno in varovalno funkcijo.
- Razdeliti območja s poudarjeno zaščitno funkcijo glede na vrste naravne nevarnosti.
- Razdeliti območja s poudarjeno varovalno ali zaščitno funkcijo glede na prioritete ukrepanja za krepitev varovalnih in zaščitnih funkcij in določiti smernice ukrepanja.
- Na podlagi izsledkov raziskave in izsledkov znanstvene in strokovne literature dopolniti koncept določanja območij s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo na ravni GGE.

1.2 RAZISKOVALNE HIPOTEZE:

Oblikovali smo tri hipoteze:

H1: Uporaba digitalnega modela višin omogoča večjo objektivizacijo določitve območij s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo.

H2: S podrobno karto erozijske ogroženosti in drugimi strokovnimi podlagami lahko izboljšamo vrednotenje gozdnega prostora in objektivneje opredelimo območja s poudarjeno zaščitno funkcijo.

H3: Z upoštevanjem strokovnih podlag lahko območja s poudarjeno zaščitno funkcijo razdelimo glede na vrsto naravne nevarnosti.

2 DOSEDANJA RAZISKOVANJA IN PREGLED OBJAV

V Evropi so številni avtorji skušali pregledno prikazati glavne značilnosti in razširjenost gozdov s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo, oziroma gozdov, ki ščitijo pred naravnimi nevarnostmi (Brang, 2001; Brang in sod., 2006; Dorren in Berger, 2006; Wehrli in sod., 2007). V teh delih najdemo opredelitve varovalnih gozdov, zgodovino ravnanja z njimi, opisane so ekološke značilnosti varovalnih gozdov in podani predlogi za gospodarjenje. Z značilnostmi varovalnih gozdov so se pri nas ukvarjali številni avtorji (npr. Anko, 1998; Anko in Golob, 1998; Anko, 1985; Horvat, 1997; Fink, 2001; Pavšek, 2002a; Golob, 2005; Kunc, 2008), zaščitne gozdove so podrobneje obravnavali v zadnjem obdobju (npr. Kunc, 2008; Fidej, 2011; Pintar, 2012; Firm in Rugani, 2013; Rebernik, 2013; Kajdiž in sod., 2015).

V okviru projektov, ki so bili zakonsko podprti tudi z Alpsko konvencijo (Protokol ..., 1996), so bili opredeljeni in usklajeni kriteriji za izločanje varovalnih gozdov (npr. v Švici projekt SilvaProtect-CH (2004), v vseh alpskih državah pa projekt ProAlp (2010) ter pripravljene smernice za gospodarjenje z varovalnimi gozdovi, ki upoštevajo rastiščne značilnosti in vrsto naravnih nevarnosti (Frehner in sod., 2005; Berretti in sod., 2006; Gauquelin in Courbaud, 2006).

2.1 OPREDELITEV VAROVALNE IN ZAŠČITNE FUNKCIJE GOZDA

V večini alpskih držav sta varovalna (ang. *indirect protection function*) in zaščitna funkcija (ang. *direct protection function*) gozdov opredeljeni znotraj ene funkcije (ang. *protection function*) (Brang in sod., 2006; Wehrli in sod., 2007). Veljavna pravna predpisa, ki v Sloveniji določata varovalne gozdove, sta Zakon o gozdovih (Ur. l. RS št. 30/1993, 13/1998, 67/2002, 110/2007, 106/2010, 63/2013, 101/2013, 17/2014) in Uredba o varovalnih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom (v nadaljnjem besedilu Uredba) (Ur. l. RS št. 88/2005, 56/2007, 29/2009, 91/2010, 1/2013), medtem ko funkcijo varovanja gozdnih zemljišč in sestojev (v nadaljnjem besedilu varovalno funkcijo) ter zaščitno funkcijo opredeljuje Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo - v nadaljnjem besedilu Pravilnik (Ur. l. RS št. 91/2010) in detajlno Priročnik za izdelavo gozdnogospodarskih načrtov (Priročnik za ..., 2008) (Preglednica 1).

Preglednica 1: Kriteriji za določanje območij gozdov s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo po Priročniku (Priročnik za ..., 2008)

Table 1: Criteria for determining areas with direct and indirect protection function according to the Manual (Priročnik za ..., 2008)

| Kriterij | Stopnja poudarjenosti | | |
|--------------------|--|---|--|
| | 1. stopnja | 2. stopnja | |
| Varovalna funkcija | Rastišče | <p>Površine gozdov na rastiščih:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bazofilni borovi gozdovi, • acidofilni borovi gozdovi na grebenih karbonskih skrjavcev in peščenjakov, • gozdovi črnega gabra in kraškega jesena, • jelovje v skalovju, • smrekovi gozdovi na ledeniških grobljah, • subalpinsko bukovje, • rušje, • šotna smrečja in visoka barja. | <p>Površine gozdov na rastiščih:</p> <ul style="list-style-type: none"> • smrekovi gozdovi na skalnatih podorih, meliščih, subalpinskih vegetacijskih stopnjah in v kraških vrtačah, • združbe lipe, javorja in bresta na koluvialnih tleh, • bazofilni gozdovi gradna, • termofilni bukovi gozdovi, • bukovi gozdovi na dolomitnih rendzinah ali humokarbonatnih tleh v hladnih ali grebenskih legah, • alpski bukovi gozdovi v zgornjem delu gorskega pasu, • primorski gozd črnega gabra in kraškega jesena, • vrbovi in topolovi logi, • gozdovi črne jelše, • jesenovi gozdovi, • jesenovje z javorjem, • gozdovi sive jelše. |
| | Rastje nad gozdno mejo | Vse rastje nad zgornjo mejo strnjene gozda. | Gozdovi na sušnih legah s kserofilno vegetacijo, ki ne izpolnjujejo pogojev za 1. stopnjo poudarjenosti, ali gozdovi na neprepustnih, občasno poplavljenih tleh. |
| | Naklon | Gozdovi na kompaktni matični podlagi z naklonom nad 35° in gozdovi na erodibilni ali plazljivi matični podlagi z naklonom nad 25°. | Gozdovi na erodibilni ali plazljivi matični podlagi z naklonom 15-25°. |
| | Gostota erozijskih pojavov | Gozdovi v hudourniških območjih z veliko gostoto erozijskih pojavov. | Gozdovi v območjih z navzočnostjo erozijskih pojavov. |
| | Globina tal | Gozdovi na zelo plitvih tleh (10 cm) ali gozdovi s skalovitostjo oziroma kamenitostjo nad 70 % površine. | Gozdovi na plitvih tleh (do 20 cm) ali gozdovi s skalovitostjo oziroma kamenitostjo na 50-70 % površine. |
| | Snežni plazovi | Gozdovi, ki preprečujejo ali zadržujejo snežne plazove. | |
| | Območje poplav | Gozdovi ob vodotokih v območju 10-letnih visokih vod. | |
| Zaščitna funkcija | <p>Gozdovi na strmih brežinah ob železniških progah in javnih kategoriziranih cestah.</p> <p>Gozdovi na strmih pobočjih nad naselji ali nad posameznimi gospodarskimi ali stanovanjskimi objekti.</p> <p>Gozdovi ob letališčih.</p> <p>Protivetrni gozdovi in pasovi gozdnega drevja ob infrastrukturnih objektih.</p> | | |

Varovalna funkcija je uvrščena med ekološke funkcije in je opredeljena kot varovanje rastišča in njegove okolice pred posledicami vseh vrst erozijskih procesov v smislu zagotavljanja (ohranjanja) odpornosti tal na erozijske pojave, preprečevanja razvoja (pojavljanja) zemeljskih in snežnih plazov, podorov in usadov, preprečevanja poglobljanja pobočnih jarkov, preprečevanja premeščanja naplavin, zadrževanja drobnega plovnega materiala in ohranjanja rodovitnosti gozdnih tal (Pravilnik ..., 2010). Gozdovi s poudarjeno varovalno funkcijo so na območju zgornje gozdne meje, na erozijskih, plazljivih ali plazovitih območjih, določenih v skladu s predpisi o vodah, na zelo strmih pobočjih, sušnih legah, plitvih skalovitih ali kamnitih tleh (Pravilnik ..., 2010). Delu teh gozdov, kjer je varovalna funkcija izjemno pomembna, je na podlagi Uredbe določen poseben pravni status (kategorija »varovalni gozdovi«) in z njim režim gospodarjenja. O zaščitni funkciji govorimo, kadar gozd zmanjšuje ogroženost infrastrukturnih ali drugih objektov pred naravnimi nevarnostmi. Gozd s poudarjeno zaščitno funkcijo zagotavlja zaščito prometnic, naselij in drugih objektov pred naravnimi pojavi, kot so padanje kamenja in peska, snežni zameti, bočni vetrovi in zdrsi zemljišča, ter zagotavlja varnost bivanja in prometa. Poudarjeno zaščitno funkcijo pripisujemo gozdovom na strmih pobočjih nad naselji, cestami ali železnico, ki tako ščitijo ljudi, stavbe in drugo infrastrukturo pred naravnimi nevarnostmi (Pravilnik ..., 2010). Za območja s poudarjeno varovalno funkcijo so torej značilne skrajnostne rastiščne razmere oziroma ranljiv gozdni ekosistem, pri gozdovih s poudarjeno zaščitno funkcijo pa je v ospredju njihov pomen za zaščito in varnost ljudi ter različnih objektov pred naravnimi nevarnostmi.

Sodobno gospodarjenje z gozdovi temelji na zagotavljanju vseh funkcij gozda, tako je potrebno večji pomen zaščitne funkcije povezati z uresničevanjem drugih funkcij, ki jih zagotavljajo gozdovi (Dorren in Berger, 2006). Znanje o strukturnih značilnostih gozdnih sestojev, ki zagotavljajo največjo možno zaščito, je še vedno omejeno, predvsem zaradi počasnih odzivov gozdnih sestojev na velike okoljske in gospodarske spremembe, ki so v Alpah opazne v zadnjih 100 letih (Dorren in Berger, 2006). Tovrstne raziskave so znatno pogostejše v zadnjem desetletju.

Izkušnje iz preteklosti kažejo, da neizvajanje gozdnogospodarskih ukrepov ne zagotavlja trajnosti varovalnih funkcij gozda (Dorren in Berger, 2006). Gozdovi lahko zagotavljajo dolgoročno zaščito le ob stalni pokrovnosti tal z drevjem, ustrezni sestojni strukturi in zadostnem pomlajevanju (Eckmüllner, 1988; Kraüchi in sod., 2000; Motta in Haudemand, 2000; Brang, 2001; Dorren in sod., 2004).

Čeprav razlikujemo varovalno in zaščitno funkcijo, so učinki gozda v obeh primerih podobni: gozdni sestoji varujejo zemljišče, na katerem uspevajo, kar opisujemo kot varovalno funkcijo. To je hkrati eden od pogojev za varovanje (zaščito) bližnjih, praviloma nižje ležečih območij pred naravnimi nevarnostmi. Varovanje zemljišča, na katerem uspevajo gozdni sestoji, se kaže predvsem v preprečevanju ali omejevanju talne erozije. Pri oslabitvi varovalnih funkcij lahko pride do močnega erodiranja zemljišča in večje možnosti za degradacijo ali celo uničenje gozdnega ekosistema (Dorren in sod., 2004).

Izsledki raziskav razvojne dinamike gorskih gozdov so pokazali, da so lahko v primeru prepuščanja gozdnih sestojev naravnemu razvoju njihova dolgoročna stabilnost in varovalni

učinki zmanjšani in ogroženi (Mayer, 1976; Brang, 2001; Dorren in sod., 2004; Dorren in Berger, 2006).

Gospodarjenje je v varovalnih gozdovih dopustno, vendar mora biti namenjeno ohranjanju oziroma pospeševanju varovalnih ali drugih ekoloških funkcij, zaradi katerih so bili razglašeni. Pogosto se v varovalnih gozdovih gozdnogospodarski ukrepi ne načrtujejo niti ne izvajajo. Vzrokov za to je več: pomanjkljivo znanje o značilnostih gozda, ki zagotavljajo optimalne varovalne učinke (podobno velja tudi za zaščitno funkcijo) (Dorren in Berger, 2006), pomanjkanje praktičnega znanja o gospodarjenju v tako težavnih terenskih razmerah, splošno opuščanje aktivnega gospodarjenja z gozdovi, zahtevno izvajanje sečenj in spravila nad obremenjenimi prometnicami, omejeno financiranje teh del in podobno (Diaci, 2012).

Pri gospodarjenju v gozdovih s poudarjeno varovalno ali zaščitno funkcijo moramo upoštevati omejitve zaradi specifičnih ekoloških razmer (Anko, 1987). Načrtovalni postopek je podoben kot v drugih gozdovih, in sicer: 1) analizirati stanje gozdov s poudarkom na varovalni in zaščitni funkciji gozdov ter presoditi odstopanja glede na zeleno (ciljno) stanje, ter 2) določiti nabor ukrepov, ki bodo ohranjali ali povečevali varovalne in zaščitne učinke gozdov. Gospodarjenje z gozdovi, v katerih želimo pospeševati varovalne funkcije, je torej treba obravnavati kot aktiven proces, ki predstavlja primer gospodarjenja z gozdovi v posebnih (zahtevnejših) razmerah z upoštevanjem krajevnih posebnosti (Anko, 1987).

2.2 NARAVNI PROCESI IN PREVENTIVNO OBVLADOVANJE TVEGANJA

Zemeljsko površje se nam zaradi naše relativno kratke življenjske dobe zdi nespremenljivo. V naravi se neodvisno od človekove prisotnosti pojavljajo naravni procesi različne intenzitete, ki površje konstantno spreminjajo. S prisotnostjo človeka v predelih pojavljanja procesov se poudarki pri študiju teh naravnih procesov in naravnih nevarnosti povsem spremenijo. Tako govorimo o nesrečah, škodah, tveganju, ogroženosti in podobnem, kar je vse pogojeno s prisotnostjo in delovanjem človeka (Komac in sod., 2008).

Naravne nevarnosti so posledica naravnih procesov, ki v naravi delujejo že od nekdaj in so sestavni del vsake pokrajine ne glede na prisotnost človeka. Naravni procesi predstavljajo določene okoliščine oziroma nevarnost, zaradi katere lahko pride do škode ali nesreče (Komac in sod., 2008). Nevarnost je potencialna grožnja ljudem in njihovem imetju, tveganje pa verjetnost, da se bo določena nevarnost zgodila (Komac in sod., 2008). Naravna nevarnost se udejanji v naravni nesreči, ogrozi elemente prostora (npr. ljudi, imetje) in jo spremlja večja ali manjša dejanska škoda (Mikoš, 2007). Na predelih, kjer nastopajo za človeka in njegovo imetje nevarni naravni procesi, nastanejo konfliktna območja med človekom in naravo, imenovana tudi nevarna območja (Mikoš, 2007). Konfliktna območja so lahko določena s presekom območij nevarnostnega potenciala (npr. snežnega plaz, območja padajočega kamenja) in območij škodnega potenciala (npr. stavbe, infrastruktura). Dejanska izpostavljenost, prisotnost (bivanje, gibanje) človeka na takšnih nevarnih območjih predstavlja tveganje za ljudi (Komac in sod., 2008), ki je odvisno od nevarnosti, ranljivosti in vrednosti ogroženega objekta (Đurović in Mikoš, 2005).

Pojma ogroženost in ranljivost se razlikujeta. Ogroženost (imenovana tudi specifično tveganje) predstavlja stanje v pokrajini, medtem ko je ranljivost lastnost ogroženega objekta (npr. človeka, hiše, ceste, naselja). Če ranljivost objektov izrazimo z denarnimi sredstvi, dobimo škodni potencial; ta predstavlja škodo, ki lahko zaradi naravne nesreče nastane na določenem območju (Komac in sod., 2008).

Za zmanjšanje tveganja je tako treba zmanjšati ogroženost ali škodni potencial, lahko pa tudi oboje hkrati. Optimizacija teh razmerij je odvisna od stopnje sprejemljivega tveganja; spremenljivo tveganje je močno odvisno od vrednostnega sistema posameznika ali skupine posameznikov; določeno je v procesu vrednotenja tveganja (Đurović in Mikoš, 2005).

V preteklosti prevladujejo prepričanje, da je mogoče naravne procese omejiti v njihovem delovanju, se dolgoročno ni izkazalo za uspešno, zato je dobila večji pomen preventiva. Preventiva ali preventivno načrtovanje temelji na zmanjševanju škodnega potenciala, ki ga lahko dosežemo z: 1) usmerjanjem prostorskega razvoja in obstoječe dejavnosti izven območij, ki jih ogrožajo naravne ali druge nesreče, in 2) izboljšanjem zaščite teh območij pred naravnimi in drugimi dejavniki v primerih, ko teh dejavnosti ni mogoče preusmeriti iz ogroženih območij (Bartol in sod., 2004). Tako je treba za zmanjševanje ogroženosti in ranljivost prevzeti načine ravnanja, ki temeljijo na principu obvladovanja tveganja. Keinholz in sodelavci (1998) delijo načine ravnanja na: 1) preventivno ukrepanje, ki pomeni zmanjševanje verjetnosti tveganja (ali škod) na raven sprejemljivega tveganja, 2) reaktivno ukrepanje, ki označuje ukrepanje ob nesreči, in 3) neaktivno ravnanje, imenovano tudi pasivno ukrepanje, pri katerem preprosto samo ohranjamo stanje in ga nadziramo (Đurović in Mikoš, 2005). Reaktivni pristop k obvladovanju tveganja se uporablja le ob izjemnih dogodkih; ti so stohastični, saj jih ne moremo zanesljivo napovedati in se praviloma redko pojavljajo. Pri neaktivnem ravnanju je poudarek na pasivni spremljavi – monitoringu, s katerim seveda ne spreminjamo obstoječega stanja. Preventivno ukrepanje je tako najučinkovitejša in dolgoročno tudi najcenejša oblika varstva pred naravnimi nesrečami, kar potrjujejo tudi številne izkušnje iz tujine (Đurović in Mikoš, 2005).

2.3 GOZD KOT ZAŠČITA PRED NARAVNIMI NEVARNOSTMI

Gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo so gozdovi, katerih primarna funkcija je zaščita ljudi in naselij pred posledicami naravnih nevarnosti ali škodljivimi klimatskimi vplivi (Brang in sod., 2006). Hkrati je v teh gozdovih praviloma poudarjena tudi varovalna funkcija gozda (varovanje rastišča), ki je pravzaprav predpogoj za zagotavljanje zaščitne funkcije tega gozda. Zato velja prepričanje, da je v gozdovih s poudarjeno zaščitno funkcijo hkrati vedno poudarjena tudi njegova varovalna funkcija; obratno, torej, da je v gozdovih s poudarjeno varovalno funkcijo poudarjena tudi zaščitna funkcija, pa ne velja vedno (Brang in sod., 2006).

Učinkovitost in zanesljivost zaščite pred naravnimi nevarnostmi, ki jo zagotavlja gozd, sta odvisni od 1) naravne nevarnosti, 2) frekvence in intenzitete škodnih dogodkov ter 3) stanja gozda (Brang in sod., 2006). Pogosto lahko gozdni sestoji zagotavljajo učinkovito zaščito, a je iz različnih vzrokov, npr. velike potencialne intenzitete škodnih dogodkov, preostalo tveganje preveliko. V takšnih primerih so za zadovoljivo zaščito potrebni dodatni tehnični

ukrepi (Dorren in sod., 2006). Highland in Bobrowsky (2008) sta pregledno razdelila gravitacijske podorne procese ali naravne nevarnosti in za vsako navedla tudi možne tehnične ukrepe za zmanjšanje škodnega učinka. Obstaja cela vrsta tehničnih ukrepov, ki jih pogosto klasificiramo glede na vrsto naravnih nevarnosti (Preglednica 2).

Preglednica 2: Pregled varstvenih objektov v gozdnem okolju (prirejeno po Mikoš, 2012)

Table 2: Overview of protection facilities in forest area (adapted from Mikoš, 2012)

| Hudournik | Naravne nevarnosti | | |
|--|---|---------------------------------------|--|
| | Snežni plaz | Padajoče kamenje | Zemeljski plaz |
| Stabilizacijske (konsolidacijske) pregrade (1, 2) | Jekleni snežni mostovi (1) Snežne mreže (1) | Lovilne mreže (2) Udarne stene (2) | Drenažni objekti, drenaže, dreniranje (1) |
| Talni pragovi, drče (1, 2) (Zadrževalne) retencijske pregrade (2) | Leseni snežni mostovi (1) Zaviralne kope (2) | Lovilni nasipi (2) Lesene rake (2) | Površinski kanali (1) Podporni objekti (1) |
| Odmerne (dozirne) pregrade (2) | Zaviralni klini (2) | Podorne galerije (2) | Sidrni objekti, sidranje (1) |
| Prebiralne (filterne) pregrade (2) | Lavinski vodilni nasipi (2) | | Pilotni objekti (pilotiranje) (1) |
| Razbijači drobirskih tokov (2) | Lavinske galerije (2) | | Inženirsko - biološko stabiliziranje pobočij (1) |
| Prepadni objekti (2) | | | |
| Zaviralni objekti (2) | | | |
| Obrežni zidovi (2) | | | |
| Inženirsko - biološke utrditve brežin (2) | | | |

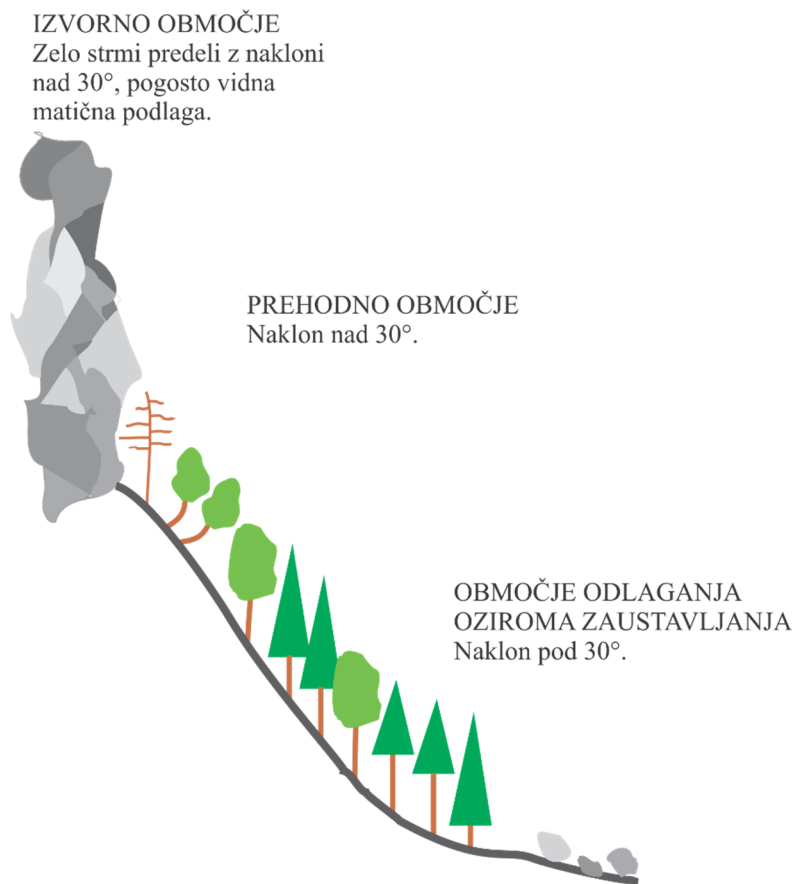
(1) preprečujejo nevarnost na mestu nastanka (preprečevanje vzrokov)

(2) vplivajo na delovanje procesov

Sposobnost gozda, da deluje kot ovira proti različnim naravnim nevarnostim, je opazna na poškodbah drevja, ki nastanejo zaradi padajočega kamenja (Le Hir in sod., 2004) ali v posebnih oblikah razrasti dreves, npr. sabljaste rasti drevja na območju stalnih snežnih in zemeljskih plazov. Glavna dobrina teh gozdov tako ni les, ki ga pridobimo s posekom drevja, ampak stoječe drevje, ki deluje kot ovira za naravne nevarnosti, kot so padajoče kamenje, snežni plazovi, erozija, zemeljski plazovi, drobirski tokovi in poplave (Brang in sod., 2006). Pri pojavljanju naravnih nevarnosti, ki jih Komac in Zorn (2007) imenujeta pobočni procesi, razlikujemo med vzroki in povodi. Vzroki za naravne nevarnosti so dejavniki, ki daljši čas delujejo na območje sprožitve in krhajo ravnovesje. Dejavniki, ki dokončno podre ravnovesje v sistemu oziroma sistem sune prek praga v novo ravnovesno stanje, imenujemo povod (Komac in Zorn, 2007). Po sprožitvi se na območju vzpostavi dinamično ravnovesje na novi ravni, ki vztraja toliko časa, dokler novega sistema vzroki ne privedejo do novega praga (Komac in Zorn, 2007).

Na pobočju, kjer se pojavljajo naravne nevarnosti, razlikujemo tri območja (Slika 1):

- Izvorno območje – to je skalna stena ali območje proženja plazov.
- Prehodno območje oziroma območje gibanja – območje med izvornim območjem in območjem odlaganja oziroma zaustavljanja.
- Območje odlaganja oziroma zaustavljanja – območje, kjer se masne gmote ustavijo in odložijo.



Slika 1: Prikaz treh območij naravne nevarnosti (podatki o naklonih povzeti po Frehner in sod., 2007a)

Figure 1: Representation of three zones of natural hazard process (slope data modified after Frehner et al., 2007a)

Gozdovi lahko vplivajo na naravne nevarnosti v vseh treh območjih, vendar je vpliv gozda znotraj območij odvisen od vrste naravne nevarnosti. V primeru snežnih plazov, plitvih zemeljskih plazov, površinske erozije in poplav ima gozd največji učinek v izvornem območju, kjer preprečuje oziroma zmanjšuje proženje. Pri padajočem kamenju je vpliv gozda v izvornem območju predvsem negativen, saj rastje pospešuje sproščanje skal in kamenja, v nekaterih primerih (npr. korenine stabilnih dreves držijo kamenje skupaj) pa je lahko pozitiven, kar pomeni, da prispeva k preprečevanju proženja kamenja. Za vse naravne nevarnosti ima gozd zaviralni učinek v prehodnem območju in območju odlaganja, vendar je ta učinek omejen na manjše mase. Ker je vpliv gozda odvisen od vrste naravne nevarnosti, je različno tudi ukrepanje, ki mora biti usmerjeno na območje, kjer ima gozd potencialno največji učinek na preprečevanje oziroma zaviranje naravne nevarnosti. Aktivna zaščita pred plazovi, poplavami ali erozijo je tako možna v izvornem območju. V prehodnem območju in območju odlaganja je možna pasivna zaščita, še posebej pred erozijo in padajočim kamenjem. Zaviralni učinek gozda v prehodnem območju in območju odlaganja je pri snežnih in zemeljskih plazovih majhen, zato za ti dve naravni nevarnosti pasivne zaščite ni (Berger in Rey, 2004).

Znotraj ekosistema obstajajo temeljne funkcije za vzdrževanje organizacije ekosistema proti naravnim motnjam. Ekosistem lahko zagotavlja za človeka pomembne učinke, le če so te

funkcije zagotovljene (Dorren in sod., 2004). Tako je primarni cilj upravljanja z varovalnimi gozdovi zaščititi, vzdrževati ali vzpostaviti temeljne ekosistemske funkcije, kot je npr. varovanje gozdnega zemljišča in sestojev. Ker je gozdni ekosistem dinamičen, se tudi varovalni učinek gozda s časom spreminja (Berger in Rey, 2004), zato pri upravljanju gozda ni smiselno rigidno ohranjati njegovo trenutno strukturo in sestavo; spremembe morajo biti vključene v gošpodarjenje (Dorren in sod., 2004).

Pri upravljanju zaščitnih gozdov najprej opredelimo predele s poudarjeno zaščitno funkcijo glede na določene kriterije in v teh predelih ocenimo stanje gozdnih sestojev. Stanje primerjamo z referenčnim stanjem za zagotavljanje zelenih zaščitnih funkcij gozda in v območjih s poudarjenimi zaščitnimi funkcijami določimo: 1) predele, v katerih je nujno izvajanje ukrepov za zmanjševanje stopnje nevarnosti, in 2) v njih določimo prioritete za ukrepanje (Dorren in Berger, 2006).

Stanje gozdnih sestojev je treba stalno preverjati in prilagajati okoljskim, predvsem podnebnim spremembam (Pravilnik o varstvu gozdov, 2009). Podnebne spremembe, predvsem povečevanje števila vremenskih ekstremov, vplivajo neugodno na varstvo pred erozijo in hudourniki. Pričakovane posledice podnebnih sprememb so predvsem (Horvat in sod., 2008; Papež in sod., 2010):

- intenzivnejše preperevanje kamnin,
- pogostejši in višji odtoki visokih voda,
- intenzivnejše odplavljanje preperin,
- pogosti obilni prenos plavin,
- pogostejša proženja zemeljskih plazov,
- pogostejše padanje kamenja in skal,
- manj pogosti, a po jakosti in razsežnosti močnejši snežni plazovi.

2.4 PADAJOČE KAMENJE

2.4.1 Definicija

S pojmom podor opredeljujemo hipno in hitro masno gibanje že predhodno ločenih delov hribine, ki se začne v obliki krajšega zdrsa ali prevrnitve in pri katerem se ločitev od matične kamnine pojavi vzdolž lomnih ploskev v kamnini. Začetno gibanje preide v prosto padanje, trk s površino pobočja in odboj od nje, let po odboju ali ustavitvi, kotaljenje ali drsenje (Mikoš in sod., 2004). Padajoče kamenje definiramo kot relativno majhne splazitve, omejene na odstranitev posamičnih skal, manjših od 5 m³ (Dorren in sod., 2005).

Padajoče kamenje štejemo med podorne pojave, ki jih ločimo glede na prostornino odkladnine sproščenega materiala (podornina) in hitrosti procesa. Po razdelitvi Lateltina in sodelavcev (1997), ki jo navajajo Mikoš in sod. (2004), spada padajoče kamenje glede na velikost in hitrost premikanja sestavnih delov v prvo, najmanj destruktivno skupino. Pri padajočem kamenju premer posameznega delca ne presega 50 cm, medtem ko je pri

padajočem skalovju premer posameznih delcev večji od 50 cm. Hitrost delcev je 5-30 m/s in ne obsega večjih površin, saj gre za bolj ali manj izolirano padanje delcev, ki je zaradi stalnega preperevanja hribine konstantnega značaja. Običajno se gibanje ustavi pri naklonu površja pod 30°. Vegetacija ima pri razpršenju energije padajočih delcev pomembno vlogo (Lateltin in sod., 1997, cit. po Mikoš in sod., 2004).

2.4.2 Vzroki za nastanek podornih pojavov

Neposredni vzrok nastanka podornega pojava je presežena mejna vrednost statične sile trenja znotraj kamnine, kar je posledica številnih dejavnikov, ki postopoma povzročajo prehajanje kamnine iz stabilnega v labilno ravnotežje. Nastop novega ali vztrajanje starega dejavnika lahko povzroči porušitev labilnega ravnotežja. Dejavnike, ki povzročajo nastanek podornih procesov, delimo na: 1) stalne (npr. preperevanje, erozija, vremenski pojavi) ali 2) občasne (npr. potres, vulkanska aktivnost, antropogeni vplivi) (Mikoš in sod., 2004).

V predelih, kjer so ti pojavi stalni, se ljudje vsaj v preteklosti niso naseljevali, ali pa so se pred naravnimi nevarnostmi zaščitili s tehničnimi zaščitnimi sredstvi ali z ohranjanjem gozda, ki jim je nudil potrebno zaščito. Poznani so tudi predeli, kjer so bili ti pojavi v preteklosti redki, sedaj pa postajajo pogostejši zaradi klimatskih sprememb in z njimi povezanimi pogostejši ekstremni vremensko pogojeni pojavi. Ti namreč povzročajo hitrejše in obsežnejše preperevanje ter s tem pogostejše erozijske procese, zemeljske plazove in tudi proženje kamenja in skal (Horvat in sod., 2008).

2.4.3 Učinek gozda na zmanjševanje nevarnosti padajočega kamenja

Gozdno rastje ima potencialni učinek na nevarnost padajočega kamenja v izvornem, prehodnem območju in območju odlaganja (Dorren in sod., 2005), kar smo strnjeno prikazali (Preglednica 3). V izvornem območju so učinki gozda glede padajočega kamenja predvsem negativni, saj gozd povečuje nevarnost proženja kamenja. Drevje v izvornem območju ima lahko tudi pozitivne učinke in zmanjšuje nevarnosti padajočega kamenja (Dorren in sod., 2005). V prehodnem območju in območju odlaganja je učinek gozda večinoma pozitiven (Dorren in sod., 2005). Poleg gozda in zaščitne infrastrukture vplivajo na zaustavitev oziroma upočasnitev padajočega kamenja tudi topografija, hrapavost površja in tla, ki s številnimi lastnostmi, npr. z vsebnostjo vode in organskih snovi, različno blažijo odboje padajočega kamenja od tal (Frehner in sod., 2005).

Učinek trka kamenja in skal z drevesom je odvisen predvsem od premera drevesa, velikosti kamenja oz. skal in njihove kinetične energije. Dorren in sod. (2005) so določili tri različne možnosti trkov ob drevo: frontalni trk, lateralni trk in oplazenje. Od tipa trka kamenja ob drevo je odvisna nadaljnja trajektorija padajočega kamenja, zmanjšanje njegove hitrosti in energije ter sprememba smeri od padnične linije. Posledice na drevju so odvisne od energije, ki se sprosti ob trku in se najpogosteje kažejo kot izkoreninjenje, prelom debla, zlom vrha ali druge poškodbe (npr. rane, delni prelomi) (Berger in sod., 2002; Dorren in sod., 2005).

Preglednica 3: Pozitivni in negativni učinki gozda na različnih območjih skalnih podorov (prirejeno po Frehner in sod., 2005; Dorren in sod., 2005; Stokes in sod., 2005)

Table 3: Positive and negative effects of forests on rockfall in three main zones of rockfall process (modified after Frehner et al., 2005; Dorren et al., 2005; Stokes et al., 2005)

| | Pozitivni učinki | Negativni učinki |
|------------------------------------|--|--|
| Izvirno območje | Učinek gozda | |
| | Drevesne korenine držijo kamenje skupaj in s tem preprečujejo pričetek podornih procesov ⁽¹⁾ . | Drevesne korenine lahko pospešijo preperevanje, saj organske kisline iz korenin in opad iglavcev razjedajo kamnine ⁽²⁾ . Korenine lahko zrastejo tudi v razpoke in delujejo kot klini ⁽²⁾ . V primeru preloma drevja, padajoče drevje lahko odkruši kamenje. Visoko drevje, še posebej višje od 20 m, močno niha v vetru, tako da korenine lahko premaknejo kamenje in sprožijo njegovo gibanje. |
| | Učinek ležečega drevja | |
| | V kolikor je ležeče drevje dobro sidrano, lahko ovira padajoče kamenje ⁽¹⁾ . | Problematično je slabo sidrano drevje, ki se lahko sproži in lahko deluje tudi kot vir padajočega kamenja. Verjetnost za sproženje dreves narašča z naklonom, določenimi praksami sečnje (obvejevanje, lupljenje) in s snegom ⁽¹⁾ . |
| Območje gibanja / prehodno območje | Učinek gozda | |
| | V prehodnem območju pomeni trk kamna ob drevesno deblo njegovo upočasnitev ali celo začasno ustavitvev ⁽²⁾ . Z raziskavami v Franciji so dokazali, da se zaradi prisotnosti drevja: 1) poveča delež na pobočju zaustavljenih kamnov; 2) zmanjšajo povprečne višine odboja od tal za 33 % in 3) znižajo povprečne hitrosti kamenja za 26 % glede na negozdne predele ⁽²⁾ . Z raziskavo v Francoskih Alpah ugotovili, da je le 5 % dreves, zajetih v raziskavi, utrpelo poškodbe zaradi padajočega kamenja na višini dreves nad 1,3 m od tal ⁽³⁾ . Iz izkušenj je znano, da živa drevesa absorbirajo več energije kot leseni tramovi ⁽¹⁾ . | |
| | Učinek ležečega drevja | |
| | Ležeča odmrta biomasa poveča hrapavost površja in če drevje leži pod prečnim kotom na padnico, bo padajoče kamenje običajno ustavljeno. Če obstaja gosta mreža hlodov vzdolž padnice, se padajoče kamenje akumulira za hloidi. Obstaja manjša nevarnost oblikovanja velikih akumulacij padajočega kamenja za hloidi ⁽¹⁾ . Ležeče drevje ščiti stoječe drevje pred udarci in v primeru, da je sidrano pod primernim kotom glede na padnico, preusmeri tok padajočega kamenja na zavarovane predele. Po ujmah podrti drevje povečuje hrapavost površja ⁽¹⁾ . | Problematično je slabo sidrano drevje, ki se lahko sproži ali deluje kot vir za padajoče kamenje. Verjetnost za sproženje dreves narašča z naklonom, določenimi praksami sečnje (obvejevanje, lupljenje) in s snegom ⁽¹⁾ . Potrebno je pregledovati slabo sidrano ležeče drevje in predele, kjer se za ležečim drevjem nabira kamenje. Pri drevju, podrtim po ujmah, predstavlja problem kamenje, ki ga držijo korenine. Ob razgradnji korenin se predhodno vezani delci sprostijo in postanejo vir padajočega kamenja ⁽¹⁾ . |
| Območje zaustavljanja | Učinek gozda | |
| | Princip učinkovanja gozda je enak, kot v območju gibanja, le da so hitrosti padajočega kamenja običajno nižje, kot v območju gibanja. Posledično je potreben premer drevja, ki zaustavlja padajoče kamenje manjši. | |
| | Učinek ležečega drevja | |
| | Ležeče drevje predstavlja učinkovito oviro, saj tu gibanje prehaja iz poskakovanja v kotaljenje. | |

Uporabljeni viri: 1 - Frehner in sod., 2005; 2 - Dorren in sod., 2005; 3 - Stokes in sod., 2005

Zaščitna kapaciteta pred padajočim kamenjem je odvisna od: 1) velikosti padajočega kamenja, 2) njegove kinetične energije, 3) gostote sestoja, 4) povprečnega prsnega premera drevesa in 5) drevesne vrste (Dorren in Berger, 2006). Frehner in sod. (2005) kot pomemben dejavnik omenjajo tudi velikost vrzeli nad sestojem, Berger in sod. (2013) ter Klimeš (2011) pa dolžino gozdnega predela med izvornim območjem in območjem zaustavljanja. Vsekakor je zaščitni učinek drevja proti velikim skalam omejen (Frehner in sod., 2005). Pogosto se navaja 2 m^3 kot največji volumen kamenja, ki ga gozdni sestoj zaustavi. Za Alpe je omenjeno, da drevje lahko zaustavi skale z volumnom okoli 10 m^3 , vendar je pri takih skalah verjetnost za uničenje drevesa zelo velika (Dorren in sod., 2007). Rickli in sod. (2004) ocenjujejo, da je omejitveni učinek gozdnega sestoja možen do teže kamenja 10 ton in hitrosti 20 m/s. Bolj kot število trkov ob drevo je pomembna »učinkovitost trka«, določena s količino energije, ki jo drevje lahko prevzame, saj lahko tanko drevo ustavi veliko skalo, če je ta predhodno zadela v debelo deblo (Dorren in sod., 2005). Poleg premera dreves ima pomembno vlogo gostota sestoja. Večja gostota dreves pomeni tudi večjo pojavnost trkov kamenja ob drevje; največja gostota drevja je omejena in odvisna od drevesne vrste, starostne strukture drevja in okoljskih dejavnikov (Perret in sod., 2006). Wasser in Frehner (1996) v smernicah za upravljanje z gozdovi na območju padajočega kamenja navajata minimalno gostoto sestoja za zaščito pred padajočim kamenjem 400 dreves/ha in ta je neodvisna od velikosti kamenja (Dorren in sod., 2005). Novejše smernice poleg gostote navajajo še povprečni premer. Za idealno zaščito pred padajočim kamenjem navajajo vsaj 200 dreves/ha s povprečnim premerom nad 36 cm oziroma vsaj 150 dreves/ha s premerom nad 36 cm za minimalno zaščito. Učinek gozdnih sestojev za zaščito nižje ležečih predelov pred padajočim kamenjem je omejen. Zelo gosti sestoji z majhnim povprečnim prsnim premerom drevja lahko učinkovito ščitijo pred kamenjem s premerom med 13 in 45 cm (Dorren in sod., 2005). Pri kamenju manjših dimenzij je gostota drevja pomembnejša od premera, saj je potrebno veliko drevja za povečanje verjetnosti trkov. V glavnem velja, da je za zaustavitev kamenja večjih dimenzij nujna prisotnost drevja večjih premerov (Dorren in sod., 2007).

2.4.4 Mehanska odpornost drevesnih vrst na padajoče kamenje

Posledice padajočega kamenja na drevju so odvisne od velikosti kamenja in drevesne vrste. Gozdarji v Švici na podlagi izkušenj menijo, da je odpornost listavcev na padajoče kamenje večja od iglavcev, čeprav za to nimajo oprijemljivih dokazov (Stokes in sod., 2005). Dorren in Berger (2006) sta na podlagi rezultatov testov določila, da lahko listavci razpršijo več energije pri trkih kamenja ob drevje kot iglavci. Glede uspešnosti celjenja ran po trku med drevesnimi vrstami izstopa gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.). Pri navadni bukvi (*Fagus sylvatica* L.) se rane celijo dlje, vendar bukev ob trku razprši večjo količino energije; hkrati se bukev zaradi sencovzdržnosti učinkoviteje pomlajuje v manjših sestojnih odprtinah (Dorren in Berger, 2006).

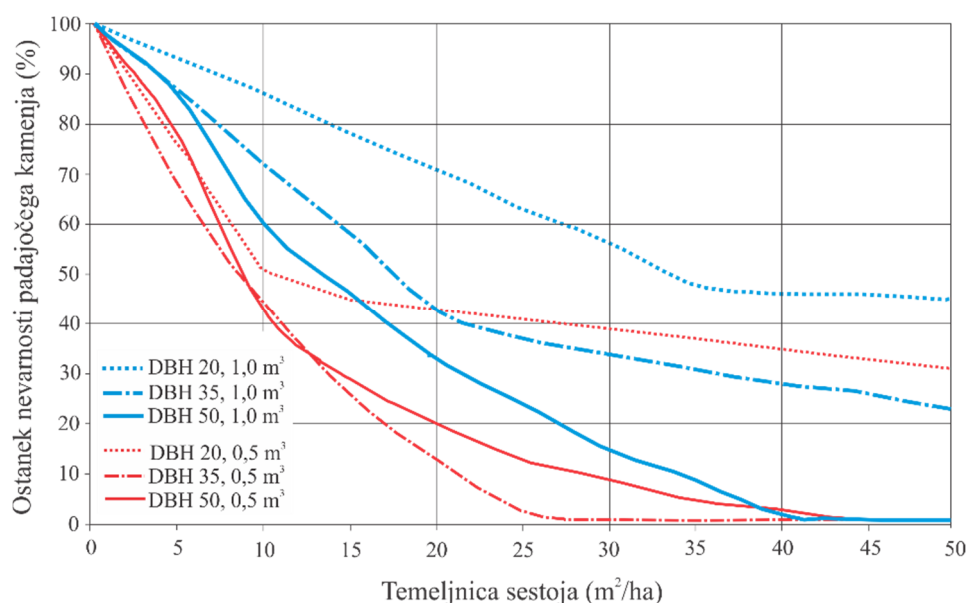
Rezultati raziskave Stoksa in sod. (2005) dokazujejo, da so iglavci bolj podvrženi izruvanju ali prelomu debla kot listavci. Pri testih je bila večina smrek (*Picea abies* L.) izruvanih, medtem ko je pri jelki (*Abies alba* Mill.) najpogosteje prišlo do preloma debla (Stokes in sod., 2005). Pričakovano so potrdili, da število poškodb na drevju z večanjem njihovega

premera narašča, saj se verjetnost trkov povečuje. Pri drevju manjših premerov je verjetnost za prelom debla večja kot pri debelejšem drevju. Velja tudi spoznanje, da se z večanjem premera dreves zmanjšuje delež poškodovanega kambija ob trkih; poleg tega imajo starejša drevesa običajno tudi debelejšo skorjo, kar prav tako vpliva na relativno manjše rane ob trkih (Stokes in sod., 2005). Jelka in smreka sta na območjih paše ali stalnega padajočega kamenja bolj dovzetni za okužbo patogenov, ki vodijo k trohnenju in zmanjševanju njihove mehanske odpornosti na padajoče kamenje (Stokes in sod., 2005).

2.4.5 Optimalna struktura gozdih sestojev za zaščito pred padajočim kamenjem

Več avtorjev (npr. Gsteiger, 1993; Dorren in sod., 2005; Frehner in sod., 2005) je skušalo definirati optimalno strukturo gozdnih sestojev za zaščito pred padajočim kamenjem, vendar ta še vedno ni enoznačno določena.

Dorren in Berger (2006) sta na podlagi terenskih opazovanj in kasnejših analiz zaključila, da za zaščito pred padajočim kamenjem ni pomembno le debelo drevje, saj strukturirani sestoji s široko porazdelitvijo debeline drevja in mozaikom različnih razvojnih faz nudijo najboljšo zaščito pred padajočim kamenjem. Bartolli (1999) je za učinkovito zaščito predlagal mešane gozdne sestoj z velikim številom mladega drevja in stalno zalogo odraslega drevja (cit. po Le Hir in sod., 2004). Gsteiger (1993) kot mero za oceno zaščite pred padajočim kamenjem predlaga koncept povprečne razdalje brez drevja (ang. *mean tree free distance*, MTFD). MTFD predstavlja povprečno opravljeno razdaljo kamna med dvema trkoma z drevjem. Predeli z MTFD, večjo od 40 m, ne nudijo več zadostne zaščite pred padajočim kamenjem, saj odbijajoče kamenje po 40 m pri naklonu med 35° in 40° doseže tako kinetično energijo, da lahko lomi drevje. Berger (1997) navaja, da je v gozdovih, ki ščitijo pred snežnimi plazovi, največja dopustna dolžina vrzeli za pomlajevanje po padnici $1,5 \cdot MTH$ (povprečna višina dreves v sestoji), širina pa $0,65 \cdot MTH$. Največja dopustna dolžina in širina vrzeli v gozdovih, ki ščitijo pred padajočim kamenjem, je $1,3 \cdot MTH$ in $0,5 \cdot MTH$, kjer sta absolutno maksimalna dopustna dolžina in širina vrzeli 40 m in 15 m (Dorren in sod., 2005). Dorren in Berger (2006) kot pomemben kazalnik zaščitne kapacitete gozdov predlagata sestojno temeljnico, ki sta jo uporabila v programu Rockfor (Slika 2). Program Rockfor na podlagi principa senčnega kota izračuna celotno energijo padajočega kamenja pri padanju in potrebno sestojno temeljnico za zaščito pred padajočim kamenjem. S primerjavo med teoretično izračunano temeljnico sestoja in dejansko temeljnico sestoja kvantificiramo zaščitno funkcijo gozda pred padajočim kamenjem, ostanek nevarnosti padajočega kamenja (%) predstavlja število kamnov, ki pri določenem naklonu obide drevje in tako lahko doseže tudi prometnice, stavbe ali ljudi (Berger in Dorren, 2007).



Slika 2: Vpliv temeljnice gozdnega sestoja na ostanek nevarnosti padajočega kamenja (prirejeno po Dorren in Berger, 2006)

Figure 2: Influence of basal area of forest stand on residual rockfall hazard (modified after Dorren in Berger, 2006)

2.4.6 Lociranje območij padajočega kamenja

Prisotnost pojava padajočega kamenja najlažje ocenimo na območju odlaganja, kjer lahko opazimo kamenje preteklih pobočnih procesov, ki se je zaradi različnih dejavnikov zaustavilo v obliki melišč ali posamičnih kamnov, t.i. nemih prič (Dorren in sod., 2007). Tu lahko enostavno določamo tudi velikost padajočega kamenja. Dober indikator, da se nahajamo na območju padajočega kamenja, so v gozdnih predelih poškodbe na stoječem drevju, predvsem v območju gibanja in zaustavljanja padajočega kamenja (Dorren in sod., 2007). Stopnjo aktivnosti procesov padajočega kamenja, ki je za določanje prioritete ukrepanja pomemben podatek, najlažje ocenimo s stopnjo poraslosti območja odlaganja z vegetacijo ali svežostjo poškodb na drevju. Če kamenje ni poraščeno z lišaji in mahovi, gre za sveže in aktivne pobočne procese padajočega kamenja. Komac in Zorn (2007) po Abele (1971) navajata, da na podornem gradivu razlikujemo tri sukcesijske stopnje: 1) podorno gradivo najprej poselijo pionirske rastlinske vrste, ki koreninijo v skalnih razpokah in so sposobne preživeti v ekstremnih razmerah brez prsti; 2) sledi daljše obdobje preperevanja, ko se oblikuje plitva plast humusa, ki omogoča rast različnim vrstam zelišč, trav in praproti; 3) nato se postopoma oblikuje gostejša rastlinska odeja s pionirskim drevjem (bor, breza, vrba in macesen), ki preko slabo razvitega borovega gozda prehaja v strnjene gozdove smreke, veliko pozneje pa se pridružita še jelka in bukev. Na podlagi opisanih sukcesijskih stadijev, ki so rastiščno specifični, lahko ločimo starejše podore od mlajših, ne moremo pa ločiti podorov, ki so se zgodili z nekajletnim zamikom (Komac in Zorn, 2007).

2.4.7 Ukrepanje

Izkušnje z varovalnimi gozdovi v preteklih desetletjih in stoletjih kažejo, da je potrebno aktivno gospodarjenje za zagotavljanje zaščitnih funkcij, saj gozdovi nudijo dolgoročno zaščito le ob stalni pokritosti tal in ustreznem pomlajevanju (Motta in Haudemand, 2000; Krauchi in sod., 2000; Brang, 2001; Dorren in sod., 2004; Dorren in Berger, 2006). Gospodarjenje z varovalnimi gozdovi je usmerjeno v doseganje stabilnosti, zato je pomembno ugotoviti mehanizme, ki prispevajo k večji stabilnosti gozdov. Ob odsotnosti antropogenih vplivov in klimatskih sprememb so naravni gozdovi dokaj stabilni (Motta in Haudemand 2000). Z ukrepanjem je treba ohranjati strukturo, ki glede na naravno sestojno dinamiko krepi zaščitne funkcije in zavira škodljive procese.

Za učinkovito zaščito pred padajočim kamenjem lahko uporabimo različne vrste ukrepov (Dorren in sod., 2007): tehnične, gojitvene, eko-inženirske, civilno-inženirske ali njihovo kombinacijo. Gozd ne zagotavlja popolne zaščite pred padajočim kamenje in tako ponekod del padajočega kamenja obide drevje ali tehnične ukrepe in poškoduje objekt, ki naj bi ga gozd varoval (npr. cesto). Z izvedenimi ukrepi zmanjšamo delež kamenja, ki doseže objekt, in kinetično energijo tega kamenja. Kolikšno pa je to zmanjšanje, je pomembno izhodišče pri izbiri ustreznega ukrepanja med obstoječimi možnostmi (Dorren in sod., 2005). Za stroškovno ugodno ukrepanje moramo poznati: 1) magnitudo in območje pojavljanja padajočega kamenja, 2) učinek sestoja za zmanjševanje dosega padajočega kamenja, višin odbojev in energije, 3) možnosti ukrepanja za izboljšanje zaščitne funkcije gozda (Dorren in sod., 2007). V Švici pri upravljanju varovalnih gozdov večinoma uporabljajo t.i. eko-inženirske tehnike, kar pomeni, da izrabljajo ekološke procese, ki jih lahko dopolnjujejo z inženirskim znanjem za doseg ciljev. Primer takih ukrepov so postavljanje lesenih prepek, povečevanje kamnitih zidov z uporabo depozitov kamenja, sajenje, sečnja, polaganje debel diagonalno na pobočje in podobno (Dorren in sod., 2005; Dorren in Berger, 2006).

Gospodarjenje z zaščitnimi gozdovi je v veliki meri kompromis med optimiziranjem zaščitnega učinka in zagotavljanjem kratkoročne in dolgoročne stabilnosti gozdnih sestojev (Dorren in sod., 2007). Ob upoštevanju spreminjanja zaščitnega učinka z naravno razvojno dinamiko gozdih sestojev s prilagojenim aktivnim gospodarjenjem trajno zagotavljamo najugodnejši zaščitni učinek gozdov. Pri tem težimo k ohranjanju pestre drevesne sestave, zagotavljanju zadostnega pomladka in vzpostavitvi raznolike vodoravne in navpične zgradbe gozda (npr. raznomerna ali prebiralna zgradba) (Firm in Rugani, 2013); stabilnost gozda je ogrožena predvsem v prestarih sestojih brez pomladka, kjer skušamo s posekom oblikovati vrzeli za izboljšanje svetlobnih razmer in tako zagotoviti pomlajevanje (Dorren in sod., 2007).

Ukrepe pred padajočim kamenjem lahko razdelimo na preprečevalne (preventivne) in zaščitne. S preventivnimi ukrepi skušamo s sidranjem kamenja v stabilno podlago preprečiti premik kamenja, medtem ko z zaščitnimi ukrepi omejujemo nevarnosti - bodisi s spremembo trajektorije (npr. izgradnja galerij) ali zmanjšanjem razdalje dosega kamenja (npr. izgradnja bariernih zidov, jezov za kamenje, napenjanje mrež ali dinamičnih ograj proti padajočemu kamenju) (Dorren in sod., 2005). Gozdnogojitvene ukrepe v gozdovih s poudarjeno zaščitno

funkcijo gozda večinoma štejemo v drugo skupino, ob tem pa se velja zavedati dejstva, da gozdni sestoji ne morejo zagotavljati popolne zaščite pred padajočim kamenjem, lahko pa pomembno zmanjšujejo tveganja.

Preventivni ukrepi v izvornem območju so običajno povezani z odstranitvijo drevja na vrhovih pečin in drevja z velikimi koreninami, ki prebadajo matično podlago (Dorren in sod., 2005).

Nabor zaščitnih ukrepov je širši. V varovalnih gozdovih je nujno puščanje bodisi visokih ali izredno nizkih panjev, še posebej v primeru vgradnje zaščitne mreže, ko zaradi neprimerne višine panji lahko delujejo kot trampolin in kamenje preskoči dobro dimenzionirane zaščitne mreže (Dorren in sod., 2005). Pogost zaščitni ukrep je puščanje posekanega drevja diagonalno na pobočje. Hlodi, sidrani pod primernim kotom glede na padnico, preprečujejo akumulacijo in omogočajo kontroliran transport kamenja. Princip je posebej uporaben v primeru, ko se je zaradi ponavljajočih dogodkov padajočega kamenja oblikoval jarek, saj z diagonalno puščenim drevjem usmerjamo padajoče kamenje v jarek in na koncu jarka postavimo zaščitno mrežo (Dorren in sod., 2005). Izkušnje iz Avstrije kažejo, da smrekovi hlodi s premerom nad 50 cm delujejo kot zelo učinkovita ovira za padajoče kamenje. Visoki panji in diagonalno sidrana podrta drevesa delujejo hkrati kot ovire in tudi zakloni za uspešno naravno pomlajevanje (Dorren in sod., 2005).

2.5 SNEŽNI PLAZOVI

2.5.1 Definicija, razdelitev in vzrok za pojav snežnih plazov

Snežni plaz je gibajoči del snežne odeje, ki drsi, teče ali zavrtinčen v zrak pada v globino (Šegula, 1986) in ga s fizikalnega vidika opišemo kot viharno, drseče ali tekoče gibanje snežnih gnot po nagnjeni površini (Mikoš in Pintar, 1983). Celotni površini oziroma trasi snežnega plazov od napoke do dna plaznega stožca pravimo plaznica (Pavšek, 2002b).

Horvat in sod. (1999) razlikujejo plazove po nastanku in po načinu gibanja. Po nastanku tako razlikujejo:

- Plaz nesprijetega snega ali plaz prhkega snega, katerega vzrok je zmanjšanje kohezije snega, se običajno začne s točkovno napoko. Ta nastane zaradi novozapadlega snega, ki predstavlja novo obremenitev in po izraziti odjugi ali moči preko vse zime. Drugi vzroki proženja so preobremenitve z dodatnim snegom (npr. porušitev opasti, sneg z dreves), s človekom ali z živaljo (Horvat in sod., 1999).
- Plaz sprijetega snega ali kložasti plaz se sproži, ko strižna napetost snega prekorači strižno trdnost in se običajno začne z linijsko napoko. Vzroki so različni in lahko povzročijo povečanje strižne napetosti ali pa zmanjšanje strižne trdnosti, npr. intenzivne snežne padavine, močan veter in veliko vetrnih nanosov, slabitev trdnosti zaradi rasti snežnih kristalov (sreženje) (Horvat in sod. 1999).

Po načinu gibanja pa Horvat in sod. (1999) razlikujejo tekoči, drseči in pršni plaz. Tekoči in drseči plazovi praviloma nastanejo iz bolj mokrega snega, ne puhnejo v zrak in pri drsenju

vedno bobnijo. Pršni plaz nastane iz suhega snega, pri čemer se zaradi zračnega upora in padcev preko skokov pogosto razprši in puhne v zrak. Dejanski plazovi imajo značilnosti več različnih tipov plazov (Horvat in sod., 1999).

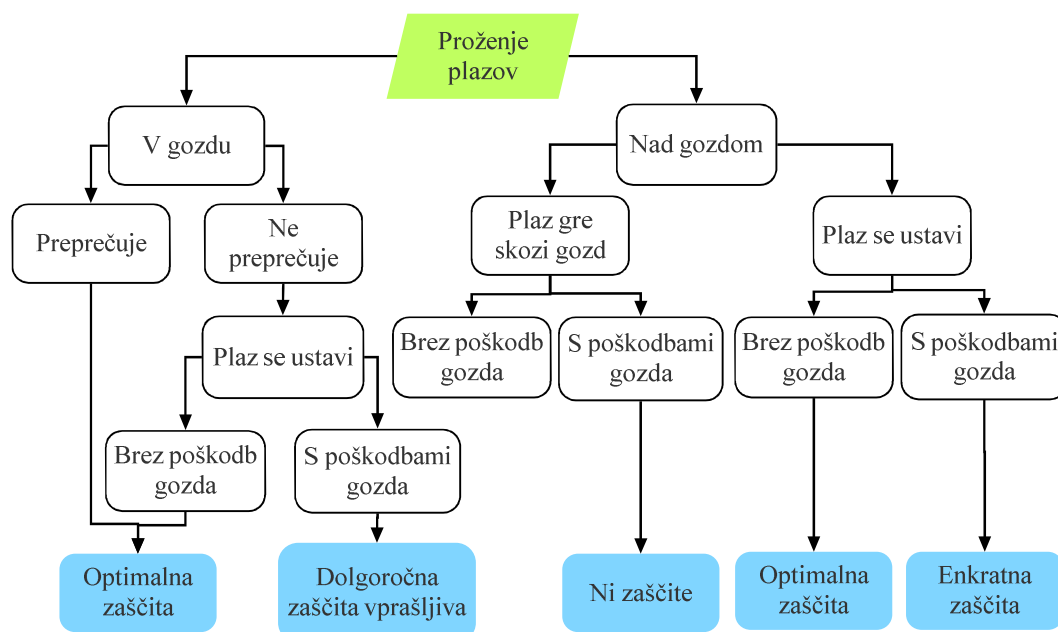
Na negozdnih območjih so začetne cone plazov večinoma odvisne od naklona. Drugi dejavniki, ki prispevajo k oblikovanju plazov, so orientacija terena glede na smer vetra, ekspozicija, hrapavost površja, ukrivljenost, dimenzije pobočja, višina in oddaljenost od grebena (Bebi in sod., 2009). Na poraščenih območjih je oblikovanje plazov omejeno na strma področja z nakloni nad 30°. Odločilni dejavnik je hrapavost površja pod snežno odejo, dokler višina snega ne preseže višine najvišjega objekta (Bebi in sod., 2009).

2.5.2 Učinek gozda za zaščito pred snežnimi plazovi

Gozd služi kot naravna prepreka, kjer meteorološki pogoji in terenske značilnosti dovoljujejo rast dreves (Bebi in sod., 2009). Vpliv gozda je skoncentriran predvsem na področje proženja plazov, kjer ima rastje stabilizacijski učinek na snežno odejo, medtem ko je učinek gozda vzdolž plaznice omejen predvsem na zmanjšanje stranske širitve plazu in zmanjšanje hitrosti manjših plazov (Viglietti in sod., 2009). Gozd le redko nudi popolno zaščito pred snežnimi plazovi (Wehrli in sod., 2007).

Stabilizacijski učinek gozda je odvisen od: 1) značilnosti gozda, 2) lokacije gozda na plaznici in 3) mesta proženja plazu (Margreth, 2004). Stabilizacijskega učinka debel ne smemo precenjevati, saj teoretična spoznanja kažejo, da je glede na strmino in višino snega potrebnih 500-1000 dreves/ha, da uspešno preprečijo proženje plazov, kar je v subalpskih gozdovih redkost (Margreth, 2004).

Na območju gibanja in zaustavljanja že sproženih snežnih plazov je zaviralni vpliv gozdov majhen (Horvat in Zemljich, 1998; Viglietti in sod., 2009), še posebej majhen je pri večjih plazovih, saj tok plazu skozi gozd drevje uniči – ga prelomi, prevrne, izruva in vključi v masni tok (Bartelt in Stöckli, 2001; Bebi in sod., 2009). Feistl in sod. (2012) so postavili hipotezo, da gozd deluje na plaz kot ovira, kar povzroča odlaganje materiala plazu na zgornji strani debel in posledično zmanjšanje hitrosti in dosega plazu. Ugotovili so, da je skrajšanje razdalje kot posledica izločanja mase odvisno predvsem od prostornine; z manjšim volumnom sproščenega snega je skrajšanje dosega plazu izrazitejše. Gozd lahko bistveno zmanjša možnosti pojavljanja in posledice snežnih plazov (Wehrli in sod., 2007), zato velja za stroškovno učinkovito zaščito pred majhnimi plazovi; to so plazovi s prostornino materiala do 25.000 m³ (Feistl in sod., 2012). Možnosti zagotavljanja zaščite pred snežnimi plazovi so različni glede na mesto proženja plazu in stanje gozda (Slika 3). Najpomembnejše značilnosti gozda, ki zmanjšujejo možnosti proženja snežnih plazov, so intercepcija, atlantifikacija klime (omilitev ekstremov), zmanjšanje hitrosti vetra in stabilizacijski učinek debel (Horvat, 1999; Margreth, 2004).



Slika 3: Shematski prikaz interakcije med plazovi in gozdom nad, med in pod gozdno mejo (prirejeno po Margreth, 2004)

Figure 3: Schematic representation of the interaction between forest and avalanches triggered above, between and below treeline (modified after Margreth, 2004)

V kakšni meri značilnosti gozda posamično prispevajo k stabilizaciji snežne odeje in kje so meje aktivne zaščite v različnih vremenskih pogojih, ni povsem znano. Omejeno je tudi znanje o zaviralnem učinku gozda in odvisnosti razvoja snega od strukture gozda (Margreth, 2004). Pregledno lahko učinke gozda razdelimo na tiste, ki preprečujejo ali zavirajo proženje in gibanje snežnih plazov (»pozitivni učinki«) in one, ki povečujejo možnosti proženja snežnih plazov (»negativni učinki«) (Preglednica 4).

Preglednica 4: Pozitivni in negativni učinki gozda na treh različnih območjih pojava snežnih plazov (prirejeno po Frehner in sod., 2005; Horvat, 1999; Horvat in Zemljič, 1998; Margreth, 2004; Viglietti in sod., 2009)

Table 4: Positive and negative effects of forest on avalanches in three main zones of avalanche process (modified after Frehner et al., 2005; Horvat, 1999; Horvat and Zemljič, 1998; Margreth, 2004; Viglietti et al., 2009)

nadaljevanje preglednice 4: Pozitivni in negativni učinki gozda na treh različnih območjih pojava snežnih plazov

| Učinek gozda | Pozitivni učinki | Negativni učinki |
|----------------------------------|---|------------------|
| Območje proženja Intercepcija | V krošnjah dreves se lahko zadrži precej snega, ki se tali in izhlapi, ne da bi dosegel tla. Stopnja intercepcije je odvisna od sklepa krošenj, deleža iglavcev, jakosti sneženja in temperature zraka. Največja je v zastrtih, čistih iglastih gozdovih, ob šibkih padavinah, pri temperaturi zraka okoli -1°C ^(1, 2) . Na delež intercepcije vpliva tudi vlažnost snega ⁽⁵⁾ . Snežini pod dovolj gostim sestojem se povečujeta trdnost in gostota, saj je snega manj ^(1, 2) , manjše so napetosti v snežini, plasti so tanjše in nepravilne ^(3, 5) . Od procesov preobrazbe snega prevladujeta drobljenje in zrnenje. Na preobrazbo snega ugodno vplivata odtok po deblih in kapljanje z vej ⁽³⁾ . | |

se nadaljuje

nadaljevanje preglednice 4: Pozitivni in negativni učinki gozda na treh različnih območjih pojava snežnih plazov

| Učinek gozda | Pozitivni učinki | Negativni učinki |
|--|--|--|
| Atlantifikacija klime | Zaradi atlantifikacije klime pod krošnjami v snežnini le redko nastane temperaturni gradient; plasti globinskega sreža zato nastanejo redkeje; sreženje zasledimo v redkih sestojih na osojnih legah, drugod pa izjemoma ⁽³⁾ . Predvsem v zimzelenih gozdovih je segrevanje podnevi in oddajanje toplote ponoči zmanjšano, zato nastaja posebna klima, ki vpliva na preobrazbo snega (preprečuje nastajanje globinskega sreža) ⁽²⁾ . | Na senčnih vrzelih ali na gozdnem robu se lahko pojavi površinski srež in lahko vztraja dalj časa. V kolikor nov sneg pade na to plast, lahko to pospešuje proženje snežnih plazov ⁽²⁾ . |
| Zmanjšanje hitrosti vetra | V gozdu se nad tlemi zmanjša hitrost vetra. Posledica zmanjšane hitrosti vetra je manj z vetrom prenešenega snega ⁽²⁾ . | Na gozdnem robu in v vrzelih lahko veter zaradi zmanjšanja hitrosti ob vstopu v gozd odloži večje količine snega, ki so nestabilne ⁽²⁾ . |
| Območje proženja | Stabilizacijski učinek debel | Na območju proženja snežnih plazov grmovje preprečuje zdrsnje snežne odeje, dokler ga sneg ne prekrije, nato pa se nevarnost plazov močno poveča. Vrste, ki enostavno poležejo (zelena jelša, ruševje), spodbujajo plazenje ⁽⁴⁾ , saj leži sneg na njih kot na vzmeteh, že manjša sprememba gostote snežine, njene povezanosti in primrznenosti lahko povzroči, da postane elastična sila vej večja od obremenitev. Posledica je zdrsnje na vejah ležečega snega ⁽¹⁾ . |
| Učinek prevrnjenih drevesnih ostankov | Stabilizacijski učinek debel | Na območju proženja snežnih plazov grmovje preprečuje zdrsnje snežne odeje, dokler ga sneg ne prekrije, nato pa se nevarnost plazov močno poveča. Vrste, ki enostavno poležejo (zelena jelša, ruševje), spodbujajo plazenje ⁽⁴⁾ , saj leži sneg na njih kot na vzmeteh, že manjša sprememba gostote snežine, njene povezanosti in primrznenosti lahko povzroči, da postane elastična sila vej večja od obremenitev. Posledica je zdrsnje na vejah ležečega snega ⁽¹⁾ . |
| Območje gibanja in zaustavljanja | Zaviralni učinek gozda | Na strmejših predelih ali v predelih z zelo visoko snežno odejo so ostanki nezmožni preprečevati proženje plazov in tako pride do plazov, v katerega so vključeni tudi ostanki drevja, kar pa je zelo problematično v predelih z visokim škodnim potencialom ⁽¹⁾ . |
| Učinek podrttega drevja na območju vetroлома | Zaviralni učinek gozda | Na strmejših predelih ali v predelih z zelo visoko snežno odejo so ostanki nezmožni preprečevati proženje plazov in tako pride do plazov, v katerega so vključeni tudi ostanki drevja, kar pa je zelo problematično v predelih z visokim škodnim potencialom ⁽¹⁾ . |

Viri: 1 - Frehner in sod., 2005; 2 - Horvat, 1999; 3 - Horvat in Zemljič, 1998; 4 - Margreth, 2004; 5 - Viglietti in sod., 2009

Margreth (2004) je skušal določiti želeno strukturo in sestavo gozdnih sestojev (t.i. »profil gozda«) za preprečevanje proženja plazov v gozdnem prostoru. Določil je ključne spremenljivke, in sicer stopnjo zastrtosti tal s krošnjami, število dreves na hektar in povprečno širino vrzeli. Tako je na primer ob 50 % zastrtosti s krošnjami na pobočju z naklonom 35° in širino vrzeli 15 m verjetnost proženja majhna. Gubler in Rychetnik (2000) sta kot pomemben dejavnik določila tudi dolžino vrzeli v smeri padnice, saj z daljšanjem vrzeli in s povečevanjem naklona terena verjetnost proženja plazov narašča (Margreth, 2004). Po izračunih naj bi bila za preprečevanje snežnih plazov na območjih z naklonom 35° dolžina vrzeli krajša od 50 m, z naklonom 45° pa krajša od 30 m. Pri dolžinah vrzeli, daljših od 150 m, moramo računati na poškodbe nižje ležečega gozda zaradi plazov (Margreth, 2004). Margreth (2004) opozarja, da je zahtevana struktura gozda za zaščito pred snežnimi plazovi močno odvisna od škodnega potenciala.

2.5.3 Zaviralni učinek gozda

Zaviralni učinek gozda je pri snežnih plazovih, ki se sprožijo nad zgornjo gozdno mejo, zelo omejen. Glede na izkušnje lahko gozd ustavi snežni plaz, ki se je sprožil tik nad gozdno mejo (Margreth, 2004). Odzivi posameznih dreves na sprožene plazove so močno povezani z dimenzijo in prožnostjo dreves ter prostorsko lokacijo območja proženja plazov glede na drevo. Če je natezna moč korenin manjša od prelomne moči, je drevo namesto prelomljeno izkoreninjeno, če pa je drevo dovolj prožno (npr. drevje s premerom, manjšim od 5 cm), ga plaz upogne ali poleže, a je kasneje nepoškodovano (Margreth, 2004). Kritični premer za prelom drevja pri značilnih subalpinskih drevesnih vrstah je 6-14 cm in je višji za listavce, ki pa relativno hitro prerastejo omenjene premere, zato je obdobje, ko je drevje prožno, v celotnem razvoju dreves relativno kratko (Bebi in sod., 2009). Destruktivna sila plazov je odvisna od hitrosti plazov, ki se večja z opravljenimi razdaljami. Sila plazov pri hitrosti 20 m/s in višini toka 3 m ni dovolj, da bi prelomila drevje s premerom 30 cm, če so drevesa dovolj stabilna in snežna gmota ne doseže vej; če pa višina snežne gmote doseže veje, pride do velikopovršinskega uničenja gozda (Margreth, 2004). Kritični snežni pritisk na drevo, ki pomeni prelom, je izračunan iz modelov. Odvisen je od premera drevja in znaša 10-50 kN/m² za tekoče plazove in 3-5 kN/m² za pršne plazove, kjer je pritisku podvržena tudi krošnja (Bebi in sod., 2009). Takšni pritiski nastajajo pri relativno majhnih plazovih po 50 m plazenja, kar sovпада z opazovanji, da je večina plazov, sproženih 150 m nad gozdno mejo, dovolj močnih za prelom ali izrutje drevja, zato je kritična dolžina vrzeli za proženje snežnih plazov 20-200 m (Bebi in sod., 2009).

2.5.4 Optimalna struktura gozda za zaščito pred snežnimi plazovi

Gozdovi vplivajo na verjetnost, frekvenco in magnitudo plazov (Bebi in sod., 2009). Zaščitna funkcija gozda je večinoma rezultat strukture gozdnega sestoja, značilnosti snega in topologije (Viglietti in sod., 2009). Značilnosti gozda, ki zmanjšujejo verjetnost pojavljanja plazov, so: 1) zastrtost s krošnjami, večja od 30 %, 2) odsotnost vrzeli, daljših od 25 m, 3) povečana površinska hrapavost, ki jo predstavlja ležeče ali stoječe drevje, panji, skale in balvani, ki morajo biti višji od snežne odeje (Bebi in sod., 2009). Meyer-Grass (1987) je z raziskavo potrdil, da je gostota drevja odločilni dejavnik za proženje plazov, saj

le gozdni sestoji z gostoto drevja nad 250 dreves/ha in višino drevja nad 3 m omogočajo zaščito pred plazovi. Zastrtost s krošnjami nad 46 % zagotavlja zmanjšanje frekvence snežnih plazov (Viglietti in sod., 2009). Le drevje s prsnim premerom, večjim od 16 cm, prispeva k stabilizaciji, saj se tanjše drevje (6-10 cm) upogne ali poleže in zato ne prispeva veliko k stabilizaciji.

2.5.5 Ukrepanje

Gojenju gorskih sestojev s poudarjeno varovalno funkcijo, zlasti na potencialno plazovitih območjih, je treba posvetiti dovolj pozornosti, saj so neposredni dohodki iz teh gozdov majhni, medtem ko so njihove varovalne in splošno koristne funkcije neprecenljive (Horvat in Zemljič, 1998). Vendar so razen redkih izjem ti gozdovi nenegovani in neprimerni za učinkovito zaščito (Pavšek, 2002b), njihova gostota in regeneracijska sposobnost pogosto nista ustrezni.

Z aktivnejšim gojitvenim ukrepanjem je potrebno v teh sestojih pospeševati raznodobno strukturo, večjo gostoto, šopasto rast, polnilni in grmovni sloj (ki preprečujeta proženje in gibanje talnih plazov), nemoteno obnovo ter pozitivno selekcijo dreves glede na njihovo stojnost. Z gojitvenimi ukrepi lahko vplivamo na manjšo pogostnost plazov na plazovitih območjih, kar je pomembno za zaščito nižje ležeče infrastrukture in naselij (Bebi in sod., 2009). Zaradi izredne občutljivosti sestojev in rastišč pa je gojitveno ukrepanje omejeno. Zlasti z ukrepanjem ne smemo povzročiti nastanka golih površin (Pavšek, 2002b).

Tudi na plazovitih območjih se gozdni sestoji zaradi naravnih ali človeških motenj (vetrolom, izbruhi insektov ali sečnja) neprestano spreminjajo. Motnje povzročijo nastanek vrzeli, zato vsaj začasno, dokler vegetacija zopet ne doseže višine, ki je potrebna za stabilizacijo plazov, povečajo nevarnost plazov. Tako po sečnji zaščitni učinki gozdnih sestojev oslabijo, kar traja 4 leta; na področju požarov pa je to obdobje daljše, saj traja 15-20 let (Bebi in sod., 2009). Podnebne spremembe bodo vplivale na spremembe pojavnosti plazov, čemur se bo treba pri ukrepanju prilagajati (Bebi in sod., 2009).

Hrapavost podlage je pomemben element za stabilizacijo snežne podlage. Na razgaljenih plaznicah lahko hrapavost povečamo s trinogimi podstavki, ki nudijo učinkovito zaščito za obdobje 30 let (Dorren in sod., 2007). V kolikor načrtujemo in izvajamo sečnjo na območju potencialnih snežnih plazov, je treba pri poseku puščati višje panje in s tem povečati hrapavost tal.

Pogosta je dilema, ali padlo drevje po neurju pustiti v sestoji ali ga iz sestoja odstraniti. Izkušnje iz tujine kažejo, da je podrto drevje cenovno ugodna, vendar začasna zaščita pred plazovi. Študije nakazujejo, da lahko podrta debela zagotavljajo strukturo, ki omeji proženje snežnih plazov v obdobju do 30 let (McClung, 2001; Weir, 2002). Poševno ležeči hlodi so manj nevarni za splazitev. V predelih, kjer so padlo drevje odstranili, je trajala ponovna pogozditev precej dlje kot v primeru, ko so padlo drevje pustili v sestoji. S sadnjo lahko skrajšamo kritično fazo po motnji, najboljše rezultate daje sadnja eno leto po motnji (npr. vetrolomu) (Bebi in sod., 2009).

Vpliv klimatskih sprememb na režim snežnih plazov je zelo negotov (Bebi in sod., 2009), podobno velja za vpliv klimatskih sprememb na funkcioniranje subalpinskih gozdov, ki tvorijo zgornjo gozdno mejo. Bebi in sod. (2009) predvidevajo, da bodo snežni plazovi pod vplivom klimatskih sprememb manj pogosti v nekaterih nižjih predelih, kjer se bo zaradi višjih temperatur količina snežnih padavin zmanjševala. V višjih predelih pa lahko pride do večjih plazov, ki bodo lahko oblikovali nove plaznice.

2.6 ZEMELJSKI PLAZOVI

2.6.1 Definicija in razmejitev

Zemeljski plaz v najširšem smislu pomeni premikanje gmote kamenja, prsti, preperine s polzenjem, plazenjem, padanjem ali tokom (Zorn in Komac, 2008). Pojav plazenja je fizikalen proces, ki se zgodi na gozdnih in negozdnih površinah. Številne raziskave splazitev so pokazale pozitivne učinke gozda in koreninskega pleteža na stabilnost pobočij (Abe in Ziemer, 1990; Fazarinc in Mikoš, 1992; Rickli in sod., 2002), vendar pa ima gozd kot mehanski stabilizator ugoden vpliv le na zelo plitve zemeljske plazove, kjer je debelina preperele in potencialno plazljive plasti bistveno tanjša kot globina koreninskega sistema (Papež in sod., 2010).

Najpogostejše delitve zemeljskih plazov se nanašajo na sestavo gradiva, hitrost plazenja, velikost, globino, način premikanja in dejavnost (Zorn in Komac, 2008). Glede na globino ločimo plitve zemeljske plazove, ki segajo do globine korenin, srednje globoke in globoke zemeljske plazove (Firm in Rugani, 2013). Natančnejšo delitev obravnava inženirsko – geološka razvrstitev zemeljskih plazov glede na globino, po kateri plitev plaz dosega globino od 0,5 do 2 m (Ribičič, 2001). Podoben je tudi švicarski predlog (Frehner in sod., 2007a), ki plazove označuje kot plitve, če niso globlji od dveh metrov. Glavne razlike med plitvimi in globokimi plazovi so v globini splazene gmote, energiji, ki se pri tem sprošča, in hitrosti plazenja, kar posledično pomeni tudi večjo površino prizadetega območja in večje prostornine gradiva (Preglednica 5).

Preglednica 5: Primerjava plitvih plazov s srednje globokimi in globokimi plazovi (prirejeno po Frehner in sod., 2007a)

Table 5: Comparison of shallow to medium deep landslides and deep landslides (modified after Frehner et al., 2007a)

| | Plitvi plazovi | Srednje globoki in globoki plazovi |
|--------------------------|---|--|
| Globina | 0-2 m | 2-10 m oz. > 10 m |
| Drсна aktivnost | V večini predelov pogosta plazna aktivnost s kratkotrajno drsno aktivnostjo (nekaj minut do mesecev). | Plazna aktivnost večinoma v rangu od cm do dm na leto. |
| Površina | Majhne površine (večinoma < 0,5 ha) | Velike površine (večinoma > 0,5 ha do več km ²) |
| Razvoj | Razvijejo se na predelih z naklonom okoli 25°, lahko pa tudi na pobočjih z nižjim naklonom. | Procesi plazenja trajajo več let, lahko tudi več stoletij, pogosto v obdobjih različne aktivnosti. |
| Značilni znaki na terenu | Pogosto značilne začetne razpoke v pobočju kot posledica ponavljajočih se zdrsov gradiva. | Veliki odlomni robovi v začetnih conah, nagnjeno drevje in drevje s sabljasto rastjo, razpoke v podlagi, napete korenine, ponikanje površinskih voda, močna nasičenost z vodo, razpoke in deformacije na cestah in zgradbah. |
| Prostornina | Okoli 100 m ³ gradiva na plazišče. | Več milijonov m ³ gradiva. |
| Hitrost procesov | Trajanje padavin je okoli 2 ure, čas plazenja pa je v roku nekaj minut. | Plaz je v gibanju več kot 100 let, pri čemer pa se menjujejo aktivne in pasivne faze, v odvisnosti od vremenskih razmer. |
| Možne dodatne posledice | Prenos v pobočne drobirske tokove zaradi visoke nasičenosti z vodo. | Posledično lahko vodi do dodatnih drobirskih tokov in plitvih plazov. |

2.6.2 Vzroki za pojav plazenja

Terenske raziskave na zdrsih pobočja (Alleotti in sod., 1996; Avanzzi in sod., 2004; Markart in sod., 2007; Raetzo in Rickli, 2007) navajajo, da plitvi plazovi, ki jih najpogosteje sproži obilno deževje, običajno dosežejo globino 0,5-1,5 m in prizadenejo območja velikosti 50-1000 m² s prostornino sproženega gradiva od nekaj kubičnih metrov do nekaj sto kubičnih metrov. Obilno deževje, ki sproža plitve plazove, je lahko različno: kratkotrajno in intenzivno ali dolgotrajno z manjšo intenzivnostjo (Ceriani in sod., 1992; Crosta, 1998; Guzzetti in sod., 2004; Aleotti, 2004).

Poglavitne dejavnike, ki dalj časa delujejo na območju sprožitve, krhajo ravnovesje (Frehner in sod., 2007b) in tako vplivajo na nastanek zemeljskih plazov, razdelimo v naslednje skupine: vremenska dogajanja, hitre temperaturne spremembe, potresi, trki nebesnih teles, antropogeni posegi, nenaden dvig podtalnice, povečan odtok vode in vojaški posegi (Zorn in Komac, 2008).

Vpliv vremenskega pojava na pojav plazov je odvisen od dežnega režima in hitrosti odtoka vode iz zemljine. Čim počasneje se tla sušijo, tem večja je verjetnost za nastanek plazenja (Rice, 1977). Splošno krivuljo za določitev mejne vrednosti padavin, pri kateri pride do plazenja zaradi intenzivnih padavin, opisuje enačba (Caine, 1980):

$$I = 14,82 * D - 0,39 \quad (\text{En. 1})$$

I – intenzivnost padavin (mm/h)

D – čas trajanja padavin (ure)

Mejna količina padavin, potrebna za sprožitev plazov, je odvisna od številnih dejavnikov, in se med regijami spreminja. Za Slovenijo znaša 100-150 mm pri 24 urnih padavinah in 130-180 mm pri 48 urnih padavinah (Komac, 2005).

Odločujoč dejavnik za stabilnost pobočij je naklon površja. Plitvi plazovi se običajno sprožijo na pobočjih z naklonom 20-50°. Na pobočjih z naklonom, manjšim od 20°, so gonilne sile manjše od moči podlage, na pobočjih z naklonom nad 45° pa se gostota plazov zmanjša, ker v večini primerov matično podlago prekriva le tanka plast preperine, tako da so prevladujoči procesi spiranje, erozija in padajoče kamenje (Moser, 1997).

2.6.3 Učinek gozda na nevarnost pred zemeljskimi plazovi

Učinek gozda na nevarnost pred zemeljskimi plazovi najlažje prikažemo s primerjavo plazenja na različnih lokacijah, kar pa je težavno zaradi velike variabilnosti številnih dejavnikov in procesov v naravi (npr. naklon, mikro-lokacija, pokrovnost tal z vegetacijo) ter povodov (količina in intenzivnost padavin ter predhodna vlažnost tal) (Steinacher in sod., 2009). Pri primerjavi geomorfoloških procesov v gozdu in izven gozda moramo upoštevati vpliv, ki ga je imel človek na razporeditev gozda, predvsem z naselitvijo in rabo tal. Gozd večinoma poseljuje strmejšše lege, kjer so zato verjetnosti za pojave plazenja večje (Steinacher in sod., 2009).

Obširno raziskavo, v kateri je bilo zajetih 522 zemeljskih plazov, sta opravila Rickli in Graf (2009). Proučevala sta razlike med plazovi v gozdu in na prostem ter razlike v značilnostih plazov, kot so globina, površina in prostornina sproženega gradiva na plazov. Edini parameter, ki se je statistično značilno razlikoval med plazovi, sproženimi v gozdu, in plazovi izven gozda, je bila globina tal, ki je bila v gozdu večja.

Čeprav imajo gozdovi občasno destabilizacijski učinek zaradi teže drevja ali učinka vetra (Greenway, 1987), so pobočja, poraščena z gozdom, običajno bolj stabilna kot enako strma negozdna pobočja (Rickli in sod., 2004). Do podobnega zaključka so prišli avtorji raziskav, s katerimi ugotavljajo, da so plitvi plazovi v gozdnih predelih relativno manj pogosti kot plazovi v negozdnih predelih (Moser, 1980; Moser in Schoger, 1989; Fazarinc in Mikoš, 1992; Markart in sod., 2007).

Različne vplive vegetacije na stabilnost pobočij lahko v grobem klasificiramo v štiri skupine:

1. Mehanska stabilizacija zaradi prisotnosti korenin (Abe in Ziemer, 1991; Nilaweera in Nutalaya, 1999; Stokes, 2002; Frehner in sod., 2007a; Steinacher in sod., 2009).
2. Vpliv na hidrologijo z zmanjšanjem fizikalnih sil dežnih kapljic, intercepcijo, evapotranspiracijo, pornim tlakom, sesalno močjo in prostornino por (Tobias, 2003; Markart in sod., 2004; Markart in sod., 2006; Thielen, 2007; Frehner in sod., 2007a).
3. Dodatna obtežba pobočja zaradi teže drevja (Nilaweera in Nutalaya, 1999; Steinacher in sod., 2009).
4. Možnost pojavljanja vetrolomov (Nilaweera in Nutalaya, 1999; Stokes, 2002).

Medtem ko prvi dve skupini kažeta ugoden vpliv vegetacije na stabilnost pobočja, se za četrto skupino meni, da zmanjšuje stabilnost pobočja. Tretja skupina - vpliv dodatne obremenitve terena zaradi teže dreves - je lahko pozitivna ali negativna, kar je odvisno od značilnosti tal in pobočja (Steinacher in sod., 2009).

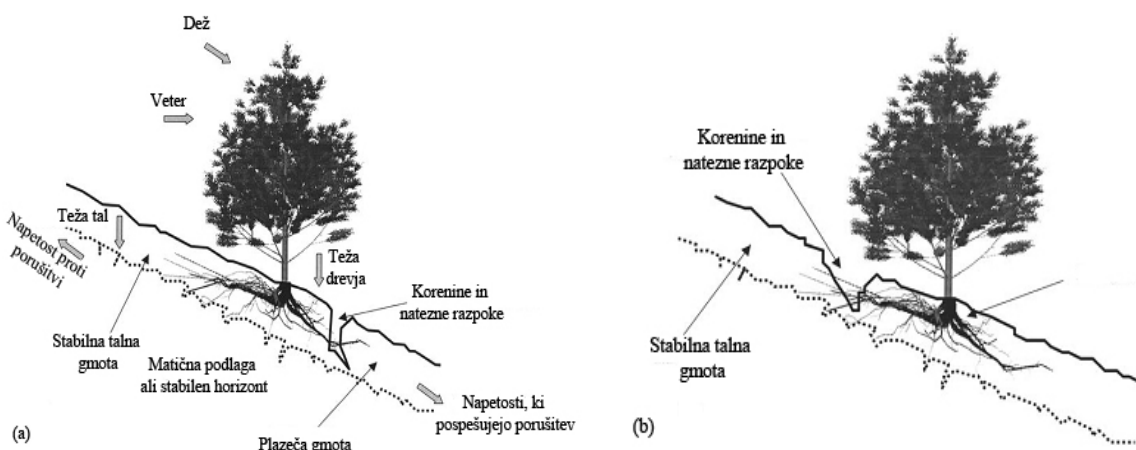
2.6.3.1 Mehanska stabilizacija zaradi korenin

Učinkovitost korenin pri okrepitvi tal je odvisna od moči korenin, natezne trdnosti korenin, intenzivnosti povezave med tlemi in koreninami ter morfologije koreninskega sistema (Steinacher in sod., 2009). Moč korenin se razlikuje med različnimi rastlinskimi vrstami kot tudi znotraj iste vrste ali celo znotraj istega koreninskega sistema. Poleg tega na moč korenin vplivajo še drugi dejavniki, na primer način sadnje (Lindstrom in Rune, 1999). Koreninski sistem, ki razvije dolgo glavno korenino, bo najverjetneje lahko razvil polno natezno trdnost glavne korenine. Globlji kot je koreninski sistem, večjo količino padavin lahko zdrži pobočje, ne da bi prišlo do plazenja (Stokes, 2002).

Natezna trdnost velja za najpomembnejši dejavnik stabilizacije pobočja in je bila zato tudi predmet številnih raziskav (npr. Stokes, 2002). Natezna trdnost se zmanjšuje z večanjem korenin, kar je posledica razlik v strukturi korenin. Manjše korenine vsebujejo več celuloze kot starejše (Stokes, 2002), celuloza pa velja za odpornejšo proti natezanju kot lignin (Commandeur in Pyles, 1991). Za razliko od natezne trdnosti se stisljivost in upogljivost korenin premosorazmerno zmanjšujeta z manjšanjem korenin (Stokes, 2002). Pri drevesih, ki rastejo na pobočjih, je natezna trdnost večja v koreninah, ki rastejo navzgor po pobočju kot pri koreninah, ki rastejo bodisi po pobočju navzdol ali pa horizontalno.

Olesenele korenine delujejo kot stabilizatorji pobočja, glavni koreninski sistem pa doseže globine 5-140 cm v gozdu in 30-100 cm v negozdnih predelih (Rickli in Bucher, 2003). Maksimalni potencial koreninske kohezije za različne drevesne vrste je 2-22 kPa (Sidle, 1991). Bischetti in Chiardia (2004) sta analizirala plitva plazišča in izračunala povečanje strižne trdnosti z rastjo korenin 6-9 kPa za lesko (*Corylus avellana* L.) in gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.). Kohezija korenin je v zgornjih 30 cm podlage zelo velika (38-47 kPa), nato pa linearno pada do vrednosti 10 kPa v globini 100 cm (Bischetti in sod., 2004).

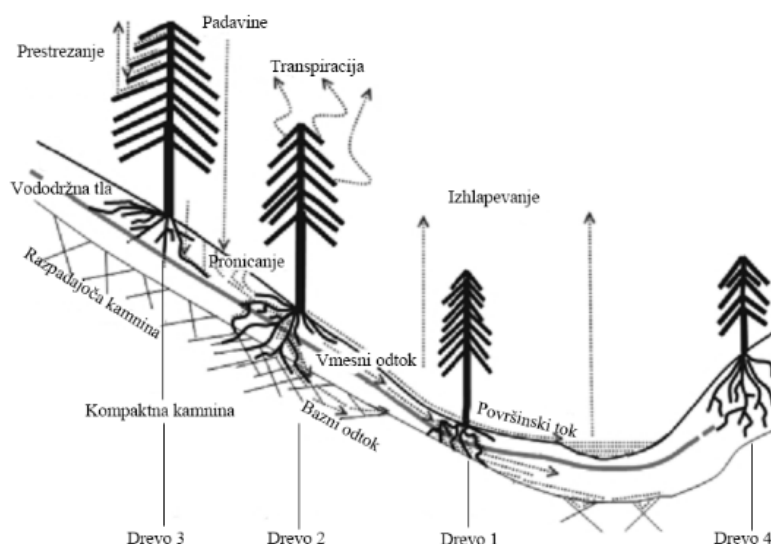
Če je koreninski sistem izpostavljen plazenju oziroma je sila izvleka večja kot maksimalna odpornost korenin, pride do trganja ali izruvanja korenin. Sile, ki pogojujejo plitve porušitve tal, so odvisne od teže tal in drevja, naklona pobočja in sile vetra (Stokes, 2002). Pri destabilizaciji pobočja med neurjem se najprej pojavijo razpoke na površini tal. Korenine te razpoke premostijo (Slika 4) in s tem preprečijo nadaljnje premikanje tal po pobočju zaradi natezne trdnosti in preko povezave korenine - zemlja (Ziemer, 1981). Pri premiku tal korenine na zgornji strani drevesa usidrajo plazečo maso v stabilno talno podlago nad razpoko in tako preprečijo nadaljnje premikanje tal (Slika 4) (Zhou in sod., 1998; Watson in sod., 1999; Stokes, 2002).



Slika 4a in b: Prikaz sil, ki delujejo na pobočju in potek nastanka razpok v tleh (prirejeno po Zhou in sod., 1998; Watson in sod., 1999; Stokes, 2002).

Figure 4a and b: Representation of forces acting on the slope and the course of crack formation in the ground (modified after Zhou et al., 1998; Watson et al., 1999; Stokes, 2002)

Interakcije med rastlinjem in podlago so odvisne predvsem od globine tal, globine koreninskega sistema in možnosti sidranja koreninskega sistema v kompaktno matično podlago. Na štiri značilne interakcije med rastlinjem in podlago (Slika 5, Preglednica 6) vplivajo: število in diverziteteta drevesnih vrst, starost drevja, globina koreninskega sistema in »zdravstveno« stanje gozda (Rickli, 2001). Predeli z odraslimi in sklenjenimi (nevrzelastimi) sestoji so minimalno podvrženi plazenju, predeli z mladim drevjem in z večjimi vrzelmi so najbolj podvrženi plazenju (Rickli in sod., 2001).



Slika 5: Prikaz interakcij med rastlinjem, podlago, skalami in vodo (prirejeno po Steinacher in sod., 2009)

Figure 5: Representation of interactions between vegetation, soil, rocks and water (modified after Steinacher et al., 2009)

Preglednica 6: Štiri možne interakcije med drevesnimi koreninami in podlago (glej Slika 5); φ je kot notranjega trenja (prirejeno po Rickli, 2001)

Table 6: Four possible interactions between tree roots and basement (see Figure 5; φ angle of internal friction (modified after Rickli, 2001)

| Tip | Opis | Učinek stabilnosti | Trenjski kot |
|---------|--|--------------------|--|
| Drevo 1 | Plitva talna podlaga, okrepljena s koreninami, pod njo se nahaja kompaktna kamnina, katere pa korenine ne predrejo. | Nizek | Če je zemljina nasičena z vodo, se zmanjša φ in prihaja do pojavov plazenja. |
| Drevo 2 | Podobno kot »Drevo 1«, le da je podlaga rahlo razpadajoča in jo korenine lahko predrejo. | Zelo visok | Če je zemljina nasičena z vodo, se zmanjša φ , vendar pa korenine okrepijo tla, tako da je možna le manjša površinska erozija. |
| Drevo 3 | Srednja do globoka podlaga s prehodno plastjo, ki je bolj gosta in ima večji trenjski kot. Če korenine predrejo to plast, povečajo stabilnost pobočja. | Srednji | V primeru »nezdravega« gozda ali če na predelu rastejo drevesa s horizontalnimi koreninami, lahko prihaja do plazenja. |
| Drevo 4 | Debelina talne podlage je večja, kot dolžina korenin, korenine lahko vplivajo na hidrologijo, ne povečujejo pa mehanske stabilnosti pobočja. | Nizek | Če je zemljina nasičena z vodo, se zmanjša φ in je možen začetek plazenja. |

2.6.3.2 Vpliv na hidrologijo tal

Vegetacija močno vpliva na hidrologijo tal, predvsem z zmanjševanjem teže tal zaradi intercepcije, transpiracije in vplivom na površinski odtok in s povečevanjem sesalne napetosti tal (*ang. suction power*) (Steinacher in sod., 2009). Intercepcija je količina padavin, ki jo drevesa s krošnjami prestrežejo. Kolikšen del padavin zadržijo krošnje, je odvisno od intercepcijske kapacitete krošenj, hitrosti vetra, trajanja deževja, jakosti padavin ter deficita v tlaku zračne vlage, prav tako pa tudi od drevesne vrste in gostote gozdnega sestoja (Kotar, 2005). V vzhodnih Alpah je intercepcija ocenjena med 1/5 in 1/3 letne količine padavin (Markart in sod., 2006).

Transpiracija je po Kimminsu (1997) definirana kot izguba vode zaradi izhlapevanja celic rastlinskih tkiv v atmosfero. Količina vode, ki jo drevo transpirira, je odvisna od drevesne vrste (gostote listnih rež), količine listja, ponudbe vode v tleh in količine dostopne energije za evaporacijo vode iz listov (Kotar, 2005). Markart in sod. (2006) navajajo za smrekove gozdove Nemčije, da lahko rastline v odvisnosti od količine padavin izločijo 21-89 % letnih padavin. Kotar (2005) glede na podatke, ki so jih zbrali drugi avtorji v Evropi, sklepa, da znaša letna transpiracija pri smreki, bukvi in boru 200-350 mm, pri brezi in macesnu pa ob dobri oskrbi z vodo 350-600 mm.

Vegetacija ima pomemben vpliv tudi na površinski odtok. Raziskave v gozdovih Bavarske (Markart in sod., 2004) so pokazale, da se po goloseku maksimum površinskega odtoka kot posledica izostanka intercepcije in transpiracije poveča za 30-40 %. V enem letu po goloseku se tla degradirajo predvsem z odstranitvijo mikroorganizmov in zamašitvijo por, kar povzroči zmanjšanje infiltracije v nižje plasti tal in s tem povečanje površinskega odtoka, ki povzroča različne oblike erozijskih pojavov.

Rastline povečujejo sesalno napetost tal s črpanjem vode iz tal, saj s tem zmanjšajo nasičenost tal z vodo (Tobias, 2003), vlečno moč pa zmanjšuje infiltracija vode, ki je pozitivno odvisna od količine padavin (Steinacher in sod., 2009).

Za zagotavljanje stabilnosti pobočja je najpomembnejše upoštevati spremembe v sezonskem vodnem tlaku v porah tal in hkrati oslabitev korenin, nikakor pa ni ustrezno obravnavati vsakega od dejavnikov posamično.

2.6.3.3 Dodatna obtežba pobočja zaradi teže drevja

V praksi je pogosto teža drevja tista, ki negativno vpliva na stabilnost pobočja, vendar pa glede na izsledke raziskav (Rice, 1977; Beinsteiner, 1981; Steinacher in sod., 2009) težo drevja ne moremo *a priori* označiti kot negativen vpliv na stabilnost pobočja. Učinek teže drevja na stabilnost tal je pozitiven, če ni ravno dodatna obtežba drevja razlog, da pride do zdrsa pobočja (Steinacher in sod., 2009). Dodatna obtežba pobočja z drevjem ima negativen vpliv na stabilnost pobočja, če je trenjski kot na drsni ploskvi manjši od naklona drsne ploskve.

Teža drevja ima nevtralen ali rahlo pozitiven učinek na predelih z nepovezano zemljino, kjer je drsna površina vzporedna pobočju in plitkejša od globine koreninskega sistema. V realnosti je to zanemarljivo. Za dobro povezana tla pa je težje odgovoriti na vprašanje o pozitivnem oziroma negativnem učinku teže drevja na stabilnost pobočja (Steinacher in sod., 2009).

Na pobočjih z globljimi drsnimi površinami velja, da nimata niti teža drevja niti boljša povezanost zemljine s koreninami značilnega vpliva na stabilnost tal. Korenine ne sežejo dovolj globoko, da bi dodatno stabilizirale pobočje in teža drevja predstavlja zanemarljiv delež v primerjavi s težo tal in težo vode v porah (Steinacher in sod., 2009).

Popolna odstranitev drevja na območjih, ki so podvržena plazanju (razbremenitvena sečnja), je pogost ukrep v alpskem svetu. Beinsteiner (1981) je kvantificiral razmerje med maso drevja, vodo v porah in maso tal (Preglednica 7).

Preglednica 7: Kvantifikacija mase tal, količine vode in mase dreves na hektar (Beinsteiner, 1981)

Table 7: Quantification of soil, water and tree weights for one hectare (Beinsteiner, 1981)

| | Masa tal | | | |
|---|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| | Globoka tla (1 m) | Odstotek od skupne teže tal (%) | Plitva tla (25 cm) | Odstotek od skupne teže tal (%) |
| Masa tal | 18.000-22.000 t | 85 | 4500-5500 t | 79 |
| Masa vode v porah (ob doseženi poljski kapaciteti) | 2100-4200 t | 12 | 525-1050 t | 13 |
| Masa gozdnega sestoja (drevje) | 205-820 t | 2 | 205-820 t | 8 |
| Skupaj | 20.305-27.020 t | 100 | 5230-7370 t | 100 |

Masa drevja pomeni 2 % celotne mase za hektar gozda pri globini tal 1 m, oziroma 8 % mase v primeru tal globine 0,25 m. To pomeni, da je vpliv in smiselnost razbremenitvene sečnje kot ukrepa za zmanjševanje nevarnosti plazjenja tal treba preučiti za vsak primer posebej. Na splošno pa velja, da s popolno ogolitvijo zaradi izgube koreninskega sistema poslabšamo stabilnost pobočja (Steinacher in sod., 2009).

2.6.3.4 Vpliv vetra na plazenje tal

Na območju plitvih plazov so sile vetra obremenjujoče, vendar je pozitiven učinek povezljivosti tal s koreninami mnogo večji kot negativen učinek sile vetra (Steinacher in sod., 2009). Uklanjanje drevja zaradi vetra povzroča v tleh različno velike poškodbe, ki povečajo infiltracijo in preperevanje nižje ležečega materiala. Kot posledica lahko nastanejo izhodiščne točke za erozijske procese in plazove (Frehner in sod., 2007b).

2.6.3.5 Zaželenne drevesne vrste na plazljivih območjih

Za mehansko stabilizacijo so izrednega pomena drevesne vrste, ki globoko in prostrano koreninijo ter za svojo rast potrebujejo velike količine vode. Zaželenne vrste v drevesni sestavi so: hrast, jesen, javor, topol, črni gaber med listavci in bor ter jelka med iglavci (Frehner in sod., 2007a).

2.6.4 Optimalna struktura gozdnih sestojev za zaščito pred plazovi

Za gozdna območja, ki jih ogroža plazenje tal, so v projektu NaiS (Frehner in sod., 2007a) določili zeleno strukturo gozdnih sestojev (»ciljni profil gozda«) in definirali potencialni prispevek, ki ga ima takšen gozd na zmanjševanje ogroženosti območja (Preglednica 8).

Za krepitev varovalnih funkcij gozda pred zemeljskimi plazovi večje vrzeli niso zaželenne. Bistveno vlogo za stabilnost pobočij imata namreč koreninski sistem in tla, v katerih se koreninski sistem razvija. Golosečno gospodarjenje je tako z vidika plazenja tal neustrezen sistem gospodarjenja, saj je stabilnost tal zmanjšana sočasno na celotni posekani površini (Rice, 1977), stabilizacijski učinek odmirajočih korenin pa je zmanjšan še nekaj let po poseku, ker novo razvijajoči se sestoj še ne more zagotavljati stabilizacijskih učinkov (Frehner in sod., 2007b). Iz istega razloga so v nestabilnih predelih nevarne krčitve gozdov za kmetijske namene (Rice, 1977). Primernejša sistema sta zastorno in skupinsko postopno gospodarjenje, ko s postopno odstranitvijo drevja nad pomlajeno površino dosežemo povečanje minimalne moči pobočja in skrajšamo najbolj občutljivo obdobje, v določenih primerih pa je ustrezno tudi panjevsko gospodarjenje (Rice, 1977).

Preglednica 8: Ciljni profil za gozdove, ki ščitijo pred plazovi, površinsko erozijo in drobirskimi tokovi – primer iz Švice (prirejeno po Frehner in sod., 2007a).

Table 8: Target profile for forests providing protection against landslides, erosion and debris flows - example from Switzerland (modified after Frehner et al., 2007a)

| Območje | Potencialni prispevek gozda | Glede na naravno nevarnost določen ciljni profil: Minimalne zahteve | Glede na naravno nevarnost določen ciljni profil: Idealne zahteve |
|----------------------|---|---|---|
| Območje nastajanja | Visok V primeru plitvih zemeljskih plazov (globina plazine ≤ 2 m) in pri površinski eroziji | Horizontalna struktura: Največja velikost odprte površine naj bo 0,06 ha, ob zagotovljenem pomlajevanju pa 0,12 ha. Stalna pokrovnost tal z drevjem dbh >10 cm mora biti ≥ 40 %. Mešanost: Rastiščnim tipom primerna mešanost drevesnih vrst. V predelih, ki so rastiščno na prehodu med dvema rastiščnima tipoma, izberemo mešanost bolj vlažnega rastišča. | Horizontalna struktura: Največja velikost odprte površine naj bo 0,04 ha, ob zagotovljenem pomlajevanju pa 0,08 ha. Stalna pokrovnost tal z drevjem dbh >10 cm mora biti ≥ 60 %. Mešanost: Rastiščnim tipom primerna mešanost drevesnih vrst. V predelih, ki so rastiščno na prehodu med dvema rastiščnima tipoma, izberemo mešanost bolj vlažnega rastišča. Nosilci stabilnosti: Prisotna ne smejo biti težka drevesa in drevesa, ki so podvržena vetrolomom. |
| | Srednji Pri srednjih do globokih plazovih (globina plazine > 2 m), z možnim potencialnim vplivom na uravnavanje vodnega ravnovesja v plazini | Horizontalna struktura: Stalna pokrovnost tal mora biti ≥ 30 %. | Horizontalna struktura: Stalna pokrovnost tal mora biti ≥ 50 %. |
| Območje infiltracije | Majhen Pri srednjih do globokih plazovih (globina plazine > 2 m), potencialni vpliv na uravnavanje vodnega ravnovesja v plazini je majhen. | Pomlajevanje: Zagotovljena stalna prisotnost pomladka. | Pomlajevanje: Zagotovljena stalna prisotnost pomladka. |

Načrtovanje in ukrepanje za izboljšanje varovalnega učinka gozda pred plazovi je usmerjeno v skrb za primerno strukturo sestojev z zagotavljanjem globoke prekoreninjenosti tal, kar dolgoročno najbolj učinkovito dosežemo z oblikovanjem manjših sestojev različnih starosti ter visoko pokrovnostjo tal. Oblikovane vrzeli naj bodo čim manjše, vendar dovolj velike, da je omogočeno pomlajevanje, ki je osnova za takšno gospodarjenje. Z vidika varovalnega učinka pred plazovi je naravna obnova primernejša (Lindstrom in Rune, 1999). Posebno skrb

je potrebno nameniti divjadi, ki je v alpskih predelih pogosto omejujoč dejavnik pri naravni obnovi sestojev, še posebej zato, ker zmanjšuje pestrost drevesnih vrst. Ukrepe je zato potrebno izvajati v populaciji divjadi in gozdnem okolju, da se divjadi zagotovi ustrezne prehranske razmere in zmanjša pritisk na pomladek gozdnega drevja.

Za ohranjanje stabilnosti tal moramo ustrezno načrtovati sistem gozdnih cest; gradnjo gozdnih cest je treba usmeriti v stabilnejše predele (Rice, 1977). Pobočje zaradi cestnih presekov izgubi podporo na spodnji strani, cestno telo pa prestreže vodo in jo kanalizira v predele, ki postanejo zaradi dodatnega dotoka vode nestabilni (Rice, 1977). Pri izbiri pravih sredstev je treba upoštevati lastnosti tal, saj z uporabo neprimerne mehanizacije in nestrokovnim gospodarjenjem pride do zbitosti tal in s tem do oslabilte koreninskega sistema. Škoda, ki pri takem gospodarjenju nastaja, lahko močno presega koristi od prodaje lesa (Rice, 1977).

2.7 HUDOURNIKI

2.7.1 Definicija in razmejitev

Hudournik je hribski vodotok z erodibilnim zlivnim območjem ali z erodibilno strugo, relativno visokimi padci in velikim razmerjem med pretoki visokih in nizkih voda (Horvat, 1993). Mikoš (2008) navaja definicijo hudournika po avstrijskem zakonu o gozdovih iz leta 1975: hudournik je stalni ali delno presihajoči vodotok, ki zaradi hitro nastopajočega in kratek čas trajajočega naraslega odtoka odplavlja v nevarnem obsegu trdne snovi (plavine, sedimente) iz svojega prispevnega območja ali iz svoje struge. Te plavine nato premešča, jih odlaga v svoji strugi ali izven nje, ali pa jih premesti v druge (nižinske) vodotoke.

Hudourniki narastejo po: 1) kratkih intenzivnih nalivih na majhni površini; 2) dolgotrajnih močnih padavinah na velikem predelu; 3) deževju, razširjenem na širšem predelu, kjer so tla nasičena z vodo (Frehner in sod., 2007a). Visokovodni val doseže svojo konico relativno hitro po začetku naraščanja odtoka. Pri visoki vsebnosti hudourniških plavin lahko zasičeni prodonosni tok preide v drobirski tok (Mikoš, 2008). Škode zaradi delovanja hudournikov nastopijo predvsem zaradi obilnega odlaganja hudourniških plavin, zaprodenja površin, udarnih sil drobirskih tokov in plavljenega lesa, preplavitve ter zaradi bočne in globinske erozije v hudourniških strugah (Mikoš, 2008).

Pintar (1969) hudournike deli predvsem na hudournike visokogorja in hudournike sredogorja ter gričevja, ki se med seboj ločijo po orografskih značilnostih.

2.7.2 Vzroki za pojav hudournikov

Za delovanje hudournika je ključna velikost vlečne sile vode, ki je v času ravnovesnih razmer v ravnovesju z odporom plavin proti premikanju, medtem ko povečanje vlečne sile v času visokih voda povzroči spremembe v strugi, ki lahko privedejo do porušitve ravnovesja in posredno tudi škodljivega delovanja hudournika. Na vlečno silo vode vplivajo naklon nivelete, oblika in zaraščenost struge, globina oziroma količina vode in njena zasičenost z naplavinami (Suhadolnik, 2007).

2.7.3 Učinek gozda na hudourniških območjih

Učinki drevja in gozda so podobni kot pri zaščiti pred zemeljskimi plazovi, saj sta nasičenost tal z vodo in padavine dejavnika, ki povzročita nastanek hudournikov in zemeljskih plazov. Gozd ima pri tem pomembno, predvsem pozitivno vlogo. Gozd zadržuje in vpija vodo ter ovira njeno odtekanje, predvsem pa preprečuje nastajanje večjih količin nevezanega erozijskega drobirja, ki bi ga vode lahko odnašale v hudournike. Gozd učinkuje na širšem prispevnem območju, kjer zadržuje organske in anorganske snovi *in situ* (Sakals in sod., 2006), in tudi neposredno na brežinah gorskih vodotokov, kjer stabilizira pobočja in varuje brežine pred izpiranjem ter poružitvami (Papež in sod., 2010). Korenine oblikujejo hidrološke poti v obliki makropor, da voda, ki doseže tla, čim prej odteče. Globlje in intenzivnejše kot je prekoreninjenje tal, večja je razpoložljiva zadrževalna sposobnost tal (Frehner in sod., 2007a). Organske snovi pospešujejo odtok skozi zgornje plasti tal.

Vpliv gozda na odtok v prispevnem območju je odvisen od deleža gozda v tem območju, njegove lokacije in kritičnih padavinskih dogodkov (Frehner in sod., 2007a). Večji delež gozda v prispevnem območju pomeni tudi večji vpliv na odtok v celotnem območju (Frehner in sod., 2007a). Gozd pomembno vpliva na vodni režim tudi s prekoreninjenjem tal.

Ob kritičnih padavinskih dogodkih je pomembna časovna razporeditev padavin pred tem dogodkom in posledično nasičenost tal z vodo, ki vpliva na zagotavljanje zaščitne funkcije gozda. Gozd ima ob kritičnih padavinskih dogodkih najbolj značilno zaščitno vlogo, če so ob pričetku naliva zaloge talne vode najnižje. Učinek gozda je največji pri kratkih intenzivnih nalivih na majhni površini, nekoliko nižji pri dolgo časa trajajočih nalivih na večji površini in najmanjši na širših predelih z vodo nasičenih tal, ki jih dosežejo obilne padavine (Frehner in sod., 2007a).

2.7.4 Optimalna struktura gozda za zaščito pred hudourniki

Zaželena je struktura gozda, ki omogoča največjo prekoreninjenost tal enakomerno po celi površini, tako horizontalno kot vertikalno. Idealno strukturo predstavlja večslojen sestoj na manjši površini, z gostim sklepom krošenj in enakomerno porazdelitvijo, saj je koreninski sistem bolje razvit v tleh, ki jih poraščajo sestoji z visoko pokrovnostjo krošenj (Frehner in sod., 2007a).

Med drevesnimi vrstami so v hudourniških območjih zaželele vrste, ki oblikujejo globoke in razvejane koreninske sisteme. Oblikovanje koreninskega sistema različnih drevesnih vrst v tleh lahko močno varira in je odvisno od plasti talnih profilov. Med drevesnimi vrstami so tako zaželele jelka, bukev, zaradi izboljšanja infiltracijske kapacitete tal z dobro razgradljivim listnim opadom pa tudi jesen in gorski javor (Frehner in sod., 2007a).

2.7.5 Ukrepanje na hudourniških območjih

S preventivnimi ukrepi, ki temeljijo na domišljeni rabi prostora v povezavi z ustaljitvijo erozijskih žarišč s tehničnimi in biotehničnimi ukrepi, lahko umirimo hudourniške izbruhe in zmanjšamo škodo na objektih in infrastrukturi (Papež in sod., 2010). Glede na pristop ločimo dve skupini preventivnih ukrepov (Horvat in sod., 2008):

- Ukrepi, ki vplivajo na obseg škode (t. i. pasivni ukrepi), ne vplivajo na naravne procese, ki so vzrok za naravne nesreče, vplivajo pa na zmanjševanje škode, ki nastane ob naravnih nesrečah (npr. domišljeno prostorsko načrtovanje).
- Ukrepi, ki vplivajo na naravne procese, katerih obsežnost in intenziteta lahko povzročita naravno nesrečo. Ti ukrepi zmanjšajo naravno nevarnost (t.i. aktivni ukrepi). V to skupino prištevamo nadzor in vzdrževanje ravnovesnih razmer na erozijsko ogroženih območjih, klasične tehnične in biotehnične ukrepe za urejanje hudournikov in sanacijo erozijskih žarišč, ciljne negovalne ukrepe v varovalnih gozdovih in podobno.

Na hudourniških območjih je treba nujno uporabljati rastišču prilagojeno mehanizacijo, saj uporaba neprimerne mehanizacije lahko privede do zbitosti tal, kar povzroča dolgoročno uničenje infiltracijskih pogojev, prepustnosti in založne sposobnosti tal za vodo (Frehner in sod., 2007a).

Zaradi obsežnosti hudourniških območij v Sloveniji je treba pri ukrepanju določiti prioritete. Horvat (2001b) navaja, naj imajo pri urejanju prednost območja, kjer:

- so erozijski procesi zgoščeni oziroma napredujejo,
- je večja družbena in gospodarska pomembnost ogroženih prostorskih vrednot,
- z najmanjšimi stroški dosežemo večji okoljski in ekonomski uspeh.

Urejanje hudournikov in hudourniških zlivnih območij ni omejeno zgolj na struge vodotokov, ampak je usmerjeno v celovito urejanje prostora in preventivno protierozijsko ukrepanje v širšem zalednem območju hudourniškega območja. Pri tem delu veliko pripomorejo specialna znanja in izkušnje, npr. za prepoznavanje negativnih vplivov drevnine na območju vodnega in priobalnega zemljišča. Pogosto se zaradi različnih vzrokov (npr. nedostopnost, nezainteresiranost lastnika, težavnost dela, nerešena lastniška razmerja) drevnina v zalednih območjih hudournikov ne pospravi iz gozda in tako predstavlja potencialno grožnjo.

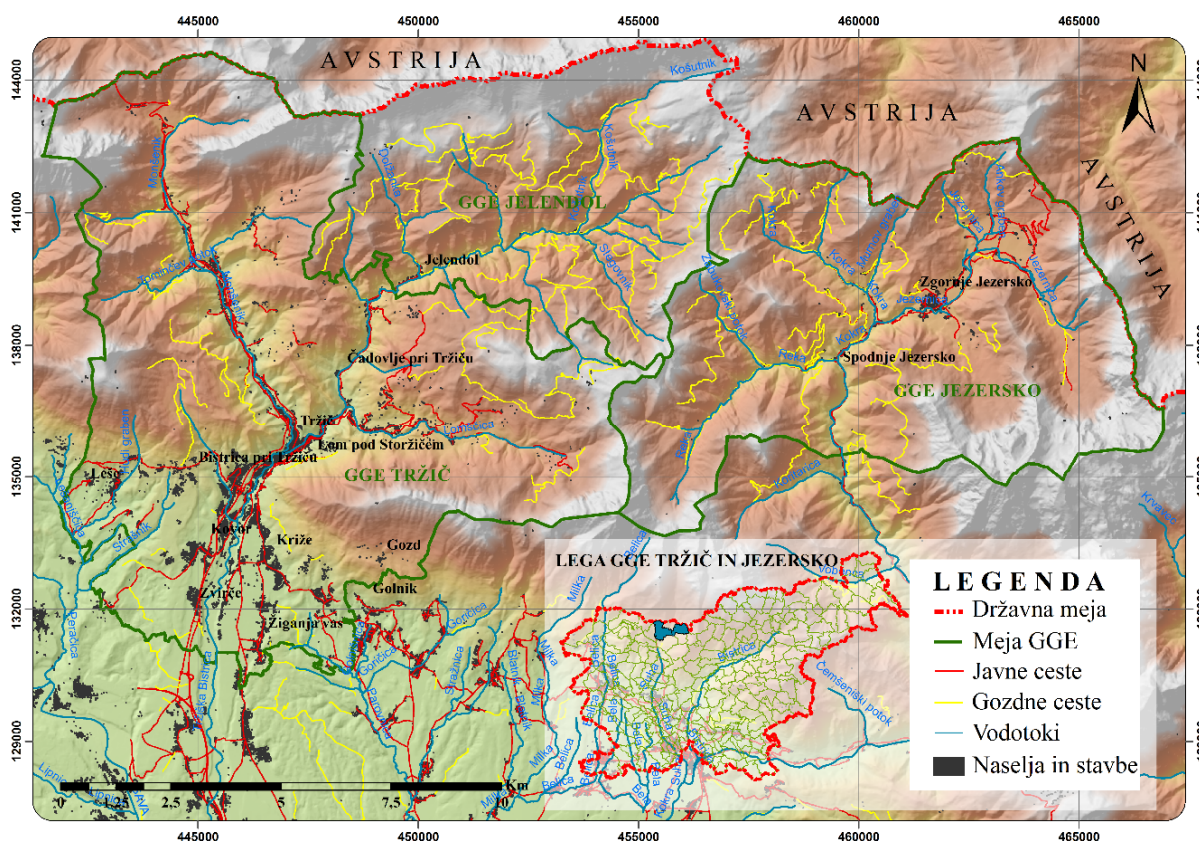
Velika gozdnatost hudourniških območij in gospodarjenje z gozdovi pomembno prispevata k omejevanju erozije zaradi hudournikov (Papež in sod., 2010). Vtis zelenja pa lahko tudi vara. Previdnost in doslednost pri konkretnih ukrepanjih v občutljivem vzpetem svetu sta zato še posebej pomembna (Papež in sod., 2010). Pri gospodarjenju z gozdovi na hudourniških območjih in zlasti v vplivnem pasu ob hudourniških strugah je mogoče zmanjšati negativne posledice hudourniških in erozijskih procesov z zagotavljanjem in izvajanjem doslednega nadzora nad stanjem hudourniških strug in ustreznim gospodarjenjem z gozdom v zalednih območjih, ki pomeni tudi čim manjši vnos lesenega plavja v hudournike (Papež, 2011).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OBJEKT RAZISKAVE

3.1.1 Prostorska umeščenost območja

Območje raziskave sta gozdnogospodarski enoti Jezersko in Tržič, ki obsegata celotno občino Jezersko in 71 % občine Tržič (Slika 6). Osrednji objekt raziskave v obeh enotah so gozdovi s poudarjeno varovalno funkcijo in gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo. Raziskovalno območje leži v severnem do severozahodnem delu Slovenije, v geografskem smislu pripada Kamniško-Savinjskim Alpam, osrednjim do vzhodnim Karavankam in manjši, ravninski del, robu Ljubljanske kotline. Zaradi reliefnih značilnosti je večina območja manj primerna za kmetijstvo, zato je gozd prevladujoči krajinski gradnik; gozdnatost v GGE Tržič je 71 % (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005), v GGE Jezersko pa 77 % (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012). Območje je glede reliefa, vegetacije, hidroloških razmer, tal, matične podlage in podnebnih razmer izredno raznovrstno.



Slika 6: Pregledna karta območja raziskovanja

Figure 6: Map of research area

3.1.2 Hidrologija

Velika, preko leta enakomerno razporejena letna količina padavin, obsežni gozdni kompleks in gorski masivi omogočajo, da sta Jezerska in Tržiška kotlina bogati vodozbirni območji. V Tržiški kotlini je glavni vodotok Tržiška Bistrica, v katero se stekajo pritoki Lomščica, Bistrica in Mošenik s svojimi pritoki. Na Jezerskem je glavni vodotok reka Kokra, ki se ji poleg številnih manjših pritokov v Spodnjem Jezerskem pridruži močna Jezernica, pri Podlogu pa pritok Reka. V zelo vodnatem in tipičnem hudourniškem območju Tržiške Bistrice so številni zelo erodibilni hudourniki, ki ogrožajo relativno gosto naseljeno dolino. V vodnatem in hudourniškem območju Kokre številni erodibilni hudourniki ogrožajo z ekološkega vidika zelo pomembno krajino relativno redko naseljene doline Kokre in Jezerskega (Horvat, 2001a).

3.1.3 Geološke in talne značilnosti

V GGE Tržič se mešajo predeli karbonatnih in silikatnih kamnin. Gorske verige Dobrče, Konjščice, Košute, Kriške gora in Storžiča so karbonatne podlage, izjema je le Veliki Javornik. Vmes se po pobočjih, kjer so se razvila rjava tla (na pobočju Konjščice, Dobrče, Korošice) vrivajo silikatne kamnine (peščenjak, porfir, tufi, skrilavci). Večji kompleks silikatnih kamnin je v ravninskem delu enote. Ob vodotokih prevladujejo aluvialne naplavine, katerim so vedno primešani silikati. Na karbonatni podlagi so zastopana rjava pokarbonatna gozdna tla in rendzina, na silikatni podlagi (varovalni gozdovi in strma pobočja) pa ranker. Tla na mešanici silikatnega in karbonatnega izvora so za uspevanje gozdov najugodnejša (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005).

V GGE Jezersko je območje na levem bregu Jezernice oziroma Kokre pretežno iz karbonatnih kamnin, to so predeli pod Kočno, severni podaljški Grintovca od Babe, preko Golega vrha do Malinška in Virnikov Grintovec. Karbonatni so tudi Stegovnik, Ruš, vrhnji deli Bukovca, del Podstoržiča, Macenovca in Kozji vrh. Silikatne kamnine gradijo pretežno ves hriboviti svet severno in zahodno od Zgornjega Jezerskega. Silikatno je tudi območje Komatevra do Pečovnika, spodnji deli severnih in vzhodnih pobočij Bukovca do Podloga, levi breg Reke od Podstoržiča do Dola in velik del hribovitega sveta med Makekovo in Anclovo dolino – Javornik in Visoki vrh do Štularjeve planine.

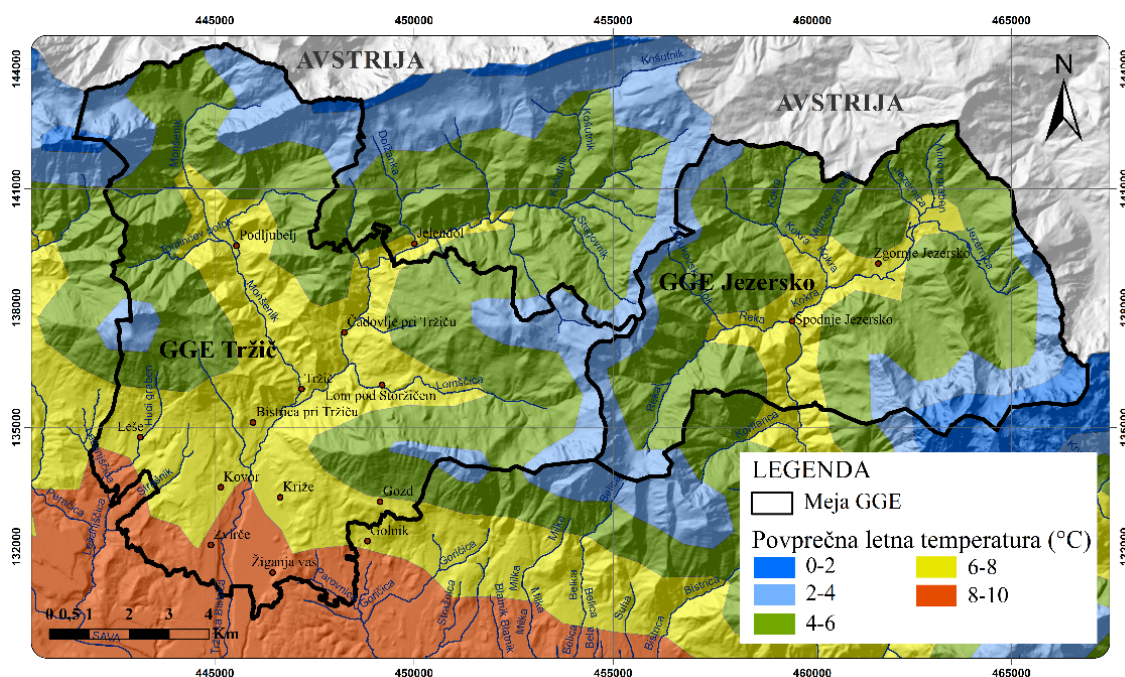
Na karbonatnih kamninah so v procesih tvorbe tal v povezavi z ostro alpsko klimo nastajala plitva, manj razvita, precej skeletna in slabše produktivna gozdna tla – rendzine, ki jih poraščajo pretežno manj donosni gozdni sestoji oziroma gozdne združbe. Le na posameznih mestih (uleknine, položnejši teren) so se razvila rjava pokarbonatna tla. Tla na karbonatni matični podlagi so zato večinoma zelo občutljiva na posege, pri čemer se vse večje razgolitve tal hitro maščujejo s povečano erozijo in zmanjšano rodovitnostjo tal (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012).

Tla na silikatnih podlagah so globoka, visoko donosna, sveža in jih poraščajo gospodarsko visoko vredni naravni ali umetno ustvarjeni gozdni sestoji. Ta tla niso toliko podvržena regresijskim procesom kot tla na karbonatni podlagi, zanje je značilno, da se v primeru močnejših sečenj močno zatravijo (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012).

Jezerska kotlina z značilnimi jesenovimi mejami, nad katero se na jugu dvigajo vrhovi centralnega masiva Kamniško-Savinjskih Alp z Grintovcem kot najvišjo točko občine (2558 m), je krajinsko zelo posebna. Pod masivom sta se oblikovali dolini Ravenska in Makekova Kočna. Proti jugu obrnjeni apneni dolomitni skladi so položnejši od severnih strmih pobočij, ki so močno razčlenjena in tvorijo prave skalne stene. Na severni do severozahodni strani občine se do avstrijske meje odpira predel s prevladujočo silikatno podlago, imenovan Komatevra. Nakloni so tu blažji, vendar pa so tla pogosto močno prepojena z vodo. V predelih s karbonatno matično podlago so pobočja strmejša in kamnita (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012).

3.1.4 Klimatske značilnosti

Po Ogrinovi klasifikaciji (Ogrin, 1998) spada podnebje proučevanega območja v gorsko podnebje, natančneje v podnebje nižjega gorskega sveta zahodne Slovenije, le najvišji predeli spadajo v podnebje višjega gorskega sveta, najnižji predeli pa v podnebje nižjega gorskega sveta severne Slovenije. Za podnebje nižjega gorskega sveta v zahodni Sloveniji je značilna povprečna temperatura najhladnejšega meseca pod $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, najtoplejšega pa $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Lovrenčak, 2007). Najnižji predeli proučevanega območja imajo povprečno letno temperaturo $8\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$, najvišji predeli $0\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$, največji delež površine pa $4\text{--}6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Slika 7).

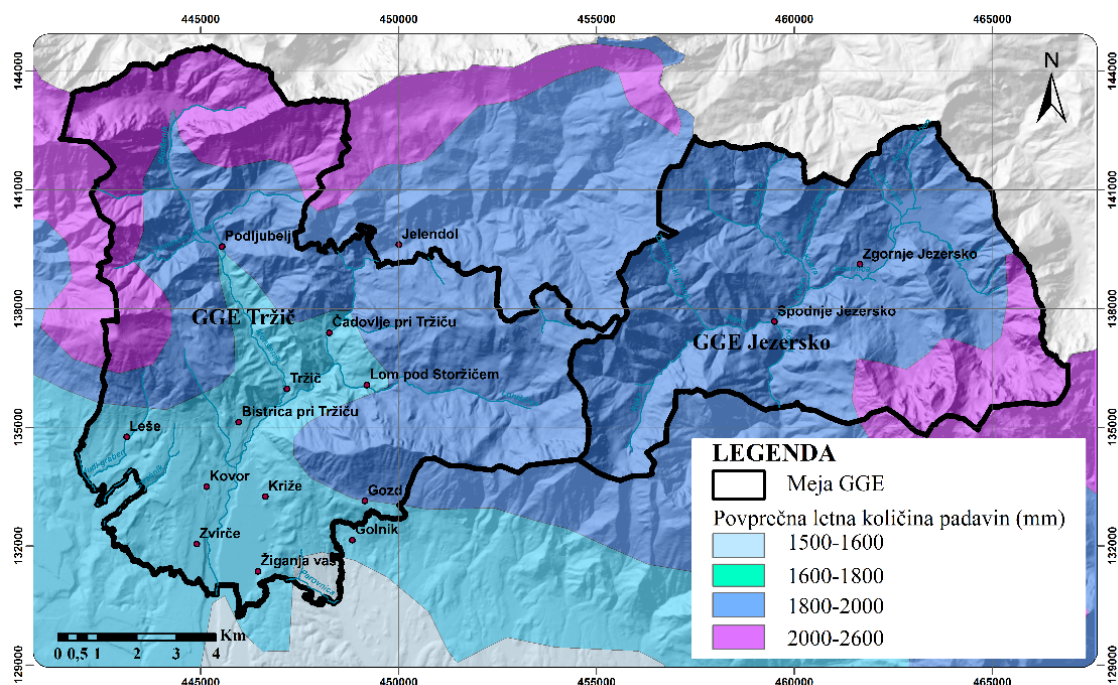


Slika 7: Povprečna letna temperatura na proučevanem območju v obdobju 1971–2000 (vir podatkov za izdelavo prikaza: Vreme podrobneje, 2013)

Figure 7: Average annual temperature in research area between 1971 – 2000 (data source: Vreme podrobneje, 2013)

V najnižjih predelih območja raziskave povprečno pade $1500\text{--}1800\text{ mm}$ padavin na leto, na najvišjih predelih gora $2000\text{--}2600\text{ mm}$, medtem ko na največjem delu površine pade 1800--

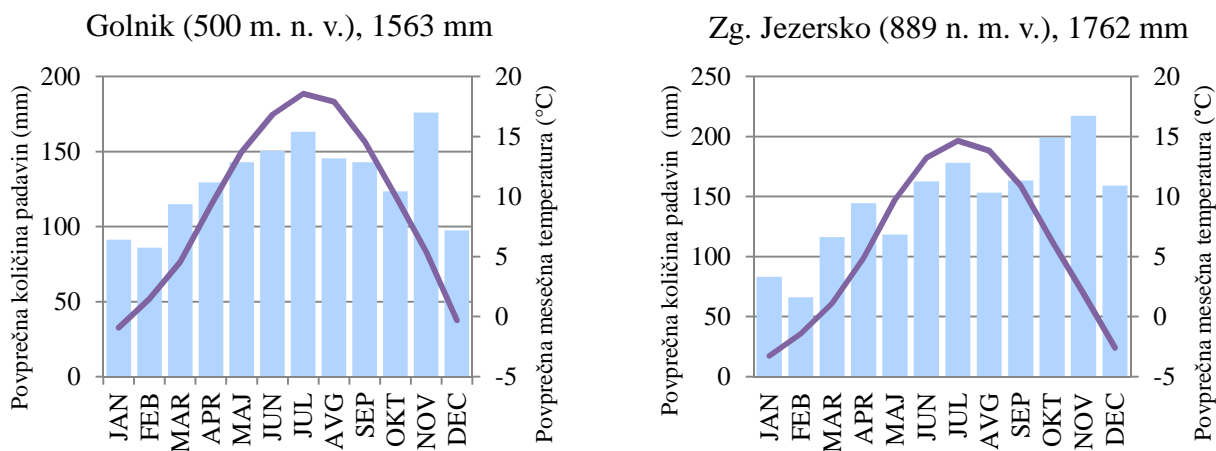
2000 mm padavin. Za širše območje Kamniško-Savinjskih Alp Lovrenčak (2007) navaja, da znaša srednja letna količina padavin preko 2000 mm.



Slika 8: Povprečna letna količina padavin na proučevanem območju v obdobju 1971 – 2000 (vir podatkov za izdelavo prikaza: Vreme podrobneje, 2013)

Figure 8: Average annual precipitation in research area between 1971 – 2000 (data source: Vreme podrobneje, 2013).

Podatkov o temperaturi za daljše obdobje v občini Trzič ni, saj je obstajala le padavinska merilna postaja. Tako smo uporabili podatke z najbližje postaje Golnik, kjer so do leta 1977 merili temperature. Za občino Jezersko smo prevzeli podatke merilne postaje Zgornje Jezersko. Podatke za izračun povprečne letne temperature in povprečne letne količine padavin (Vreme podrobneje, 2013) smo izbrali glede na razpoložljivost, saj smo iskali čim daljši kontinuiran niz podatkov. Na merilni postaji Golnik smo tako upoštevali obdobje 1961-1977, na merilni postaji Zgornje Jezersko pa 1961-1981. Manjkajoče podatke smo interpolirali. Povprečna letna količina padavin za obdobje 1961-1977 za postajo Golnik je 1563 mm, povprečna letna temperatura pa 9,2 °C. Na postaji Trzič je bila v obdobju 1989-2009 izmerjena povprečna letna količina padavin 1372 mm. Na višji nadmorski višini (postaja Zgornje Jezersko) je bila v obdobju 1961-1981 povprečna letna količina padavin 1762 mm, povprečna letna temperatura pa 5,8 °C. Klimograma sta si ne glede na nadmorsko višino po trendu povprečnih mesečnih temperatur podobna, saj je najhladnejši mesec januar. Temperatura narašča do julija in nato pada do januarja. Najbolj suh mesec je februar, najbolj moker pa november (Slika 9). Merilni postaji se nahajata na nižjih nadmorskih višinah kot večina površin raziskovalnega območja, iz česar sklepamo, da je v pretežnem delu gozdov raziskovalnega območja v povprečju hladneje in več padavin.



Slika 9: Klimogram Golnik (podatki za obdobje 1961-1977) in klimogram Zgornje Jezersko (podatki za obdobje 1961-1981, vir za pripravo klimogramov: Vreme podrobneje, 2013)

Figure 9: Charts of average monthly precipitation and temperature for Golnik (1961-1977) and for Zgornje Jezersko (1961-1981)

Iz obeh klimogramov lahko sklepamo, da so razmere glede na razporeditev padavin in temperatur ugodne za rast vegetacije, saj je v vegetacijski dobi med aprilom in oktobrom toplo in vlažno, medtem ko je zimski del leta hladen in suh, z izjemo novembra, ki je hladen in vlažen. Absolutni dnevni maksimum je bil 35,4 °C v juniju, absolutni dnevni minimum pa -25,7 °C v januarju (Vreme podrobneje, 2013).

Po padavinskih podatkih dobijo Kamniško-Savinjske Alpe precej padavin, še zlasti v vegetacijski dobi. Ker pa voda hitro odteče, je zlasti na strmih pobočjih vlage malo. Kjer so tla plitva, je prsti malo in ta ne more zadržati dovolj vlage, zato so rastline lahko prizadete v rasti (Lovrenčak, 2007).

Za razvoj vegetacije na zgornji gozdni meji so zelo pomembne snežne razmere. Vendar je prikaz snežne odeje in njen odnos do nadmorske višine ter drugih elementov pokrajine težko opisati, saj se debelina snežne odeje hitro spreminja glede na relief, ekspozicijo in vetrovnost ter glede na vegetacijsko odejo (Lovrenčak, 2007). Podatki za obdobje 1989-2009 kažejo, da ima Jezersko 100 dni s snežno odejo, Golnik 68 dni in Tržič 48 dni. Na nadmorski višini okoli 1500 m je v Kamniško-Savinjskih Alpah 160-180 dni s snežno odejo (Lovrenčak, 2007), v najvišjih predelih pa leži sneg več kot 200 dni na leto (Melik, 1954).

V Kamniško-Savinjskih Alpah je zastopanost posameznih vetrovnih smeri predvsem posledica splošne zračne cirkulacije v Sloveniji, vendar pa ne smemo zanemariti krajevnih vetrov. V zimskem času se pod Karavankami in Kamniško-Savinjskimi Alpami pojavlja močan in sunkovit veter, imenovan karavanški fen (Lovrenčak, 2007).

3.1.5 Demografske značilnosti

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije je imela občina Tržič, ki poleg GGE Tržič obsega še območje GGE Jelendol (125 prebivalcev), ob koncu leta 2014 15.016 prebivalcev (Statistični urad ..., 2015). Glede na površino občine, ki znaša 155 km², je

gostota poseljenosti 96,9 prebivalca na kvadratni kilometer. V občini Tržič je po podatkih o popisu prebivalstva iz leta 2002 35 naselij in 5239 gospodinjstev (Popis prebivalstva ..., 2002).

Ob koncu leta 2014 je imela občina Jezersko 646 prebivalcev, kar glede na površino občine (68,8 km²) pomeni, da je gostota prebivalstva 9,4 prebivalca/km² (Statistični urad ..., 2015). V občini sta le dve naselji – Spodnje in Zgornje Jezersko, kjer je tudi največ prebivalcev, ostalo prebivalstvo pa večinoma živi v celkih.

3.1.6 Vegetacijske značilnosti

Raziskovalno območje je v geografskem, geološkem, petrografskem, klimatskem in posledično tudi vegetacijskem pogledu razgibano in pestro. Na raziskovalnem območju so prisotne gozdne združbe predalpskega in alpskega fitoklimatskega območja, razvite na apnenih matičnih substratih, na drugi strani pa močna zastopanost kisljih (silikatnih) kamnin pogojuje razvoj gozdnih združb, ki uspevajo samo na silikatni podlagi (Smole, 1971; Novosel, 1974). GGE Tržič in Jezersko se razlikujeta predvsem v ohranjenosti naravne drevesne sestave, ki je v Tržiču bolj ohranjena, medtem ko je vrstna sestava gozdov GGE Jezersko glede na naravno drevesno sestavo spremenjena predvsem na silikatni podlagi. Sprememba drevesne sestave je predvsem posledica dolgoletne prakse pospeševanja smreke kot najpomembnejše gospodarske vrste, in deloma tudi precejšnjega povečanja staleža divjadi (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005). Na celotnem raziskovalnem območju v naravni sestavi prevladujejo bukove združbe z naravno primesjo iglavcev, redkejšje pa so združbe, v katerih bi po naravi prevladovali iglavci (Smole, 1971; Novosel, 1974). Poleg združb, ki pokrivajo vsaj 1 % površine študijskega območja (Preglednica 9), najdemo v fragmentih še: *Helleboro nigri-Carpinetum betuli*, *Carici remotae-Fraxinetum*, *Lamio orvalae-Fagetum* var. *geogr.* *Dentaria polyphyllos*, *Alnetum incanae*, *Ulmo-Aceretum pseudoplatani*, *Polysticho lonchitis-Fagetum* var. *geogr.* *Anemone trifolia*, *Carici remotae-Fraxinetum*, *Ornithogalo pyrenaici-Carpinetum*, *Genisto januensis-Pinetum silvestris*, *Asplenio viridae-Piceetum* *geogr.* var. *Omphalodes verna*, *Quercu roboris-Carpinetum*, *Fraxino ornipinetum nigrae* in *Alnetum glutinosae*.

Preglednica 9: Deleži gozdnih združb v raziskovalnem območju ločeno po GGE (vir: Prostorski informacijski sistem ZGS ..., 2014)

Table 9: Proportion of forest site types in research area by forest management units (source: Prostorski informacijski sistem ZGS ..., 2014)

| GGE Tržič | | | GGE Jezersko | | |
|---|------------------|--------------|--|------------------|--------------|
| Združba | Površina (ha) | Delež (%) | Združba | Površina (ha) | Delež (%) |
| <i>Anemone trifolio-Fagetum</i> var. <i>geogr.</i> <i>Helleborus niger</i> ; Alpsko bukovje s črnim telohom | 2342,05 | 30,0 | <i>Anemone trifolio-Fagetum</i> var. <i>geogr.</i> <i>Helleborus niger</i> ; Alpsko bukovje s črnim telohom | 1387,78 | 26,2 |
| <i>Omphalodo-Fagetum</i> var. <i>geogr.</i> <i>Anemone trifolia</i> ; Predalpsko-dinarsko jelovo bukovje | 1390,93 | 17,8 | <i>Luzulo-Fagetum</i> var. <i>geogr.</i> <i>Cardamine trifolia</i> ; Kisloljubno gorsko-zgornjegorsko bukovje z belkasto bekico | 1202,24 | 22,7 |
| | | | | | se nadaljuje |

nadaljevanje preglednice 9: Deleži gozdnih združb v raziskovalnem območju ločeno po GGE

| GGE Tržič | | | GGE Jezersko | | |
|--|------------------|--------------|--|------------------|--------------|
| Združba | Površina (ha) | Delež (%) | Združba | Površina (ha) | Delež (%) |
| <i>Luzulo-Fagetum</i> var. <i>geogr. Cardamine trifolia</i> ; Kisloljubno gorsko-zgornjegorsko bukovje z belkasto bekico | 671,86 | 8,6 | <i>Omphalodo-Fagetum</i> var. <i>geogr. Anemone trifolia</i> ; Predalpsko-dinarsko jelovo bukovje | 935,58 | 17,7 |
| <i>Ranunculo platanifolii-Fagetum</i> var. <i>geogr. Hepatica nobilis</i> ; Predalpsko zgornjegorsko bukovje s platanolistno zlatico | 648,50 | 8,3 | <i>Ranunculo platanifolii-Fagetum</i> var. <i>geogr. Hepatica nobilis</i> ; Predalpsko zgornjegorsko bukovje s platanolistno zlatico | 609,61 | 11,5 |
| <i>Ostryo-Fagetum</i> var. <i>geogr. Anemone trifolia</i> ; Predalpsko-alpsko toploljubno bukovje | 586,76 | 7,5 | <i>Dryopterido affinis-Abietetum</i> ; Jelovje s praprotmi | 297,55 | 5,6 |
| <i>Dryopterido affinis-Abietetum</i> ; Jelovje s praprotmi | 462,65 | 5,9 | <i>Ostryo-Fagetum</i> var. <i>geogr. Anemone trifolia</i> ; Predalpsko-alpsko toploljubno bukovje | 245,22 | 4,6 |
| <i>Rhodothamno-Rhododendretum hirsuti</i> ; Alpsko ruševje | 381,19 | 4,9 | <i>Blechno-Fagetum</i> ; Kisloljubno bukovje z rebrenjačo | 184,92 | 3,5 |
| <i>Hacquetio-Fagetum</i> var. <i>geogr. Ruscus hypoglossum</i> ; Preddinarsko-dinarsko podgorsko bukovje | 261,66 | 3,3 | <i>Bazzanio-Abietetum</i> ; Smrekovje s trikrpim mahom | 178,49 | 3,4 |
| <i>Blechno-Fagetum</i> ; Kisloljubno bukovje z rebrenjačo | 172,88 | 2,2 | <i>Rhodothamno-Rhododendretum hirsuti</i> ; Alpsko ruševje | 157,98 | 3,0 |
| <i>Bazzanio-Abietetum</i> ; Jelovje s trikrpim mahom | 164,93 | 2,1 | <i>Carici remotae-Fraxinetum</i> ; Velikojesenovje | 51,21 | 1,0 |
| <i>Mastigobryo-Piceetum</i> ; Smrekovje s trikrpim mahom | 148,00 | 1,9 | | | |
| <i>Adenostylo glabrae-Piceetum</i> ; Subalpinsko smrekovje na karbonatni podlagi | 123,96 | 1,6 | | | |
| <i>Vaccinio myrtilli-Pinetum sylvestris</i> var. <i>geogr. Castanea sativa</i> ; Kisloljubno rdečeborovje | 79,95 | 1,0 | | | |
| <i>Fraxino orni-Pinetum nigrae</i> ; Bazofilno črnoborovje | 77,50 | 1,0 | | | |
| <i>Ostryo carpiniifoliae-Fraxinetum orni</i> ; Alpsko-predalpski gozd toploljubnih listavcev | 76,02 | 1,0 | | | |

3.1.7 Značilnosti gozdnih sestojev

Podatki o gozdovih so povzeti iz gozdnogospodarskih načrtov Tržič (2005-2014) in Jezersko (2012-2021) in jih zaradi različnih obdobj izdelave načrtov prikazujemo ločeno. V GGE Tržič je bilo rušje vključeno v gozdno površino, v GGE Jezersko pa ne, saj je bilo po spremembi Zakona o gozdovih uvrščeno v druga gozdna zemljišča.

Lesna zaloga gozdov v GGE Tržič je po podatkih ZGS (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005) 334 m³/ha, prirastek pa 7,4 m³/ha/leto. V lesni zalogi prevladujejo iglavci (68,7 %), med njimi večinski delež pripada smreki. Po podatkih z leta 2005 je v strukturi gozdnih sestojev največ debeljakov (59,3 %), manj je drogovnjakov (15,8 %) in sestojev v obnovi (13,8 %),

mladovij je le 4,1 %, ostalih, bolj raznomernih sestojev pa 2,8 %. Med gozdno površino spada tudi 324,86 ha ruševja, ki je po takrat veljavnih predpisih spadalo v gozdno površino.

Varovalnih gozdov je v GGE Tržič 1867 ha. Lesna zaloga varovalnih gozdov je 240 m³/ha, prirastek pa 5,28 m³/ha/leto. Delež iglavcev v lesni zalogi je 63,0 %. Enodobnost sestojev nakazuje zgradba sestojev, saj je 54,0 % debeljakov, 16,8 % grmičavega gozda, kamor so prišteli tudi ruševje, 17,8 % drogovnjakov, le 5,8 % sestojev v obnovi in 1,5 % mladovja. Raznomerni sestoji so prisotni na 4,1 % celotne gozdne površine.

Lesna zaloga v GGE Jezersko je po podatkih ZGS (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012) 456 m³/ha, prirastek pa 8,6 m³/ha/leto. V lesni zalogi prevladuje smreka (70,5 %). Od iglavcev ima opazen delež še macesen (9,1 %), ki so ga v preteklosti v višjih legah sadili skupaj s smreko. Čeprav v enoti prevladujejo bukova rastišča, je delež bukve le 17,2 %. Manjše deleže v lesni zalogi zavzemajo še jelka in plemeniti listavci. Od razvojnih faz prevladujejo debeljaki (62,4 %), manj je drogovnjakov (14,2 %), sestojev v obnovi (11,0 %) in mladovij (10,6 %); le na manjši površini so sestoji z raznomerno sestojno zgradbo.

Varovalnih gozdov je v GGE Jezersko 781 ha oziroma 14,7 % celotne površine. Njihova lesna zaloga je 376,4 m³/ha, prirastek pa 4,9 m³/ha/leto. V lesni zalogi je več iglavcev (62,5 %) kot listavcev (37,5 %). V skupni površini znatno prevladujejo debeljaki (72,0 %), v manjših deležih pa se pojavljajo sestoji v obnovi (7,7 %), drogovnjaki (7,6 %) in mladovja (3,0 %), raznomernih sestojev je 9,7 % celotne površine varovalnih gozdov.

3.1.8 Območja s poudarjenimi funkcijami

V GGE Tržič med ekološkimi funkcijami s 1. stopnjo poudarjenosti prevladujeta varovalna (2673 ha; 24,8 % gozdnega prostora) in hidrološka funkcija (1559 ha; 14,4 % gozdnega prostora). Funkcija ohranjanja biotske raznovrstnosti je s 1. stopnjo poudarjenosti določena na 5,5 % gozdnega prostora. Med socialnimi funkcijami s 1. stopnjo poudarjenosti izstopajo higiensko-zdravstvena (9,9 % gozdnega prostora) in klimatska (8,3 % gozdnega prostora), zaščitna funkcija je poudarjena na 419 ha (3,9 % gozdnega prostora). Lesnoproizvodna funkcija s 1. stopnjo poudarjenosti je bilo določena na 55,2 % gozdnega prostora. Med funkcijami z 2. stopnjo poudarjenosti glede na površino prevladujeta funkcija ohranjanja biotske raznovrstnosti (70,4 % gozdnega prostora) – predvsem zaradi območij Natura 2000, in varovalna funkcija (2539 ha oz. 23,5 % gozdnega prostora), tako da površina gozdov s 1. in 2. stopnjo poudarjenosti varovalne funkcije znaša 48,3 % gozdnega prostora (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005).

Območje GGE Jezersko ima zaradi lege in krajinske lepote velik rekreacijsko-turistični pomen. Strnjeni gozdovi kot del večjega gozdnega kompleksa Karavank in Kamniško-Savinjskih Alp predstavljajo območje ohranjene narave. Področje je pomembno zaradi ekoloških in proizvodnih pa tudi nekaterih socialnih funkcij (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012). Med ekološkimi funkcijami je na relativno največji površini poudarjena varovalna funkcija (1183 ha s 1. stopnjo in 607 ha z 2. stopnjo poudarjenosti), kar je skupaj slaba tretjina gozdnega prostora. Med ekološkimi funkcijami na 2. stopnji prevladuje funkcija ohranjanja biotske raznovrstnosti, ki je predvsem zaradi območij Nature 2000 (63 %

gozdnega prostora) in ekološko pomembnih območij (EPO) (100 % gozdnega prostora) poudarjena na celotnem gozdnem prostoru. Med socialnimi funkcijami so na 1. stopnji poudarjene zaščitna, rekreacijska, turistična, funkcija varovanja naravnih vrednot in raziskovalna funkcija. Zaščitna funkcija je poudarjena na 60,55 ha. Na 2. stopnji pa med socialnimi funkcijami glede na površino izstopata rekreacijska in funkcija varovanja naravne dediščine. Lesnoproizvodna funkcija s 1. stopnjo poudarjenosti je valorizirana na več kot treh četrtinah površine gozdnega prostora (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012).

3.1.9 Lastništvo gozdov

Na območju raziskave prevladuje zasebno lastništvo, predvsem na račun prevladujočega deleža zasebnih gozdov v GGE Tržič. V GGE Jezersko je delež državnih in zasebnih gozdov približno enak. Gozdovi lokalnih skupnosti v obeh GGE kot tudi skupno predstavljajo približno 6 %. Podobna je tudi lastniška struktura kategorije varovalnih gozdov. V GGE Tržič je v državni lasti 32,5 %, v GGE Jezersko pa 40,6 % površine kategorije varovalnih gozdov. Lokalne skupnosti so v GGE Tržič lastniki 8,1 % površine varovalnih gozdov, v GGE Jezersko pa 13,5 % površine varovalnih gozdov.

Preglednica 10: Struktura lastništva gozdov v območju raziskave

Table 10: Ownership structure of forests in research area

| | Vsi gozdovi | | | Kategorija varovalnih gozdov | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------------|------------------------------|-------------|-------------------|
| | Zasebno (%) | Državno (%) | Lok. skupnost (%) | Zasebno (%) | Državno (%) | Lok. skupnost (%) |
| GGE Tržič | 79,7 | 14,7 | 5,6 | 59,4 | 32,5 | 8,1 |
| GGE Jezersko | 47,7 | 46,1 | 6,2 | 45,9 | 40,6 | 13,5 |
| Skupaj | 66,4 | 27,8 | 5,8 | 54,9 | 35,2 | 9,9 |

3.1.10 Značilnosti preteklega gospodarjenja z varovalnimi gozdovi

V varovalnih gozdovih GGE Tržič je predviden letni posek za obdobje 2005-2014 znašal 1,6 m³/ha; v strukturi sečnje je bilo predvideno 51,0 % pomladitvenega poseka, 46,8 % redčenj in 2,2 % poseka oslabelega drevja. Po evidencah ZGS je poprečni letni posek v obdobju 1991-2013 v večnamenskih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom znašal 2,90 m³/ha, v varovalnih gozdovih pa 0,54 m³/ha.

Z zadnjim gozdnogospodarskim načrtom za GGE Jezersko (2012) znaša načrtovani letni posek za obdobje 2012-2021 v varovalnih gozdovih 1,3 m³/ha; v strukturi sečnje je predvideno 65 % pomladitvenega poseka, 39,5 % redčenj in 5,0 % poseka oslabelega drevja. V obdobju 1991-2013 je bil letni posek v večnamenskih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom GGE Jezersko 4,11 m³/ha, v varovalnih gozdovih pa 0,45 m³/ha.

3.1.11 Pomembni dogodki, povezani z naravnimi nesrečami

Podatki o preteklih naravnih nesrečah so različni, večinoma v obliki krajših sestavkov v različnih medijih. Najbolj obširno so opisani snežni plazovi, saj je bila izdana knjiga o snežnih plazovih v povojnem obdobju, ki so zahtevali smrtne žrtve v gorah (Malešič, 2005).

3.1.11.1 Padajoče kamenje in skalni podori

Padajoče kamenje ogroža predvsem varnost v prometu, pri čemer je najbolj izpostavljena prometnica Jezersko-Preddvor. Predstavili smo nekatere bolj odmevne primere padajočega kamenja v medijih v zadnjem obdobju:

- Več zaporednih skalnih podorov je v maju 2008 preoblikovalo slap Čedca, do tedaj najvišji slap v Sloveniji (Frantar in Robič, 2009).
- 13. 5. 2014 so večje skale s pobočja Kamnika priletele v pomožni objekt (Knez, 2010).
- 27. 7. 2014 je bilo padajoče kamenje vzrok smrti avstrijske motoristke na cesti Jezersko-Preddvor (Stanovnik, 2014). Dogodek se je zgodil na do tedaj neproblematičnem odseku v občini Preddvor (Hanc, 2014).

3.1.11.2 Snežni plazovi

Glede na dopolnjen kataster snežnih plazov za območje Tržiča in Jezerskega (Zbirka ..., 2014) je na raziskovalnem območju prisotnih 106 lokacij snežnih plazov.

Najbolj tragične nesreče v obdobju po II. svetovni vojni:

- 1962; snežni plaz z Ljubeljščice je zasul 12 graničarjev (Malešič, 2005).
- 1977; snežni plaz z Begunjščice je pokopal štiri dijake in dva vzgojitelja in velja po številu žrtev za najhujšo lavinsko nesrečo po II. svetovni vojni pri nas (Malešič, 2005).
- V januarju 2006 so se sprožili močni snežni plazovi v Mlinarjovem in pod Velikim Vrhom (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Jezersko ..., 2012).
- 2006; v Kramarjevi smeri v Storžiču je snežni plaz odnesel alpinista (Plaz na ..., 2006).
- 2009; v Kramarjevi smeri v Storžiču je snežni plaz odnesel alpinista (Saje, 2009).
- V zimi 2009/10 je snežni plaz z Ljubeljščice na servisni poti, ki vodi od srednje postaje sedežnice proti vrhu Zelenice, povzročili smrt turnega smučarja (Volk, 2010).

3.1.11.3 Hudourniki, drobirski tokovi in zemeljski plazovi

Številni hudourniki so problematični zaradi pomanjkljivega vzdrževanja obstoječih objektov in saniranja novih odsekov, kjer je erozija napredujoča. Vzdrževanje je pomanjkljivo zaradi

premajhnih sredstev (Horvat, 2001a). Najbolj kritični odseki so predstavljeni v Preglednici 11.

Preglednica 11: Kritični odseki v hudourniškem območju Tržiške Bistrice in Kokre (prirejeno po Horvat, 2001a)

Table 11: Critical sections in torrential area of the Tržiška Bistrica and Kokra (modified after Horvat, 2001a)

| Hudourniško območje Tržiške Bistrice | Hudourniško območje Kokre |
|--|--|
| Zaledja Mošenika: Potočnikov graben, Tominčev potok, Zeleniški potok (v območju Ljubelja in zeleniških smučišč), Kofarjevec. | Hudourniki in erozijska žarišča v Makekovi Kočni (Peski). |
| Odseki glavne struge Mošenika v Podljudelju in v Deševnem. | Zaledje Škodovnjaka (dotrajan sistem ustalitvenih objektov – napredujoče erozijsko žarišče). |
| Odseki glavne struge Tržiške Bistrice v Dolini Zaledja nekaterih pritokov Lomščice (Gaberčev rovt). | Odseki Kokre – dotrajani objekti na območju kamnoloma lehnjaka. |

Občina Tržič je v fazi izdelave novega Občinskega prostorskega načrta (OPN) kot obvezno podlago naročila izdelavo katastra zemeljskih plazov, hudournikov in snežnih plazov, ki ključno vplivajo na prostorsko načrtovanje v občini (Občinski ..., 2010). V Občini Tržič je bila izdelana študija o stanju prostora s popisom obstoječih nevarnosti, v kateri so navedeni zemeljski plazovi. V Preglednici 12 so navedeni evidentirani zemeljski plazovi in potencialno vplivno območje na 32 različnih lokacijah. Kataster zemeljskih plazov poleg dejanskih evidentiranih plazov, podornih območij in območij plazljivosti opredeljuje tudi vplivna območja podorov in plazov ter potencialnega plazenja.

Preglednica 12: Območja naravnih nevarnosti oziroma potencialna območja naravnih nevarnosti v Občini Tržič (prirejeno po Občinski ..., 2010)

Table 12: Areas of natural hazards or potential areas of natural hazards in municipality Tržič (modified after Občinski ..., 2010)

| Naravna nevarnost oziroma potencialno območje | Površina (ha) |
|---|---------------|
| Drobirski tok | 3,31 |
| Potencialno nasutje | 1,78 |
| Evidentirani zemeljski plazovi | 2,42 |
| Območje splazitve | 10,35 |
| Podorno območje | 59,67 |
| Potencialno plazenje | 16,28 |
| Vplivno območje podora | 48,20 |

3.2 METODE RAZISKOVANJA

Raziskava obsega dva sklopa, in sicer 1) določanje in analiza območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo in 2) določanje in analiza območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo. Na območjih s poudarjeno zaščitno funkcijo smo opredelili vrsto naravne nevarnosti, pred katero gozd ščiti, in stopnjo naravne nevarnosti. Na območjih gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo pred padajočim kamenjem smo presojali učinkovitost gozda kot zaščite pred padajočim kamenjem (Slika 10).



Slika 10: Diagram poteka raziskave

Figure 10: Flowchart of research

3.3 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV S POUДАРJENO ZAŠČITNO FUNKCIJO

Pri določanju območij s poudarjeno zaščitno funkcijo smo se zgledovali po izsledkih iz drugih alpskih dežel, pridobljenih v številnih projektih (npr. Rockfor, Proviaalp, ProAlp), s katerimi so razvili metode določanja ogroženih območij pred naravnimi nevarnostmi in postopke določanja območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo, ki ščitijo naselja in infrastrukturo pred naravnimi nevarnostmi. Postopek določanja območij temelji na predpostavki, da območju gozdov določimo zaščitno funkcijo le, če ščiti ljudi, naselja in

infrastrukturo pred naravnimi nevarnostmi. Opredelimo ga lahko v petih korakih (Bauerhansl in sod., 2010):

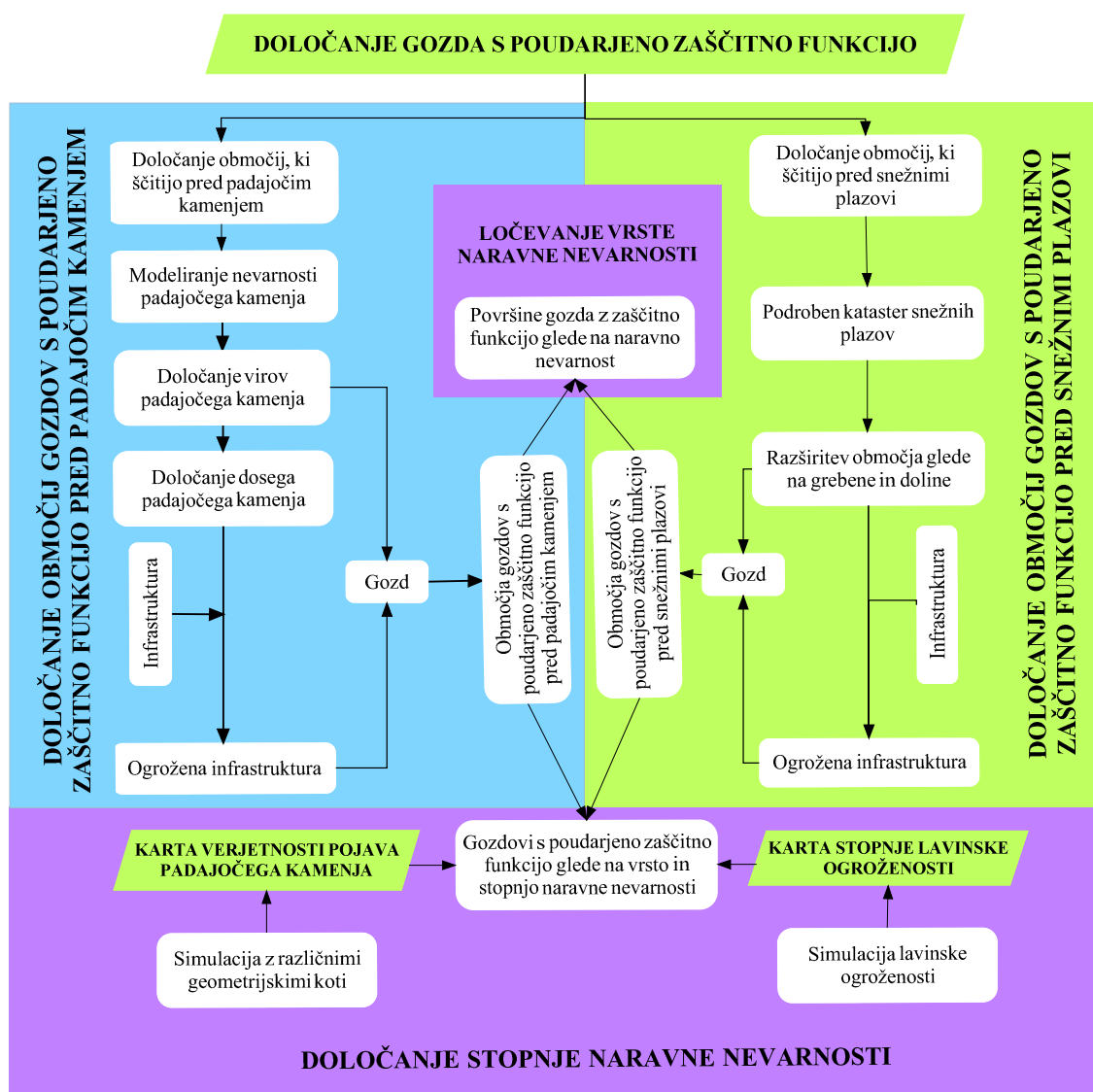
1. Kartiranje gozdne maske.
2. Določanje (modeliranje) naravnih nevarnosti.
3. Kartiranje škodnega potenciala.
4. Določanje gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo z upoštevanjem maske gozda, območij naravnih nevarnosti in škodnega potenciala z izbranimi GIS tehnikami za določanje predelov gozda, ki ščitijo naselja pred nevarnostmi.
5. Ocenitev zaščitnega učinka gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo.

Celoten postopek je možno izvesti v različnih merilih in pri tem zajeti različne podrobnosti. V procesu prostorskega določanja (kartiranja) območij s poudarjeno zaščitno funkcijo nas tako zanimajo odgovori na štiri vprašanja (Berger in sod., 2013):

1. Kje so območja sproščanja, torej viri padajočega kamenja in območja proženja snežnih plazov?
2. Kakšen je maksimalen doseg oziroma površina naravne nevarnosti?
3. Ali je v tem območju prisotna infrastruktura in (če je) ali je ogrožena?
4. Ali so gozdni sestoji locirani na območju proženja ali gibanja nad ogroženo infrastrukturo?

V kolikor si na zadnje vprašanje odgovorimo pritrdilno, potem te gozdove uvrstimo med območja s poudarjeno zaščitno funkcijo (Slika 11). Stopnja zaščite je odvisna od številnih, predvsem sestojnih dejavnikov, zato je nadaljnje analize o učinkovitosti zaščitne funkcije sestojev potrebno opraviti na sestojni ravni (glej metodologijo NaiS; Frehner in sod., 2005).

V raziskavi smo upoštevali predvsem dva tipa naravnih nevarnosti, prisotnih na raziskovalnem območju, in sicer 1) padajoče kamenje in 2) snežne plazove. Zaradi različne razpoložljivosti podatkovnih slojev se postopek določanja območij s poudarjeno zaščitno funkcijo razlikuje glede na obravnavano naravno nevarnost (Slika 11).



Slika 11: Shematski prikaz postopka določanja površin gozda s poudarjeno zaščitno funkcijo
Figure 11: Schematic presentation of delineation of forest areas with direct protection function

3.4 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV, KI ŠČITIJO PRED PADAJOČIM KAMENJEM

Prvi korak opredelitve območij gozdov, ki ščitijo pred padajočim kamenjem, je bil določanje nevarnosti pred padajočim kamenjem, kar smo izvedli z modeliranjem. Modele, uporabne pri modeliranju naravnih nesreč, so opisali Petje in sod. (2005); delijo jih na 1) dispozicijske in 2) procesne. Z dispozicijskimi ali statičnimi modeli določamo možne izvore nevarnosti, s procesnimi ali dinamičnimi modeli pa simuliramo dinamiko procesa (Petje in sod., 2005). Procesni modeli se glede načina obravnavanja procesa delijo na empirične in analitične. Analitični procesni model je sestavljen iz modela trajektorij in modela trenja. S tem modelom določimo možne poti (trajektorije), po katerih se proces odvija, in za trajektorije predvidimo hitrosti, kinetično energijo in mesta odlaganja (doseg procesa) (Petje in sod.,

2005). Za določitev virov padajočega kamenja smo oblikovali in uporabili dispozicijski model. Viri padajočega kamenja so nam služili kot eden od vhodnih podatkov za 3D model trenja pri določanju dosega padajočega kamenja.

3.4.1 Določanje območij nevarnosti padajočega kamenja

3.4.1.1 Določanje virov padajočega kamenja

Določanje virov padajočega kamenja lahko izvedemo terensko ali pa si predhodno pomagamo s kabinetno pripravo na podlagi dispozicijskega modela. Na podlagi izkušenj lahko trdimo, da optimalno metodo predstavlja kombinacija kabinetne priprave, poznavanja terena in terenskega ogleda. Terensko določanje virov padajočega kamenja s pomočjo GPS naprav omogoča natančno določanje predelov proženja padajočega kamenja. Ob tem lahko na terenu hkrati zbiramo še druge informacije (npr. o tipu kamnine, razpokanosti, poteku razpok v kamnini, povprečni velikosti sproščenih kamnov), s katerimi pozneje izboljšamo vrednotenje prostora. Slabost terenskega določanja je v veliki nevarnosti takšnega dela in relativno visokih stroških zajema podatkov.

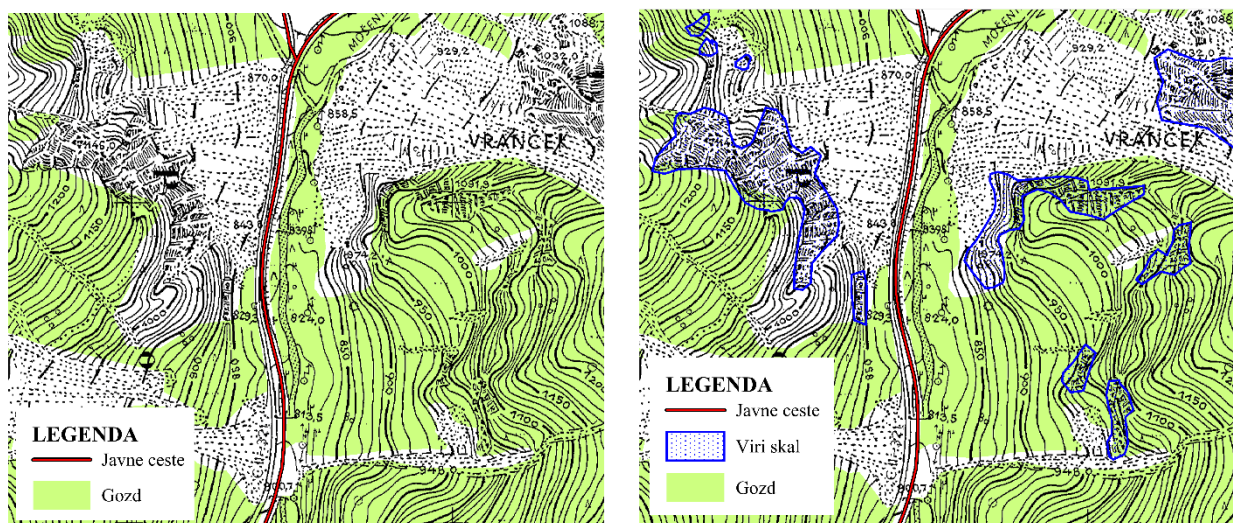
Pri izdelavi sloja območij sproščanja padajočega kamenja smo se zgledovali po metodologiji projekta ProAlp (Bauerhansl in sod., 2010), na podlagi katere smo oblikovali dispozicijski model za določanje potencialnih virov padajočega kamenja. Vhodni podatki v model predstavljajo trije podatkovni sloji: 1) digitalni model višin, 2) sloj skal in 3) sloj gozda.

Digitalni model višin

Uporabili smo digitalni model višin z velikostjo osnovne celice 12,5 m (DMV 12,5) (Prostorski informacijski sistem Geodetske ..., 2011), ki je trenutno najnatančnejši digitalni model višin, razpoložljiv za celotno območje Slovenije.

Sloj skal

Podatkovni sloj skal za območje celotne Slovenije ne obstaja. Za območje občine Jezersko je Klabus (2009) izdelal Podrobno karto erozijskih žarišč in nam omogočil njeno uporabo. Njen sestavni del je sloj skal, ki pa predstavlja le vidne predele skal. Za območje GGE Tržič podobnega sloja nismo imeli, zato smo se odločili, da sami izdelamo sloj skal za celotno območje raziskave. Vektorski izris območij skal smo izvedli z ekransko digitalizacijo v GIS okolju s programom MapInfo 10.5 na osnovi temeljnega topografskega načrta v merilu 1 : 5000 (TTN 5) oziroma 1 : 10.000 (TTN 10) (Prostorski informacijski sistem Geodetske ..., 2011). Meje skal smo dopolnili in popravili na podlagi digitalnih ortofoto posnetkov (DOF5) iz leta 2011 (Prostorski informacijski sistem Geodetske ..., 2011). V manjši meri smo dodali še na terenu opažene vire, ki na TTN niso bili označeni. To so običajno manjši predeli skalnih pečin v gozdu, ki so lahko vir padajočega kamenja. Sloj smo v programu ArcGIS 10.0 z orodjem *Conversion tools > To raster > Polygon to Raster* pretvorili v rastrski sloj z velikostjo osnovne celice 12,5 m x 12,5 m. Tako oblikovan sloj smo poimenovali »osnovni viri padajočega kamenja« in predstavlja sloj skal, ki ga lahko s terenskim delom dopolnjujemo in nadgrajujemo.



Slika 12: Izris sloja skal oziroma osnovnih virov padajočega kamenja na podlagi TTN 5/10

Figure 12: Mapping of rocks or the basic sources of rockfalls on the basis of TTN 5/10

Gozdne površine

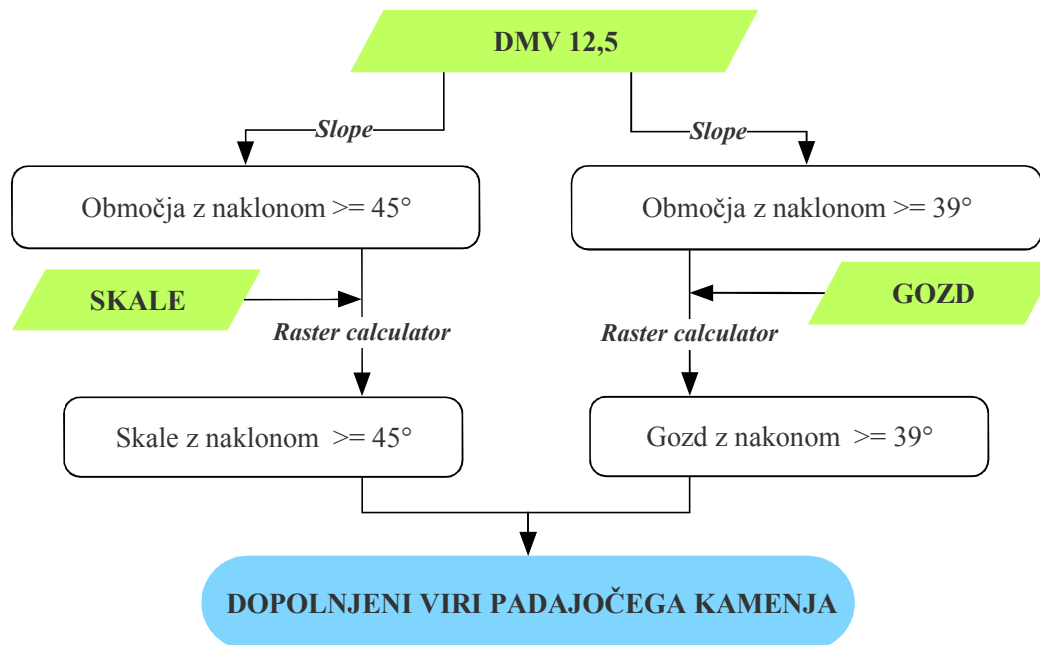
Grafični sloj »gozdne površine« prikazuje gozdno masko, posodobljeno pri izdelavi gozdnogospodarskih načrtov GGE Tržič in Jezersko. Revizija načrta za območje GGE Tržič je bila opravljena leta 2005, za območje GGE Jezersko pa leta 2012.

Z dispozicijskim modelom, katerega osnovni vhodni podatek je bil DMV 12,5, smo za gozdno površino in skalnate predele na podlagi mejnih vrednosti naklonov določili območja potencialnih virov padajočega kamenja, ki smo ga poimenovali »območje dopolnjenih virov padajočega kamenja«. Mejna vrednost naklona skalnatih predelov je bila določena po Enačbi 2 (Bauerhansl in sod., 2010):

$$\text{Mejna vrednost naklona } (^{\circ}) = 55 * \text{resolucija DMV (m)}^{-0,075} \quad (\text{En. 2})$$

Na predelih, poraščenih z gozdom, smo mejno vrednost 39° povzeli iz literature (Bauerhansl in sod., 2010), na skalnatih območjih pa smo z enačbo 2 izračunali in uporabili naklon 45° . V predelih površja, poraščenih z gozdom, so na DMV možne večje napake v nadmorskih višinah kot na neporaščenih predelih, saj so posnete nadmorske višine na vrhovih drevja in ne na tleh. Posledično so na gozdnih predelih po DMV izračunani nakloni lahko nižji od dejanskih. Zato je za preprečitev podcenjevanja naklonov izbrana mejna vrednost naklona v gozdu nižja (Bauerhansl in sod., 2010). V programu ArcGIS 10.0 smo z orodjem *Spatial Analyst Tools > Surface > Slope* najprej določili predele z naklonom, večjim ali enakim 39° , in predele z naklonom površja, večjim ali enakim 45° . Območja z naklonom, večjim ali enakim 39° , smo prekrili z gozdnimi površinami in presek obeh slojev predstavlja gozdne površine z naklonom površja, večjim ali enakim 39° . Območja gozdov z naklonom površja vsaj 45° smo prekrili z oblikovanim slojem skal in dobili skalnate predele z naklonom vsaj 45° . Z orodjem *Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator* smo združili

površine obeh oblikovanih slojev. Združeni sloj obeh območij predstavlja območje dopolnjenih virov padajočega kamenja, ki poleg DMV 12,5 služi kot vhodni podatek v 3D model trenja, imenovan Conefall (Jaboyedoff, 2003).



Slika 13: Postopek določanja območij dopolnjenih virov padajočega kamenja
Figure 13: Process of supplemented rockfall source area delineation

3.4.1.2 Opredelitev (ogrožene) infrastrukture

Za utemeljeno opredelitev zaščitne funkcije gozda in določanje prioritete ukrepanja pri gospodarjenju potrebujemo tudi dobre podatke o lokaciji infrastrukture in stavb (Berger in sod., 2013), ki so razpoložljivi za območje celotne Slovenije. Infrastruktura je združena na sloju Gospodarske javne infrastrukture (GJI) (Prostorski informacijski sistem Geodetske uprave ..., 2011), ki vsebuje podatke o prometni infrastrukturi (npr. ceste, železnice, letališča), energetski infrastrukturi (npr. elektrovod, javna razsvetljava), komunalni infrastrukturi (npr. vodovod, kanalizacija), elektronskih komunikacijah, vodni infrastrukturi itn. (Prostorski informacijski sistem občin, 2015). Kataster stavb je temeljna evidenca podatkov o stavbah in delih stavb, ki skupaj z zemljiškim katastrom in zemljiško knjigo tvori temeljne evidence o nepremičninah (Prostorski informacijski sistem občin, 2015). Osnova katastra stavb je fotogrametrični zajem obodov stavb. Zaradi možnega odstopanja ocen o dosegu podora smo po vzoru Skudnika in Kušarja (2011) oblikovali tamponsko cono 25 m na vsako stran prometnic, medtem ko smo za stavbe uporabili cono 15 m od roba stavbe.

Vse stavbe in infrastruktura nimajo enakega pomena. Tako je že na podatkovnem sloju cest, ki je sestavni del sloja GJI, izdelana kategorizacija cest. Posledično je tudi pomen zaščitne funkcije gozda odvisen od tega, kako pomemben objekt varuje. Glede na pomembnost lahko vse objekte razvrstimo v razrede od 0 (majhen pomen) do 3 (visok pomen) (Berger in sod.,

2013). Po vzoru Zampe in sod. (2004) smo vse objekte v območju raziskave klasificirali po pomembnosti; oblikovali smo tri razrede pomembnosti:

1. razred – območja stavb;
2. razred – javne ceste;
3. razred – gozdne ceste.

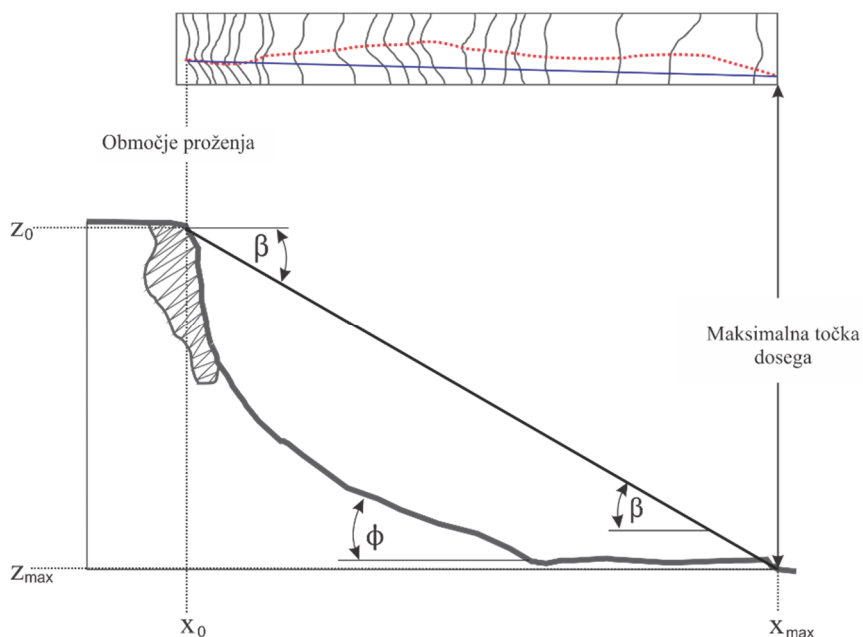
Za določanje območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo smo upoštevali le območja nad objekti prvih dveh razredov. Ta razmejitev je pomembna z gozdarskega in tudi urbanističnega vidika. Klasificiranje pomembnosti objektov ni nujno, vsekakor pa olajša določanje prioritet ukrepanja, ki so v prvi vrsti odvisne od pomembnosti objekta in šele nato od značilnosti gozda.

S presekom infrastrukture z območji dosega naravne nevarnosti smo določili območja ogrožene infrastrukture in stavb.

3.4.1.3 Določanje dosega padajočega kamenja in škodnega potenciala

Za določanje dosega padajočega kamenja smo uporabili programsko orodje Conefall, ki je prosto dostopno (<http://www.quanterra.org/softs.HTM#soft01>). Conefall smo izbrali zaradi enostavne uporabe, program omogoča uporabo digitalnega modela višin različnih natančnosti in nima omejitve glede velikosti testne površine (Skudnik in Kušar, 2011).

Na regionalni ravni (npr. območje občine) ni natančnih podatkov o obliki skal, njihovi velikosti, globini splazenih snežnih plasti in podobnem. Zato moramo za oceno dosega padajočega kamenjem uporabiti takšen model ali metodo, ki lahko deluje brez omenjenih podatkov. Najpogosteje uporabljen je model energijske linije, ki ga je za določanje dosega padajočega kamenja razvil Heim že leta 1932 (Bauerhansl in sod., 2010). Heim (1932) je ugotovil, da je mogoče določiti dolžino dosega padajočega kamenja z dvema kotoma: 1) geometrijskim kotom, ki je izračunan iz horizontalne projekcije najkrajše razdalje med točko izvora in najskrajnejšo točko dosega pobočnega procesa, in 2) kotom gibanja, ki je izračunan iz dolžine horizontalne projekcije črte, ki sledi pravi trajektoriji (En. 4) (Bauerhansl in sod., 2010). Kot gibanja (β) je kot med linijo, ki povezuje najvišjo točko roba odloma padajočega kamenja (točka (z_0, x_0)) (Slika 14); v našem primeru med osnovno celico, ki predstavlja vir padajočega kamenja, in maksimalno točko dosega ter horizontalno ravnino (Slika 14).



$$z_{max} = z_0 - x_{max} * \tan(\beta) \quad (\text{En. 3})$$

$$\beta = \text{atan}\left(\frac{z_0 - x_{max} * \tan(\beta)}{x_{max} - x_0}\right) \quad (\text{En. 4})$$

Slika 14: Princip energijske linije (prirejeno po Berger in sod., 2013)

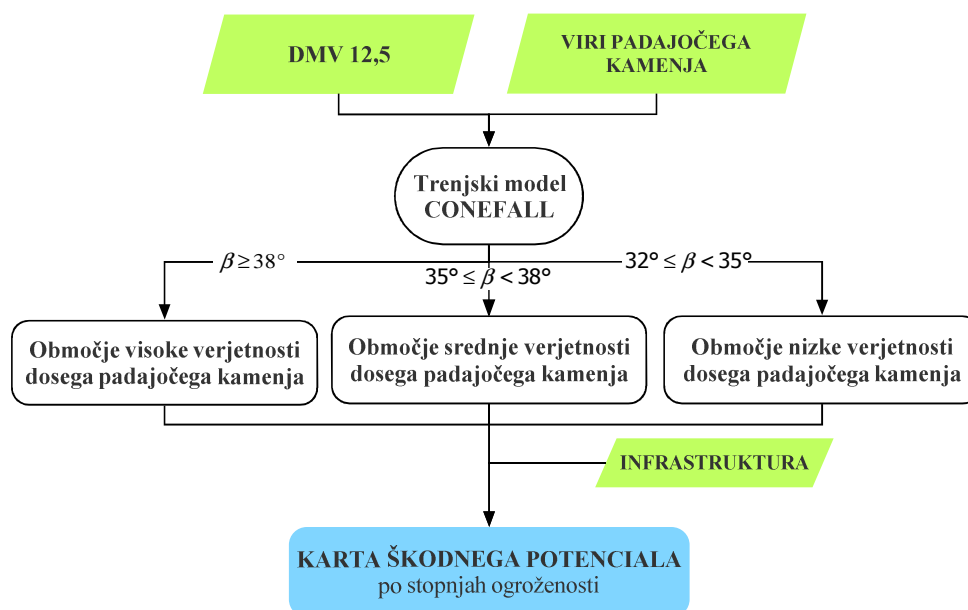
Figure 14: Presentation of rockfall energy line principle (modified after Berger et al., 2013)

Programsko orodje Conefall deluje na preprostem principu. Delec, ki se giblje po pobočju, se giblje pospešeno, če je naklon pobočja večji od mejne vrednosti naklona, njegova hitrost pa se zmanjšuje, če je naklon manjši od te vrednosti. Model Conefall je tridimenzionalen model, tako je gibanje padajočega kamenja izraženo v obliki stožca, ki je vertikalno projiciran na površino (Skudnik in Kušar, 2011). To pomeni, da sproženi delec lahko doseže katerokoli točko na površju, ki je znotraj določenega kota stožca (Dorren in sod., 2005).

Glede na terenska opazovanja so avtorji določili različne vrednosti kotov gibanja za določitev dosega padajočega kamenja. Mejne vrednosti različnih raziskovalcev so pregledno predstavili Bauerhansl in sod. (2010) in Paramount (2012). Vrednosti β 32° , 35° in 38° smo prevzeli po projektu Paramount, s katerim so določili verjetnosti dosega padajočega kamenja glede na vrednost naklona β in tako izdelali podlago za razvrščanje območij glede na stopnjo verjetnosti dosega padajočega kamenja. Območja z naklonom β med 32° in 35° imajo nizko (vendar ne nične) verjetnosti, da jih doseže padajoče kamenje; območja z nakloni β med 35° in 38° imajo srednjo verjetnost; na območjih z nakloni β nad 38° pa je verjetnost pojavljanja padajočega kamenja visoka (Berger in Dorren, 2012).

Preglednica 13: Mejne vrednosti geometrijskega kota β in pripadajoča verjetnost pojava padajočega kamenja
Table 13: Limit values of geometric angle and corresponding probability of rockfall

| Mejne vrednosti geometrijskega kota | Verjetnost za doseg padajočega kamenja |
|-------------------------------------|--|
| $\beta \geq 38$ | Visoka |
| $35^\circ \leq \beta < 38^\circ$ | Srednja |
| $32^\circ \leq \beta < 35^\circ$ | Nizka |
| $\beta < 32^\circ$ | Zelo nizka, vendar večja od 0 |



Slika 15: Postopek določanja karte škodnega potenciala po stopnjah ogroženosti
Figure 15: Process of damage potential mapping by degree of hazard

Omenjeni kriteriji za naklone so bili preizkušeni z retrogradno analizo dobro dokumentiranih dogodkov v Franciji. Ugotovili so, da se v gozdovih z dobrimi zaščitnimi učinki kamenje ustavi na pobočju, za katerega je kot energijske črte enak ali večji od 38° . V gozdovih z nižjo učinkovitostjo za zaščito se kamenje ustavi na intervalu kota energijske črte med 35° in 38° , pri »neučinkovitih gozdovih« za zaščitno funkcijo pa pri naklonu energijske črte pod 35° (Berger in Dorren, 2012).

3.4.2 Določanje gozdov, ki ščitijo pred padajočim kamenjem

Rezultat preseka območij različne verjetnosti dosega padajočega kamenja z območji infrastrukture je razvrstitev infrastrukture po različnih stopnjah ogroženosti. Zadnji korak postopka je določitev območja gibanja od virov padajočega kamenja do ogrožene infrastrukture, torej predelov, ki jih označimo kot območja s poudarjeno zaščitno funkcijo. V literaturi se za to navaja orodje *Watershed* ali določanje prispevnih območij (Skudnik in Kušar, 2011), ki za izbrano točko (npr. ogroženo stavbo, cesto) na podlagi oblikovanega sloja smeri padanja izračuna celotno območje padajočega kamenja. S presekom tako

oblikovanega prispevnega območja in območja gozdov določimo območje gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo. Omenjeno orodje je primerno le za grobo določanje območij zaščitne funkcije, saj bi v primeru določanja zaščitne funkcije na ravni GGE določili prevelika območja, ki bi bila preveč oddaljena od ogrožene infrastrukture, zato prispevnih območij v naši raziskavi nismo upoštevali.

Območje celotnega procesa padajočega kamenja (od vira do ogrožene infrastrukture) smo izdelali z ekransko digitalizacijo. Pri določanju območij gibanja smo za osnovo uporabili: 1) digitalni ortofoto posnetek, 2) vire padajočega kamenja in 3) območja dosega padajočega kamenja po različnih stopnjah verjetnosti. Oblikovali smo še sloja dolin in grebenov, ki sta bila pri poznejšem razmejevanju območij v veliko pomoč. Z vključitvijo vseh podatkov in poznavanjem terena smo določili območje celotnega procesa padajočega kamenja med virom in ogroženo infrastrukturo. S presekom oblikovanih območij procesa padajočega kamenja z gozdnimi območji smo določili predele gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo pred padajočim kamenjem.

3.4.3 Določanje stopnje ogroženosti pred padajočim kamenjem

Stopnje naravne nevarnosti najlažje določimo na osnovi zaostrenosti dejavnikov (npr. naklon površja) v določenem območju naravne nevarnosti. Stopnjo naravne nevarnosti lahko določamo z uporabo različnih slojev, ki so bili predmet modeliranja. Tako lahko za območja s padajočim kamenjem uporabimo dva načina določanja stopnje naravne nevarnosti: 1) z orodjem Conefall dobimo poleg območja maksimalnega dosega padajočega kamenja tudi kinetične energije ali hitrosti padajočega kamenja; 2) z uporabo različnih vrednosti geometrijskega kota lahko določimo stopnjo verjetnosti dosega oziroma pojava padajočega kamenja, oboje pa nam omogoča klasifikacijo območij pojava padajočega kamenja na različne stopnje nevarnosti. V raziskavi smo stopnjo nevarnosti območij padajočega kamenja določili na podlagi različnih verjetnosti dosega padajočega kamenja.

3.4.4 Določanje učinkovitosti gozda za zaščito pred padajočim kamenjem

Presoja ustreznosti zaščitne funkcije nekega gozda je odvisna od strukture gozdnih sestojev in hkrati od značilnosti objekta, ki naj bi ga ta gozd varoval. Številni avtorji (npr. Frehner in sod., 2007a; Vacchiano in sod., 2008; Berger in sod., 2013) so skušali podati kazalnike o strukturnih značilnostih gozdnih sestojev, s katerimi bi opredelili stopnjo ustreznosti zaščite, ki jo pred padajočim kamenjem nudi gozd (Preglednica 14). Frehner in sod. (2007a) so glede na tipe naravnih nevarnosti in rastišče opredelili minimalne in idealne referenčne zahteve. Predlagali so tudi postopke meritev sestojnih značilnosti (npr. mešanost drevesnih vrst, vertikalna struktura, horizontalna struktura, nosilci stabilnosti, pomlajevanje) na »indikacijskih ploskvah«, na katerih so določali stanja gozdnih sestojev ob njihovem naravnem razvoju za obdobje 10 oziroma 50 let. Te napovedi so bile podlaga za določanje prioritete ukrepanja.

Preglednica 14: Sestojni kazalniki za oceno učinkovitosti zaščite pred padajočim kamenjem

Table 14: Stand indicators for assessing effectiveness of forest stand for protection against rockfalls

| Kazalnik | Opis | Avtor |
|---------------------------------|---|---|
| Zmes drevesnih vrst | Vsaj 30 % listavcev | Frehner in sod., 2007a; Berger in sod., 2013 |
| Gostota sestoja | Vsaj 400 dreves/ha Vsaj 350 dreves/ha z DBH \geq 20 cm | Frehner in sod., 2007a; Berger in sod., 2013 |
| Temeljnica sestoja | Prehodno območje: $G \geq 25$ m ² /ha (DBH \geq 15 cm) Območje zaustavljanja: $G \geq 20$ m ² /ha (DBH \geq 15 cm) | Berger in sod., 2013 |
| Vertikalna struktura | Dvoslojni sestoji, zadostno število primernih dreves v dveh različnih razvojnih stopnjah Zastiranje pomladka v posameznih razvojnih fazah: drogovnjak 0 %, debeljak 10 % in sestoj v obnovi 30 % | Vacchiano in sod., 2008 Naš predlog |
| Vrzeli v sestoju | MTFD < 30 m po padnici | Gsteiger 1993; Dorren in sod., 2005 |
| Koeficient vitkosti/stabilnosti | Iglavci: $H/D \leq 65$ Listavci: $H/D \leq 80$ | Berger in sod., 2013 |
| SDI (stand density index) | $600 < SDI < 1000$ | Vacchiano in sod., 2008 |

Mejnih vrednosti za vertikalno strukturo nismo našli, zato kot kazalnik predlagamo zastiranje pomladka, ki je dostopen podatek v gozdarskem informacijskem sistemu. Zastiranje pomladka je med drugim odvisno od razvojne faze sestoja, zato se zahtevane mejne vrednosti zastiranja razlikujejo glede na razvojno fazo. Drogovnjaki so običajno gosti in je pomladek redko prisoten, zato v drogovnjakih nismo opredelili zahtev po pomladku. V debeljakih mora biti pomladek prisoten vsaj na 10 %, v sestojih v obnovi pa na 30 % površine.

ZGS pridobiva podatke o gozdnih sestojih predvsem z opisi sestojev in meritvami drevja na stalnih vzorčnih ploskvah. Z opisi sestojev pridobimo podatke o lesni zalogi sestoja (LZ), drevesni sestavi in sestojnem sklepu, ne pa podatkov o temeljnici sestoja ter številu dreves na hektar, ki so pomembni za presojo učinkovitosti gozdnih sestojev za zaščito pred padajočim kamenjem. Vsi omenjeni podatki so dostopni na ravni stalnih vzorčnih ploskev. Zato smo na podlagi podatkov s stalnih vzorčnih ploskev za GGE Jezersko in Tržič ($n = 967$; 18.106 dreves) izračunali multivariatne regresijske modele za kazalnike, s katerimi lahko presojamo primernost strukture gozdnih sestojev za zaščito pred padajočim kamenjem, in sicer: 1) temeljnico sestoja (G), 2) srednji temeljnični premer (DBH_q; Enačba 5), 3) temeljnico dreves s premerom, večjim ali enakim 15 cm (G_{15}), 4) *stand density index* (SDI; Enačba 6) in 5) število dreves na hektar (N). Kot neodvisne spremenljivke smo uporabili: lesno zalogo (LZ), delež iglavcev v lesni zalogi (IGL) in sestojni sklep (SKL). Regresijske modele smo potem uporabili na ravni sestojev, tako da smo iz razpoložljivih podatkov (LZ, IGL in SKL) izračunali vrednosti štirih indikatorjev (Preglednica 16).

$$DBH_q = \sqrt{\left(\frac{G}{N}\right) \times 40.000 \cdot \Pi} \quad (\text{En. 5})$$

$$SDI = N \times \left(\frac{25}{DBH_q}\right)^{1,605} \quad (\text{En. 6})$$

Preglednica 15: Koeficienti statistične obdelave

Table 15: Coefficients of statistical analysis

| Model | Koeficienti | | | | t | Sig. | R ² |
|---------------------------|----------------------|------------|--------------------|--------|---------|-------|----------------|
| | Nestand. koeficienti | | Stand. koeficienti | | | | |
| | B | Std. Error | Beta | | | | |
| Temeljnica | a - Konstanta | 7,085 | 0,517 | | 13,709 | 0,000 | 0,919 |
| | b - LZ | 0,082 | 0,001 | 0,968 | 96,201 | 0,000 | |
| | c - Delež iglavcev | -0,032 | 0,006 | -0,053 | -5,392 | 0,000 | |
| | d - Sklep | 1,264 | 0,418 | 0,029 | 3,025 | 0,003 | |
| Temeljnica DBH ≥ 15 cm | a - Konstanta | 5,451 | 0,422 | | 12,903 | 0,000 | 0,933 |
| | b - LZ | 0,083 | 0,001 | 0,984 | 111,344 | 0,000 | |
| | c - Delež iglavcev | -0,034 | 0,005 | -0,056 | -6,332 | 0,000 | |
| SDI | a - Konstanta | 183,473 | 14,502 | | 12,651 | 0,000 | 0,807 |
| | b - LZ | 1,376 | 0,024 | 0,895 | 57,829 | 0,000 | |
| | c - Delež iglavcev | -0,592 | 0,164 | -0,054 | -3,602 | 0,000 | |
| | d - Sklep | 57,225 | 11,725 | 0,071 | 4,881 | 0,000 | |
| Število dreves | a - Konstanta | 334,463 | 28,464 | | 11,750 | 0,000 | 0,132 |
| | b - LZ | 0,476 | 0,053 | 0,279 | 9,015 | 0,000 | |
| | c - Sklep | 154,915 | 27,597 | 0,174 | 5,613 | 0,000 | |

Z multiplo linearno regresijo smo v programu SPSS po postopku *Stepwise* za vsako od štirih odvisnih spremenljivk določili multivariatni regresijski model.

Preglednica 16: Multivariatni regresijski modeli za kazalnike učinkovitosti strukture gozdnih sestojev za zaščito pred padajočim kamenjem

Table 16: Multivariate regression models for stand indicators

| Y = a + b × LZ + c × IGL + d × SKL | |
|---|---|
| G = 7,085 + 0,082 × LZ – 0,032 × IGL + 1,264 × SKL | G – Temeljnica (m ² /ha) |
| G ₁₅ = 5,451 + 0,083 × LZ – 0,034 × IGL | G ₁₅ – Temeljnica DBH ≥ 15 cm (m ² /ha) |
| SDI = 183,473 + 1,376 × LZ – 0,592 × IGL + 57,225 × SKL | SDI – Stand density indeks |
| N = 334,463 + 0,476 × LZ + 154,915 × SKL | N – Število dreves na hektar |
| | LZ – Lesna zaloga (m ³ /ha) |
| | IGL – Delež iglavcev (%) |
| | SKL – sestojni sklep |

Vrednosti izračunanih kazalnikov smo nato primerjali z referenčnimi vrednostmi, določenimi v Preglednici 14, in na podlagi primerjave dejanskih in referenčnih vrednosti ocenjevali učinkovitost strukture gozdnih sestojev za zaščitno funkcijo.

Sestojem na območju padajočega kamenja smo za vsakega od petih indikatorjev določili vrednost 0, če je vrednost indikatorja ustrezala referenčni vrednosti, in vrednost 1, če vrednost indikatorja ni ustrezala referenčni vrednosti. Na ravni sestojev smo potem teh pet vrednosti sešteli in tako pregledno ugotovili stopnjo ustreznosti strukture gozdnih sestojev za varovanje pred padajočim kamenjem (Preglednica 17). Ta skupni kazalnik smo poimenovali »kazalnik ustreznosti strukture sestoja za zaščito pred padajočim kamenjem« (SIPR – *stand indicator for protection against rockfall*). Vrednosti indikatorja SIPR so bile od 0 (popolnoma ustrežno) do 5 (povsem neustrezno).

Preglednica 17: Izsek iz oblikovane podatkovne baze

Table 17: Section from created database

| SESTOJ | ODSEK | RF | LZHA (m ³ /ha) | G (m ² /ha) | POM (%) | IGL (%) | G15 (m ² /ha) | SDI | N | Ustreznost sestojev | | | | | |
|--------|--------|----|------------------------------|---------------------------|------------|------------|-----------------------------|-----|-----|---------------------|------|------|------|----|------|
| | | | | | | | | | | POMu | IGLu | G15u | SDIu | Nu | SIPR |
| 6438 | 03032D | 02 | 67 | 10,6 | 0 | 100,0 | 7,6 | 274 | 521 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 6439 | 03033A | 03 | 407 | 40,6 | 15 | 36,4 | 38,0 | 779 | 683 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6447 | 03033B | 02 | 71 | 10,0 | 30 | 90,9 | 8,3 | 227 | 368 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 6572 | 03033B | 02 | 72 | 10,1 | 30 | 91,1 | 8,3 | 229 | 369 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 8003 | 03054A | 03 | 438 | 42,1 | 3 | 69,3 | 39,5 | 802 | 698 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Legenda:

RF – Razvojnna faza

LZHA – Lesna zaloga (m³/ha)

G – Temeljnica (m²/ha)

POM – Delež pomladka (%)

IGL – Delež iglavcev

G₁₅ – Temeljnica DBH ≥ 15 cm (m²/ha)

SDI – Stand density indeks

N – Število dreves na hektar

POMu – ustreznost referenčni vrednosti pomladka (0 – ustreza, 1 ne ustreza)

IGLu – ustreznost referenčni vrednosti deleža iglavcev (0 – ustreza, 1 ne ustreza)

G₁₅u – ustreznost referenčni vrednosti temeljnice DBH ≥ 15 cm (0 – ustreza, 1 ne ustreza)

SDIu – ustreznost referenčni vrednosti SDI (0 – ustreza, 1 ne ustreza)

Nu – ustreznost referenčni vrednosti števila dreves (0 – ustreza, 1 ne ustreza)

SIPR – kazalnik ustreznosti strukture sestoja za zaščito pred padajočim kamenjem (0 – popolnoma ustrežno; 5 – povsem neustrezno)

Na podlagi sestojne karte in izračunanih vrednosti SIPR na ravni sestojev smo izdelali prostorski prikaz ustreznosti strukture sestojev za zagotavljanje zaščitne funkcije. Karta lahko služi kot podlaga za detajlni pregled posameznih območij in za načrtovanje ukrepov za krepitev njihove zaščitne funkcije na ravni sestojev.

3.5 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV, KI ŠČITIJO PRED SNEŽNIMI PLAZOVI

Določanje območij nevarnosti snežnih plazov smo oblikovali na podlagi dopolnjenega katastra snežnih plazov, ki so ga izdelali na Geografskem inštitutu Antona Melika. Za namen naše raziskave nam je dostop do dopolnjenega katastra plazov omogočil mag. Miha Pavšek. Kataster plazov (Zbirka ..., 2014) za območje naše raziskave obsega 106 snežnih plazov, pri čemer razlikuje običajni in maksimalni doseg.

Kataster plazov vsebuje dejansko območje plaznic od mesta proženja do skrajnega dosega plazov, ne upošteva pa predelov, ki bi v primeru neporaščenosti pobočja z gozdom prav tako predstavljali območje plaznice (potencialno ogrožena območja). Za oblikovanje potencialno

ogroženih območij smo si najprej pripravili tri sloje: 1) potencialna prispevna območja snežnih plazov, 2) sloj grebenov in 3) sloj dolin. Najprej smo z metodo ekranske digitalizacije na podlagi plaznic katastra snežnih plazov (Zbirka ..., 2014) izrisali ozko območje skrajnega dosega snežnega plazov. Izrisana območja smo spremenili v rastrski sloj z orodjem *Conversion Tools > To Raster > Feature to raster* z osnovno celico velikosti 5 m x 5 m. Iz rastrskega sloja smo izdelali točke z orodjem *Conversion Tools > From Raster > Raster to Point*. Na podlagi teh točk in DMV smo z orodjem *Spatial Analyst Tool > Hydrology > Watershed* retrogradno določili prispevna območja snežnih plazov. Nato smo v programu ArcGIS izdelali še sloja grebenov in dolin.

Sloj grebenov in dolin smo izdelali na osnovi DMV 12,5 po postopku:

1. Izdelali smo DMV, ki nima t. i. ponorov oziroma predelov, ki se ne stekajo nikamor, kar bi povzročalo težave pri določanju smeri toka. Te predele smo »napolnili« in v ta namen uporabili orodje *Spatial Analyst Tool > Hydrology > Fill* in dobili izhodni sloj *MD_fill*;
2. Zamenjali smo visoke in nizke predele z ukazom: *Spatial Analyst Tool > Map algebra > Raster calculator > "Fill"*-1*, kot vhodni sloj smo vzeli *MD_Fill* in dobili izhodni sloj *MD_fill_1*;
3. Za določitev omrežja grebenov smo iz sloja *MD_fill_1* izdelali DMV, ki ima celice šifrirane za smer, v katero se vsaka celica DMV steče. Z orodjem: *Spatial Analyst Tool > Hydrology > Flow Direction* smo za vsako osrednjo ArcGIS celico matrice 3 x 3 izračunali pot toka v smeri največjega naklona. Tako smo dobili izhodni sloj *MD_flow_dir*;
4. S seštevanjem uteži celic v smeri toka do najnižje točke smo določili celice, v katere se na določenem pobočju vse steče. Uporabili smo orodje: *Spatial Analyst Tool > Hydrology > Flow Accumulation*, kjer smo kot vhodni podatek vzeli *MD_flow_dir* in dobili izhodni sloj *MD_flow_accum*;
5. Določili smo mejne vrednosti za *Flow accumulation* z orodjem *Spatial Analyst Tool > Map algebra > Raster calculator > con("Accum",1,0, "Value >= 100")*, vhodni podatek je sloj *MD_flow_accum*, kot izhodni podatek pa dobimo *MD_flow_meje*;
6. Izdelali smo omrežje grebenov z ukazom: *Spatial Analyst Tool > Hydrology > Stream order*, kjer smo kot vhodni podatek vzeli sloj *MD_flow_meje* in dobili izhodni sloj *MD_stream*;
7. Oblikovali smo še vektorski sloj grebenov *Spatial Analyst Tool > Hydrology > Stream to Feature*, kot vhodni podatek smo vzeli oblikovan rastrski sloj grebenov *MD_stream* in ga pretvorili v vektorski sloj *MD_stream.shp*, ki nam je kasneje služil kot pomoč pri digitalizaciji.

Postopek izdelave dna dolin je enak kot za določanje grebenov, le da ne izvedemo drugega koraka (zamenjava visokih in nizkih delov), ampak v tretjem koraku pri določanju smeri kot vhodni podatek uporabimo sloj iz prvega koraka (*MD_fill*).

Vse tri oblikovane sloje smo uporabili za smiselno razširitev območja plaznic katastra snežnih plazov in oblikovali sloj Območij nevarnosti pojavljanja snežnih plazov. Plaznice smo z ekransko digitalizacijo razširili do grebenov na zgornji strani in do dna dolin na spodnji strani ter pri tem upoštevali tudi sloje prispevnih območij. Sloj Območij nevarnosti pojavljanja snežnih plazov smo prekrili s slojem infrastrukture in tako določili predele, kjer snežni plazovi ogrožajo infrastrukturo in objekte, t.i. sloj Potencialne ogroženosti pred snežnimi plazovi. Gozd na tem območju smo opredelili kot gozdno območje s poudarjeno zaščitno funkcijo pred snežnimi plazovi.

3.5.1 Določanje simulirane lavinske ogroženosti

Naravnogeografski podatki so vse bolj natančni. Tudi s temi podatki lahko določimo potencialno ogrožena območja zaradi snežnih plazov in znotraj opredeljenih območij določimo tudi stopnje ogroženosti. Tako oblikovan sloj je lahko podlaga za načrtovanje ukrepov predvsem v predelih na višjih nadmorskih višinah. Metoda za določanje potencialno ogroženih območij pred snežnimi plazovi je podobna določanju območij sproščanja padajočega kamenja, le da je pri določanju ogroženih območij zaradi snežnih plazov vplivnih dejavnikov bistveno več, saj so poleg geomorfoloških dejavnikov pomembni tudi klimatski. Vplivni dejavniki za določanje območij ogroženosti pred snežnimi plazovi so različni. Berger in sod. (2013) predlagajo določanje območij proženja snežnih plazov z modeliranjem na podlagi navpične ukrivljenosti površja, naklona površja, nadmorske višine in minimalne površine. Navajajo, da potencialna območja proženja snežnih plazov v večini Alp opredelimo kot območja: 1) s konveksno navpično ukrivljenostjo površja, 2) z naklonom površja 28° - 55° , 3) z nadmorsko višino nad 1000 m in 4) površino določenih območij proženja snežnih plazov, večjo od 500 m². Enostavno določanje območij proženja snežnih plazov je prikazal Pintar (2012), ki je v raziskavi kot vplivni dejavnik uporabil le naklon površja. V Sloveniji je metodo določanja območij proženja snežnih plazov zasnoval Pavšek (2002b). V raziskavi smo območja ogroženosti pred snežnimi plazovi oblikovali na podlagi sedmih vplivnih dejavnikov (Preglednica 18). Vsakega od dejavnikov smo glede na stopnjo lavinske ogroženosti razvrstili v štiri glavne razrede ter opredelili meje med razredi. Mejne vrednosti za razvrstitev v razrede po posameznih dejavnikih smo povzeli po Pavšku (2002b), le rastje glede na rabo tal smo razvrstili izkustveno.

Preglednica 18: Mejne vrednosti dejavnikov za razvrstitev območij v tri stopnje lavinske ogroženosti

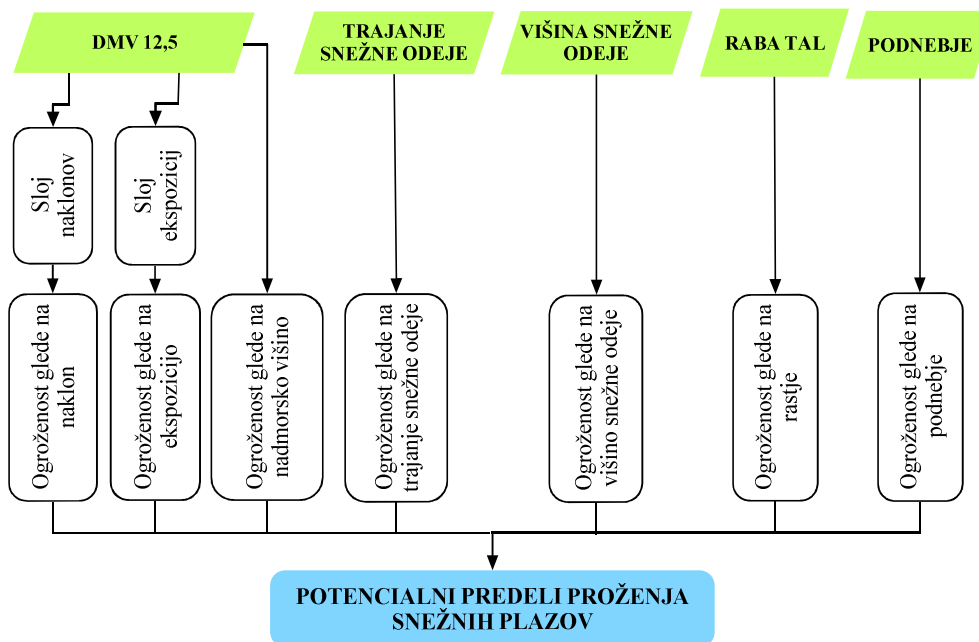
Table 18: Threshold values of factors for avalanche susceptibility of the study area

| Stopnja ogroženosti | Naklon (°) | Rastje ⁽¹⁾ | Ekspozicija | Trajanje snežne odeje (dni/leto) | Maks. višina snežne odeje (m) | Nadmorska višina (m) | Podnebni tipi (opisno) |
|---------------------|--------------|------------------------|-------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|
| 3 – velika | 31-45 | 5000, 6000, 1300, 1600 | J, JV, JZ | >150 | > 3,0 | >1600 | podnebje višjega gorskega sveta |
| 2 – zmerna | 21-30, 46-60 | 1410, 2001, 2002 | Z, SZ | 75-150 | 1,0-3,0 | 1200-1600 | podnebje nižjega gorskega sveta zahodne Slovenije |
| 1 – majhna | 11-20, >60 | 1500, 1800 | V, S, SV | <75 | < 1,0 | 300-1200 | podnebje nižjega gorskega sveta severne Slovenije in drugi podnebni tipi |
| 0 – neogroženo | 10 in manj | 2000 | - | - | - | < 300 | - |

⁽¹⁾ Rastje je opisano z rabo tal; številčne oznake rabe tal:

| | | | |
|------|--|------|--|
| 1300 | trajni travniki | 2000 | gozd |
| 1410 | kmetijsko zemljišče v zaraščanju | 2001 | ruševje |
| 1500 | drevesa in grmičevje | 2002 | površine mladovij |
| 1600 | neobdelano kmetijsko zemljišče | 5000 | suho, odprto zemljišče s posebnim rastlinskim pokrovom |
| 1800 | kmetijsko zemljišče, poraslo z gozdnim drevjem | 6000 | odprto zemljišče brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom |

Pri pripravi zemljevida potencialne lavinske ogroženosti smo prevzeli metodologijo Pavška (2002b). Tudi mi poudarjamo, da so na ta način opredeljene površine s simulirano ogroženostjo manj natančne, vendar je glede na stopnjo simulirane ogroženosti še vedno velika verjetnost, da se na teh površinah dejansko lahko prožijo snežni plazovi. Na ta način zajamemo predvsem ploskovno plazovitost, linearno pa le v manjši meri.



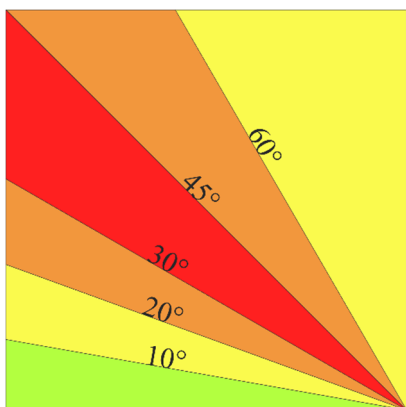
Slika 16: Potrebne grafične podlage in diagram določanja potencialnih predelov proženja snežnih plazov

Figure 16: Necessary graphic data and flowchart of potential avalanche release area delineation

Najprej smo izdelali sloje za posamezne dejavnike in površine po dejavnikih razvrstili v štiri stopnje ogroženosti.

3.5.1.1 Naklon površja

Naklon površja je dejavnik, ki pomembno pogojuje, ali bo v določenih razmerah prišlo do plazjenja in kakšne hitrosti bo plazina dosegla. Pri vplivu naklona površja na snežne plazove govorimo o statičnem in kinetičnem kotu. Statični kot trenja je kot, pri katerem snežna odeja ne more več vzdržati na podlagi in zdrsne po pobočju. O kinetičnem kotu pa govorimo, ko je plazina že v gibanju. Ker govorimo o naklonih na območju proženja, se mejne vrednosti nanašajo na statični kot, ki je največji pri sveže zapadlem snegu, s preobrazbo snega pa se zmanjšuje. To pomeni, da ima vsak sneg svoj statični kot, do katerega se še obdrži na strmini (Pavšek, 2002b).



Slika 17: Prikaz razdelitve območij v razrede lavinske ogroženosti glede na naklon
Figure 17: Representation of avalanche hazard classification, based on the slope

Naklon površja smo pridobili iz DMV 12,5. V programu ArcGIS smo z orodjem *Spatial Analyst Tool* > *Surface* > *Slope* izdelali karto naklonov in površine z uporabo orodja *Spatial Analyst Tool* > *Reclass* > *Reclassify* razvrstili v razrede ogroženosti (Preglednica 18).

Na predelih z naklonom površja do 10° se plazovi sicer lahko premikajo, ne morejo pa se sprožiti in predstavljajo s snežnimi plazovi neogrožena območja (stopnja 0). Majhno stopnjo ogroženosti (stopnja 1) imajo površine z naklonom površja 11-20° ter območja z nakloni, večjimi od 61°, kjer se sneg osipa že med sneženjem ali pa ga sproti odnaša veter. Na predelih z nakloni 21°-30° ter 46°-60° je določena zmerna ogroženost (stopnja 2), medtem ko je največja ogroženost proženja plazov (stopnja 3) na pobočjih z naklonom med 31° in 45°.

3.5.1.2 Rastje

Pomemben dejavnik, ki odloča, ali bo prišlo do splazitve snega ali ne, je rastje, ki porašča pobočje. Glede lavinske ogroženosti sta pomembni predvsem višina in gostota rastja. O pomembnejšem zaščitnem vplivu rastja pred snežno erozijo govorimo, če rastje presega vsaj meter višine (Pavšek, 2002b). To velja do tedaj, ko ga snežna odeja v celoti prekrije. Pomen

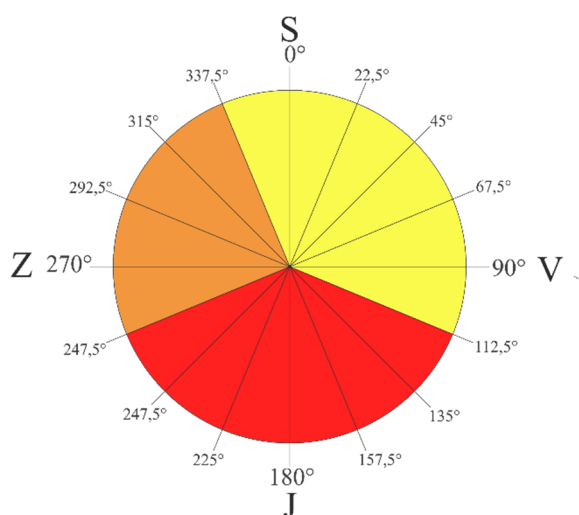
rastja in posredno tudi višine posameznih združb kot zaščite pred snežnimi plazovi je izjemen, pri čemer gozd predstavlja najučinkovitejšo obliko rastja (Pavšek, 2002b).

Podatek o rastju smo pridobili iz podatkov o dejanski rabi tal (Karta dejanske ..., 2014), ki se večinoma skladajo z gozdno masko po podatkih ZGS. Glede na podatke o sestojih ZGS smo rabo tal dodatno strukturirali, da smo dobili pregled nad površinami ruševja in mladovij. Na predelih, ki so v rabi tal označena s šifro 2000 (gozd), smo glede na podatke ZGS določili še šifri 2001 (rušje) in 2002 (mladovje s površino, večjo od 0,5 ha). Predele, označene z obema šiframa, lahko sneg prekrije, in zato rastje ne nudi popolne zaščite.

Rastje smo razdelili v tri razrede, pri čemer je bila višina rastja odločujoč dejavnik za klasifikacijo; razlikovali smo 1) nizko rastje, 2) srednje visoko rastje ter 3) nizek gozd in grmovje. Vse površine z naklonom površja, manjšim od 10° , smo uvrstili v razred neogroženo (stopnja 0) ne glede na rastje, ki je tam uspevalo. Ugotovili smo, da je Raba tal (Karta dejanske ..., 2014) kot vir podatkov o rastju za simuliranje lavinske ogroženosti primerna, a z določenimi prilagajaji, saj so pod isto šifro združeni različni tipi rastja (npr. šifra 1300 obsega pašnike in planinske travnike pa tudi travnike v ravnini), zato je te površine potrebno dodatno strukturirati. Rabe tal s šiframi 1300 in 1600 smo razdelili na območja nad 1000 m (pašniki in senožeti), ki so bolj ogrožena, in območja pod 1000 m n. v. (ravninski travniki), ki so relativno manj ogrožena.

3.5.1.3 Ekspozicija

Podatek o ekspoziciji površja smo pridobili iz DMV 12,5 (Prostorski informacijski sistem Geodetske ... 2011). V programu ArcGIS smo z orodjem *Spatial Analyst Tool* >*Surface* >*Aspect* izdelali osnovno razdelitev ekspozicij in površine razvrstili (*Spatial Analyst Tool* >*Reclass* >*Reclassify*) v tri razrede ogroženosti (Slika 18).



Slika 18: Prikaz razdelitve območij v razrede lavinske ogroženosti glede na ekspozicijo pobočja
Figure 18: Representation of avalanche hazard classification, based on the aspect

Ekspozicija neposredno vpliva na procese v snežni odeji, saj pobočja z različno ekspozicijo prejmejo različno količino sončnega obsevanja, kar vpliva na višino, zgradbo in stabilnost (preobrazbo) snežne odeje. Govorimo o ekspoziciji glede na sonce (osojne ali senčne in prisojne ali sončne lege) ter glede na veter (privetrne in odvetrne lege). Glede na ekspozicijo so lavinsko najbolj ogrožena (stopnja 3) prisojna pobočja (južna, jugovzhodna in jugozahodna ekspozicija), kjer poteka proces preobrazbe snega hitreje in sneg spomladi hitreje plazi. V teh razmerah se pojavljajo predvsem plazovi vlažnega snega. Zmerno ogroženost (stopnja 2) pripisujemo zahodnim do severozahodnim pobočjem, majhno (stopnja 1) pa vzhodnim, severnim in severovzhodnim pobočjem, kjer je preobrazba snega počasnejša (Pavšek, 2002b).

3.5.1.4 Maksimalna višina snežne odeje

Višina snežne odeje predstavlja potencial za proženje snežnih plazov. Z naraščanjem višine snežne odeje se povečujejo možnosti porušenja ravnotežja sil v snežni odeji, več plazovine lahko zdrsi po pobočju in njen doseg je večji. Podatke o maksimalni količini snega smo pridobili iz Atlasa okolja (2014). Uporabili smo podatke o povprečni skupni višini novozapadlega snega v sezoni 1971/72-2000/01. Zemljevid za Slovenijo vsebuje osem razredov, ki smo jih po vzoru Mance Volk (2010) razdelili v tri razrede. Območja, kjer je maksimalna višina snega večja kot 2,8 m, spadajo v razred velike lavinske ogroženosti (stopnja 3). Območja z maksimalno višino snega 1,0-2,8 m spadajo v predele zmerne lavinske ogroženosti (stopnja 2), območja z maksimalno višino snežne odeje, manjšo od 1 m, pa med območja majhne snežne ogroženosti (stopnja 1).

3.5.1.5 Trajanje snežne odeje

Trajanje snežne odeje je odvisno od številnih dejavnikov: višine snežne odeje, talne podlage, nadmorske višine, ekspozicije glede na sonce in veter, rastja in drugih dejavnikov. Pavšek (2002b) domneva, da so na območjih z daljšim trajanjem snežne odeje večje nevarnosti proženja snežnih plazov oziroma višje stopnje lavinske ogroženosti površja. Na gozdnih površinah je trajanje snežne odeje zaradi osenčenosti in njene drugačne preobrazbe bistveno daljša kot na okoliškem površju, čeprav je njena višina v gozdu nižja. Kljub temu da ostaja snežna odeja v gozdu dalj časa, je zaradi boljše predelanosti snega in sidrne vloge dreves tam mnogo bolj stabilna (Pavšek, 2002b). Karto lavinske ogroženosti glede na trajanje snežne odeje smo izdelali na podlagi zbirke prostorskih podatkov povprečnega letnega števila dni s snežno odejo v obdobju 1971-2000 (Atlas okolja, 2014), izdelane z metodo prostorske interpolacije.

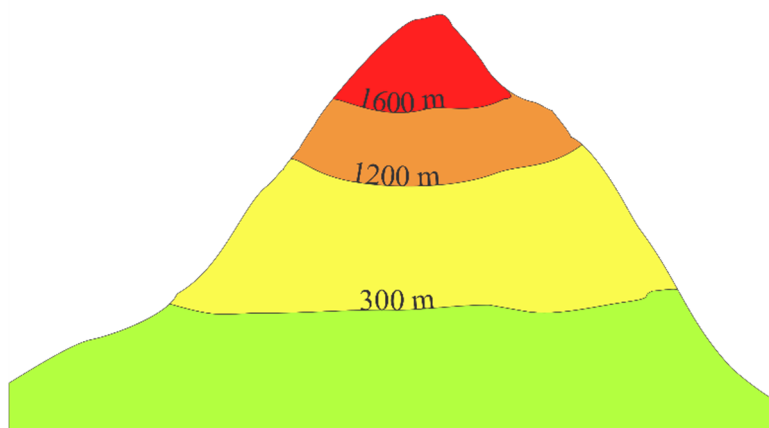
Območja, kjer je snežna odeja prisotna več kot 150 dni, so najbolj ogrožena (stopnja 3). Na zmerno ogroženih območjih (stopnja 2) je snežna odeja prisotna 75 -150 dni, na malo ogroženih območjih (stopnja 1) pa manj kot 75 dni.

3.5.1.6 Nadmorska višina

Nadmorska višina je kot dejavnik ogroženosti posredno upoštevana pri ostalih dejavnikih, vendar jo zaradi pomembnosti obravnavamo tudi posebej (Pavšek, 2002b). Z naraščanjem

nadmorske višine se spreminjajo višina snežne odeje, smer in jakost vetrov, temperatura, vlažnost zraka, rastne razmere in drugi dejavniki (Volk, 2010). Z naraščanjem nadmorske višine se delež snega v letni količini padavin povečuje (Pavšek, 2002b). Mejne vrednosti za kategorizacijo ogroženosti je Pavšek (2002b) opredelil na podlagi več dejavnikov (meja sneženja, gozdna meja, višinska meja stalne poselitve in drugo). Najpomembnejši dejavnik opredelitve so bili podatki iz lavinskega katastra, na podlagi katerih smo opredelili mejne vrednosti.

Lavinska ogroženost je glede na nadmorske višine največja (stopnja 3) na predelih nad gozdno mejo, to je praviloma nad nadmorsko višino 1600 m. Območja z nadmorsko višino 1200-1600 m imajo zmerno stopnjo ogroženosti (stopnja 2), območja z nadmorsko višino 300-1200 m pa majhno stopnjo ogroženosti (stopnja 1). Predeli pod 300 m nadmorske višine so glede snežnih plazov neogroženi (stopnja 0).



Slika 19: Prikaz razdelitve območij v razrede lavinske ogroženosti glede na nadmorsko višino
Figure 19: Representation of avalanche hazard classification, based on the elevation

3.5.1.7 Podnebje

Podatek o podnebjju oziroma podnebnih tipih smo po vzoru Pavška (2002b) povzeli po Geografskem atlasu Slovenije (Ogrin, 1998). Podnebje združuje tudi vse prejšnje dejavnike, nekatere neposredno (snežne padavine, nadmorska višina), nekatere pa posredno (naklon, ekspozicija, rastje po višini). Podatek je uporabljen predvsem za preverjanje vseh prejšnjih dejavnikov.

3.5.2 Modeliranje lavinske ogroženosti

Po oblikovanih posamičnih slojih smo v programu ArcGIS oblikovali model in izdelali dve simulaciji lavinske ogroženosti območja raziskave. Po vzoru Pavška smo izdelali 1) osnovno simulacijo lavinske ogroženosti, pri čemer dejavnikom nismo dodelili uteži, in 2) tehtano simulacijo, pri kateri smo dejavnikom pripisali različne uteži.

Osnovna simulacija je bila izdelana s preprostim enakovrednim množenjem vseh dejavnikov (*Spatial analyst tool > Map Algebra > Raster Calculator*). Oblikovane osnovne celice so na predelih, kjer je vsaj eden od dejavnikov imel vrednost 0 (neogroženo) imele tudi končno vrednost enako 0. Druge celice so imele vrednosti od 1 do 2187, to je v primeru, da je imelo neko območje po vseh dejavnikih veliko stopnjo ogroženosti (3^7). Celice smo razvrstili v tri razrede potencialne ogroženosti, tako da je število celic v posameznih razredih enakomerno razporejeno. Izdelali smo različico brez upoštevanja gozda kot dejavnika (celice so imele vrednosti od 0 do 729, saj je pri množenju en dejavnik manj - 3^6). Na ta način smo določili predele, kjer ima gozd potencialno pomembno varovalno funkcijo (v primeru, da ščiti infrastrukturo in stavbe, pa tudi zaščitno funkcijo), saj bi imeli predeli, ki so zaradi poraščenosti z gozdom lavinsko neogroženi, v primeru odstranitve gozda visoko stopnjo lavinske ogroženosti.

Izdelali smo tudi tehtano simulacijo lavinske ogroženosti, kjer smo naklonu kot odločujočemu dejavniku dali večji pomen. Tako smo predele, ki glede na naklon spadajo v tretji razred lavinske ogroženosti, pomnožili s 3, srednji razred z 2, najnižja stopnja pa je ostala enaka. Zopet smo izdelali različice z gozdom (vrednosti celic od 0 do 6561 - 3^8 , saj ob upoštevanju vseh dejavnikov upoštevamo naklon dvakrat) in brez gozda (vrednosti od 0 do 2187 - 3^7). Za določitev ocene kakovosti z modelom določene lavinske ogroženosti smo simulirane predele primerjali s katastrom plazov.

3.5.2.1 Določanje stopnje naravne nevarnosti pred snežnimi plazovi

Stopnjo nevarnosti snežnih plazov smo določili glede na preliminarno določeno stopnjo ogroženosti pred snežnimi plazovi, da smo končno oblikovano območje gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo pred snežnimi plazovi prekrili z območji ogroženosti pred snežnimi plazovi. Za presek smo uporabili osnovno simulacijo, v kateri nismo upoštevali prisotnosti gozda.

3.6 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV S POUДАРJENO VAROVALNO FUNKCIJO

Območja s poudarjeno varovalno funkcijo smo določili na podlagi kriterijev, ki so določeni v Priročniku za izdelavo gozdnogospodarskih načrtov. Priročnik je oblikovanem po Pravilniku o načrtih za gospodarjenje z gozdom in upravljanje z divjadjo (Ur. list. št. 91/10).

Omenjeni pravilnik opredeljuje postopke za določanje območij s prvo, drugo in tretjo stopnjo poudarjenosti varovalne funkcije; v raziskavi smo se omejili le na prvo stopnjo poudarjenosti varovalne funkcije.

3.6.1 Kriteriji za določanje območij s poudarjeno varovalno funkcijo

Kriterije za določanje območij s prvo stopnjo poudarjenosti varovalne funkcije lahko razvrstimo v osem skupin, to so: 1) rastiščne enote; 2) rastje nad zgornjo mejo strnjene gozda; 3) naklon površja (na kompaktni ali erodibilni podlagi); 4) gozdovi v hudourniških območjih; 5) globina tal; 6) kamnitost; 7) območja, ki zadržujejo snežne plazove, in 8) območje 10-letnih visokih vod.

3.6.1.1 Rastiščne enote

Razpoložljivost vektorskih podatkov o gozdnih združbah, ki predstavljajo tudi rastiščne enote, je za različne predele gozdov v Sloveniji različna. Za raziskovalno območje je bilo treba najprej dopolniti vektorski sloj gozdnih združb za GGE Tržič in Jezersko, ki so ga izdelali na ZGS, Območni enoti Kranj. Vektorski sloj je bil izdelan na podlagi fitocenoloških elaboratov Tržič (Novosel, 1974) in Jezersko (Smole, 1971). Analogne karte fitocenoloških elaboratov smo optično prebrali in oblikovane digitalne rastrske slike geokodirali v programu MapInfo 10.5. Na podlagi tako pripravljenih rastrskih slik smo z ekransko digitalizacijo izrisali vektorski sloj gozdnih združb in vsakemu poligonu navedli podatek o pripadajoči gozdni združbi. Nekateri gozdni predeli v obdobju izdelave fitocenološkega elaborata niso bili analizirani (v primeru raziskovanega območja so bila to predvsem območja planin). Za te predele smo opredelili gozdne združbe na podlagi podatkov o opisih gozda po odsekih, ki predstavljajo prilogo E4 gozdnogospodarskega načrta. Na manjših predelih večinoma ob gozdnem robu podatka o gozdni združbi nismo imeli, saj se je gozdna maska v letih od izdelave fitocenoloških elaboratov (1971 oziroma 1974) do danes spremenila kot posledica dejanskih sprememb v naravi (zaraščanje, krčenje gozda) ali drugačnega izrisa gozdne maske. To smo dopolnili tako, da smo predelom, ki niso bili fitocenološko opredeljeni, pripisali pripadnost gozdni združbi glede na najbližjo znano gozdno združbo. Tako dopolnjen sloj smo preverili s šifrantom gozdnih združb ZGS in atributno bazo dopolnili s podatki o novem poimenovanju gozdnih združb (Kutnar in sod., 2011).

Seznamu gozdnih združb ZGS asoc.dbf (Prostorski informacijski sistem ZGS ..., 2014) smo glede na sprejete kriterije za določanje območij s poudarjeno varovalno funkcijo (Pravilnik, 2010) dodali podatek o varovalnem pomenu združbe (Priloga B).

3.6.1.2 Gozdno rastje nad zgornjo mejo strnjene gozda

Kriteriji za opredelitev območij s poudarjeno varovalno funkcijo določajo, da je treba med ta območja uvrstiti vse gozdno rastje nad zgornjo mejo strnjene gozda. V razpoložljivih zbirkah ZGS to območje ni določeno, zato smo ga morali za naše raziskovalno območje določiti. V raziskavi smo predpostavljali, da območje strnjene gozda predstavljajo gozdni sestoji, določeni v sestojni maski ZGS, medtem ko smo za območje nad mejo strnjene gozda iz sestojne karte izločili predele ruševja.

3.6.1.3 Naklon površja in kompaktnost podlage

Kriteriji za opredelitev območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo določajo, da je treba med ta območja uvrstiti vse gozdove na kompaktni matični podlagi z naklonom nad 35° oziroma gozdove na erodibilni ali plazljivi matični podlagi z naklonom nad 25°. Zato smo za natančno določanje območij s poudarjeno varovalno funkcijo morali najprej določiti območja s kompaktno podlago in območja z erodibilno podlago. Kompaktnost podlage smo določili na podlagi pedološke karte v merilu 1 : 25.000 (Pedološka karta ..., 2014), ki za vsak talni tip vsebuje podatek o matični podlagi, na kateri so tla nastala. Za namene naše

raziskave nam je dostop do digitalne pedološke karte v merilu 1 : 25.000 omogočil mag. Tomaž Prus z Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete. Atributni del pedološke karte smo dopolnili z znakom o matični podlagi (kompaktna, erodibilna); vsak talni tip je bil uvrščen v enega od omenjenih tipov matične podlage (Preglednica 19). Primernejši način določanja kompaktnosti matične podlage bi bil na osnovi geološke karte, vendar te vsaj zaenkrat niso izdelane v merilu (npr. 1 : 25.000), ki bi bilo primerno za naše delo.

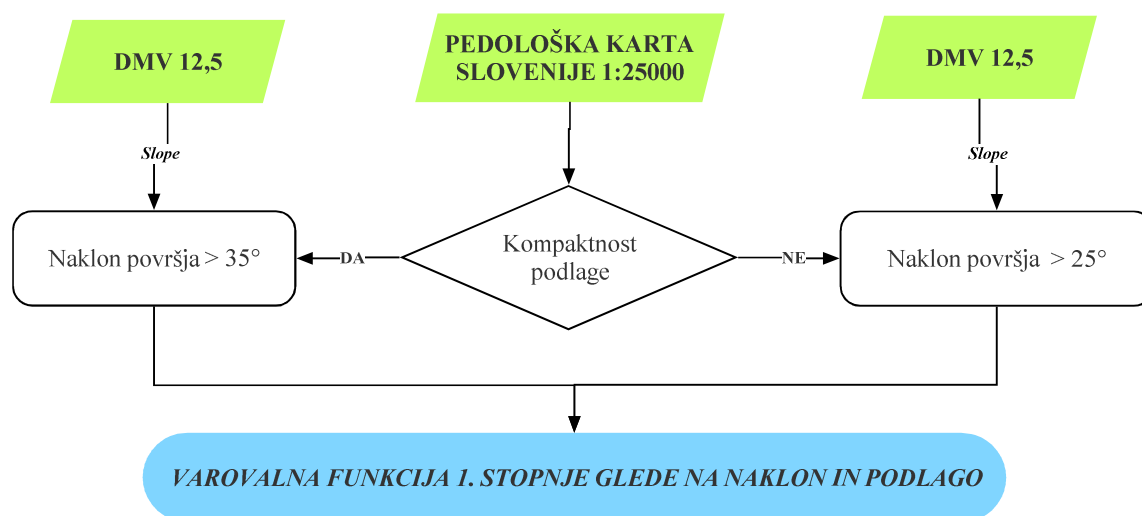
Preglednica 19: Razvrstitev matičnih podlag, navedenih v podatkih pedološke karte, v kompaktne in erodibilne podlage

Table 19: Classification of substrate, according to soil maps, into compact and erodable substrats

| Kompaktna podlaga | Erodibilna podlaga |
|--|---|
| na keratofirju | na deluviju |
| na porfirju | na permo-karbonskih skrilavcih in peščenjakih |
| na magmatskih kamninah | na aluvialno kolumialnem nanosu |
| na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah | na ledenodobnih prodnih in peščenih nasutinah rek |
| na različnih bazičnih kamninah | na moreni |
| na konglomeratu | na pobočnem grušču |
| na apnencu, dolomitu | na sivici |
| | na starejšem ilovnatem aluviju |
| | obrečna evtrična srednje globoka |
| | na peščeno prodnatem aluviju |
| | ranker distrični regolitični |
| | ranker evtrično regolitični |

Oblikovali smo model za določanje varovalne funkcije gozda na podlagi naklona terena in kompaktnosti podlage (Slika 20).

S podatki pedološke karte (Pedološka karta ..., 2014) smo oblikovali rastrska sloja erodibilne in kompaktne podlage. Na podlagi digitalnega modela reliefa (*Spatial Analyst Tools > Surface > Slope*) smo oblikovali sloj predelov z naklonom površja nad 25° in sloj predelov z naklonom površja nad 35°. V algoritmu smo postavili pogoj, da je podlaga kompaktna. V primeru kompaktne podlage smo izvedli presek sloja kompaktne podlage s slojem naklonov nad 35°, v primeru nekompaktne podlage pa smo izvedli presek sloja erodibilne podlage s slojem naklonov nad 25°. Tako smo določili območja na kompaktni matični podlagi z naklonom nad 35° in območja na erodibilni podlagi z naklonom nad 25°. Z združitvijo obeh slojev smo oblikovali končni sloj območij varovalne funkcije s prvo stopnjo glede na naklon površja in kompaktnost matične kamenine.



Slika 20: Diagram poteka določitve območij z varovalno funkcijo na podlagi naklona in kompaktnosti matične podlage

Figure 20: Flowchart of delineation of forests with indirect protection on the basis of slope and substrate compactness

3.6.1.4 Gozdovi v hudourniških območjih z veliko gostoto erozijskih pojavov

Po Pravilniku (2010) opredeljeni kriteriji za določanje območij s poudarjeno varovalno funkcijo določajo, da se med ta območja uvrstijo gozdovi v hudourniških območjih z veliko gostoto erozijskih pojavov. Opredelitev je zelo okvirna in tudi ohlapna, saj ni določeno, kaj pomeni »velika« gostota erozijskih pojavov, niti ne, kaj se šteje za »hudourniško območje«. O hudourniških območjih ni javno dostopnega kartnega gradiva. Določanje območij z veliko gostoto erozijskih pojavov je tako odvisno od opisovalca. V prihodnosti bi bilo potrebno pridobiti kartno gradivo in ga vključiti v oblikovan model, smiselno pa bilo tudi dopolniti dikcijo Pravilnika (2010).

3.6.1.5 Gozdovi na zelo plitvih tleh in gozdovi s skalovitostjo oziroma kamnitostjo nad 70 % površine

Globina tal praviloma zelo varira, kar otežuje določanje enotne globine tal na večjem območju. V Švici so v projektu NaiS (Frehner in sod., 2007a) klasificirali rastišča glede na globino tal, nasičenost tal z vodo in poroznost tal. Rastišča so z opisno določeno globino tal razvrstili v tri razrede: 1) rastišča z zelo plitvimi tlemi; 2) rastišča s plitvimi do srednje globokimi tlemi in 3) rastišča s srednje globokimi do globokimi tlemi. V Sloveniji je Katedra za pedologijo na Biotehniški fakulteti izdelala karto talnih tipov oziroma pedološko karto (Pedološka karta ..., 2014). Z izkopom mreže talnih profilov in interpolacijo teh podatkov so določali tudi globino tal. Talni tipi so razvrščeni v razrede glede na globino tal, in sicer: 1) 0-30 cm, 2) 0-50 cm, 3) 0-70 cm, 4) več kot 70 cm, 9) večji razpon. Podatek o predelih z zelo plitvimi tlemi, kot jih navajajo kriteriji za določanje območij s poudarjenimi varovalnimi funkcijami (globine tal do 10 cm), je za večje območje težko pridobiti. Tudi v tem primeru bi bilo treba Pravilnik popraviti. Tako smo ta podatek prevzeli iz literature.

Urbančič in sod. (2005) navajajo, da so tla zelo plitva na območju talnega tipa »litosol ali nerazvita tla«, z globino humusnega horizonta do 10 cm, ki nato prehaja v matično podlago. Tako smo med območja na plitvih tleh uvrstili vse predele, na katerih je na pedološki karti kartiran litosol.

Podatkovna zbirka ZGS na ravni odsekov (odsek.dbf) (Prostorski informacijski sistem ZGS ..., 2014) vsebuje podatka o površinski skalovitosti in kamnitosti. Na ravni odsekov smo obe vrednosti združili in glede na skupno vrednost odseke klasificirali v dva razreda: 1) kamnitost in skalovitost do 70 % površine in 2) kamnitosti in skalovitosti nad 70 % površine.

3.6.1.6 Gozdovi, ki preprečujejo ali zadržujejo snežne plazove

Kriteriji, opredeljeni s Pravilnikom (2010), določajo, da je treba med območja s poudarjeno varovalno funkcijo uvrstiti gozdove, ki preprečujejo ali zadržujejo snežne plazove. Pri tem se pojavlja dilema, katere podatke uporabiti za določanje območij gozdov, ki preprečujejo snežne plazove. V našem primeru sta bili možnosti predvsem dve: 1) uporabimo enega od slojev potencialne lavinske ogroženosti, ki smo jih za območje raziskave oblikovali na podlagi šestih oziroma sedmih vhodnih podatkov, ali pa 2) prevzamemo podatke iz katastra snežnih plazov. Odločili smo se za drugo možnost in uporabili sloj Območja nevarnosti pojavljanja snežnih plazov, ki smo ga izdelali v procesu določanja gozdov, ki ščitijo pred snežnimi plazovi po postopku, opisanem v poglavju 3.5.

3.6.1.7 Območje 10-letnih visokih vod

Pravilnik med kriterije določanja območij s poudarjeno varovalno funkcijo prišteva tudi območja 10-letnih visokih voda. Kot podlago za določitev teh območij smo iz Atlasa okolja uporabili sloja katastrofalnih in pogostih poplav (Atlas okolja, 2014).

3.6.2 Izdelava končnega sloja območij s poudarjeno varovalno funkcijo

Z obdelavami slojev po posameznih kriterijih za določanje območij s poudarjeno varovalno funkcijo smo vse sloje združili in tako določili območje s poudarjeno varovalno funkcijo gozda.

Po modelu oblikovan sloj gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo smo posplošili. Posplošitev podatkov smo izvedli v dveh korakih. Prvi del posploševanja podatkov se je nanašal na smiselno zaokrožitev rezultatov oblikovanja območij s poudarjeno varovalno funkcijo. Za ta namen smo izvedli ukaz *Cartography tools > Generalization > Aggregate polygons* in se tako znebili izredno majhnih površin brez določene varovalne funkcije znotraj večjih, zaokroženih območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo. Tako oblikovan sloj smo presekali z masko gozdnega prostora.

V drugem delu smo določili najmanjše površine gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo. Ob tem smo upoštevali dva premisleka. Prvi je ta, da mora gozdni sestoj obsegati neko minimalno površino, da lahko zagotavlja varovalne funkcije. Drugi premislek pa je povezan s preglednostjo karte, natančnostjo prostorskih podatkov ter smiselnostjo in uporabnostjo prikaza območij s poudarjeno funkcijo. V literaturi o tem ni veliko referenc, zato smo v

raziskavi prevzeli kriterij, ki velja za najmanjšo površino odseka; ta naj ne bi bila manjša od 3 ha. Ta velikost je ustrezna tudi glede na zahtevano merilo (1: 25.000) prikaza karte območij s poudarjenimi funkcijami.

Sloj smo potem še natančno pregledali in odstranili napake, ki so se pojavile pri uporabi slojev za posamezne kriterije. Ugotovili smo, da je predvsem določanje območij s poudarjeno varovalno funkcijo na podlagi gozdnih rastišč pomanjkljivo, saj so bile določene združbe, ki imajo po priročniku varovalni značaj (npr. *Vaccinio myrtilli-Pinetum sylvestris* var. geogr. *Castanea sativa*), opredeljene v ravninskih območjih.

Tako oblikovan sloj nam predstavlja po modelu oblikovane predele gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo. V primeru izredno natančnih in kvalitetnih podlag je lahko sloj končen, v primeru manj natančnih podlag pa dobra osnova za določitev gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo.

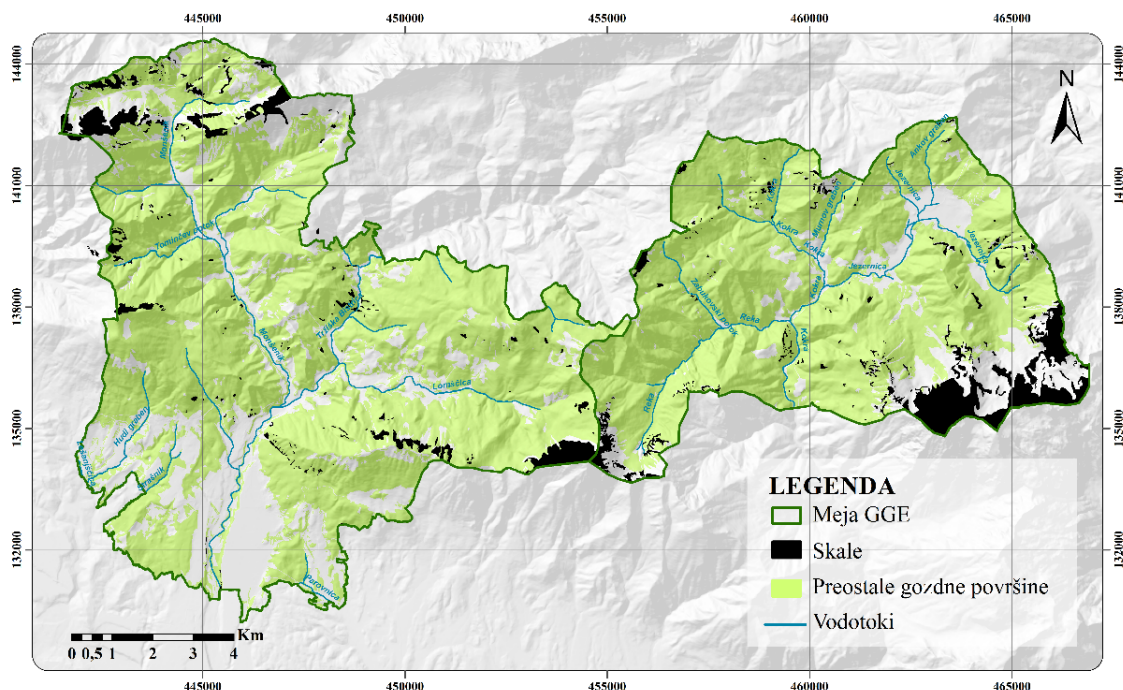
4 REZULTATI

4.1 OBMOČJA GOZDOV, KI ŠČITILJO PRED PADAJOČEM KAMENJEM

4.1.1 Določanje virov padajočega kamenja

Z ekransko digitalizacijo smo v celotnem območju raziskave opredelili 479 območij skal, ki so viri padajočega kamenja. Tako oblikovana območja smo poimenovali »osnovni viri padajočega kamenja«. V GGE Tržič je 232 območij osnovnih virov padajočega kamenja, njihova skupna površina je 387,62 ha; površina največje zaplate s kamenjem je 80,60 ha (Preglednica 20). Območja osnovnih virov padajočega kamenja v GGE Tržič lahko razvrstimo v nekaj zaokroženih območij: 1) Begunjščica, 2) Ljubeljščica do starega mejnega prehoda Ljubelj, 3) Košuta od galerije do Velikega vrha, 4) okoli Ukanovega štruca in 5) Kukovnica do Storžiča (Slika 21).

V GGE Jezersko smo evidentirali 247 območij skal s skupno površino 530,41 ha; površina največjega kompleksa skal meri 147,83 ha. Območja osnovnih virov padajočega kamenja v GGE Jezersko lahko razvrstimo v naslednja zaokrožena območja: 1) Storžič, 2) manjše območje Stegovnika, 3) manjša razpršena območja v okolici Virnikovega Grintovca, Pristavškega Storžiča, Skubrovega vrha, Golega vrha in 4) veliko območje, ki sega od Velikega vrha preko Kočen, Grintovca, Dolgega hrbta, Skute, Križa, do Velike in Male Babe.



Slika 21: Karta območij osnovnih virov padajočega kamenja

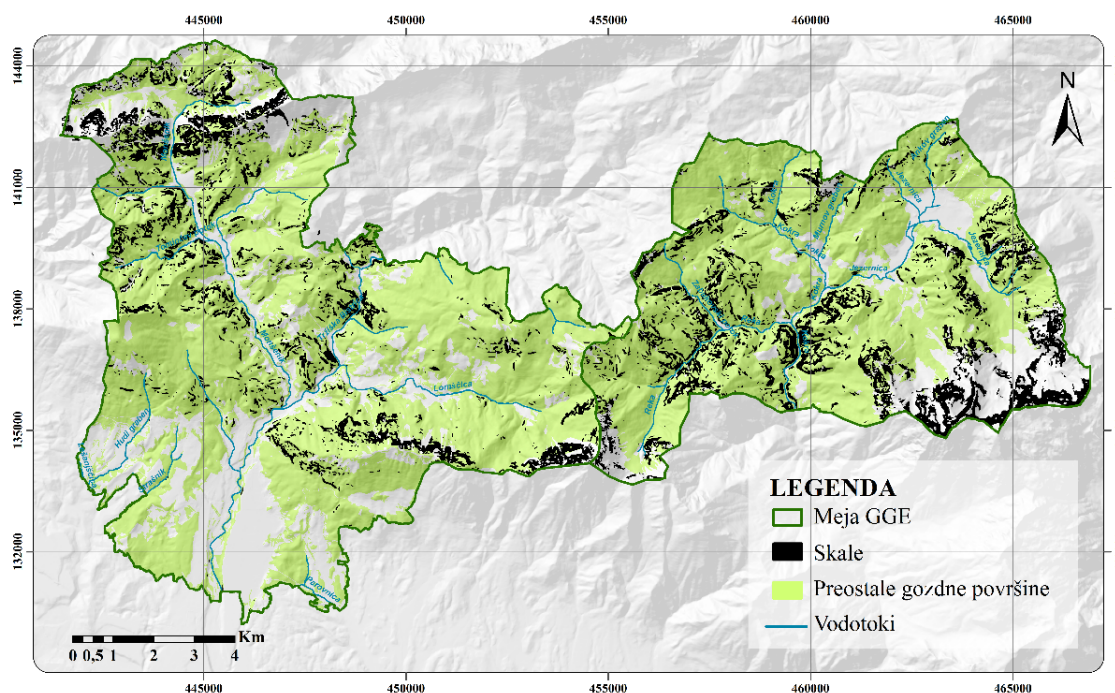
Figure 21: Map of basic rockfall source area

Preglednica 20: Število in površina osnovnih virov padajočega kamenja

Table 20: Number and surface of basic rockfall source area

| | Površina (ha) | Povprečna površina (ha) | Maksimalna površina (ha) | Minimalna površina (ha) | Standardni odklon (ha) | Število skalnih območij |
|--------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| GGE Tržič | 387,62 | 1,67 | 80,60 | 0,01 | 7,66 | 232 |
| GGE Jezersko | 530,41 | 2,15 | 147,83 | 0,01 | 13,18 | 247 |
| Skupaj | 918,03 | 1,92 | 147,83 | 0,01 | 10,87 | 479 |

Na podlagi oblikovanega dispozicijskega modela smo območja osnovnih virov padajočega kamenja dopolnili in oblikovali območja potencialnih virov padajočega kamenja, ki smo jih poimenovali »dopolnjeni viri padajočega kamenja«. Ugotovitve na območjih dopoljenih virov padajočega kamenja so nekoliko drugačne; območja dopoljenih virov padajočega kamenja so enakomerneje razporejena po celotni površini (Slika 22). Večji predeli so ostali, le nekoliko so razširjeni. V obeh enotah je 3005 območij dopoljenih virov padajočega kamenja, ki obsegajo površino 2014,08 ha. Površina največjega kompleksa skal v GGE Tržič meri 78,39 ha, v GGE Jezersko pa 239,92 ha (Preglednica 21).



Slika 22: Karta dopoljenih virov padajočega kamenja

Figure 22: Map of supplemented rockfall source area

Preglednica 21: Število in površina dopoljenih virov padajočega kamenja

Table 21: Number and surface of supplemented rockfall source area

| | Površina (ha) | Povprečna površina (ha) | Maksimalna površina (ha) | Minimalna površina (ha) | Standardni odklon (ha) | Število skalnih območij |
|--------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| GGE Tržič | 956,08 | 0,56 | 78,39 | 0,00 | 3,09 | 1702 |
| GGE Jezersko | 1058,00 | 0,81 | 239,92 | 0,01 | 7,03 | 1303 |
| Skupaj | 2014,08 | 0,67 | 239,92 | 0,00 | 5,18 | 3005 |

4.1.2 Območja infrastrukture

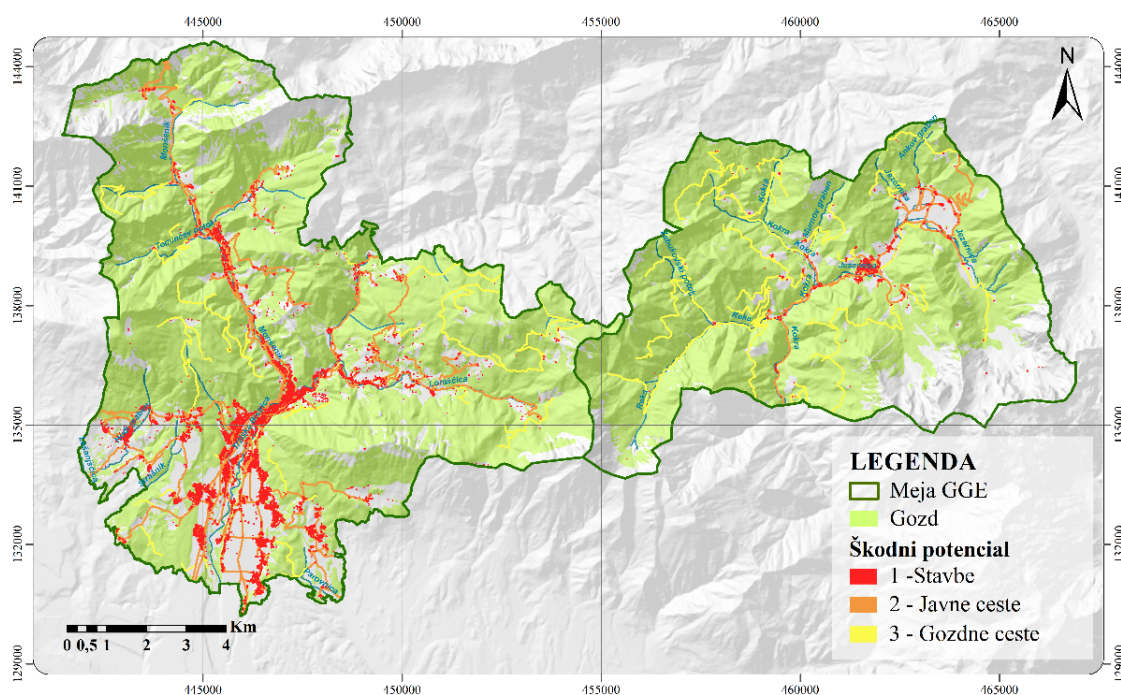
Območij infrastrukture je znatno več v GGE Tržič kot v GGE Jezersko, še posebej stavb in javnih cest. V GGE Jezersko sta le dve manjši naselji (Spodnje in Zgornje Jezersko), v GGE Tržič je takšnih naselij več. Po legi izstopata naselja Podljubelj in Lom pod Storžičem, ki se nahajata na višjih nadmorskih višinah pod strmimi pobočji, medtem ko so ostala naselja locirana v pretežno bolj ravninskih predelih.

V GGE Jezersko je pomembna prometna povezava javna cesta Preddvor-Jezerski vrh. Sistem javnih cest je bolj razvejan v GGE Tržič, medtem ko je sistem gozdnih cest zaradi redke poselitve bolj razvejan v GGE Jezersko (Preglednica 22).

Preglednica 22: Infrastruktura in stavbe v območju raziskave

Table 22: Infrastructure and buildings in study areas

| | Stavbe | | Javne ceste | | Gozdne ceste | |
|--------------|---------|---------------|-------------|---------------|--------------|---------------|
| | Število | Površina (ha) | Dolžina (m) | Površina (ha) | Dolžina (m) | Površina (ha) |
| GGE Tržič | 5852 | 491,1 | 181.289 | 802,2 | 53.215 | 264,1 |
| GGE Jezersko | 659 | 58,5 | 30.435 | 142,6 | 71.647 | 350,2 |
| Skupaj | 6511 | 549,7 | 211.724 | 944,8 | 124.862 | 614,2 |



Slika 23: Karta infrastrukture in stavb po pomembnosti

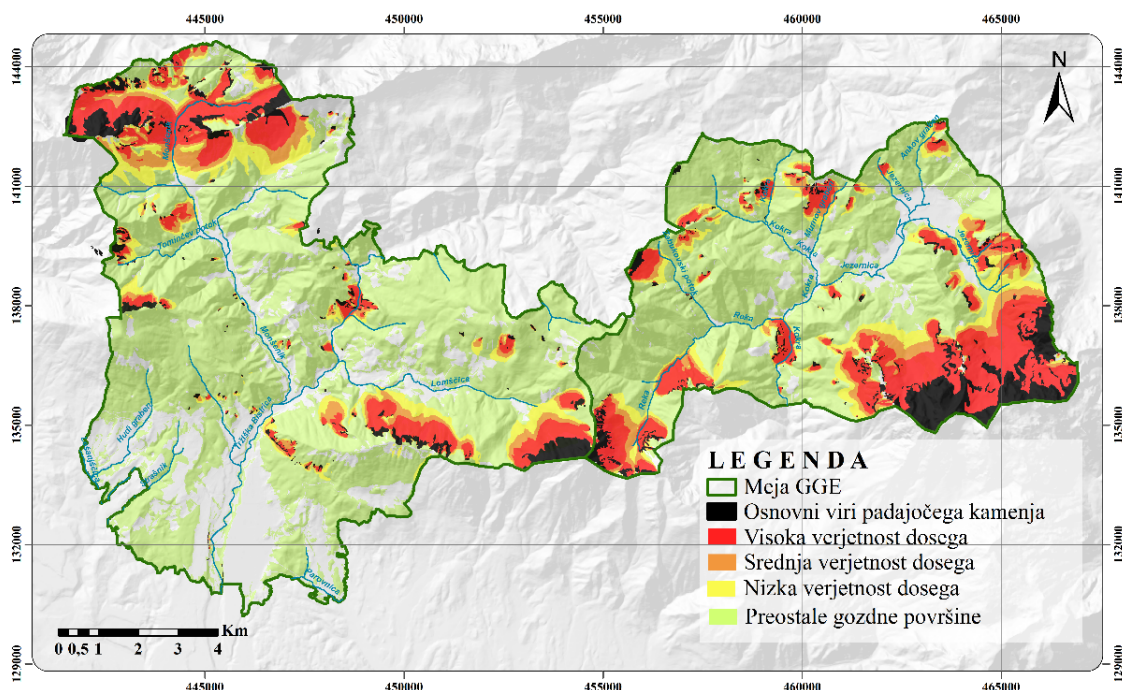
Figure 23: Map of infrastructure and buildings by importance

Na treh pomembnejših javnih cestah v območju raziskave poteka vsakoletno štetje dnevnega prometa. Na spletni strani Direkcije Republike Slovenije za ceste (2014) smo zbrali podatke o štetju prometa za obdobje 2000-2012 in določili najvišjo, najnižjo in povprečno vrednost glede na obdobje merjenja. V GGE Jezersko sta dva odseka, za katera imamo podatke o

dnevno številu vozil. Na odseku Zgornje Jezersko-mejni prehod Zgornje Jezersko je dnevno 220-273 vozil oziroma povprečno 241 vozil, na cestnem odseku Spodnje Jezersko-Preddvor je dnevno 1060-1400 vozil oziroma povprečno 1232 vozil. V GGE Tržič je dnevno število vozil na odseku mejni prehod Ljubelj-Bistrica med 1789 in 2328 oziroma povprečno 2009 vozil (Direkcija RS za ceste, 2014).

4.1.3 Doseg padajočega kamenja

Z modelom Conefall smo glede na lokacije osnovnih virov padajočega kamenja določili območja ogroženosti pred padajočim kamenjem, ki so razčlenjena na območja z različno stopnjo verjetnosti dosega padajočega kamenja (Slika 24).



Slika 24: Območja dosega padajočega kamenja glede na osnovne vire padajočega kamenja

Figure 24: Surface of rockfall reach based on basic rockfall source area

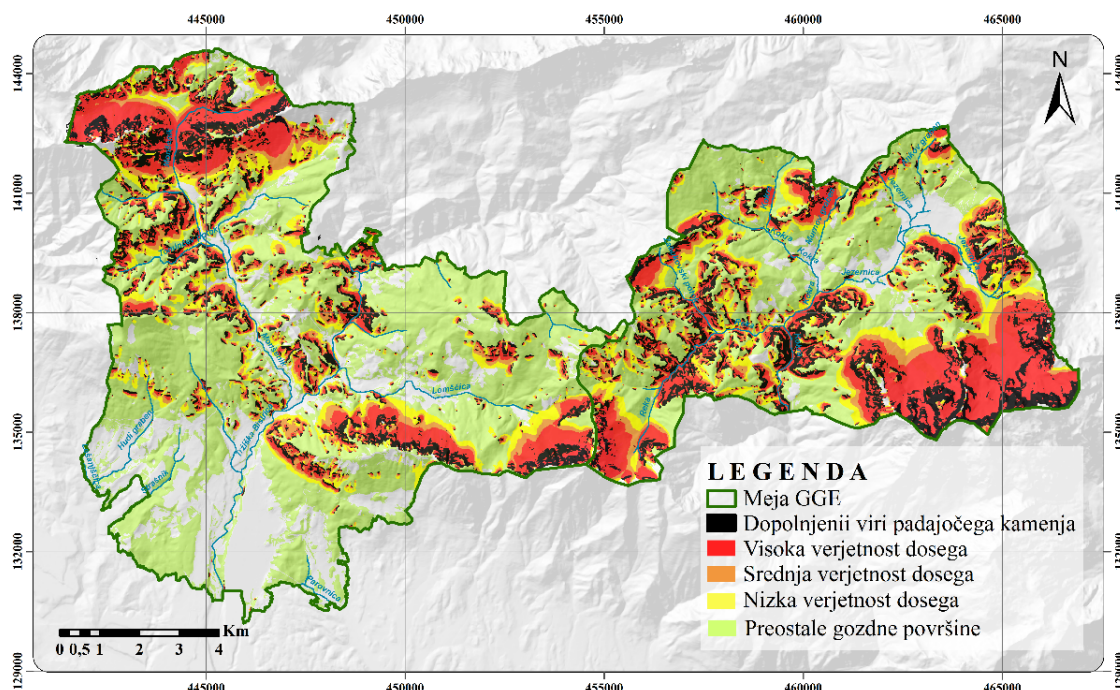
Površine ogroženosti pred padajočim kamenjem glede na osnovne vire padajočega kamenja so relativno večje v GGE Jezersko, saj celotno območje dosega padajočega kamenja znaša 29,6 % celotne gozdne površine, v Tržiču pa 17,8 % gozdne površine (Preglednica 23).

Preglednica 23: Površine ogroženosti pred padajočim kamenjem glede na osnovni vir padajočega kamenja

Table 23: Rockfall risk area based on basic rockfall source area

| GGE | Verjetnost dosega | | | Skupaj (ha) | Ogroženost GGE (%) |
|--------------|-------------------|--------------|-------------|-------------|--------------------|
| | Nizka (ha) | Srednja (ha) | Visoka (ha) | | |
| GGE Jezersko | 493,0 | 408,4 | 1136,4 | 2037,7 | 29,6 |
| GGE Tržič | 592,0 | 455,7 | 877,6 | 1925,4 | 17,8 |
| Skupna vsota | 1085,0 | 864,0 | 2014,1 | 3963,1 | |

Glede na dopolnjene vire padajočega kamenja je skupna površina ogroženih območij večja. Poleg vseh že opisanih ogroženih območij so dodatno vključena območja nižjih nadmorskih višin, kjer gozdni sestoji običajno preraščajo vire padajočega kamenja, zato ti na posnetkih niso opazni (Slika 25).



Slika 25: Območja dosega padajočega kamenja glede na dopolnjene vire padajočega
Figure 25: Area of rockfall reach based on supplemented rockfall source area

Ob upoštevanju dopoljenih virov padajočega kamenja se površina ogroženosti v posamični enoti poveča za nekaj manj kot 500 ha. Delež ogrožene površine pred padajočim kamenjem je večji v GGE Jezersko (36,9 %) (Preglednica 24).

Preglednica 24: Površine ogroženosti pred padajočim kamenjem glede na dopolnjene vire padajočega kamenja
Table 24: Rockfall risk area based on supplemented rockfall sources

| GGE | Verjetnost dosega | | | Skupaj (ha) | Ogroženost GGE (%) |
|--------------|-------------------|--------------|-------------|-------------|--------------------|
| | Nizka (ha) | Srednja (ha) | Visoka (ha) | | |
| GGE Jezersko | 317,8 | 635,9 | 1582,7 | 2536,3 | 36,9 |
| GGE Tržič | 391,5 | 694,8 | 1325,3 | 2411,6 | 22,2 |
| Skupna vsota | 709,3 | 1330,7 | 2908,0 | 4948,0 | |

4.1.4 Ogroženost infrastrukture

Ogroženost infrastrukture in stavb smo prikazali s presekom sloja infrastrukture s slojem območij dosega padajočega kamenja. Kot pomembno infrastrukturo smo upoštevali le stavbe in javne ceste. V GGE Tržič je število ogroženih stavb bistveno večje, prav tako je dolžina ogroženih javnih cest bistveno večja (Preglednica 25). Večji predeli z ogroženo infrastrukturo so na območju širše okolice Ljubelja pod Begunjščico in Velikim vrhom,

območju Kukovnice, Virnikovega Grintovca in na velikem območju Kočen in Grintovca (Slika 23). V nižjih predelih sta ogroženi predvsem območje Dovžanove soteske v GGE Tržič in območje Macesnovca v GGE Jezersko (Slika 23).

Preglednica 25: Ogroženo število stavb in ogrožena dolžina javnih cest pred padajočim kamenjem glede na osnovne vire padajočega kamenja

Table 25: Number of buildings and length of public roads threatened by rockfall, based on basic rockfall source area

| | Stopnja ogroženosti oz. verjetnosti dosega kamenja | | | | | | | | Skupna ogroženost | |
|----------------|--|------|--------|-----|---------|-----|--------|-----|-------------------|------|
| | Skoraj brez | | Majhna | | Srednja | | Visoka | | | |
| | (N) | (%) | (N) | (%) | (N) | (%) | (N) | (%) | (N) | (%) |
| a) Stavbe | | | | | | | | | | |
| GGE Tržič | 5671 | 96,9 | 138 | 2,4 | 25 | 0,4 | 18 | 0,3 | 181 | 3,1 |
| GGE Jezersko | 609 | 92,4 | 32 | 4,9 | 8 | 1,2 | 10 | 1,5 | 50 | 7,6 |
| Skupaj | 6280 | 96,5 | 170 | 2,6 | 33 | 0,5 | 28 | 0,4 | 231 | 3,5 |
| b) javne ceste | | | | | | | | | | |
| | Stopnja ogroženosti oz. verjetnosti dosega kamenja | | | | | | | | Skupna ogroženost | |
| | Skoraj brez | | Majhna | | Srednja | | Visoka | | | |
| | (km) | (%) | (km) | (%) | (km) | (%) | (km) | (%) | (km) | (%) |
| GGE Tržič | 168,8 | 93,1 | 5,1 | 2,8 | 1,2 | 0,7 | 6,2 | 3,4 | 12,5 | 6,9 |
| GGE Jezersko | 25,8 | 84,9 | 1,0 | 3,2 | 0,8 | 2,7 | 2,8 | 9,1 | 4,6 | 15,1 |
| Skupaj | 194,6 | 91,9 | 6,1 | 2,9 | 2,1 | 1,0 | 9,0 | 4,2 | 17,2 | 8,1 |

Ogroženost infrastrukture, določena glede na dopolnjen vir padajočega kamenja (Preglednica 26), je zaradi veliko večjega območja ogroženosti pričakovano večja (Preglednica 25). Skupno je ogroženih 387 stavb in 27,5 km javnih cest (Preglednica 26).

Preglednica 26: Ogroženost infrastrukture in stavb pred padajočim kamenjem glede na dopolnjene vire padajočega kamenja

Table 26: Number of buildings and length of roads threatened by rockfall, based on supplemented rockfall source area

| | Stopnja ogroženosti oz. verjetnosti dosega kamenja | | | | | | | | Skupna ogroženost | |
|----------------|--|------|--------|-----|---------|-----|--------|------|-------------------|------|
| | Skoraj brez | | Majhna | | Srednja | | Visoka | | | |
| | (N) | (%) | (N) | (%) | (N) | (%) | (N) | (%) | (N) | (%) |
| a) stavbe | | | | | | | | | | |
| GGE Tržič | 5546 | 94,8 | 100 | 1,7 | 128 | 2,2 | 78 | 1,3 | 306 | 5,2 |
| GGE Jezersko | 578 | 87,7 | 19 | 2,9 | 39 | 5,9 | 23 | 3,5 | 81 | 12,3 |
| Skupaj | 6124 | 94,1 | 119 | 1,8 | 167 | 2,6 | 101 | 1,6 | 387 | 5,9 |
| b) javne ceste | | | | | | | | | | |
| | Stopnja ogroženosti oz. verjetnosti dosega kamenja | | | | | | | | Skupna ogroženost | |
| | Skoraj brez | | Majhna | | Srednja | | Visoka | | | |
| | (km) | (%) | (km) | (%) | (km) | (%) | (km) | (%) | (km) | (%) |
| GGE Tržič | 159,3 | 88,1 | 4,8 | 2,7 | 7,6 | 4,2 | 9,0 | 5,0 | 21,4 | 11,8 |
| GGE Jezersko | 24,3 | 80,0 | 0,5 | 1,8 | 2,5 | 8,1 | 3,1 | 10,1 | 6,1 | 20,1 |
| Skupaj | 183,6 | 87,0 | 5,3 | 2,5 | 10,1 | 4,8 | 12,1 | 5,7 | 27,5 | 13,0 |

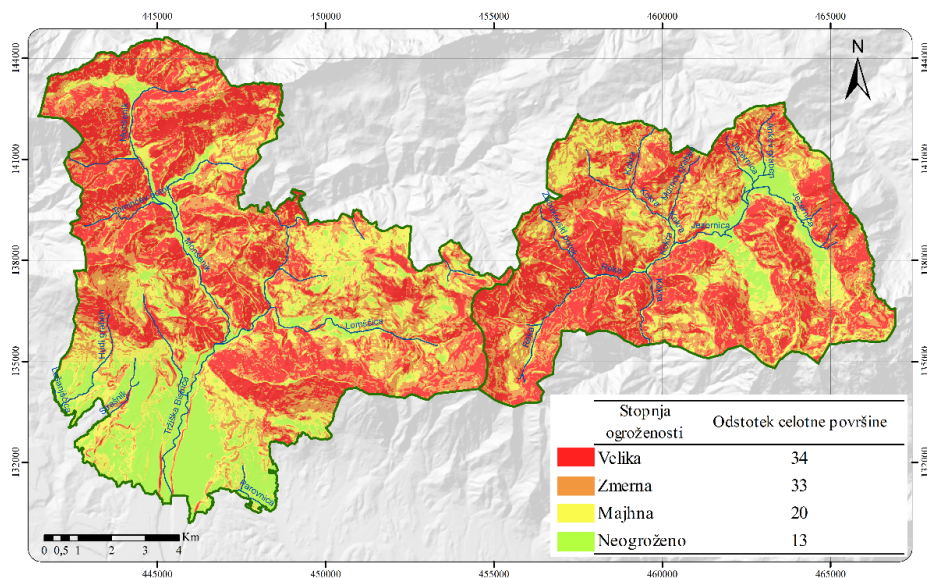
Pri ogroženosti glede na dopolnjene vire padajočega kamenja ostanejo vsa predhodno opisana območja ogrožanja, dodana pa so območje Kriške gore nad Pristavo, dolina Podstoržiča in razširjeno območje ob javni cesti Kranj-Jezerski vrh.

4.2 OBMOČJA GOZDOV Z ZAŠČITNO FUNKCIJO PRED SNEŽNIMI PLAZOVI

4.2.1 Določitev območij lavinske ogroženosti

4.2.1.1 Območja lavinske ogroženosti glede na naklon površja

Naklon površja je eden izmed pomembnejših dejavnikov za sprožitev snežnih plazov. Lavinska ogroženost raziskovalnega območja glede naklonov je visoka, saj je na tretjini vseh površin stopnja ogroženosti velika in na eni tretjini zmerna (Slika 26). Le 13 % vseh površin je neogroženih, večinoma v vznožnih predelih in dolinah. Predvsem na območjih Begunjščice, Virnikovega Grintovca, Stegovnika so daljša zglajena pobočja brez večjih prelomov, ki pomenijo ugodne razmere za proženje plazov. Dejanska lavinska ogroženost v območju raziskave je manjša od prikazane (Slika 26), saj raste na gozdnih površinah z večjim naklonom večinoma preprečuje proženje snežnih plazov. Te površine je zato treba izločiti iz ogroženih predelov. Karta ogroženosti nakazuje na velik potencial za nastanek snežnih plazov na območju raziskave, če upoštevamo le naklon površja. Hkrati pa kaže na velik pomen gozda za zaščito pred snežno erozijo, saj bi omenjena območja v primeru, da jih ne bi poraščal gozd, uvrstili med ogrožena pred snežnimi plazovi.



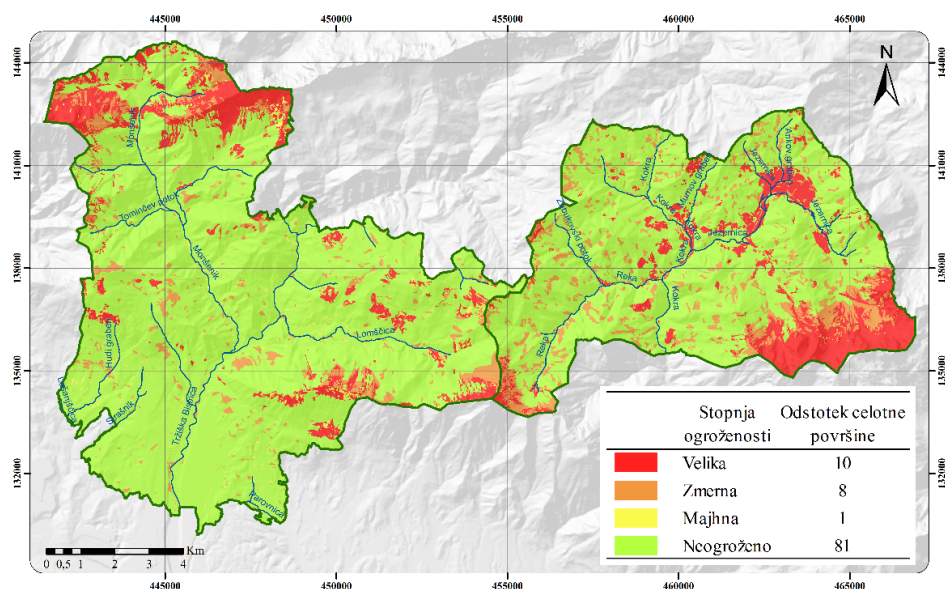
Slika 26: Karta lavinske ogroženosti glede na naklon površja

Figure 26: Avalanche susceptibility map based on the inclination

4.2.1.2 Območja lavinske ogroženosti glede na rastje

Rastje deluje izredno pozitivno na preprečevanje proženja snežnih plazov, še posebej gozd spada med pomembnejše dejavnike zmanjševanja lavinske ogroženosti.

Veliko stopnjo lavinske ogroženosti glede na rastje smo ugotovili na 10 % celotne površine. To so predvsem predeli na zgornji gozdni meji (območje Begunjščice, Velikega vrha, Dobrče, Kriške gore oz. Kukovnice, Storžiča, Virnikovega Grintovca in območje med Grintovcem in Kočnami). Zmerno stopnjo lavinske ogroženosti smo ugotovili na 8 % celotne površine, predvsem na območjih z ruševjem in mladovji. Majhna stopnja lavinske ogroženosti glede na rastje je bila določena na 1 % celotne površine. Preostalih 81 % površine smo zaradi pokritosti z gozdom uvrstili med lavinsko neogroženo območje (Slika 27).

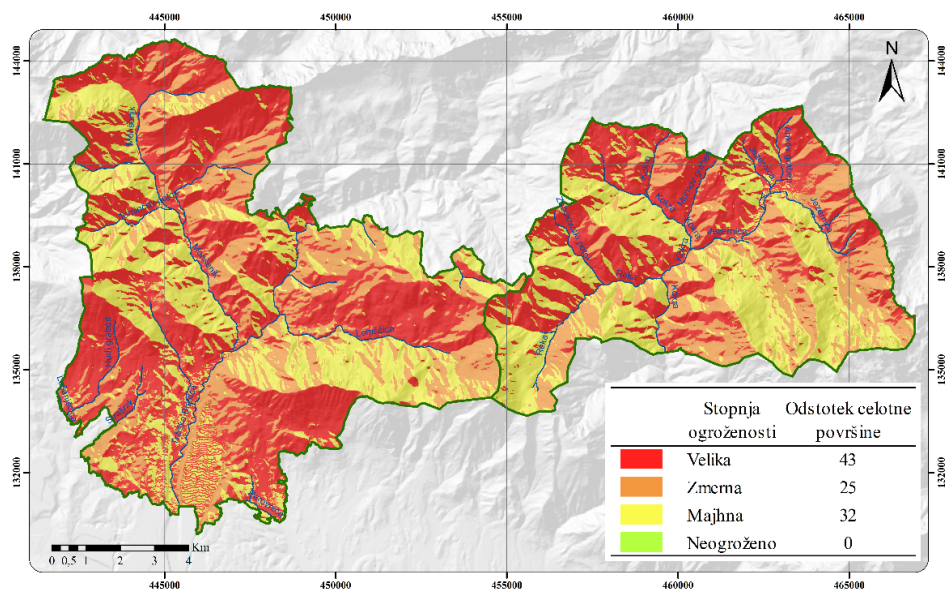


Slika 27: Karta lavinske ogroženosti glede na rastje

Figure 27: Avalanche susceptibility map based on the vegetation type

4.2.1.3 Območja lavinske ogroženosti glede na ekspozicijo

Veliko stopnjo ogroženosti glede na ekspozicijo pripisujemo 43 % površine raziskovalnega območja, zmerno 25 % površine in majhno 32 % površine. Neogroženih površin glede na ekspozicijo ni. Velik delež velike in zmerne ogroženosti gre na račun prevladujočih, proti jugu oziroma jugozahodu obrnjenih gora (pogorje Ljubeljščice, Korošice, Begunjščice, Kriške gore, celoten predel severne meje z republiko Avstrijo).

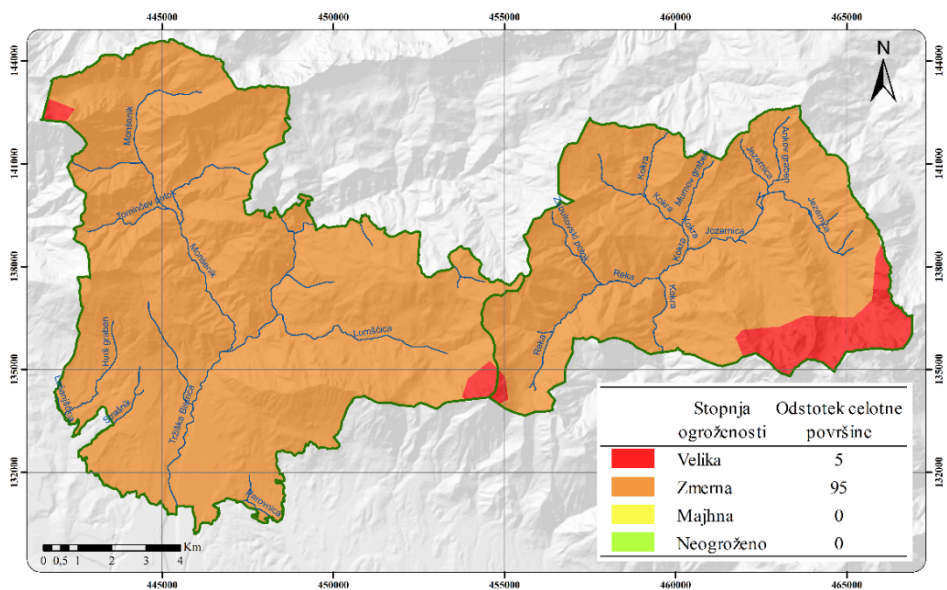


Slika 28: Karta lavinske ogroženosti glede na ekspozicijo
Figure 28: Avalanche susceptibility map based on the aspect

Podobno kot v primeru ogroženosti glede na naklon tudi za lavinsko ogroženost glede na ekspozicijo velja, da je dejanska ogroženost zaradi visoke poraščenosti z rastjem precej manjša, kot bi bila v primeru razgozdenosti.

4.2.1.4 Območja lavinske ogroženosti glede na trajanje snežne odeje

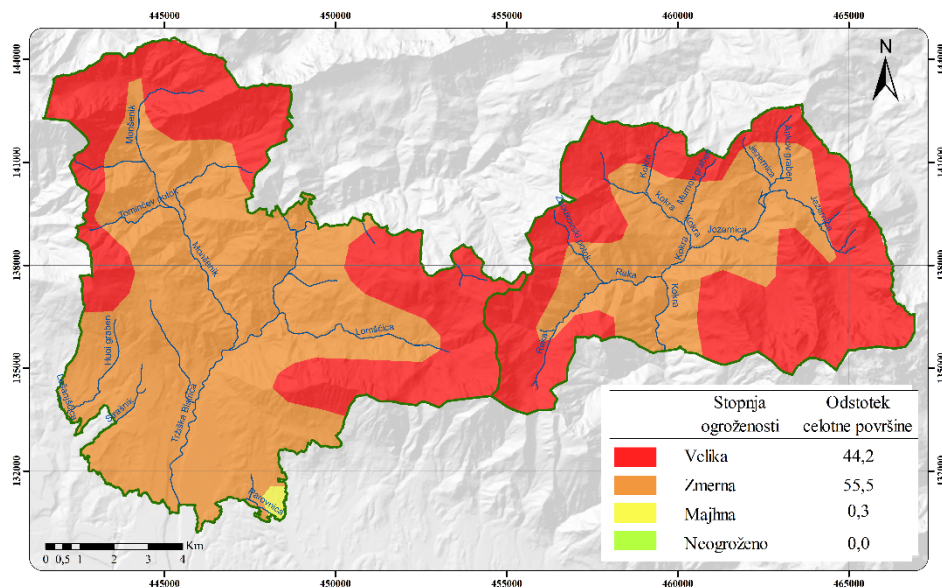
Trajanje snežne odeje neposredno vpliva na stopnjo lavinske ogroženosti, saj velja, da daljše obdobje s snežno odejo povečuje ogroženost. Raziskovalno območje smo glede na trajanje snežne odeje razvrstili v območje zmerno ogroženosti (95 % površine) in območje velike ogroženosti (5 % površine). Velika ogroženost je določena na najvišjih predelih Begunjsčice, Storžiča in na območju med Grintovcem in Kočnami (Slika 29).



Slika 29: Karta lavinske ogroženosti glede na trajanje snežne odeje
Figure 29: Avalanche susceptibility map based on the snow cover duration

4.2.1.5 Območja lavinske ogroženosti glede na maksimalno višino snežne odeje

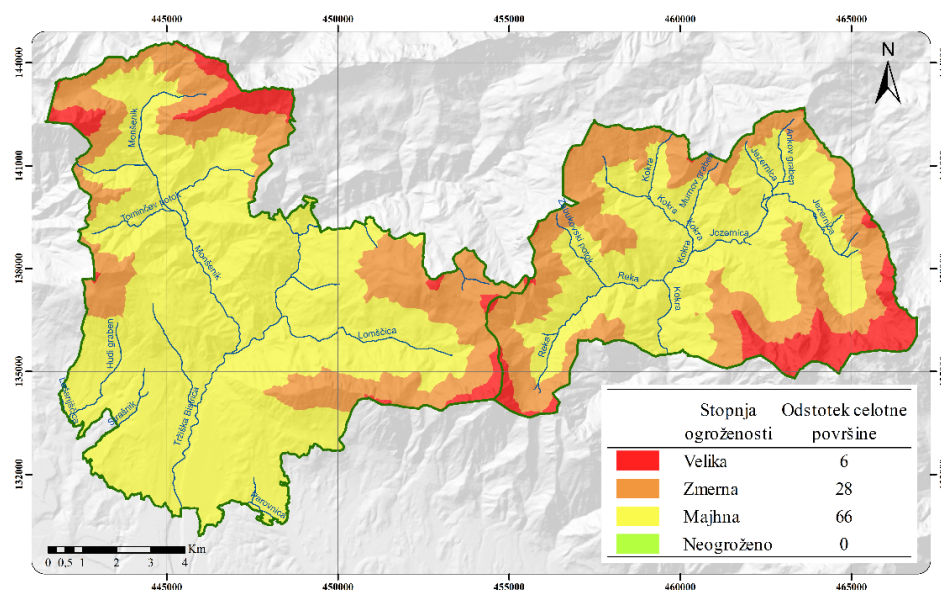
Na raziskovalnem območju neogroženih predelov in območij z majhno stopnjo lavinske ogroženosti ob upoštevanju maksimalne višine snežne odeje praktično ni. Na 55 % celotne površine je zmerna ogroženost, na 44 % površine pa velika ogroženost. Veliko stopnjo lavinske ogroženosti imajo predvsem najvišji predeli v obeh enotah, kjer pade največ snega (Slika 30).



Slika 30: Karta lavinske ogroženosti glede na maksimalno višino snežne odeje
Figure 30: Avalanche susceptibility map based on the maximal height of snow cover

4.2.1.6 Območja lavinske ogroženosti glede na nadmorsko višino

V primerjavi z gorstvi v Evropi in tudi z Julijskimi Alpami so Karavanke in Kamniško-Savinjske Alpe nekoliko nižje. To je tudi vzrok, da je le 6 % površine lavinsko ogrožene glede na upoštevanje nadmorske višine. To so območje Begunjščice, Velikega Vrha, Storžiča, Konjščice, Velikega Javornika, Malega Grintovca, območje od Kočen, preko Grintovca, do Velike in Male Babe ter Goli Vrh. Zmerno ogroženost zaradi nadmorske višine smo ugotovili na 28 % celotne površine, na preostalih 66 % površin pa je ogroženost majhna (Slika 31).

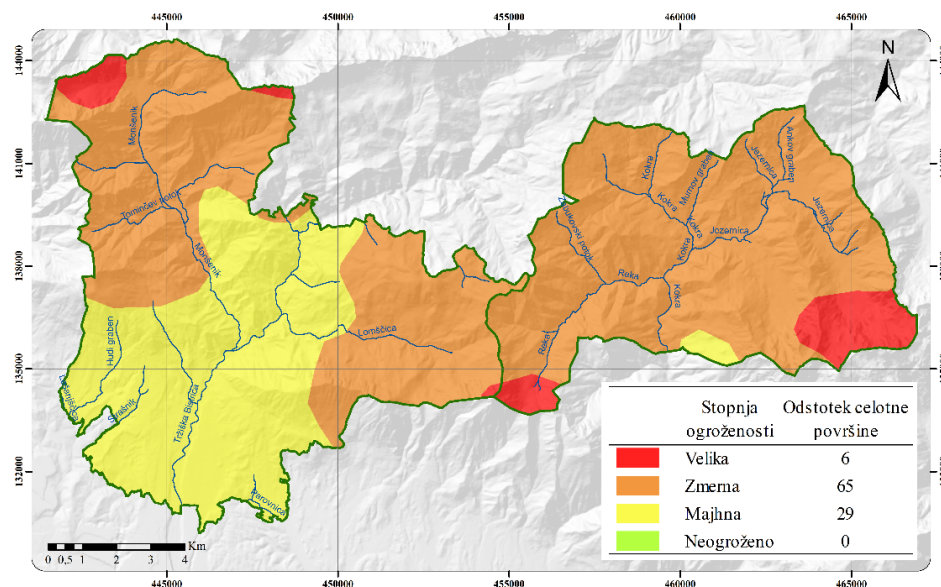


Slika 31: Karta lavinske ogroženosti glede na nadmorsko višino

Figure 31: Avalanche susceptibility map based on the altitude

4.2.1.7 Območja lavinske ogroženosti glede na podnebje

Glede na podnebje imajo le štiri območja, ki skupaj obsegajo 6 % vseh površin, veliko stopnjo lavinske ogroženosti. To so predeli, ki pripadajo območju višjega gorskega sveta (Ljubeljščica, Veliki Vrh, Storžič in območje med Kočnami preko Grintovca do Bab). Večini (65 %) raziskovalnega območja pripisujemo zmerno lavinsko ogroženost. Neogroženih območij ni (Slika 32).



Slika 32: Karta lavinske ogroženosti glede na podnebne tipe

Figure 32: Avalanche susceptibility map based on climatic types

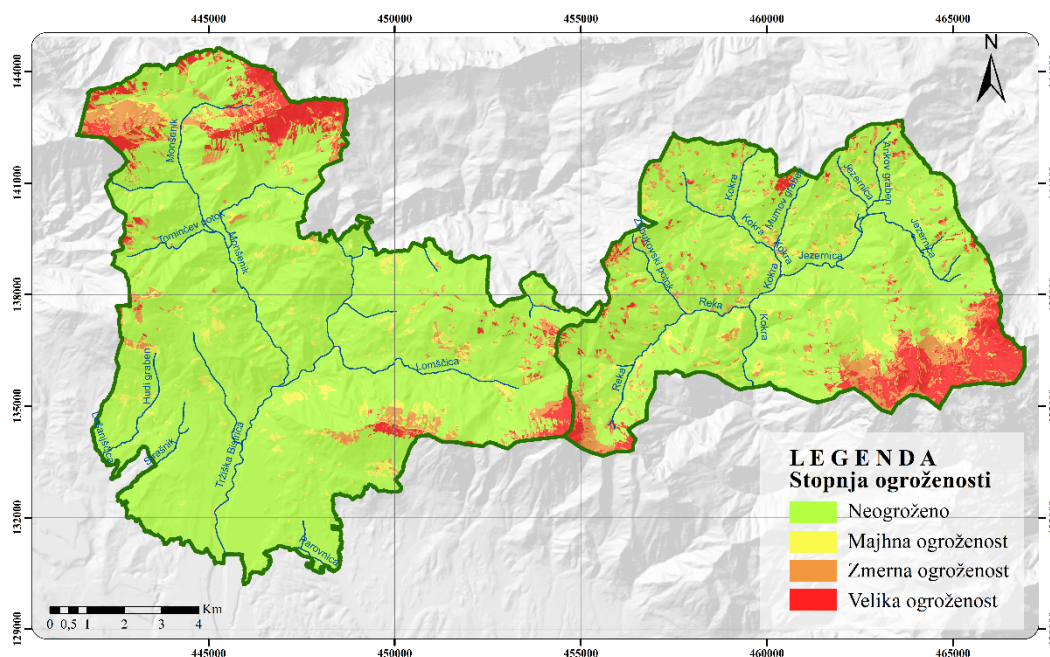
4.2.2 Simulacija lavinske ogroženosti

4.2.2.1 Osnovna simulacija lavinske ogroženosti

V osnovni simulaciji lavinske ogroženosti smo z enakovrednim upoštevanjem vseh dejavnikov določili območja lavinske ogroženosti, ki smo jih nadalje razdelili na tri stopnje ogroženosti.

Ob upoštevanju sedanje gozdnosti meri območje lavinske ogroženosti 19 % celotne površine (Preglednica 27). Predeli z majhno stopnjo lavinske ogroženosti so razpršeni; to so večinoma predeli, ki jih poraščajo mladovja in vznožna, že nekoliko položnejša, kmetijska območja. Zmerna stopnja ogroženosti je na predelih, poraščenih z ruševjem na zgornji gozdni meji in predelih pod območji z veliko lavinsko ogroženostjo. Velika stopnja ogroženosti je na neporaščenih predelih, območjih na visokih nadmorskih višinah in z veliko količino snega ter nižjih predelih na strmih gladkih senožetih.

Večja območja z zmerno stopnjo lavinske ogroženosti so (Slika 33): severna pobočja Begunjščice, del Košute in Kukovnice, nižja območja Kriške gore, severna do zahodna pobočja Storžiča, nižji ter severni predeli med Kočnami in Babami. Območja z veliko stopnjo ogroženosti so najvišji predeli Karavank (Begunjščica, Baba, Veliki vrh) in Kamniško-Savinjskih Alp (Storžič, Virnikov Grintovec, Kočne, Grintovec, Babe) ter nižji predeli na strmih gladkih senožetih (Kriška gora, Kukovnica).



Slika 33: Karta lavinske ogroženosti na podlagi osnovne simulacije z upoštevanjem učinka rasti
Figure 33: Avalanche susceptibility map based on basic simulation considering the effect of vegetation cover

Preglednica 27: Lavinska ogroženost raziskovalnega območja glede na osnovno simulacijo z upoštevanjem učinka rastja

Table 27: Avalanche hazard of study area according to basic simulation and considering the effect of vegetation cover

| Stopnja ogroženosti | Osnovna simulacija | |
|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| | Površina (ha) | Raziskovalno območje (%) |
| 3 – velika | 1134,3 | 6,4 |
| 2 – zmerna | 1187,5 | 6,7 |
| 1 – majhna | 1045,7 | 5,9 |
| 0 – neogroženo | 14.356,3 | 81,0 |

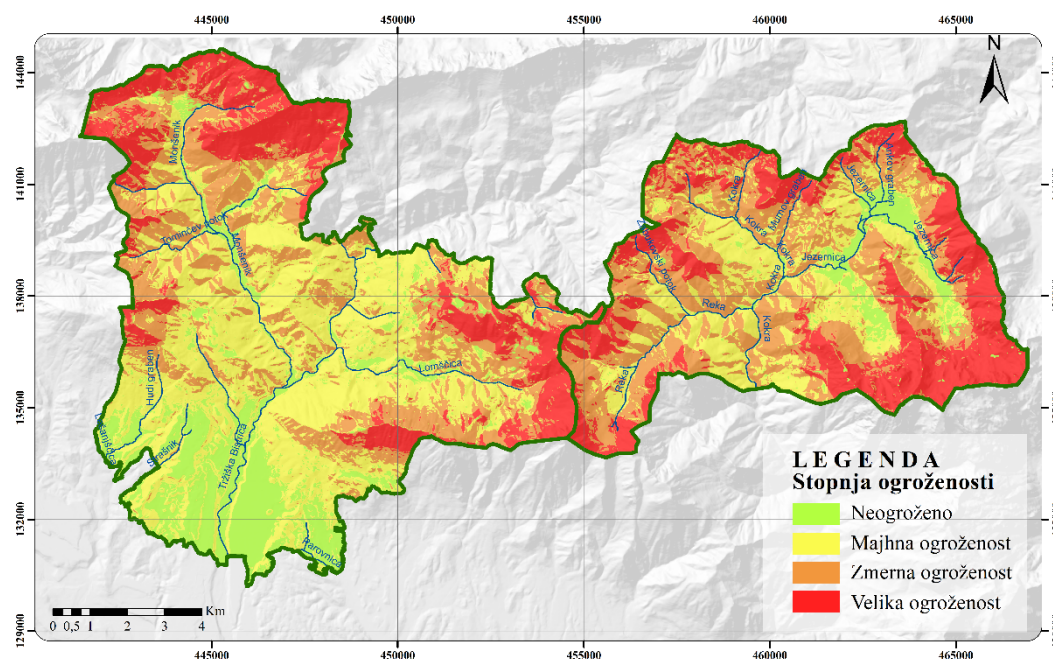
Da bi ocenili pomen gozda za zaščito pred snežnimi plazovi, smo za študijsko območje simulirali lavinsko ogroženost tako, da nismo upoštevali rastja, kar pomeni, da je območje hipotetično brez prisotnosti gozda. V tem primeru je ogrožene kar 87,3 % celotne površine. Ta rezultat nazorno kaže na velik vpliv vegetacije, predvsem gozda, na zmanjševanje nevarnosti proženja snežnih plazov.

Preglednica 28: Lavinska ogroženost raziskovalnega območja glede na osnovno simulacijo brez upoštevanja učinka rastja

Table 28: Avalanche hazard of the study area according to basic simulation without considering the effect of vegetation cover

| Stopnja ogroženosti | Osnovna simulacija | |
|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| | Površina (ha) | Raziskovalno območje (%) |
| 3 - velika | 4023,3 | 22,7 |
| 2 - zmerna | 5441,2 | 30,7 |
| 1 - majhna | 6008,4 | 33,9 |
| 0 - neogroženo | 2250,9 | 12,7 |

Glavni predeli po različnih stopnjah lavinske ogroženosti so ostali enaki, le da so se znatno povečali. Neogroženi so ostali le pretežno ravninski predeli v dolinah. Nazorno je prikazana tudi razlika med predeli s severno ekspozicijo, ki so manj ogroženi, in južnimi, bolj ogroženimi predeli (Slika 34).



Slika 34: Karta lavinske ogroženosti na podlagi osnovne simulacije brez upoštevanja učinka rastja
Figure 34: Avalanche susceptibility map based on basic simulation without considering the effect of vegetation cover

4.2.2.2 Tehtana simulacija lavinske ogroženosti

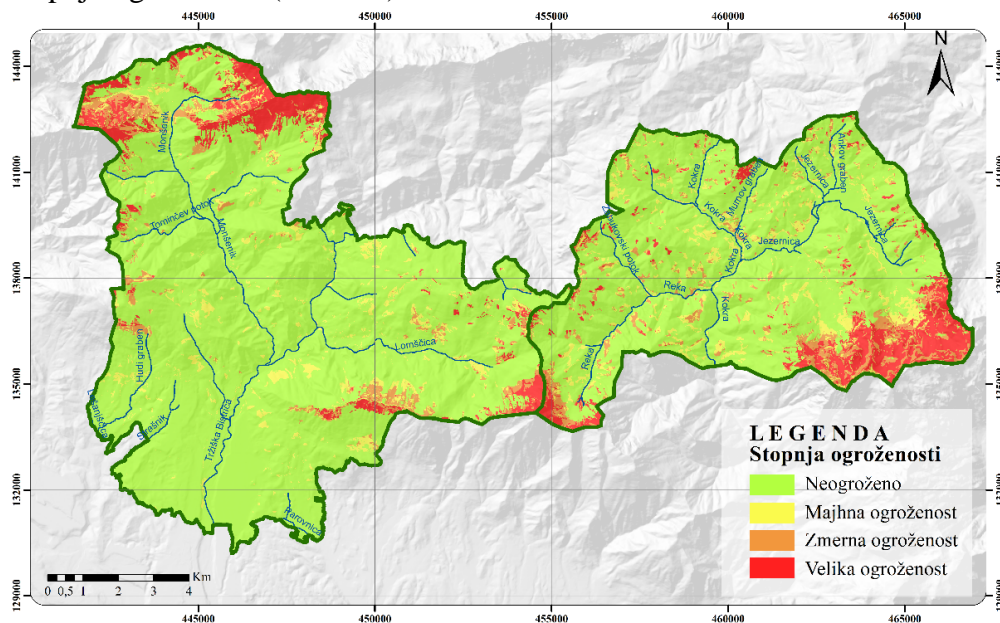
V tehtani simulaciji smo med vsemi upoštevanimi dejavniki dali večji pomen naklonu kot odločujočemu dejavniku. Predele, ki glede na naklon spadajo v tretji razred lavinske ogroženosti, smo pomnožili s 3, srednji razred z 2, najnižja stopnja pa je ostala enaka. S tehtano simulacijo je površina lavinsko neogroženega območja enaka (81,0 % celotne površine) kot pri osnovni simulaciji, saj je ta površina določena s površino gozda, ki je pri obeh simulacijah enaka. Poudarjen pomen naklona površja se odraža v spremembi ogroženih območij po stopnjah ogroženosti; tako se povečata območji z veliko in majhno ogroženostjo, nekoliko pa se zmanjša površina območij z zmerno stopnjo ogroženosti (Preglednica 29).

Preglednica 29: Lavinska ogroženost raziskovalnega območja glede na tehtano simulacijo z upoštevanjem učinka rastja

Table 29: Avalanche hazard risk in the study area according to the weighted simulation and considering the effect of vegetation cover

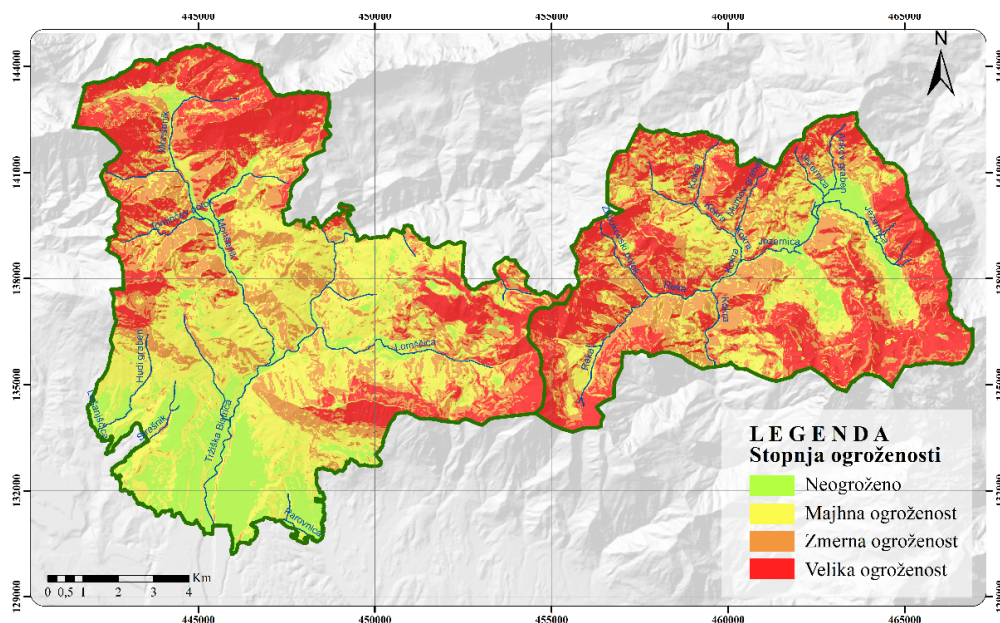
| Stopnja ogroženosti | Tehtana simulacija | |
|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| | Površina (ha) | Raziskovalno območje (%) |
| 3 - velika | 1240,7 | 7,0 |
| 2 - zmerna | 1028,0 | 5,8 |
| 1 - majhna | 1098,9 | 6,2 |
| 0 - neogroženo | 14.356,3 | 81,0 |

Večji pomen naklona površja je očiten na severnih legah, ki so imele v osnovni simulaciji zmerno stopnjo ogroženosti (Slika 34), medtem ko imajo ob poudarjenem pomenu naklona veliko stopnjo ogroženosti (Slika 36).



Slika 35: Karta lavinske ogroženosti na podlagi tehtane simulacije z upoštevanjem učinka rastja
Figure 35: Avalanche susceptibility map based on the weighted simulation and considering the effect of vegetation cover

Tudi pri tehtani simulaciji smo izdelali različico, ki ne upošteva rastja. V tem primeru se poveča površina območja z veliko stopnjo ogroženosti na račun zmanjšanja površine območij z zmerno in majhno stopnjo ogroženosti (Slika 36, Preglednica 30).



Slika 36: Karta lavinske ogroženosti na podlagi tehtane simulacije brez upoštevanja učinka rastja
Figure 36: Avalanche susceptibility map based on weighted simulation without consideration of the effect of vegetation cover

Preglednica 30: Lavinska ogroženost raziskovalnega območja glede na tehtano simulacijo brez upoštevanja učinka rastja

Table 30: Avalanche hazard of research area according to weighted simulation and without considering the effect of vegetation cover

| Stopnja ogroženosti | Tehtana simulacija | |
|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| | Površina (ha) | Raziskovalno območje (%) |
| 3 - velika | 4980,4 | 28,1 |
| 2 - zmerna | 5015,8 | 28,3 |
| 1 - majhna | 5476,7 | 30,9 |
| 0 - neogroženo | 2250,9 | 12,7 |

4.2.2.3 Primerjave rezultatov osnovne in tehtane simulacije lavinske ogroženosti s katastrom plazov

Rezultate osnovne in tehtane simulacije lavinske ogroženosti po stopnjah ogroženosti smo zaradi ocene kakovosti simulacij primerjali s katastrom plazov. V primerjavah smo ločili rezultate simulacije, v kateri smo kot enega izmed dejavnikov upoštevali gozd, in rezultate, kjer v simulaciji gozda nismo upoštevali. S primerjavo rezultatov osnovne in tehtane simulacije s katastrom snežnih plazov smo ob upoštevanju rastja kot dejavnika določili 80,2 % površin katastra snežnih plazov kot lavinsko ogrožene. Če v simulaciji gozda ne upoštevamo, je lavinsko ogroženih 98,6 % površin katastra snežnih plazov. Razlike med rezultati osnovne in tehtane simulacije se zaradi poudarjenega pomena naklona površja odražajo v spremembi ogroženih območij po stopnjah ogroženosti. Večino območij katastra snežnih plazov, ki so po simulacijah označena kot neogrožena, predstavljajo linijski plazovi, plazovi znotraj gozda, ali pa gre za območja izteka plazov.

Preglednica 31: Odstotek prekrivanja površin katastra snežnih plazov s površinami iz osnovne in tehtane simulacije po stopnjah ogroženosti

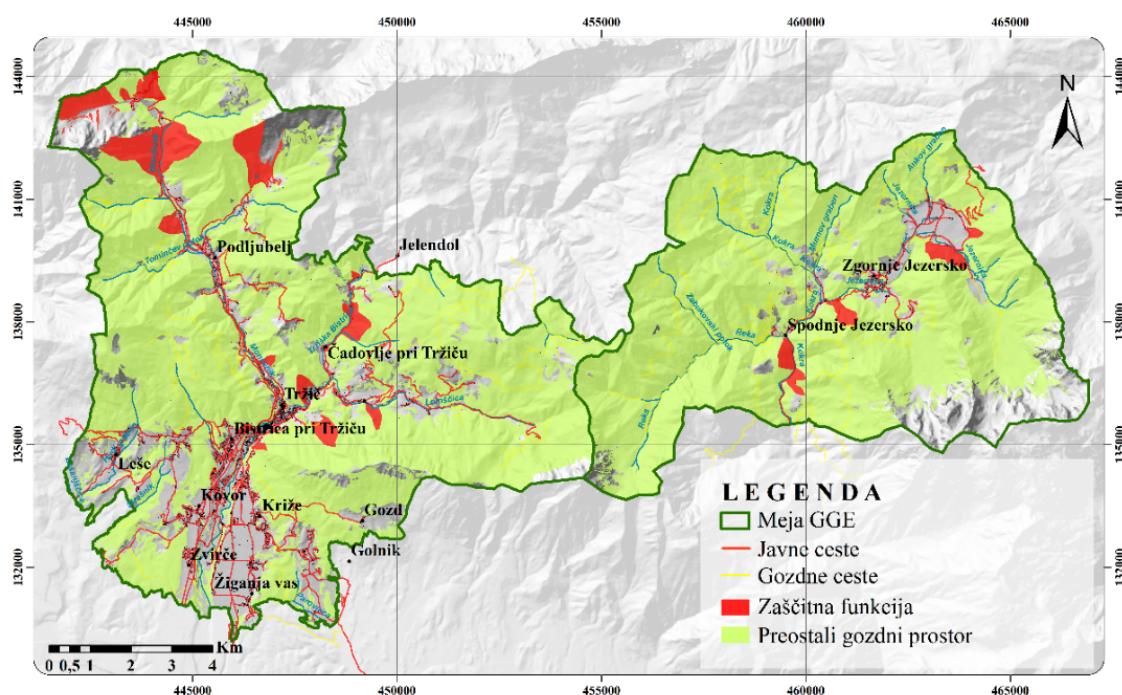
Table 31: Degree of overlapping of areas according to avalanche cadastre with areas from different avalanche hazard simulations by degree of hazard

| Stopnja ogroženosti | Osnovna simulacija | | Tehtana simulacija | |
|---------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|
| | Upoštevanje gozda kot dejavnika (%) | Brez gozda kot dejavnika (%) | Upoštevanje gozda kot dejavnika (%) | Brez gozda kot dejavnika (%) |
| 3 – velika | 40,7 | 66,6 | 44,9 | 66,6 |
| 2 – zmerna | 30 | 26,1 | 25,1 | 23,8 |
| 1 – majhna | 9,5 | 5,9 | 10,2 | 8,7 |
| 0 – neogroženo | 19,8 | 1,4 | 19,8 | 1,4 |

4.3 GOZDNA OBMOČJA S POUДАРJENO ZAŠČITNO FUNKCIJO

4.3.1 Določitev območij s poudarjeno zaščitno funkcijo

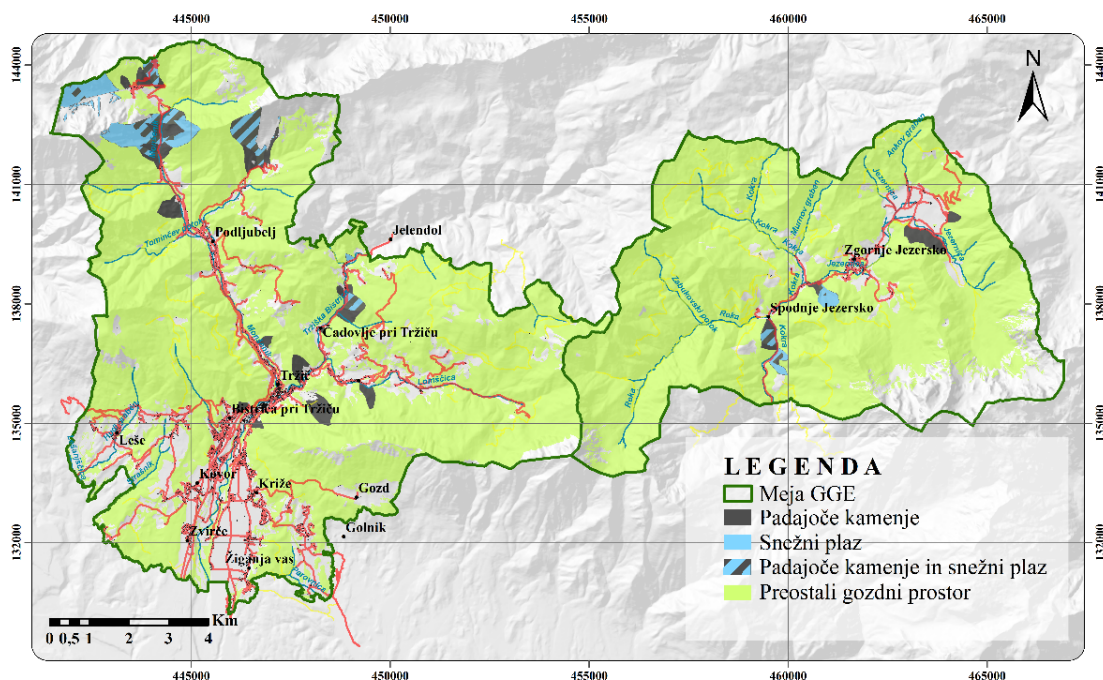
Sloj območij s poudarjeno zaščitno funkcijo gozda (Slika 37) obsega gozdne predele, kjer padajoče kamenje ogroža infrastrukturo, in predele, kjer gozd preprečuje proženje snežnih plazov ali omejuje širjenje in doseg plazov. Če bi bili na voljo podatki, potem bi v ta območja vključili še predele gozdov, ki preprečujejo oziroma omejujejo hudourniško erozijo in drobirske tokove.



Slika 37: Gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo

Figure 37: Forests with direct protection function

Sloj območij s poudarjeno zaščitno funkcijo smo razdelili glede na naravno nevarnost. Tako smo razlikovali gozdove s poudarjeno zaščitno funkcijo pred 1) snežnimi plazovi, 2) padajočim kamenjem ali 3) obema naravnima nevarnostnima hkrati.



Slika 38: Gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo glede na vrsto naravne nevarnosti
Figure 38: Forests with direct protection function by type of natural hazard

V celotnem študijskem območju smo poudarjeno zaščitno funkcijo določili na površini 625,11 ha. Znatno večje površine s poudarjeno zaščitno funkcijo smo določili v GGE Trzič (Preglednica 32); razlog je v relativno večji poseljenosti te enote. Na 27,2 % površine območij s poudarjeno zaščitno funkcijo so vzrok njihove določitve snežni plazovi, na 43,6 % padajoče kamenje, na 29,2 % površine pa sta bili vzrok za njihovo določitev obe naravni nevarnosti (Preglednica 32).

Preglednica 32: Območja gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo glede na naravno nevarnost
Table 32: Forest areas with direct protection function by type of natural hazard

| GGE | Snežni plazovi (ha) | Padajoče kamenje (ha) | Padajoče kamenje in snežni plazovi (ha) | Skupaj (ha) |
|----------|------------------------|--------------------------|---|----------------|
| Trzič | 143,26 | 216,26 | 158,67 | 518,19 |
| Jezersko | 26,62 | 56,21 | 24,09 | 106,92 |
| Skupaj | 169,88 | 272,47 | 182,76 | 625,11 |

4.3.2 Stopnje naravne nevarnosti

Na gozdnih območjih s poudarjeno zaščitno funkcijo smo razlikovali stopnje nevarnosti (Preglednica 33). V skupni površini območij s poudarjeno zaščitno funkcijo prevladujejo površine z veliko stopnjo nevarnosti (64,6 %); to je še posebej izrazito v gozdovih, ki varujejo pred padajočim kamenjem (73,7 %). Sledijo območja s srednjo stopnjo nevarnosti

(22,7 %), najmanj pa je površin z majhno stopnjo nevarnosti (12,8 %). Slednjih površin je nekoliko več na območjih, ki so pomembna za zaščito pred snežnimi plazovi.

Preglednica 33: Struktura površin s poudarjeno zaščitno funkcijo po stopnjah naravne nevarnosti

Table 33: Structure of areas with direct protection function according to the degree of natural hazard

| | Naravna nevarnost | | |
|-------------------------------|----------------------|--------------------|------------|
| | Padajoče kamenje (%) | Snežni plazovi (%) | Skupaj (%) |
| 1. Majhna stopnja nevarnosti | 7,5 | 22,0 | 12,8 |
| 2. Srednja stopnja nevarnosti | 18,8 | 29,5 | 22,7 |
| 3. Velika stopnja nevarnosti | 73,7 | 48,5 | 64,6 |

4.3.3 Presoja ustreznosti strukture gozdnih sestojev za zaščito pred padajočim kamenjem

Stanje sestojev je za zagotavljanje zaščitne funkcije pred padajočim kamenjem neugodno, saj sestoji z ustrežno strukturo zavzemajo le 4,1 % površine območja s poudarjeno zaščitno funkcijo pred padajočim kamenjem. Za največji del sestojev, ki ležijo na območjih s poudarjeno zaščitno funkcijo, smo ugotovili, da je stanje dveh sestojnih kazalnikov neustrezno (41,4 % površine), na 23,2 % površine sestojev je neustrezen en kazalnik, na 17,8 % površine sestojev so bili neustrezni trije kazalniki, na 13,4 % površine pa štirje od petih kazalnikov.

Preglednica 34: Ustreznost strukture gozdnih sestojev za zaščito pred padajočim kamenjem

Table 34: Suitability of forest stand structure for protection against rockfall

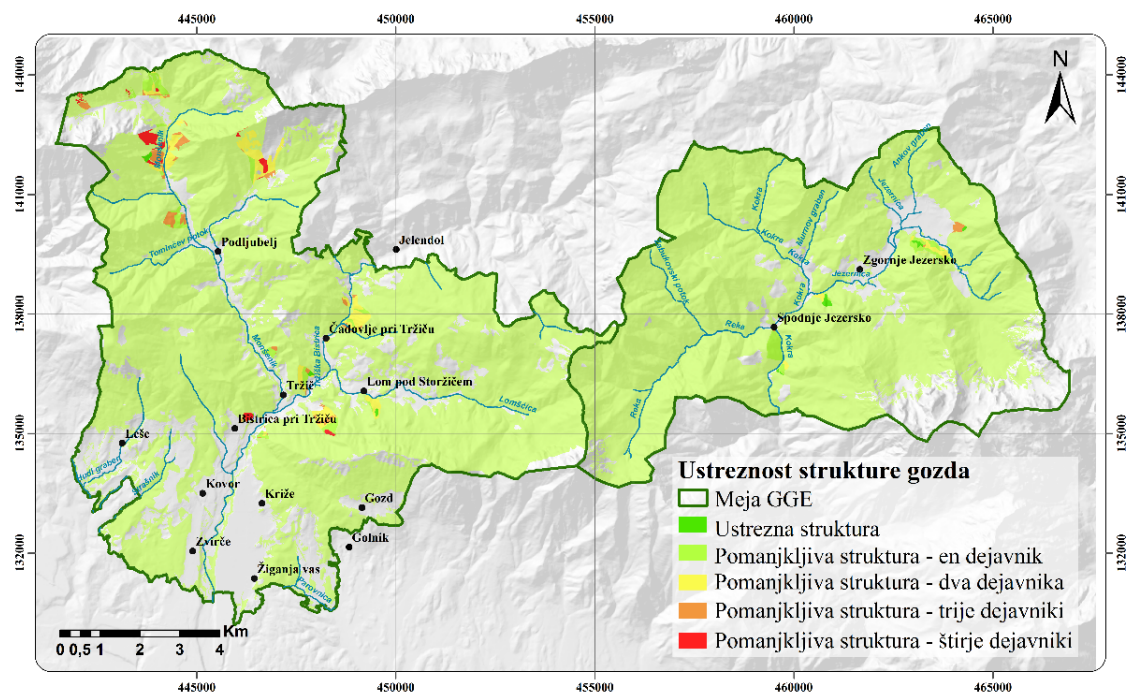
| Ustreznost strukture | Delež (%) |
|---------------------------------|-----------|
| Ustrezna | 4,1 |
| Pomanjkljiva- en kazalnik | 23,2 |
| Pomanjkljiva - dva kazalnika | 41,4 |
| Pomanjkljiva - trije kazalniki | 17,8 |
| Pomanjkljiva - štirje kazalniki | 13,4 |

Na kar 61,2 % gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo pred padajočim kamenjem je neustrezna gostota sestoja (kazalnik SDI), na 59,0 % površine pa je pomanjkljiva prisotnost pomladka. Od uporabljenih kazalnikov kaže število dreves relativno ugodno stanje, saj je ta sestojni kazalnik ustrezen v veliki večini gozdov.

Preglednica 35: Delež površine gozdov v raziskovalnem območju glede na ustreznost za zaščito pred padajočim kamenjem

Table 35: Suitability of forest stand structure for protection against rockfall by factors

| | Delež pomladka (%) | Delež iglavcev (%) | Temeljnica drevja DBH>15 cm (m ² /ha) | SDI | Število dreves |
|--------------|--------------------|--------------------|--|------|----------------|
| Ustrezno | 41,0 | 64,5 | 51,6 | 38,8 | 90,8 |
| Pomanjkljivo | 59,0 | 35,5 | 48,4 | 61,2 | 9,2 |



Slika 39: Ustreznost strukture gozda za zaščito pred padajočim kamenjem

Figure 39: Suitability of forest structure for protection against rockfall

Takšna analiza sestojev nakazuje predele, ki bi jih bilo potrebno podrobno analizirati in v njih tudi prednostno izvajati ukrepe. Izdelana matrika po sestojih nam omogoča vpogled v sestojno problematiko glede na želeno stanje gozdnih sestojev in s tem nudi možnost za določanje prioritet in prednostnih ukrepov za izboljšanje zaščitnih funkcij gozda.

4.4 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV S POUДАРJENO VAROVALNO FUNKCIJO GOZDA

4.4.1 Določitev območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na posamezne kriterije

Najprej smo določili območja s poudarjeno varovalno funkcijo gozda glede na posamezne kriterije za določanje območij s poudarjeno varovalno funkcijo. Pri tem se nismo omejili na gozdno površino, ampak smo analizirali celotno površino študijskega objekta. Potem smo območja s poudarjeno varovalno funkcijo glede na posamezne kriterije združili in tako določili območja s poudarjeno varovalno funkcijo. Ko smo ta sloj presekali z gozdnim prostorom, smo določili območja s poudarjeno varovalno funkcijo gozdov.

4.4.1.1 Določitev območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na rastiščne enote

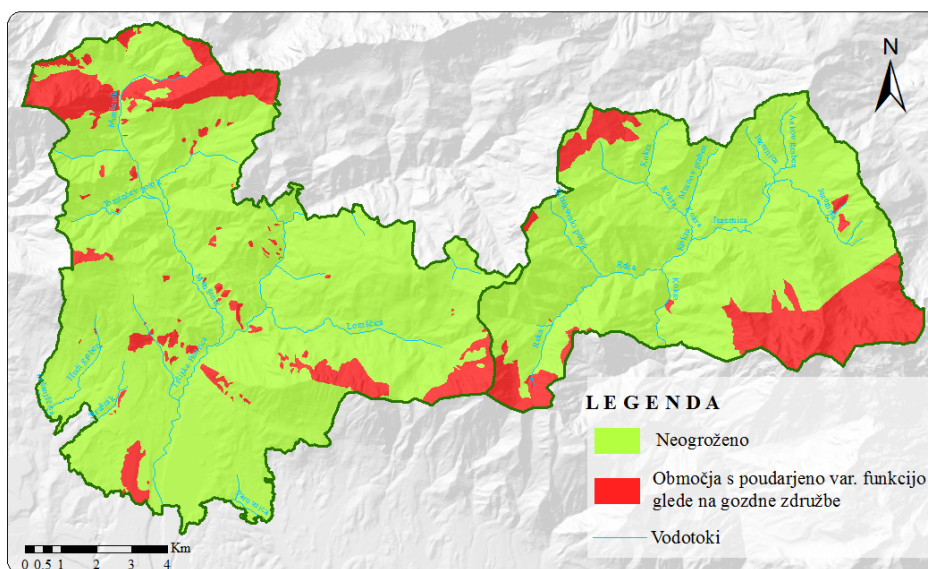
Na podlagi dejavnikov o razvrščanju gozdnih rastišč med območja s poudarjeno varovalno funkcijo smo oblikovali sloj predelov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na rastišče. Ti predeli zavzemajo 11,4 % celotnega gozdnega prostora.

Preglednica 36: Območja s poudarjeno varovalno funkcijo glede rastišče

Table 36: Areas with indirect protection function in relation to site

| | Površina (ha) | Površina gozdnega prostora (ha) | Odstotek površine raziskovalnega območja (%) | Odstotek površine gozdnega prostora (%) |
|------------------------------|------------------|---------------------------------------|--|---|
| Var. funk. glede na rastišče | 2576,9 | 1613,6 | 14,5 | 11,4 |

Večje površine gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na dejavnik rastiščnih enot so predvsem v višjih predelih, kjer se pojavlja združba *Rhodotamnio-Rhododendretum*; to so območje Begunjščice, območje med Babo in Velikim vrhom, Kukovnica, Storžič, območje med Kočnami in Babami (Slika 40).



Slika 40: Območja gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na gozdne združbe

Figure 40: Forest areas with indirect protection function in relation to forest site type

4.4.1.2 Določitev območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na naklon površja in kompaktnost podlage

Naklon površja je v procesu določanja območij s poudarjeno varovalno funkcijo gozda najpomembnejši dejavnik, in sicer zaradi velikega vpliva na vse pobočne procese ter relativno enostavnega in natančnega določanja.

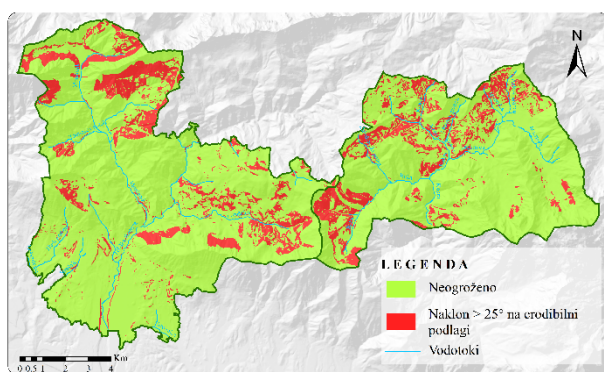
V celotni površini območij s poudarjeno varovalno funkcijo zavzemajo območja z naklonom nad 25° na erodibilni podlagi 36,0 %, območja z naklonom nad 35° na kompaktni podlagi pa 49,1 %. Glede na celotno površino območja raziskave merijo površine z naklonom nad

25° na erodibilni podlagi in površine z naklonom nad 35° na kompaktni podlagi skupaj 35,9 %, kar pomeni 39,2 % celotnega gozdnega prostora.

Preglednica 37: Območja gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na naklon površja in kompaktnost podlage

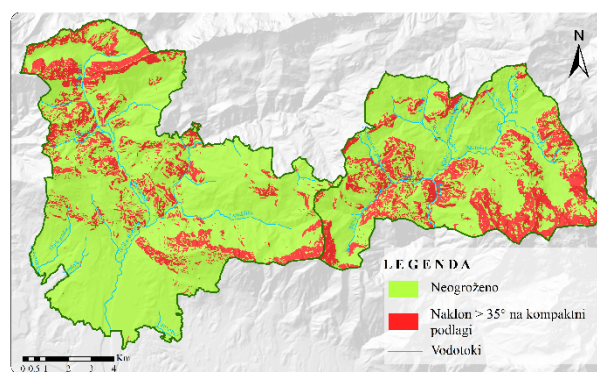
Table 37: Forest areas with indirect protection function in relation to inclination and erodibility of surface

| | Površina (ha) | Površina gozdnega prostora (ha) | Odstotek površine raziskovalnega območja (%) | Odstotek površine gozdnega prostora (%) |
|--|------------------|---------------------------------------|--|---|
| Naklon > 25° na erodibilni podlagi | 2695,1 | 2489,9 | 15,2 | 17,7 |
| Naklon > 35° na kompaktni podlagi | 3674,1 | 3043,8 | 20,7 | 21,6 |
| Var. funk. glede na naklon in kompaktnost podlage | 6369,2 | 5533,8 | 35,9 | 39,2 |



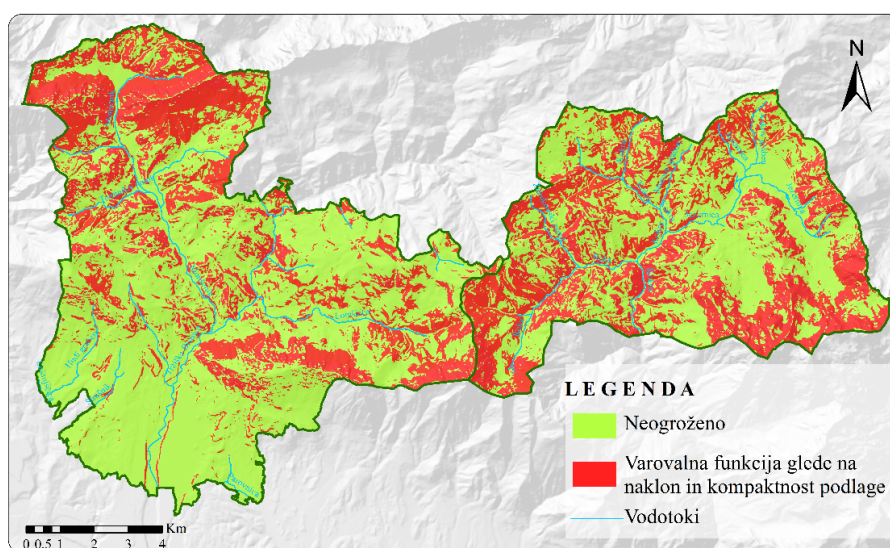
Slika 41: Območja z naklonom > 25° na erodibilni podlagi

Figure 41: Areas with inclination > 25° on erodible surface



Slika 42: Območja z naklonom > 35° na kompaktni podlagi

Figure 42: Areas with inclination > 35° on compact surface



Slika 43: Združena območja s poudarjeno varovalno funkcijo glede na naklon površja in kompaktnost podlage

Figure 43: Combined areas with indirect protection function in relation to inclination and erodibility of surface

4.4.1.3 Določitev območij s poudarjeno varovalno funkcijo glede na plitvost in skalovitost tal

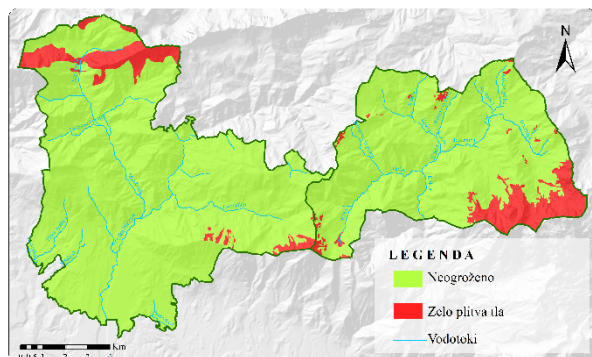
Na podlagi primerjave sloja gozdov s plitvimi tlemi (Slika 44) in sloja gozdov s skalovitostjo nad 70 % površine (Slika 45) smo ugotovili, da gre večinoma za iste površine, čeprav so viri podatkov različni. Območij s plitvimi tlemi je 8,6 % celotne površine raziskovalnega območja; izstopajo predeli Begunjščice in nadaljevanje proti Velikemu vrhu, Kofarjevec, območje Kukovnice, Storžič, Stegovnik, Virnikov Grintovec in veliko območje od Kočen preko Grintovca do Bab.

Preglednica 38: Območja gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na plitvost tal in skalovitost

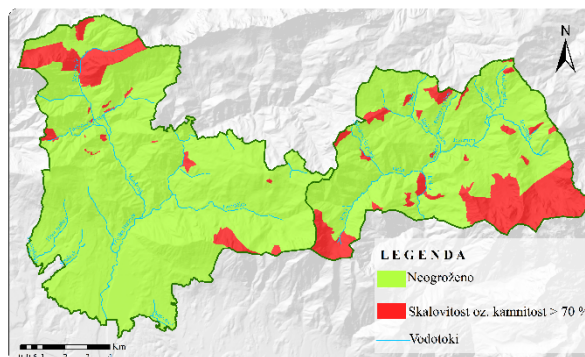
Table 38: Forest areas with indirect protection function in relation to depth of soil and rockiness

| | Površina (ha) | Površina gozdnega prostora (ha) | Odstotek površine raziskovalnega območja (%) | Odstotek površine gozdnega prostora (%) |
|-------------------------------------|------------------|---------------------------------------|--|---|
| Var. funk. glede na plitva tla | 1516,5 | 626,2 | 8,6 | 4,4 |
| Var. funk. glede na skalovitost tal | 2289,1 | 1509,1 | 12,9 | 10,7 |

Na karti kamnitosti in skalovitosti so dodatno izločena še območja: Ruš, Orlovec, Robniške peči, Tisovec, Macesnovec, Turni, Pod Visokim vrhom, Grdi graben, Rakeževe peči in Pristovski Storžič. Območja s kamnitostjo in skalovitostjo nad 70 % površine obsegajo 12,9 % površine raziskovalnega območja.



Slika 44: Območja z zelo plitvimi tlemi
Figure 44: Areas with very shallow soil



Slika 45: Območja s skalovitostjo oz. kamnitostjo nad 70 % površine
Figure 45: Areas with surface rockiness > 70 %

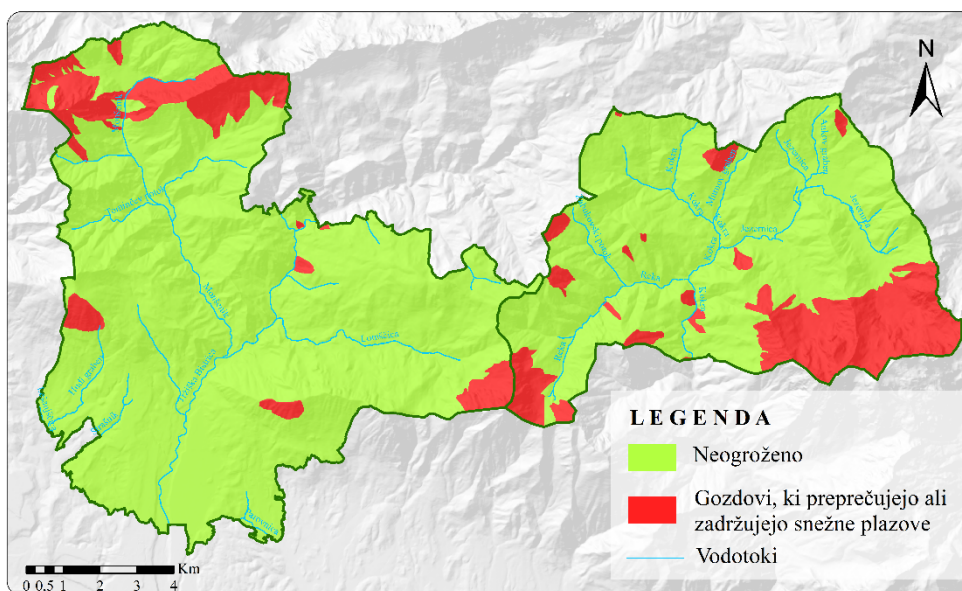
4.4.1.4 Določitev območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcije glede na zadrževanje snežnih plazov

Gozdovi na območju prisotnih snežnih plazov, ki preprečujejo predvsem širjenje in podaljševanje plaznic, so prikazani v širšem območju obstoječih plazov s katastra plazov. Površine območij plazov predstavljajo 14,5 % celotne površine raziskovalnega območja.

Preglednica 39: Območja gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na zadrževanje snežnih plazov

Table 39: Forest areas with indirect protection function against avalanche

| | Površina (ha) | Površina gozdnega prostora (ha) | Odstotek površine raziskovalnega območja (%) | Odstotek površine gozdnega prostora (%) |
|---|------------------|---------------------------------------|--|---|
| Var. funk. glede na zadrževanje snežnih plazov | 2566,3 | 1583,0 | 14,5 | 11,2 |



Slika 46: Območja gozdov, ki preprečujejo ali zadržujejo snežne plazove

Figure 46: Forest areas with indirect protection function against avalanche

4.4.1.5 Določitev območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo glede na območja 10-letnih voda

Površine kjer se pojavljajo 10-letne vode, so na raziskovalnem območju redke. Pojavljajo se le na štirih lokacijah (Tržič, Loka, Slap-Lepenka in Dolina), ki skupaj obsegajo 0,1 % celotne površine.

4.4.2 Določitev območja s poudarjeno varovalno funkcijo

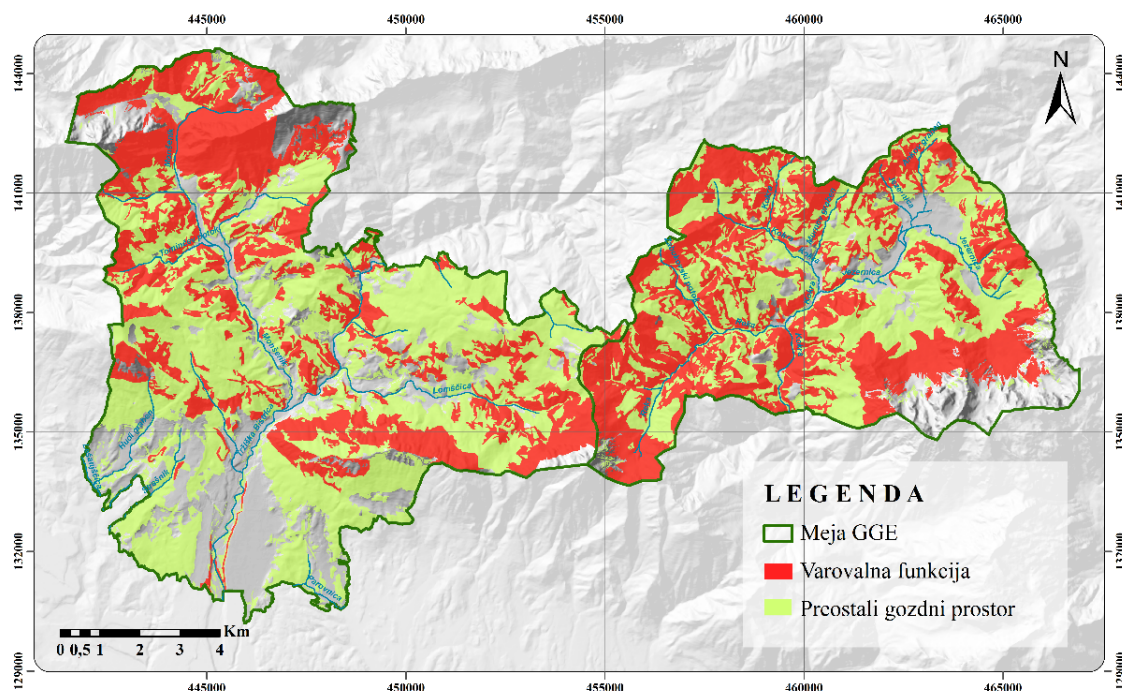
Končno oblikovan sloj površin gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo na podlagi šestih predstavljenih dejavnikov obsega 41,9 % celotne površine raziskovalnega območja, oziroma 44,1 % površine gozdnega prostora.

Največji delež izločene površine gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo je posledica dveh kriterijev – naklona površja in kompaktnosti podlage. Območja z naklonom nad 25° na erodibilni podlagi in območja z naklonom nad 35° na kompaktni podlagi skupaj obsegajo 88,9 % površine izločenih gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo. Vpliv ostalih kriterijev za določitev območij s poudarjeno varovalno funkcijo je zelo podoben; kriterij območje plazov je izpolnjen na 25,4 % površine vseh gozdov z varovalno funkcijo, rastišče na 25,9

% in območja s površinsko kamnitostjo in skalovitostjo na 24,3 % površine. Kriterij glede prisotnosti plitvih tal je izpolnjen na 10,1 % površine gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo, na najmanjši površini pa je izpolnjen kriterij glede območij visokih voda (0,05 %) (Preglednica 40).

Preglednica 40: Struktura površine gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo gozda glede na kriterij opredelitve
Table 40: Percentage of indirect protection function area defined by single criterion

| Kriterij | Odstotek celotne površine gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo (%) |
|------------------------------------|--|
| Rastišče | 25,9 |
| Naklon > 25° na erodibilni podlagi | 40,0 |
| Naklon > 35° na kompaktni podlagi | 48,9 |
| Naklon in kompaktnost podlage | 88,9 |
| Plitva tla | 10,1 |
| Skalovitost tal | 24,3 |
| Zadrževanje snežnih plazov | 25,4 |
| 10-letne vode | 0,1 |



Slika 47: Karta gozdov z varovalno funkcijo gozda
Figure 47: Map of forests with indirect protection function

Izločene površine po posameznih dejavnikih se med seboj prekrivajo. Od celotne površine gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo je 69,1 % površine opredeljene le z enim dejavnikom, 12,9 % z dvema, 8,6 % s tremi, 6,3 % s štirimi in 3,2 % površine gozdov s petimi dejavniki (Preglednica 41).

Preglednica 41: Razdelitev površin gozdov z varovalno funkcijo po številu dejavnikov, ki opredeljujejo izločitev

Table 41: Distribution of forest areas with indirect protection function based on number of factors that determine the delineation

| Število dejavnikov, ki opredeljujejo izločitev | Odstotek površine gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo (%) |
|--|--|
| En dejavnik | 69,1 |
| Dva dejavnika | 12,9 |
| Trije dejavniki | 8,6 |
| Štirje dejavniki | 6,3 |
| Pet dejavnikov | 3,2 |

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

V raziskavi smo predstavili posodobljen pristop določanja območij gozdov s poudarjeno zaščitno in varovalno funkcijo. Raziskava obsega območji GGE Tržič in GGE Jezersko, kjer so zaradi strmega in razgibanega terena relativno pogosti pojavi padajočega kamenja in snežnih plazov. Na podlagi tujih zgledov smo glede na razpoložljivost podatkov o dejavnikih, povezanih z varovalno in zaščitno funkcijo, razvili postopek določanja območij gozdov s poudarjeno zaščitno in varovalno funkcijo na ravni GGE. Postopek je mogoče preveriti in uporabiti na ravni Slovenije.

Preverili smo tri hipoteze: H1) Uporaba digitalnega modela višin (DMV) omogoča večjo objektivnost in ponovljivost določitve območij gozdov s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo; H2) s podrobno karto erozijske ogroženosti in drugimi strokovnimi podlagami lahko izboljšamo vrednotenje gozdnega prostora ter objektivneje opredelimo območja s poudarjeno zaščitno funkcijo; H3) z upoštevanjem strokovnih podlag lahko območja s poudarjeno zaščitno funkcijo coniramo glede na vrsto naravne nevarnosti.

Pri določanju območij s poudarjeno zaščitno funkcijo smo se omejili na gozdove, ki ščitijo pred padajočim kamenjem in snežnimi plazovi, pri določanju območij s poudarjeno varovalno funkcijo pa smo sledili kriterijem, ki so opredeljeni v Pravilniku (2010) in Priročniku (Priročnik za ..., 2008). Povzeli in dopolnili smo metode za določanje območij ogroženosti pred padajočim kamenjem in snežnimi plazovi, ki so jih razvili v tujini in delno tudi pri nas. Celoten postopek določanja območij s poudarjeno zaščitno in poudarjeno varovalno funkcijo je zasnovan na preverljivih metodah in v veliki meri temelji na uporabi DMV.

Potrdili smo prvi del hipoteze H1, da je objektivnost določanja območij s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo bistveno večja kot v primeru določanja območij po dosedanjem načinu ZGS, ki temelji na podlagi kriterijev Priročnika (2008), izkušnjah in znanju načrtovalca. S predlaganim pristopom lahko za vsak predel, ki je uvrščen v območje s poudarjeno varovalno ali zaščitno funkcijo, ugotovimo, na podlagi katerega dejavnika je bila gozdna površina uvrščena v to območje. Kakovost izdelka je v veliki meri odvisna od kakovosti podlag, ki jih uporabljamo pri določanju območij s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo. Opisani postopek je primeren za okvirno načrtovanje, torej na krajinski in regionalni ravni, omogoča ponovljivost in preverljivost; popolna potrditev hipoteze H1 bi bila mogoča v primeru, ko bi enako raziskavo za isto območje ponovil drug raziskovalec. Menimo, da bi lahko z opisanimi postopki in podatki, ki smo jih uporabili v naši študiji, določili območja ogroženosti pred padajočim kamenjem in območja nevarnosti proženja snežnih plazov tudi v drugih GGE v Sloveniji.

Naša raziskava kaže, da brez podrobnih strokovnih podlag, kot so npr. območja ogroženosti pred padajočim kamenjem ali območja snežnih plazov, ne moremo objektivno določiti območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo. Brez podlag je določitev območij v veliki meri prepuščena načrtovalcem, njihovemu poznavanju lokalnih razmer in znanju. Z uporabo podatkovnih zbirk o (gozdnem) prostoru, ki so jih razvile druge stroke in ob sodelovanju s strokovnjaki s področja naravnih nevarnosti, so območja s poudarjeno varovalno in zaščitno

funkcijo bolj opredeljena. Enake izkušnje so poznane tudi iz tujine (Frehner in sod., 2007b). Na primeru snežnih plazov in padajočega kamenja smo tako dokazali, da lahko z uporabo kart ogroženosti pred padajočim kamenjem in snežnimi plazovi vsebinsko dopolnimo sedanja območja s poudarjeno zaščitno funkcijo, in sicer tako, da sta za posamezno izločeno območje znani vrsta naravne nevarnosti in tudi stopnja nevarnosti.

Poznavanje vrste in stopnje naravne nevarnosti ter presoja ustreznosti strukture gozdnih sestojev sta ključni izhodišči za določanje prioritet pri gospodarjenju z gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo. Hipotezo H2 lahko potrdimo: s podrobno karto erozijske ogroženosti in drugimi strokovnimi podlagami lahko izboljšamo vrednotenje gozdnega prostora ter objektivneje opredelimo območja s poudarjeno zaščitno funkcijo. Z upoštevanjem strokovnih podlag lahko območja s poudarjeno zaščitno funkcijo coniramo glede na vrsto naravne nevarnosti, saj smo na primeru našega objekta raziskave ločeno prikazali območja nevarnosti zaradi padajočega kamenja in nevarnosti zaradi snežnih plazov. S tem lahko potrdimo tudi hipotezo H3.

Menimo, da je treba območja s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo, določena s postopkom, ki smo ga razvili in uporabili v GGE Jezersko in GGE Tržič, preveriti z lokalnimi gozdarji in terenskim ogledom ter nato izdelati končno različico izločenih območij gozdov.

5.1 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV S POUДАРJENO ZAŠČITNO FUNKCIJO GOZDA

Upravljanje s predeli, kjer se pojavljajo naravne nevarnosti, ki ogrožajo infrastrukturo ali človeška življenja, zahteva velika finančna sredstva, izvajanje ukrepov pa je običajno zelo nevarno (Wehrli in sod., 2007). V drugih alpskih državah je stopnja organizacije in načrtovanja v teh predelih zelo visoka (npr. Frehner in sod., 2007a). Optimalna zasnova načrtovanja temelji na dveh ravneh. Z okvirnim načrtovanjem na regionalni (krajinski) ravni določajo območja s poudarjeno varovalno funkcijo in predele, kjer je potrebno ukrepanje. Z operativnim načrtovanjem na sestojni prostorski ravni pa znotraj predelov, ki so bili določeni kot prednostni za ukrepanje, z računalniškimi simulacijami glede na terenske razmere in s terenskim pregledom določijo nevarne predele in območja, v katerih bodo izvajali ukrepe. Za takšna območja pripravijo izvedbene projekte. Celoten postopek določanja območij s poudarjeno zaščitno funkcijo in kasnejše ukrepanje temelji na oblikovanih smernicah za kartiranje in ukrepanje v varovalnih gozdovih (Gauquelin in Courbaud, 2006; Initiative ..., 2006; Frehner in sod., 2007a; Frehner in sod., 2007b; Bauerhansl in sod., 2010), ki pa jih z izkušnjami, raziskavami in novim znanjem nadgrajujejo in dopolnjujejo. Slovenija je poleg Bavarske edina alpska dežela, ki nima oblikovanih tovrstnih smernic.

Koncept določanja območij s poudarjenimi funkcijami v Sloveniji poteka na podlagi Pravilnika (2010) in podrobneje kriterijev določenih v Priročniku za izdelavo gozdnogospodarskih načrtov (Priročnik za ..., 2008). Pri pregledu kriterijev, opredeljenih v Priročniku (Priročnik za ..., 2008), smo ugotovili, da je večina kriterijev opisnih, kar lahko vodi v subjektivno določanje območij s poudarjeno zaščitno funkcijo. Velika pomanjkljivost

je, da za celotno gozdno površino Slovenije nimamo podatkovnih slojev ogroženosti pred različnimi naravnimi nevarnostmi, kot so padajoče kamenje, snežni plazovi, hudourniki. Takšni sloji so oblikovani le za manjša območja. V raziskavi smo oblikovali območja ogroženosti pred padajočim kamenjem in snežnimi plazovi na podlagi domače (Pavšek 2002b) in tuje (Bauerhansl in sod., 2010) literature. Na podlagi teh slojev smo vsebinsko strukturirali gozdne površine po vrsti in stopnji naravne nevarnosti.

5.1.1 Območja gozdov, ki ščitijo pred padajočim kamenjem

V raziskavi smo s programom Conefall (Jaboyedoff, 2003) oblikovali: 1) sloj ogroženosti pred padajočim kamenjem na podlagi osnovnih virov padajočega kamenja, s katerim smo ugotovili, da je v območju raziskave 3963 ha površine, ogrožene pred padajočim kamenjem, in 2) sloj ogroženosti pred padajočim kamenjem glede na dopolnjene vire padajočega kamenja; ta kaže, da je zaznana stopnja ogroženosti pred padajočim kamenjem na površini 4948 ha. Razlika med obema slojema je predvsem v določanju virov padajočega kamenja; podatki o virih padajočega kamenja so skupaj z DMV temeljni vhodni podatki za modeliranje s programom Conefall. V sloju osnovnih virov padajočega kamenja smo s pomočjo TTN opredelili dejansko prisotne vire padajočega kamenja, ki zavzemajo skupno površino 918 ha; večinoma so vidni tudi na digitalnih ortofoto posnetkih (DOF5), zato jih ni treba preverjati na terenu. Določanje virov padajočega kamenja s pomočjo TTN je bilo enostavno, v posameznih primerih smo imeli nekaj težav pri razločevanju med skalovjem in pobočnimi grušči, ki niso vir padajočega kamenja. Natančnost določanja virov padajočega kamenja lahko izboljšamo s stereoskopsko analizo letalskih posnetkov, ki pa jih moramo pogosto še georeferencirati, kar je časovno zamudno. Metoda določanja ogroženosti pred padajočim kamenjem na podlagi osnovnih virov padajočega kamenja s pomočjo TTN je pomanjkljiva, saj izpustimo predele, kjer so viri padajočega kamenja zakriti z rastjem. Zato daje ta metoda podcenjene vrednosti o virih padajočega kamenja in posledično manjše površine, ogrožene pred padajočim kamenjem. Z dispozijskim modelom (Bauerhansl in sod., 2010) smo z določitvijo kritičnega naklona površja na DMV vsa strmejša območja opredelili kot potencialne vire padajočega kamenja in tako oblikovali sloj dopoljenih virov padajočega kamenja; njihova skupna površina meri 2014 ha. Po tej metodi je ostal velik delež površin osnovnih virov padajočega kamenja, izpadli so le položnejši predeli, ki smo jih na podlagi TTN in DOF določili kot vire zaradi težavnega razlikovanja med skalovjem in pobočnimi grušči. Geološke sestave izločenih virov padajočega kamenja nismo mogli analizirati, saj podrobnejše geološke karte niso bile izdelane. V primeru razpoložljivih podrobnih podatkov o geološki podlagi bi lahko iz območij virov padajočega kamenja, ki smo jih določili z dispozijskim modelom, izločili predele s kompaktnejšo in zato stabilnejšo geološko podlago. V preteklosti so na območju raziskave ob izdelavi fitocenoloških elaboratov območje tudi geološko skartirali v merilu 1 : 25.000. Te podlage bi bilo treba preveriti in dopolniti skupaj s strokovnjaki s področja geologije. Potem bi lahko izdelali oceno o možnosti pojava padajočega kamenja glede na geološko podlago, saj so ti podatki precej skopi. Takšno analizo verjetnosti pojava erozijskih procesov je izdelala skupina Mihaela Ribičiča in Aleša Klabusa ob izdelavi podrobne karte erozijske ogroženosti in jo prikazujemo v prilogah (Priloga A). Prostorski prikaz virov padajočega kamenja in tudi

ocene stopnje nevarnosti lahko preverimo in izboljšamo s terensko analizo. Poleg lokacije virov padajočega kamenja lahko ocenimo njihove značilnosti (npr. tip kamnine, stopnjo razpokanosti, smer poteka slojev, velikost in obliko odlomljenih delcev), ki omogočajo zanesljivejše ocenjevanje stopnje nevarnosti padajočega kamenja. Terensko določanje je s pomočjo GPS aparatov postalo precej natančnejše, vendar je zaradi zahtevnih terenskih razmer drago in nevarno, zato je predstavljena predpriprava še toliko pomembnejša.

Za določanje območij ogroženosti pred padajočim kamenjem smo uporabili preprost model trenja, ki temelji na izračunu največje dolžine dosega padajočega kamenja glede na povprečen koeficient trenja, ki je enak tangensu kota gibanja skalnega podora (Skudnik in Kušar, 2011). Vhodni podatki za modeliranje so poleg DMV in virov padajočega kamenja še kot gibanja in masa povprečnega kamna. Po vzoru Bergerja in sod. (2013) smo izbrali tri različne kote gibanja, med katerimi vsak predstavlja mejo med različno stopnjo dosega padajočega kamenja. V literaturi se najpogosteje omenja kot gibanja 32° . Kot povprečno maso padajočega kamna smo uporabili vrednost 50 kg, kar ob povprečni gostoti apnenca (2700 kg/m^3) in dolomita (2800 kg/m^3) pomeni skalo z dimenzijami 20 cm x 20 cm x 30 cm. To je skladno z opažanji Rebernika (2013) in Kajdiževe s sod. (2015), ki so opravili raziskavo na območju Starega Ljubelja v GGE Tržič; v njej navajajo dimenzije 50 cm x 50 cm x 60 cm za največjo skalo, ki so jo registrirali na terenu. S programom Conefall smo glede na vire padajočega kamenja določili maksimalno kinetično energijo; ta je bila pri osnovnem in dopolnjenem sloju virov padajočega kamenja 283 kJ. Po modelu je na območju škodnega potenciala največja kinetična energija znašala 150 kJ. Te vrednosti so podobne ugotovitvam Skudnika in Kušarja (2011), ki sta s programom Conefall v GGE Kamniška Bistrica določila najvišjo vrednost kinetične energije 333 kJ, na območju škodnega potenciala pa 234 kJ. Rebernik (2013) je s programom Rockyfor3d določil maksimalno kinetično energijo skale 212 kJ, Kajdiž in sod. (2015) z istim programom 333 kJ, medtem ko so Dorren in sod. (2006) z dejanskim kotaljenjem skal po pobočju ugotovili vrednost 782 kJ. Na maksimalno doseženo kinetično energijo vplivajo predvsem velikost skale, naklon terena in dolžina opravljene poti. Program Conefall pri izračunu kinetične energije padajočega kamenja ne upošteva prisotnosti dreves, ki sicer blažijo oziroma zmanjšujejo vrednosti kinetične energije. Skudnik in Kušar (2011) sta v raziskavi glede na kinetično energijo ob trku gozdove s poudarjeno zaščitno funkcijo razvrstila v štiri stopnje ogroženosti, medtem ko smo se v naši študiji zgledovali po metodologiji Bergerja in sod. (2013), ki delijo območje glede na verjetnost pojavljanja padajočega kamenja. V raziskovalnem območju je na največjem delu območij z nevarnostjo padajočega kamenja velika stopnja verjetnosti pojava padajočega kamenja, in sicer kar 73,7 % vseh območij, ki so ogrožena pred padajočim kamenjem. Ti predeli obsegajo območja proženja in gibanja vseh kamnov in območja zaustavljanja kamnov, ki se najhitreje ustavijo. To so praviloma območja tik pod viri padajočega kamenja s strmimi nakloni pobočja. Območja s srednjo (18,8 % vseh ogroženih območij pred padajočim kamenjem) in majhno (7,5 % vseh ogroženih območij pred padajočim kamenjem) stopnjo verjetnosti pojava padajočega kamenja obsegajo le območja gibanja in območja zaustavljanja kamnov, ki presežejo območje velike nevarnosti padajočega kamenja.

S presekom območij škodnega potenciala z ogroženimi območji pred padajočim kamenjem smo določili območja ogrožene infrastrukture in stavb. V raziskavi smo pri opredelitvi škodnega potenciala podobno kot Zampa in sod. (2004) ter Skudnik in Kušar (2011) upoštevali stavbe in javne ceste, izločili pa gozdne ceste, saj je promet na njih praviloma zelo redek. Železnic v tem predelu ni, daljnovodov, vodnih zajetij in podobnih objektov pa v naši raziskavi pri opredelitvi škodnega potenciala nismo upoštevali. V katastru stavb smo imeli le podatke o fotogrametričnem zajemu obodov stavb, ne pa tudi podatkov o zvrsteh in značilnostih objektov. V naši raziskavi so imele vse stavbe enak pomen; v primeru dostopnih informacij o zvrsteh objektov bi lahko stavbe dodatno klasificirali po pomenu. Stalno naseljene stanovanjske stavbe imajo pogosto večji pomen za varovanje kot nekatere nestanovanjske stavbe, vendar so nekatere javne zgradbe, npr. šole, zopet veliko pomembnejše od enostavnih stanovanjskih enot. V prihodnosti bi bilo treba pridobiti podatke o zvrsteh stavb in objektov (škodni potencial), ki jih gozd varuje, ter jih razvrstiti po pomenu za varovanje, kar bi prispevalo k določanju prioritet ukrepanja. Ob razmahu množične in tudi organizirane rekreacije, kot so turno smučanje, gorsko kolesarjenje in gorniški turizem, je treba premisliti, ali bi v območja škodnega potenciala vključili tudi območja z večjim obiskom, kot so npr. množično obiskane planinske poti. Postopek določanja območij s poudarjeno zaščitno funkcijo, ki smo ga predstavili, omogoča dopolnjevanje.

Na območju raziskave je pred padajočim kamenjem ogroženih 5,9 % vseh stavb in 12,9 % javnih cest, kar je podobno ugotovitvam raziskave Skudnika in Kušarja (2011) za območje GGE Kamniška Bistrica. Če bi v naši raziskavi med škodni potencial uvrstili tudi gozdne ceste, potem bi bilo 26,4 % dolžine vseh gozdnih cest na ogroženem območju pred padajočim kamenjem.

Območje ogroženosti pred padajočim kamenjem, ki smo ga določili v naši raziskave, je treba preverjati in dopolnjevati. Eden on načinov je, da prostorsko beležimo pojave padajočega kamenja. Podatkov o preteklih dogodkih skorajda ni; nujno bi bilo te podatke beležiti in oblikovati kataster padajočega kamenja, ki bi bil dostopen tudi gozdarjem.

Določanje območij procesa padajočega kamenja, to je od virov padajočega kamenja do ogrožene infrastrukture, smo določali z ekransko digitalizacijo. Izdelane podlage, kot so npr. območja ogroženosti pred padajočim kamenjem, smo uporabili za izdelavo sloja zaščitne funkcij, pri tem uporabili digitalne ortofoto posnetke (DOF5) in izkoristili naše dobro poznavanje terenskih razmer. Od izdelanih podlag lahko izpostavimo veliko uporabno vrednost slojev grebenov in dolin, ki določata zgornje in skrajno spodnje točke neke naravne nevarnosti (npr. padajočega kamenja, snežnih plazov). Skudnik in Kušar (2011) za določitev območij procesa padajočega kamenja predlagata uporabo orodja *Watershed* (orodje za določanje prispevnih območij) v programu ArcGIS. To orodje smo preverili in ugotavljamo, da bi na ta način določili zelo velike površine s poudarjeno funkcijo, mnogi predeli pa bi bili zelo oddaljeni od ogroženega objekta, zato menimo, da je omenjeno orodje primerno le za okvirno določanje območij zaščitne funkcije v grobem merilu. S presekom oblikovanih območij procesa padajočega kamenja z gozdnimi območji smo določili predele gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo pred padajočim kamenjem. V literaturi se kot pomemben

omejitveni dejavnik pri določanju zaščitne funkcije navaja dolžino gozdnega predela, skozi katerega pada kamenje, preden doseže infrastrukturo (Berger in Dorren, 2007; Bauerhansl in sod., 2010; Klimeš, 2011), ki naj po navedbah Bauerhansla in sod. (2010) ne bi bila manjša od 200 m, da ima gozd zadosten učinek na zmanjšanje nevarnosti padajočega kamenja. V raziskavi smo se odločili za minimalno dolžino gozdnega predela, skozi katerega pada kamenje 100 m glede na raziskave Bergerja in Dorrena (2007) in Klimeša, (2011), ki so v svojih raziskavah proučevali tudi predele z dolžino gozdnega predela pod 100 m. Kot predele, ki ščitijo pred padajočim kamenjem, smo tako opredelili vse površine nad ogroženo infrastrukturo in stavbami, kjer padajoče kamenje opravi vsaj 100 m poti skozi gozd, preden doseže infrastrukturo ali stavbe. S tem smo želeli prikazati vse predele, kjer padajoče kamenje ogroža infrastrukturo in stavbe, ne glede na to, ali bo zaščita z gozdom zadostna. Če zaščita z gozdom ne bo zadostna, se predlaga tehnične ukrepe.

5.1.2 Območja gozdov, ki ščitijo pred snežnimi plazovi

V raziskavi smo z ekransko digitalizacijo na podlagi posodobljenega katastra snežnih plazov (Zbirka ..., 2014) določili 352,64 ha gozdov, ki stabilizirajo snežno odejo in tako varujejo nižje ležeče stavbe in infrastrukturo. Oblikovali smo prostorski sloj grebenov in sloj dolin, s katerima smo lažje omejili prispevna območja snežnega plazu, in sicer od grebena do potencialnega dosega plazu. Na ta način smo zajeli tudi območja, ki trenutno niso lavinsko aktivna, vendar bi v primeru odstranitve gozda s tega območja (npr. zaradi ujma ali neprimernih posegov v gozdni prostor) lahko postala prispevna območja ali območja zaustavljanja snežnih plazov. V raziskovalnem območju je večina gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo pred snežnimi plazovi (85,6 %) v GGE Tržič, na območju katere je evidentiranih tudi veliko več snežnih plazov kot na območju GGE Jezersko (Zbirka ..., 2014). Ker nismo imeli primernega orodja za simulacijo poteka snežnih plazov, smo območja določali z ekransko digitalizacijo. V prihodnjih letih lahko pričakujemo, da bodo takšni programi dostopni. Zato smo v naši raziskavi prikazali tudi postopek določanja območij proženja snežnih plazov; ta območja bodo lahko vhodni podatek za različna modeliranja območij dosega snežnih plazov. Eden takšnih modelov je AvalforLIN, ki so ga razvili na francoskem raziskovalnem centru IRSTEA in je bil umerjen s podatki katastrof snežnih plazov Francije, Avstrije, Italije in Slovenije (Berger in sod., 2013).

5.1.2.1 Določanje lavinske ogroženosti območja raziskave

V raziskavi smo območja ogroženosti pred snežnimi plazovi določili na podlagi sedmih vplivnih dejavnikov, in sicer: 1) naklona površja; 2) rastja; 3) ekspozicije; 4) trajanja snežne odeje, 5) maksimalne višine snežne odeje; 6) nadmorske višine in 7) podnebnih tipov. Njihova natančnost je različna, kar vpliva na natančnost določanja območja ogroženosti pred snežnimi plazovi. Relativno veliko zanesljivejši so podatki o dejavnikih, ki so opredeljeni na podlagi DMV (npr. naklon, ekspozicija in nadmorska višina), podatki rabe tal in podatki ZGS o gozdnih sestojih. Veliko manj zanesljivi so meteorološki podatki (npr. trajanje snežne odeje, maksimalna višina snežne odeje), ki so bili interpolirani na podlagi meritev na nekaj meteoroloških postajah. Uporaba meteoroloških podatkov je smiselna predvsem na večji prostorski ravni, saj lahko z njimi okvirno razmejimo prostor glede na klimatske značilnosti.

Zelo grob podatek predstavlja tudi sloj podnebnih tipov, ki je okvirna informacija, uporabnejša na večji prostorski ravni, manj pa za določanje območij nevarnosti snežnih plazov na ravni GGE. Natančnost podatkov za modeliranje ogroženih območij bi lahko izboljšali s sodobnimi metodami zajema reliefa (npr. lidarsko snemanje) (Kobler in sod., 2007), z dolgotrajnejšim monitoringom dogodkov, terenskim kartiranjem in gostejšo mrežo meteoroloških postaj (Volk, 2010). Pri modeliranju smo imeli izmed sedmih dejavnikov največ težav s podatki o rastju. Pavšek (2002) je kot sloj rastja uporabil zemljevid realne vegetacije (Zupančič in sod., 1998), za katerega pa sam navaja, da je prostorsko nenatančen. V naši raziskavi smo za oceno rastja uporabili sloj rabe tal (Karta dejanske ..., 2014) in ugotovili, da je ta vir primeren in natančen za oceno rastja. Za simuliranje lavinske ogroženosti je treba sloj rabe tal dodatno strukturirati, saj so v sloju rabe tal nekateri razredi preširoki in združujejo rastja z različno stopnjo ogroženosti. Tako so v istem razredu rabe tal (npr. trajni travniki, šifra 1300) združeni gorski pašniki ali travniki, ki imajo lahko tudi večje naklone, kot tudi nižinski košeni travniki v ravnini. Podobno je tudi z razredom neobdelano kmetijsko zemljišče (šifra 1600), ki združuje neporaščene površine. V raziskavi smo za površine razredov rabe tal 1300 in 1600 glede na poznavanje območja predlagali mejo 1000 m nadmorske višine, nad katero se nahajajo površine z veliko stopnjo ogroženosti in pod katero se nahajajo površine z majhno stopnjo ogroženosti. Smiselno bi bilo že v postopku izdelave rabe tal te površine ločiti. Za natančnejše določanje ogroženih območij pred snežnimi plazovi bi bilo treba dopolniti postopek določanja gozdne maske, za katero je zadolžen ZGS; v predelih pojavljanja snežnih plazov bi bilo treba razlikovati med visokim gozdom, nizkim grmičastim lavinskim gozdom, rušjem z drevesi in rušjem. Z omenjenimi tipi gozdne vegetacije bi lahko natančneje določili zaščitni učinek gozda pred snežnimi plazovi. Rezultati osnovne simulacije, ki smo jo izvedli z enakovrednim množenjem vseh dejavnikov, potrjujejo izjemen pomen rastja, predvsem gozda, za zaščito pred snežnimi plazovi. Ob upoštevanju realne vegetacije v simulaciji je 19,0 % površine raziskovalnega območja lavinsko ogroženega pred snežnimi plazovi. Če gozdov in drugega rastja ne bi bilo, bi se ta površina povečala na kar 87,3 % celotne površine, kar prikazuje simulacija, v kateri gozda kot dejavnika nismo upoštevali. Takšno karto lahko uporabimo predvsem kot argument pred neprimernimi posegi v gozdovih, ki so pomembni za ohranjanje naravnega ravnovesja in preprečevanje oziroma zmanjševanje snežne erozije. Neustrezen posek ali naravne poškodbe dreves na strmih pobočjih so lahko zametki novih plaznic (Pavšek, 2002b). Kakovost izdelane simulacije smo preverjali tako, da smo simulirana območja ogroženosti pred snežnimi plazovi primerjali s slojem katastra snežnih plazov (Zbirka ..., 2014). Primerjava obeh slojev prikazuje, da je glede na simulirana območja ogroženosti pred snežnimi plazovi neogroženih 19,8 % površin katastra snežnih plazov. V kolikor v procesu simulacije iz upoštevanih dejavnikov izločimo rastje, je delež neogroženih površin katastra snežnih plazov le 1,4 %. V katastru snežnih plazov so ob preseku s slojem simuliranih območij ogroženosti neogrožene predvsem površine v območju gibanja in zaviranja snežnih plazov.

Dejavniki, ki smo jih uporabili v simulaciji, imajo različen vpliv na ogroženost pred snežnimi plazovi. Zato smo izvedli še tehtano simulacijo, s katero smo naklonu površja pripisali večji pomen. Glede na rezultate tehtane simulacije smo celotno območje razdelili

na območja z različno stopnjo nevarnosti. Ob preseku tehtane simulacije s katastrofom stavb smo ugotovili, da je 5 stavb na območju velike, 14 na območju srednje in 68 na območju majhne lavinske ogroženosti. Javnih cest na območju velike stopnje lavinske ogroženosti ni, le manjši odseki v skupni dolžini 0,37 km so na območju srednje lavinske ogroženosti, za 4,06 km javnih cest pa je značilna majhna stopnja lavinske ogroženosti. Tako smo ugotovili delno ogroženost bodisi pred padajočim kamenjem ali snežnimi plazovi na vseh treh odsekih javnih cest, kjer poteka vsakoletno štetje prometa. S presekom območij dejanskih snežnih plazov (kataster snežnih plazov) z območji stavb in infrastrukture smo ugotovili, da so na območju raziskave s snežnimi plazovi trenutno ogrožene tri stavbe in 1,24 km javnih cest. V primerjavi s tehtano simulacijo so v katastru plazov iz območja lavinske ogroženosti izločena nekatera območja in na njih stoječe stavbe zaradi terenskih značilnosti (mikrolokacije), ki jih z DMV nismo zaznali in so zato v simulaciji označena kot ogrožena. Takšne so bile npr. stavbe na manjših vzpetinah. Podobno raziskavo je za območje Karavank izvedla Volk (2010), le da je kot objekte ogrožanja upoštevala tudi ceste, kolovoze in nekatere planinske poti. Simulirana območja nevarnosti proženja snežnih plazov v razmerah brez prisotnosti gozda, ki smo jih določili v naši raziskavi, so uporabna za odločitve pri gospodarjenju z gozdovi, saj opozarjajo na predele, kjer bi s krčitvami ali drugimi večjimi posegi lahko povzročili pojav snežnih plazov, ki jih do sedaj ni bilo. Našo raziskavo bi bilo v prihodnosti smiselno dopolniti z analizo učinkovitosti strukture gozdnih sestojev za zaščito pred snežnimi plazovi, podobno kot smo to prikazali za ogrožena območja pred padajočim kamenjem, le da bi za to uporabili druge kazalnike ugodnega stanja. Le takšna analiza omogoča določanje prednostnih območij in ukrepov za krepitev zaščitne funkcije pred snežnimi plazovi.

5.1.3 Izdelava končnega sloja območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo

S prekrivanjem obeh slojev (območja s poudarjeno zaščitno funkcijo pred padajočim kamenjem in območja, pomembna za zaščito pred snežnimi plazovi) smo opredelili skupno 625,1 ha gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo. Predeli, kjer objekte in infrastrukturo ogrožajo snežni plazovi, merijo 27,2 % te površine, gozdovi, ki varujejo pred padajočim kamenjem, zavzemajo 43,6 % površine, gozdovi, ki ščitijo pred obema naravnima nevarnostnima, pa merijo 29,2 % celotnega območja gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo.

Pred začetkom dela smo pričakovali, da bodo rezultati pokazali večjo površino območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo. Ta predpostavka je temeljila predvsem na dobrem poznavanju terenskih in rastiščnih značilnosti območja raziskave, pri tem pa smo zanemarili eno od pomembnejših komponent določanja območij s poudarjeno zaščitno funkcijo, to je škodni potencial; to so stavbe, infrastruktura in naselja, ki jih gozd ščiti. Značilnosti škodnega potenciala vplivajo na to, da je površina s poudarjeno zaščitno funkcijo relativno manjša od pričakovane. Potrdili smo namreč domneve, da je v območju raziskave potencial naravnih nevarnosti zelo visok, saj smo določili ogroženost pred padajočim kamenjem na 4948 ha (27,9 % površine raziskovalnega območja) in ogroženost pred snežnimi plazovi na 3367 ha (19,0 %). Poseljenost območja je zelo neenakomerna; gostota prebivalstva v GGE Tržič (96,9 prebivalcev/km²) je enaka slovenskemu povprečju, v GGE Jezersko pa bistveno manjša, samo 9,4 prebivalcev/km². Večina poselitve je v bolj ravninskih in varnejših

predelih, kar potrjuje tudi podatek o ogroženosti škodnega potenciala. Padajoče kamenje potencialno ogroža 5,9 % vseh stavb v območju in 13,2 % vseh javnih cest.

Površina gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo, ki smo jo po opisanem postopku določili v naši raziskavi, je za 46 % večja od »uradne« površine teh gozdov, ki jo določa ZGS (Preglednica 42). Poleg tega so opazne velike razlike v razmestitvi območij s poudarjeno zaščitno funkcijo, saj se le tretjina območij, ki smo jih določili v naši raziskavi, prekriva z območji s poudarjeno zaščitno funkcijo, ki jo je določil ZGS. ZGS opredeljuje območja gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo pred padajočim kamenjem na ožjem pasu okoli škodnega potenciala (npr. ceste), vendar na dolgih odsekih. Ti predeli so sicer strmi, ker pa ni virov padajočega kamenja, običajno niso ogroženi. V naši raziskavi smo opredelili zaščitno funkcijo pred padajočim kamenjem le predelom med virom padajočega kamenja in škodnim potencialom. Velike razlike med slojem ZGS in našim slojem so na območjih, kjer gozd ščiti pred snežnimi plazovi, saj so na sloju ZGS ti predeli praviloma majhni.

Preglednica 42: Primerjava površin gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo s podatki ZGS

Table 42: Comparison between forest area with direct protection function delineated in the research and according to ZGS

| | Površina območij s poudarjeno zaščitno funkcijo (ha) | Površine gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo po podatkih ZGS (ha) | Prekrivanje površin s podatki ZGS (ha) |
|--------------|--|---|--|
| GGE Tržič | 518,2 | 366,6 | 160,7 |
| GGE Jezersko | 106,9 | 60,1 | 41,7 |
| Skupna vsota | 625,1 | 426,7 | 202,3 |

V postopku določanja območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo predlagamo izdelavo ali uporabo, če so že izdelane, kart ogroženosti pred naravnimi nevarnostmi, kot so območja ogroženosti pred padajočim kamenjem in ogrožena območja pred snežnimi plazovi. Tovrstne podlage so koristne tudi zato, da se pri terenskem delu usmerimo predvsem na območja, ki so ogrožena. Neposredna uporabna vrednost modelnih kart območij naravnih nevarnosti za določanje gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo je trenutno vprašljiva in omejena. Najnatančnejši digitalni model višin zadošča le za modeliranje na regionalni in krajinski ravni, poleg tega so nekateri podatkovni sloji, ki so nujni za modeliranje (npr. geološka karta, maksimalna višina snežne odeje, trajanje snežne odeje), razpoložljivi le v večjih merilih. Podrobnejše modeliranje bo omogočeno z modernejšimi metodami zajema reliefa (npr. lidarsko snemanje) (Kobler in sod., 2007).

Z uvajanjem modelov v gozdarsko načrtovanje, kot je model AvalForLIN za kartiranje območij ogroženosti pred snežnimi plazovi in ob upoštevanju naravnih nevarnosti, predvsem zemeljskih plazov, drobirskih tokov in območij hudournikov, ki jih v naši raziskavi nismo zajeli, pričakujemo, da se bo površina območij s poudarjeno zaščitno funkcijo nekoliko povečala. Hkrati pa ocenjujemo, da bistvenega povečanja površin s poudarjeno zaščitno funkcijo zaradi majhnega škodnega potenciala v ogroženih območjih ne bo.

Za območja gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo pred padajočim kamenjem smo glede na pet izbranih sestojnih znakov ocenili ustreznost strukture gozdih sestojev za zaščito pred padajočim kamenjem. Takšna ocena je nujna za določanje prioritet pri gospodarjenju z

gozdovi. V nadaljnjih raziskavah je treba sistem ocenjevanja ustreznosti strukture gozdnih sestojev razviti tudi za druge naravne nevarnosti (npr. snežnimi plazovi, hudourniki), pri čemer bo treba vključiti tudi druge sestojne znake (Frehner in sod., 2007b).

Vse predele gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo smo ločili glede na vrsto naravne nevarnosti in tudi glede na stopnjo ogroženosti, ki je odvisna od vrste škodnega potenciala (npr. stavba, prometnica) in stanja gozdnih sestojev. To je v primerjavi z dosedanjim načinom valoriziranja gozdnega prostora in načrtovanja veliko boljše, saj nam omogoča prostorsko določanje prioritet za izvajanje ukrepov in hkrati tudi določanje vrste prednostnih ukrepov glede na sestojne dejavnike, ki so za zagotavljanje zaščitne funkcije pomanjkljivi ali pa neustrezni.

Za učinkovito delo z gozdovi s poudarjenimi zaščitnimi funkcijami je treba razlikovati vrste naravnih nevarnosti. Naša raziskava kaže, da je mogoče izdelati karte ogroženosti pred posameznimi naravnimi nevarnostmi (npr. padajočim kamenjem in snežnimi plazovi). Sloja ogroženosti pred padajočim kamenjem in simulacije lavinske ogroženosti smo izdelali na podlagi modeliranja na ravni GGE, zato moramo pri tem upoštevati omejitve modeliranja na regionalni ravni, na kar opozarjajo tudi drugi avtorji (Pavšek, 2002b; Skudnik in Kušar, 2011). S še tako dobrimi modeli ne moremo zajeti vseh malenkosti na terenu, ki lahko odločajo o ogroženosti konkretnega področja, zato je treba te karte preveriti na terenu. Raziskava kaže tudi smiselnost uporabe podlag, ki jih izdelujejo druge stroke in so povezane z zaščitno funkcijo. Če so takšne karte izdelane v primernem merilu, jih lahko neposredno uporabimo za določanje predelov gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo, lahko pa jih tudi dodatno strukturiramo glede na vrsto in stopnjo naravne nevarnosti.

V Sloveniji so opredeljena dela na območju kategorije varovalnih gozdov, ki so sofinancirana iz državnega proračuna. Ta finančna sredstva so omejena, zato je opredelitev prioritet ukrepanja pomembna za učinkovito porabo javnih sredstev. Menimo, da bi bilo treba sredstva prioriteto nameniti za ukrepanje v predelih s poudarjeno zaščitno funkcijo gozda, ne glede na to, ali je predel uvrščen v kategorijo varovalnih gozdov. V načrtih GGE je treba določiti predele, kjer je ukrepanje nujno. To so predvsem gozdovi, ki ščitijo pomembne stavbe ali prometnice, imajo neustrezno sestojno strukturo za zagotavljanje zaščitne funkcije, z ukrepanjem pa lahko bistveno izboljšamo njihovo strukturo ter s tem povečamo ustreznost gozdov za zagotavljanje zaščite. Pomembno je, da v načrtih GGE definiramo tudi predele, kjer gojitveno ukrepanje ne more bistveno izboljšati značilnosti gozdnih sestojev in s tem krepiti zaščitne funkcije gozda. V teh predelih ukrepanje ni smiselno. V primeru našega raziskovalnega območja so to predvsem predeli ruševja in predeli na zgornji gozdni meji med gozdom in ruševjem. V Švici so glede na možnosti gozdnogojitvenega vpliva na izboljšanje zaščitne funkcije razvrstili gozdove v pet razredov (Frehner in sod., 2007a). Kot osnovo za razvrščanje gozdov v razrede so upoštevali gozdne združbe. V bodoče bi lahko po tem zgledu tudi pri nas razvrstili gozdne združbe v razrede možnosti gozdnogojitvenega ukrepanja za izboljšanje strukture gozda, kar bi prispevalo k enostavnemu določanju prioritet. Pogoj za to so posodobljeni fitocenološki elaborati, izdelani v merilu 1 : 10.000, ki pa žal za velik del gozdnih površin v Sloveniji niso na voljo. V nekaterih predelih je zaradi ekstremnih razmer kakršnokoli ukrepanje prenevarno (npr.

velik naklon pobočja, skalovitost); tudi te predele lahko izločimo kot predele, kjer ukrepanje ni smiselno. Zanje ne načrtujemo ukrepov in jih prostorsko prikazujemo kot območja z zaščitno funkcijo, vendar brez prioritete ukrepanja. V vseh drugih gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo določimo prioritete ukrepanja glede na stanje gozdnih sestojev. Pomembne značilnosti gozdnega sestoja za zaščito pred padajočim kamenjem, s katerimi lahko ocenimo prioritete ukrepanja, so razvojna faza, tip sestoja, prisotnost pomladka, sestojna zasnova in lesna zaloga oziroma temeljnica sestoja. ZGS pridobiva te podatke na ravni sestojev in so zato dostopni v njihovem informacijskem sistemu. Za določanje prioritete ukrepanja so pomembni tudi izpeljani podatki. Te podatke določimo na ravni sestojev s korelacijami, ugotovljenimi na podvzorcju stalnih vzorčnih ploskev. To so podatki o temeljnici sestoja, gostoti sestoja (število dreves na hektar) in povprečnem prsnem premeru sestoja. Z analizo indikatorjev na ravni sestojev lahko določimo, v katerih sestojih je nujno ukrepanje za krepitev zaščitne funkcije gozda. Pri razvrstitvi upoštevamo predvsem stanje indikatorjev, stopnjo ogroženosti in pomen objektov; prednost imajo tako območja, kjer so razlike med dejanskimi in zaželenimi vrednostmi indikatorjev največje, stopnja ogroženosti je velika, objekti, ki jih gozd varuje, pa imajo velik pomen (npr. prometne ceste, naseljeni objekti). V predelih, kjer ugotovimo pomanjkljivost strukture gozda, morajo ukrepi izboljšati strukturo in s tem zaščitne funkcije gozda; npr. ob odsotnem pomladku je treba zagotoviti ukrepe za pomlajevanje.

5.2 DOLOČANJE OBMOČIJ GOZDOV S POUДАРJENO VAROVALNO FUNKCIJO GOZDA

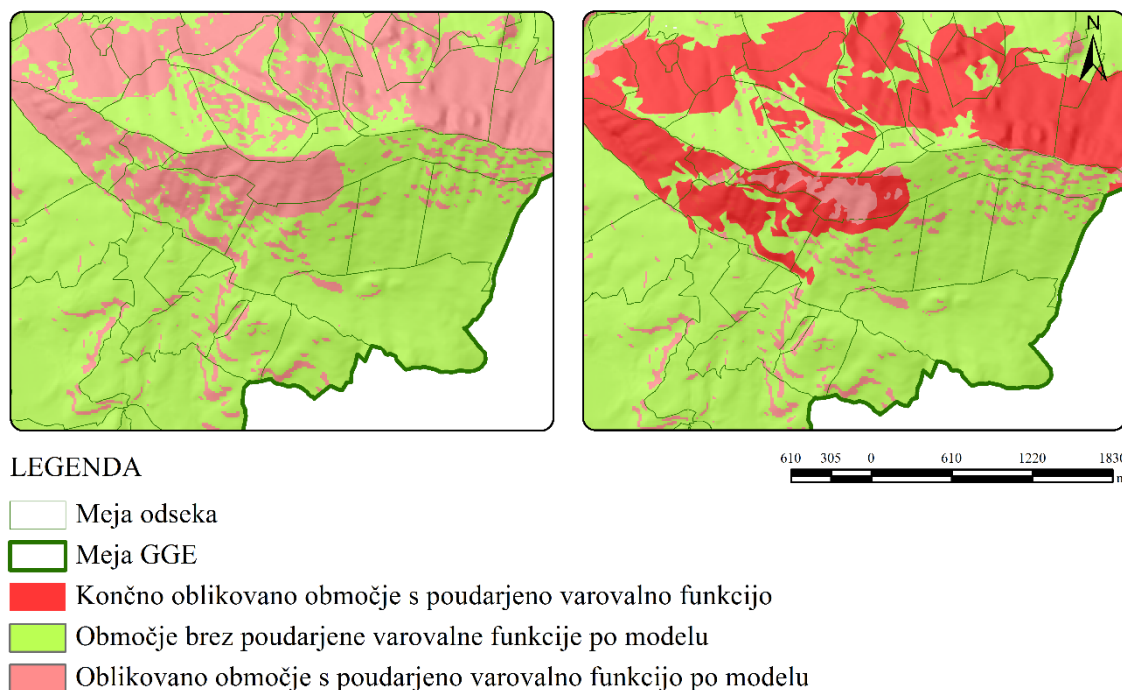
Območja gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo smo določali na podlagi kriterijev, ki so opredeljeni v Priročniku (Priročnik za ..., 2008), in sicer z uporabo DMV ter različnih podatkovnih slojev, razpoložljivih za celotno Slovenijo (npr. pedološka karta, kataster snežnih plazov), ali pa za del celotnega gozdnega prostora (npr. karta gozdnih združb). Večina kriterijev za določitev območij s poudarjeno varovalno funkcijo omogoča objektivizacijo in ponovljivost določanja območij zaradi jasno določenih kriterialnih vrednosti. Oblikovali smo model za določanje gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo na podlagi šestih vplivnih dejavnikov: 1) rastiščne enote, 2) naklon površja in kompaktnost podlage, 3) globina tal, 4) površinska kamnitost oziroma skalovitost, 5) zaščita pred snežnimi plazovi, 6) območja 10-letnih voda. Poleg teh sta v priročniku navedena še dva vplivna dejavnika, ki jih v raziskavi nismo upoštevali, saj sta navedena opisno in ju lahko različno interpretiramo: gozdno rastje nad mejo strnjene gozda in gozdovi v hudourniških območjih z veliko gostoto erozijskih pojavov. Za določanje območij gozdnega rastja nad mejo strnjene gozda predlagamo uporabo sestojne karte ZGS, kjer gozdni sestoji opredeljujejo strnjen gozd. Iz sestojne karte izločimo le območja ruševja ali grmičastega gozda, ki že predstavljajo območje nad zgornjo gozdno mejo. Podobno ohlapno so definirani gozdovi v hudourniških območjih z veliko gostoto erozijskih pojavov. Tako opredeljen dejavnik je težko vključiti v model, prav tako pa za hudourniška območja ni javno dostopnih grafičnih podlag. V zadnjem obdobju so bile pogoste poplave s hudimi posledicami. Vzroka za večjo škodo sta pogosto neprimerno vzdrževana hudourniška infrastruktura (Papež in

sod., 2010) in ostanki drevja v hudournikih. Zato je za zmanjšanje ogroženosti pred hudourniki treba najprej bolje definirati območja pomembnih hudournikov, v teh območjih pa potem načrtovati in izvesti ukrepe za zmanjšanje ogroženosti nižje ležečih naselij pred poplavami. Vsekakor je območja ob hudournikih potrebno določiti kot območja s poudarjeno varovalno funkcijo, saj glede na naklon prav predeli hudournikov in vodotokov v sicer strmih pobočjih izpadejo iz območij s poudarjeno varovalno funkcijo, ker je naklon predela osi hudournika pogosto nižji od kriterialne vrednosti.

Za posamezne dejavnike smo ugotovili pomanjkljivosti. Tako smo za dejavnik rastiščnih enot ugotovili, da lahko služi razdelitev po varovalnem pomenu posameznih rastišč iz Priročnika le kot ena izmed podlag. Kot primer navajamo območja z združbo *Vaccinio myrtilli-Pinetum sylvestris var. geogr. Castanea sativa*, ki ima po Priročniku visok varovalni pomen. Če ta združba porašča ravninska območja, potem je ne moremo prištevati med območja s poudarjeno varovalno funkcijo. Pri dejavniku globine tal smo upoštevali območja litosola, ki smo jih določili s pomočjo pedološke karte. Primerneje bi bilo, da bi kot kriterij Pravilnik vpeljal prvi razred globine tal (od 0-30 cm), saj je ta podatek dostopen za celotno Slovenijo, vendar bi bila v tem primeru površina gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo občutno večja. Tudi kriterij »kompaktnosti«, ki ga omenja Pravilnik (2010), je pomanjkljiv, saj so podatki o kompaktnosti podlage v literaturi skopi, zato smo razdelitev na kompaktne in nekompaktne matične podlage oblikovali sami.

Pričakovano največji delež celotne površine gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo smo določili na podlagi naklona terena in kompaktnosti podlage (skupaj 85,8 % površine), kar pa ne zmanjšuje pomena ostalih dejavnikov.

Vsa območja s poudarjeno varovalno funkcijo smo glede na posamezne dejavnike združili in z unijo oblikovali sloj območij gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo, ki je vseboval tudi zelo majhna območja. Zaradi preglednosti smo te majhne površine odstranili s postopkom posploševanja podatkov (*Generalization*). Podobno težavo so predstavljale tudi izredno majhne površine brez določene varovalne funkcije znotraj območij s poudarjeno varovalno funkcijo. Zato je pomembno vprašanje, kakšna je minimalna površina gozda, ki še lahko zagotavlja varovalne funkcije. Hkrati je pomembno tudi vprašanje, kako majhne zaplate je še smiselno izločati zaradi različne natančnosti podlag in merila prikaza. V literaturi predlogov nismo zasledili; tako smo se odločili za enako minimalno velikost, kot je določena za izločanje odsekov kot najmanjših ureditvenih enot. Tako smo v postopku posploševanja podatkov vse površine, manjše od 3,0 ha, izbrisali. Manjša območja brez poudarjene varovalne funkcije znotraj večjih kompleksov območij s poudarjeno varovalno funkcijo smo odstranili z orodjem *Cartography > Generalization > Aggregate polygons* (Slika 40). Tako oblikovan posplošen sloj smo prekrili z gozdnim prostorom, ki je bil izdelan v okviru priprave območnega gozdnogospodarskega načrta GGO Kranj (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega območja Kranj ..., 2012) in s presekom določili gozdna območja s poudarjeno varovalno funkcijo.



Slika 48: Potek posploševanja podatkov, prikazan na primeru območja Kriške gore
Figure 48: Generalization process on the example of the area of Kriška gora

Območja gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo gozda smo določili na 6222,3 ha površine, pri tem smo se omejili le na prvo stopnjo poudarjenosti varovalne funkcije. Primerjava naših rezultatov z rezultati valoriziranja funkcij gozda, ki jo je opravil ZGS, kaže, da je naše območje s poudarjeno varovalno funkcijo za 80 % večje od območja, ki ga je določil ZGS. Ogromne razlike so opazne predvsem v GGE Jezersko, kjer je naše območje skoraj 2,5-kratnik površin gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo, ki jo je določil ZGS. Prekrivanje obeh primerjanih slojev je kar veliko; pretežna površina (85,1 %) gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo, ki jih je določil ZGS, je vključena tudi v naše območje (Preglednica 43). Ujemanje ni popolno, ker imajo vsi odseki, ki so bili uvrščeni v varovalni gozd, hkrati pripisano poudarjeno varovalno funkcijo prve stopnje, kar ni povsem skladno s kriteriji za določanje gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo. Neujemanje je lahko tudi posledica nejasnih kriterijev, npr. tolmačenje kompaktne in erodibilne podlage, gozdov v hudourniških območjih z veliko gostoto erozijskih pojavov ali gozdnega rastja nad mejo strnjene gozda. K neujemanju je delno prispevalo tudi posploševanje podatkov pri oblikovanju zaključnega sloja območij z varovalno funkcijo. Glede na tuje in domače izkušnje (Skudnik in Kušar, 2011; Bauerhansl in sod., 2010) je priporočljivo in pogosto kar nujno terensko preveriti tako izdelan sloj območij s poudarjeno varovalno funkcijo in ga po potrebi dopolniti.

Preglednica 43: Primerjava površin gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo s podatki ZGS

Table 43: Comparison of forest area with indirect protection function with data of ZGS

| | | Površina območij s poudarjeno varovalno funkcijo | Površine gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo po podatkih ZGS | Prekrivanje površin s podatki ZGS |
|------------------|--------------|---|--|--------------------------------------|
| | | (ha) | (ha) | (ha) |
| Varovalna 1. st. | GGE Tržič | 3149,9 | 2208,6 | 1796,0 |
| | GGE Jezersko | 3072,4 | 1254,6 | 1150,6 |
| | Skupna vsota | 6222,3 | 3463,1 | 2946,6 |
| Varovalna 2. st. | GGE Tržič | 3149,9 | 2139,9 | 737,3 |
| | GGE Jezersko | 3072,4 | 605,3 | 316,8 |
| | Skupna vsota | 6222,3 | 2745,2 | 1054,0 |
| Skupaj | GGE Tržič | 3149,9 | 4348,4 | 2533,3 |
| | GGE Jezersko | 3072,4 | 1859,8 | 1467,4 |
| | Skupna vsota | 6222,3 | 6208,2 | 4000,6 |

5.3 PREKRIVANJE OBMOČIJ S POUДАРJENO ZAŠČITNO IN VAROVALNO FUNKCIJO GOZDA

Čeprav pri gozdnogospodarskem načrtovanju razlikujemo med varovalno in zaščitno funkcijo gozda, je pomembno omeniti, da sta obe funkciji večinoma povezani in pomembni v istih gozdovih: kjer je določena zaščitna funkcija, je praviloma določena tudi varovalna funkcija. Podobno ugotavljajo tudi tuje raziskave (npr. Brang in sod., 2006), čeprav je poimenovanje obeh funkcij drugačno kot pri nas. Pri sedanjem načinu vrednotenja gozdnega prostora v Sloveniji se lahko območja s poudarjeno varovalno in območja s poudarjeno zaščitno funkcijo delno ali povsem prekrivajo (Guček in sod., 2012). V raziskavi smo površine gozdov s poudarjeno zaščitno in varovalno funkcijo obravnavali povsem ločeno. Po preseku končnih slojev območij s poudarjeno zaščitno in varovalno funkcije smo ugotovili, da se 85,7 % površine gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo prekriva s površinami gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo. Območja s samo zaščitno funkcijo so na predelih pobočja z nekoliko manjšim naklonom ($< 35^\circ$), ko pa se naklon pobočja zopet poveča, sta poudarjeni obe funkciji. Na takšnih predelih smo glede na simulacije gozdu na celotnemu pobočju določili zaščitno funkcijo, medtem ko sta obe funkciji hkrati določeni le na predelih z naklonom nad 35° . Drugi predeli, kjer pride do razhajanja, so daljša pobočja z naklonom, ki ob vznožju pobočja ne doseže več kriterialne meje 35° in zato za del pobočja poudarjena varovalna funkcija ni določena, medtem ko ti gozdovi varujejo nižje ležečo prometnico ali stavbo.

5.4 USMERITVE ZA DOLOČANJE GOZDOV S POUДАРJENO ZAŠČITNO IN VAROVALNO FUNKCIJO

Na podlagi obravnavane literature in izsledkov naše raziskave podajamo poglavitne usmeritve za nadaljnje delo in raziskave:

- Treba je posodobiti kategorizacijo gozdov s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo oziroma kategorijo varovalnih gozdov. Po našem mnenju najboljšo rešitev predstavlja predlog, predstavljen v Zaključkih in usmeritvah posvetovanja Varovalni gozdovi: presoja naravnih nevarnosti, načrtovanje in gospodarjenje (Diaci in sod., 2012b). Po tem predlogu bi gozdove s poudarjeno varovalno funkcijo in gozdove s poudarjeno zaščitno funkcijo uvrstili v kategorijo varovalnih gozdov, medtem ko bi površine gozdov z izjemno poudarjenimi drugimi ekološkimi funkcijami uvrstili v posebno kategorijo zavarovanih gozdov. Nujno je, da v primerih t. i. gravitacijskih naravnih nevarnosti (npr. padajoče kamenje, snežni in zemeljski plazovi, hudourniki) vse predele s poudarjeno zaščitno funkcijo uvrstimo v kategorijo varovalnih gozdov, saj je to pogoj za koriščenje sredstev iz evropskih skladov razglasitev teh gozdov s pravnim predpisom in opredelitev nadstandardnih del (Diaci in sod., 2012). V tako oblikovani kategoriji varovalnih gozdov bi bilo smiselno razlikovati: 1) površine gozda brez ukrepanja, ker ukrepi niso potrebni, smiselni ali mogoči (npr. ruševje); 2) površine gozda s prilagojenim ukrepanjem (npr. varovalni gozdovi v zaledju hudournikov; na območjih snežnih plazov, kjer gozd preprečuje proženje snežnih plazov in v gozdovih s poudarjeno zaščitno funkcijo); 3) gozdove s poudarjeno zaščitno funkcijo, kjer je potrebno aktivno gospodarjenje.
- Spremeniti je treba kriterije za določanje gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo, ki so opredeljeni v Pravilniku (2010), podrobneje pa v Priročniku, in jih nadomestiti s kriteriji, ki omogočajo objektivnejše določanje območij z varovalno funkcijo.
- Dopolniti je treba kriterije za določanje območij s poudarjeno zaščitno funkcijo in določiti postopek dela. Pri določanju območij s poudarjeno zaščitno funkcijo predlagamo najprej kabinetno določanje na podlagi razpoložljivih podatkovnih slojev za posamezno naravno nevarnost (npr. karta ogroženosti pred snežnimi plazovi) ali z modeliranjem. Pridobiti in preveriti je treba tudi druge modele za določanje dosega snežnih plazov (npr. AvalforLIN) in padajočega kamenja. Nujno je treba okrepiti sodelovanje z drugimi strokami, predvsem s tistimi, ki se ukvarjajo z naravnimi nevarnostmi, in pridobiti podatkovne sloje, pomembne za objektivizacijo določanja območij ter v sodelovanju posodobiti pomanjkljive sloje (npr. kataster padajočega kamenja, kataster stavb). Treba je pridobiti podatke o zvrsteh stavb in objektov za razvrstitev po pomembnosti zaščite pred naravno nevarnostjo, kar bo prispevalo k določanju prioritet ukrepanja. V okviru sodelovanja treba izdelati oceno o možnosti pojava padajočega kamenja glede na geološko podlago. S kabinetno pripravo lahko izdelamo podlage za večje območje, npr. za geografsko zaključene predele. Preliminarno določene površine s poudarjeno zaščitno funkcijo v postopku izdelave načrta za gozdnogospodarsko enoto pregledamo, preverimo tudi na terenu in oblikujemo

končno različico. Tako prihranimo veliko nevarnega terenskega dela in se usmerimo na predele, kjer je verjetnost za pojavljanje naravnih nevarnosti največja.

- Na podlagi terensko preverjenega sloja območij s poudarjeno zaščitno funkcijo izvedemo ločevanje predelov gozdov glede na vrsto in stopnjo naravne nevarnosti, kot smo prikazali v raziskavi. To je temelj za določanje ukrepov.
- Vsaj okvirno lahko ocenimo ustreznost strukture gozdnih sestojev za zagotavljanje zaščitnih funkcij in s tem določimo tudi predele, kjer stanje sestoji odstopa od zelenega stanja. Postopek smo razvili in prikazali za gozdne predele, ki so pomembni za zaščito pred padajočim kamenjem. Podobno bo treba izdelati tudi za ostale naravne nevarnosti, če želimo izboljšati zasnovo načrtovanja in gospodarjenja na teh območjih.
- Območja gozdov z opredeljeno zaščitno funkcijo je treba klasificirati na območja z različno stopnjo nujnosti in smiselnosti ukrepanja. Izločimo predele, kjer ukrepanje ni možno, smiselno ali potrebno. Po vzoru iz tujine (Frehner in sod., 2007a) bi bilo smiselno rastišča rangirati glede na to, koliko lahko z gozdnogojitvenimi ukrepi vplivamo na strukturo gozda in posredno na zmožnost zagotavljanja zaščitne funkcije na posameznem rastišču. Za območja z veliko verjetnostjo pojavljanja snežnih plazov predlagamo razmejevanje sestojev na predele visokega gozda, nizkega grmičastega (lavinskega) gozda, ruševja z drevesi in ruševja. V vseh predelih, kjer je ukrepanje možno in potrebno, pa je glede na odstopanje strukture sestojev od zelenega stanja in glede na pomembnost infrastrukture, ki jo gozd ščiti, treba določiti prioritete ukrepanja. Tako lahko z gozdnogospodarskim načrtom GGE okvirno prikažemo in utemeljimo predele, kjer je ukrepanje nujno.
- Predele za ukrepanje je treba pregledati in na ravni objektov (posamezno pobočje) pripraviti projekt za izvedbo ukrepov. Projekt je izvedbeni načrt z gozdnogojitvenimi in tehničnimi ukrepi.

Z opisanim postopkom objektivno določimo območja gozdov s poudarjeno zaščitno in varovalno funkcijo, ki so vsebinsko strukturirana in predstavljajo dobro osnovo za načrtovanje, izvedbo in spremljavo ukrepov.

6 POVZETEK (SUMMARY)

6.1 POVZETEK

Slovenija ima bogato tradicijo večnamenskega gospodarjenja z gozdom. Določanje območij gozdov s poudarjenimi funkcijami, med njimi tudi zaščitne in varovalne funkcije, je utečena praksa, vendar velik tehnološki napredek in vsebinske pomanjkljivosti zahtevajo posodobitev sistema določanja površin gozdov s poudarjeno zaščitno in varovalno funkcijo. Poleg načrtovanja v gozdovih s poudarjenimi varovalnimi funkcijami je pomanjkljivo tudi gospodarjenje s temi gozdovi, kot posledica prepričanja, da s temi gozdovi ni potrebno gospodariti. Glavne opažene pomanjkljivosti v procesu določanja gozdov s poudarjenimi varovalnimi funkcijami so: pomanjkljiva terminološka in konceptualna opredelitev; pogosto subjektivno določanje območij, za katera ni znano, pred katerimi naravnimi nevarnostmi je opredeljena zaščitna funkcija; v načrtih niso opredeljene prioritete gospodarjenja, pogosto so določene le splošne smernice, čeprav je nujnost ukrepanja znotraj območij s poudarjeno zaščitno funkcijo lahko pomembno različna glede na stanje gozdov in potencial ogroženosti.

Glavni namen naše raziskave je bil preveriti možnosti določanja območij s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo na podlagi digitalnega modela višin in z uporabo razpoložljivih strokovnih podlag, tako da bi povečali objektivnost določanja območij. Tako oblikovane površine gozdov s poudarjeno varovalno ali zaščitno funkcijo smo skušali strukturirati glede na vrsto naravne nevarnosti, določiti predele, kjer struktura gozda ne ustreza zelenemu stanju, in predlagati prioritete ukrepanja.

Za območje raziskave smo izbrali GGE Tržič in GGE Jezersko, ki sta del Kamniško-Savinjskih Alp, osrednjih do vzhodnih Karavank, zajemata pa tudi rob Ljubljanske kotline. Površje je v večjem delu precej strmo in razgibano. Predvsem v hribovitem svetu raziskovalnega območja se v zimskem času pogosto prožijo snežni plazovi, ki so v preteklosti že terjali nekaj smrtnih žrtev, pojavljajo se podori oziroma padajoče kamenje, zaradi razgibanega in pestrega reliefa pa je območje zelo vodnato, kar se odraža tudi v vodni eroziji.

Vse obdelave podatkov smo izvedli v programih MapInfo 10.5 in ArcGIS 10.0. Nalogo smo zasnovali v dveh sklopih. V prvem sklopu smo glede na glavne naravne nevarnosti, prisotne v raziskovalnem območju, opredelili območja gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo. Omejitveni dejavnik pri vključitvi števila naravnih nevarnosti je bila tudi razpoložljivost oz. dostopnost podatkov o različnih naravnih nevarnostih. V raziskavo smo vključili padajoče kamenje in snežne plazove. Ker za območje raziskave ni bilo razpoložljivih podatkov o ogroženosti pred padajočim kamenjem in snežnimi plazovi, smo prikazali preprost postopek za določitev območij s poudarjeno zaščitno funkcijo gozda. Območja s poudarjeno zaščitno funkcijo smo nato še analizirali z določitvijo stopnje ogroženosti infrastrukture, vrste in stopnje naravne nevarnosti ter v primeru nevarnosti padajočega kamenja ustreznosti strukture gozdnih sestojev za zaščito pred naravno nevarnostjo.

V drugem sklopu smo določali območja s poudarjeno varovalno funkcijo gozda. Določanje teh območij gozdov smo osnovali na podlagi digitalnega modela višin in različnih

razpoložljivih podatkovnih slojev (npr. pedološka karta, kataster snežnih plazov, karto združb). Oblikovali smo diagram poteka izločanja varovalne funkcije in na koncu vse površine varovalne funkcije, izločene po različnih dejavnikih, združili in izdelali karto območij s poudarjeno varovalno funkcijo.

V naši raziskavi smo določili večje površine gozdov s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo, kot jih prikazujejo podatki ZGS. Ugotovili smo, da je zaradi manjše natančnosti podatkov možno z modeliranjem pripraviti le preliminarno karto zaščitne funkcije, ki pa jo je treba še preveriti na terenu.

Z oblikovanim postopkom smo prikazali objektivno določanje preliminarnih slojev zaščitne in varovalne funkcije gozda, ki je po opisanem postopku popolnoma ponovljiv. Izpostavili smo pomanjkljivosti predvsem glede kriterijev za določanje teh območij in podali glavne usmeritve za nadaljnje delo na področju določanja območij z zaščitno in varovalno funkcijo gozda. Predlagan postopek je uporaben za celotno Slovenijo; pogloblitve značilnosti postopka so: 1) na ravni GGE določimo območja gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo, ki jih na terenu preverimo in dopolnimo; 2) glede na sloje ogroženosti pred različnimi naravnimi nevarnostmi te predele dodatno strukturiramo glede na vrsto naravne nevarnosti, stopnjo ogroženosti in okvirnega odstopanja dejanske strukture gozda od želene; 3) na podlagi tega opredelimo prioritete za ukrepanje, nato pa na ravni posameznega predela (pobočja) pripravimo operativni načrt, ki je podlaga tudi za spremljavo in presojo uspešnosti.

6.2 SUMMARY

Slovenia has a rich tradition of multifunctional forest management. Designation of forest areas with direct and indirect protection function is standard practice. However, major technological development and conceptual weaknesses demand improvement and modernization of the delineation process. There are both weaknesses in the forest planning for protection functions, and in managing protection forests as a result of common belief that protection forests should stay unmanaged. The main weaknesses in the delineation of forest areas with protection functions are: terminological and conceptual definitions; often subjective determination; no distinction between different types of natural hazards; management priorities are not clearly defined. In the determination process, only general guidelines are defined, but the need for active management within the designated areas may vary significantly given the condition of forests and the degree of risk.

The main purpose of the research was to examine the possibility of identifying areas with protection function on the basis of digital elevation model and expert maps in order to increase objectivity and repeatability of the determination process. In addition, we tried to classify forest areas with protection function based on the type of natural hazard, determine areas where structure of forest does not match the desired structure, and propose management guidelines.

We selected forest management units Jezersko and Tržič as study areas; the two units represent a part of the Kamnik-Savinja Alps, central part of the Karavanks and the edge of Ljubljana basin. Avalanches, which are often triggered in the mountainous part of the research area, have claimed some lives in the past. Besides avalanches, there are also landslides, rockfall, torrents and other types of water erosion processes occurring in the areas.

All data processing was performed in GIS software MapInfo 10.5 and ArcGIS 10.0. The thesis was divided into two parts. Firstly, we determined forest areas with direct protection function on the basis of present natural hazards. Only rockfall and avalanches were included in our research, because information on the other natural hazards was not available or accessible. Because a rockfall susceptibility map was not available, we presented simple modelling process for creating a rockfall susceptibility map, which we used later for a detailed analysis of areas with direct protection function. We determined the degree of risk for infrastructure, type and level of natural hazard and (in case of rockfall) suitability of protection forest structure for protection against rockfall.

In the second part, we delineated forest areas with indirect protection function on the basis of digital elevation model and different expert maps available for Slovenia (e.g. pedologic map, avalanche cadastre). We designed a determination process flowchart to designate forest areas with indirect protection function. Finally, we equally combined and generalized all forest areas with protection function which were created on the basis of different factors.

Based on modelling, we determined significantly larger areas of forests with direct and indirect protection function if compared to designated areas according to Slovenia forest service. We expected larger areas with direct protection function, but we have not taken into

account the relatively sparse population in the risk areas. Due to a lower degree of accuracy of the data, modelling results are only useful for the preparation of preliminary areas of protection function, which has to be checked and updated by field observations.

The presented procedure enables objective determination of preliminary layers of forest areas with direct and indirect protection function, which is fully repeatable according to the described procedure. We have highlighted weaknesses in determination criteria for areas with indirect protection function and in the conclusion presented the main directions for further work and development in this field of research.. Firstly, we determine the preliminary area of forests with protection function at the level of forest management unit, which we later check on the field. If we have layers of risk of various natural hazards, we can further classify forest areas with protection function according to the type of natural hazard, the degree of risk and the degree of deviation of actual stand structure compared to the desired one. Based on the results, we identify the priorities for intervention, and perform a detailed analysis at the level of individual slopes to determine needed measures.

7 VIRI

- Abe K., Ziemer R.R. 1990. Effect of tree roots on a shear zone: Modeling reinforced shear stress. *Canadian Journal of Forest Research*, 21: 1012-1019.
- Abe K., Ziemer R.R. 1991. Effect of tree roots on shallow-seated landslides. *USDA General Technical Report PSW-GTR-130*: 11-20.
- Abele G. 1971. *Bergsturze in den Alpen, ihre Verbreitung, Morphologie und Folgeerscheinungen*. Doktorsko delo. Fakultet für Bio und Geowissenschaften der Universität Karlsruhe. Karlsruhe.
- Aleotti P. 2004. A warning system for rainfall-induced shallow failures. *Engineering Geology*, 73, 3-4: 247-265.
- Aleotti P., Baldelli P., Polloni G. 1996. Landsliding and flooding event triggered by heavy rains in the Tanaro basin (Italy). V: *Internationales Symposium Interpraevent, Garmish-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 1*. Klagenfurt, Internationale Forschungsgesellschaft: 435-446.
- Anko B. 1987. Varovalnost gozda v Sloveniji – zbornik republiškega seminarja, Ljubljana, 16. in 17. januarja 1986. Ljubljana, VTOZD za gozdarstvo Biotehniške fakultete: 133 str.
- Anko B. 1998. Protective functions of mountain forests: Some general observations. V: *Mountain forestry in Europe*. Institute for forest sector policy and economics: 5-8.
- Anko B., Golob A. 1998. Protective forests in Slovenia. V: *Evaluation of Silvicultural and Policy Means*. (Publication Series of the Institute for Forest Sector Policy and Economics, 35). Vienna: 5-8.
- Anko B., Golob A., Smolej I. 1985. *Varovalni Gozdovi v Sloveniji: stanje po popisu 1980*. Ljubljana, VTOZD za gozdarstvo Biotehniške fakultete: 118 str.
- Atlas okolja. (2014)
http://gis.arso.gov.si/wfs_web/faces/WFSLayersList.jspx. (12. 6. 2014)
- Avanzi G.D., Giannecchini R., Puccinelli A. 2004. The influence of geological and geomorphological settings on shallow landslides: An example in temperate climate environment: the June 19, 1996 event in northwestern Tuscany (Italy). *Engineering Geology*, 73: 215-228.
- Bartelt P., Stöckli V. 2001. The influence of tree and branch fracture, overturning and debris entrainment on snow avalanche flow. *Annals of Glaciology* 32, 1: 209-216.
- Bartol B., Bratina-Jurkovič N., Fatur A., Fon-Boštjančič N., Košak E., Lapanja A., Lenarčič F., Podlesnik F., Torbica J. 2004. *Strategija prostorskega razvoja Slovenije*. Ljubljana, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo: 75 str.
- Bartolli M. 1999. Quelques données techniques sur les forêts de montagne. *Revue Forestière Française, Gestion multifonctionnelle des forêts de montagne, n°spécial*: 31-34.
- Bauerhansl C., Berger F., Dorren L.K.A., Duc P., Ginzler C., Kleemayr K., Koch V., Koukal T., Mattiuzzi M., Perzl F., Prskawetz M., Schadauer K., Schneider W., Seebach L. 2010. Development of harmonized indicators and estimation procedures for forests with protective

- functions against natural hazards in the alpine space. Publications Office of the European Union, Luxembourg, EUR 24127 EN: 181 str.
- Bebi P., Kulakowski D., Rixen C. 2009. Snow avalanche disturbances in forest ecosystems—State of research and implications for management. *Forest ecology and management*, 257, 9: 1883-1892.
- Beinstener H. 1981. *Waldbauliche Beurteilung der Waldabbrüche im Osttiroler Katastrophengebiet: Dissertation (Universität für Bodenkultur)*. Wien: 112 str.
- Berger F., Dorren L.K.A. 2007. Principles of the tool Rockfor.net for quantifying the rockfall hazard below a protection forest. *Schweizerische Zeitschrift Fur Forstwesen*, 158, 6: 157-165.
- Berger F., Dorren L.K.A. 2012. Forest and rockfalls: From applied research to protection forest management and zoning. V: *Varovalni Gozdovi: Presoja Naravnih Nevarnosti, načrtovanje in gospodarjenje: posvetovanje z mednarodno udeležbo*, Ljubljana, Soteska, 12. in 13. april 2012: zbornik razširjenih povzetkov. Diaci J. (ur.). Ljubljana: 11-16.
- Berger F., Dorren L.K.A., Kleemayr K., Maier B., Planinsek Š., Bigot C., Bourrier F., Jancke O., Toe D., Cerbu G. 2013. Eco-engineering and protection forests against rockfalls and snow avalanches. V: *Management strategies to adapt Alpine Space forests to climate change risks – An introduction to the Manfred project, Management strategies to adapt alpine space forests to climate change risks*, Cerbu G., Hanewinkel M., Gerosa G., Jandl R. (ur.). InTech: 191-209.
- Berger F., Rey F. 2004. Mountain protection forests against natural hazards and risks: New French developments by integrating forests in risk zoning. *Natural Hazards*, 33, 3: 395-404.
- Berger F., Quetel C., Dorren L.K.A. 2002. Forest: a natural protection mean against rockfalls, but with which efficiency? V: *Interpraevent 2002 in the Pacific Rim Matsumoto/Japan*, Vol. 2: 815-826.
- Berretti R., Caffo L., Camerano P., De Ferrari F., Domaine A., Dotta A., Gottero F., Haudemand J-C., Letey C., Meloni F., Motta R., Terzuolo P.G. 2006. *Selvicoltura nelle foreste di protezione, Esperienze e indirizzi gestionali in Piemonte e Valle d'Aosta*. Compagnia delle Foreste: 224 str.
- Bischetti G., Chiardia E. 2004. Evaluation of the effect of root cohesion on slope failures in St. Giulio creek catchment. V: *Book of Abstracts: 1st. International conference on eco-engineering: The use of vegetation to improve slope stability*. 13. - 17. Sept. 2004. Spanos I., Stokes A. (ur.). Thessaloniki, NAGREF/Forest Research Institute: 179 str.
- Bischetti G., Chiardia E., Simonato T. 2004. The role of root reinforcement on may 2002 slope failure in St. Giulio creek catchment (Northern Italy). V: *Internationales Symposium Interpraevent Riva / Trient, Tagungspublikation, Thema IV, Band 2: 57-67*.
- Bončina A. 2009. *Urejanje gozdov: Upravljanje gozdnih ekosistemov: Učbenik za študente Univerzitetnega študija gozdarstva*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 359 str.
- Brang P. 2001. Resistance and elasticity: promising concepts for the management of protection forests in the European Alps. *Forest Ecology and Management*, 145, 1-2: 107-119.

- Brang P., Schönenberger W., Frehner M., Schwitter R., Wasser B. 2006. Management of protection forests in the European Alps: an overview 44: 23-44.
- Caine N. 1980. The rainfall intensity – duration control of shallow landslides and debris flows. *Geografiska annaler*, 62A: 1-2.
- Ceriani M., Lauzi S., Padovan N. 1992. Rainfalls and landslides in the Alpine area of Lombardia region, Central Alps Italy. V: *Internationales Symposium Interpraevent*, Bern, Vol. 2: 9-20.
- Commandeur P.R., Pyles M.R. 1991. Modulus of elasticity and tensile strength of douglas fir root. *Canadian journal of forest research*, 21: 48-52.
- Crosta G. 1998. Regionalization of rainfall thresholds: an aid to landslide hazard evaluation. *Environmental Geology*, 35, 2/3: 131-135.
- Diaci J. 2012. Varovalni gozdovi: presoja naravnih nevarnosti, načrtovanje in gospodarjenje: zbornik razširjenih referatov. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 65 str.
- Diaci J., Beguš J., Bončina A., Breznikar A., Firm D., Grecs Z. 2012b. Gozdarstvo v času in prostoru, Zaključki in usmeritve posvetovanja Varovalni gozdovi: presoja naravnih nevarnosti, načrtovanje in gospodarjenje. *Gozdarski vestnik*, 70, 7-8: 341-343.
- Diaci J., Rugani T., Firm D. 2012a. Posvetovanje za dejavnejše gospodarjenje z varovalnimi in zaščitnimi gozdovi. *Gozdarski vestnik*, 70, 4: 229-232.
- Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2014. Prometne obremenitve.
http://www.di.gov.si/si/delovna_podrocja_in_podatki/ceste_in_promet/podatki_o_prometu/
(13. 6. 2014)
- Dorren L.K.A., Berger F. 2006. Balancing tradition and technology to sustain rockfall protection forests in the Alps. *Forest snow landscape research*, 98: 87-98.
- Dorren L.K.A., Berger F., Imeson A., Maier B., Rey F. 2004. Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps. *Forest ecology and management*, 195, 1-2: 165-176.
- Dorren L.K.A., Berger F., Jonsson M., Krautblatter M., Stoffel M., Wehrli A. 2007. State of the art in rockfall – forest interactions. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 158, 6: 128-141.
- Dorren L.K.A., Berger F., Le Hir C., Mermin E., Tardif P. 2005. Mechanisms, effects and management implications of rockfall in forests. *Forest ecology and management*, 215, 1-3: 183-195.
- Dorren L.K.A., Berger F., Putter U. 2006. Real-size experiments and 3-D simulation of rockfall on forested and nonforested slopes. *Natural hazards and earth system sciences*, 6: 145-153.
- Durović B., Mikoš M. 2005. Preventivno obvladovanje tveganj zaradi naravnih nevarnosti – postopki v Alpских državah in v Sloveniji. Preventive management of risks due to natural hazards – procedures in the Alpine countries and in Slovenia. *Acta hydrotechnica*, 22, 36: 17-35.

- Fazarinc R., Mikoš M. 1992. Feststoffmobilisierung als folge der extremen niederschläge in Slowenien. - Mass movements and soil erosion due to catastrophic rainfall in Slovenia. V: Internationales Symposium Interpraevent, Bern, Vol. 1: 377-388.
- Feistl T., Bebi P., Christen M., Teich M., Bartelt P. 2012. Stopping behavior of snow avalanches in forests. V: International snow science workshop, Anchorage, Alaska: 420-426.
- Fidej G. 2011. Presoja varovalnega učinka gozda pred drobirskimi tokovi ob Savi Bohinjki v Soteski: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 93 str.
- Fink T. 2001. Opredelitev in značilnosti varovalnih gozdov v Sloveniji: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 72 str.
- Firm D., Rugani T. 2013. Varovalni gozdovi in naravne nevarnosti v Sloveniji. Proteus, 75, 9-10: 404-416.
- Frantar P., Robič M. 2009. Podori na območju slapa Čedca. Ujma, 3: 82-87.
- Frehner M., Wasser B., Schwitter R. 2005. Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald - Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: 30 str.
- Frehner M., Wasser B., Schwitter R. 2007a. Sustainability and Success Monitoring in Protection Forests - Appendix 1: Natural Hazards. Bern, The federal office for the environment FOEN: 29 str.
- Frehner M., Wasser B., Schwitter R. 2007b. Sustainability and success monitoring in protection forests - Guidelines for silvicultural interventions in forests with protective functions. Bern, Federal office for the environment FOEN: 29 str.
- Gauquelin X., Courbaud B. 2006. Guide des sylvicultures de montagne. ONF / CRPF / Cemagref: 289 str.
- Golob A. 2005. Usmeritve za načrtovanje gospodarjenja v varovalnih gozdovih - Ekspertiza. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 12 str.
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Jezersko 2012-2021. 2012. Kranj, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Kranj: 456 str.
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Tržič 2005-2014. 2005. Kranj, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Kranj: 347 str.
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega območja Kranj 2011-2020. 2012. Kranj, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Kranj: 478 str.
- Greenway R. 1987. Vegetation and slope stability. V: Slope stability - Geotechnical engineering and geomorphology. Anderson, G., Richards S. (ur.). John Wiley & Sons: 187-230.
- Gsteiger P. 1993. Steinschlagschutzwald, ein Beitrag zur Abgrenzung, Beurteilung und Bewirtschaftung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 144: 115-132.

- Gubler H., Rychetnik J. 2000. Effects of forests near the timberline on avalanche formation. *Snow, hydrology and forests in high alpine areas*, 205: 19-38.
- Guček M., Bončina A., Diaci J., Firm D., Poljanec A., Rugani T. (2012). Gozdovi s poudarjeno zaščitno in varovalno funkcijo: značilnosti, valorizacija in gospodarjenje. *Gozdarski vestnik*, 70, 2: 59-71.
- Guzzetti F., Reichenbach P., Ghigi S. 2004. Rockfall hazard and risk assessment along a transportation corridor in the Nera Valley, Central Italy. *Environmental Management*, 34, 2: 191-208.
- Hanc M. 2014. Cesto na Jezersko bodo pregledovali vsak dan. *Delo*: 31. 7. 2014.
<http://www.delo.si/novice/slovenija/cesto-na-jezersko-bodo-pregledovali-vsak-dan.html>
(30. 6. 2015)
- Highland L. M., Bobrowsky P. 2008. *The Landslide Handbook — A Guide to Understanding Landslides*. Reston, Virginia. U.S. Geological Survey Circular 1325: 129 str.
- Horvat A. 1993. Ekološke osnove urejanja erozijskih območij. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 41: 5-49.
- Horvat A. 1997. Snežni plazovi v Sloveniji. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 54: 45-70.
- Horvat A. 2001a. Analiza posledic neurij novembra 2000 na hudourniških območjih Slovenije: končno poročilo projekta Št. IV-23/2001. Ljubljana, Podjetje za urejanje hudournikov: 135 str.
- Horvat A. 2001b. Metode določanja erozijsko ogroženih območij: doktorska dizertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 191 str.
- Horvat A., Durjava D., Papež J., Zemljič M., Valič M., Kočevar P. 1999. Zagotovitev varnosti pred snežnimi plazovi na državnih cestah Republike Slovenije: študijska naloga. Ljubljana, Podjetje za urejanje hudournikov: 78 str.
- Horvat A., Jeršič T., Papež J. 2008. Varstvo pred hudourniki in erozijo ob vse intenzivnejših vremenskih ekstremih - Impact of climatic change on flood and erosion control. *Ujma*, 22: 200-208.
- Horvat A., Zemljič M. 1998. Protierozijska vloga gorskega gozda. V: XIX. Gozdarski študijski dnevi: zbornik referatov, Logarska dolina. Diaci J., Golubič M., Lubej E. I., Kovačič I. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 411-424.
- Initiative Schutz durch Wald (ISDW). *ISDW Handbuch für Bezirksrahmenpläne*. 2006. Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; Bundesforschungs und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien: 12 str.
- Jaboyedoff M. 2003. Conefall 1,0 user's guide: 18 str.

- Kajdiž P., Diaci J., Rebernik J. 2015. Modelling Facilitates Silvicultural Decision-Making for Improving the Mitigating Effect of Beech (*Fagus Sylvatica* L.) Dominated Alpine Forest against Rockfall. *Forests*, 6: 2178-2198.
- Karta dejanske rabe tal. 2014. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.
<http://rkg.gov.si/GERK/> (9. 6. 2014)
- Kienholz, H., Zeilstra, P., Hollenstein, K. 1998. Begriffsdefinitionen Naturgefahren. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: 74 str.
- Kimmins J.P. 1997. Forest ecology: a foundation for sustainable management. 2-nd ed. New Jersey: 596 str.
- Klabus A. 2009. Podrobna karta erozijskih žarišč v občini jezersko. VGP Kranj.
- Klimeš J. 2011. Rockfall hazard and risk assessment on forested slopes, examples from Czechia. *Geografie-Sbornik CGS*, 116, 2: 144-155.
- Knez P. 2010. Desettonske skale zgrmele v domovanje Bojana Križaja. *Dnevnik* (14. 5. 2010)
<https://www.dnevnik.si/1042359259/kronika/1042359259> (30. 6. 2015)
- Kobler A., Pfeifer N., Ogrinc P., Todorovski L., Oštir K., Džeroski S. 2007. Repetitive interpolation: a robust algorithm for DTM generation from Aerial Laser Scanner Data in forested terrain. *Remote Sensing of Environment*, 108, 1: 9-23.
- Komac B., Natek K., Zorn M. 2008. Geografski vidiki poplav v Sloveniji. *Geografija Slovenije*, 20: 180 str.
- Komac B., Zorn M. 2007. Pobočni procesi in človek. *Geografija Slovenije*, 15: 217 str.
- Komac M. 2005. Intenzivne padavine kot sprožilni dejavnik pri pojavljanju plazov v Sloveniji. *Geologija*, 48, 2: 263-279.
- Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije: 500 str.
- Krauchi N., Brang P., Schonenberger W. 2000. Forests of mountainous regions: gaps in knowledge and research needs. *Forest ecology and management*, 132: 73-82.
- Kunc K. 2008. Vpliv gospodarjenja na stabilnost varovalnih gozdov nad glavno cesto Godovič – Idrija: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 60 str.
- Kutnar L., Veselič Ž., Dakskobler I. 2011. Členitev gozdov Slovenije po podobnosti rastlinskih združb za potrebe usmerjanja razvoja gozdov: revizija šifranta združb in njihova vsebinska uskladitev: 12 str.
- Lateltin O. 1997. Berücksichtigung Der Massenbewegungsgefahren Bei Raumwirksamen Tätigkeiten: Naturgefahren, Empfehlungen. Bern, Bundesamt für Raumplanung (BRP), Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): 42 str.

- Le Hir C., Berger F., Dorren L.K.A., Quetel C. 2004. Forest: a natural means of protection against rockfall, but how to reach sustainable mitigation?: Advantages and limitations of combining rockfall models taking the forest into account. V: Internationales Symposium Interpraevent Riva / Trient, Tagungspublikation, Thema V, Band 2: 59-69.
- Leitfaden zur Kartierung der Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes (Waldfunktionenkartierung). 1974. Henne, A. (ur.). Frankfurt am Main, Sauerlander's Verlag.: 80 str.
- Lindstrom A., Rune G. 1999. Root deformation in containerised scots pine plantations - Effects on stability and stem straightness. *Plant Soil*, 217: 29-37.
- Lovrenčak F. 2007. Zgornja gozdna meja Slovenskih Alp, visokogorskih kraških planot in Prokletij. Ljubljana, Znanstveno raziskovalni inštitut Filozofske fakultete: 217 str.
- Malešič F. 2005. Spomin in opomin gora: Kronika smrtnih nesreč v slovenskih gorah. Radovljica, Didakta: 496 str.
- Margreth S. 2004. Die Wirkung des Waldes bei Lawinen. *Forum für Wissen*: 21-26.
- Markart G., Kohl B., Perzl F. 2006. Der Bergwald und Seine Hydrologische Wirkung - Eine Unterschätzte Größe? LWF – Wissen, Berichte der Bayerischen Landesanstalt für Wald & Forstwirtschaft, 55: 34-43.
- Markart G., Kohl B., Sotier B., Schauer T., Bunza G., Stern R. 2004. Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf Alpinen Boden / Vegetationseinheiten bei Konvektiven Starkregen (Version 1.0). (BFW Dokumentation, 3). Wien: 88 str.
- Markart G., Perzl F., Kohl B., Luzian R., Kleemayr K., Ess B., Mayerl J. 2007. 22. und 23. August 2005 – Analyse von Hochwasser und Rutschungsereignissen in ausgewählten Gemeinden Vorarlbergs. (BFW Dokumentation, 5). Wien: 48 str.
- Mayer H. 1976. Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege. Stuttgart, Gustav Fischer: 436 str.
- McClung D.M. 2001. Characteristics of terrain, snow supply and forest cover for avalanche initiation caused by logging. *Annals of Glaciology*, 32, 1: 223-229.
- Melik A. 1954. Slovenski Alpski Svet. Ljubljana, Slovenska matica: 606 str.
- Meyer-Grass M. 2006. Wald - Waldlawinen: Gefährdete Bestände, Massnahmen, Pflege des Gebirgswaldes. V: Pflege des Gebirgswaldes: Leitfaden für die Begründung und Forstliche Nutzung von Gebirgswaldern. Bischoff N. (ur.). (LWF Wiessen, 55). Freising: 379 str.
- Mikoš M. 2007. Upravljanje tveganj in nova evropska direktiva o poplavnih tveganjih. *Gradbeni vestnik*, 56: 278-285.
- Mikoš M. 2008. Osnove Hudourničarstva: skripta. Ljubljana: 48 str.
- Mikoš M. 2012. Kako se varovati pred hudourniki in masnimi tokovi v gozdnem prostoru? V: Varovalni gozdovi - Presoja naravnih nevarnosti, načrtovanje in gospodarjenje: zbornik razširjenih referatov. Diaci, J. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 53-55.

- Mikoš M., Batistič P., Humar N., Janža M., Komac M., Kranjc P., Pavlič M.U., Petje U., Vilfan M. 2004. Metodologija za določanje ogroženih območij in način razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti zaradi zemeljskih plazov končno poročilo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko: 165 str.
- Moser M. 1980. Zur Analyse von Hangbewegungen in schwach bindigen bis rolligen Lockergesteinen im alpinen Raum anlässlich von Starkniederschlägen. V: *Interpraevent*, Bad Ischl: 121-148.
- Moser M. 1997. Zur Prognose von Massenbewegungen. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 90: 381-391.
- Moser M., Schoger H. 1989. Die Analyse der Hangbewegungen im Mittleren Inntal Anlässlich der Unwetterkatastrophe 1985. *Wildbach und Lawinenverbau*, 53, 110: 1-22.
- Motta R., Haudemand J.C. 2000. Protective forests and silvicultural stability an example of planning in the Aosta Valley. *Mountain Research and Development*, 20 2: 180-187.
- Nilaweera N.S., Nutalaya P. 1999. Role of tree roots in slope stabilisation. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 57, 4: 337-342.
- Novosel J. 1974. Gozdne združbe in rastiščnogojitveni tipi v gozdnogospodarski enoti Tržič. Biro za gozdnogospodarsko načrtovanje: 108 str.
- Občinski prostorski načrt: stanje prostora. 2010. Tržič, Občina: 65 str.
- Ogrin D. 1998. Podnebje. V: *Geografski atlas Slovenije*. Fridl J., Kladnik D., Adamič Orožen M., Perko D. (ur.). Ljubljana, Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti: 110-111.
- Papež J. 2011. Vloga in pomen nadzora nad hudourniški območji ter gospodarjenja z gozdovi na zmanjševanje škodnih učinkov lesenega plavja. V: 22. Mišičev vodarski dan, 6. december 2011. Maribor: 224-229.
- Papež J., Jeršič T., Černivec J. 2010. Strategija varstva pred erozijo in hudourniki v Sloveniji. V: *Naravne nesreče 1: od razumevanja do upravljanja*. Zorn M., Komac M., Pavšek M., Pagon P (ur.). Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU: 113-124.
- Paramount. 2012. Rockfall and snow avalanche hazard mapping using the energy line angle concept: 57 str.
http://www.alpinespace.org/20072013/fileadmin/media/Running_Projects/PARAMount/PARAMount_-_Results/PARAMount_Rockfall_and_snow_avalanche_energy_line_model.pdf
- Pavšek M. 2002a. Simulacija ogroženosti površja zaradi snežnih plazov v Slovenskih Alpah. V: *Geografija in njene aplikativne možnosti: II. Melikovi dnevi, Portorož, 27. in 28. september 2002. (Dela 18)*. Ljubljana, Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta: 115-132.
- Pavšek M. 2002b. Snežni plazovi v Sloveniji. Ljubljana, Založba ZRC, *Geografija Slovenije*, 6: 212 str.
- Pedološka karta Slovenije. 2014. Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta, Infrastrukturni center za pedologijo in varstvo okolja.

- Perret S., Baumgartner M., Kienholz H. 2006. Inventory and analysis of tree injuries in a rockfall-damaged forest stand. *European Journal of Forest Research*, 125: 101-110.
- Petje U., Mikoš M., Majes B. 2005. Modeliranje skalnih podorov – pregled. *Acta hydrotechnica*, 23: 19-38.
- Pintar J. 1969. Erozijska tal - hudourniki - plazovi: začasne smernice za sestavo vodnogospodarskih podlag. Ljubljana, Projektivni biro za urejanje hudournikov.
- Pintar S. 2012. Presoja varovalnega učinka gozda pred snežnimi plazovi na delu ceste na Vršič: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 74 str.
- Plaz na Storžiču odnesel alpinista. 2006. MMC RTV Slovenija (1. 5. 2006)
<http://www.rtvlo.si/crna-kronika/plaz-na-storzicu-odnesel-alpinista/53668> (30. 6. 2015)
- Popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj 2002. 2002. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije.
- Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo. 2010. Ur. l. RS, št. 91/2010.
- Pravilnik o varstvu gozdov. 2009. Ur. l. RS, št. 92/2000, 56/2006 in 114/2009.
- Priročnik za izdelavo gozdnogospodarskih načrtov. 2008. Ljubljana, ZGS.
- Prostorski informacijski sistem Geodetske uprave Republike Slovenije: zbirke digitalnih prostorskih podatkov. 2011. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije.
- Prostorski informacijski sistem občin. 2015.
<http://www.geoprostor.net/PisoPortal/> (29.6.2015)
- Prostorski informacijski sistem Zavoda za gozdove Slovenije: zbirka digitalnih prostorskih podatkov. 2014. Kranj, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Kranj.
- Protokol o izvajanju Alpske Konvencije iz leta 1991 na področju gorskega gozda – Protokol »Gorski Gozd«. 1996: 7 str.
<http://www.alpconv.org/sl/convention/protocols/Documents/20111215%20ProtokolGorskigozdBergwald.pdf> (12. 12. 2013)
- Raetz H., Rickli C. 2007. Rutschungen. V: Bezzola G. R., Hegg C. Ereignisanalyse Hochwasser 2005 - Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung, BAFU / WSL: 195-209.
- Rebernik J. 2013. Proučevanje vpliva padajočega kamenja v varovalnem gozdu na Ljubelju: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 71 str.
- Resolucija o nacionalnem gozdnem programu (ReNGP). 2007. Ur. l. RS, št. 111/2007.
- Ribičič M. 2001. Inženirska Geologija: Skripta. Ljubljana, Oddelek za geologijo Naravoslovno-tehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

- Rice R. 1977. Forest management to minimize landslide risk. V: Guidelines for watershed management. Kunkla, S., Thames, J. (ur.). Rome, FAO: 271-286.
- Rickli C. (ur.) 2001. Vegetationswirkungen und Rutschungen. Untersuchung zum Einfluss der Vegetation auf Oberflächennahe Rutschprozesse an Hand der Unwetterereignisse in Sachseln OW am 15. August 1997. Bern, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmendorf und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: 99 str.
- Rickli C., Bucher H. 2003. Oberflächennahe Rutschungen, Ausgelöst durch die Unwetter vom 15.-16.07.2002 im Napfgebiet und vom 31.08.-01.09.2002 im Gebiet Appenzell. Projektbericht zuhanden des Bundesamtes für Wasser und Geologie BWG. WSL Birmensdorf: 96 str.
- Rickli C., Graf F. 2009. Effects of forests on shallow landslides – case studies in Switzerland. Forest snow and Landscape Research, 82, 1: 33-44.
- Rickli C., Graf F., Gerber W., Frei M., Böll A., 2004. Der Wald und seine Bedeutung bei Naturgefahren Geologischen Ursprungs. V: Shutzwald und Naturgefahren. Landolt R. (ur.). (Forum für Wissen 2004). Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft: 27-34.
- Rickli C., Zimmerli P., Boll A. 2001. Effects of vegetation on shallow landslides: an analysis of the events of august 1997 in Sachseln, Switzerland. V: International conference on landslide causes, impacts and countermeasures. Kühne M in sod. (ur.). Essen, Verlag Glückauf: 575-584.
- Rickli C., Zurcher K., Frey W., Luscher P. 2002. Wirkungen des Waldes auf Oberflächennahe Rutschprozesse. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 153: 437-445.
- Saje S. 2009. Umrl alpinist Filip Bence. Gorenjski glas (6. 4. 2009)
<http://www.gorenjskiglas.si/article/20090406/C/304069980/1119/1013/umrl-alpinist-filip-bence>
(30. 6. 2015)
- Sakals M. E., Innes J. L., Wilford D. J., Sidle R. C., Grant G. E.. 2006. The role of forests in reducing hydrogeomorphic hazards. Forest snow landscape research, 80, 1: 11-22.
- Sidle R. C. 1991. A conceptual model of changes in root cohesion in response to vegetation management. Journal of environmental quality, 20, 1: 43-52.
- SilvaProtect-CH. 2004.
<http://www.bafu.admin.ch/naturgefahren/01920/01964/index.html?lang=de>. (15. 3. 2015)
- Skudnik M., Kušar G. 2011. Use of 3d process-based model to determine forests protecting against rockfall – Case study Kamniška Bistrica. Acta Geographica Slovenica, 51, 2: 253-276.
- Smole I. 1971. Gozdne združbe in rastiščnogojitveni tipi v gozdnogospodarski enoti Jezersko. Ljubljana, Biro za gozdnogospodarko načrtovanje: 104 str.
- Stanovnik V. 2014. Nesreča le nesrečno naključje. Gorenjski glas (7. 8. 2014)
<http://www.gorenjskiglas.si/apps/pbcs.dll/article?AID=/20140807/C/140809872/1016/nesreca-le-nesrečno-naključje-&template=printart> (30. 6. 2015)
- Statistični urad Republike Slovenije. 2015.

<http://www.stat.si/statweb> (18. 7. 2015)

- Steinacher R., Medicus G., Fellin W., Zangerl C. 2009. The influence of deforestation on slope (In) stability. *Austrian journal of earth sciences*, 102, 2: 90-99.
- Stokes A. 2002. Biomechanics of tree root anchorage. V: *Plant Roots – the Hidden Half*. 3rd Ed. Waisel Y., Eshel A., Kafkafi L. (ur.). New York, CRC Press: 175-186.
- Stokes A., Salin F., Kokutse A. D., Berthier S., Jeannin H., Mochan S., Dorren L. K. A., Kokutse N., Abd. Ghani M., Fourcaud T. 2005. Mechanical resistance of different tree species to rockfall in the French Alps. *Plant and Soil*, 278, 1-2: 107-117.
- Suhadolnik P. 2007. Urejanje hudournikov in varstvo okolja na primeru Podlipščice: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 66 str.
- Šegula P. 1986. Sneg, led, plazovi: priročnik za planince, smučarje in druge. Ljubljana, Planinska založba Slovenije: 301 str.
- Thielen A. 2007. Einfluss der Bodensättigung auf die Stabilität von Hängen. ETH Zürich.
- Tobias S. 2003. Einführung in die Ingenieurbiologie Skriptum: 35 str.
- Urbančič M., Simončič P., Prus T., Kutnar L. 2005. Atlas gozdnih tal Slovenije. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije: 100 str.
- Uredba o varovalnih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom. Ur. l. RS, št. 88/2005, 56/2007, 29/2009, 91/2010, 1/2013.
- Vacchiano G., Motta R., Long J. N., Shaw J. D. 2008. A density management diagram for Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.): A tool for assessing the forest's protective effect. *Forest Ecology and Management*, 255, 7: 2542-2554.
- Viglietti D., Letey S., Motta R., Maggioni M., Freppaz M. 2009. Snow and Avalanche: The Influence of Forest on Snowpack Stability. V: *International snow science workshop Davos: proceedings*. Schweizer J., von Herwijnen A. (ur.). Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research: 323-327.
- Volk M. 2010. Snežni Plazovi v Karavankah: diplomsko delo. (Univerza na primorskem, Fakulteta za humanistične študije Koper). Koper, samozal.: 111 str.
- Vreme podrobneje. (2013)
- <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/> (9. 12. 2013)
- Waldwirtschaft und Naturschutz - Grundsatzerklärung der ANW. 1991. *Dauerwald* 5: 54-61.
- Wasser B., Frehner M. 1996. Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): 228 str.
- Watson A., Phillips C., Marden M. 1999. Root strength, growth, and rates of decay: Root reinforcement changes of two tree species and their contribution to slope stability. *Plant and Soil*, 217, 1-2: 39-47.

- Wehrli A., Brang P., Maier B., Duc P., Binder F., Lingua E., Ziegner K., Kleemayr K., Dorren L. A. K. 2007. Schutzwaldmanagement in den Alpen – Eine Übersicht, Management of Protection Forests in the Alps – an Overview. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 158, 6: 142-156.
- Weir P. 2002. Snow avalanche management in forested terrain. *Land management handbook*, 55. Victoria, British Columbia: 190 str.
- Zakon o gozdovih. Ur. l. RS, št. 30/1993, 56/1999, 67/2002, 110/2002, 115/2006, 110/2007, 106/2010, 63/2013, 101/2013, 17/2014.
- Zampa F., Ciolli M., Cantiani M. G. 2004. A GIS procedure to map forests with a particular protective function. *Geomatic Workbooks*, 3: 1-23.
- Zbirka grafičnih podatkov o snežnih plazovih za Občini Tržič in Jezersko - snpl_Tržič_Jezersko.shp. 2014. Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika.
- Zhou Y., Watts D., Li Y., Cheng X. 1998. A case study of effect of lateral roots of *Pinus Yunnanensis* on shallow soil reinforcement. *Forest ecology and management*, 103, 2-3: 107-120.
- Ziemer R. 1981. The role of vegetation in the stability of forested slopes. V: *International Union of Forestry Research Organizations, XVII World Congress*, Japan: 297-308.
- Zorn M., Komac B. 2008. *Zemeljski plazovi v Sloveniji*. Ljubljana: Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Georitem, 8: 159 str.
- Zupančič M., Seliškar A. in Žagar V. 1998: *Rastlinstvo*. V: *Geografski atlas Slovenije*. Fridl J., Kladnik D., Adamič Orožen M., Perko D. (ur.). Ljubljana, Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti: 116-119.

ZAHVALA

Velika zahvala gre v prvi vrsti staršem in mojim puncam, ki so tekom študija in predvsem v zaključni fazi študija verjeli vame, me vzpodbujali in mi pomagali ustvariti pogoje za delo.

Zahvaljujem se mentorju dr. Andreju Bončini za vzpodbudo in vse podane usmeritve in pripombe tekom celotnega študija.

Zahvaljujem se prof. dr. Juriju Diaciju in prof. dr. Matjažu Mikošu za podane usmeritve in pripombe.

Zahvaljujem se dr. Alešu Poljancu za pomoč pri statističnih obdelavah, dr. Tini Simončič in mag. Nataši Zaplotnik za lektoriranje.

Zahvaljujem se tudi sodelavcem na Zavodu za gozdove OE Kranj in Biotehniški fakulteti na oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, ki so si vzeli čas za moja vprašanja in razmišljanja.

Na koncu se želim zahvaliti vsem, ki so kakorkoli, pa čeprav z drobnimi nasveti, pripomogli k izdelavi naloge.

PRILOGE

Priloga A: Razvrstitev geoloških podlag glede na verjetnost pojava erozijskih procesov (prirejeno po Klabus, 2009)

| Geološka podlaga | Ocena |
|---|-------|
| barjanske, jezerske zemljine (glina, melj, šota) pretežno glinaste zemljine (skrilavi) glinavci z vložki drugih kamnin metamorfni skrilavci ali filiti glinaste, lapornate kamnine | 1 |
| menjavanje različnih zemljin (prod, pesek, glina, itd.) laporovec prevladuje nad drugimi kamninami laporovec in peščenjak (fliš) z vložki drugih kamnin menjavanje različnih zemljin in kamnin (lapor, pesek, peščenjak, kongl. prod, glina itd.) peski | 2 |
| gruščnate (prevladuje debela fr.), morene prod in peščen prod rudniški odvali – halde; nasipi, zemeljske pregrade; odlagališča komunalnih in drugih odpadnih snovi metamorfne kamnine – menjavanje skrilavih in masivnih | 3 |
| klastiti (peščenjaki in konglomerati in drugi) z vložki drugih kamnin piroklastiti (tufi) z drugimi kamninami litotamnijski apnenci s klastičnimi kamninami in laporovcem konglomerat (peščenjak) z možnimi vključki zemljin | 4 |
| blestniki in gnajsi (lahko z vključki amfibolitov, eklogitov, marmorjev, ...) predornine (trahiti, daciti, andeziti, diabazi, bazalti, spiliti, doleriti, varioliti) dolomiti apnenci z laporovci apnenci z vložki drugih kamnin | 5 |
| apnenci in dolomiti ploščasti apnenci; litotamnijski apnenec in različki apnenčevi konglomerati in breče skladoviti in grebenski apnenci tonalit, dacit, granodiorit | 6 |

Priloga B: Varovalni pomen gozdnih združb (prirejeno po Priročnik za ..., 2008)

| Združba | Stopnja varovalne funkcije |
|--|----------------------------|
| <i>Polysticho lonchitis-Fagetum</i> var. geogr. <i>Salix waldsteiniana</i> | 1 |
| <i>Ribeso alpini-Piceetum</i> | 1 |
| <i>Genisto januensis-Pinetum silvestris</i> | 1 |
| <i>Fraxino orni-Pinetum nigrae</i> | 1 |
| <i>Vaccinio myrtilli-Pinetum sylvestris</i> var. geogr. <i>Castanea sativa</i> | 1 |
| <i>Quercu-Ostryetum carpiniifoliae</i> | 1 |
| <i>Ostryo carpiniifoliae-Fraxinetum orni</i> | 1 |
| <i>Rhodothamno-Laricetosum</i> | 1 |
| <i>Rhodothamno-Pinetum mugo</i> | 1 |
| <i>Alnetum glutinosae</i> | 2 |
| <i>Alnetum incanae</i> | 2 |
| <i>Salicetum albae</i> | 2 |
| <i>Anemone trifolio-Fagetum</i> var. geogr. <i>Helleborus niger</i> | 2 |
| <i>Ostryo-Fagetum</i> var. geogr. <i>Anemone trifolia</i> | 2 |
| <i>Arunco-Fagetum</i> | 2 |
| <i>Luzulo-Fagetum</i> var. geogr. <i>Cardamine trifolia</i> | 2 |
| <i>Tilio-Aceretum platanoides</i> | 2 |
| <i>Dentario polyphyllae-Aceretum</i> | 2 |
| <i>Hacquetio-Fraxinetum excelsior</i> | 2 |
| <i>Carici remotae-Fraxinetum</i> | 2 |
| <i>Quercu roboris-Carpinetum</i> | 3 |
| <i>Carici albae-Carpinetum betuli</i> | 3 |
| <i>Hacquetio-Fagetum</i> var. geogr. <i>Anemone trifolia</i> | 3 |
| <i>Lamio orvale-Fagetum</i> var. geogr. <i>Dentaria pentaphyllos</i> | 3 |
| <i>Ranunculo platanifolii-Fagetum</i> var. geogr. <i>Hepatica nobilis</i> | 3 |
| <i>Blechno-Fagetum</i> | 3 |
| <i>Homogyno sylvestris-Fagetum</i> | 3 |
| <i>Abies-Larix</i> | 3 |
| <i>Luzulo-Fagetum</i> var. geogr. <i>Cardamine trifolia</i> | 3 |
| <i>Homogyno sylvestris-Fagetum</i> | 3 |
| <i>Galio rotundifolii-Abietetum</i> | 3 |
| <i>Bazzanio-Abietetum</i> | 3 |
| <i>Adenostylo glabrae-Piceetum</i> | 3 |
| <i>Mastigobryo-Piceetum</i> | 3 |
| <i>Sphagno-Piceetum</i> var. geogr. <i>Carex brizoides</i> | 3 |