

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2018/44

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	V4-1422	
Naslov projekta	Učinki žleda na gozdove glede na sestojne in talne značilnosti Ice storm effects on forests in relation to stand and soil characteristics	
Vodja projekta	16067 Andrej Kobler	
Naziv težišča v okviru CRP	2.03.04 Učinki žleda na gozdove glede na sestojne in talne značilnosti	
Obseg efektivnih ur raziskovalnega dela	1864	
Cenovna kategorija	C	
Obdobje trajanja projekta	07.2014 - 06.2017	
Nosilna raziskovalna organizacija	404	Gozdarski inštitut Slovenije
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	481 618	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	4 4.01 4.01.01	BIOTEHNIKA Gozdarstvo, lesarstvo in papirništvo Gozd - gozdarstvo
Družbeno-ekonomski cilj	02.	Okolje
Raziskovalno področje po šifrantu FORD/FOS	4 4.01	Kmetijske vede in veterina Kmetijstvo, gozdarstvo in ribištvo

2. Sofinancerji

	Sofinancerji		
1.	Naziv		
	Naslov		

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

V projektu smo analizirali rastiščne in sestojne lastnosti ter način gospodarjenja, ki gozdove naredijo bolj odporne na žled ter gozdnogospodarske in gozdnogojitvene ukrepe v kontekstu problemov kot so velike površine brez zastora z nezadostnim pomlajevanjem, zaradi sanacije poškodovana tla, prevlada ekonomsko manjvrednih pionirskih vrst po sanaciji ter prilagajanje na spremembe podnebja in na ujme v prihodnosti.

Cilji projekta so bili:

1. Iz literature povzeti za Slovenijo uporabne ugotovitve.
2. Zbrati ter analizirati podatke o stopnjah poškodb vzdolž različnih gradientov.
3. Preveriti in napovedati odpornosti gozdov.
4. Oceniti učinke žledoloma leta 2014 na razvoj gozdov v prihodnosti.
5. Predlagati optimalne gozdnogospodarske in gozdnogojitvene ukrepe po opravljeni sanaciji.
6. Poskrbeti za prenos rezultatov projekta k uporabnikom.

Izvedli smo terenski popis posledic katastrofalnega žleda iz januarja 2014. S slučajnostnim stratificiranim dvostopenjskim vzorčenjem smo popisali 675 ploskev in 11482 dreves. Podatke smo združili s številnimi prostorskimi bazami podatkov in jih analizirali na ravni posameznega drevesa in na ravni ploskve.

Izdelana je bila androidna tablična aplikacija za racionalizacijo vnosa podatkov na terenu in logično kontrolo podatkov pri vnosu. Razvita je bila spletna aplikacija VegX za analizo vegetacijskega stresa s pomočjo satelitskih podatkov. Razvit je bil GIS model za oceno debeline žledu in oceno nevarnosti žledoloma s prostorsko ločljivostjo 1 km z možnostjo napovedi za naslednjih 12 ur.

Preverili smo izhodišča o morebitnih referenčnih vrednostih za skupine gozdnih rastiščnih tipov, po katerih bomo ocenjevali spremembe strukturnih značilnosti po sanaciji žleda. Na podlagi podatkov iz stalnih vzorčnih ploskev, zbranih pred žledom, smo preizkusili metodologijo, ki se opira na ocenjene spremembe sestojnih gostot in zlasti zmanjšanja lesnih zalog, do katerih bo prišlo med sanacijo gozdov. Na podlagi analize podatkov je mogoče sklepati, da so raznodobni sestoji s premajhno gostoto in majhno debelinsko pestrostjo občutljivejši na poškodbe zaradi žleda. Za gozdne sestoe na območjih večje poškodovanosti smo ocenili, da so bile pred žledom zanje značilne nižje vrednosti sestojnih gostot (SDI) in nižje vrednosti Shannonovega indeksa za debelinsko strukturo temeljnice.

Izvedli smo dvodnevno delavnico in konferenco, katere tema je bilo dolgoročno gozdnogojitveno in gozdnogospodarsko ukrepanje po končani sanaciji posledic žledoloma. Namen delavnice je bil znanje in raziskave o ukrepih po ujmah predstaviti širši strokovni javnosti.

Izdali smo monografijo, v kateri predstavljamo smernice za gospodarjenje, ki temeljijo na sintezi izsledkov preteklih raziskav žledolomov in na bazi terenskih podatkov o vzorcih poškodb nastalih kot posledica žleda leta 2014. V monografiji predstavljamo sintezo, v kateri obravnavamo številna pomembna vprašanja povezana z žledolomi v okviru večnamenskega gospodarjenja z gozdovi in splošnega režima motenj v gozdovih Slovenije.

ANG

The project analyzed site and stand-related forest attributes and the management options and silvicultural measures in order to make forest more resilient to ice storms in the context of issues such as large area deforestation with insufficient rejuvenation, damaged soil, dominance of economically inferior pioneer tree species after salvage cuts, adaptation to climate change, and the expected future forest catastrophes.

The project goals included the following:

1. Extracting literature state-of-the-art relevant for Slovenia
2. Assembling ice storm damage data along several gradients

3. Checking and forecasting forest resilience
4. Estimating effects of 2014 ice storm on future development of forests
5. Propose optimal forest management and silvicultural measures after the salvage cuts
6. Disseminate the project results to users

A field inventory of 2014 catastrophic ice storm effects has been made. Random stratified two-stage sampling was used to describe 675 sampling plots with 11482 trees. The field data were integrated with a number of spatial databases and analyzed at the stand- and tree levels.

An android tablet app was developed to streamline data input in the field and to insure logical control during data input. Another app called VegX was developed to analyze vegetation stress based on satellite data. Finally, a GIS model was set up to estimate ice thickness and estimate the risk of ice storm for the next 12 hours period at a spatial resolution of 1 km.

The assumption about possible reference values for groups of forest types were checked to estimate change of forest structural parameters after the salvation cuts. Based on permanent plot data from before the ice storm we tested a methodology which is based on estimation of forest densities and decreases of growing stock caused by the salvation cuts. This analysis gave rise to reasoning that uneven-aged stands with low density are more prone to ice storm damage. The most damaged stands were found to have lower stand density index values (SDI) and lower Shannon index values of DBH basal structure. A two-day workshop and conference were held dedicated to long-term silvicultural and forest management after ice storm salvation cuts. The workshop goal was to disseminate the know-how and the findings to broader forestry community.

A monograph was published to present the management guidelines based on synthesis of available literature and our own findings on 2014 ice storm effects. We present an synthesis of answers dealing with ice storm issues within a framework of multi-purpose sustainable forestry and general regime of forest disturbance in Slovenia.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela oz. ciljev raziskovalnega projekta²

Delovni sklop 1 – Koordinacija (nosilec Andrej Kobler, Gozdarski inštitut Slovenije)

Koordinacija je potekala kontinuirano. Fazna poročila za MKGP in za ARRS so bila sproti oddajana ob rokih.

Delovni sklop 2 - Pregled obstoječih izkušenj in pregled literature (nosilec Aleksander Marinšek, Gozdarski inštitut Slovenije)

Zbrali smo večino domače in tuje relevantne literature o rezultatih raziskav, ki se tičejo problematike poškodovanosti gozdov zaradi žleda. Objavljen je bil pregledni članek o žledu kot pojavu, njegovemu vplivu na gozdni ekosistem, vrstah poškodb, ki jih povzroča ter dejavnikih, ki vplivajo na vrsto in intenziteto poškodovanosti gozdnih sestojev ter posameznih dreves.

Delovni sklop 3 - Ocena posledic žleda na gozdove glede na različne strukture sestojev, tipe gozdnih tal in način preteklega gospodarjenja (nosilec Andrej Kobler, Gozdarski inštitut Slovenije)

Izvedli smo terenski popis posledic katastrofalnega žleda iz januarja 2014. Šifrant je bil oblikovan s ciljem ugotoviti razlike v poškodovanosti gozdov glede na sestojne strukture pred žledom, topografske gradiente, matično podlago in tla.

Izhodišče za umeščanje terenskega vzorca v prostor je bil prostorski pregled škode po žledolomu (ZGS, april 2014). Vzorčenje je bilo slučajnostno stratificirano dvostopenjsko. Baza terensko zbranih podatkov obsega sestojne in dendrometrične podatke ter podatke o poškodbah dreves za 675 ploskev in 11482 dreves.

Terensko zbrane podatke smo analizirali na tri komplementarne načine:

- Identifikacija vplivnih spremenljivk in smeri njihovega vpliva s statistično analizo na ravni posameznega drevesa z metodo Ordinal regression with random effect. Ciljna spremenljivka (poškodovanost drevesa) je zajeta na treh hierarhičnih ravneh - tip poškodovanosti, odlomljenost vrha in zmanjšanje volumna krošnje.
- Prepoznavanje ključnih pragov vrednosti pojasnjevalnih spremenljivk na ravni drevesa in prikaz njihovih interakcij z metodo podatkovnega rudarjenja. Ciljna spremenljivka (poškodovanost drevesa) je zajeta na treh hierarhičnih ravneh - tip poškodovanosti, odlomljenost vrha in zmanjšanje volumna krošnje. Tretja raven je dodatno prikazana samostojno.
- Zmanjšanje sestojne temeljnice na ravni ploskev glede na vplivne spremenljivke.

Delovni sklop 4 - Preverjanje odpornosti gozdov na žled v različnih rastiščnih in sestojnih razmerah (nosilec Nikica Ogris, Gozdarski inštitut Slovenije)

Izdelana je bila androidna aplikacija za vnos podatkov pri izvajanju terenskega popisa, ki je z off-line navigacijo do ploskev izjemno racionalizirala terensko delo in z logičnim preverjanjem izločila večino grobih napak pri vnosu podatkov. Del aplikacije je spletni kartni pregledovalnik, ki poenostavlja načrtovanje terenskega dela in logistiko.

Razvita je bila spletna aplikacija VegX, s katero je mogoče pregledovati in analizirati vegetacijski stres na podlagi vegetacijskih indeksov, izračunanih iz posnetkov satelitov MODIS in Proba-V.

Razvit in v spletnem GIS je bil objavljen model za oceno debeline žledu in oceno nevarnosti žledoloma s prostorsko ločljivostjo 1 km z možnostjo napovedi trenutnega stanja in napovedi za naslednjih 12 ur. Model se samodejno izračuna vsako uro iz podatkov sistema INCA (ARSO).

Z integracijo podatkov o preteklih sanitarnih posekih Zavoda za gozdove smo izdelali prostorsko posplošen model dovzetnosti gozdov na žledolom.

Delovni sklop 5 - Ocena učinkov žledoloma leta 2014 na razvoj gozdov v prihodnosti (nosilec David Hladnik, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo)

Vpliv sestojne zgradbe na morebitne razlike v poškodovanosti gozdov na območju žledoloma smo ocenili v treh po površini najpomembnejših gozdnih rastiščnih tipih na Slovenskem. Analize v gospodarskih gozdovih smo dopolnili z oceno poškodovanosti v treh gozdnih rezervatih na osrednjem območju poškodovanih gozdov (Gozdni rezervati Pleša, Obramec in Risov žleb). Po presenetljivo majhnih površinskih razsežnostih poškodovanih gozdov, ki smo jih ocenili v treh gozdnih rezervatih na osrednjem območju žledoloma, smo analizo razširili na območje gospodarskih gozdov v treh gozdnogospodarskih enotah (Planina, Pivka jama, Unec). Uporabili smo lidarske podatke iz leta 2015 in iz njih izpeljan model digitalnega modela površja (Kobler 2016). Na podlagi teh podatkov smo na območju treh gozdnogospodarskih enot ocenili površinsko strukturo vrzeli, večjih od 5 m².

Morebitne razlike v poškodovanosti raznodobnih sestojev in njihovih sestojnih gostotah smo preverili na novih vzorčnih ploskvah, postavljenih po žledu na celotnem območju slovenskih gozdov. Na podlagi analize linearnih mešanih modelov, v katerih smo analizirali podatke, zbrane na teh vzorčnih ploskvah, je mogoče sklepati, da so raznodobni sestoji s premajhno gostoto in majhno debelinsko pestrostjo občutljivejši na poškodbe zaradi žleda. Najpomembnejši izsledki izvirajo iz jelovo-bukovih gozdov na karbonatnih in mešanih kamninah. Za gozdne sestoe na območjih večje poškodovanosti smo ocenili, da so bile pred žledom zanje značilne nižje vrednosti sestojnih gostot (SDI) in nižje vrednosti Shannonovega indeksa za debelinsko strukturo temeljnice. Debelinska struktura jelovo-bukovih sestojev z večjimi sestojnimi gostotami je po žledu na območjih srednje poškodovanosti ugodnejša, kot je bila debelinska struktura gozdnih sestojev z nižjimi vrednostmi SDI pred žledom.

Pripravili smo kontinuirano časovno serijo povprečnih vrednosti izbranih vegetacijskih indeksov / indikatorjev suše znotraj GGE. Pri tem smo pozornost posvečali predpripravi posnetkov (radiometrični in topografski popravki, identifikacija in odstranitev oblakov), s čimer zagotavljajo primerljivo serijo podatkov za satelitski monitoring gozdov. Vzpostavili smo enomesečno obnavljanje ter sproti prenos podatkov na spletni pregledovalnik.

Delovni sklop 6 - Predlog optimalnih gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih ukrepov po opravljeni sanaciji (Thomas Nagel, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo)

Izvedli smo dvodnevno delavnico in konferenco, z naslovom »Pogled na žled – Gozdnogospodarski in gozdnogojitveni ukrepi po ujmah večjih razsežnosti« - skupaj s projektoma V4-1438 »Zagotavljanje gozdnega reprodukcijskega materiala za potrebe obnove gozdov ob naravnih ujmah večjega obsega ter ob pričakovanih spremembah pravnih zahtev« in V4-1420 »Presoja in optimizacija načrtovanja in izvajanja nege mladega gozda v Sloveniji«. Namen delavnice je bil znanje in raziskave o ukrepih po ujmah predstaviti širši strokovni javnosti (160 udeležencev).

Izdali smo monografijo, v kateri predstavljamo smernice za gospodarjenje, ki temeljijo na sintezi izsledkov preteklih raziskav žledolomov in na terenskih podatkih o poškodbah zaradi žleda leta 2014. Z vidika odpornosti so na ravni dreves prisotne vrstno specifične razlike v dovzetnosti za poškodbe zaradi žledu, medtem ko imamo na ravni sestojev opravka z razlikami v dovzetnosti med različnimi tipi sestojne zgradbe (enomerni - raznomerni). Kadar je bilo mogoče smo poskušali pojasniti tudi kako razlike v rastiščnih dejavnikih (npr. reliefne in talne značilnosti) vplivajo na pojavnost oz. vzorce poškodb in posledično tudi na priporočila za gospodarjenje. Zaključno poglavje monografije predstavlja sintezo, v kateri obravnavamo številna pomembna vprašanja povezana z žledolomi v okviru večnamenskega gospodarjenja z gozdovi in splošnega režima motenj v gozdovih Slovenije. Obenem pa to poglavje vključuje tudi povzetek glavnih priporočil za gospodarjenje z gozdovi.

Delovni sklop 7 – Diseminacija (nosilec Peter Železnik, Gozdarski inštitut Slovenije)

Izdelali smo spletno stran projekta (zled.gozdis.si), ki prikazuje dosežke projekta. Sodelovali smo na več mednarodnih konferencah, objavili pa smo naslednja dela:

ROŽENBERGAR, D., (Ur.), Nagel, T.A., (Ur.) 2017. Žledolomi in gojenje gozdov v Sloveniji. Monografija. Studia Forestalia Slovenica, 158.

BAŠA, M., 2016. Razvojna dinamika dveh gozdnih rezervatov na območju žledoloma : magistrsko delo - 2. stopnja. Ljubljana, UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 67 str.

DIACI, Jurij (ur.), KOBLER, Andrej (ur.), KRAIGHER, Hojka (ur.). Pogled na žled : zbornik povzetkov. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, Silva Slovenica, 2015, str. 13-15.

[COBISS.SI-ID 4102054]

KOBLER A., DE GROOT M., KOBAL M. 2016. Analiza podatkov terenskega popisa posledic žleda januarja 2014. Projekt CRP Učinki žleda na gozdove glede na sestojne in talne značilnosti. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 78 str.

MARINŠEK, Aleksander (avtor, fotograf), CELARC, Bogomir, GRAH, Andrej, KOKALJ, Žiga, NAGEL, Thomas Andrew, OGRIS, Nikica, OŠTIR, Krištof, PLANINŠEK, Špela, ROŽENBERGAR, Dušan, VELJANOVSKI, Tatjana, VOCHL, Saša, ŽELEZNIK, Peter, KOBLER, Andrej. Žledolom in njegove posledice na razvoj gozdov - pregled dosedanjih znanj = Impacts of ice storms on forest development - a review. Gozdarski vestnik, ISSN 0017-2723, okt. 2015, letn. 73, št. 9, str. 392-405, ilustr. [COBISS.SI-ID 4228774]

NAGEL, Thomas Andrew, FIRM, Dejan, ROŽENBERGAR, Dušan, KOBAL, Milan. Patterns and drivers of ice storm damage in temperate forests of Central Europe. European journal of forest research (Print), ISSN 1612-4669, 2016, vol. , iss. , str. , ilustr.

<http://dx.doi.org/10.1007/s10342-016-0950-2>, doi: 10.1007/s10342-016-0950-2.

[COBISS.SI-ID 4348070]

NAGEL, Thomas Andrew, FIRM, Dejan, ROŽENBERGAR, Dušan, PISEK, Rok, MIHELČ, Tomaž. Slovenia's extreme case of integrative forest management and implications for biodiversity conservation. V: 2nd international conference on forests. [S. l.]: Bavarian Forest National Park, 2017, str. 31. http://www.nationalpark-bayerischer-wald.de/doc/nationalpark/forschung/conference/conference_guide_2017.pdf. [COBISS.SI-ID 4785062]

OGRIS Nikica, Neva PRISTOV, Andrej KOBLER. 2016. Model za kratkoročno napoved pojava žledoloma v Sloveniji. Napovedi o zdravju gozdov, 2016. URL:

http://www.zdravgozd.si/prognoze_zapis.aspx?idpor=29

OPEKA, R., 2016. Ocena sestojne zgradbe v gozdnem rezervatu Pleša : diplomsko delo -

visokošolski strokovni študij - 1. stopnja. Ljubljana, UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 34 str.

ROŽENBERGAR, Dušan. Regeneration after ice storm and salvage logging - a case study. V: 2nd international conference on forests. [S. l.]: Bavarian Forest National Park, 2017, str. 105. http://www.nationalpark-bayerischer-wald.de/doc/nationalpark/forschung/conference/conference_guide_2017.pdf. [COBISS.SI-ID 4783526]

ROŽENBERGAR, Dušan, NAGEL, Thomas Andrew, ROZMAN, Andrej, FIRM, Dejan, KOCJAN, Darja, DIACI, Jurij. Natural disturbances as a basis for adapted silvicultural measures. V: AYAN, Sezgin (ur.). Abstract book. Kastamonu: [s. n.], 2015, str. 27-30, ilustr. [COBISS.SI-ID 4180390]

ROŽENBERGAR, Dušan, NAGEL, Thomas Andrew, DIACI, Jurij. From natural disturbance to uneven-aged forest management. V: The science and art of uneven-aged silviculture : a biennial meeting of the IUFRO 1.05.00, uneven-aged silviculture working group. [Little Rock: s.n.], 2016, str. 73-74. [COBISS.SI-ID 4435366]

RUPNIK, Luka. Strukturne spremembe in dinamika vrzeli v gospodarskih gozdovih GGE Trnovo : magistrsko delo - 2. stopnja = Structural changes and gap dynamics in management forests of GGE Trnovo : M. Sc. Thesis - master study programmes. Ljubljana: [L. Rupnik], 2014. 82 str., ilustr. http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/gozdarstvo/mdb_rupnik_luka.pdf. [COBISS.SI-ID 3953318]

PLANINŠEK, GRAH, VOCHL, OGRIS, 2015. Uporaba tablične aplikacije v gozdarstvu : študij primera - žledolom 2014. Gozdarski vestnik , 73/3, str. 145-154.

TOMŠIČ, Gašper, 2017, Uspešnost naravne obnove v sestoji močno poškodovanemu po žledolomu 2014, Diplomsko delo, , Gozdarstvo - VS BSc, v postopku.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Program je bil realizira in zastavljeni cilji doseženi. Spodnji seznam prikazuje dosežke projekta in ti so tudi na voljo v elektronski obliki na spletni strani projekta. Izsledki 13 je bil izdan tudi kot tiskana monografija.

Izsledki 1. Povzetek relevantnega znanja (state-of-the-art): Rezultat delovnega sklopa 2 (DS2).

Izsledki 2. Zbirka terenskih podatkov o prizadetih sestojih: Rezultat DS3.

Izsledki 3. Analiza povezav med poškodbami po žledu in vplivnimi faktorji: Rezultat DS3 so statistične povezave med poškodbami po žledu in vplivnimi faktorji za reprezentativni vzorec v letu 2014 poškodovanih gozdov. Podlaga za definiranje smernic ukrepov v DS6.

Izsledki 4. Karta možnosti pojava žleda v Sloveniji: Rezultat DS4 je s podatki žleda 2014 dopolnjena karta območij glede na ogroženost zaradi žleda.

Izsledki 5. Podatkovna zbirka preteklih žledolomov v Sloveniji: Rezultat DS4.

Izsledki 6. Model ter karta občutljivosti slovenskih gozdov na žledolom: Rezultat DS4.

Izsledki 7. Model za kratkoročno napovedovanje žleda do 2 dni: Rezultat DS4 je model za kratkoročno napovedovanje žleda na podlagi podatkov meteorološkega modela ALADIN.

Izsledki 8. Androidna aplikacija za terenski zajem podatkov o žledolomu, značilnostih sestoji in rastišča: Rezultat DS4, ki olajšuje delo in izboljšala kvaliteto rezultatov pri zbiranju terenskih podatkov v okviru DS3, s potencialom za razširitev funkcionalnosti za potrebe Zavoda za gozdove.

Izsledki 9. Spletni GIS za prikaz rezultatov projekta: Rezultat DS4, omogoča interaktivni prikaz najbolj zanimivih rezultatov projekta.

Izsledki 10. Scenariji razvoja gozdov za modelne raziskovalne objekte: Rezultat DS5, omogočajo posplošitev na raven rastiščno gojitvenih razredov.

Izsledki 11. Presoja učinkov žleda na gozd v skladu s scenariji: Rezultat DS5.

Izsledki 12. Sistem za satelitsko spremljanje indikatorjev delovanja gozdnih ekosistemov na ravni GGE za vso Slovenijo: Rezultat DS5, na podlagi brezplačno razpoložljivih satelitskih ob vsakem preletu satelita (približno na 2 tedna) prikaže merljive indikatorje delovanja gozdnega ekosistema na ravni GGE za vso Slovenijo.

Izsledki 13. Strokovna monografija z gozdnogojitvenimi in gozdnogospodarskimi usmeritvami po končani sanaciji: Rezultat DS6, vključuje vse teme projekta, namenjena je vsem, ki usmerjajo razvoj privatnih in državnih gozdov poškodovanih v žledolomu leta 2014.

Izsledki 14. Konferenca in terenska delavnica za neposreden prenos znanja in izsledkov raziskave v prakso: Rezultat DS6.

Izšledek 15. Letna srečanja z udeleženci, naročniki in uporabniki raziskave.
 Izšledek 16. Spletna stran projekta.
 Izšledek 17. Objava izvirnih znanstvenih in strokovnih člankov.

6. Spremembe programa dela raziskovalnega projekta oziroma spremembe sestave projektne skupine⁴

Sprememb programa dela ni bilo.

Sprememba projektne skupine: Dr. Milan Kobal se je prezaposlil iz Gozdarskega inštituta Slovenije na Oddelek za gozdarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, s čimer pa je ostal del projektne skupine.

7. Najpomembnejši dosežki projektne skupine na raziskovalnem področju⁵

	Dosežek		
1.	COBISS ID	290696960	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Žledolomi in gojenje gozdov v Sloveniji
		ANG	Ice storms and silviculture in Slovenia
	Opis	SLO	Monografija, ki povzema metode, ugotovitve in smernice CRP projekta "Učinki žleda na gozdove glede na sestojne in talne značilnosti"
		ANG	Monograph summarizing methods, findings and guidelines of the CRP project "Ice storm effects on forests in relation to stand and soil characteristics"
	Objavljeno v	Založba Silva Slovenica, Gozdarski inštitut Slovenije; 2017; 103 str.; Avtorji / Authors: Roženberger Dušan, Nagel Thomas Andrew	
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija	
2.	COBISS ID	4348070	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vzorci in vzroki škode po žledu v zmernih gozdovih Srednje Evrope
		ANG	Patterns and drivers of ice storm damage in temperate forests of Central Europe
	Opis	SLO	Znanstveni članek
		ANG	Scientific paper
	Objavljeno v	Springer; European journal of forest research (Print); 2016; Vol. 135, iss. 3; str. 519-530; Impact Factor: 2.017; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.286; A': 1; WoS: KA; Avtorji / Authors: Nagel Thomas Andrew, Firm Dejan, Roženberger Dušan, Kobal Milan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	4620198	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Model za kratkoročno napoved pojava žledoloma v Sloveniji
		ANG	A short term model to forecast ice storm in Slovenia
	Opis	SLO	Znanstveni članek
		ANG	Scientific paper
	Objavljeno v	Gozdarski inštitut Slovenije; Napovedi o zdravju gozdov; 2016; Avtorji / Authors: Ogris Nikica, Pristov Neva, Kobler Andrej	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	4783526	Vir: vpis v obrazec
	Naslov	SLO	Regeneracija po žledu in sanaciji - študija primera
		ANG	Regeneration after ice storm and salvage logging - a case study
	Opis	SLO	Znanstveni članek

Dosežek		
	ANG	Scientific paper
Objavljeno v	Bavarian Forest National Park, 2017, str. 105.; Avtor Roženbergar Dušan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5. COBISS ID	4435366	Vir: vpis v obrazec
Naslov	SLO	Od naravnih motenj do gospodarjenja z raznodobnim gozdom
	ANG	From natural disturbance to uneven-aged forest management.
Opis	SLO	Prispevek na mednarodni znanstveni konferenci
	ANG	Contribution at an international scientific conference
Objavljeno v	The science and art of uneven-aged silviculture : a biennial meeting of the IUFRO 1.05.00, uneven-aged silviculture working group. [Little Rock: s.n.]. 2016, str. 73-74; avtorji ROŽENBERGAR, Dušan, NAGEL, Thomas Andrew, DIACI, Jurij.	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

8. Najpomembnejši dosežek projektne skupine na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnosti⁶

Dosežek		
1. COBISS ID	279506176	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Pogled na žled
	ANG	View to ice storm
Opis	SLO	Zbornik povzetkov mednarodne konference in delavnice
	ANG	Collection of international conference and workshop abstracts
Šifra	C.01 Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige	
Objavljeno v	Gozdarski inštitut Slovenije, Silva Slovenica; 2015; 29 str.; Avtorji / Authors: Diaci Jurij, Kobler Andrej, Kraigher Hojka	
Tipologija	2.25 Druge monografije in druga zaključena dela	
2. COBISS ID	4228774	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Žledolom in njegove posledice na razvoj gozdov - pregled dosedanjih znanj
	ANG	Ice storm and its effects on forest development - state-of-the-art
Opis	SLO	Žled je v naših gozdovih ena glavnih naravnih motenj, ki pogosto zelo vpliva na dinamiko gozdne vegetacije in funkcije gozdov. Poškodovanost zaradi žleda ponavadi povzroča zmanjšano vrednost lesa in povzroči negativne ekonomske posledice za gozdarstvo in lastnike prizadetih gozdov. Posredno se zaradi žleda povečuje tudi dovzetnost gozdnega drevja za različne bolezni in škodljivce. Različnih stopenj poškodovanosti gozdnega drevja ne povzroča le žledenje samo, temveč nanjo posredno in neposredno vplivajo tudi drugi dejavniki. V prispevku skušamo odgovoriti na vprašanje, kako ob pojavu žledoloma različni dejavniki vplivajo na vrsto in obseg poškodovanosti gozdnega drevja. Namen našega prispevka je opisati glavne povezave med različnimi rastiščnimi dejavniki in lastnostmi gozdnih sestojev ter stopnjo oziroma vrsto poškodb na gozdnem drevju, ki nastane zaradi žledenja. Navajamo tudi smernice za izboljšanje stabilnosti in odpornosti gozdov proti žledu ter glavne ugotovitve, kako s pomočjo najnovejših tehnologij in metod nastalo škodo čim ustrezneje ocenimo.
		In Slovenian forests, ice storms are a very frequent natural disturbance process and have an important impact on forest structure, composition,

	Dosežek	
	ANG	and function. Moreover, tree damage due to ice accumulation usually leads to reduced value of timber and has negative economic consequences for forestry and forest owners. Indirectly, ice damage increases the susceptibility of forest trees to a variety of diseases and pests.
	Šifra	F.03 Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja
	Objavljeno v	Zveza gozdarskih društev Slovenije; Gozdarski vestnik; 2015; Letn. 73, št. 9; str. 392-405; Avtorji / Authors: Marinšek Aleksander, Celarc Bogomir, Grah Andrej, Kokalj Žiga, Nagel Thomas Andrew, Ogris Nikica, Oštir Krištof, Planinšek Špela, Roženberger Dušan, Veljanovski Tatjana, Vochl Saša, Železnik Peter, Kobler Andrej
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

Spletna in druga orodja:

Zbirka terenskih podatkov o prizadetih sestojih
 Karta možnosti pojava žleda v Sloveniji
 Podatkovna zbirka preteklih žledolomov v Sloveniji
 Model ter karta občutljivosti slovenskih gozdov na žledolom
 Model za kratkoročno napovedovanje žleda do 2 dni
 Androidna aplikacija za terenski zajem podatkov o žledolomu, značilnostih sestoj in rastišča
 Spletni GIS za prikaz rezultatov projekta
 Scenariji razvoja gozdov za modelne raziskovalne objekte

Predstavitve na konferencah:

MARINŠEK, Aleksander. Kakšna je povezava med gozdnim rastiščem in poškodovanostjo drevja zaradi žleda?. Mednarodna konferenca Obnova gozdov po žledu, Postojna, 19.20.3.2015
 ROŽENBERGAR, Dušan, NAGEL, Thomas Andrew, ROZMAN, Andrej, FIRM, Dejan, KOCJAN, Darja, DIACI, Jurij. Natural disturbances as a basis for adapted silvicultural measures. V: AYAN, Sezgin (ur.). Abstract book. Kastamonu: [s. n.], 2015, str. 27-30, ilustr. [COBISS.SI-ID 4180390]
 SKUDNIK, Mitja, MARINŠEK, Aleksander, KOBLEK, Andrej. Predstavitev posameznih sklopov terenskega popisa 2014 : predavanje na seminarju Terenski popis žledolomnih območij Slovenije, 1. 9. 2014, Ljubljana. [COBISS.SI-ID 3951270]
 VELJANOVSKI, T., ČOTAR, K., MARSETIČ, A., OŠTIR, K. 2015. Validation and Impact Assessment of Atmospheric Correction on Products Development Using PROBA-V 100 m Data. ESA Sentinel3 for Science Workshop, 2–5 May 2015, Venice, Italy.
 ZAKŠEK, K., ČOTAR, K., VELJANOVSKI, T., PEHANI, P., OŠTIR, K. 2015. Topographic correction module at STORM (TC@STORM). ISPRS Archives: 36th International Symposium on Remote Sensing of Environment (Volume XL-7/W3), 11–15 May 2015, Berlin, Germany. Uredniki: G. Schreier, P. E. Skroseth, in H. Staudenrausch. <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-7-W3/721/2015/isprsarchives-XL-7-W3-721-2015.pdf>; doi:10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-721-2015.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

10.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Žledolomi in primerljive velikoprostorske ujme v gozdovih ne sodijo med najpogostejše dogodke, zato obravnavani primer ujme ne le da predstavljajo bogat vir informacij za strokovne delavce na terenu ampak je tudi primer izjemnega dogodka, ki omogoča

znanstveno raziskovalno in strokovno delo v luči študija procesov ob pojavu ujme in priprave znanstveno podprtih ukrepov za izboljšanje stanja gozda in zmanjševanje možnosti poškodb v primeru primerljivih dogodkov v prihodnje. Z napredno statistično analizo, s strojnim učenjem modelov za območje celotne Slovenije smo preverili odpornost gozdov na žled v različnih rastiščnih in sestojnih razmerah.

Pridobljeno znanje iz te analize in modela je neposredno uporabno pri postavitvi smernic in strategij razvoja gozdov, ki bodo odpornejši na negativne učinke žleda. Stroki je na voljo karta območij glede na ogroženost zaradi pojava žleda, s katero lahko ocenjujemo splošno ogroženost zaradi žleda, karta potencialne ogroženosti gozdov zaradi žledoloma, številni izsledki statističnih analiz terenskih podatkov ter model za kratkoročno napovedovanje pojava žledoloma. Dostop do omenjenih izsledkov je javen preko projektne spletne strani.

Do sedaj smo v Sloveniji le redko zabeležili pojav žledoloma tako izjemnih razsežnosti in posledic kot v letu 2014. Zato imajo upravljavci z gozdom razmeroma malo izkušenj, kako ravnati po katastrofalnem žledolomu, da bo dolgoročno zagotovljena optimalna regeneracija gozdov. V projektu smo izsledke svojih analiz prevedli v praktične smernice za ustrezne gozdnogojitvene in gozdnogospodarske ukrepe, ki naj olajšajo regeneracijo gozda in povečajo njegovo odpornost na prihodnje pojave žleda.

Vpeljava satelitskega monitoringa gozdov s povratnim časom dva tedna med dvema posnetkoma je novost v Sloveniji. Uvaja inovativen samodejen postopek, ki na vhodnem posnetku izvede geometrične in radiometrične popravke ter izdela želene sloje vegetacijskih parametrov.

ANG

Ice storms and similar large-scale catastrophes are not frequent events, therefore the 2014 event under consideration not only does represent a rich source of information for field forestry workers, it also gives a valuable example for scientific study of processes and mitigation options. Thus, it enables improvement of forest condition and limitation of large scale damage in case of future such event. Using statistical analysis and machine learning of models of forest resilience was tested in various site and stand conditions.

The newly acquired know-how from these analyses and models is directly implementable with forest management guidelines and strategies to strengthen the resilience to adverse effects of ice storms. Forestry has newly at their disposal maps of forest resilience to ice storm to estimate the generalized risks. Statistical findings from field data and a model enable short-term ice storm forecasts which is accessible online.

The 2014 ice storm was of such proportion as not yet been recorded in Slovenia. There is scarce experience available as how to deal with such catastrophe in order to secure a long term optimal forest recovery. The project findings have been translated into practical guidelines for forest management and sylvicultural measures to improve forest regeneration and enhance its resiliency to future events.

Introduction of satellite monitoring with a return time of 2 weeks between image acquisitions is a novelty in Slovenia. We introduce an automatic procedure to convert the raw satellite data into geometrically and radiometrically corrected products and transform them into useful vegetation status indicator maps.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Nadgrajen je biol del obstoječe infrastrukture za elektronski sistem varstva gozdov. Na spletnem portalu smo dodali nove vsebine (model kratkoročne napovedi pojava žleda, model odpornosti gozdov na žledolom ipd), ki so neposredno uporabni na Zavodu za gozdove Slovenije pri pripravi gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtov. Rezultati omogočajo povečanje odpornosti gozdov, posebno na območjih, kjer je ogroženost večja.

Vpeljava satelitskega monitoringa gozdov s povratnim časom dva tedna med dvema posnetkoma omogoča bistveno bolj relevantne biofizikalne indikatorje stanja gozdov, kot osnova za bolj celostno, sprotno in velikopovršinsko zavedanje morebitnih motenj v

regeneraciji poškodovanih gozdov po končani sanaciji, s čimer je kakovostno dopolnjen obstoječi sistem zgodnjega opozarjanja.

Rezultati projekta so že v samem izhodišču usmerjeni na možnega končnega uporabnika, to so Zavod za gozdove Slovenije in delovna telesa Ministrstva za kmetijstvo in okolje. Glavni prispevek na tem področju pa je izboljšanje utečenih in dolgotrajnih postopkov obdelave satelitskih posnetkov ter interpretacije stanja na gozdnih površinah ter s tem racionalizacija del in posledično zmanjšanje stroškov v javnem sektorju (terenske kontrole, dvig ravni pripravljenosti na manj ugodne naravne in ekonomske razmere v državi ipd.). Podatki daljinskega zaznavanja omogočajo sicer nedosegljivo pogostost opazovanj na celotni površini države, s čimer pomembno izboljšujejo sistem zgodnjega opozarjanja.

Začetna regeneracija gozdov ter dolgoročno gospodarjenje s poškodovanimi gozdovi imajo jasne implikacije za nacionalno gospodarstvo. Večina poškodovanih gozdov je gospodarjena s ciljem lesne proizvodnje, ki zagotavlja dohodek lastnikom in državi.

Smernice, ki so rezultat projekta, olajšujejo hitro regeneracijo gospodarsko pomembnih gozdov ter zmanjšujejo njihovo dolgoročno občutljivost na motnje z ujmami, kar je pomembno iz vidika ekonomskih izgub, ki so ob sanacijah bistveno večje kot ob rednem poseku.

ANG

A part of the existing electronic forest protection infrastructure has been upgraded. The web portal now includes new topics (short-term ice storm forecasting, forest resilience model, etc), which are of immediate use for the Forestry service for making forest management plans and silvicultural plans. The results support an improvement in forest resilience, especially in the areas of greater risk.

Introduction of satellite remote sensing with a return time of 2 weeks between image acquisitions gives rise to a much more relevant biophysical indicators of forest status, which in turn are the basis for a more holistic, up-to-date and large-scale awareness of potential disturbance in regeneration of damaged forest after the salvation cut, improving the existing system of early warning.

The project results are focused to the end-users, mostly the Forestry service and various bodies of the Ministry of Agriculture, Forestry and Food. The main contribution is the streamlining of time-consuming remote sensing procedures, thus rationalizing the work-flow and decreasing the costs in public sector (field checks, faster response to increase risk of change of environmental and economic conditions etc.). Remote sensing data enable an otherwise unattainable frequency of observation at the country level and a much-improved early warning.

The initial forest regeneration and the long-term management of damaged forests have clear implications to the national economy. Majority of forests are managed for timber after all, ensuring livelihood to forest owners and taxes to the government.

The resulting guidelines support quicker forest regeneration of economically important forests and mitigate their long-term susceptibility to effects of catastrophes, which decreases the economic losses due to salvage cuts.

11.Vpetost raziskovalnih rezultatov projektne skupine

11.1. Vpetost raziskave v domače okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

☐ 1 v domačih znanstvenih krogih

☐ 2 pri domačih uporabnikih

Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?¹¹

Zavod za gozdove

Lastniki velikih gozdnih posesti

11.2. Vpetost raziskave v tuje okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

☐ 1 v mednarodnih znanstvenih krogih

☐ 2 pri mednarodnih uporabnikih

Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujini raziskovalnimi inštitucijami:^{1,2}

ESA Sentinel3 for Science Workshop, 2–5 May 2015, Venice, Italy.
ISPRS 36th International Symposium on Remote Sensing of Environment, 11–15 May 2015, Berlin, Germany
Mednarodna konferenca Obnova gozdov po žledu, Postojna, 19.20.3.2015

Kateri so rezultati tovrstnega sodelovanja:^{1,3}

Objave znanstvenih člankov
Sodelovanje s tujimi znanstvenimi inštitucijami

12. Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	Dosežen ☐
	Uporaba rezultatov	V celoti ☐
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	Dosežen ☐
	Uporaba rezultatov	V celoti ☐
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	Dosežen ☐
	Uporaba rezultatov	V celoti ☐
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	Dosežen ☐
	Uporaba rezultatov	V celoti ☐
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	Dosežen ☐
	Uporaba rezultatov	V celoti ☐
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	Dosežen ☐
	Uporaba rezultatov	V celoti ☐

F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	Dosežen ☐
	Uporaba rezultatov	V celoti ☐
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	☐
	Uporaba rezultatov	☐
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	☐
	Uporaba rezultatov	☐
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	☐
	Uporaba rezultatov	☐
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	Dosežen ☐
	Uporaba rezultatov	V celoti ☐
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	Dosežen ☐
	Uporaba rezultatov	V celoti ☐
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	☐
	Uporaba rezultatov	☐
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	☐
	Uporaba rezultatov	☐
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	DA ☐ DA ☐ NE ☐ NE ☐
	Rezultat	Dosežen ☐
	Uporaba rezultatov	V celoti ☐
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	

	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	

	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE

	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

--

13. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja					
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja					
G.01.03.	Drugo:					
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu					
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov					
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje					
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije					
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti					
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost					
G.02.07.	Večji delež izvoza					
G.02.08.	Povečanje dobička					
G.02.09.	Nova delovna mesta					
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih					
G.02.11.	Nov investicijski zagon					
G.02.12.	Drugo:					
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti					
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti					
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij					
G.03.04.	Drugo:					
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja					
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja					
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave					

G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	1	2	3	4	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	1	2	3	4	
G.04.06.	Drugo:	1	2	3	4	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	1	2	3	4	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	1	2	3	4	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	1	2	3	4	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	1	2	3	4	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	1	2	3	4	
G.07.04.	Drugo:	1	2	3	4	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	1	2	3	4	
G.09.	Drugo:	1	2	3	4	

Komentar

14. Naslov spletne strani za projekte, odobrene na podlagi javnih razpisov za sofinanciranje raziskovalnih projektov za leti 2015 in 2016¹⁴

http://zled.gozdis.si

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni;
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki (v primeru, da poročilo ne bo oddano z digitalnima podpisoma);
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta;
- bomo sofinancerjem istočasno z zaključnim poročilom predložili tudi elaborat na zgoščenki (CD), ki ga bomo posredovali po pošti, skladno z zahtevami sofinancerjev.

Podpisi:
*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Gozdarski inštitut Slovenije

Andrej Kobler

ŽIG

Datum:

15.3.2018

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2018/44

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku). [Nazaj](#)

² Navedite cilje iz prijave projekta in napišite, ali so bili cilji projekta doseženi. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Navedite morebitna bistvena odstopanja in spremembe od predvidenega programa dela raziskovalnega projekta, zapisanega v prijavi raziskovalnega projekta. Navedite in utemeljite tudi spremembe sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta (t. j. v letu 2016). Če sprememb ni bilo, navedite »Ni bilo sprememb«. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite dosežke na raziskovalnem področju (največ deset), ki so nastali v okviru tega projekta.

Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite dosežke na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnosti (največ pet), ki so nastali v okviru tega projekta.

Dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka, sistem nato sam izpolni podatke, manjkajoče rubrike o dosežku pa izpolnite.

Dosežek na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnosti je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek dosežka na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnosti praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. v sistemu COBISS rezultat ni evidentiran). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹³ Največ 1.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁴ Izvajalec mora za projekte, odobrene na podlagi Javnega razpisa za izbiro raziskovalnih projektov Ciljnega raziskovalnega programa »CRP 2016« v letu 2016 in Javnega razpisa za izbiro raziskovalnih projektov Ciljnega raziskovalnega programa »Zagotovimo.si hrano za jutri« v letu 2016, na spletnem mestu svoje RO odpreti posebno spletno stran, ki je namenjena projektu. Obvezne vsebine spletne strani so: vsebinski opis projekta z osnovnimi podatki glede financiranja, sestava projektne skupine s povezavami na SICRIS, faze projekta in njihova realizacija, bibliografske reference, ki izhajajo neposredno iz izvajanja projekta ter logotip ARRS in drugih sofinancerjev. Spletna stran mora ostati aktivna še 5 let po zaključku projekta. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-CRP-ZP/2018 v1.00
F2-B8-81-2E-0F-2E-A5-5C-21-10-95-06-03-91-88-FF-14-42-E9-1F

UČINKI ŽLEDA NA GOZDOVE GLEDE NA SESTOJNE IN TALNE ZNAČILNOSTI

Elaborat CRP V4-1422

Projekta skupina

Gozdarski inštitut Slovenije:

Andrej Kobler, Nikica Ogris, Aleksander Marinšek, Peter Železnik, Matjaž Čater, Maarten DeGroot,
Tina Drolc, Tine Grebenc, Hojka Kraigher, Lado Kutnar, Boštjan Mali, Špela Planinšek, Mitja Skudnik,
Saša Vochl, Jure Žlogar

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

David Hladnik, Dušan Roženberger, Milan Kobal, Thomas Andrew Nagel, Jurij Diaci

**Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za antropološke
in prostorske študije, Oddelek za daljinsko zaznavanje:**

Tatjana Veljanovski, Žiga Kokalj, Krištof Oštir

Gozdarski inštitut Slovenije

Ljubljana, 2018

Vsebina

Uvod.....	5
Izledek 1 - Povzetek za Slovenijo relevantnega znanja in izkušenj iz literatu	8
Izledek 2 - Reprezentativen vzorec terenskih podatkov o prizadetih sestojih katastrofalnega žleda januarja 2014.....	33
Izledek 3 - Analiza povezav med poškodbami po žledu in vplivnimi faktorji na podlagi terenskih podatkov	39
Izledek 4 - Karta možnosti pojava žleda v Sloveniji	120
Izledek 5 - Podatkovna zbirka preteklih žledolomov v Sloveniji	121
Izledek 6 - Model ter karta občutljivosti slovenskih gozdov na žledolom	122
Izledek 7 - Model za kratkoročno napovedovanje žleda	133
Izledek 8 - Androidna aplikacija za terenski zajem podatkov o žledolomu, značilnostih sestoja in rastišča	134
Izledek 9 - Spletni GIS za prikaz rezultatov projekta	135
Izledek 10 - Scenariji razvoja gozdov za modelne raziskovalne objekte	136
Izledek 11 - Presoja učinkov žleda na funkcije gozda ter na biotske in strukturne značilnosti sestojev	138
Izledek 12 - Sistem za satelitsko spremljanje indikatorjev delovanja gozdnih ekosistemov na ravni GGE za vso Slovenijo	139
Izledek 13 - Strokovna monografija z gozdnogojitvenimi in gozdnogospodarskimi usmeritvami po končani sanaciji.....	140
Izledek 14 - Konferenca in/ali terenska delavnica za neposreden prenos znanja in izsledkov raziskave v prakso	222
Izledek 15 - Letna srečanja z udeleženci, naročniki in uporabniki raziskave	223
Izledek 16 - Spletna stran projekta s sprotno predstavitvijo rezultatov raziskave	224
Izledek 17 - Izvirnih znanstveni in strokovni članki	225

Uvod

Raziskovalni projekt »Učinki žleda na gozdove glede na sestojne in talne značilnosti«, V4-1422, je potekal v okviru Ciljnega raziskovalnega programa »Zagotovimo si hrano za jutri« v letu 2014 (Uradni list RS, št. 15/2014, z dne 28.2.2014). Projekt je tekel od 1. julija 2014 do 30. junija 2017. Izvajali so ga Gozdarski inštitut Slovenije (zanj dr. Andrej Kobler kot vodja projekta), Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani in Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti. Raziskovalni projekt je bil financiran s 170.000 EUR - MKGP 60 % in ARRS 40%.

V projektu smo analizirali rastiščne in sestojne lastnosti ter način gospodarjenja, ki gozdove naredijo bolj odporne na žled ter gozdnogospodarske in gozdnogojitvene ukrepe v kontekstu problemov kot so velike površine brez zastora z nezadostnim pomlajevanjem, zaradi sanacije poškodovana tla, prevlada ekonomsko manjvrednih pionirskih vrst po sanaciji ter prilagajanje na spremembe podnebja in na ujme v prihodnosti.

Cilji projekta so bili:

1. Iz literature povzeti za Slovenijo uporabne ugotovitve.
2. Zbrati ter analizirati podatke o stopnjah poškodb vzdolž različnih gradientov.
3. Preveriti in napovedati odpornosti gozdov.
4. Oceniti učinke žledoloma leta 2014 na razvoj gozdov v prihodnosti.
5. Predlagati optimalne gozdnogospodarske in gozdnogojitvene ukrepe po opravljeni sanaciji.
6. Poskrbeti za prenos rezultatov projekta k uporabnikom.

Izvedli smo terenski popis posledic katastrofalnega žleda iz januarja 2014. S slučajnostnim stratificiranim dvostopenjskim vzorčenjem smo popisali 675 ploskev in 11482 dreves. Podatke smo združili s številnimi prostorskimi bazami podatkov in jih analizirali na ravni posameznega drevesa in na ravni ploskve.

Izdelana je bila androidna tablična aplikacija za racionalizacijo vnosa podatkov na terenu in logično kontrolo podatkov pri vnosu. Razvita je bila spletna aplikacija VegX za analizo vegetacijskega stresa s pomočjo satelitskih podatkov. Razvit je bil GIS model za oceno debeline žledu in oceno nevarnosti žledoloma s prostorsko ločljivostjo 1 km z možnostjo napovedi za naslednjih 12 ur.

Preverili smo izhodišča o morebitnih referenčnih vrednostih za skupine gozdnih rastiščnih tipov, po katerih bomo ocenjevali spremembe strukturnih značilnosti po sanaciji žleda. Na podlagi podatkov iz stalnih vzorčnih ploskev, zbranih pred žledom, smo preizkusili metodologijo, ki se opira na ocenjene spremembe sestojnih gostot in zlasti zmanjšanja lesnih zalog, do katerih bo prišlo med sanacijo gozdov. Na podlagi analize podatkov je mogoče sklepati, da so raznodobni sestoji s premajhno gostoto in majhno debelinsko pestrostjo občutljivejši na poškodbe zaradi žleda. Za gozdne sestoje na območjih večje poškodovanosti smo ocenili, da so bile pred žledom zanje značilne nižje vrednosti sestojnih gostot (SDI) in nižje vrednosti Shannonovega indeksa za debelinsko strukturo temeljnice.

Izvedli smo dvodnevno delavnico in konferenco, katere tema je bilo dolgoročno gozdnogojitveno in gozdnogospodarsko ukrepanje po končani sanaciji posledic žledoloma. Namen delavnice je bil znanje in raziskave o ukrepih po ujmah predstaviti širši strokovni javnosti.

Izdali smo monografijo, v kateri predstavljamo smernice za gospodarjenje, ki temeljijo na sintezi izsledkov preteklih raziskav žledolomov in na bazi terenskih podatkov o vzorcih poškodb nastalih kot posledica žleda leta 2014. V monografiji predstavljamo sintezo, v kateri obravnavamo številna pomembna vprašanja povezana z žledolomi v okviru večnamenskega gospodarjenja z gozdovi in splošnega režima motenj v gozdovih Slovenije.

Izsledki projekta so podrobno predstavljeni v nadaljnjih poglavjih, tu pa povzemamo organizacijo projekta po delovnih sklopih in seznam izsledkov:

Delovni sklop 1 - Koordinacija projekta

Delovni sklop 2 - Pregled obstoječih izkušenj in pregled literature

- Izšedeek 1 - Povzetek za Slovenijo relevantnega znanja in izkušenj iz literature

Delovni sklop 3 - Ocena posledic žleda na gozdove glede na različne strukture sestojev, tipe gozdnih tal in način preteklega gospodarjenja

- Izšedeek 2 - Reprezentativen vzorec terenskih podatkov o prizadetih sestojih
- Izšedeek 3 - Analiza povezav med poškodbami po žledu in vplivnimi faktorji na podlagi terenskih podatkov

Delovni sklop 4 - Preverjanje odpornosti gozdov na žled v različnih rastiščnih in sestojnih razmerah

- Izšedeek 4 - Karta možnosti pojava žleda v Sloveniji
- Izšedeek 5 - Podatkovna zbirka preteklih žledolomov v Sloveniji
- Izšedeek 6 - Model ter karta občutljivosti slovenskih gozdov na žledolom
- Izšedeek 7 - Model za kratkoročno napovedovanje žleda
- Izšedeek 8 - Androidna aplikacija za terenski zajem podatkov o žledolomu, značilnostih sestoj in rastišča
- Izšedeek 9 - Spletni GIS za prikaz rezultatov projekta

Delovni sklop 5 - Ocena učinkov žledoloma leta 2014 na razvoj gozdov v prihodnosti

- Izšedeek 10 - Scenariji razvoja gozdov za modelne raziskovalne objekte
- Izšedeek 11 - Presoja učinkov žleda na funkcije gozda ter na biotske in strukturne značilnosti sestojev
- Izšedeek 12 - Sistem za satelitsko spremljanje indikatorjev delovanja gozdnih ekosistemov na ravni GGE za vso Slovenijo

Delovni sklop 6 - Predlog optimalnih gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih ukrepov po opravljeni sanaciji

- Izšedeek 13 - Strokovna monografija z gozdnogojitvenimi in gozdnogospodarskimi usmeritvami po končani sanaciji
- Izšedeek 14 - Konferenca in/ali terenska delavnica za neposreden prenos znanja in izsledkov raziskave v prakso

Delovni sklop 7 - Diseminacija

- Izšedeek 15 - Letna srečanja z udeleženci, naročniki in uporabniki raziskave
- Izšedeek 16 - Spletna stran projekta s sprotno predstavitevijo rezultatov raziskave
- Izšedeek 17 - Izvirnih znanstveni in strokovni članki

Izšedeek 1 - Povzetek za Slovenijo relevantnega znanja in izkušenj iz literature

Besedilo tega poglavja je ponatis članka: Marinšek in sod., 2017. Žledolom in njegove posledice na razvoj gozdov – pregled dosedanjih znanj, Gozdarski vestnik 73 (2015) 9

Žledolom in njegove posledice na razvoj gozdov – pregled dosedanjih znanj

Impacts of Ice Storms on Forest Development – a Review

Aleksander Marinšek^{1,2}, Bogomir Celarc³, Andrej Grah⁴, Žiga Kokalj⁵, Thomas Andrew Nagel⁶, Nikica Ogris⁷, Krištof Oštir⁸, Špela Planinšek⁹, Dušan Roženberger¹⁰, Tatjana Veljanovski¹¹, Saša Vochl¹², Peter Železnik¹³, Andrej Kobler¹⁴

¹ Dr. A. M., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana; aleksander.marinsek@gozdis.si

² Dr. A. M., Višja strokovna šola za gozdarstvo in lovstvo, Ljubljanska cesta 2, SI-6230 Postojna;

³ Dr. B. C., Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana; Bogomir.Celarc@GEO-ZS.SI

⁴ A. G., dipl. inž. računalništva in informatike, Gorica 11C, SI-9201 Puconci; andrejgrah@gmail.com

⁵ Dr. Ž. K., Inštitut za antropološke in prostorske študije, ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana; ziga.kokalj@zrc-sazu.si

⁶ Dr. T. A. N., Biotehniška Fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vodne vire, Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana; tom.nagel@bf.uni-lj.si

⁷ Dr. N. O., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana; nikica.ogris@gozdis.si

⁸ Dr. K. O., Inštitut za antropološke in prostorske študije, ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana; kristof@zrc-sazu.si

⁹ Mag. Š. P., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana; spela.planinsek@gozdis.si

¹⁰ Dr. D. R., Biotehniška Fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vodne vire, Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana; dusan.rozenberger@bf.uni-lj.si

¹¹ Dr. T. V., Inštitut za antropološke in prostorske študije, ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana; tatjana.veljanovski@zrc-sazu.si

¹² S. V. univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana; sasa.vochl@gozdis.si

¹³ Dr. P. Ž., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana; peter.zeleznik@gozdis.si

¹⁴ Dr. A. K., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana; andrej.kobler@gozdis.si

Izvlaček

Marinšek, A., Celarc, B., Grah, A., Kokalj, Ž., Nagel, T. A., Ogris, N., Oštir, K., Planinšek, Š., Roženberger, D., Veljanovski, T., Vochl, S., Železnik, P., Andrej Kobler, A.: Žledolom in njegove posledice na razvoj gozdov – pregled dosedanjih znanj. Gozdarski vestnik, 73/2015, št. 9. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 58.

Žled je v naših gozdovih ena glavnih naravnih motenj, ki pogosto zelo vpliva na dinamiko gozdne vegetacije in funkcije gozdov. Poškodovanost zaradi žleda po navadi povzroča zmanjšano vrednost lesa in povzroči negativne ekonomske posledice za gozdarstvo in lastnike prizadetih gozdov. Posredno se zaradi žleda povečuje tudi dovzetnost gozdnega drevja za različne bolezni in škodljivce. Različnih stopenj poškodovanosti gozdnega drevja ne povzroča le žledenje samo, temveč nanjo posredno in neposredno vplivajo tudi drugi dejavniki. V prispevku skušamo odgovoriti na vprašanje, kako ob pojavu žledoloma različni dejavniki vplivajo na vrsto in obseg poškodovanosti gozdnega drevja. Namen našega prispevka je opisati glavne povezave med različnimi rastiščnimi dejavniki in lastnostmi gozdnih sestojev ter stopnjo oziroma vrsto poškodb na gozdnem drevju, ki nastane zaradi žledenja. Navajamo tudi smernice za izboljšanje stabilnosti in odpornosti gozdov proti žledu ter glavne ugotovitve, kako s pomočjo najnovejših tehnologij in metod nastalo škodo čim ustrežneje ocenimo.

Ključne besede: gozd, žled, poškodbe dreves, gospodarjenje z gozdovi, smernice za gospodarjenje, daljinsko zaznavanje

Abstract

Marinšek, A., Celarc, B., Grah, A., Kokalj, Ž., Nagel, T. A., Ogris, N., Oštir, K., Planinšek, Š., Roženberger, D., Veljanovski, T., Vochl, S., Železnik, P., Andrej Kobler, A.: Impacts of Ice Storms on Forest Development – a Review. *Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry)*, 73/2015, vol. 9. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 58. Translated by the authors, proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

In Slovenian forests, ice storms are a very frequent natural disturbance process and have an important impact on forest structure, composition, and function. Moreover, tree damage due to ice accumulation usually leads to reduced value of timber and has negative economic consequences for forestry and forest owners. Indirectly, ice damage increases the susceptibility of forest trees to a variety of diseases and pests. In addition to ice storm intensity, a variety of other factors contribute to damage patterns. In this article we attempt to answer some questions about how various factors affect the type and extent of damage to forest trees caused by freezing rain. More specifically, we outline some of the main relationships between different forest

sites and stand characteristics and the degree and type of damage to forest trees. We also include some guidelines for improving stability and resilience of forest stands, as well as the main findings on how using the latest technologies and methods can help in estimating the extent and type of damage.

Key words: forest, ice storm, glaze, sleet, tree damage, management, silviculture guidelines, remote sensing

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Žled je meteorološki pojav, ki nastane tako, da ravno prav velike kapljice podhlajene vode pri dotiku s hladno podlago skoraj takoj primrznejo. Celoten del kapljice ne zmrzne takoj in polzeča voda v zraku s temperaturo malo pod 0 °C zmrzne šele čez čas, pa še to ne vsa (Mezgec, 2015). Čeprav so fizikalne razmere, v katerih nastane žled, dobro znane, je njegovo pojavljanje težko napovedati. Žled v gozdovih in na negozdnih površinah povzroča gospodarsko škodo in ga uvrščamo med naravne, abiotske motnje gozdnega ekosistema, ki jih ni mogoče preprečiti.

Skupna lastnost naravnih motenj v gozdnem ekosistemu je, da zelo vplivajo na zgradbo gozdnih ekosistemov, kroženje snovi in energije v njih. Motnja je na splošno katerikoli dogodek v času, ki vpliva na razvoj ekosistema, življenjske skupnosti ali populacijske strukture in spremeni vire, razpoložljivost substrata ali fizično okolje (Pickett in White, 1985). Motnje lahko delimo po intenzivnosti na akutne in kronične, po časovnem trajanju na kratkotrajne in dolgotrajne, po predvidljivosti na predvidljive (ciklične) in nepredvidljive. Po izvoru jih delimo na naravne, antropogene in kombinirane ter po prostorskem obsegu na globalne, regionalne, krajinske, ekosistemske in mikrorastiščne. Tako žledenje lahko označimo kot akutno, kratkotrajno, nepredvidljivo naravno motnjo. Po navadi poškodovanost gozdnega drevja zaradi žleda povzroči zmanjšano vrednost lesa in negativne ekonomske posledice za gozdarstvo in lastnike prizadetih gozdov. Posredno se zaradi tega povečuje tudi dovzetnost za razne bolezni in škodljivce gozdnega drevja.

Večinoma ujme prikazujemo v negativnem kontekstu, saj povzročajo kratkoročno in dolgoročno ekonomsko škodo, ki jo težko nadomestimo, po drugi strani pa z ekološkega stališča takih motenj ne moremo označiti kot škodljive za ekosistem (Turner in Dale, 1998; Nagel in Roženberger, 2015).

Intenzivnost in vrsta poškodb na drevju zaradi žleda nista odvisni samo od mase žledu, ki se povečuje s povečano količino ledu na drevju. Glede na objavljene študije posredno in neposredno vplivajo na stopnjo in vrsto poškodovanosti drevja tudi naslednji dejavniki: vremenske razmere (količina padavin, temperatura zraka, dolžina obdobja ugodnih vremenskih razmer za razvoj žleda, jakost in smer vetra ...), gostota sestoja, vertikalna sestojna struktura, starost sestoja in dreves, drevesna višina, premer dreves, razmerje med višino in premerom, vrstni kot vej, prejšnje poškodbe dreves, velikost in stopnja asimetričnosti krošenj, bolezni gozdnega drevja, gozdnogojitveni sistem, drevesne vrste in nenazadnje lastnosti terena; nagib, lega, geološka podlaga, globina tal, skalovitost, kamnitost, vlažnost in tip tal (Bleiweis, 1983; Warrillow in Mou, 2003; Bragg in sod, 2003; Papež, 2005; Jakša, 2007; Saje, 2014).



Slika 1: Izruvano in prelomljeno drevo zaradi žleda v Sloveniji leta 2014 (foto: Jure Žlogar)

Figure 1: Uprooted and broken tree – consequence of ice damage in Slovenia in 2014
(photo: Jure Žlogar)

1.1 Obsežnejši žledolomi v Sloveniji

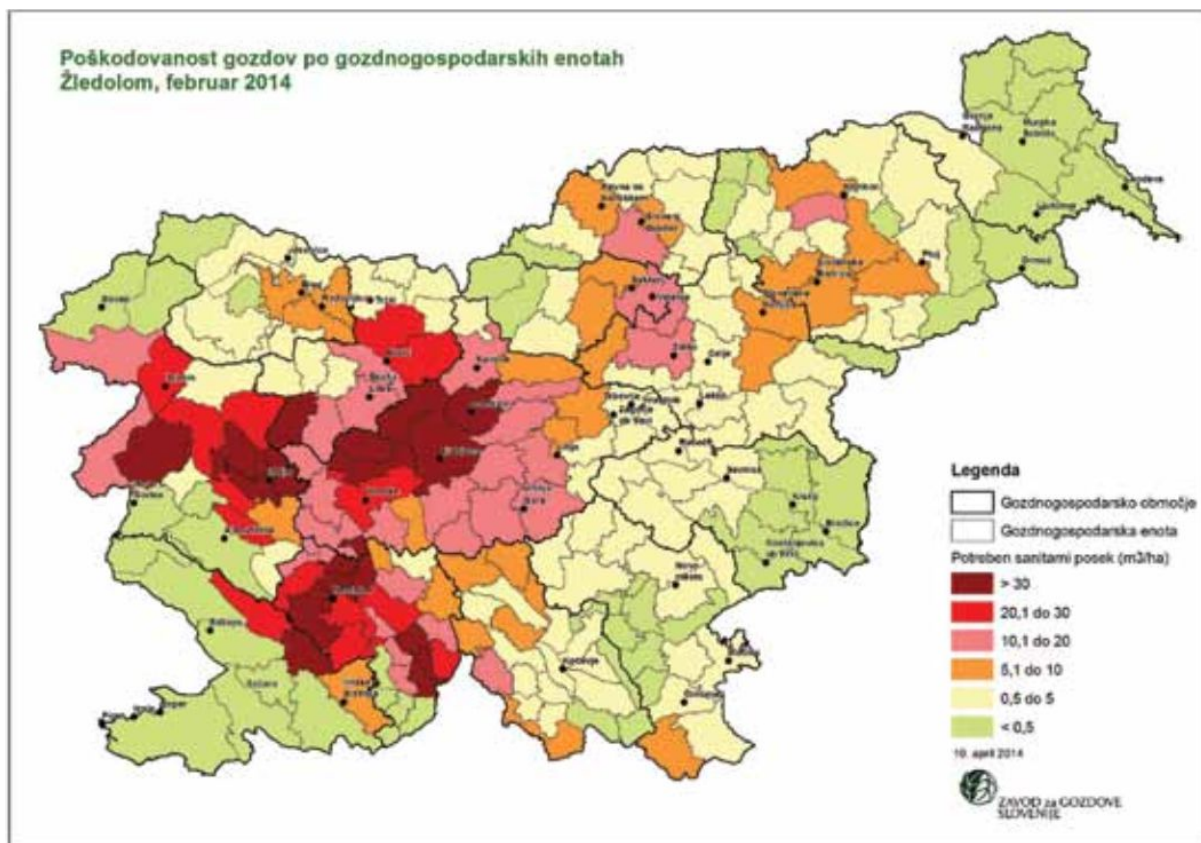
1.1 Extensive sleets in Slovenia

Pogostnost in obseg najintenzivnejših žledolomov v Sloveniji je navedel že Saje (2014), zato o tem le na kratko. Žledolomi so najpogostejši v jugozahodni Sloveniji (Saje, 2014), izraziteje na visokem krasu in ob njegovem obrobju ter zunanji Primorski oziroma submediteranski Sloveniji (Perko in Pogačnik, 1996). Glede pogostnosti žledenja se je izkazalo, da se je v zadnjih osemnajstih letih, od leta 1995 do 2012, žled lokalno in z različno intenzivnostjo pojavljal vsako leto (ZGS, 2014). Zaradi žleda je bilo v tem obdobju saniranega 72.000 m³ lesa/leto. Poljanec in sod. (2014) ugotavljajo, da žledolomi povzročijo 7,6 % sanitarnega poseka oziroma 2,8 % od evidentiranega poseka.

Prve znane zapise o žledolomu navaja Domicelj za leto 1900 (Domicelj, 1900), ko je do 8 cm debela ledena obloga poškodovala 95 % gozdov na Notranjskem, predvsem v Vremski dolini in okolici Pivke. Sledilo je še nekaj hujših žledolomov, ki so poškodovali več kot 100.000 m³ lesa. V idrijskih gozdovih je leta 1953 žled poškodoval 150.000 m³, pretežno bukve. Na začetku in ob koncu leta 1973 je žled v GGO Postojna, Tolmin in Kranj poškodoval skoraj pol milijona kubičnih metrov lesa. Mnogi se še spomnijo tudi izjemno hudega žledoloma leta 1980 v Brkinih in v Posavskem hribovju, kjer je do 7 cm debel ledeni oklep poškodoval 786.000 m³ lesa. V letu 1984 je žledolom v GGO Ljubljana poškodoval 110.000 m³ lesa, leto kasneje pa 500.000 m³ v GGO Kranj. Kombinacija snegoloma in žledoloma v zimi 1995/96 je v GGO Ljubljana Celje in Maribor poškodovala 681.000 m³ lesa, eno zimo kasneje pa še 867.000 m³ v GGO Tolmin, Bled, Kranj, Ljubljana, Postojna, Kočevje, Novo mesto in Brežice (Saje, 2014).

V primeru žledenja, ki je med 31. januarjem in 5. februarjem leta 2014 prizadel Slovenijo, lahko skorajda govorimo cikličnem, nepredvidljivem in glede na prostorski obseg širšem regionalnem pojavu. Pojav ni bil izjemen le zaradi časa trajanja in prostorske razširjenosti, temveč tudi zaradi obsega škode, ki jo je povzročil znotraj in zunaj gozdnega prostora (Sinjur in sod., 2014). Škoda je bila tolikšna zaradi

kombinacije žleda, snegoloma in predhodnega deževja, ki je razmočil in zmečkal gozdna tla. Žled je na 601.900 ha (Slika 2) poškodoval različna gozdna rastišča in različne tipe gozdov, v katerih se gospodari na različne načine (Veselič in sod., 2014). Glede na ocene (Kobler in sod., 2015) bo v naslednjih desetih letih treba obnoviti okrog 14.000 ha gozdov; predvsem z naravno obnovo. Na skoraj 1000 ha pa je predvidena umetna obnova s sajenjem.



Slika 2: Poškodovanost gozdov zaradi žledoloma februarja 2014 po gozdnogospodarskih enotah ter potreben sanitarni posek v m³/ha. Vir: Zavod za gozdove.

(http://www.zgs.si/fileadmin/zgs/main/img/CE/varstvo/2014Ujma/1_GGE_san_posek.jpg)

Figure 2: Damage to forests caused by ice break in February 2014 by forest management units and the necessary sanitary felling in m³/ha. Source: Slovenian Forest Service

(http://www.zgs.si/fileadmin/zgs/main/img/CE/varstvo/2014Ujma/1_GGE_san_posek.jpg)

2 POVEZAVA MED POŠKODOVANOSTJO ZARADI ŽLEDA IN GOZDNIM RASTIŠČEM

2 CONNECTIONS BETWEEN SLEET DAMAGE AND FOREST SITES

Slovenija je reliefno, podnebno in posledično tudi rastiščno zelo raznolika, njena lega pa je na stičišču štirih velikih evropskih geografskih enot: Alp, panonske regije, Dinarskega gorstva in Sredozemlja. Zato so določena območja bolj podvržena naravnim ujmam kot druga.

Najpogostejše poškodbe, ki nastanejo zaradi žledoloma, pa tudi snegoloma in vetroloma na gozdnem drevju, so: upognjenost drevja, lomljenje posameznih vej, odlomi vrhov dreves (predvsem pri iglavcih), izruvanje in odlom drevesa ter prelom debla. Pri izruvanju se drevo podre skupaj s koreninskim sistemom. Za odlom drevesa štejemo prelom drevesa v višini panja ali do višine 2 m od tal. O prelomu debla pa govorimo takrat, ko se deblo prelomi nad višino dveh metrov nad tlemi (Jakša in Kolšek, 2009). Drevesa so sposobna preživeti tudi znatne poškodbe krošnje in postopoma obnoviti asimilacijski aparat, vendar pa je priraščanje v tem času oslabiljeno (Irland, 2000).

Posebno hude poškodbe rastišča nastanejo, ko se izruje celotno drevo skupaj s koreninskim sistemom (Slika 3). Pri tem nastane značilen obstojen relief s talnimi jamami in zemeljskimi kupi (ang. = *pit and mound relief*). Izruvana koreninska gruda se z razpadanjem korenin v petih do desetih letih preoblikuje v zemeljski kup. V jamah in pripadajočih kupih se mikroklimatske in pedološke razmere značilno razlikujejo od okolice (Šamonil in sod., 2010). Kupi so toplejši in manj vlažni od okoliških tal, tla jam pa so hladnejša in vlažnejša od kupov in okoliških tal (razen v obdobjih debele snežne odeje). Intenzivnost fotosintetsko aktivnega sevanja (PAR) je na kupih večja in v jamah manjša od povprečja. Študije so pokazale, da je vsebnost ogljika in dušika v tleh jam in kupov na splošnem manjša, a hkrati še vedno ni značilno različna od vrednosti v nepoškodovanih tleh (Liechty in sod., 1997). Tla v kupih so v primerjavi s tlemi jam revnejša s hranili in bolj kislja (Šamonil in sod., 2010). Površina kupov prav tako vsebuje zelo malo organskih snovi, saj površino sestavlja prst iz globljih mineralnih slojev tal, ki se je držala koreninskega sistema. Zaradi oblike so kupi tudi zelo nestabilni in

podvrženi eroziji. Te lastnosti otežujejo uspevanje rastlin na kupih (Liechty in sod., 1997; von Oheimb in sod., 2007; Ilisson in sod., 2007), čeprav je vrstna pestrost rastlinskih združb na kupih v primerjavi z jamami lahko tudi večja (Peterson in sod., 1993). Z vidika ekosistema povzroča ruvanje večje spremembe v delovanju ekosistema, saj se s skupaj z izruvanim drevesom na območju, kjer je koreninilo, uniči oz. poškoduje tudi rastišče. Po drugi strani pa pomenijo kupi priložnost za vrste, ki se lažje obnavljajo na mineralnih tleh.



Slika 3: Izruvano drevo skupaj s koreninskim sistemom je velika poškodba za zgornje horizonte tal. (Foto: Aleksander Marinšek)

Figure 3: Uprooted tree represents serious injury to the upper soil layers (photo: Aleksander Marinšek)

Glede na sestojno zgradbo, količino žleda in zgodovino sestoja se škoda v sestojih lahko giblje od majhne in točkovne pa vse do popolne poškodovanosti gozdnega sestoja. Pri žledu manjše intenzivnosti so poškodbe omejene na lomljenje posameznih vej, pri močnejšem žledu pa nastajajo večje poškodbe drevja (Jakša in Kolšek, 2009), kot so prelomi, odlomi in izruvanje celotnega drevesa (Slika 1). Po močnejšem žledolomu, v kombinaciji s snegolomom, ki se je zgodil pozimi 1996/97 in poškodoval

približno 8 % slovenskih gozdov, Jakša (1997) ugotavlja, da so bili najbolj prizadeti sestoji ob pobočjih jarkov, gozdnem robu in infrastrukturnih objektih v gozdu. Proti poškodbam, ki jih povzroča žled, so najbolj odporni starejši sestoji in sestoji na grebenastih in prisojnih legah (Papež, 2005). Glede na drevesno vrsto listavcev so bili po podatkih ZGS (2014) zaradi žleda med letoma 1995 in 2012 najbolj poškodovani: črni gaber, mali jesen, siva jelša, črna jelša in breza. Sestoji listavcev so najbolj prizadeti na strmih pobočjih in rastiščih s plitvimi tlemi (Jakša, 1997). Glede iglavcev pa Jakša (1997) ugotavlja, da starejšim iglavcem žled predvsem lomi vrhove, v primeru prisotnosti razmočenih tal in/ali močnejšega vetra pa jih tudi izruje. Zagotovo na stopnjo in vrsto poškodbe ne vpliva le en dejavnik, temveč po navadi kombinacija in sinergija več dejavnikov, ki vplivajo na stopnjo poškodovanosti v okviru določenega rastišča. Na nekem rastišču z enako matično podlago, globino tal, naklonom, lego idr. so poškodbe lahko veliko večje v sestojih, ki niso negovani ali pa so pregosti in imajo visoko razmerje med višino drevesa in prsnim premerom. Sestoji so slabo odporni proti vetrolomom, snegolomom in žledolomom še nekaj let po redčenju zaradi vrzelastih in rahlih sklepov krošenj. Zato v primeru žleda (ali drugih ujm) lahko nastane zaporedno podiranje dreves oz. domino učinek (Saje, 2014).

Za vrste poškodb, ki jih povzroča žled, lahko potegnemo analogijo iz poškodovanosti zaradi vetrolomov, kjer je poškodovanost odvisna od hitrosti vetra, v primeru žleda pa njegove količine na drevju, oblike terena, vrste in stanja tal, predvsem v povezavi z vodo, drevesno vrsto, razvojno fazo sestoja, obliko krošnje ter obliko sestoja in zarasti. Uklonska sila, ki deluje na drevo v primeru vetra, žleda ali celo kombinacija obojega, je lahko tolikšna, da lahko izruje ali zlomi še tako dobro ukoreninjeno ali debelo drevo (Jakša in Kolšek, 2009). Vseeno pa pri zmernih jakostih žledenja na stopnjo in vrsto poškodb vplivajo tudi lastnosti rastišča. Stanje zemljišča zelo vpliva na možnost, da bo drevo izruvano. Možnost izruvanja se veča z razmočenostjo zemljine, v katero drevo korenini (Jakša in Kolšek, 2009; Irland, 2000). Ravno razmočena in zmehčana gozdna tla so bila značilna za katastrofalen žled v letu 2014 in so povečala poškodovanost gozdnega drevja zaradi izruvanja celotnih dreves. Kadar je zemljišče suho ali zmrznjeno, pa se veča verjetnost preloma drevesa. Tveganje preloma povečuje tudi okuženost drevja s patogenimi glivami (Jakša in Kolšek, 2009) ter stare poškodbe debel.

Ena od lastnosti gozdnega rastišča je nadmorska višina. Irland (2000) je za ameriške razmere dokazal, da se z nadmorsko višino značilno povečuje tudi količina žleda na drevju. Dejstvo, da topografija pomembno vpliva na povečevanje škode zaradi žleda, ugotavljajo tudi drugi raziskovalci (Boerner in sod., 1988; Walker in Oswald, 2000; Pasher in King, 2006); še posebno, če so višje lege bolj nagnjene k pojavu žledenja. Lokalno je lahko v višjih legah žledenje bolj intenzivno kot v nižjih predelih zaradi nižjih temperatur zraka in obilnejših padavin.

Prav tako je kopičenje žleda povezano z lego rastišča. Po eni strani so talne razmere na rastiščih, ki se pojavljajo na različnih legah, različne, po drugi strani pa so rastišča na določenih legah lahko bolj izpostavljena nizkim temperaturam in močnejšim vetrovom, kar vpliva na večji obseg in stopnjo poškodovanosti sestojev (Nicholas in Zedaker, 1989; Lafon in sod., 1999; Warrillow in Mou, 1999). Večje škode zaradi žledoloma so opazili tudi na izpostavljenih višjih predelih pobočij, predvsem kot posledico močnejših vetrov (Rhoads in sod., 2002). Isti avtorji navajajo, da večja škoda nastaja na strmejših terenih, ob vodotokih in na dnu dolin, kar pripisujejo fini teksturi tal in globini koreninjenja. Lafon (2004) je z modeliranjem predvidel, da na blagih terenih nastajajo predvsem poškodbe krošenj, medtem ko se z večanjem nagiba terena povečuje verjetnost resnejših poškodb dreves (prelomi debla in izrutje celotnega drevesa). Nagnjenost terena botruje tudi k temu, da drevje, predvsem na osojnih pobočjih, razvije asimetrično krošnjo. Enostranska obtežitev zaradi velike količine žleda lahko posledično povzroči zlom dela ali celotne drevesne krošnje (Rebertus in sod., 1997; Seischab in sod., 1993). Seischab in sod. (1993) so v raziskavi v Severni Ameriki ugotovili, da je bilo v različnih gozdnih združbah najbolj prizadeto drevje z gozdnega roba in drevje na strmih terenih, predvsem na vzhodnih in severnih legah. Proulx in Greene (2001) sta z raziskavo dokazala, da so se robna drevesa in drevesa na strmih terenih zaradi žleda upognila ali prelomila v smeri daljše osi asimetrične krošnje. Podobno sta ugotovila tudi Warrillow in Mou (1999), in sicer, da se največje škode pojavljajo na strmih terenih z vzhodno lego. Gay in Davis (1993) sta za območje Severne Amerike ugotovila, da na pogostnost žledenja neposredno vpliva tudi geografska širina. Ugotovila sta, da obstajata dva splošna trenda glede frekvence in trajanja žledenja v JV delu ZDA, kjer so žledolomi najpogostejši: pogostnost in dolžina

trajanja žledenja se večata na gradientu od priobalnih predelov proti gorskim območjem ter od juga proti severu.

Geološko (litološko) podlago pod tlemi lahko tvorijo različni tipi kamnin ali sedimentov, ki v povezavi z drugimi dejavniki (podnebje, nadmorska višina, nagib, usmerjenost pobočja) tvorijo tla različnih debelin in geomehanskih lastnosti, ki poleg drugih dejavnikov vplivajo na odpornost dreves proti žledolomu. Literature, ki bi se ukvarjala z neposrednim vplivom litološke podlage na poškodbe dreves, je zelo malo. Izjema v Sloveniji je le raziskava Šifrerja (1977), kjer je litološka podlaga le bežno omenjena med drugimi dejavniki. Z razrastom korenin v matično kamnino pod tlemi in vplivom na izruvanje so se ukvarjali Phillips in sod. (2008), vpliv izruvanja dreves na stopnjo erozije matične kamnine in spreminjanje debeline tal pa sta raziskovala Gabet in Mudd (2010). Klastične kamnine in sedimenti, magmatske in metamorfne kamnine tvorijo debelejša tla in hitreje ter globlje preperevajo kot tla na karbonatni podlagi. Na strmih pobočjih nastajata drsenje in plazenje sedimenta, drevesa so nagnjena, kar povzroči neenakomerno obtežitev ob žledenju. Za Slovenijo je značilno, da veliko površino pokrivajo karbonatne kamnine, predvsem apnenec in dolomit. Na apnencu so tla na splošno plitvejša. Izdanki (kamnina ali ruda, ki je na zemeljskem površju) se pojavljajo na površini tudi na položnih pobočjih, tako da drevesa deloma koreninijo tudi v razpokah in zato je na taki podlagi pričakovati manjše poškodbe oziroma pretežno odlome. Dolomit je mehansko precej manj odporen od apnenca, preperina na njem je debelejša, razpokan je precej bolj na gosto. Na dolomitni podlagi je pričakovati izruvanje dreves, podobno kot na klastični podlagi. Pomemben dejavnik je torej tudi geomehanska odpornost kamnin proti tektonskim procesom, od katerih so odvisni usmerjenost, gostota, odprtost, oblika tektonskih diskontinuitet, posledično pa tudi hitrost preperevanja. Pri nekaterih kamninah so pomembne diskontinuitete, tudi plastovitost, ki je zaradi kasnejših tektonskih procesov sedaj različno usmerjena. Šifrer (1977) omenja, da so bile med žledenjem leta 1975 poškodbe največje na površinah, pokritih z debelo preperino, periglacialnim drobirjem, ter na dolomitnih tleh, peščenjakih in glinavcih, medtem ko so bile na apnenčastih tleh veliko manjše. Pri nadaljnjih raziskavah bi bilo smiselno primerjati vrsto in stopnjo poškodovanosti zaradi

žledoloma z geološko podlago, po možnosti na takšnem območju, kjer bi bili drugi vplivni dejavniki vsaj približno enaki.

Tudi posebna rastišča, kot so npr. mrazišča, so lahko vzrok za povečano pogostost pojavljanja žledu. To so rastišča, kjer se zajezi hladen zrak oziroma rastišča, kjer zastajajo žepi hladnega zraka (Lafon in sod., 1999; Walker in Oswald, 2000). Dejstvo, da lokalna topografija igra pomembno vlogo, so izpostavili tudi kanadski raziskovalci Kerry in sod. (1999). Za območja, kjer je pogostost žledenja večja, so posebej izpostavili doline in kotline, v katere je ujet hladen zrak. Njihova raziskava je pokazala tudi, da se škoda zaradi žleda lokalno spreminja, odvisna pa je predvsem od sestave drevesnih vrst, režima gospodarjenja z gozdom, nagiba terena in lege rastišča. Podobne so tudi ugotovitve Rebertusa in sod. (1997) v Missouriju. Ugotovili so, da je odstotek poškodovanosti dreves višji na bolj zmerno vlažnih rastiščih ter da je dno dolin bolj občutljivo za žled, in sicer predvsem zaradi zadrževanja hladnega zraka ter osojnih leg, zaradi katerih se žled na drevju obdrži dalj časa. Warrillow in Mou (1999) pa v primeru gorskega predela Apalačev nasprotno ugotavljata, da je bilo najmanj škode zaradi žledu na vznožju in dnu dolin.

Pogosta protislovja v povezavi med različnimi dejavniki ter povzročeno škodo in njeno intenzivnostjo nakazujejo kompleksnost, zaradi česar je vsak žledolom unikaten in težko predvidljiv (Bragg in sod., 2003).

3 METODE UGOTAVLJANJA POŠKODOVANOSTI DREVJA IN GOZDOV ZARADI ŽLEDA

3 METHODS USED FOR THE ESTIMATION OF SLEET DAMAGE

3.1 Daljinsko zaznavanje gozdnih ujma

3.1 Remote sensing

V Evropskem gozdarskem inštitutu EFI (Gardiner in sod., 2010) ugotavljajo, da je v EU nujno treba vzpostaviti mehanizme, ki naj omogočajo ažurne, lahko dostopne in natančne informacije o gozdnih ujmah in njihovih posledicah. Nujni del takega mehanizma je uporaba podatkov daljinskega zaznavanja, iz katerih je hitro mogoče pripraviti karte geografskega obsega poškodovanih gozdov in resnosti poškodb gozda.

Mnogi podatki satelitskega in letalskega daljinskega zaznavanja se že dolga leta rutinsko snemajo, zato je mogoče stanje po ujmi primerjati s stanjem pred njo. Če primerjamo satelitska in letalska snemanja, so največje prednosti prvih cenenost, ažurnost in hkraten zajem velikih površin. Satelitsko sliko poškodovanih gozdov za zelo velika območja je v jasnem vremenu mogoče dobiti že v nekaj dneh po ujmi, kar lahko zagotovi prvo objektivno informacijo o obsegu škode. Prednost letalskih snemanj pa je večja podrobnost podatkov, zato z njimi lahko pripravimo natančnejše ocene škode in podlage za sanacijo. Letalska snemanja lahko ponudijo še mnogo več kot le fotografije in DOF (digitalni ortofoto posnetki). Jeseni 2014 in spomladi 2015 je bila Slovenija v okviru projekta Lidarsko snemanje Slovenije 2014/2015 (Ministrstvo za okolje in prostor) v celoti posneta z lidarjem. Lidar je tehnologija aktivnega daljinskega zaznavanja, ki daje podrobne tridimenzionalne podatke o horizontalni in vertikalni strukturi gozdnih sestojev in višini drevja. To omogoča objektivno oceno ne le geografskega obsega škode, ampak tudi poškodb sestojnih struktur in sprememb sestojnih višin. Na podlagi vseslovenskih lidarskih podatkov na Gozdarskem inštitutu Slovenije, Zavodu za gozdove in Geodetskem inštitutu Slovenije že potekajo aktivnosti za vključitev lidarskih podatkov v kartiranje katastrofalnega žledoloma iz februarja 2014.

Tehnologija daljinskega zaznavanja ponuja velikopovršinski pogled na pokrajino, zaradi namenskih senzorjev pa tudi konsistentna (primerljiva in sistematična) opazovanja. V zadnjem desetletju je mogoče zaslediti številne iniciative in podporo specializiranih vesoljskih programov za vegetacijske študije (npr. izstrelitev satelita za opazovanje vegetacije PROBA-V v letu 2013, sateliti Sentinel 2 in 3 v bližnji prihodnosti), ki z omogočanjem dostopa do prostorskih podatkov vzpostavljajo okvir za stalno satelitsko spremljanje gozdov na svetovni, pa tudi na meddržavni, državni ali krajevni ravni. V prihodnjih letih bodo serije satelitskih podatkov vse gostejše (prehod na dnevna oz. nekajdnevna opazovanja iste lokacije) ter podrobnosti prikaza mnogo natančnejši (bistveno pod 100 m).

Uporaba optičnih satelitskih posnetkov v gozdarstvu je že razširjena v spremljanju (monitoringu) zaščitениh območij (habitatov) in intenzivno gospodarsko izkoriščanih območjih, v sistemih zgodnjega opozarjanja za požarno ogroženost in ocenjevanju posledic požarov in vetrolomov v gozdovih (Dees, 2014; Kennedy in sod., 2009; Souza

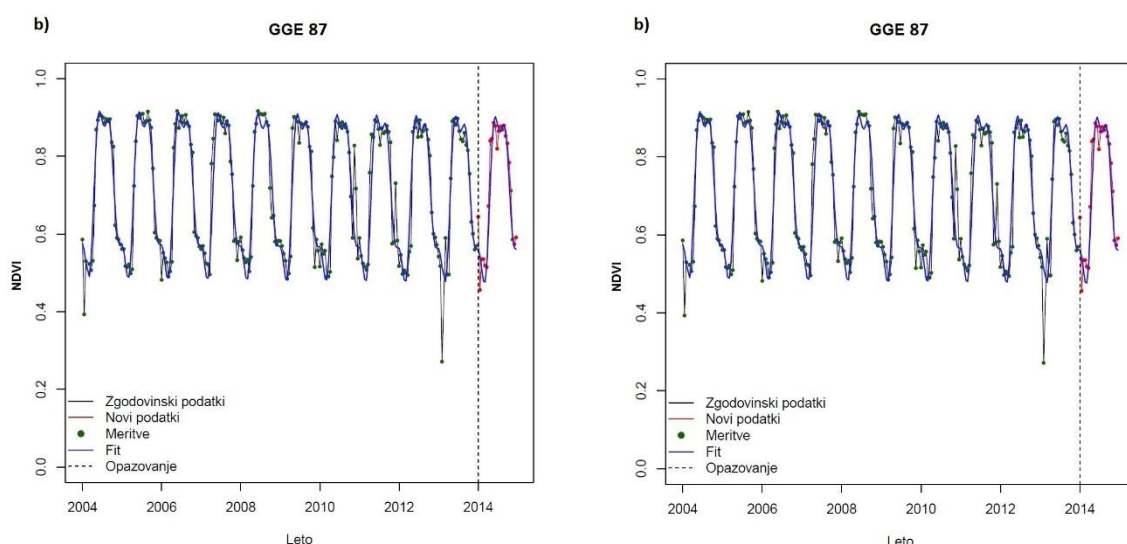
in sod., 2005; Miller in sod., 2002; Schardt in sod., 1996; Smith in sod., 2015), redkejši pa so primeri ocenjevanja posledic po ledenih ujmah (žledolomu) oziroma spremljanja procesov po tovrstnih motnjah (učinki naravne obnove, sanacije). Schelhaas s sodelavci (2003) tudi ugotavlja, da so vetrolomi in požari v evropskih gozdovih pogostejši pojavi kot žledenje.

Za kartiranje, oceno in spremljanje motenj v gozdovih se najpogosteje uporablja kombinacija podatkov in tehnik za daljinsko zaznavanje (satelitskih in letalskih) ter statističnih modelov (Aszalós in sod., 2012; Kennedy in sod., 2010). Spremembe v rastju se odražajo preko sprememb v spektralnih podpisih oziroma odbojnosti. Pri večspektralnih posnetkih iz kombinacij kanalov pridobimo informacije o stopnji aktivnosti fotosinteze, stresa, vsebnosti vlage in drugih biofizikalnih lastnostih rastlin, na podlagi katerih lahko interpretiramo, kje je prisotna vegetacija (npr. vegetacijski indeksi NDVI, FVC, fAPAR, LAI), stanje vegetacije (npr. zdravstveno stanje, produktivnost, sušni stres), zasledujemo trend sprememb (npr. fenološke faze, motnje, poškodbe) ali ocenjujemo strukturne lastnosti sestojev.

Največ študij za oceno učinkov ledenih ujm je opravljenih za severnoameriške (Olthof in sod., 2004; King in sod., 2005) in kitajske (Shao in sod., 2011; Xu in sod., 2013) gozdove in praviloma temeljijo na izračunu normiranega diferencialnega vegetacijskega indeksa NDVI (Slika 4a,b). Le posamične študije obravnavajo dogodke, povezane z ledenimi ujmami na evropskih tleh. Šimić Milas in sod. (2015) so v svoji študiji prikazali uporabnost posnetkov Landsat 8 za hitro oceno škode v gozdu po žledolomu in poplavih leta 2014 na Hrvaškem. Aszalós in sod. (2012) so na primeru starejših žledolomov na Madžarskem proučevali zmožnosti napovedanja motenj ledenih ujm s pomočjo podatkov, pridobljenih iz aeroposnetkov in terenskih pregledov. Zanimiv je tudi primer operativnega kartiranja posledic neurij na Poljskem s posnetki RapidEye v okviru sistema, zasnovanega za spremljanje in poročanje o evropskih gozdovih (Dees, 2014).

Satelitsko daljinsko zaznavanje zagotavlja zvezno porazdeljene kvantitativne meritve parametrov gozda, zaznavanje sprememb in zgodnje trende razvoja ter sprotno

kartiranje stanja. Smiselno dopolnjuje podatke terenskih pregledov pri velikopovršinskem spremljanju gozdov ali na težje dostopnih območjih. K integriranemu opazovanju gozdov lahko dodaja konkretne prednosti bodisi v razumevanju kompleksnih odnosov v gozdnih ekosistemih pa tudi v načrtovanju in spremljanju gozdnogospodarskih ukrepov.



Slika 4: Potek vegetacijskega indeksa NDVI za GGE 76 (Jezerščak), kjer so zaznane posledice žleda (a), ter za GGE 87 (Žrni dol), kjer žledenje ni bilo prisotno/zaznano; (b) vegetacijski indeks je izračunan iz satelitskih podatkov MODIS (16-dnevni kompozit, 300 m prostorska ločljivost) za desetletno obdobje in je povprečen za območja gozda znotraj posamezne GGE.

Figure 4: Vegetation index NDVI dynamics for the forest management unit 76 (Jezerščak), where the consequences of ice sleet can be perceived (a) and for the forest management unit 87 (Žrni dol) where ice sleet disturbance was not present (b). Vegetation index is calculated from the MODIS satellite data (16 day composite, 300 m spatial resolution) for the ten-year period and the average in the area of forest within a forest management unit.

Uvajanje sodobnih tehnoloških sredstev navadno pomeni racionalizacijo dela in večjo kakovost storitev. Pomislimo na leto 2001, ko sta Kopše in Hočevar podala oceno o

uporabi GPS-navigacije v gozdni inventuri, ki je spodbudila uporabo GPS-sprejemnikov v gozdarstvu in so zdaj nepogrešljiv del terenske opreme.

4 NEKATERE SMERNICE ZA IZBOLJŠANJE STABILNOSTI IN ODPORNOSTI GOZDOV PROTI ŽLEDU

4 GUIDELINES FOR IMPROVEMENT OF STABILITY AND RESILIENCE OF FORESTS

Pri gospodarjenju z gozdovi si po naravnih ujmah, kot je bil žledolom leta 2014, po navadi prizadevamo za izboljšanje njihove stabilnosti in odpornosti. Povečanje stabilnosti pomeni manjšo dovzetnost dreves za hujše poškodbe, večja odpornost pa povečano sposobnost gozda, da si opomore po večjih ujmah. Odpornost lahko definiramo kot čas, ki je potreben, da se sestojna struktura, drevesna sestava in procesi v gozdu vrnejo v podobno stanje, kot je bilo pred ujmo.

Nekaj temeljnih smernic za izboljšanje stabilnosti in odpornosti gozdnih sestojev.

Stabilnost

- Mlajši gozdovi v fazi letvenjaka ali drogovnjaka, ki so bili preredčeni pred nedavnim (npr. < 5 let), niso imeli dovolj časa za rast debla (izboljšanje HD-razmerja) in korenin. Taki sestoji so zato mehansko nestabilni in še posebno občutljivi za žledolom (Bragg in sod., 2003). Pri uporabi gojitvenih zvrsti, kot so zastorno ali skupinsko postopno gospodarjenje, moramo zato paziti, da se izogibamo hkratnemu izvajanju redčenj na večjih površinah. Redčenja naj bodo raje opravljena na manjših ločenih površinah in pogosteje. Pomembna je pravočasnost; zelo občutljivi so sveže preredčeni sestoji, kjer je bilo redčenje opravljeno prepozno.
- Alternativa manjšemu obsegu in časovni razporeditvi redčenj je lahko tudi t.i. minimalna nega. Pri tem načinu nege v mlajših sestojih izberemo samo 60 do 80 najbolj kakovostnih in vitalnih dreves na hektar, ki jim z izbiralnim redčenjem zagotovimo več ravnega prostora, pri čemer načrtno pospešujemo simetrično rast krošnje. Slednje je še posebno pomembno na strmih pobočjih, kjer širimo rastni prostor v smeri po pobočju navzgor. Stroški pri tovrstnem ukrepanju so v primerjavi s klasičnim izbiralnim redčenjem manjši, v sestoji pa tako vzpostavimo mrežo točk s povečano (tudi kolektivno) stabilnostjo.

- Pri vsaki naravni ujmi, ne samo pri žledu, so gozdovi s homogeno strukturo in manjšo strukturno in vrstno pestrostjo bolj ogroženi, še posebno, če v njih prevladujejo ranljive drevesne vrste, ki so občutljive za določene ujme in uspevajo na bolj izpostavljenih mestih. V raznodobnih gozdovih je zato večja stabilnost mešanih sestojev (Spiecker, 2003).
- Na rastiščih, kjer je velika pogostnost žledenja, je priporočljivo povečati delež proti žledu odpornejših drevesnih vrst. To so vrste, ki so bolj odporne za poškodbe krošnje in prelom debla. Izboljšati je treba tudi zdravstveno stanje gozdnih sestojev in iz sestojev odstraniti bolna in poškodovana drevesa (Bragg in sod., 2003).
- Vzpostaviti je treba stalni nadzor preživelih, vendar zelo poškodovanih dreves (izguba več kot 50 % krošnje), ki niso bila odstranjena pri prvi sanaciji žledoloma. Taka drevesa se namreč zelo hitro okužijo z različnimi boleznimi in škodljivci ter so kasneje v veliki meri podvržena odmiranju in poškodbam zaradi novih motenj (Bragg in sod., 2003, Shortle in sod., 2003).

Odpornost

- Mešani raznodobni sestoji so bolj odporni proti motnjam zato, ker imajo povečano vrstno in strukturno pestrost, kar pomeni, da so na majhni površini gozda drevesa različnih starosti, premerov in višin. Tako skupaj uspevajo odrasla drevesa, podstojna drevesa in različne razvojne stopnje podmladka. Glede na raziskave zaradi žleda poškodovanih gozdov v sestojih vedno ostane del populacije dreves, ki je preživel ujmo in je sposoben hitrega odziva in razvoja v nov sestoj. S tega stališča je torej priporočljivo, da pospešujemo pestrost drevesnih vrst, raznodobno in raznomerno sestojno strukturo in relativno neprekinjeno pomlajevanje. Povečana genetska in habitatna pestrost gozdov, kot posledica naših ukrepov, lahko izboljša tudi potencial gozdov pri prilagajanju na podnebne spremembe (Spiecker, 2003; Lindner in sod., 2008).
- Če nameravamo sanirane površine pomladiti s sajenjem, je treba dati prednost ustreznim vrstam in proveniencam, ki so manj dovzetne za škodo ter obenem odporne proti suši, kar naj bi olajšalo njihovo prilagajanje na podnebne spremembe. Po oceni Westergrenove in sod. (2015) bo na podlagi Načrta

sanacije gozdov, poškodovanih v žledolomu leta 2014 treba zagotoviti 2,26 mio sadik in seme za pogožditev 877 ha gozdov. Čeprav sta slovensko drevesničarstvo in semenarstvo trenutno v slabem položaju (slabo financiranje, težave pri pridobivanju semen, vzgoji sadik, pomanjkanje drevesnic), je treba čim bolj ustrezno zagotovljati rastiščem primeren oz. prilagojen gozdni reprodukcijski material velike genetske pestrosti. Priporočljiva je čim bolj lokalna uporaba gozdnega reprodukcijskega materiala, ki je nabran iz zadostnega števila dreves (Westergren in sod., 2015).

- Nujna gozdnogojitvena ukrepa za uspeh saditve sta priprava sestoja za saditev (npr. odstranjevanje grmovnic) in večkratna obžetev mladja (Diaci in sod., 2015).
- Glede na veliko številčnost populacij srnjadi in jelenjadi v Sloveniji objedanje mladja zelo zmanjšuje prirastek mladovij in vpliva na vrstno sestavo (Nagel in sod., 2015). Zato je treba skrbno spremljati poškodovanost mladja zaradi objedanja in na problematičnih območjih s primernimi ukrepi zmanjšati poškodovanost.

5 ZAKLJUČEK

5 CONCLUSIONS

Določene lastnosti rastišč (npr. naklon terena) približno enako vplivajo na poškodovanost gozdnega drevja zaradi žleda v vseh primerih raziskav. Po drugi strani pa za določene dejavnike rastišč in drevesnih sestojev raziskovalci ugotavljajo tudi nasprotujoče si rezultate študij (listavci-iglavci, topografija ...). To kaže na dejstvo, da najbolj dovzetna vrsta za poškodbe po žledu v eni topografski kategoriji morda ni najbolj dovzetna v drugi (Warrillow in Mou, 1999). Žled poleg poškodb gozdnega drevja, predvsem pri večjem številu izruvanih dreves, povzroči tudi poškodbe gozdnih tal (pojavljanje talnih jam in zemeljskih kupov), ki lahko resno otežijo obnovo sestojev. Razen rastišč, na katerih se žledenje z veliko verjetnostjo pojavlja ciklično, ni priporočljivo, da se osredotočamo le na izboljšanje stabilnosti in odpornosti za primer žledoloma, saj na gozdove v Sloveniji zelo vplivajo tudi drugi dejavniki žive in nežive narave. Če bi bili, na primer, prihodnji sestoji sestavljeni le iz vrst, ki so odporne proti

poškodbam zaradi žleda (npr. nekateri iglavci), bi jih po drugi strani lahko ogrožali podlubniki, vetrolomi ali suše. Načrtovani gojitveni ukrepi morajo zato upoštevati vse zunanje dejavnike, ki vplivajo na razvoj gozda.

Količina lesa v Evropi, ki je bila poškodovana zaradi vetra, podlubnikov in gozdnih požarov, se je v zadnjih štiridesetih letih potrojila (Seidl, 2014). Nemogoče je, da bi naravne ujme, predvsem ekstremne, nadzorovali z gospodarjenjem, še posebno, če upoštevamo prihodnje podnebne spremembe in negotovost pri napovedovanju razvoja gozdov. Naravne ujme moramo zato upoštevati kot dejavnik, ki vpliva na razvoj gozdnega ekosistema, in jih vključiti v gozdnogospodarske strategije. To je še posebno pomembno zaradi pomembne vloge, ki jo imajo pri ustvarjanju pestrejših habitatnih razmer (npr. mrtev les, pokrajinska heterogenost) in posledično izboljšane biotske raznovrstnosti v slovenskih gozdovih.

Čeprav so naše možnosti gozdnogojitvenega ukrepanja omejene, je v primeru gozdov, ki uspevajo na žledu izpostavljenih rastiščih, priporočljivo upoštevati smernice in napotke za krepitev stabilnosti in odpornosti gozdnih sestojev. Vsekakor pa moramo biti zaradi vse pogostejših in intenzivnejših naravnih ujm nanje pripravljeni, in sicer predvsem z izdelavo metodologije najbolj optimalnega ocenjevanja škode, načrtom sanacije poškodovanih sestojev ter z dolgoročnim spremljanjem zdravstvenega stanja gozdov.

6 ZAHVALA

6 ACKNOWLEDGEMENT

Prispevek je nastal v okviru ciljnega raziskovalnega projekta Učinki žleda na gozdove glede na sestojne in talne značilnosti (projekt V4-1422), ki sta ga financirala Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Pripombe in predlogi prof. dr. Jurija Diacija so pripomogle k izboljšavi članka, za kar se mu lepo zahvaljujemo.

7 SUMMARY

Freezing rain is one of the most common natural disturbance agents in Slovenian forests. They have an important impact on natural forest dynamics and ecosystem

functions, yet they also reduce the value of timber and cause short and long-term economic losses for the forestry sector and forest owners (Nagel and Roženberger, 2015). According to the published studies, the degree and type of ice damage are influenced by different factors: weather conditions, stand density and vertical structure, tree species, age of a stand, species composition, tree height and diameter, h:d ratio, asymmetry of crowns, wood characteristics, previous injuries of trees, management practices, topography, altitude, inclination and aspect of slope, geology, soil characteristics etc. (Warrillow and Mou, 2003; Bragg et al., 2003; Papež, 2005; Bleiweis, 1983; Jakša, 2007; Saje, 2014). The degree and type of injuries are not a result of a single factor, it is usually a combination and synergy of several factors affecting the level of damage within a given forest site.

We outline some basic recommendations from the forestry literature to increase stability and resilience of forest trees and stands:

Stability:

- Young forests (pole stands) that have been recently thinned (e.g. < 5 years) are particularly vulnerable to ice damage because they have not had sufficient time to add bolewood and roots (Bragg et al., 2003). As such, in forest stands managed with even-aged silviculture, such as shelterwood or group selection systems, thinning large areas during single stand entries should be avoided. Thinning treatments should rather be smaller and separated in space and time.
- As with any disturbance agent (not just ice), forests with homogeneous structure and few species are at higher risk to disturbance, particularly if they are comprised of species that are vulnerable to a given disturbance agent and on sites that are at higher risk. This is one of the main advantages of mixed species and uneven-aged stands (Spiecker, 2003).
- On sites that are highly vulnerable to repeated ice damage, it may be advisable to increase the proportion of species that are less resistant to crown breaking and bole snapping, make efforts to increase the health of stands (i.e. remove trees with disease and defects), and limit, if possible, the development of highly asymmetrical crowns (Bragg et al., 2003).
- It is important to monitor the surviving trees that were heavily damaged (more than 50% crown loss), but not removed from the stand during initial salvage

treatments. Such trees are likely to become infected with pathogens and are high risk for mortality or future damage from disturbance (Bragg et al., 2003; Shortle et al., 2003).

Resilience:

- In addition to decreasing disturbance risk, mixed-species uneven-aged stands are more resilient to disturbance because they often have adult trees, subcanopy trees, and many cohorts of regeneration that survive disturbance and are able to quickly develop into a new stand. Therefore, to the possible extent, it is recommended to promote increased tree diversity, multi-aged structure at small scales, and relatively continuous regeneration. The resulting increase in diversity, age-cohorts, and genetic diversity should improve the potential of forests to adapt to climate change (Spiecker, 2003; Lindner et al., 2008).
- If areas are to be planted following salvage logging, preference should be given to appropriate species and provenances that are drought tolerant, which should facilitate adaptation to climate change.
- Given the high density of deer across much of Slovenia, browsing could substantially reduce the speed and species composition of recovering forests (Nagel et al., 2015). Therefore, browsing damage needs to be monitored carefully and reduced in problematic areas.
- When planting, it is necessary to do proper soil preparation and several basic silvicultural treatments to increase the survival and desirable growth of seedlings (Diaci et al., 2015).

8 VIRI

8 REFERENCES

- Aszalós, R., Somodi, I., Kenderes, K., Ruff, J., Czucz, B., Standovar, T., 2012. Accurate prediction of ice disturbance in European deciduous forests with generalized linear models: a comparison of field-based and airborne-based approaches. *European Journal of Forest Research* 131: 1905–1915.
- Boerner, R. E. J., Runge, S. D., Cho, D. S., Kooser, J. G., 1988. Localized ice storm damage in an Appalachian Plateau watershed. *Am. Midl. Nat.* 119: 199–208.
- Bragg, D. C., Shelton, M. G., Zeide, B., 2003. Impacts and management implications of ice storms on forests in the southern United States. *Forest Ecology and Management* 186: 99–123.

- Dees, M., 2014. Can the challenges for operational satellite based storm damage mapping in forests be met? – An analysis of Rapid Eye based mapping of a medium scale storm damage event in forests in North-West Poland. ForestSAT2014 Open Conference System, North America, jul. 2014. <http://ocs.agr.unifi.it/index.php/forestsat2014/ForestSAT2014/paper/view/341>. Date accessed: May 2015.
- Diaci, J., Fidej, G., Rozman, A., Nagel, T. A., Dakskobler, I., 2015. Primerjava različnih načinov obnove gozda po ujmah. Pogled na žled: zbornik povzetkov / Delavnica o Gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih ukrepih po ujmah večjih razsežnosti, Ljubljana in Sevnica: 9–12.
- Domicelj, A., 1900. Huda nesreča na Notranjskem. Dom in svet. Kataloško tiskovno društvo, 13, 2: 60–61.
- Gabet, E. J., Mudd, S. M., 2010: Bedrock erosion by root fracture and tree throw: A coupled biogeomorphic model to explore the humped soil production function and the persistence of hillslope soils. *Journal of Geophysical Research* 115, 14 pp.
- Gardiner, B., Blennow, K., Carnus, J. M., Fleischer, P., Ingemarson, F., Landmann, G., Lindner, M., Marzano, M., Nicoll, B., Orazio, C., Peyron, J. L., Reviron, M. P., Schelhaas, M. J., Schuck, A., Spielmann, M., Usbeck, T., 2010. Destructive storms in European forests: past and forthcoming impacts. Final report to European Commission - DG Environment. 138 s.
- Gay, D. E., Davis, R. E., 1993. Freezing rain and sleet climatology of the southeastern USA. *Climate Research*: 209–220.
- Ilisson, T., Köster, K., Vodde, F., Jögiste, K., 2007. Regeneration development 4–5 years after a storm in Norway spruce dominated forests, Estonia. *Forest Ecology and Management* 250, 17–24.
- Irland, L. C., 2000. Ice storms and forest impacts. *The Science of the Total Environment* 262: 231–242.
- Jakša, J., 1997. Posledice snežnih in ledenih ujm v slovenskih gozdovih v zimah 1995/96 in 1996/97. *Gozdarski vestnik* 55 (5–6): 263–274.
- Jakša, J., Kolšek, M., 2009. Naravne ujme v slovenskih gozdovih. *Ujma*, 23: 72–81.
- Kennedy, R. E., Yang, Z., Cohen, W.B., 2010. Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr - Temporal segmentation algorithms. *Remote Sensing of Environment* 114: 2897–2910.
- Kennedy, R. E., Townsend, P. A., Gross, J. E., Cohen, W. B., Bolstad, P., Wang, Y. Q., Adams, P., 2009. Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects. *Remote Sensing of Environment* 113: 1382–1396.
- King, D. J., Olthof, I., Pellikka, P. K. E., Seed, E.d., Butson, C., 2005. Modelling and Mapping Damage to Forests from an Ice Storm Using Remote Sensing and Environmental Data. *Natural Hazards* 35: 321–342.
- Kobler, A., Grecs, Z., Marinšek A., 2015. Vpliv na poškodovanost gozda po žledu. Pogled na žled: zbornik povzetkov / Delavnica o Gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih ukrepih po ujmah večjih razsežnosti, Ljubljana in Sevnica: 18–21.
- Lafon, C. W., 2004. Ice-storm disturbance and long-term forest dynamics in the Adirondack Mountains. *Journal of Vegetation Science* 15: 267–276.
- Lafon, C. W., Graybeal, D. R., Orris, K. M., 1999. Patterns of ice accumulation and forest disturbance during two ice storms in southwestern Virginia. *Phys. Geogr.* 20, 97–115.

- Liechty, H. O., Jurgensen M. F., Mroz, G. D., Gale M. R., 1997. Pit and mound topography and its influence on storage of carbon, nitrogen, and organic matter within an old-growth forest. *Canadian Journal of Forest Research* 27(12): 1992–1997.
- Lindner, M., Garcia-Gonzalo, J., Kolström, M., Green, T., Reguera, R., Maroschek, M., Seidl, R., Lexer, M. J., Netherer, S., Schopf, A., Kremer, A., Delzon, S., Barbati, A., Marchetti, M. Corona, P., 2008. Impacts of climate change on European forests and options for adaptation. AGRI-2007-G4-06. Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development. 173 str.
- Mezgec, I., 2015. O nastanku žleda. V: Zbornik razširjenih povzetkov: Mednarodna konferenca "Obnova gozdov po žledu", Postojna, 19.–20. marec 2015 [Elektronski vir] = International Conference "Forest Rehabilitation after Sleet", [Postojna], 19th and 20th March 2015 / organizir Srednja gozdarska in lesarska šola, Višja strokovna šola Postojna: 106 str.
- Miller, J. D., Yool, S. R., 2002. Mapping forest post-fire canopy consumption in several overstory types using multi-temporal Landsat TM and ETM data. *Remote Sensing of Environment* 82 (2002): 481–496.
- Nagel, T., Roženberger, D., 2015. Vpliv žledoloma na ekološke procese v gozdnih sestojih. Pogled na žled: zbornik povzetkov / Delavnica o Gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih ukrepih po ujmah večjih razsežnosti, Ljubljana in Sevnica: 13-15.
- Nagel, T. A., Diaci, J., Jerina, K., Kobal, M., and Roženberger, D., 2015. Simultaneous influence of canopy decline and deer herbivory on regeneration in a conifer-broadleaf forest. *Canadian Journal of Forest Research* 45: 265–274.
- Nicholas, N. S., Zedaker, S. M., 1989. Ice damage in spruce-fir forests of the Black Mountains, North Carolina. *Canadian Journal of Forest Research* 19: 1487–1491.
- Olthof, I., King, D. J., Lautenschlager, R. A., 2004. Mapping deciduous forest ice storm damage using Landsat and environmental data. *Remote Sensing of Environment* 89: 484–496.
- Papež, J., 2005. Motnje in dinamične spremembe vegetacije v gozdni krajini. *Gozdarski vestnik* 63 (2): 68–78, 91–98.
- Pasher, J., King, D. J., 2006: Landscape fragmentation and ice storm damage in eastern ontario forests. *Landscape Ecology* 21: 477–483.
- Perko, F., Pogačnik, J., 1996. Kaj ogroža slovenske gozdove? Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije: 183 str.
- Peterson, C. J., & Campbell, J. E., 1993. Microsite differences and temporal change in plant communities of treefall pits and mounds in an old-growth forest. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 120(4): 451–460.
- Phillips, J. D., Marion, D. A., Turkington, A. V., 2008. Pedologic and geomorphic impacts of a tornado blowdown event in a mixed pine-hardwood forest. *Catena* 75: 278–287.
- Pickett, S. T. A. White, P. S., 1985. Patch Dynamics: A Synthesis. V: *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*, Academic Press, New York: 371–384.
- Planinšek, Š., Grah, A., Vochl, S., Ogris, N., 2015. Uporaba tablične aplikacije v gozdarstvu: študij primera - žledolom 2014. *Gozdarski vestnik* 73 (3): 145–154
- Poljanec, A., Ščap, Š., Bončina, A., 2014. Količina, struktura in razporeditev sanitarnega poseka v Sloveniji v obdobju 1995-2012. *Gozdarski vestnik* 72 (3): 131–147.

- Proulx, R. J., Greene, D. F., 2001. The relationship between ice thickness and northern hardwood tree damage during ice storms. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 1758–1767.
- Rebertus, A. J., Shifley, S. R., Richards, R. H., Roovers, L. M., 1997. Ice Storm Damage to an Old-growth Oak-hickory Forest in Missouri. *American Midland Naturalist* 137 (1): 48–61.
- Rhoads, A. G., Hamburg, S. P., Fahey, T. J., Siccama, T. G., Hane, E. N., Battles, J., Cogbill, C., Randall, J., Wilson, G., 2002. Effects of an intense ice storm on the structure of a northern hardwood forest. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 1763–1775.
- Saje, R., 2014. Žledolomi v slovenskih gozdovih. *Gozdarski vestnik* 72 (4): 204–211.
- Schardt, M., Hausler, T., Henneweg, H., Sagischewski, H., 1996. Large area operational experiment for forest damage monitoring in Europe using satellite remote sensing – Results of the technical working group. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXI, Part B4: 734–740.
- Schelhaas, M. J., Nabuurs, G. J., Schuck, A., 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* 9: 1620–1633.
- Seidl, R., Schelhaas, M., Rammer, W., Verkerk P. J., 2014. Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Climate Change* 4: 806–810.
- Seischab, F. K., Bernard, J. M., Eberle, M. D., 1993. Glaze storm damage to western New York forest communities. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 120(1): 64–72.
- Shao, Q., Huang, L., Liu, J., Kuang, W., Li, J. 2011. Analysis of forest damage caused by the snow and ice chaos along a transect across southern China in spring 2008. *Journal of Geographical Sciences* 21(2): 219–234.
- Shortle, W. C., Smith, K. T., Dudzik, K. R., 2003. Tree survival and growth following ice storm injury. Research Paper NE-723. USDA Forest Service.
- Sinjur, I., Vertačnik, G., Likar, L., Hladnik, V., Miklavčič, I., Gustinčič, M., 2014. Ice storm in Slovenia in January and February 2014 – Spatial and temporal variability in weather across the dinaric Landscapes in Slovenia. *Gozdarski vestnik* 72 (7–8): 299–310.
- Smith, A. M. S., Kolden, C. A., Tinkham, W. T., Talhelm, A. F., Marshall, J. D., Hudak, A. T., Boschetti, L., Falkowski, M. J., Greenberg, J. A., Anderson, J. W., Kliskey, A., Alessa, L., Keefe, R. F., Gosz, J. R., 2015. Remote sensing the vulnerability of vegetation in natural terrestrial ecosystems. *Remote Sensing of Environment* (2014) (Early view). <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2014.03.038>
- Souza Jr., C. M., Roberts, D. A., Cochrane, M. A., 2005. Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires. *Remote Sensing of Environment* 98: 329–343.
- Spiecker, H., 2003. Silvicultural management in maintaining biodiversity and resistance of forests in Europe-temperate zone. *Journal of Environmental Management* 67: 55–65.
- Šamonil, P., Král, K., Hort, L., 2010. The role of tree uprooting in soil formation: A critical literature review. *Geoderma* 157 (3–4): 65–79.
- Šifrer, M., 1977. Geografski učinki žleda v gozdovih okrog Idrije ter Postojne. *Geografski zbornik XVI*, 295–229.

- Šimić Milas, A., Rupasinghe, P., Balenović, I., Grosevski, P., 2015. Assessment of Forest Damage in Croatia using Landsat-8 OLI Images. *South-east Eur for* 6 (2): (early view). DOI: <http://dx.doi.org/10.15177/seefor.15-14>.
- Turner, M. G., Dale, V. H., 1998. Comparing large, infrequent disturbances: What have we learned? *Ecosystems* 1: 493–496.
- von Oheimb, G., Friedel, A., Bertsch, A., Härdtle, W., 2007. The effects of windthrow on plant species richness in a Central European beech forest. *Plant Ecology* 191, 47–65.
- Walker, L. C., Oswald, B. P., 2000. *The Southern Forest: Geography, Ecology and Silviculture*. CRC Press, New York.
- Warrillow, M., Mou, P. 1999. Ice storm damage to forest tree species in the ridge and valley region of southwestern Virginia. *Journal of the Torrey Botanical Society* 126(2): 147–158.
- Westergren, M., Božič, G., Brus, R., Grečs, Z., Kraigher, H., 2015. Analiza stanja semenarstva v Sloveniji – zagotavljanje potreb po semenu in sadikah za potrebe sanacije po žledolomu februarja 2014, Pogled na žled: zbornik povzetkov / Delavnica o Gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih ukrepih po ujmah večjih razsežnosti, Ljubljana in Sevnica: 24.
- Xu, X., Zhou, G., Liu, S., Du, H., Mo, L., Shi, Y., Jiang, H., Zhou, Y., Liu, E., 2013. Implications of ice storm damages on the water and carbon cycle of bamboo forests in southeastern China. *Agricultural and Forest Meteorology* 177: 35–45.
- ZGS, 2014. Timber - podatkovna zbirka o poseku gozdnega drevja. Zavod za gozdove Slovenije, 1995-2013. [online]. Dostopno na: http://www.zdravgozd.si/sanitarni_analiza.aspx

Izledek 2 - Reprezentativen vzorec terenskih podatkov o prizadetih sestojih katastrofalnega žleda januarja 2014

Podatki terenskega popisa vzorčnih ploskev

Format baze podatkov je XLSX. Zaradi obsežnosti je baza podatkov na voljo pri Andreju Koblerju, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, Ljubljana, andrej.kobler@gozdis.si ali na spletnem naslovu <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1kh6GCnrlBq8AitgHv6cgTd-BskUcfvCYUsyVVN4wUe0/edit#gid=175533721>

Šifrant podatkov terenskega popisa vzorčnih ploskev

Evidenčni podatki o ploskvi

1. Zaporedna številka ploskve (prednastavljeno)
2. Dan in čas začetka in konca popisovanja (zabeleži se samodejno)
3. Ime vodje terenske ekipe
4. Teoretični koordinati centra ploskve (prednastavljeno)
5. Teoretična nadmorska višina (prednastavljeno)
6. Dejanski GK koordinati centra ploskve (vnašata se ročno iz ločenega GPS)
7. Dejanska nadmorska višina (vnaša se ročno iz ločenega GPS)
8. Tip ploskve glede na možnost merjenja dreves zaradi posledic sanacije:
 - Tip 1: Ploskev še ni sanirana / pospravljena in drevesa so še na ploskvi. Merimo vsa drevesa, tudi prelomljena ali izvaljena, katerih panji so ali so bili znotraj ploskve.
 - Tip 2: Ploskev je že sanirana / pospravljena (posekano vse drevje ali del drevja na ploskvi), sveži panji (t.j. od sanacije) so vidni. Merimo vsa preostala drevesa, tudi prelomljena ali izvaljena, katerih panji so ali so bili znotraj ploskve. Merimo tudi vse sveže panje na ploskvi.
 - Tip 3: Ploskev je sanirana / pospravljena (posekano vse drevje ali del drevja na ploskvi), panji so zaradi strojne sečnje ali drugih vzrokov deloma ali vsi poškodovani / zakriti / jih ni več. Na ploskvah tipa 3 popisujemo le tla in relief. Dodatni znak v primeru ploskve tipa 3 je delež svežih panjev (t.j. od sanacije), ki so ohranjeni (glede na število merskih dreves pred žledom):
 - vsaj 90%,

- 50% do 90%
- manj od 50%
- Tip 4: Popis ploskve je nevaren, zato je ne popisujemo.
- **Ploskev tipa 3 in 4 zaradi reprezentativnosti vzorca nadomestimo z eno od dodatnih ploskev v odseku. Izberemo tisto izmed še nepopisanih dodatnih ploskev znotraj odseka, ki ima najnižji ID.**
- 9. Fotodokumentacija z vgrajeno tablično kamero:
 - 360-stopinjska panorama (video) iz centra ploskve v urni smeri začenši od severa.
 - Fotografija krošenj iz žabje perspektive navpično navzgor, širša stranica landscape formata je v smeri V-Z.

Tla

Matična podlaga:

Matična podlaga je podlaga, iz katere je nastal mineralni del tal (horizonti B):

1. Karbonat - apnenec
2. Karbonat - dolomit
3. Sediment

Površinska skalovitost in kamnitost

Površinsko skalovitost in kamnitost opišemo z odstotnim deležem pokritosti površine:

1. 0%
2. do 5%
3. 5% - 25%
4. 25% - 50%
5. nad 50%

Vrsta tal

1. Humusno akumulativna tla
2. Kambična tla
3. Izprana tla

Globina tal

Merimo s sondo na 10 mestih na premeru večje ploskve (R3) vzdolž padnice terena.

1. Plitva tla (0 – 20 cm)
2. Srednje globoka tla (20 – 40 cm)
3. Globoka tla (nad 40 cm)

Podatki na ravni drevesa (pred žledom)

Podatki se na ploskvah tipa 1 in 2 beležijo:

- za vsa drevesa (stoječa, prelomljena, izvaljena) katerih panji so (ali pa so pred žledom bili) znotraj ploskve
- za vse sveže panje (= od sanacije) znotraj ploskve in za vse izvaljene sveže panje, ki so bili pred izvalitvijo znotraj ploskve.

Merimo:

- znotraj koncentrične 200 m² ploskve (R2 = 7,98 m) vsa drevesa s prsnim premerom $D_{1,3} \geq 10$ cm
- znotraj koncentrične 600 m² ploskve (R3 = 13,82 m) vsa drevesa s prsnim premerom $D_{1,3} \geq 30$ cm

Premere drevesa

Premere beležimo na 1 cm natančno. Drevesom merimo prsni premer $D_{1,3}$ in premer na višini 30 cm $D_{0,3}$. Panjem merimo le premer panja $D_{0,3}$.

Drevesna vrsta

Drevesno vrsto beležimo za vsa stoječa in podrtá drevesa in za panje odstranjenih dreves (na ploskvah tipa 1 in 2).

Poškodovanost drevesa

Pri ploskvah tipa 1 ali 2 stanje poškodovanosti drevesa klasificiramo takole:

1. Drevo nepoškodovano
2. Drevo poškodovano
 - Odlomljenost vrha (kriterij je **zmanjšanje višine drevesa**)
 1. ni odlomljen
 2. odlomljen v zgornji polovici krošnje
 3. odlomljen v spodnji polovici krošnje
 4. odlomljen pod spodnjim robom krošnje
 - Poškodovanost preostale krošnje (le v primeru, če je Odlomljenost vrha 1, 2 ali 3).
Kriterij poškodovanosti je **zmanjšanje volumna krošnje** zaradi loma vej **IN** loma vrha.
 1. < 25%
 2. 25% - 75%
 3. > 75%
3. Drevo izvaljeno v celoti s koreninami ali z delom korenin. Poškodovanost preostale krošnje v tem primeru avtomatsko znaša > 75%.

Relief

Ocenjuje se na večji ploskvi (R3).

1. Tip reliefa:

1. ravnina
2. vrh hriba, greben
3. dno kotanje
4. pobočje
5. konveksni prelom pobočja
6. konkavni prelom pobočja
7. jarek



2. Nagib terena: merimo s padomerom na 1° natančno. Nagib beležimo le, če Tip reliefa ni enako Ravnina, v nasprotnem primeru avtomatsko znaša 0°.
3. Ekspozicija terena: azimut smeri padnice terena, merimo z busolo na 5° natančno. Če je Tip reliefa enako Ravnina, ekspozicija ni definirana (to ne pomeni, da je enaka 0°!).

Način gospodarjenja (pred žledom)

Ocenjuje se na večji ploskvi (R3) in okolici.

1. Naravi prepuščeni gozdovi
2. Gospodarjeni gozdovi:
 1. prebiralno gospodarjenje
 2. kmečko prebiralno (netipično prebiranje v drobnoposestniških gozdovih); določi se samo v primeru, kadar je razvojna faza neopredeljena

3. enomerni (enodobni) – visoki gozd
4. malopovršinski raznomerni (raznodobni)
5. velikopovršinski raznomerni (raznodobni)
6. dvoslojni
7. panjevec (nizki gozd)
8. grmičast gozd (rušje in ostalo grmičevje višine prib. 5 m)

Razvojna faza sestoja (pred žledom)

Ocenjuje se na večji ploskvi (R3) in okolici. Vrednosti:

1. mladovje (mladje, gošča, letvenjak); $D < 10$ cm
2. drogovnjak - tanjši ($10 \leq D < 20$ cm) in močnejši ($20 \leq D < 30$ cm)
3. debeljak - tanjši ($30 \leq D_{dom} < 50$ cm)
4. debeljak - močnejši ($D_{dom} \geq 50$ cm)
5. neopredeljeno (vsi premeri; samo v primeru prebiralnega gozda)

Oblika mešanosti sestoja (pred žledom)

Ocenjuje se na večji ploskvi (R3) in okolici. Vrednosti:

- 1 Posamična mešanost
- 2 Šopasta mešanost
- 3 Skupinska mešanost
- 4 Velikopovršinska mešanost

Pomlajevanje (po žledu)

Najprej se ocenjuje skupna pokrovnost pomladka (drevesca od višine 20 cm do premera $D_{1,3} \leq 10$ cm) na manjši ploskvi (R2):

1. 0%
2. do 10%
3. 10% - 50%
4. nad 50%

Nato se oceni vrstna sestavo pomladka tako, da za 3 najpogostejše drevesne vrste ocenjujemo pokrovnost posamzne vrste in sicer v enakih razredih kot skupno pokrovnost.

Sklep krošenj (pred žledom, po žledu)

Ocenjuje se na večji ploskvi (R3) in okolici. Najprej ocenjujemo sklep po žledu, sklep pred žledom je enak ali tesnejši. V primeru ploskve tipa 2 (sestoj odstranjen), se sklep po žledu privzame od sestoja v soseščini, za katerega ocenjujemo, da je odstranjenemu sestoju najbolj podoben.

1. Tesen sklep
2. Normalen sklep
3. Rahel sklep
4. Vrzlast sklep
5. Pretrgan sklep

Izsledok 3 - Analiza povezav med poškodbami po žledu in vplivnimi faktorji na podlagi terenskih podatkov

Analiza podatkov terenskega popisa posledic žleda januarja 2014

Uvod

Cilj analize je bil pojasniti poškodovanost dreves in ploskev s podatki popisa žleda januarja 2014 in z nekaterimi dodatnimi podatki (opisanimi v nadaljevanju).

Analiza je bila izvedena na tri komplementarne načine:

Identifikacija vplivnih spremenljivk in smeri njihovega vpliva s statistično analizo na ravni drevesa z metodo Ordinal regression with random effect. Ciljna spremenljivka (poškodovanost drevesa) je zajeta na treh hierarhičnih ravneh - tip poškodovanosti, odlomljenost vrha in zmanjšanje volumna krošnje. Avtor je Maarten de Groot.

Prepoznavanje ključnih pragov vrednosti pojasnjevalnih spremenljivk na ravni drevesa in prikaz njihovih interakcij z metodo podatkovnega rudarjenja. Ciljna spremenljivka (poškodovanost drevesa) je zajeta na treh hierarhičnih ravneh - tip poškodovanosti, odlomljenost vrha in zmanjšanje volumna krošnje. Tretja raven je dodatno prikazana samostojno (gl. Poglavje 0). Avtor je Andrej Kobler.

Zmanjšanje sestojne temeljnice na ravni ploskev glede na vplivne spremenljivke. Avtor je Milan Kobal.

Opis podatkov

Podatki so združeni na ravni drevesa iz podatkov popisa žleda 2014 (datoteka zled_20150715_korig.xlsx) in iz drugih virov.

Terenski popis posledic žledoloma januarja 2014

Vir podatkov: GIS in BFG, 2015.

Podatki so razloženi v priloženem šifrantu.

Debelina ledu ob žledolomu januarja 2014

Vir podatkov: Marija Kolšek in revirni gozdarji, Zavod za gozdove, december 2014

Polje **deb_ledu**.

Podatki o debelini ledu so bili zbrani na ravni odseka (le za odseke, kjer so vzorčne ploskve). Prispevali so jih revirni gozdarji po spominu deset mesecev po žledolomu. Z debelino ledene obloge je mišljena ocena (iz meritev, fotografij, največkrat pa po spominu) povprečne debeline ledene obloge na vejah in vejicah dreves v odseku, merjena v milimetrih. Razredi debeline ledu:

Ni bilo ledene obloge

Tanka ledena obloga (do 5 mm ledu)

Srednje debela obloga (5 – 15 mm ledu)

Debela obloga (15 – 25 mm ledu)

Zelo debela obloga (nad 25 mm ledu)

Geologija

Vir podatkov: Bogomir Celarc, Geološki zavod Slovenije, 2015

Podrobno

Ta podatek je bil uporabljen v statistični analizi na ravni drevesa (De Groot).

Vrednosti polja **geol_opis** (43 vrednosti):

Psevdoziljske plasti: sedimentno-vulkanogena serija (peščenjaki, meljevci, glinavci, predornine in njihovi piroklastiti, podrejeno apnenci)

apnenci masivni

apnenci plastnati

apnenci z roženci

apnenci z roženci in laporovci

apnenci, laporasti apnenci in laporovci

apnenci, laporovci, glinavci in apnenčeve breče

apnenčeve breče in laporovci

diamikt

dolomiti masivni

dolomiti plastnati

dolomiti z roženci

dolomiti, laporovci, meljevci, peščenjaki, glinavci in apnenci

dolomitni konglomerati, dolomiti z roženci in piroklastiti

Fliš: hitro menjavanje peščenjakov, meljevcev, glinavcev, laporovcev, konglomeratov, breč, apnencev

glina, melj, pesek

glina, melj, pesek, prod (ali grušč) v različnih razmerjih

glinavci, meljevci in roženci

globočnine in žilnine (gabri (čizlakit), tonaliti, granodioriti, graniti, dioriti, malhiti, pegmatiti)

grušč

grušč in breča
 konglomerat, prod in pesek
 laporasti apnenci in laporovci
 laporasti peščeni meljevci in glinavci
 laporovci in glinavci
 laporovci, apnenci in apnenčeve breče
 masivne metamorfne kamnine (gnajsi, amfiboliti, eklogiti, serpentiniti, kvarciti, marmorji, migmatiti, rogovci)
 masivni do plastnati dolomiti in podrejeno apnenci
 masivni kremenovi peščenjaki
 menjavanje klastičnih sedimentnih kamnin (glinavcev, meljevcev, peščenjakov, konglomeratov)
 pesek (pretežno)
 piroklastične in sedimentno-piroklastične kamnine (tufi, tufiti, vulkanske breče)
 plastnate karbonatne breče (konglomerati)
 plastnati apnenci in apnenčeve breče
 plastnati apnenci in dolomiti
 plastnati apnenci in podrejeno dolomiti
 plastnati do laminirani laporovci
 plastnati dolomiti in podrejeno apnenci
 predornine (trahiti, daciti, andeziti, diabazi, bazalti, spiliti, doleriti, varioliti)
 prod, pesek, ponekod konglomerat
 silikatni prod, podrejeno pesek, melj in glina
 skrilave in masivne metamorfne kamnine
 skrilave metamorfne kamnine (filiti, skrilavci, blestniki, diaftoriti)

Posplošeno

Ta podatek je bil uporabljen v podatkovnem rudarjenju na ravni drevesa (Kobler).

Polje **geol_kr_opis** ali **geologija**.

Vrednosti polja (13 vrednosti):

apnenec

dolomit

hitro menjavanje plasti različnih kamnin (npr. fliš)

magmatske kamnine

menjavanje apnenca in dolomita

menjavanje zemljin in kamnin

metamorfne kamnine

pretežno apnenec z vložki drugih kamnin

pretežno debeložrnata kamnina

pretežno debeložrnata zemljina

pretežno drobožrnata kamnina

pretežno drobožrnata zemljina

vulkanske kamnine

Pogostost žleda

Vir podatkov: ARSO, 2015

Polje **pog_zle**.

Baza podatkov opredeljuje dolgoročno verjetnost pojava žleda z naslednjimi razredi:

Zelo redko

Enkrat na 10 let

Enkrat na 3 leta

Enkrat na 1 - 2 eti

Habitatni tipi

Vir podatkov: Lado Kutnar in sod., GIS, 2015

Polje **habtime** ima razrede:

Ilirski bukovi gozdovi

Ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi

Jugovzhodni evropski gozdovi rdečega bora

Kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu

Poplavni hrastovo-jesenovo-brestovi gozdovi vzdož velikih rek

Srednjeevropski kisloljubni bukovi gozdovi

NA (ni znano)

Satelitski podatki

Vir podatkov: Krištof Oštir, ZRC-SAZU, 2015

Polje **modis_ndvi**.

Baza podatkov opredeljuje odstopanja od pričakovanih vrednosti NDVI glede na dolgoročno povprečje (2000-2014) NDVI podatkov satelita MODIS.

Korekcija podatkov

Podatki so bili korigirani na naslednji način:

Osnova je list Združeno v XLSX bazi podatkov končne verzije popisa žleda (15. julij 2015) – datoteka zled_20150715_korig.xlsx.

Poškodbe so klasificirane na treh hirerahičnih ravneh, tekstovne vrednosti so bile zamenjane s kodami

Prva raven - polje **drtipp** (Tip poškodovanosti) - vrednosti: 100-500

Druga raven - polje **drodl** (Odlomljenost vrha) - vrednosti: 100, 200, 310, 320, 330, 340, 400, 500

Tretja raven - polje **drzman** (Zmanjšanje volumna krošnje) - vrednosti: 100, 200, 311, 312, 313, 321, 322, 323, 331, 332, 333, 340, 400, 500

Pomen kod:

drtipp (Tip poškodovanosti)	drodl (Odlomljenost vrha)	drzman (Zmanjšanje volumna krošnje)
100 Drevo nepoškodovano		
200 Drevo ukrivljeno		
300 Drevo poškodovano	310 Vrh ni odlomljen	311 < 25%
		312 25% - 75%
		313 > 75%
	320 Vrh odlomljen v zgornji polovici prošnje	321 < 25%
		322 25% - 75%
		323 > 75%
	330 Vrh odlomljen v spodnji polovici krošnje	331 < 25%
		332 25% - 75%
		333 > 75%
340 Vrh odlomljen pod spodnjim robom krošnje		
400 Drevo nagnjeno		
500 Drevo izvaljeno		

Z dodatnim poljem **drzman2** je tretja raven poškodb (zmanjšanje volumna krošnje) prikazana ločeno od ostalih dveh. Na ta način so združena v isti razred poškodb vsa drevesa z isto ravno zmanjšanja volumna krošnje vendar z različnimi razredi odlomljenosti vrha. Kode polja imajo naslednji pomen:

1 ... drzman ∈ {311, 321, 331}

2 ... drzman ∈ {312, 322, 332}

3 ... drzman ∈ {313, 323, 333, 340}

0 ... vse ostalo

Vsa drevesa, ki nimajo znane vrednosti vsaj za drtipp, so bila izbrisana

Terenski podatki o globini tal (10 vrednosti vzdolž transeka čez ploskev) so bili posplošeni s povprečjem, mediano in modusom (tlaMean, tlaMedian, tlaModus).

Ekspozicija reliefa je bila zamenjana z razredi, širokimi 45° (relekp), z naslednjimi kodami:

- 0 ... teren je raven (ni ekspozicije)
- 1 ... sever (azimut 337,5° do 360° in 0° do 22,5°)
- 2 ... severovzhod (azimut 22,5° do 67,5°)
- ...
- 8 ... severozahod (azimut 292,5° do 337,5°)

Statistična analiza na ravni dreves (Maarten de Groot)

Methods and materials

Ordinal regression with random effect

Because the dependent variable was ordinal a cumulative link mixed model was used. The independent variables mentioned in the table were used in the analysis. The dependent variable was divided into three groups: damage which had five classes, decrease of height of the tree which had four classes and the decrease of the crown, which had three classes. For every dependent variable and the eight most frequent occurring tree species a model was made. The data was not equally distributed over the research area. Therefore the plot ID was used as a random effect. The analyses were done in the statistical program R (R Development Core Team, 2011) using the package »Ordinal« (Christensen, 2015).

Results

Vrsta	poškodbo					odlomljen			
	nepoškodovan	ukriviljeno	poškodovano	nagnjeno	izvaljeno	ni odlomljen	zgornji polovici krošnje	spodnji polovici krošnje	pod krošnje
BUKEV	49	2	41	0	8	13	58	20	9
NAVADNA SMREKA	68	0	28	0	3	0	89	6	5
GRADEN	33	1	57	1	8	14	68	11	7
CRNI GABER	68	3	21	1	6	12	29	24	35
GORSKI JAVOR	51	1	45	0	2	10	52	25	13
BELI GABER	68	1	27	0	3	15	38	22	25
RDECI BOR	58	0	37	0	5	4	65	18	13
CRNI BOR	70	0	27	0	3	5	63	14	18

Vrsta	dominantne Globina tla	dominantn e Tip Relief	povprečn o relNagib	povprečno Ekspozi	dominantno DEBELINA_L	povprečno MODIS_N DVI
BUKEV	>40 cm	jarek	25	168	neopredeljeno	-0.02
NAVADNA SMREKA	>40 cm	jarek	20	172	neopredeljeno	0.00
GRADEN	>40 cm	jarek	20	185	neopredeljeno	-0.05
CRNI GABER	>40 cm	jarek	30	171	neopredeljeno	-0.01
GORSKI JAVOR	>40 cm	jarek	23	179	neopredeljeno	-0.02
BELI GABER	>40 cm	jarek	20	203	neopredeljeno	0.00
RDECI BOR	>40 cm	jarek	14	215	neopredeljeno	0.02
CRNI BOR	>40 cm	jarek	10	256	neopredeljeno	0.04

	vrsta	tiModus	reITipReli	reINagib	releksp	DEB_LEDJ	HABTIME	GEOL_OPIS	MODIS_NDVI	drPremier13	tlatPovrsinskaSkalovitost	mesOblikaMesanosti	sklepPredZledom	fazaFaza	gospTip	gospNacin
poškod	Bela jelka											x	x			
	Bukev		x			x				x		x				
	Smreka											x				
	Črni bor		x		x									x		
	Graden		x					x								
	Črni gaber							x		x						
	Gorski javor x		x	x				x					x			
	Beligaber x		x													x
	Rdeči bor		x							x			x			
polom	Bela jelka															
	Bukev	x			x					x						
	Smreka							x								
	Črni bor		x							x				x		
	Graden		x					x					x			
	Črni gaber	x	x							x						x
	Gorski javor									x						
	Beligaber		x					x						x		x
	Rdeči bor	x	x		x		x				x		x			x
crown damage	Bela jelka															
	Bukev				x					x				x		
	Smreka							x								x
	Črni bor		x													
	Graden	x	x					x					x			
	Črni gaber		x													x
	Gorski javor		x					x								
	Beligaber															
	Rdeči bor	x						x								

Bela Jelka

Poškod

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drzman2) ~ factor(mesOblikaMesanosti) + sklepPredZledom +  
factor(fazaFaza) + (1 | plDataPlID)  
data:      zledBJ
```

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	556	-221.87	469.75	821(3921)	4.51e-06	4.7e+02

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
plDataPlID	(Intercept)	2.186	1.478

Number of groups: plDataPlID 117

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
Pr(> z)			
factor(mesOblikaMesanosti)2 - ŠOPASTA	0.3204	0.6275	0.511
0.60959			
factor(mesOblikaMesanosti)3 - SKUPINSKA	1.2330	0.5346	2.306
0.02110 *			
factor(mesOblikaMesanosti)4 - VELIKOPOVRŠINSKA	2.4584	1.8571	1.324
0.18558			
sklepPredZledom2 - NORMALEN	2.1447	1.1377	1.885
0.05941 .			
sklepPredZledom3 - RAHEL	2.1452	1.2242	1.752
0.07972 .			
sklepPredZledom4 - VRZELAST	3.4953	1.2053	2.900
0.00373 **			
sklepPredZledom5 - PRETRGAN	2.5782	1.4017	1.839
0.06585 .			
factor(fazaFaza)3	-1.0929	0.7462	-1.465
0.14304			
factor(fazaFaza)4	0.3471	0.7222	0.481
0.63080			
factor(fazaFaza)5	-2.0031	1.4276	-1.403
0.16058			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Threshold coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
1 3	4.914	1.214	4.047
3 5	7.385	1.278	5.777

Amount of damage

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drzman2.1) ~ factor(tlaModus) + (1 | plDataPlID)  
data:      skodBJ
```

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	79	-75.57	159.14	103(306)	1.37e-07	4.3e+01

```

Random effects:
  Groups      Name      Variance Std.Dev.
p1DataP1ID (Intercept) 0.72    0.8485
Number of groups: p1DataP1ID 40

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
factor(tlaModus)2   -2.054     1.247  -1.647   0.0996 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Threshold coefficients:
      Estimate Std. Error z value
1|2    0.1153    0.3035    0.380
2|3    1.4712    0.3833    3.838

```

Polom

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```

formula: factor(drod12) ~ drPremer13 + (1 | p1DataP1ID)
data:    polomBJ

link threshold nobs logLik AIC      niter      max.grad cond.H
logit flexible  67   -11.19 30.38 197(1366) 1.63e-05 4.1e+03

```

```

Random effects:
  Groups      Name      Variance Std.Dev.
p1DataP1ID (Intercept) 222.2    14.9
Number of groups: p1DataP1ID 39

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
drPremer13   -0.1921    0.1768  -1.087   0.277

Threshold coefficients:
      Estimate Std. Error z value
2|3     5.030    3.938    1.277
3|4     6.262    4.022    1.557

```

Bukev

Poškod

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```

formula: factor(drzman2) ~ relNagib + drPremer13 + factor(tlaPovrsinskaSka1
ovitost) +      factor(mesOblikaMesanosti) + factor(DEB_LEDU) + (1 | p1Data
P1ID)
data:    zledB

link threshold nobs logLik AIC      niter      max.grad cond.H
logit flexible 4682 -3153.30 6344.60 2129(16045) 1.04e-02 3.0e+05

```

```

Random effects:
  Groups      Name      Variance Std.Dev.
p1DataP1ID (Intercept) 3.508    1.873
Number of groups: p1DataP1ID 478

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)

```

```

relNagib -0.012101 0.009495 -1.275
0.20248
drPremer13 0.035324 0.003531 10.005
< 2e-16 ***
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)25 DO 50 % 0.783194 0.320532 2.443
0.01455 *
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)5 DO 25 % 0.592124 0.346692 1.708
0.08765 .
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)50 DO 100 % 0.609304 0.322231 1.891
0.05864 .
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)DO 5% 0.708087 0.321909 2.200
0.02783 *
factor(mesOblikaMesanosti)2 - ŠOPASTA 1.058674 0.322517 3.283
0.00103 **
factor(mesOblikaMesanosti)3 - SKUPINSKA 0.622492 0.337151 1.846
0.06484 .
factor(mesOblikaMesanosti)4 - VELIKOPOVRŠINSKA -0.342889 0.256993 -1.334
0.18213
factor(DEB_LEDU)1 -0.376517 0.863471 -0.436
0.66280
factor(DEB_LEDU)2 3.930581 0.541653 7.257
3.97e-13 ***
factor(DEB_LEDU)3 4.144407 0.418714 9.898
< 2e-16 ***
factor(DEB_LEDU)4 5.821885 0.409283 14.225
< 2e-16 ***
factor(DEB_LEDU)5 6.155944 0.415247 14.825
< 2e-16 ***
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

Threshold coefficients:
      Estimate Std. Error z value
1|2    5.9585    0.4716 12.63
2|3    6.1279    0.4725 12.97
3|4   10.1338    0.4933 20.54
4|5   10.1958    0.4936 20.66

```

Lom

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```

formula: factor(drod12) ~ factor(tlaModus) + drPremer13 + factor(DEB_LEDU)
+      (1 | plDataPlID)
data:    polomB

```

```

link threshold nobs logLik AIC niter max.grad cond.H
logit flexible 1920 -2002.61 4029.23 784(3099) 1.41e-02 5.8e+05

```

```

Random effects:
Groups      Name      Variance Std.Dev.
plDataPlID (Intercept) 1.354    1.164
Number of groups: plDataPlID 324

```

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
factor(tlaModus)2 0.078797 0.213693 0.369 0.71232
factor(tlaModus)3 -0.752651 0.231991 -3.244 0.00118 **
drPremer13 -0.036641 0.004508 -8.129 4.34e-16 ***
factor(DEB_LEDU)1 1.360948 1.448168 0.940 0.34733
factor(DEB_LEDU)2 0.574494 0.664986 0.864 0.38763
factor(DEB_LEDU)3 0.795750 0.587773 1.354 0.17579
factor(DEB_LEDU)4 1.179590 0.573279 2.058 0.03963 *
factor(DEB_LEDU)5 1.468038 0.574241 2.556 0.01057 *
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Threshold coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
1 2	-2.3677	0.5787	-4.091
2 3	1.1875	0.5773	2.057
3 4	2.8904	0.5813	4.972

Amount of damage

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

formula: factor(drzman2.1) ~ drPremer13 + factor(tlaPovrsinskaSkalovitost) + factor(mesOblikaMesanosti) + factor(fazaFaza) + factor(DEB_LEDU) + (1 | plDataPlID)
data: skodB

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	2272	-2235.03	4510.05	1927(7670)	2.03e-03	2.0e+06

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
plDataPlID	(Intercept)	1.209	1.1

Number of groups: plDataPlID 331

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
Pr(> z)			
drPremer13	-0.030406	0.004099	-7.418
1.19e-13 ***			
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)25 DO 50 %	0.589080	0.252412	2.334
0.019606 *			
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)5 DO 25 %	0.916353	0.271493	3.375
0.000738 ***			
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)50 DO 100 %	0.647913	0.253132	2.560
0.010480 *			
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)DO 5%	0.968361	0.253894	3.814
0.000137 ***			
factor(mesOblikaMesanosti)2 - ŠOPASTA	0.423475	0.239693	1.767
0.077271 .			
factor(mesOblikaMesanosti)3 - SKUPINSKA	0.176650	0.249730	0.707
0.479341			
factor(mesOblikaMesanosti)4 - VELIKOPOVRŠINSKA	0.680764	0.203775	3.341
0.000835 ***			
factor(fazaFaza)2	-0.676433	1.159253	-0.584
0.559552			
factor(fazaFaza)3	-0.880888	1.158429	-0.760
0.447006			
factor(fazaFaza)4	-0.591988	1.177532	-0.503
0.615150			
factor(fazaFaza)5	-4.958306	1.816411	-2.730
0.006339 **			
factor(DEB_LEDU)1	3.107283	1.362945	2.280
0.022618 *			
factor(DEB_LEDU)2	1.402873	0.697823	2.010
0.044394 *			
factor(DEB_LEDU)3	1.993010	0.628375	3.172
0.001516 **			
factor(DEB_LEDU)4	2.302517	0.620356	3.712
0.000206 ***			
factor(DEB_LEDU)5	2.500259	0.622987	4.013
5.99e-05 ***			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Threshold coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
1 2	0.2652	1.3008	0.204
2 3	2.4802	1.3023	1.904

SMREKA

Poškod

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

formula: factor(drzman2) ~ factor(mesOblikaMesanosti) + (1 | pldataPlID)
data: zledSM

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	1208	-627.85	1271.71	454(2962)	4.24e-03	9.9e+04

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
pldataPlID	(Intercept)	6.405	2.531

Number of groups: pldataPlID 239

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
Pr(> z)			
factor(mesOblikaMesanosti)2 - ŠOPASTA	1.0527	0.7937	1.326
0.1847			
factor(mesOblikaMesanosti)3 - SKUPINSKA	1.6734	0.8001	2.092
0.0365 *			
factor(mesOblikaMesanosti)4 - VELIKOPOVRŠINSKA	-1.8075	0.8164	-2.214
0.0268 *			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1			

Threshold coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
1 2	1.9798	0.7362	2.689
2 3	1.9883	0.7364	2.700
3 4	6.1975	0.8293	7.473
4 5	6.2309	0.8301	7.506

polom

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

formula: factor(drod12) ~ drPremer13 + MODIS_NDVI + (1 | pldataPlID)
data: poloms

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	342	-131.62	275.25	204(790)	4.37e-04	7.1e+04

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
pldataPlID	(Intercept)	1.015	1.008

Number of groups: pldataPlID 111

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
drPremer13	-0.07113	0.01999	-3.559	0.000373 ***
MODIS_NDVI	6.05980	1.84135	3.291	0.000998 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Threshold coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
1 2	-9.1797	1.4757	-6.221
2 3	0.3509	0.5603	0.626
3 4	1.3263	0.5874	2.258

Amount of damage

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

formula: factor(drzman2.1) ~ factor(skodSM\$relekp) + drPremer13 + factor(mesOblikaMesanosti) + factor(gospNacin) + MODIS_NDVI + (1 | plDataPlID)
data: skodSM

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	380	-289.61	617.22	2237(2725)	2.23e-03	8.8e+08

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
plDataPlID	(Intercept)	9.711e-09	9.855e-05

Number of groups: plDataPlID 112

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
Pr(> z)			
factor(skodSM\$relekp)1	-0.057531	0.728199	-0.079
0.937029			
factor(skodSM\$relekp)2	-1.167768	0.849677	-1.374
0.169328			
factor(skodSM\$relekp)3	-0.751026	0.734626	-1.022
0.306627			
factor(skodSM\$relekp)4	-0.095966	0.725401	-0.132
0.894752			
factor(skodSM\$relekp)5	-1.119569	0.761006	-1.471
0.141245			
factor(skodSM\$relekp)6	-1.019465	0.847533	-1.203
0.229030			
factor(skodSM\$relekp)7	-0.013654	0.761472	-0.018
0.985694			
factor(skodSM\$relekp)8	1.036281	0.812663	1.275
0.202250			
drPremer13	-0.032068	0.009132	-3.512
0.000445 ***			
factor(mesOblikaMesanosti)2 - ŠOPASTA	-0.239598	0.366145	-0.654
0.512868			
factor(mesOblikaMesanosti)3 - SKUPINSKA	0.285624	0.313381	0.911
0.362070			
factor(mesOblikaMesanosti)4 - VELIKOPOVRŠINSKA	-2.493094	0.738218	-3.377
0.000732 ***			
factor(gospNacin)3	4.233774	1.302483	3.251
0.001152 **			
factor(gospNacin)4	0.765237	0.933120	0.820
0.412168			
factor(gospNacin)5	0.822514	0.856474	0.960
0.336880			
MODIS_NDVI	4.927137	1.052005	4.684
2.82e-06 ***			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Threshold coefficients:

Estimate	Std. Error	z value
----------	------------	---------

```
1|2 -0.1586 1.1723 -0.135
2|3 1.1673 1.1751 0.993
(1 observation deleted due to missingness)
```

Črni bor

Polom

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drod12) ~ relNagib + drPremer13 + factor(fazaFaza) + (1 |
p1DataPlID)
data:      polomCB
```

```
link threshold nobs logLik AIC      niter    max.grad cond.H
logit flexible  100 -93.29 200.59 348(770) 4.88e-05 1.1e+05
```

Random effects:

```
Groups      Name      Variance Std.Dev.
p1DataPlID (Intercept) 0.2035  0.4511
Number of groups:  p1DataPlID 18
```

Coefficients:

```
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
relNagib      0.07855    0.02707   2.902  0.00371 **
drPremer13    -0.04098    0.02483  -1.651  0.09879 .
factor(fazaFaza)3 2.60314    0.88221   2.951  0.00317 **
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Threshold coefficients:

```
      Estimate Std. Error z value
1|2    -1.256    1.289   -0.975
2|3     2.975    1.274    2.335
3|4     3.908    1.295    3.018
```

Poškod

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drzman2) ~ relNagib + factor(fazaFaza) + factor(DEB_LEDU) +
(1 | p1DataPlID)
data:      zledCB
```

```
link threshold nobs logLik AIC      niter    max.grad cond.H
logit flexible  374 -165.74 347.48 294(1150) 6.09e-04 3.0e+04
```

Random effects:

```
Groups      Name      Variance Std.Dev.
p1DataPlID (Intercept) 0.8537  0.924
Number of groups:  p1DataPlID 35
```

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
relNagib      0.05075    0.03075   1.651 0.098776 .
factor(fazaFaza)3 1.94674    0.79905   2.436 0.014837 *
factor(DEB_LEDU)2 4.46761    1.04814   4.262 2.02e-05 ***
factor(DEB_LEDU)3 2.20363    1.03458   2.130 0.033174 *
factor(DEB_LEDU)5 4.94086    1.31662   3.753 0.000175 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Threshold coefficients:
      Estimate Std. Error z value
1|3      5.610     1.045   5.367
3|5      9.424     1.194   7.892

```

Amount of damage

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```

formula: factor(drzman2.1) ~ relNagib + (1 | plDataPlID)
data:    skodCB

link threshold nobs logLik AIC      niter    max.grad cond.H
logit flexible 112 -113.63 235.26 126(384) 2.94e-05 2.5e+03

Random effects:
Groups      Name      Variance Std.Dev.
plDataPlID (Intercept) 0.5167   0.7189
Number of groups:  plDataPlID 19

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
relNagib      0.04537    0.01923   2.359  0.0183 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Threshold coefficients:
      Estimate Std. Error z value
1|2      0.1877    0.4245   0.442
2|3      1.5232    0.4543   3.353

```

Graden

Poškod

```

formula: factor(drzman2) ~ relNagib + MODIS_NDVI + (1 | plDataPlID)
data:    zledG

link threshold nobs logLik AIC      niter    max.grad cond.H
logit flexible 496 -336.40 686.81 402(2214) 4.23e-04 3.2e+05

Random effects:
Groups      Name      Variance Std.Dev.
plDataPlID (Intercept) 6.976   2.641
Number of groups:  plDataPlID 117

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
relNagib      0.09514    0.02918   3.260  0.00111 **
MODIS_NDVI   -41.30771    7.37466  -5.601 2.13e-08 ***

```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Threshold coefficients:

	Estimate	Std. Error	z	value
1 2	2.7050	0.7662	3.531	
2 3	2.8401	0.7702	3.687	
3 4	8.4670	0.9548	8.868	
4 5	8.6376	0.9591	9.006	

Polom

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drod12) ~ relNagib + factor(polomG$relekp) + factor(tlaPovrsinskaSkalovitost) + factor(mesOblikaMesanosti) + sklepPredZledom + M
ODIS_NDVI + (1 | plDataPlID)
data:      polomG
```

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	281	-241.95	529.91	2917(3431)	1.11e-04	1.2e+09

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
plDataPlID	(Intercept)	4.681e-09	6.842e-05

Number of groups: plDataPlID 64

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z	value
Pr(> z)				
relNagib	-0.05744	0.02387	-2.406	
0.016125 *				
factor(polomG\$relekp)2	-0.41268	0.71207	-0.580	
0.562216				
factor(polomG\$relekp)3	1.23648	0.74988	1.649	
0.099167 .				
factor(polomG\$relekp)4	1.85585	0.68056	2.727	
0.006392 **				
factor(polomG\$relekp)5	0.55506	0.73668	0.753	
0.451174				
factor(polomG\$relekp)6	-0.06820	0.74666	-0.091	
0.927217				
factor(polomG\$relekp)7	0.76636	0.97670	0.785	
0.432663				
factor(polomG\$relekp)8	0.17897	0.50212	0.356	
0.721520				
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)25 DO 50 %	2.24967	0.88033	2.556	
0.010604 *				
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)5 DO 25 %	-1.00955	0.74082	-1.363	
0.172966				
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)DO 5%	-0.38451	0.40847	-0.941	
0.346529				
factor(mesOblikaMesanosti)2 - ŠOPASTA	0.74074	0.46804	1.583	
0.113506				
factor(mesOblikaMesanosti)3 - SKUPINSKA	1.30033	0.61475	2.115	
0.034410 *				
factor(mesOblikaMesanosti)4 - VELIKOPOVRŠINSKA	1.01538	0.42770	2.374	
0.017594 *				
sklepPredZledom2 - NORMALEN	1.68018	0.47319	3.551	
0.000384 ***				
sklepPredZledom3 - RAHEL	1.30005	0.52939	2.456	
0.014059 *				
sklepPredZledom4 - VRZELAST	-0.15970	0.76668	-0.208	
0.834997				

```
sklepPredZledom5 - PRETRGAN          0.09336    1.19023    0.078
0.937478
MODIS_NDVI                          -5.90264    3.36543   -1.754
0.079447 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Threshold coefficients:
      Estimate Std. Error z value
1|2   -1.1377    0.7722  -1.473
2|3    2.8740    0.7915   3.631
3|4    4.0596    0.8144   4.985
```

Amount of damage

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drzman2.1) ~ factor(tlaModus) + relNagib + factor(skodG$releksp) +
drPremer13 + sklepPredZledom + MODIS_NDVI + (1 | plDataPlID)
data:      skodG
```

```
link threshold nobs logLik AIC      niter      max.grad cond.H
logit flexible  323  -293.31 624.61 1527(4389) 4.26e-04 1.2e+06
```

```
Random effects:
Groups      Name      Variance Std.Dev.
plDataPlID (Intercept) 0.4472   0.6687
Number of groups:  plDataPlID 66
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
factor(tlaModus)2   -0.04306    0.49520  -0.087  0.93071
factor(tlaModus)3    1.38232    0.49902   2.770  0.00560 **
relNagib             -0.03990    0.02446  -1.631  0.10286
factor(skodG$releksp)2  0.22005    0.76970   0.286  0.77497
factor(skodG$releksp)3  0.46090    0.82963   0.556  0.57852
factor(skodG$releksp)4  1.87615    0.79056   2.373  0.01764 *
factor(skodG$releksp)5  1.69249    0.82100   2.061  0.03926 *
factor(skodG$releksp)6  0.69738    0.81585   0.855  0.39267
factor(skodG$releksp)7 -1.63715    1.09804  -1.491  0.13597
factor(skodG$releksp)8  0.62871    0.58912   1.067  0.28588
drPremer13          -0.03660    0.01315  -2.783  0.00538 **
sklepPredZledom2 - NORMALEN  0.73869    0.43219   1.709  0.08742 .
sklepPredZledom3 - RAHEL    -0.74120    0.52132  -1.422  0.15509
sklepPredZledom4 - VRZELAST -0.60052    0.93760  -0.640  0.52186
sklepPredZledom5 - PRETRGAN -0.22896    1.16563  -0.196  0.84428
MODIS_NDVI          -9.34790    3.82045  -2.447  0.01441 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Threshold coefficients:
      Estimate Std. Error z value
1|2   -1.3564    0.8323  -1.630
2|3    1.0358    0.8305   1.247
```

CRNI GABER

Poškod

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drzman2.1) ~ drPremer13 + +MODIS_NDVI + (1 | plDataPlID)
```

data: zledCG

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	897	-587.18	1186.36	319(2252)	5.41e-02	2.9e+05

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
p1DataPlID	(Intercept)	3.757	1.938

Number of groups: p1DataPlID 147

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
drPremer13	0.05121	0.02352	2.177	0.0295 *
MODIS_NDVI	-41.34606	4.53753	-9.112	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Threshold coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
0 1	3.3096	0.4196	7.887
1 2	3.8002	0.4248	8.946
2 3	4.4163	0.4323	10.216

polom

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

formula: factor(drod12) ~ factor(tlaModus) + factor(polomCG\$relTipReli) + relNagib + drPremer13 + factor(tlaPovrsinskaSkalovitost) + factor(mesoBlikaMesanosti) + factor(fazaFaza) + factor(gospNacin) + (1 | p1DataPlID)

data: polomCG

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	180	-210.97	469.93	2749(8252)	5.67e-04	1.5e+06

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
p1DataPlID	(Intercept)	0.3042	0.5516

Number of groups: p1DataPlID 59

Coefficients:

	Estimate	Std. Error
z value Pr(> z)		
factor(tlaModus)2	-1.50240	0.75117
-2.000 0.0455 *		
factor(tlaModus)3	-1.62547	1.18355
-1.373 0.1696		
factor(polomCG\$relTipReli)3 - DNO KOTANJE	1.02321	2.69905
0.379 0.7046		
factor(polomCG\$relTipReli)4 - POBOČJE	2.40378	1.83998
1.306 0.1914		
factor(polomCG\$relTipReli)5 - KONVEKSNI PRELOM POBOČJA	3.46357	1.96412
1.763 0.0778 .		
factor(polomCG\$relTipReli)6 - KONKAVNI PRELOM POBOČJA	0.73083	2.18064
0.335 0.7375		
factor(polomCG\$relTipReli)7 - JAREK	2.43944	2.31647
1.053 0.2923		
relNagib	0.10443	0.02311
4.520 6.19e-06 ***		
drPremer13	-0.05400	0.02823
-1.913 0.0557 .		
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)25 DO 50 %	-0.87872	0.74810
-1.175 0.2402		
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)5 DO 25 %	-2.05604	0.86573
-2.375 0.0176 *		

```

factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)50 DO 100 % -1.92763 0.85537
-2.254 0.0242 *
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)DO 5% -0.70804 1.16773
-0.606 0.5443
factor(mesOblikaMesanosti)2 - ŠOPASTA -1.27542 0.78200
-1.631 0.1029
factor(mesOblikaMesanosti)3 - SKUPINSKA -2.38665 0.96695
-2.468 0.0136 *
factor(mesOblikaMesanosti)4 - VELIKOPOVRŠINSKA -0.23554 0.46336
-0.508 0.6112
factor(fazaFaza)3 0.84867 0.65453
1.297 0.1948
factor(fazaFaza)4 3.33400 1.39460
2.391 0.0168 *
factor(gospNacin)5 1.47941 1.27674
1.159 0.2466
factor(gospNacin)7 1.23907 1.74574
0.710 0.4778
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

Threshold coefficients:
      Estimate Std. Error z value
1|2      1.790      2.355  0.760
2|3      3.962      2.382  1.663
3|4      5.310      2.407  2.206
(11 observations deleted due to missingness)

```

Amount of damage

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```

formula: factor(drzman2.1) ~ relNagib + factor(gospNacin) + factor(DEB_LEDU
) +      (1 | plDataPlID)
data:    skodCG

```

```

link threshold nobs logLik AIC niter max.grad cond.H
logit flexible 232 -193.17 406.34 517(2061) 7.20e-05 2.4e+05

```

```

Random effects:
Groups      Name      Variance Std.Dev.
plDataPlID (Intercept) 1.148    1.072
Number of groups: plDataPlID 65

```

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
relNagib      0.07721    0.02394  3.225  0.00126 **
factor(gospNacin)5 -0.62448    0.99738 -0.626  0.53124
factor(gospNacin)7 -0.22820    1.44515 -0.158  0.87453
factor(DEB_LEDU)2    1.42049    1.49212  0.952  0.34110
factor(DEB_LEDU)3    0.05821    1.26516  0.046  0.96330
factor(DEB_LEDU)4    0.93912    1.16639  0.805  0.42073
factor(DEB_LEDU)5   -0.39735    1.21142 -0.328  0.74291
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

Threshold coefficients:
      Estimate Std. Error z value
1|2      0.3959      1.6684  0.237
2|3      1.8542      1.6790  1.104
(11 observations deleted due to missingness)

```

GORSKI JAVOR

Poškod

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drzman2) ~ factor(tlaModus) + relNagib + factor(zledGJ$releksp) +
drPremer13 + factor(mesoblukaMesanosti) + sklepPredZledom +
factor(fazaFaza) + MODIS_NDVI + (1 | plDataPlID)
data:      zledGJ
```

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	301	-175.95	407.90	3053(29580)	5.42e+01	2.4e+07

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
plDataPlID	(Intercept)	28.37	5.327

Number of groups: plDataPlID 127

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z	v
value Pr(> z)				
factor(tlaModus)2	-2.525e-01	1.382e+00	-0	
.183 0.85508				
factor(tlaModus)3	-2.669e+00	1.341e-03	-1990	
.022 < 2e-16 ***				
relNagib	-1.035e-02	1.017e-03	-10	
.175 < 2e-16 ***				
factor(zledGJ\$releksp)1	-4.352e+00	1.504e+00	-2	
.893 0.00382 **				
factor(zledGJ\$releksp)2	-2.702e+00	1.791e+00	-1	
.509 0.13142				
factor(zledGJ\$releksp)3	-2.267e+00	1.693e+00	-1	
.339 0.18056				
factor(zledGJ\$releksp)4	-4.496e+00	1.970e+00	-2	
.283 0.02246 *				
factor(zledGJ\$releksp)5	-2.162e-01	2.283e+00	-0	
.095 0.92454				
factor(zledGJ\$releksp)6	-1.818e+00	1.984e+00	-0	
.916 0.35970				
factor(zledGJ\$releksp)7	2.747e+00	1.877e+00	1	
.463 0.14335				
factor(zledGJ\$releksp)8	-3.247e+00	1.341e-03	-2421	
.325 < 2e-16 ***				
drPremer13	5.335e-02	1.128e-03	47	
.295 < 2e-16 ***				
factor(mesoblukaMesanosti)2 - ŠOPASTA	3.894e+00	1.463e+00	2	
.661 0.00779 **				
factor(mesoblukaMesanosti)3 - SKUPINSKA	7.096e+00	1.457e+00	4	
.870 1.12e-06 ***				
factor(mesoblukaMesanosti)4 - VELIKOPOVRŠINSKA	5.882e-01	1.341e-03	438	
.650 < 2e-16 ***				
sklepPredZledom2 - NORMALEN	-1.786e+00	1.069e+00	-1	
.671 0.09466 .				
sklepPredZledom3 - RAHEL	1.641e+00	1.527e+00	1	
.075 0.28256				
sklepPredZledom4 - VRZELAST	3.389e+00	2.228e+00	1	
.521 0.12827				
sklepPredZledom5 - PRETRGAN	-2.290e-01	2.950e+00	-0	
.078 0.93813				
factor(fazaFaza)3	-6.650e-01	1.341e-03	-495	
.937 < 2e-16 ***				
factor(fazaFaza)4	-1.872e+00	1.515e+00	-1	
.236 0.21637				
factor(fazaFaza)5	-8.383e+00	3.233e+00	-2	
.593 0.00952 **				
MODIS_NDVI	-1.386e+01	9.752e-04	-14217	
.827 < 2e-16 ***				


```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Threshold coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
1 2	-0.5903049	0.0784715	-7.523
2 3	-0.4531769	0.0008817	-513.978
3 4	9.2754848	0.0010805	8584.497
4 5	9.5885889	0.3102865	30.902

polom

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drod12) ~ drPremer13 + sklePpredZledom + (1 | plDataPlID)
data:    polomGJ
```

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	136	-145.92	309.84	455(1003)	9.46e-04	1.8e+05

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
plDataPlID	(Intercept)	0.09751	0.3123

Number of groups: plDataPlID 68

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
drPremer13	-0.07440	0.01875	-3.968	7.24e-05 ***
sklepPredZledom2 - NORMALEN	1.24514	0.53362	2.333	0.0196 *
sklepPredZledom3 - RAHEL	1.41378	0.59001	2.396	0.0166 *
sklepPredZledom4 - VRZELAST	0.81898	0.66864	1.225	0.2206
sklepPredZledom5 - PRETRGAN	1.53100	1.14598	1.336	0.1816

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Threshold coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
1 2	-3.7748	0.7604	-4.964
2 3	-0.6037	0.6721	-0.898
3 4	1.0665	0.6984	1.52

Amount of damage

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drzman2.1) ~ relNagib + drPremer13 + factor(tlaPovrsinskaSk
alovitost) + MODIS_NDVI + (1 | plDataPlID)
data:    skodGJ
```

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	142	-137.47	294.94	535(1608)	1.10e-03	5.2e+05

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
plDataPlID	(Intercept)	0.4834	0.6953

Number of groups: plDataPlID 72

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
relNagib	-0.01541	0.01944	-0.793	0.42795

```

drPremer13 -0.06462 0.01999 -3.232 0.
00123 **
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)25 DO 50 % 1.63280 0.68331 2.390 0.
01687 *
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)5 DO 25 % 0.14274 0.73645 0.194 0.
84632
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)50 DO 100 % 2.23331 0.71087 3.142 0.
00168 **
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)DO 5% 0.33407 0.61636 0.542 0.
58781
MODIS_NDVI 4.24273 3.58887 1.182 0.
23713
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

Threshold coefficients:
      Estimate Std. Error z value
1|2 -2.7842    0.8308 -3.351
2|3 -0.4608    0.7543 -0.611

```

BELI GABER

Poškod

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```

formula: factor(drzman2) ~ factor(tlaModus) + relNagib + factor(gospNacin)
+      (1 | plDataPlID)
data:    zledBG

```

```

link threshold nobs logLik AIC niter max.grad cond.H
logit flexible 435 -200.60 421.21 758(7540) 4.25e-05 5.9e+04

```

```

Random effects:
Groups      Name      Variance Std.Dev.
plDataPlID (Intercept) 19.26    4.389
Number of groups: plDataPlID 87

```

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
factor(tlaModus)2 -2.19867    1.63541  -1.344  0.1788
factor(tlaModus)3 -3.55375    1.55535  -2.285  0.0223 *
relNagib          0.09326    0.04749   1.964  0.0496 *
factor(gospNacin)5  4.63570    1.82369   2.542  0.0110 *
factor(gospNacin)7  8.86196    3.76314   2.355  0.0185 *
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

Threshold coefficients:
      Estimate Std. Error z value
1|2    7.638    2.348    3.252
2|3    7.870    2.354    3.343
3|4   12.831    2.490    5.153
4|5   12.923    2.492    5.185

```

polom

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drod12) ~ relNagib + drPremer13 + factor(fazaFaza) + factor(
gospNacin) + MODIS_NDVI + (1 | plDataPlID)
data: polomBG
```

```
link threshold nobs logLik AIC niter max.grad cond.H
logit flexible 117 -143.90 309.81 1114(1377) 2.72e-05 1.0e+09
```

```
Random effects:
Groups Name Variance Std.Dev.
plDataPlID (Intercept) 2.333e-09 4.831e-05
Number of groups: plDataPlID 27
```

```
Coefficients:
Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
relNagib -0.0249723 0.0180696 -1.382 0.16697
drPremer13 -0.0009947 0.0238064 -0.042 0.96667
factor(fazaFaza)3 -0.8162787 0.5828198 -1.401 0.16134
factor(fazaFaza)4 -1.2584198 1.2204856 -1.031 0.30250
factor(gospNacin)5 2.1363080 0.7106332 3.006 0.00265 **
factor(gospNacin)7 1.9430682 0.7021663 2.767 0.00565 **
MODIS_NDVI 12.8438771 5.6924215 2.256 0.02405 *
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Threshold coefficients:
Estimate Std. Error z value
1|2 -1.0948 0.6909 -1.585
2|3 1.1099 0.7147 1.553
3|4 2.2187 0.7233 3.067
```

Amount of damage

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drzman2.1) ~ 1 + (1 | plDataPlID)
data: skodBG
```

```
link threshold nobs logLik AIC niter max.grad cond.H
logit flexible 132 -139.24 284.48 83(173) 9.69e-06 7.6e+01
```

```
Random effects:
Groups Name Variance Std.Dev.
plDataPlID (Intercept) 0.08887 0.2981
Number of groups: plDataPlID 29
```

No Coefficients

```
Threshold coefficients:
Estimate Std. Error z value
1|2 -1.3116 0.2283 -5.745
2|3 0.2432 0.2036 1.195
```

Rdeči bor

Poškod

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drzman2) ~ relNagib + drPremer13 + factor(tlaPovrsinskaSka1
ovitost) + sklepPredZledom + factor(fazaFaza) + (1 | plDataPlID)
data: zledRB
```

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	302	-197.42	424.84	1101(4182)	4.27e-04	2.2e+05

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
p1DataPlID	(Intercept)	0.9525	0.9759

Number of groups: p1DataPlID 67

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
relNagib	0.05269	0.02016	2.614	0.00896 **
drPremier13	-0.04701	0.02098	-2.241	0.02505 *
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)25 DO 50 %	1.28921	0.75654	1.704	0.08837 .
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)5 DO 25 %	2.32468	0.76113	3.054	0.00226 **
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)50 DO 100 %	3.32430	2.31717	1.435	0.15139
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)DO 5%	1.74727	0.69510	2.514	0.01195 *
sklepPredZledom2 - NORMALEN	0.45517	0.59863	0.760	0.44704
sklepPredZledom3 - RAHEL	-0.91107	0.67393	-1.352	0.17642
sklepPredZledom4 - VRZELAST	1.11255	0.89474	1.243	0.21370
factor(fazaFaza)3	0.40005	0.58465	0.684	0.49381
factor(fazaFaza)4	1.89535	0.80004	2.369	0.01783 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Threshold coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
1 3	0.7092	1.0999	0.645
3 4	4.6128	1.1445	4.030
4 5	4.7084	1.1473	4.104

Polom

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

formula: factor(drod12) ~ factor(tlaModus) + factor(polomRB\$relTipReli) + relNagib + factor(polomRB\$releksp) + drPremier13 + factor(tlaPovrsinskaSkalovitost) + factor(mesOblikaMesanosti) + sklepPredZledom + factor(fazaFaza) + factor(gospNacin) + factor(DEB_LEDU) + HABTIME + (1 | p1DataPlID)

data: polomRB

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	113	-63.55	205.10	6412(3543)	2.16e-03	1.4e+06

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
p1DataPlID	(Intercept)	5.23e-08	0.0002287

Number of groups: p1DataPlID 44

Coefficients:

	Estimate	Std. Error
z value Pr(> z)		
factor(tlaModus)2	3.37875	1.63201
2.070 0.038424 *		
factor(tlaModus)3	10.71404	0.16833
63.651 < 2e-16 ***		
factor(polomRB\$relTipReli)2 - VRH HRIBA, GREBEN	20.85024	2.80864
7.424 1.14e-13 ***		

```

factor(polomRB$relTipReli)4 - POBOČJE                6.26613    0.16830
37.232 < 2e-16 ***
factor(polomRB$relTipReli)5 - KONVEKSNI PRELOM POBOČJA  1.19631    2.15261
0.556 0.578385
relNagib                                              0.47464    0.04719
10.059 < 2e-16 ***
factor(polomRB$releksp)1                             -1.56145    1.93921
-0.805 0.420705
factor(polomRB$releksp)2                             0.57720    6.32830
0.091 0.927327
factor(polomRB$releksp)3                             -3.01511    0.16791
-17.957 < 2e-16 ***
factor(polomRB$releksp)4                             -5.74985    1.93945
-2.965 0.003030 **
factor(polomRB$releksp)5                             3.62317    1.61993
2.237 0.025311 *
factor(polomRB$releksp)6                             -3.24792    2.39236
-1.358 0.174583
factor(polomRB$releksp)7                             7.36073    1.96549
3.745 0.000180 ***
drPremer13                                           -0.07636    0.02460
-3.104 0.001907 **
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)25 DO 50 %          -3.92891    2.11729
-1.856 0.063506 .
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)5 DO 25 %           -0.64145    1.67443
-0.383 0.701657
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)50 DO 100 %         6.25363    6.48632
0.964 0.334983
factor(tlaPovrsinskaSkalovitost)DO 5%              2.62043    1.37124
1.911 0.056004 .
factor(mesOblikaMesanosti)2 - ŠOPASTA              -11.32886    0.16765
-67.573 < 2e-16 ***
factor(mesOblikaMesanosti)3 - SKUPINSKA             -4.18213    1.68745
-2.478 0.013199 *
factor(mesOblikaMesanosti)4 - VELIKOPOVRŠINSKA     16.34148    1.44627
11.299 < 2e-16 ***
sklepPredZledom2 - NORMALEN                        -0.22193    1.36804
-0.162 0.871126
sklepPredZledom3 - RAHEL                           -0.33202    0.16780
-1.979 0.047849 *
sklepPredZledom4 - VRZELAST                        -6.45535    1.59384
-4.050 5.12e-05 ***
factor(fazaFaza)3                                    -0.13460    0.16688
-0.807 0.419936
factor(fazaFaza)4                                    19.44494    1.50251
12.942 < 2e-16 ***
factor(gospNacin)5                                   8.33813    0.16824
49.560 < 2e-16 ***
factor(DEB_LEDU)2                                    13.06708    3.75340
3.481 0.000499 ***
factor(DEB_LEDU)3                                    -4.24974    0.16839
-25.237 < 2e-16 ***
factor(DEB_LEDU)4                                    -7.32537    1.24192
-5.898 3.67e-09 ***
factor(DEB_LEDU)5                                    -17.84737    1.55230
-11.497 < 2e-16 ***
HABTIMEIilirski bukovi gozdovi                     11.37936    1.81984
6.253 4.03e-10 ***
HABTIMEIilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi       -3.17972    2.61941
-1.214 0.224785
HABTIMEJugovzhodni evropski gozdovi rdečega bora    3.73779    2.89053
1.293 0.195970
HABTIMESrednjeevropski kisloljubni bukovi gozdovi  -6.82758    1.40899
-4.846 1.26e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

Threshold coefficients:
      Estimate Std. Error z value
1|2  10.3239    0.1517   68.03

```

2 3	18.8206	0.1521	123.73
3 4	21.0362	0.4726	44.51

Amount of damage

Cumulative Link Mixed Model fitted with the Laplace approximation

```
formula: factor(drzman2.1) ~ factor(tlaModus) + drPramer13 + skleppredZledom +
m +      factor(DEB_LEDU) + MODIS_NDVI + (1 | plDataPlID)
data:    skodRB
```

link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	127	-121.88	271.77	1071(3217)	2.14e-05	1.3e+07

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
plDataPlID	(Intercept)	1.021	1.011

Number of groups: plDataPlID 45

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
factor(tlaModus)2	1.00455	1.04920	0.957	0.3383
factor(tlaModus)3	2.82160	1.18958	2.372	0.0177 *
drPramer13	-0.07072	0.02897	-2.441	0.0146 *
sklepPredZledom2 - NORMALEN	-1.02749	0.89302	-1.151	0.2499
sklepPredZledom3 - RAHEL	-2.62217	1.14045	-2.299	0.0215 *
sklepPredZledom4 - VRZELAST	-1.11248	1.12336	-0.990	0.3220
factor(DEB_LEDU)2	47.80279	21.31434	2.243	0.0249 *
factor(DEB_LEDU)3	1.95647	1.30778	1.496	0.1346
factor(DEB_LEDU)4	0.81493	1.36556	0.597	0.5507
factor(DEB_LEDU)5	2.23904	1.22417	1.829	0.0674 .
MODIS_NDVI	-34.76837	16.03006	-2.169	0.0301 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Threshold coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value
1 2	0.2713	1.6498	0.164
2 3	1.5586	1.6611	0.938

R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing

Podatkovno rudarjenje na ravni dreves (Andrej Kobler)

Vse drevesne vrste hkrati

Tip poškodovanosti

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 200 cases

Class specified by attribute `tip_poškodovanosti'

Read 10934 cases (23 attributes) from vsedv_drtipp.data

Decision tree:

debelina_ledu = ni bilo ledene obloge: 100 (2877/94)
debelina_ledu in [tanka ledena obloga (do 5 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
...debelina_ledu in [debela ledena obloga (15 - 25 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
  ...prsni_premjer <= 17:
    : ...drevesna_vrsta in {brek,dob,kraški gaber,macesen,neznana,oreh,
    :   :                   ostrolistni javor,poljski brest,puhasti hrast,
    :   :                   robinija,topol,trepetlika,trokrpi javor,vrba,
    :   :                   zeleni bor}: 300 (0)
    :   : drevesna_vrsta = bela jelka: 100 (20/6)
    :   : drevesna_vrsta = beli gaber: 300 (102/43)
    :   : drevesna_vrsta = bukev: 300 (530/306)
    :   : drevesna_vrsta = cer: 100 (14/3)
    :   : drevesna_vrsta = češnja: 100 (2)
    :   : drevesna_vrsta = črna jelša: 300 (2)
    :   : drevesna_vrsta = črni bor: 300 (15/6)
    :   : drevesna_vrsta = črni gaber: 100 (302/158)
    :   : drevesna_vrsta = gorski brest: 100 (1)
    :   : drevesna_vrsta = gorski javor: 100 (32/15)
    :   : drevesna_vrsta = graden: 300 (27/14)
    :   : drevesna_vrsta = jerebika: 100 (1)
    :   : drevesna_vrsta = lipa: 300 (22/8)
    :   : drevesna_vrsta = lipovec: 300 (17/1)
    :   : drevesna_vrsta = maklen: 100 (2/1)
    :   : drevesna_vrsta = mali jesen: 100 (126/61)
    :   : drevesna_vrsta = mokovec: 300 (87/44)
    :   : drevesna_vrsta = nagnoj: 300 (4/1)
    :   : drevesna_vrsta = navadna breza: 300 (1)
    :   : drevesna_vrsta = navadna smreka: 100 (88/45)
    :   : drevesna_vrsta = neopredeljeni list: 300 (3)
    :   : drevesna_vrsta = pravi kostanj: 300 (18/9)
    :   : drevesna_vrsta = rdeči bor: 300 (14/8)
    :   : drevesna_vrsta = siva jelša: 100 (1)
    :   : drevesna_vrsta = tisa: 100 (1)
    :   : drevesna_vrsta = topokrpi javor: 100 (2/1)
    :   : drevesna_vrsta = veliki jesen: 100 (36/10)
    : prsni_premjer > 17:
    : ...drevesna_vrsta in {brek,dob,jerebika,kraški gaber,nagnoj,neznana,
    :   :                   oreh,puhasti hrast,robinija,topol,trepetlika,
    :   :                   trokrpi javor,vrba,
    :   :                   zeleni bor}: 300 (0)
    :   : drevesna_vrsta = bela jelka: 100 (187/55)
    :   : drevesna_vrsta = beli gaber: 300 (70/24)
    :   : drevesna_vrsta = bukev: 300 (1749/574)
    :   : drevesna_vrsta = cer: 100 (72/30)
    :   : drevesna_vrsta = češnja: 300 (7/2)
    :   : drevesna_vrsta = črna jelša: 300 (5/3)
    :   : drevesna_vrsta = črni bor: 300 (44/18)
    :   : drevesna_vrsta = črni gaber: 300 (105/55)
    :   : drevesna_vrsta = gorski brest: 100 (8/3)
    :   : drevesna_vrsta = gorski javor: 300 (96/27)
    :   : drevesna_vrsta = graden: 300 (337/79)
    :   : drevesna_vrsta = lipa: 300 (34/5)
    :   : drevesna_vrsta = lipovec: 500 (5/2)
    :   : drevesna_vrsta = macesen: 300 (7/2)
```

```

:      drevesna_vrsta = maklen: 300 (2)
:      drevesna_vrsta = mali jesen: 300 (11/6)
:      drevesna_vrsta = mokovec: 300 (22/4)
:      drevesna_vrsta = navadna breza: 300 (1)
:      drevesna_vrsta = navadna smreka: 300 (381/151)
:      drevesna_vrsta = neopredeljeni list: 300 (4/1)
:      drevesna_vrsta = ostrolistni javor: 100 (2/1)
:      drevesna_vrsta = poljski brest: 300 (2)
:      drevesna_vrsta = pravi kostanj: 300 (26/8)
:      drevesna_vrsta = rdeči bor: 300 (117/56)
:      drevesna_vrsta = siva jelša: 100 (5/1)
:      drevesna_vrsta = tisa: 100 (1)
:      drevesna_vrsta = topokrpi javor: 300 (1)
:      drevesna_vrsta = veliki jesen: 300 (43/19)
debelina_ledu in [tanka ledena obloga (do 5 mm)-srednja ledena obloga (5 - 15 mm)]:
...način_gospodarjenja in {grmičast,dvoslojni,kmečko prebiralno,
:      naravi prepuščeno,
:      prebiralno}: 100 (0)
način_gospodarjenja = enomerni enodobni: 500 (38/20)
način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni: 100 (608/79)
način_gospodarjenja = panjevec: 100 (25/6)
način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni:
...nagib reliefa > 30: 100 (993/250)
nagib reliefa <= 30:
...prsni_premmer <= 16: 100 (454/141)
prsni_premmer > 16: [S1]

SubTree [S1]

geologija in {magmatske kamnine,metamorfne kamnine,
:      pretežno drobnozrnata zemljina}: 300 (0)
geologija = dolomit: 300 (40/12)
geologija = hitro menjavanje plasti različnih kamnin (npr fliš): 300 (255/118)
geologija = menjavanje apnenca in dolomita: 300 (26/7)
geologija = menjavanje zemljin in kamnin: 100 (44/12)
geologija = pretežno apnenec z vložki drugih kamnin: 100 (107/57)
geologija = pretežno debeložrnata kamnina: 100 (64/12)
geologija = pretežno debeložrnata zemljina: 300 (24/3)
geologija = pretežno drobnozrnata kamnina: 100 (48/10)
geologija = vulkanske kamnine: 500 (19/8)
geologija = apnenec:
...razvojna_faza in [mladovje-drogovnjak]: 100 (202/78)
razvojna_faza in [debeljak tanjši-neopredeljeno (prebiralni)]: 300 (296/120)

```

Evaluation on training data (10934 cases):

```

Decision Tree
-----
Size      Errors

72 2893(26.5%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----
5196      1232      9      (a): class 100
57         88      (b): class 200
875       2813     19      (c): class 300
15         26      (d): class 400
182       388     32      (e): class 500

```


Odlomljenost vrha

Options:

Pruning confidence level 99%

Test requires 2 branches with ≥ 50 cases

Class specified by attribute `odlomljenost\_vrha`

Read 3707 cases (23 attributes) from vsedv_drodl.data

Decision tree:

prсни_premер > 26:

```
...drevesna_vrsta in {brek,jerebika,kraški gaber,maklen,mali jesen,nagnoj,
:   :   neznana,oreh,poljski brest,puhasti hrast,tisa,
:   :   topokrpi javor,topol,trepetlika,
:   :   trokrpi javor}: 320 (0)
:   drevesna_vrsta = bela jelka: 320 (56/2)
:   drevesna_vrsta = beli gaber: 320 (9/3)
:   drevesna_vrsta = bukev: 320 (1268/475)
:   drevesna_vrsta = cer: 320 (30/5)
:   drevesna_vrsta = češnja: 320 (4/2)
:   drevesna_vrsta = črna jelša: 330 (6/2)
:   drevesna_vrsta = črni bor: 320 (68/23)
:   drevesna_vrsta = črni gaber: 320 (19/10)
:   drevesna_vrsta = dob: 320 (3)
:   drevesna_vrsta = gorski brest: 320 (4/1)
:   drevesna_vrsta = gorski javor: 320 (82/31)
:   drevesna_vrsta = graden: 320 (221/64)
:   drevesna_vrsta = lipa: 320 (17/5)
:   drevesna_vrsta = lipovec: 320 (5/1)
:   drevesna_vrsta = macesen: 320 (8/4)
:   drevesna_vrsta = mokovec: 320 (2/1)
:   drevesna_vrsta = navadna breza: 310 (1)
:   drevesna_vrsta = navadna smreka: 320 (228/15)
:   drevesna_vrsta = neopredeljeni list: 320 (3/1)
:   drevesna_vrsta = ostrolistni javor: 310 (1)
:   drevesna_vrsta = pravi kostanj: 320 (16/7)
:   drevesna_vrsta = rdeči bor: 320 (90/32)
:   drevesna_vrsta = robinija: 310 (1)
:   drevesna_vrsta = siva jelša: 320 (3/1)
:   drevesna_vrsta = veliki jesen: 320 (37/16)
:   drevesna_vrsta = vrba: 330 (1)
:   drevesna_vrsta = zeleni bor: 320 (1)
```

prсни_premер <= 26:

```
...drevesna_vrsta in {brek,dob,jerebika,kraški gaber,macesen,neznana,oreh,
:   :   ostrolistni javor,puhasti hrast,robinija,tisa,topol,
:   :   trepetlika,trokrpi javor,vrba,
:   :   zeleni bor}: 320 (0)
drevesna_vrsta = bela jelka: 320 (11/1)
drevesna_vrsta = beli gaber: 320 (108/69)
drevesna_vrsta = bukev: 320 (652/335)
drevesna_vrsta = cer: 320 (13/6)
drevesna_vrsta = češnja: 320 (6/4)
drevesna_vrsta = črna jelša: 330 (9/4)
drevesna_vrsta = črni bor: 320 (32/14)
drevesna_vrsta = gorski brest: 330 (3/1)
drevesna_vrsta = gorski javor: 320 (54/34)
drevesna_vrsta = graden: 320 (60/27)
drevesna_vrsta = lipa: 340 (28/19)
drevesna_vrsta = lipovec: 320 (18/2)
drevesna_vrsta = maklen: 320 (3)
drevesna_vrsta = mali jesen: 340 (68/41)
drevesna_vrsta = mokovec: 340 (65/37)
drevesna_vrsta = nagnoj: 320 (3/1)
drevesna_vrsta = navadna breza: 320 (2/1)
drevesna_vrsta = navadna smreka: 320 (114/22)
drevesna_vrsta = neopredeljeni list: 330 (4/1)
drevesna_vrsta = poljski brest: 320 (2/1)
drevesna_vrsta = pravi kostanj: 340 (16/8)
drevesna_vrsta = rdeči bor: 320 (23/7)
drevesna_vrsta = siva jelša: 330 (6/3)
drevesna_vrsta = topokrpi javor: 320 (2/1)
drevesna_vrsta = veliki jesen: 320 (49/29)
drevesna_vrsta = črni gaber:
```

```

:...nagib reliefa <= 34: 320 (88/54)
nagib reliefa > 34: 340 (84/41)

```

Evaluation on training data (3707 cases):

```

Decision Tree
-----
Size      Errors

54 1464(39.5%) <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----
                                     (a): class 100
                                     (b): class 200
                                     (c): class 310
                                     (d): class 320
                                     (e): class 330
                                     (f): class 340
                                     (g): class 400
                                     (h): class 500

                                     3   377   2   28
                                     2107  3   59
                                     593  18   59
                                     337   6  115

```

Zmanjšanje volumna krošnje

Options:
Pruning confidence level 99%
Test requires 2 branches with ≥ 40 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje2`

Read 3267 cases (24 attributes) from vsedv_drzman2.data

Decision tree:

```
przni_premjer <= 26:
...drevesna_vrsta in {brek,cer,češnja,črna jelša,dob,gorski brest,jerebika,
: :
: : kraški gaber,lipa,lipovec,macesen,maklen,mali jesen,
: : mokovec,nagnoj,navadna breza,neopredeljeni list,neznana,
: : oreh,ostrolistni javor,poljski brest,pravi kostanj,
: : puhasti hrast,robinija,siva jelša,tisa,topokrpi javor,
: : topol,trepetlika,trokrpi javor,veliki jesen,vrba,
: : zeleni bor}: 3 (0)
: drevesna_vrsta = bela jelka: 1 (11/4)
: drevesna_vrsta = črni bor: 1 (32/18)
: drevesna_vrsta = gorski javor: 3 (54/31)
: drevesna_vrsta = graden: 2 (60/38)
: drevesna_vrsta = navadna smreka: 1 (114/44)
: drevesna_vrsta = rdeči bor: 1 (23/12)
: drevesna_vrsta = beli gaber:
: ...površ_skalovitost in [0%-5 do 25 %]: 3 (40/23)
: : površ_skalovitost in [50 do 100 %-do 5%]: 2 (68/37)
: drevesna_vrsta = črni gaber:
: ...nagib reliefa <= 34: 1 (88/55)
: : nagib reliefa > 34: 3 (84/24)
: drevesna_vrsta = bukev:
: ...način_gospodarjenja in {grmičast,enomerni enodobni,kmečko prebiralno,
: :
: : naravi prepuščeno,panjevec}: 2 (0)
: način_gospodarjenja = dvoslojni: 2 (10/5)
: način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni: 2 (75/43)
: način_gospodarjenja = prebiralno: 1 (7/1)
: način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni:
: ...nagib reliefa <= 21: [S1]
: : nagib reliefa > 21: [S2]
przni_premjer > 26:
...drevesna_vrsta in {brek,cer,češnja,črna jelša,dob,gorski brest,jerebika,
: :
: : kraški gaber,lipa,lipovec,macesen,maklen,mali jesen,
: : mokovec,nagnoj,navadna breza,neopredeljeni list,neznana,
: : oreh,ostrolistni javor,poljski brest,pravi kostanj,
: : puhasti hrast,robinija,siva jelša,tisa,topokrpi javor,
: : topol,trepetlika,trokrpi javor,veliki jesen,vrba,
: : zeleni bor}: 2 (0)
drevesna_vrsta = bela jelka: 1 (56/19)
drevesna_vrsta = beli gaber: 1 (9/4)
drevesna_vrsta = črni bor: 1 (68/41)
drevesna_vrsta = črni gaber: 2 (19/9)
drevesna_vrsta = gorski javor: 2 (82/40)
drevesna_vrsta = navadna smreka: 1 (228/60)
drevesna_vrsta = rdeči bor: 1 (90/49)
drevesna_vrsta = graden:
...sklep in [tesen-normalen]:
: ...globina_tal in [plitva tla (0 - 20 cm)-srednje globoka tla (20 - 40 cm)]: 2 (81/29)
: : globina_tal = globoka tla (nad 40 cm): 3 (50/26)
: sklep in [rahel-pretrgan]:
: ...ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-južna ekspozicija]: 2 (48/22)
: : ekspoz_relief in [jugo-zahodna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]: 1 (42/14)
drevesna_vrsta = bukev:
...globina_tal = globoka tla (nad 40 cm): 1 (186/84)
globina_tal in [plitva tla (0 - 20 cm)-srednje globoka tla (20 - 40 cm)]:
...oblika_mešanosti in [posamična-skupinska]: 2 (648/252)
oblika_mešanosti = velikopovršinska:
...debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-srednja ledena obloga (5 - 15 mm)]: 1 (134/61)
debelina_ledu in [debela ledena obloga (15 - 25 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
...przni_premjer > 44: 2 (54/14)
przni_premjer <= 44:
...nagib reliefa <= 22: 2 (128/37)
nagib reliefa > 22:
...površ_skalovitost in [0%-25 do 50 %]: 2 (44/24)
```

```

površ_skalovitost in [5 do 25 %-do 5%]: 3 (74/31)

SubTree [S1]

debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm): 1 (69/35)
debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]:
...prsni_premmer <= 16: 3 (45/27)
    prsni_premmer > 16: 2 (83/38)

SubTree [S2]

tip_habitata in {ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi,
:               kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu,
:               poplavni hrastovo-jesenovo-brestovi gozdovi vzdož velikih rek}: 3 (0)
tip_habitata = na: 2 (25/14)
tip_habitata = jugovzhodni evropski gozdovi rdečega bora: 1 (12/7)
tip_habitata = srednjeevropski kisloljubni bukovi gozdovi: 3 (72/40)
tip_habitata = ilirski bukovi gozdovi:
...ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-severna ekspozicija]: 1 (49/28)
    ekspoz_relief in [severo-vzhodna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]:
...oblika_mešanosti = posamična: 1 (69/39)
    oblika_mešanosti in [šopasta-velikopovršinska]: 3 (136/72)

```

Evaluation on training data (3267 cases):

```

Decision Tree
-----
Size      Errors

40 1451(44.4%) <<

(a)  (b)  (c)  <-classified as
----  ----  ----
712  349  121  (a): class 1
367  823  153  (b): class 2
208  253  281  (c): class 3

```

Zmanjšanje volumna krošnje glede na odlomljenost vrha

Options:

Pruning confidence level 99%
Test requires 2 branches with ≥ 40 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje`

Read 3249 cases (23 attributes) from vsedv_drzman.data

Decision tree:

```
drevesna_vrsta in {brek,jerebika,kraški gaber,neznana,oreh,puhasti hrast,tisa,
:
    topol,trepetlika,trokrpi javor}: 322 (0)
drevesna_vrsta = bela jelka: 321 (65/21)
drevesna_vrsta = beli gaber: 322 (88/61)
drevesna_vrsta = cer: 322 (39/18)
drevesna_vrsta = češnja: 322 (7/4)
drevesna_vrsta = črna jelša: 333 (12/6)
drevesna_vrsta = črni bor: 321 (82/45)
drevesna_vrsta = dob: 322 (3/1)
drevesna_vrsta = gorski brest: 311 (6/5)
drevesna_vrsta = lipa: 322 (36/20)
drevesna_vrsta = lipovec: 322 (23/6)
drevesna_vrsta = macesen: 321 (5/3)
drevesna_vrsta = maklen: 322 (3/1)
drevesna_vrsta = mali jesen: 321 (41/32)
drevesna_vrsta = mokovec: 333 (39/30)
drevesna_vrsta = nagnoj: 321 (2/1)
drevesna_vrsta = navadna breza: 311 (3/2)
drevesna_vrsta = navadna smreka: 321 (325/88)
drevesna_vrsta = neopredeljeni list: 333 (6/2)
drevesna_vrsta = ostrolistni javor: 312 (1)
drevesna_vrsta = poljski brest: 322 (1)
drevesna_vrsta = pravi kostanj: 322 (24/17)
drevesna_vrsta = rdeči bor: 321 (98/51)
drevesna_vrsta = robinija: 311 (1)
drevesna_vrsta = siva jelša: 332 (8/5)
drevesna_vrsta = topokrpi javor: 322 (2/1)
drevesna_vrsta = veliki jesen: 322 (70/48)
drevesna_vrsta = vrba: 333 (1)
drevesna_vrsta = zeleni bor: 321 (1)
drevesna_vrsta = črni gaber:
...nagib reliefa  $\leq 35$ : 322 (78/57)
:
    nagib reliefa  $> 35$ : 333 (46/29)
drevesna_vrsta = gorski javor:
...globina_tal = plitva tla (0 - 20 cm): 322 (69/41)
:
    globina_tal in [srednje globoka tla (20 - 40 cm)-globoka tla (nad 40 cm)]: 321 (50/33)
drevesna_vrsta = graden:
...sklep in [tesen-normalen]:
:
    ...globina_tal in [plitva tla (0 - 20 cm)-srednje globoka tla (20 - 40 cm)]: 322 (99/49)
:
    :
        globina_tal = globoka tla (nad 40 cm): 323 (63/40)
:
    sklep in [rahel-pretrgan]:
:
    ...ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-južna ekspozicija]: 322 (52/25)
:
    :
        ekspoz_relief in [jugo-zahodna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]: 321 (46/21)
drevesna_vrsta = bukev:
...debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-tanki ledena obloga (do 5 mm)]: 321 (133/80)
debelina_ledu in [srednja ledena obloga (5 - 15 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
...globina_tal = globoka tla (nad 40 cm):
:
    ...ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-severo-vzhodna ekspozicija]: 321 (66/36)
:
    :
        ekspoz_relief in [vzhodna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]: [S1]
        globina_tal in [plitva tla (0 - 20 cm)-srednje globoka tla (20 - 40 cm)]: [S2]
```

SubTree [S1]

```
debelina_ledu in [srednja ledena obloga (5 - 15 mm)-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]: 311 (113/67)
debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm): 322 (65/44)
```

SubTree [S2]

```
geologija in {magmatske kamnine,menjavanje zemljin in kamnin,
:
    metamorfne kamnine,
:
    pretežno drobnozrnata zemljina}: 322 (0)
geologija = dolomit: 322 (276/151)
geologija = hitro menjavanje plasti različnih kamnin (npr fliš): 322 (158/85)
```

```

geologija = menjavanje apnenca in dolomita: 322 (105/68)
geologija = pretežno debeložrnata kamnina: 333 (8/5)
geologija = pretežno debeložrnata zemljina: 322 (33/24)
geologija = pretežno drobnožrnata kamnina: 321 (15/8)
geologija = vulkanske kamnine: 321 (31/13)
geologija = pretežno apnenec z vložki drugih kamnin:
...nagib reliefa <= 29: 322 (76/42)
:   nagib reliefa > 29: 333 (46/28)
geologija = apnenec:
...način_gospodarjenja in {grmičast,enomerni enodobni,kmečko prebiralno,
:   panjevec}: 322 (0)
način_gospodarjenja = dvoslojni: 322 (7/2)
način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni: 322 (51/27)
način_gospodarjenja = naravi prepuščeno: 322 (1)
način_gospodarjenja = prebiralno: 321 (2)
način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni:
...prsni_premier <= 22: 321 (114/79)
prsni_premier > 22:
...nagib reliefa <= 21: 322 (240/107)
nagib reliefa > 21: [S3]

SubTree [S3]

debelina_ledu in [srednja ledena obloga (5 - 15 mm)-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]: 322 (134/80)
debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm): 333 (80/47)

```

Evaluation on training data (3249 cases):

Decision Tree																

Size		Errors														
57 1756 (54.0%)		<<														
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	<-
classified as		----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	
100																(a): class
200																(b): class
311				49			85	177	9			15				(c): class
312				5	1		12	46	5			4				(d): class
313							1	1								(e): class
321				22			565	311	4		2	25				(f): class
322				29			264	761	17		2	56				(g): class
323				3			14	67	23			4				(h): class
331				5			4	6				3				(i): class
332				1			60	197	1		3	40				(j): class
333				9			71	174	4		1	91				(k): class
340																(l): class
400																(m): class
500																(n): class

Gorski javor

Tip poškodovanosti

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 40 cases

Class specified by attribute `tip_poškodovanosti'

Read 301 cases (22 attributes) from gja_drtipp.data

Decision tree:

debelina_ledu = ni bilo ledene obloge: 100 (48/3)
debelina_ledu in [tanka ledena obloga (do 5 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
:...prsni premer <= 14: 100 (43/13)
  prsni premer > 14:
  :...sklep in [rahel-pretrgan]: 300 (58/12)
    sklep in [tesen-normalen]: [S1]

SubTree [S1]

debelina_ledu in [tanka ledena obloga (do 5 mm)-srednja ledena obloga (5 - 15 mm)]: 100
(76/28)
debelina_ledu in [debela ledena obloga (15 - 25 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
300 (76/25)

Evaluation on training data (301 cases):
```

```
      Decision Tree
-----
Size      Errors

      5    81 (26.9%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----
123           32           (a): class 100
 2           1           (b): class 200
39           97           (c): class 300
 1           1           (d): class 400
 2           4           (e): class 500
```

Odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 10 cases
```

```
Class specified by attribute `odlomljenost_vrha'
```

```
Read 136 cases (22 attributes) from gja_drodl.data
```

```
Decision tree:
```

```
razvojna_faza in [debeljak močnejši-neopredeljeno (prebiralni)]: 320 (31/5)
razvojna_faza in [mladovje-debeljak tanjši]:
...prsni_premer <= 17: 340 (23/13)
  prsni_premer > 17:
    ...sklep = tesen: 320 (18/10)
      sklep in [normalen-pretrgan]:
        ...prsni_premer <= 32: 330 (41/25)
          prsni_premer > 32: 320 (23/8)
```

```
Evaluation on training data (136 cases):
```

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

   5    61(44.9%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----
                                     (a): class 100
                                     (b): class 200
                                     (c): class 310
                                     (d): class 320
                                     (e): class 330
                                     (f): class 340
                                     (g): class 400
                                     (h): class 500

                                     9      5
                                     49    13    9
                                     14    16    4
                                     7     10
```


Zmanjšanje volumna krošnje

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 10 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje2'

Read 136 cases (23 attributes) from gja_drzman2.data

Decision tree:

sklep = tesen: 1 (29/13)
sklep in [normalen-pretrgan]:
...tip_relief in [konkavni prelom pobočja-jarek]: 2 (15/5)
  tip_relief in [ravnina-konveksni prelom pobočja]:
    ...površ_skalovitost = 0%: 1 (10/4)
      površ_skalovitost in [25 do 50 %-do 5%]:
        ...prsni premer > 37: 2 (16/2)
          prsni premer <= 37:
            ...površ_skalovitost = do 5%: 2 (26/16)
              površ_skalovitost in [25 do 50 %-50 do 100 %]:
                ...prsni premer <= 29: 3 (19/8)
                  prsni premer > 29: [S1]

SubTree [S1]

debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]: 2 (11/2)
debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm): 3 (10/3)
```

Evaluation on training data (136 cases):

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

      8    53(39.0%)  <<

(a)  (b)  (c)  <-classified as
----  ----  ----
  22   14   4   (a): class 1
  10   43   7   (b): class 2
   7   11  18   (c): class 3
```

Zmanjšanje volumna krošnje glede na odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 10 cases
```

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje`

Read 119 cases (22 attributes) from gja_drzman.data

Decision tree:

```
način_gospodarjenja in {grmičast,dvoslojni,enomerni enodobni,kmečko prebiralno,
:
      naravi prepuščeno}: 322 (0)
način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni: 321 (12/5)
način_gospodarjenja = panjevec: 333 (1)
način_gospodarjenja = prebiralno: 322 (7/3)
način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni:
:...debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]:
:
      :...debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-tanki ledena obloga (do 5 mm)]: 321 (13/7)
      :
      :      debelina_ledu in [srednja ledena obloga (5 - 15 mm)-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]: 322 (62/39)
      debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm):
      :...površ_skalovitost in [0%-5 do 25 %]: 311 (10/6)
      :
      :      površ_skalovitost in [50 do 100 %-do 5%]: 323 (14/9)
```

Evaluation on training data (119 cases):

```

      Decision Tree
      -----
      Size      Errors

      7      69(58.0%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  (i)  (j)  (k)  (l)  (m)  (n)  <-
classified as
-----
100                                     (a): class
200                                     (b): class
      4                                8      1      (c): class
311                                     (d): class
      1                                (e): class
312                                     (f): class
      1                                13     11     1      (f): class
321                                     (g): class
      2                                8      27     2      (g): class
322                                     (h): class
      1                                1      5      (h): class
323                                     (i): class
      1                                2      15     3      (j): class
331                                     (j): class
      2                                1      7      2      1      (k): class
333                                     (l): class
340                                     (m): class
400                                     (n): class
500
```

Graden

Tip poškodovanosti

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 5 cases

Class specified by attribute `tip_poškodovanosti'

Read 496 cases (22 attributes) from gr_drtipp.data

Decision tree:

debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-srednja ledena obloga (5 - 15 mm)]: 100 (132/10)
debelina_ledu in [debela ledena obloga (15 - 25 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
:...sklep in [rahel-pretrgan]:
  :...površ_skalovitost in [5 do 25 %-do 5%]: 300 (35/6)
  :   površ_skalovitost in [0%-25 do 50 %]:
  :     :...nagib reliefa <= 16: 100 (21/7)
  :     :   nagib reliefa > 16: 300 (84/15)
sklep in [tesen-normalen]:
:...razvojna_faza in [debeljak močnejši-neopredeljeno (prebiralni)]:
:...prsni premer <= 40: 300 (5/1)
:   prsni premer > 40: 500 (12/6)
razvojna_faza in [mladovje-debeljak tanjši]:
:...prsni premer > 22: 300 (165/27)
  prsni premer <= 22:
  :...razvojna_faza in [mladovje-drogovnjak]:
  :   :...nagib reliefa <= 24: 300 (11/4)
  :   :   nagib reliefa > 24: 100 (9/3)
  :   razvojna_faza = debeljak tanjši:
  :   :...ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-severo-vzhodna ekspozicija]: 300
(10/1)
  :   :   ekspoz_relief in [vzhodna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]: 500
(12/4)
```

Evaluation on training data (496 cases):

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

   11    84 (16.9%)   <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  <-classified as
----  -
142          21          (a): class 100
           5          (b): class 200
18         256          7   (c): class 300
 1          1          3   (d): class 400
 1          27         14   (e): class 500
```

Odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 6 cases
```

Class specified by attribute `odlomljenost\_vrha`

Read 281 cases (22 attributes) from gr_drodl.data

Decision tree:

```
tip_relief in [konveksni prelom pobočja-jarek]: 310 (9/2)
tip_relief in [ravnina-pobočje]:
:...površ_skalovitost in [0%-50 do 100 %]:
  :...način_gospodarjenja in {grmičast,dvoslojni,enomerni enodobni,
  :      :      kmečko prebiralno,naravi prepuščeno,
  :      :      panjevec}: 320 (0)
  : način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni: 320 (10/1)
  : način_gospodarjenja = prebiralno: 310 (1)
  : način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni: 320 (208/59)
površ_skalovitost = do 5%:
:...nagib reliefa > 34: 310 (14/5)
  nagib reliefa <= 34:
    :...globina_tal in [plitva tla (0 - 20 cm)-srednje globoka tla (20 - 40 cm)]: 320 (31/7)
      globina_tal = globoka tla (nad 40 cm): 340 (8/5)
```

Evaluation on training data (281 cases):

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

    7    79(28.1%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----
                                     (a): class 100
                                     (b): class 200
                                     (c): class 310
                                     (d): class 320
                                     (e): class 330
                                     (f): class 340
                                     (g): class 400
                                     (h): class 500

                                     17    20          2
                                     6   182          2
                                     30          1
                                     1    17          3
```

Zmanjšanje volumna krošnje

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 10 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje2'

Read 281 cases (23 attributes) from gr_drzman2.data

Decision tree:

razvojna_faza in [debeljak močnejši-neopredeljeno (prebiralni)]: 1 (20/5)
razvojna_faza in [mladovje-debeljak tanjši]:
...sklep in [tesen-normalen]:
  :...debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]:
  :   :...sklep = tesen: 1 (22/9)
  :   :   sklep = normalen: 2 (43/19)
  :   debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm):
  :   :...globina_tal in [plitva tla (0 - 20 cm)-srednje globoka tla (20 - 40 cm)]: 2 (44/11)
  :   :   globina_tal = globoka tla (nad 40 cm): 3 (59/28)
  sklep in [rahel-pretrgan]:
  :...globina_tal = plitva tla (0 - 20 cm): 1 (18/5)
  :   globina_tal in [srednje globoka tla (20 - 40 cm)-globoka tla (nad 40 cm)]:
  :   :...oblika_mešanosti = posamična: 1 (27/11)
  :       oblika_mešanosti in [šopasta-velikopovršinska]: 2 (48/21)

Evaluation on training data (281 cases):

      Decision Tree
      -----
      Size      Errors

      8   109(38.8%)  <<

      (a)   (b)   (c)   <-classified as
      ----  ----  ----
      57    28    7     (a): class 1
      24    84    21    (b): class 2
      6     23    31    (c): class 3
```

Zmanjšanje volumna krošnje glede na odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 10 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje'

Read 260 cases (22 attributes) from gr_drzman.data

Decision tree:

sklep in [tesen-normalen]:
...globina_tal in [plitva tla (0 - 20 cm)-srednje globoka tla (20 - 40 cm)]: 322 (99/49)
: globina_tal = globoka tla (nad 40 cm): 323 (63/40)
sklep in [rahel-pretrgan]:
...globina_tal = plitva tla (0 - 20 cm): 311 (17/7)
  globina_tal in [srednje globoka tla (20 - 40 cm)-globoka tla (nad 40 cm)]:
  ...razvojna_faza in [debeljak močnejši-neopredeljeno (prebiralni)]: 321 (12/3)
    razvojna_faza in [mladovje-debeljak tanjši]:
    ...ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-južna ekspozicija]: 322 (43/18)
      ekspoz_relief in [jugo-zahodna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]: 321 (26/11)

Evaluation on training data (260 cases):

      Decision Tree
      -----
      Size      Errors

      6  128(49.2%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  (i)  (j)  (k)  (l)  (m)  (n)  <-
classified as
-----
100                                     (a): class
200                                     (b): class
311              10              4   10   9      (c): class
312                      1   5      (d): class
313                                     (e): class
321              3              24  27   4      (f): class
322              4              10  75  17      (g): class
323                      3   23      (h): class
331                      1      (i): class
332                  16   1      (j): class
333                      9   4      (k): class
340                                     (l): class
400                                     (m): class
500                                     (n): class
```

Bukev

Tip poškodovanosti

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 100 cases

Class specified by attribute `tip_poškodovanosti'

Read 4682 cases (22 attributes) from bu_drtipp.data

Decision tree:

debelina_ledu = ni bilo ledene obloge: 100 (951/51)
debelina_ledu in [tanka ledena obloga (do 5 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
...debelina_ledu in [tanka ledena obloga (do 5 mm)-srednja ledena obloga (5 - 15 mm)]:
  ...nagib reliefa > 33: 100 (401/93)
  : nagib reliefa <= 33: [S1]
debelina_ledu in [debela ledena obloga (15 - 25 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
...prsni premer <= 18: [S2]
  prsni premer > 18:
    ...nagib reliefa <= 31: 300 (1062/237)
    nagib reliefa > 31:
      ...površskalovitost = 0%: 100 (106/40)
      površskalovitost in [25 do 50 %-do 5%]: 300 (528/236)

SubTree [S1]

geologija in {magmatske kamnine,metamorfne kamnine,
:           pretežno debeložrnata zemljina,
:           pretežno drobnóžrnata zemljina}: 100 (0)
geologija = dolomit: 300 (75/31)
geologija = hitro menjavanje plasti različnih kamnin (npr fliš): 300 (113/46)
geologija = menjavanje apnenca in dolomita: 100 (150/34)
geologija = menjavanje zemljin in kamnin: 100 (3)
geologija = pretežno apnenec z vložki drugih kamnin: 100 (150/60)
geologija = pretežno debeložrnata kamnina: 100 (118/24)
geologija = pretežno drobnóžrnata kamnina: 100 (60/20)
geologija = vulkanske kamnine: 500 (24/10)
geologija = apnenec:
...globina_tal = plitva tla (0 - 20 cm): 300 (256/71)
  globina_tal in [srednje globoka tla (20 - 40 cm)-globoka tla (nad 40 cm)]: 100 (102/26)

SubTree [S2]

geologija in {magmatske kamnine,menjavanje zemljin in kamnin,
:           metamorfne kamnine,pretežno drobnóžrnata kamnina,
:           pretežno drobnóžrnata zemljina}: 300 (0)
geologija = apnenec: 100 (170/88)
geologija = dolomit: 300 (170/90)
geologija = hitro menjavanje plasti različnih kamnin (npr fliš): 300 (144/78)
geologija = menjavanje apnenca in dolomita: 300 (52/27)
geologija = pretežno apnenec z vložki drugih kamnin: 100 (15/7)
geologija = pretežno debeložrnata kamnina: 500 (1)
geologija = pretežno debeložrnata zemljina: 300 (9/4)
geologija = vulkanske kamnine: 100 (22/5)
```

Evaluation on training data (4682 cases):

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

23 1278 (27.3%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----
1800      510      3  (a): class 100
24         57      (b): class 200
326      1589      5  (c): class 300
```

3	11	2	(d): class 400
95	242	15	(e): class 500

Odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 30 cases

Class specified by attribute `odlomljenost_vrha'

Read 1920 cases (22 attributes) from bu_drodl.data

Decision tree:

prsni_premier <= 26: 320 (652/335)
prsni_premier > 26: [S1]

SubTree [S1]

geologija in {magmatske kamnine,
:             pretežno drobnnozrnata zemljina}: 320 (0)
geologija = dolomit: 320 (228/58)
geologija = hitro menjavanje plasti različnih kamnin (npr fliš): 320 (185/51)
geologija = menjavanje apnenca in dolomita: 320 (121/58)
geologija = menjavanje zemljin in kamnin: 310 (1)
geologija = metamorfne kamnine: 320 (1)
geologija = pretežno apnenec z vložki drugih kamnin: 320 (137/57)
geologija = pretežno debeložrnata kamnina: 320 (8/4)
geologija = pretežno debeložrnata zemljina: 320 (29/13)
geologija = pretežno drobnnozrnata kamnina: 320 (17/5)
geologija = vulkanske kamnine: 310 (43/23)
geologija = apnenec:
...debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]: 320 (312/130)
  debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm):
...nagib reliefa <= 22: 320 (111/26)
  nagib reliefa > 22: 330 (75/29)

Evaluation on training data (1920 cases):
```

Decision Tree								

Size	Errors							
14	789(41.1%)							<<
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	<-classified as
----	----	----	----	----	----	----	----	
								(a): class 100
								(b): class 200
		21	235	1				(c): class 310
		20	1064	26				(d): class 320
		3	338	46				(e): class 330
			164	2				(f): class 340
								(g): class 400
								(h): class 500

Zmanjšanje volumna krošnje

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 50 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje_krošnje2'

Read 1919 cases (23 attributes) from bu_drzman2.data

Decision tree:

debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-tanko ledena obloga (do 5 mm)]: 1 (139/61)
debelina_ledu in [srednja ledena obloga (5 - 15 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
...prsni_premier <= 26:
...način_gospodarjenja in {grmičast,enomerni enodobni,kmečko prebiralno,
```



```

:      :      naravi prepuščeno, panjevec): 3 (0)
:      način_gospodarjenja = dvoslojni: 2 (10/5)
:      način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni: 2 (65/36)
:      način_gospodarjenja = prebiralno: 1 (7/1)
:      način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni:
:      : ...nagib reliefa <= 21: [S1]
:      :      nagib reliefa > 21: [S2]
prsni premer > 26:
: ...površ_skalovitost = 0%:
:      : ...globina_tal in [plitva tla (0 - 20 cm)-srednje globoka tla (20 - 40 cm)]: 2 (102/40)
:      :      globina_tal = globoka tla (nad 40 cm): 1 (76/22)
:      površ_skalovitost in [25 do 50 %-do 5%]: [S3]

SubTree [S1]

debelina_ledu in [srednja ledena obloga (5 - 15 mm)-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]: 2 (122/66)
debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm): 1 (69/35)

SubTree [S2]

tip_habitata in {ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi,
:      :      kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu,
:      :      poplavni hrastovo-jesenovo-brestovi gozdovi vzdož velikih rek}: 3 (0)
tip_habitata = na: 2 (24/14)
tip_habitata = jugovzhodni evropski gozdovi rdečega bora: 1 (12/7)
tip_habitata = srednjeevropski kisloljubni bukovni gozdovi: 3 (72/40)
tip_habitata = ilirski bukovni gozdovi:
: ...prsni premer <= 21: 3 (171/99)
:      prsni premer > 21: 2 (67/39)

SubTree [S3]

tip_habitata in {ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi,
:      :      kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu,
:      :      poplavni hrastovo-jesenovo-brestovi gozdovi vzdož velikih rek}: 2 (0)
tip_habitata = na: 2 (82/26)
tip_habitata = jugovzhodni evropski gozdovi rdečega bora: 2 (22/2)
tip_habitata = srednjeevropski kisloljubni bukovni gozdovi: 1 (63/30)
tip_habitata = ilirski bukovni gozdovi:
: ...oblika_mešanosti in [posamična-skupinska]: 2 (492/196)
:      oblika_mešanosti = velikopovršinska:
:      : ...debelina_ledu = srednja ledena obloga (5 - 15 mm): 1 (68/35)
:      :      debelina_ledu in [debela ledena obloga (15 - 25 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
:      :      : ...nagib reliefa <= 22: 2 (120/34)
:      :      :      nagib reliefa > 22:
:      :      :      : ...nagib reliefa <= 32: 3 (60/24)
:      :      :      :      nagib reliefa > 32: 2 (76/35)

Evaluation on training data (1919 cases):

      Decision Tree
      -----
      Size      Errors

      21  847(44.1%)  <<

      (a)  (b)  (c)  <-classified as
      ----  ----  ----
      243  271   88   (a): class 1
      141  689   75   (b): class 2
      50   222  140   (c): class 3

```

Zmanjšanje volumna krošnje glede na odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 50 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje'

Read 1754 cases (22 attributes) from bu_drzman.data

Decision tree:

debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-tanki ledena obloga (do 5 mm)]: 321 (133/80)
debelina_ledu in [srednja ledena obloga (5 - 15 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
...globina_tal = globoka tla (nad 40 cm):
  ...ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-severo-vzhodna ekspozicija]: 321 (66/36)
  :   ekspoz_relief in [vzhodna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]: [S1]
  globina_tal in [plitva tla (0 - 20 cm)-srednje globoka tla (20 - 40 cm)]: [S2]

SubTree [S1]

debelina_ledu in [srednja ledena obloga (5 - 15 mm)-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]: 311 (113/67)
debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm): 322 (65/44)

SubTree [S2]

geologija in {magmatske kamnine,menjavanje zemljin in kamnin,
:   metamorfne kamnine,
:   pretežno drobnnozrnata zemljina}: 322 (0)
geologija = dolomit: 322 (276/151)
geologija = hitro menjavanje plasti različnih kamnin (npr fliš): 322 (158/85)
geologija = menjavanje apnenca in dolomita: 322 (105/68)
geologija = pretežno apnenec z vložki drugih kamnin: 322 (122/75)
geologija = pretežno debelozrnata kamnina: 333 (8/5)
geologija = pretežno debelozrnata zemljina: 322 (33/24)
geologija = pretežno drobnnozrnata kamnina: 321 (15/8)
geologija = vulkanske kamnine: 321 (31/13)
geologija = apnenec:
...način_gospodarjenja in {grmičast,enomerni enodobni,kmečko prebiralno,
:   panjevec}: 322 (0)
način_gospodarjenja = dvoslojni: 322 (7/2)
način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni: 322 (51/27)
način_gospodarjenja = naravi prepuščeno: 322 (1)
način_gospodarjenja = prebiralno: 321 (2)
način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni:
...prsni premer <= 22: 321 (114/79)
prsni premer > 22: 322 (454/243)

Evaluation on training data (1754 cases):

      Decision Tree
      -----
      Size      Errors

      18 1007(57.4%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  (i)  (j)  (k)  (l)  (m)  (n)  <-
classified as
-----
100                                     (a): class
200                                     (b): class
311          46          52  113      (c): class
312          5          9   31      (d): class
313                1      (e): class
321          21          145  218          1      (f): class
322          27          98  553          2      (g): class
```

```

323          2          3    40          (h): class
          3          2    2          (i): class
331          1          30   147          2          (j): class
332          8          21   168          3          (k): class
333                                     (l): class
340                                     (m): class
400                                     (n): class
500

```

Beli gaber

Tip poškodovanosti

```

Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 10 cases

```

Class specified by attribute `tip\_poškodovanosti`

Read 435 cases (22 attributes) from bga_drtipp.data

Decision tree:

```

debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-srednja ledena obloga (5 - 15 mm)]: 100 (263/14)
debelina_ledu in [debela ledena obloga (15 - 25 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
...debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm):
  ...nagib reliefa <= 16: 300 (10/3)
  :   nagib reliefa > 16: 100 (22/1)
  debelina_ledu = debela ledena obloga (15 - 25 mm): [S1]

```

SubTree [S1]

```

geologija in {hitro menjavanje plasti različnih kamnin (npr fliš),
:   magmatske kamnine,menjavanje apnenca in dolomita,
:   menjavanje zemljin in kamnin,metamorfne kamnine,
:   pretežno debeložrnata kamnina,pretežno debeložrnata zemljina,
:   pretežno drobnožrnata kamnina,pretežno drobnožrnata zemljina,
:   vulkanske kamnine}: 300 (0)
geologija = dolomit: 200 (3/1)
geologija = pretežno apnenec z vložki drugih kamnin: 300 (29/7)
geologija = apnenec:
...sklep = tesen: 100 (11/7)
  sklep in [normalen-pretrgan]: 300 (97/25)

```

Evaluation on training data (435 cases):

```

      Decision Tree
      -----
Size      Errors

      7   58(13.3%)   <<

      (a)   (b)   (c)   (d)   (e)   <-classified as
      ----   ---   ---   ---   ---   ----
      274          22          (a): class 100
        2        2        2          (b): class 200
       15        1       101          (c): class 300
                   1          (d): class 400
        5          10          (e): class 500

```

Odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 10 cases
```

```
Class specified by attribute `odlomljenost_vrha'
```

```
Read 117 cases (22 attributes) from bga_drodl.data
```

```
Decision tree:
```

```
ekspoz_relief in [južna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]: [S1]
ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-jugo-vzhodna ekspozicija]:
...razvojna_faza in [debeljak tanjši-neopredeljeno (prebiralni)]: 320 (10/4)
  razvojna_faza in [mladovje-drogovnjak]:
    ...prsni_premmer <= 18: 320 (45/26)
      prsni_premmer > 18: 330 (21/8)
```

```
SubTree [S1]
```

```
tip_habitata in {ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi,
:                jugovzhodni evropski gozdovi rdečega bora,
:                kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu,
:                poplavni hrastovo-jesenovo-brestovi gozdovi vzdož velikih rek}: 320 (0)
tip_habitata = na: 310 (21/12)
tip_habitata = ilirski bukovi gozdovi: 320 (19/8)
tip_habitata = srednjeevropski kisloljubni bukovi gozdovi: 340 (1)
```

```
Evaluation on training data (117 cases):
```

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

   6    58 (49.6%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----
                                     (a): class 100
                                     (b): class 200
                                     (c): class 310
                                     (d): class 320
                                     (e): class 330
                                     (f): class 340
                                     (g): class 400
                                     (h): class 500

                                     9    7    1
                                     5   36    4
                                     2   11   13
                                     5   20    3    1
```

Zmanjšanje volumna krošnje

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 5 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje2'

Read 117 cases (23 attributes) from bga_drzman2.data

Decision tree:

sklep = tesen: 1 (8/2)
sklep in [normalen-pretrgan]:
...nagib reliefa > 31: 2 (17/4)
  nagib reliefa <= 31:
    ...oblika_mešanosti in [posamična-skupinska]: 1 (6/3)
      oblika_mešanosti = velikopovršinska:
        ...debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-srednja ledena obloga (5 - 15 mm)]: 3 (8/2)
          debelina_ledu in [debela ledena obloga (15 - 25 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
            ...površ_skalovitost in [0%-25 do 50 %]: 1 (13/6)
              površ_skalovitost in [5 do 25 %-do 5%]:
                ...prsni premer > 14: 3 (39/19)
                  prsni premer <= 14:
                    ...površ_skalovitost in [5 do 25 %-50 do 100 %]: [S1]
                      površ_skalovitost = do 5%:
                        ...prsni premer <= 11: 3 (6/3)
                          prsni premer > 11: 1 (8/3)

SubTree [S1]

ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-zahodna ekspozicija]: 3 (5/2)
ekspoz_relief = severo-zahodna ekspozicija: 2 (7/3)
```

Evaluation on training data (117 cases):

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

   10    47(40.2%)  <<

(a)  (b)  (c)  <-classified as
----  ----  ----
  21    3    4   (a): class 1
   6   17   22   (b): class 2
   8    4   32   (c): class 3
```

Zmanjšanje volumna krošnje glede na odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 5 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje'

Read 88 cases (22 attributes) from bga_drzman.data

Decision tree:

sklep = tesen: 311 (6/3)
sklep in [normalen-pretrgan]:
...ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-jugo-vzhodna ekspozicija]:
  ...prsni premer <= 18: 322 (30/17)
  : prsni premer > 18:
  :   ...način_gospodarjenja in {grmičast,dvoslojni,enomerni enodobni,
  :   :   : kmečko prebiralno,
  :   :   : malopovršinski raznomerni,
  :   :   : naravi prepuščeno,
  :   :   : prebiralno}: 332 (0)
  :   način_gospodarjenja = panjevec: 322 (8/4)
  :   način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni: 332 (12/4)
ekspoz_relief in [južna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]:
...površ_skalovitost = do 5%: 322 (7/4)
  površ_skalovitost in [0%-50 do 100 %]:
  ...prsni premer <= 11: 312 (5/2)
  : prsni premer > 11: 311 (20/13)
```

Evaluation on training data (88 cases):

Decision Tree																

Size		Errors														
7		47 (53.4%) <<														
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	<-
classified as		----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	
100																(a): class
200																(b): class
311				10				2								(c): class
312				2	3											(d): class
313																(e): class
321				6				10								(f): class
322				3	2			20			2					(g): class
323								2								(h): class
331																(i): class
332				2				3			8					(j): class
333				3				8			2					(k): class
340																(l): class
400																(m): class
500																(n): class

Črni gaber

Tip poškodovanosti

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 30 cases

Class specified by attribute `tip_poškodovanosti'

Read 897 cases (22 attributes) from cga_drtipp.data

Decision tree:

debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-srednja ledena obloga (5 - 15 mm)]: 100 (490/52)
debelina_ledu in [debela ledena obloga (15 - 25 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
:...površ_skalovitost = 0%:
  :...ekspoz_reliefu in [ravno (ni ekspozicije)-jugovzhodna ekspozicija]: 200 (34/15)
  :   ekspoz_reliefu in [južna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]: 100 (33/11)
  površ_skalovitost in [25 do 50 %-do 5%]: [S1]

SubTree [S1]

geologija in {magmatske kamnine,menjavanje zemljin in kamnin,
:             metamorfne kamnine,pretežno debeložrnata kamnina,
:             pretežno drobnostžrnata kamnina,pretežno drobnostžrnata zemljina,
:             vulkanske kamnine}: 100 (0)
geologija = dolomit: 100 (77/32)
geologija = hitro menjavanje plasti različnih kamnin (npr fliš): 100 (12/4)
geologija = menjavanje apnenca in dolomita: 300 (61/28)
geologija = pretežno apnenec z vložki drugih kamnin: 300 (7/4)
geologija = pretežno debeložrnata zemljina: 100 (6/3)
geologija = apnenec:
:...nagib reliefu > 36: 300 (41/15)
  nagib reliefu <= 36:
    :...ekspoz_reliefu in [ravno (ni ekspozicije)-vzhodna ekspozicija]: 300 (65/23)
    ekspoz_reliefu in [jugovzhodna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]: 100 (71/22)

Evaluation on training data (897 cases):
```

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

  11  209 (23.3%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----
565   8   40           (a): class 100
10   19   2           (b): class 200
80    7  104          (c): class 300
6     4           (d): class 400
28    24          (e): class 500
```

Odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 10 cases

Class specified by attribute `odlomljenost_vrha'

Read 191 cases (22 attributes) from cga_drodl.data

Decision tree:

nagib reliefa <= 34: [S1]
nagib reliefa > 34:
...ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-severo-vzhodna ekspozicija]: 340 (19/5)
  ekspoz_relief in [vzhodna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]:
  ...nagib reliefa > 41:
    ...prsni_premier <= 13: 340 (10/3)
    : prsni_premier > 13: 330 (12/4)
  nagib reliefa <= 41:
    ...sklep in [tesen-normalen]: 340 (29/13)
    sklep in [rahel-pretrgan]:
    ...površskalovitost in [0%-5 do 25 %]: 320 (12/6)
    površskalovitost in [50 do 100 %-do 5%]: 330 (10/1)

SubTree [S1]

geologija in {magmatske kamnine,metamorfne kamnine,
:           pretežno debeložrnata kamnina,pretežno drobnostžrnata kamnina,
:           pretežno drobnostžrnata zemljina,vulkanske kamnine}: 320 (0)
geologija = apnenec: 320 (58/30)
geologija = dolomit: 320 (13/9)
geologija = hitro menjavanje plasti različnih kamnin (npr fliš): 320 (1)
geologija = menjavanje apnenca in dolomita: 310 (11/4)
geologija = menjavanje zemljin in kamnin: 320 (5/2)
geologija = pretežno apnenec z vložki drugih kamnin: 320 (8/4)
geologija = pretežno debeložrnata zemljina: 310 (3/2)
```

Evaluation on training data (191 cases):

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

13      83(43.5%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  -----
                                     (a): class 100
                                     (b): class 200
                                     (c): class 310
                                     (d): class 320
                                     (e): class 330
                                     (f): class 340
                                     (g): class 400
                                     (h): class 500

                                     8   10   1   4
                                     3   46   6
                                     1   17  17  11
                                     2   24   4  37
```


Zmanjšanje volumna krošnje

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 10 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje2'

Read 191 cases (23 attributes) from cga_drzman2.data

Decision tree:

nagib reliefa > 34: 3 (92/29)
nagib reliefa <= 34:
...debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm): 1 (28/11)
  debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]:
    ...prsni premer > 16: 2 (35/17)
      prsni premer <= 16:
        ...oblika_mešanosti = posamična: 3 (10/3)
          oblika_mešanosti in [šopasta-velikopovršinska]: 1 (26/13)

Evaluation on training data (191 cases):
```

```
      Decision Tree
-----
Size      Errors

      5    73(38.2%)  <<

(a)  (b)  (c)  <-classified as
----  ----  ----
  30    4   10   (a): class 1
  12   18   22   (b): class 2
  12   13   70   (c): class 3
```

Zmanjšanje volumna krošnje glede na odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 10 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje'

Read 124 cases (22 attributes) from cga_drzman.data

Decision tree:

debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm): 321 (31/16)
debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]:
...prsni premer <= 11: 311 (10/6)
  prsni premer > 11:
  ...nagib reliefa <= 29: 322 (28/15)
    nagib reliefa > 29:
    ...sklep in [rahel-pretrgan]: 333 (16/7)
      sklep in [tesen-normalen]:
      ...oblika_mešanosti = posamična: 332 (15/8)
        oblika_mešanosti in [šopasta-velikopovršinska]: 311 (24/15)
```

Evaluation on training data (124 cases):

Decision Tree															

Size		Errors													
6		67 (54.0%) <<													
(a)		(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	<-
classified as		----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	
100															(a): class
200															(b): class
311				13		1	4			1					(c): class
312				1			2								(d): class
313				1											(e): class
321				3		15	2			1					(f): class
322				6		5	13				5				(g): class
323				1			4								(h): class
331				2		2									(i): class
332				3		6	2			7	2				(j): class
333				4		2	1			6	9				(k): class
340															(l): class
400															(m): class
500															(n): class

Smreka

Tip poškodovanosti

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 25 cases

Class specified by attribute `tip_poškodovanosti'

Read 1208 cases (22 attributes) from sm_drtipp.data

Decision tree:

debelina_ledu = ni bilo ledene obloge: 100 (516/5)
debelina_ledu in [tanka ledena obloga (do 5 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
...ekspoz_reliefu = severo-zahodna ekspozicija:
  ...nagib reliefu > 25: 100 (27/3)
  :   nagib reliefu <= 25:
  :     ...nagib reliefu <= 22: 300 (27/14)
  :     :   nagib reliefu > 22: 500 (51/29)
  :     :   ekspoz_reliefu in [ravno (ni ekspozicije)-zahodna ekspozicija]:
  :     :   ...debelina_ledu in [tanka ledena obloga (do 5 mm)-srednja ledena obloga (5 - 15 mm)]:
  :     :   100 (171/56)
  :     :     debelina_ledu in [debela ledena obloga (15 - 25 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25
  :     :     mm)]: [S1]

SubTree [S1]

geologija in {magmatske kamnine,metamorfne kamnine,
:             pretežno drobnozrnata kamnina,
:             pretežno drobnozrnata zemljina}: 300 (0)
geologija = dolomit: 300 (120/23)
geologija = hitro menjavanje plasti različnih kamnin (npr fliš): 300 (69/27)
geologija = menjavanje apnenca in dolomita: 300 (63/21)
geologija = menjavanje zemljin in kamnin: 100 (40/4)
geologija = pretežno apnenec z vložki drugih kamnin: 100 (4)
geologija = pretežno debeložrnata kamnina: 300 (1)
geologija = pretežno debeložrnata zemljina: 300 (27/10)
geologija = vulkanske kamnine: 100 (8/4)
geologija = apnenec:
...oblika_mešanosti in [posamična-skupinska]: 100 (47/18)
  oblika_mešanosti = velikopovršinska: 300 (37/8)

Evaluation on training data (1208 cases):
```

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

15  222 (18.4%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  <-classified as
----  -
723      91      11  (a): class 100
      1  (b): class 200
83      241      18  (c): class 300
      1  (d): class 400
7      10      22  (e): class 500
```

Odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%

Class specified by attribute `odlomljenost_vrha'

Read 342 cases (22 attributes) from sm_drodl.data

Decision tree:

prsni_premier > 17: 320 (282/19)
prsni_premier <= 17:
...nagib reliefa <= 36: 320 (52/12)
    nagib reliefa > 36: 330 (8/4)
```

Evaluation on training data (342 cases):

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

   3    35(10.2%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----
                                     (a): class 100
                                     (b): class 200
                                     (c): class 310
                                     (d): class 320
                                     (e): class 330
                                     (f): class 340
                                     (g): class 400
                                     (h): class 500

                                     1
                                     2
303                                     4
15                                     1
16
```

Zmanjšanje volumna krošnje

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 9 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje2'

Read 342 cases (23 attributes) from sm_drzman2.data

Decision tree:

prsni premer > 17: 1 (282/72)
prsni premer <= 17: [S1]

SubTree [S1]

tip_habitata in {ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi,
:               kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu,
:               poplavni hrastovo-jesenovo-brestovi gozdovi vzdož velikih rek}: 1 (0)
tip_habitata = na: 1 (2)
tip_habitata = jugovzhodni evropski gozdovi rdečega bora: 2 (3)
tip_habitata = srednjeevropski kisloljubni bukovi gozdovi: 1 (12/8)
tip_habitata = ilirski bukovi gozdovi:
:...prsni premer > 14: 1 (14/3)
  prsni premer <= 14:
    :...debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-tanki ledeni oblogi (do 5 mm)]: 2 (11/4)
      debelina_ledu in [srednja ledena obloga (5 - 15 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]: 1
(18/10)
```

Evaluation on training data (342 cases):

Decision Tree			

Size	Errors		
7	97 (28.4%)	<<	
(a)	(b)	(c)	<-classified as
----	----	----	
235	3		(a): class 1
64	10		(b): class 2
29	1		(c): class 3

Zmanjšanje volumna krošnje glede na odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 9 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje'

Read 325 cases (22 attributes) from sm_drzman.data

Decision tree:

ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-jugo-zahodna ekspozicija]: 321 (255/58)
ekspoz_relief in [zahodna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]:
...ekspoz_relief = zahodna ekspozicija: 321 (40/15)
  ekspoz_relief = severo-zahodna ekspozicija:
  ...globina_tal = plitva tla (0 - 20 cm): 322 (11/3)
    globina_tal in [srednje globoka tla (20 - 40 cm)-globoka tla (nad 40 cm)]: 321 (19/6)

Evaluation on training data (325 cases):

      Decision Tree
      -----
      Size      Errors

      4      82 (25.2%)  <<

      (a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  (i)  (j)  (k)  (l)  (m)  (n)  <-
classified as
-----
100
200
311
312
313
321
322
323
331
332
333
340
400
500

(a): class
(b): class
(c): class
(d): class
(e): class
(f): class
(g): class
(h): class
(i): class
(j): class
(k): class
(l): class
(m): class
(n): class
```

Jelka

Tip poškodovanosti

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 5 cases

Class specified by attribute `tip_poškodovanosti'

Read 556 cases (22 attributes) from je_drtipp.data

Decision tree:

debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-tanka ledena obloga (do 5 mm)]: 100 (263/2)
debelina_ledu in [srednja ledena obloga (5 - 15 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
...ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-jugo-vzhodna ekspozicija]: 100 (153/26)
  ekspoz_relief in [južna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]:
    ...debelina_ledu in [srednja ledena obloga (5 - 15 mm)-debela ledena obloga (15 - 25
mm)]:
      ...način_gospodarjenja in {grmičast,dvoslojni,enomerni enodobni,
      :      :      kmečko prebiralno,naravi prepuščeno,
      :      :      panjevec,prebiralno}: 100 (0)
      :      način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni: 100 (60/13)
      :      način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni:
      :      ...prsni premer <= 56: 300 (20/9)
      :      prsni premer > 56: 100 (6/1)
debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm):
...površ_skalovitost = do 5%: 100 (16/3)
  površ_skalovitost in [0%-50 do 100 %]:
    ...ekspoz_relief in [južna ekspozicija-zahodna ekspozicija]: 300 (17/11)
      ekspoz_relief = severo-zahodna ekspozicija:
        ...prsni premer <= 49: 100 (10/2)
        prsni premer > 49: 300 (11/2)

Evaluation on training data (556 cases):
```

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

      9   69(12.4%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----  ----
461           16           (a): class 100
                        (b): class 200
41           26           (c): class 300
                        (d): class 400
6            6           (e): class 500
```

Odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%

Class specified by attribute `odlomljenost_vrha'

Read 67 cases (22 attributes) from je_drodl.data

Decision tree:
 320 (67/3)

Evaluation on training data (67 cases):

      Decision Tree
      -----
Size      Errors
  1      3 ( 4.5%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  <-classified as
-----
                                     (a): class 100
                                     (b): class 200
                                     (c): class 310
                                     (d): class 320
                                     (e): class 330
                                     (f): class 340
                                     (g): class 400
                                     (h): class 500
                                     64
                                     1
                                     2
```


Zmanjšanje volumna krošnje

```
Options:
  Pruning confidence level 99%

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje2'

Read 67 cases (23 attributes) from je_drzman2.data

Decision tree:

globina_tal in [srednje globoka tla (20 - 40 cm)-globoka tla (nad 40 cm)]: 1 (7/1)
globina_tal = plitva tla (0 - 20 cm):
...površ_skalovitost = do 5%: 2 (6/2)
  površ_skalovitost in [0%-50 do 100 %]:
    nagib reliefa > 26: 3 (4/2)
      nagib reliefa <= 26:
        ...način_gospodarjenja in {grmičast,dvoslojni,enomerni enodobni,
          :                               kmečko prebiralno,naravi prepuščeno,
          :                               panjevec,prebiralno}: 1 (0)
        način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni: 1 (38/8)
        način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni:
          ...ekspoz_relief in [ravno (ni ekspozicije)-zahodna ekspozicija]: 2 (9/4)
            ekspoz_relief = severo-zahodna ekspozicija: 1 (3/1)
```

Evaluation on training data (67 cases):

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

      6   18(26.9%)  <<

(a)  (b)  (c)  <-classified as
----  ----  ----
 38    5    1   (a): class 1
  9    9    1   (b): class 2
  1    1    2   (c): class 3
```

Zmanjšanje volumna krošnje glede na odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje'

Read 65 cases (22 attributes) from je_drzman.data

Decision tree:

debelina_ledu in [ni bilo ledene obloge-srednja ledena obloga (5 - 15 mm)]: 321 (18/3)
debelina_ledu in [debela ledena obloga (15 - 25 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
...površ_skalovitost in [0%-50 do 100 %]: 321 (41/13)
  površ_skalovitost = do 5%: 322 (6/2)

Evaluation on training data (65 cases):

      Decision Tree
      -----
      Size      Errors

      3      18 (27.7%)  <<

classified as  (a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  (i)  (j)  (k)  (l)  (m)  (n)  <-
      ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----
100                                     (a): class
200                                     (b): class
311                                     (c): class
312                                     (d): class
313                                     (e): class
321                                     (f): class
322                                     (g): class
323                                     (h): class
331                                     (i): class
332                                     (j): class
333                                     (k): class
340                                     (l): class
400                                     (m): class
500                                     (n): class

      43      1
      14      4
      1      1
      1
```

Rdeči bor

Tip poškodovanosti

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 10 cases

Class specified by attribute `tip_poškodovanosti'

Read 302 cases (22 attributes) from rbo_drtipp.data

Decision tree:

debelina_ledu = ni bilo ledene obloge: 100 (97/8)
debelina_ledu in [tanka ledena obloga (do 5 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
...nagib reliefa > 32: 300 (37/16)
    nagib reliefa <= 32: [S1]

SubTree [S1]

tip_habitata in {ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi,
:               kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu,
:               poplavni hrastovo-jesenovo-brestovi gozdovi vzdož velikih rek}: 300 (0)
tip_habitata = ilirski bukovi gozdovi: 300 (25/8)
tip_habitata = jugovzhodni evropski gozdovi rdečega bora: 300 (10/1)
tip_habitata = srednjeevropski kisloljubni bukovi gozdovi: 100 (34/12)
tip_habitata = na:
...razvojna_faza in [debeljak močnejši-neopredeljeno (prebiralni)]: 300 (20/9)
    razvojna_faza in [mladovje-debeljak tanjši]:
    ...sklep in [rahel-pretrgan]: 100 (45/13)
        sklep in [tesen-normalen]: [S2]

SubTree [S2]

debelina_ledu in [tanka ledena obloga (do 5 mm)-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]: 100 (11/4)
debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm): 300 (23/5)
```

Evaluation on training data (302 cases):

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

    9    76(25.2%)   <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----
150          24          (a): class 100
                     (b): class 200
    37          76          (c): class 300
                     (d): class 400
                     1
                     14          (e): class 500
```

Odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 5 cases
```

Class specified by attribute `odlomljenost\_vrha`

Read 113 cases (22 attributes) from rbo_drodl.data

Decision tree:

```
ekspoz_reliefia in [zahodna ekspozicija-severo-zahodna ekspozicija]:
...nagib reliefia <= 18: 320 (10/4)
:   nagib reliefia > 18: 330 (8/4)
ekspoz_reliefia in [ravno (ni ekspozicije)-jugo-zahodna ekspozicija]:
...način_gospodarjenja in {grmičast,dvoslojni,enomerni enodobni,
:   :   kmečko prebiralno,naravi prepuščeno,panjevec,
:   :   prebiralno}: 320 (0)
način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni: 320 (11/1)
način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni:
...razvojna_faza in [mladovje-debeljak tanjši]: 320 (78/23)
    razvojna_faza in [debeljak močnejši-neopredeljeno (prebiralni)]: 340 (6/2)
```

Evaluation on training data (113 cases):

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

    5    34(30.1%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----
                                     (a): class 100
                                     (b): class 200
                                     (c): class 310
                                     (d): class 320
                                     (e): class 330
                                     (f): class 340
                                     (g): class 400
                                     (h): class 500

                                     4
                                     71    2    1
                                     15    4    1
                                     9     2    4
```

Zmanjšanje volumna krošnje

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 5 cases
```

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje2`

Read 113 cases (23 attributes) from rbo_drzman2.data

Decision tree:

```
tip_habitata in {kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu,
:
:   poplavni hrastovo-jesenovo-brestovi gozdovi vzdož velikih rek}: 1 (0)
tip_habitata = ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi: 1 (2/1)
tip_habitata = jugovzhodni evropski gozdovi rdečega bora: 3 (10/5)
tip_habitata = srednjeevropski kisloljubni bukovski gozdovi:
:...nagib reliefa <= 23: 1 (12/4)
:   nagib reliefa > 23: 3 (6/1)
tip_habitata = ilirski bukovski gozdovi:
:...oblika mešanosti in [šopasta-velikopovršinska]: 2 (14/7)
:   oblika mešanosti = posamična:
:   :...prsni premer <= 31: 1 (12/6)
:   :   prsni premer > 31: 3 (5/1)
tip_habitata = na:
:...razvojna_faza in [debeljak močnejši-neopredeljeno (prebiralni)]:
:   :...tip_relief in [ravnina-dno kotanje]: 1 (6)
:   :   tip_relief in [pobočje-jarek]: 3 (5/1)
:   razvojna_faza in [mladovje-debeljak tanjši]:
:   :...način_gospodarjenja in {grmičast,dvoslojni,enomerni enodobni,
:   :   :   kmečko prebiralno,naravi prepuščeno,panjevec,
:   :   :   prebiralno}: 1 (0)
:   :   način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni: 2 (5/3)
:   :   način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni:
:   :   :...površ_skalovitost in [25 do 50 %-do 5%]: 2 (7/3)
:   :   :   površ_skalovitost = 0%:
:   :   :   :...prsni premer > 41: 1 (5)
:   :   :   :   prsni premer <= 41:
:   :   :   :   :...prsni premer <= 36: 1 (19/5)
:   :   :   :   :   prsni premer > 36: 2 (5/1)
```

Evaluation on training data (113 cases):

```
Decision Tree
-----
Size      Errors

14      38 (33.6%)  <<

(a)  (b)  (c)  <-classified as
----  ----  ----
40      8      4      (a): class 1
8       17     4      (b): class 2
8        6     18     (c): class 3
```

Zmanjšanje volumna krošnje glede na odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 5 cases

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje'

Read 98 cases (22 attributes) from rbo_drzman.data

Decision tree:

razvojna_faza in [debeljak močnejši-neopredeljeno (prebiralni)]: 321 (11/2)
razvojna_faza in [mladovje-debeljak tanjši]:
...tip_relief in [konveksni prelom pobočja-jarek]:
  ...sklep = tesen: 322 (6/2)
  :   sklep in [normalen-pretrgan]: 321 (5/2)
  tip_relief in [ravnina-pobočje]: [S1]

SubTree [S1]

tip_habitata in {kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu,
:   poplavni hrastovo-jesenovo-brestovi gozdovi vzdož velikih rek}: 321 (0)
tip_habitata = ilirski bukovi gozdovi: 321 (27/15)
tip_habitata = ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi: 321 (2/1)
tip_habitata = jugovzhodni evropski gozdovi rdečega bora: 322 (1)
tip_habitata = srednjeevropski kisloljubni bukovi gozdovi: 333 (8/4)
tip_habitata = na:
...površskalovitost = 0%: 321 (32/14)
  površskalovitost in [25 do 50 %-do 5%]: 322 (6/2)

Evaluation on training data (98 cases):

      Decision Tree
      -----
      Size      Errors

      9      42(42.9%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  (i)  (j)  (k)  (l)  (m)  (n)  <-
classified as
-----
100                                     (a): class
200                                     (b): class
311                                     (c): class
312                                     (d): class
313                                     (e): class
321                                     (f): class
322                                     (g): class
323                                     (h): class
331                                     (i): class
332                                     (j): class
333                                     (k): class
340                                     (l): class
400                                     (m): class
500                                     (n): class

      (a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  (i)  (j)  (k)  (l)  (m)  (n)  <-
classified as
-----
100                                     (a): class
200                                     (b): class
311                                     (c): class
312                                     (d): class
313                                     (e): class
321                                     (f): class
322                                     (g): class
323                                     (h): class
331                                     (i): class
332                                     (j): class
333                                     (k): class
340                                     (l): class
400                                     (m): class
500                                     (n): class
```

Črni bor

Tip poškodovanosti

```
Options:
  Pruning confidence level 99%
  Test requires 2 branches with >= 10 cases
```

```
Class specified by attribute `tip_poškodovanosti`
```

```
Read 374 cases (22 attributes) from cbo_drtipp.data
```

```
Decision tree:
```

```
debelina_ledu = ni bilo ledene obloge: 100 (171/4)
debelina_ledu in [tanka ledena obloga (do 5 mm)-zelo debela ledena obloga (nad 25 mm)]:
:...debelina_ledu = zelo debela ledena obloga (nad 25 mm): 300 (59/24)
  debelina_ledu in [tanka ledena obloga (do 5 mm)-debela ledena obloga (15 - 25 mm)]:
  :...sklep = tesen: 300 (12/3)
    sklep in [normalen-pretrgan]:
    :...debelina_ledu = tanka ledena obloga (do 5 mm): 300 (34/10)
      debelina_ledu in [srednja ledena obloga (5 - 15 mm)-debela ledena obloga (15 - 25
mm)]: 100 (98/28)
```

```
Evaluation on training data (374 cases):
```

```
      Decision Tree
-----
Size      Errors

      5    69(18.4%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  (e)  <-classified as
----  ----  ----  ----  ----
237          25          (a): class 100
                        (b): class 200
32          68          (c): class 300
                        (d): class 400
                        (e): class 500
                        12
```

Odlomljenost vrha

```
Options:
  Pruning confidence level 99%

Class specified by attribute `odlomljenost_vrha'

Read 100 cases (22 attributes) from cbo_drodl.data

Decision tree:

ekspoz_relief_a = severo-zahodna ekspozicija: 340 (13/6)
ekspoz_relief_a in [ravno (ni ekspozicije)-zahodna ekspozicija]:
...način_gospodarjenja in {grmičast,kmečko prebiralno,naravi prepuščeno,
:
      panjevec,prebiralno}: 320 (0)
način_gospodarjenja = dvoslojni: 310 (4/2)
način_gospodarjenja = enomerni enodobni: 320 (1)
način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni: 320 (72/21)
način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni:
...prsni_premier <= 40: 340 (2)
      prsni_premier > 40: 320 (8/1)

Evaluation on training data (100 cases):

      Decision Tree
      -----
      Size      Errors

      6      30 (30.0%)  <<

      (a)  (b)  (c)  (d)  (e)  (f)  (g)  (h)  <-classified as
      ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----  ----
                                     (a): class 100
                                     (b): class 200
                                     (c): class 310
                                     (d): class 320
                                     (e): class 330
                                     (f): class 340
                                     (g): class 400
                                     (h): class 500

                                     2      3
                                     1      59      3
                                     11      3
                                     1      8      9
```



```
Options:  
    Pruning confidence level 99%  
  
Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje2'  
  
Read 100 cases (23 attributes) from cbo_drzman2.data  
  
Decision tree:  
  
ekspoz_reliefa = severo-zahodna ekspozicija: 3 (13/2)  
ekspoz_reliefa in [ravno (ni ekspozicije)-zahodna ekspozicija]:  
...ekspoz_reliefa in [ravno (ni ekspozicije)-južna ekspozicija]:  
    ...način_gospodarjenja in {grmičast,kmečko prebiralno,naravi prepuščno,  
        :                               panjavec,prebiralno}: 1 (0)  
        :   način_gospodarjenja = dvoslojni: 1 (4/2)  
        :   način_gospodarjenja = enomerni enodobni: 1 (1)  
        :   način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni:  
        :   ...prsni premer > 36: 1 (20/7)  
        :   :   prsni premer ≤ 36:  
        :       :   ....razvojna_faza in [mladovje-drogovnjak]: 2 (4/2)  
        :           :   razvojna_faza in [debeljak tanjši-neopredeljeno (prebiralni)]: 1 (27/13)  
        :               način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni:  
        :               ...prsni premer ≤ 40: 3 (2)  
        :                   prsni premer > 40:  
        :                       :   ...prsni premer ≤ 44: 2 (2)  
        :                           prsni premer > 44:  
        :                             :   ...prsni premer ≤ 46: 1 (2)  
        :                                 prsni premer > 46: 2 (4/2)  
    ekpoz_reliefa in [jugo-zahodna ekspozicija-zahodna ekspozicija]:  
    ...površ_skalovitost = do 5%: 3 (2)  
        površ_skalovitost in [0%-50 do 100 %]: [S1]  
  
SubTree [S1]  
  
tip_habitata in {ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi,  
    :             kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu,  
    :             poplavni hrastovo-jesenovo-breštovi gozdovi vzdož velikih rek,  
    :             srednjeevropski kisloljubni bukovi gozdovi}: 2 (0)  
tip_habitata = na: 2 (11/3)  
tip_habitata = ilirski bukovi gozdovi: 2 (1)  
tip_habitata = jugovzhodni evropski gozdovi rdečega bora:  
...prsni premer > 17: 1 (2)  
    prsni premer ≤ 17:  
        ...prsni premer ≤ 13: 1 (3/1)  
            prsni premer > 13: 2 (2)
```

Evaluation on training data (100 cases):

```

Decision Tree
-----
Size          Errors

   16    32 (32.0%)    <<

(a)      (b)      (c)    <-classified as
-----
36        5          (a): class 1
11       17         (b): class 2
12        2        15    (c): class 3

```

```
Options:
  Pruning confidence level 99%

Class specified by attribute `zmanjšanje krošnje'

Read 82 cases (22 attributes) from cbo_drzman.data

Decision tree:

ekspoz_reliefa = severo-zahodna ekspozicija: 333 (6/3)
ekspoz_reliefa in [ravno (ni ekspozicije)-zahodna ekspozicija]:
:...ekspoz_reliefa in [ravno (ni ekspozicije)-južna ekspozicija]:
...način_gospodarjenja in {grmičast,kmečko prebiralno,naravi prepuščeno,
:      :      panjevec,prebiralno}: 321 (0)
:      način_gospodarjenja = dvoslojni: 311 (3/1)
:      način_gospodarjenja = enomerni enodobni: 321 (1)
:      način_gospodarjenja = malopovršinski raznomerni: 322 (7/3)
:      način_gospodarjenja = velikopovršinski raznomerni: 321 (46/19)
ekspoz_reliefa in [jugo-zahodna ekspozicija-zahodna ekspozicija]:
...prsni premer <= 33: 321 (11/5)
    prsni premer > 33: 322 (8/4)
```

Evaluation on training data (82 cases):

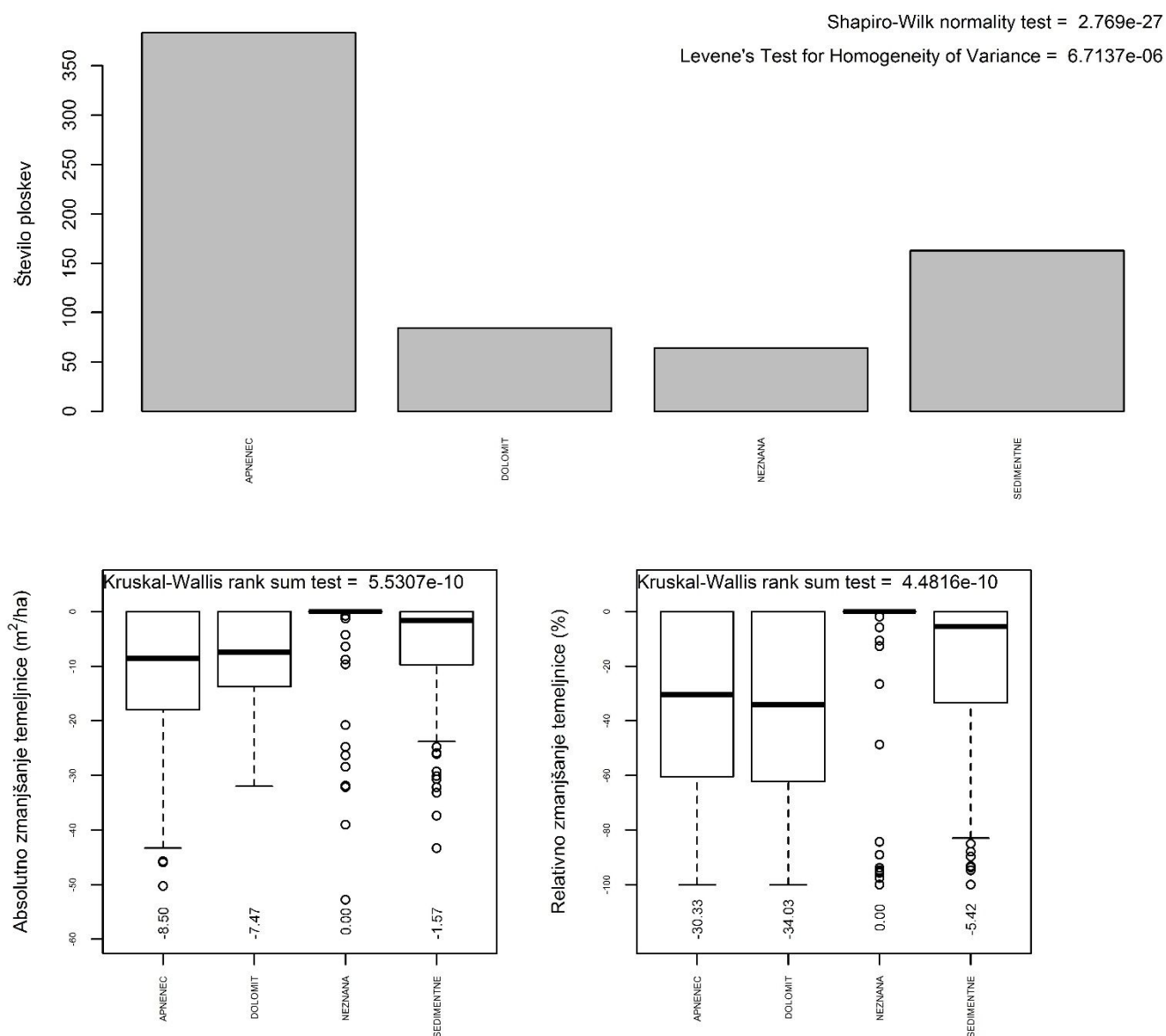
111

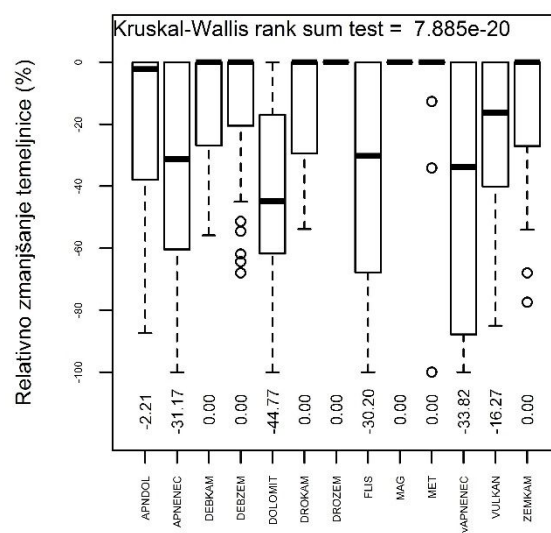
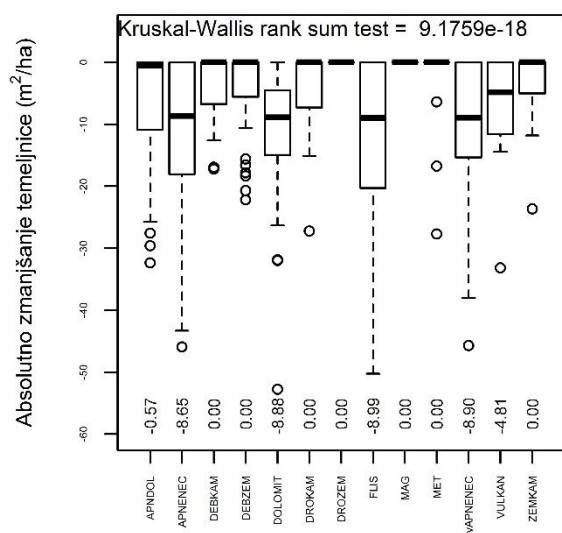
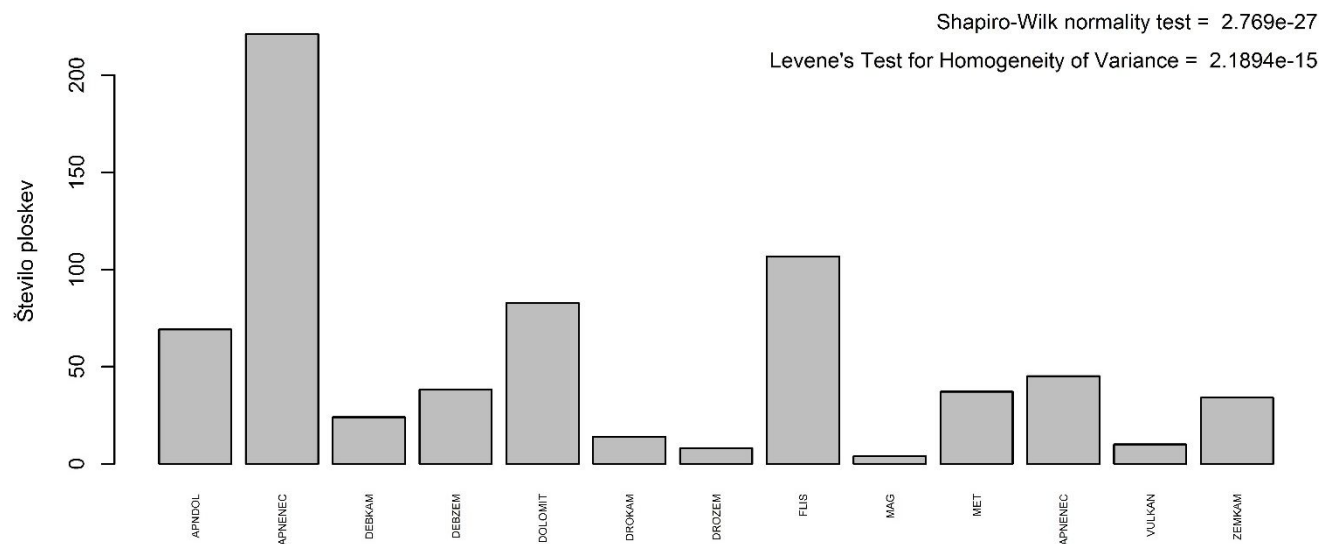
Statistična analiza na ravni ploskev (Milan Kobal)

Za vsak dejavnik je prikazano najprej število ploskev v posamezni kategoriji. Tako je npr. za sestojni sklep prikazano št. ploskev, kjer je bil sklep ali normalen ali pretrgan ali rahel ali tesen ali vrzelast. V zgornjem desnem vogalu pa je test normalnosti ter test homogenosti varianc.

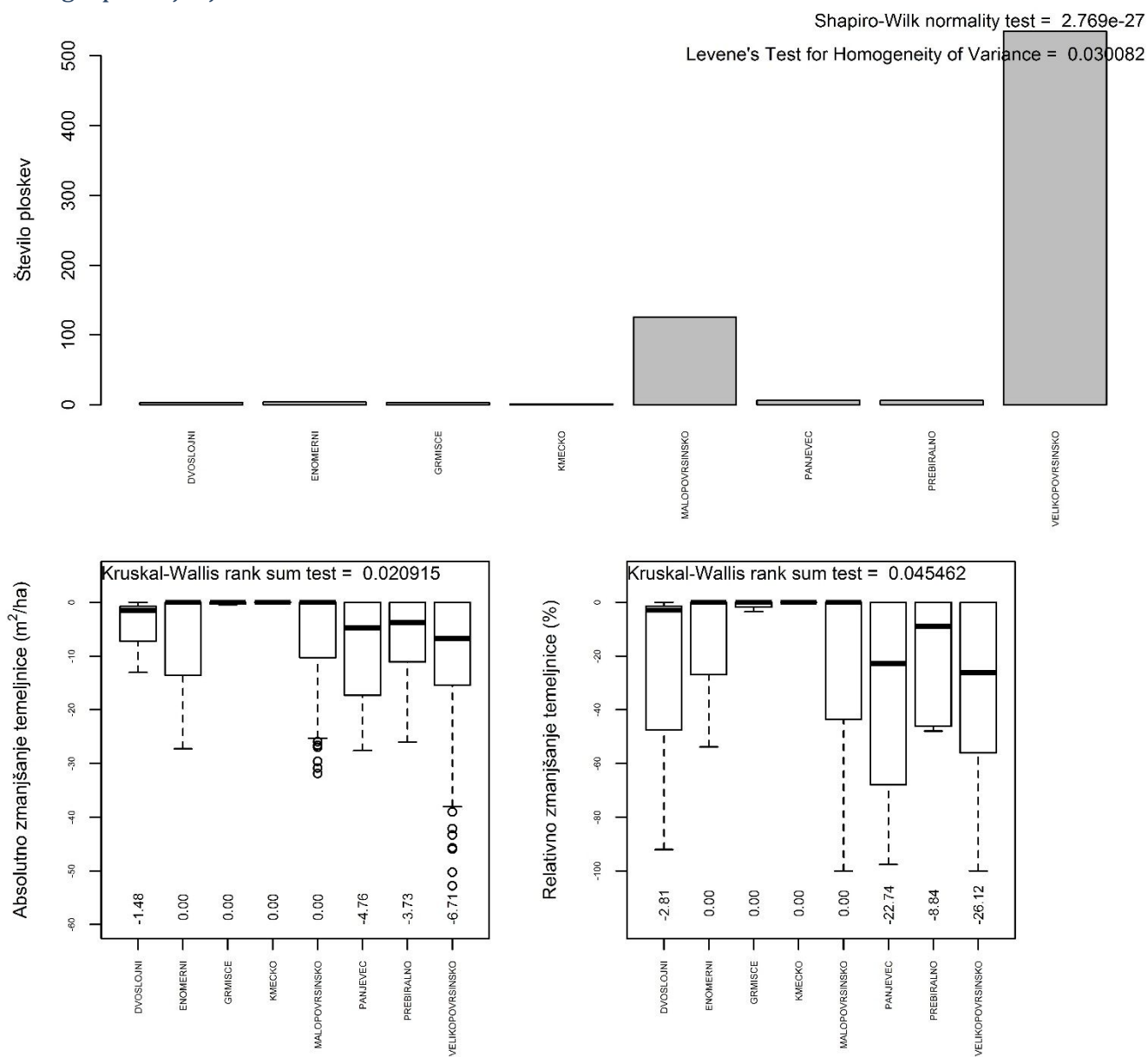
Nikjer ni smela biti uporabljena ANOVA, zato je povsod uporabljen neparametrični test. Vrednosti, ki so navedene na spodnji osi predstavljajo mediano.

Matična podlaga

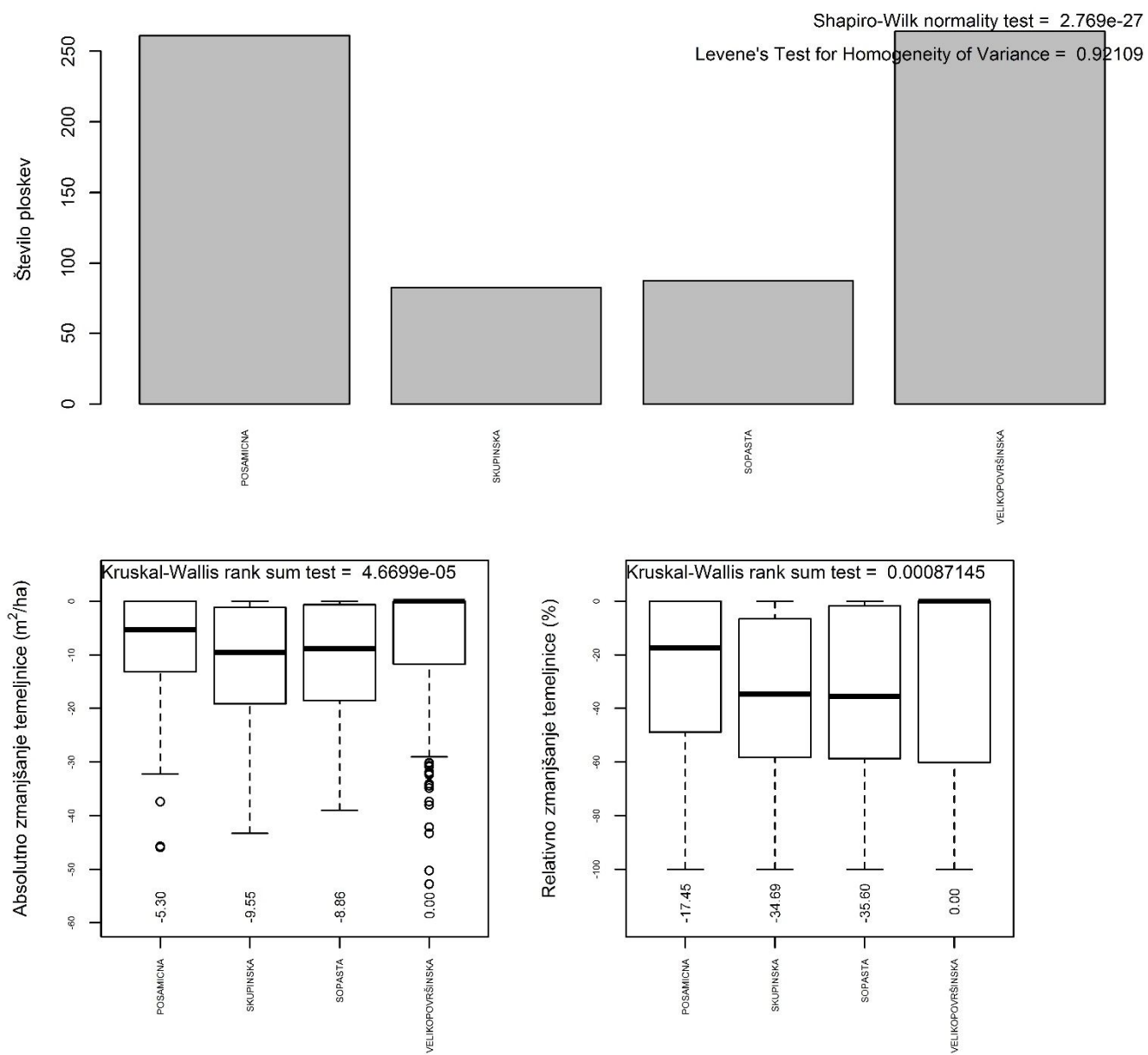




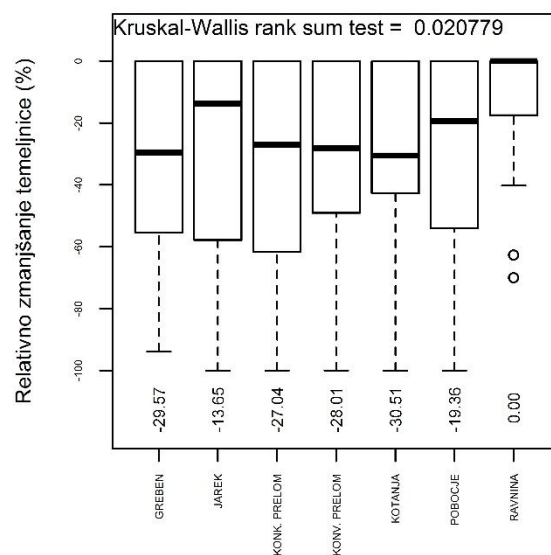
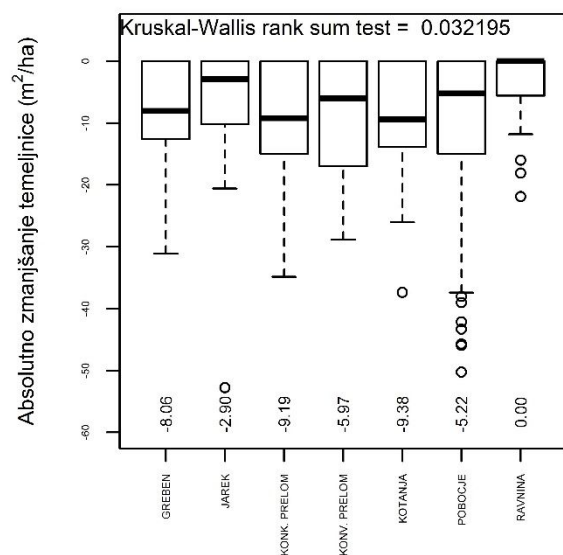
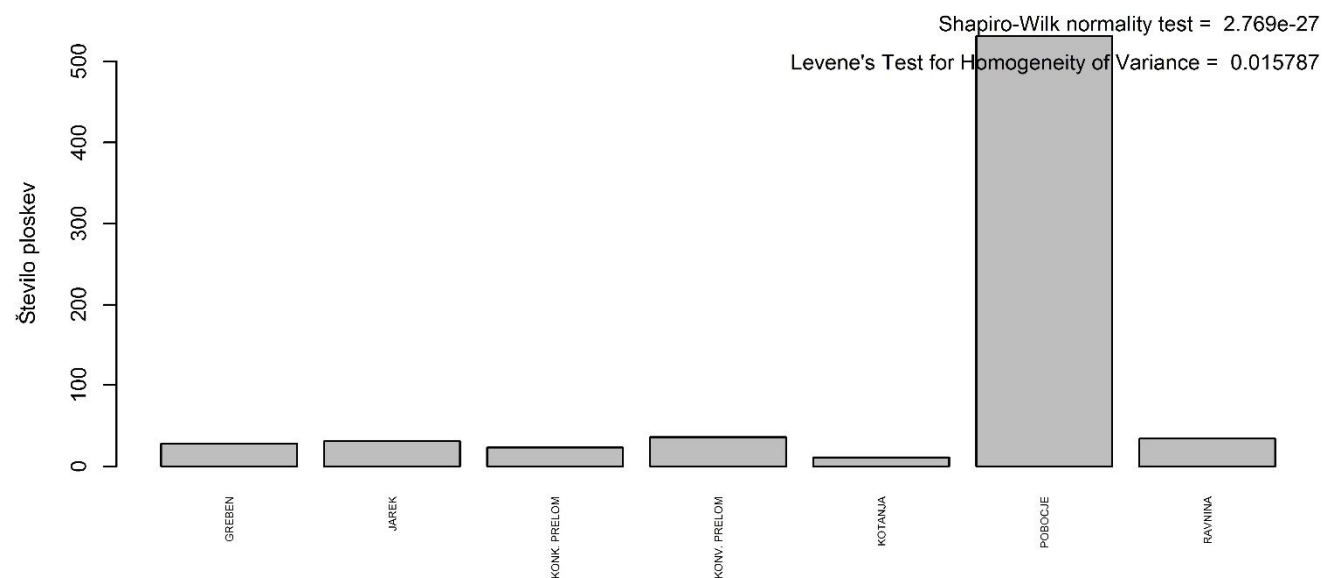
Način gospodarjenja



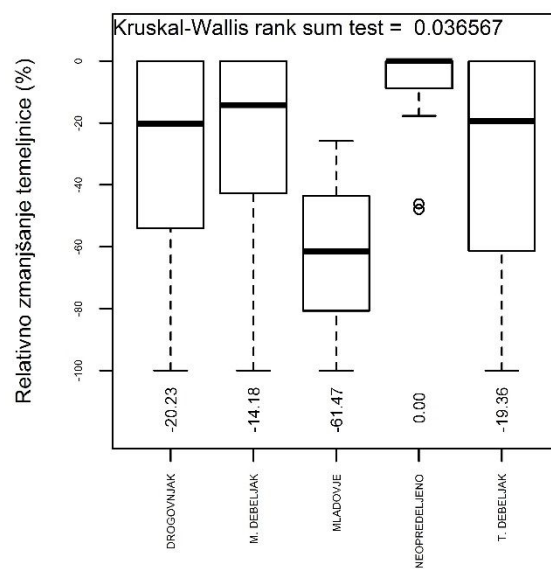
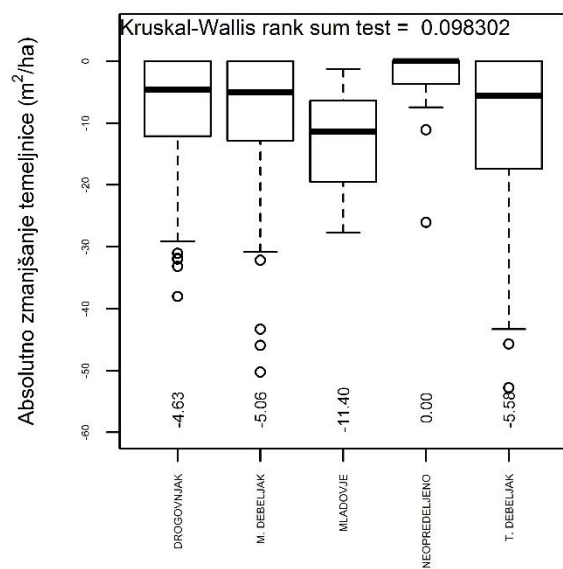
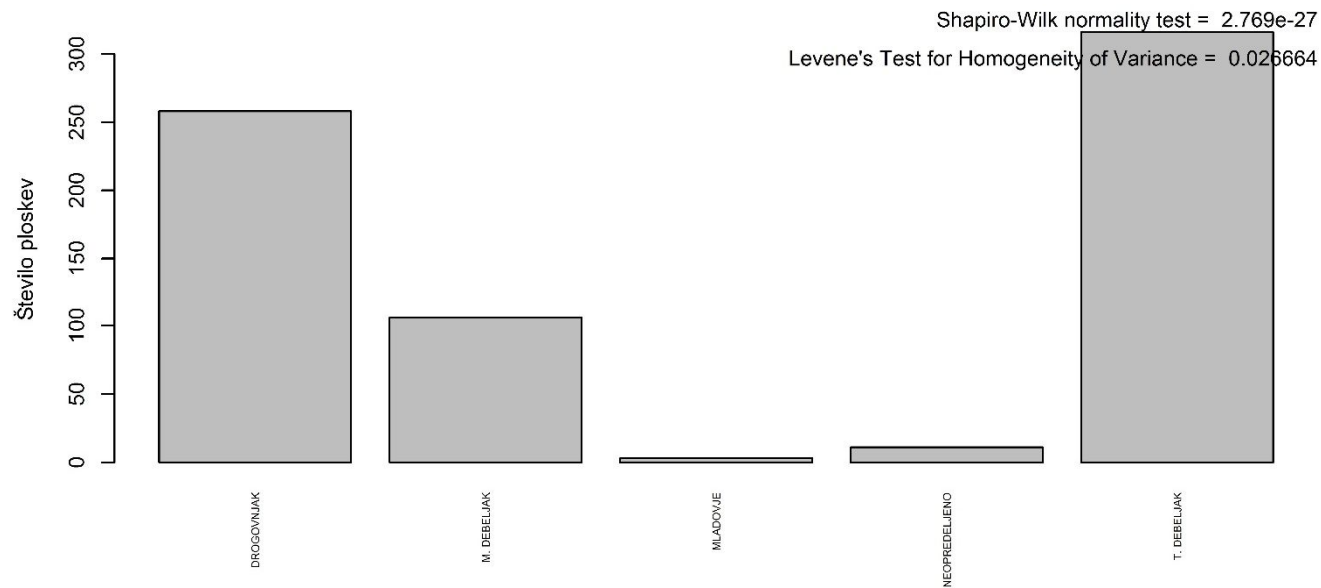
Oblika mešnosti



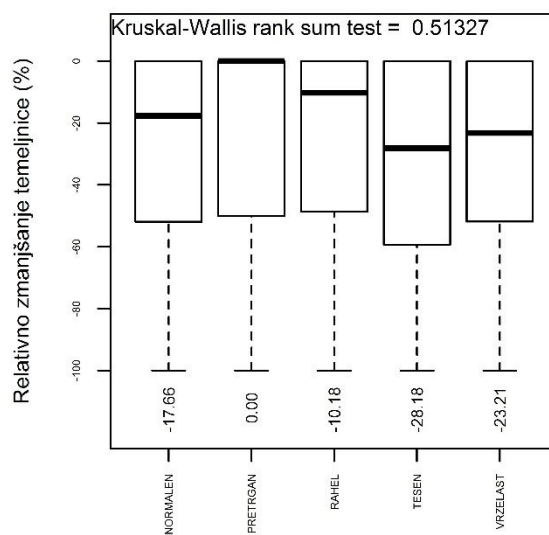
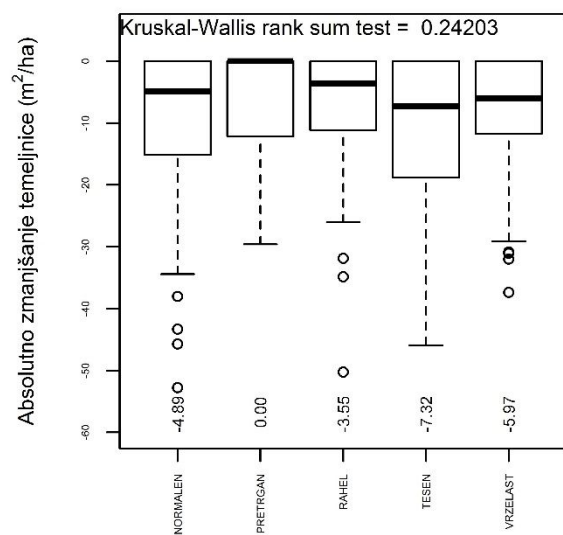
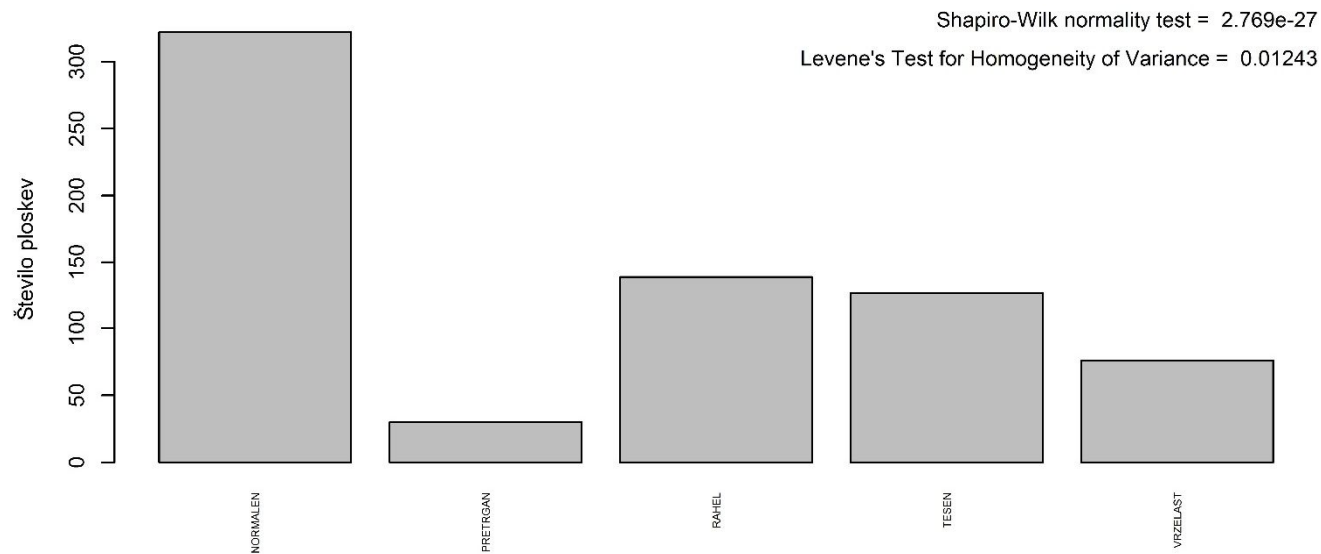
Relief



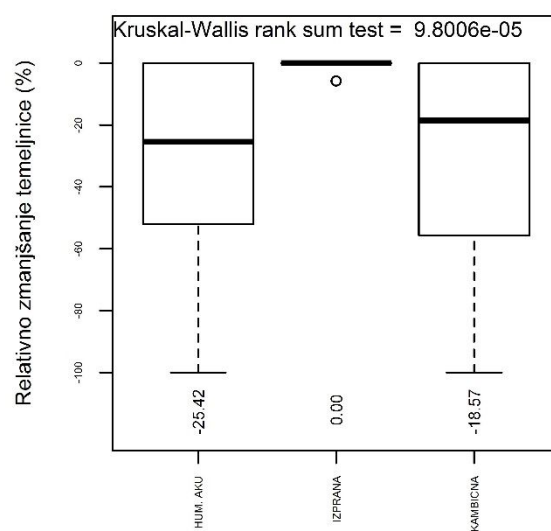
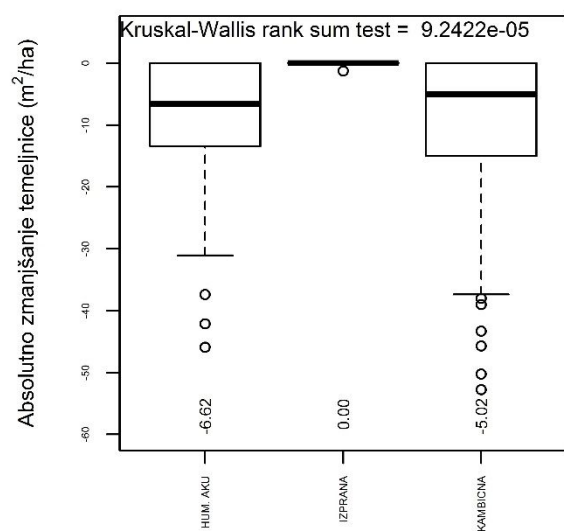
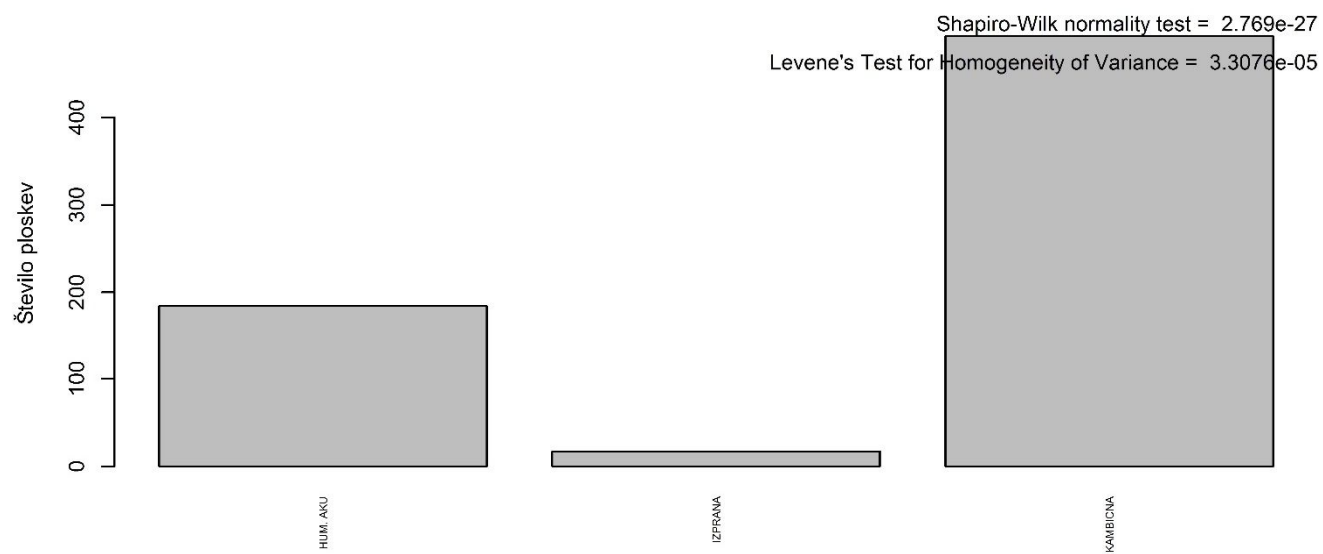
Razvojna faza



Sestojni sklep



Tla



Izsledek 4 - Karta možnosti pojava žleda v Sloveniji

Izsledek 4 je na spletnem naslovu http://zled.gozdis.si/wp-content/uploads/2017/02/zled1961_2014.png

Izsledek 5 - Podatkovna zbirka preteklih žledolomov v Sloveniji

Izsledek 5 je zaradi obsežnosti na voljo pri Nikici Ogrisu, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, Ljubljana, nikica.ogris@gozdis.si

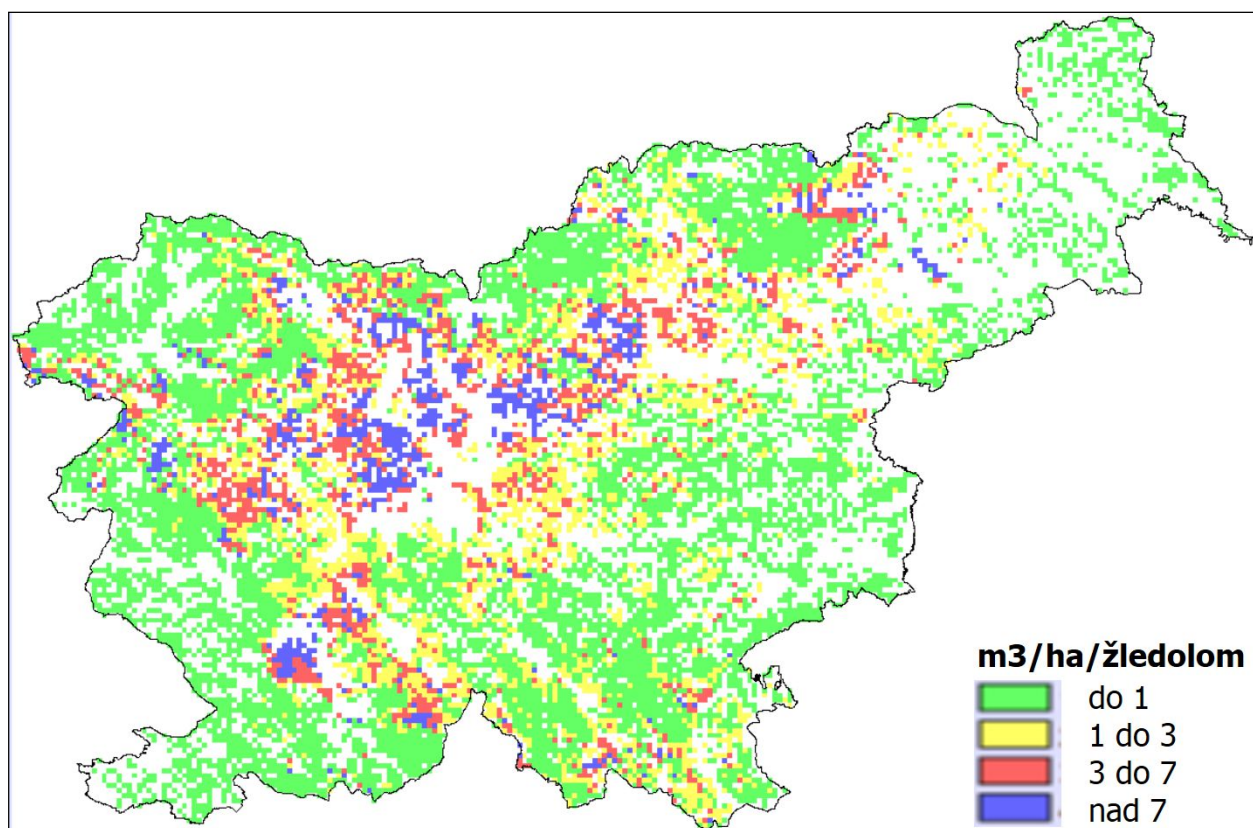
Izsledek 6 - Model ter karta občutljivosti slovenskih gozdov na žledolom

Analiza občutljivosti slovenskih gozdov na žledolom

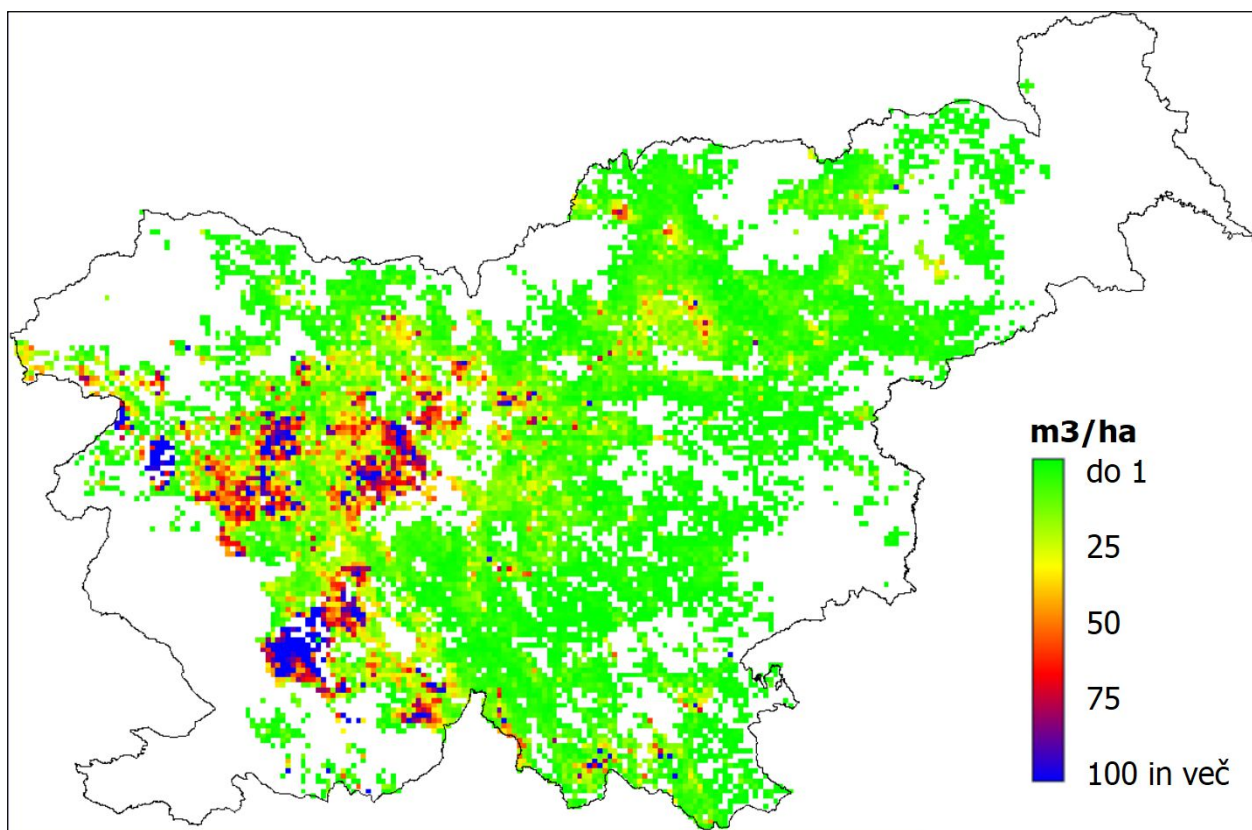
Za razliko od pogostosti žleda ali količine sanitarnega poseka zaradi žledolomov smo se v tej analizi osredotočili na analizo občutljivosti gozdov na žled. Definiramo jo kot povprečno količino v enem žledolomu uničene lesne zaloge, izražene kot m³/ha sanitarnega poseka in sicer preračunano za obdobje 1996 – 2014. Izdelali smo tudi različne modele za napovedovanje občutljivosti gozda na žled, ki poleg konstantnih fizično-geografskih faktorjev upoštevajo tudi različne faktorje, ki jih lahko z gospodarjenjem upravljamo. Med konstantnimi faktorji smo upoštevali tla (podatki MKGP), nadmorsko višino (GURS), naklon in usmerjenost pobočja. Med spremenljivimi faktorji pa smo upoštevali razvojno fazo, zasnovo sestoja, sklep, negovanost, lesno zalogo ter prirastek, ločeno za listavce in iglavce (Zavod za gozdove RS).

Podatke za izračun občutljivosti na žled (Slika 1) smo izračunali kot razmerje skupne mase sanitarnega poseka v obdobju 1996 – 2014 iz podatkovnih baz Zavoda za gozdove (Slika 2) ter povratne dobe žleda iz karte ogroženosti zaradi žleda v obdobju 1961 do 2014 iz podatkov ARSO (Slika 3). Vsi izračuni, statistike, karte in modeli so narejeni na podlagi rastrskih podatkov ločljivost 1 km².

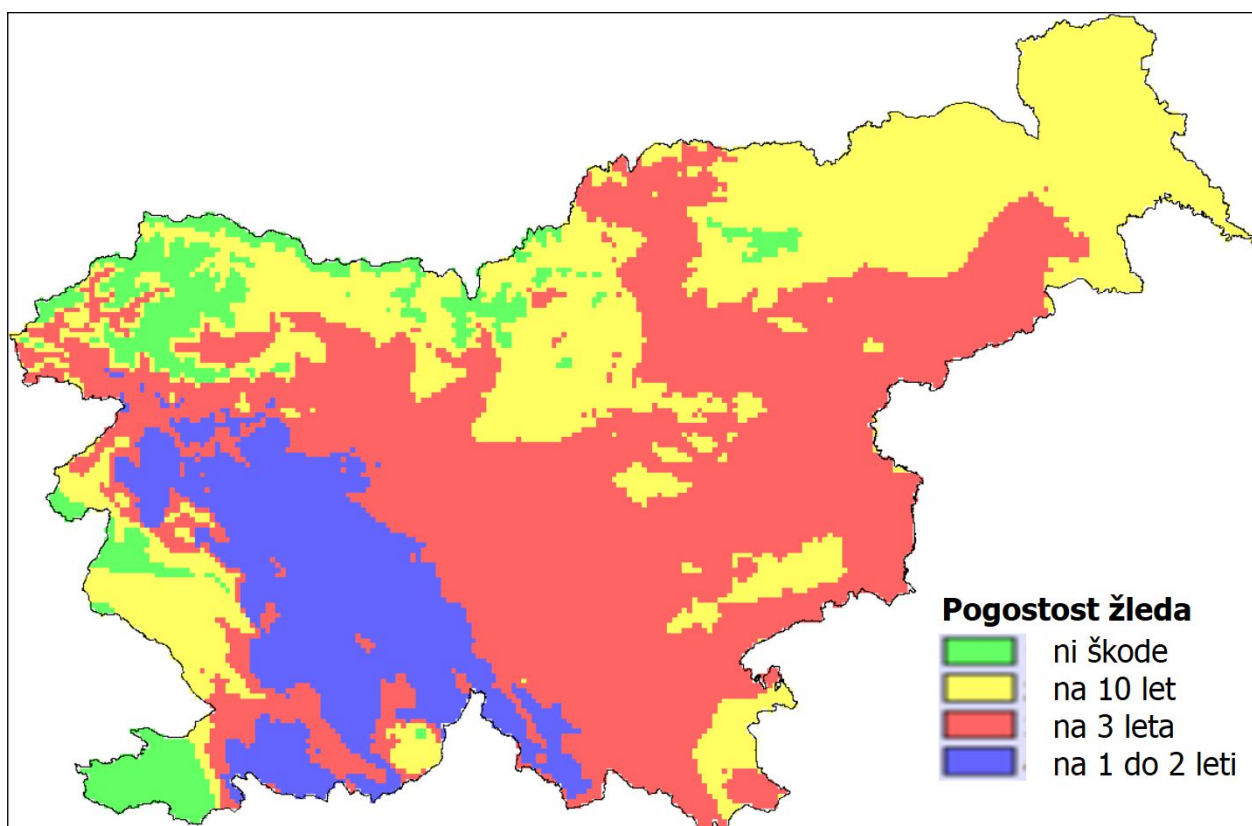
Kartni prikazi



Slika 1: Občutljivost gozdov na žledolom, izražena z m3/ha sanitarnega poseka na en žledolom, iz podatkov 1996 do 2014



Slika 2: Vsota sanitarnih posekov zaradi žledoloma med 1996 in 2014. Vir: Zavod za gozdove RS, Ogris.



Slika 3: Pogostost žledoloma med 1961 in 2014. Vir: ARSO, Dolinar, Vertačnik, Ogris.

Statistična analiza

Povprečni sanitarni posek po žledu v obdobju 1996 do 2014 na območju najpogostejših žledolomov (na 1 do 2 leti) znaša 2.23 m³/ha, na območju z žledolomi na 3 leta znaša 1.63 m³/ha, na območju z žledolomi na 10 let pa znaša 2.32 m³/ha (Preglednica 1).

Rezultati analize na podlagi podatkov ZGS 1996-2014 in ARSO 1961-2014 kažejo, da na občutljivost za žledolom vplivajo razvojna faza (Graf 2), sestojna zasnova (Graf 2), negovanost (Graf 4) in usmerjenost pobočja (Graf 5), ne vpliva pa sklep sestoja (Graf 3).

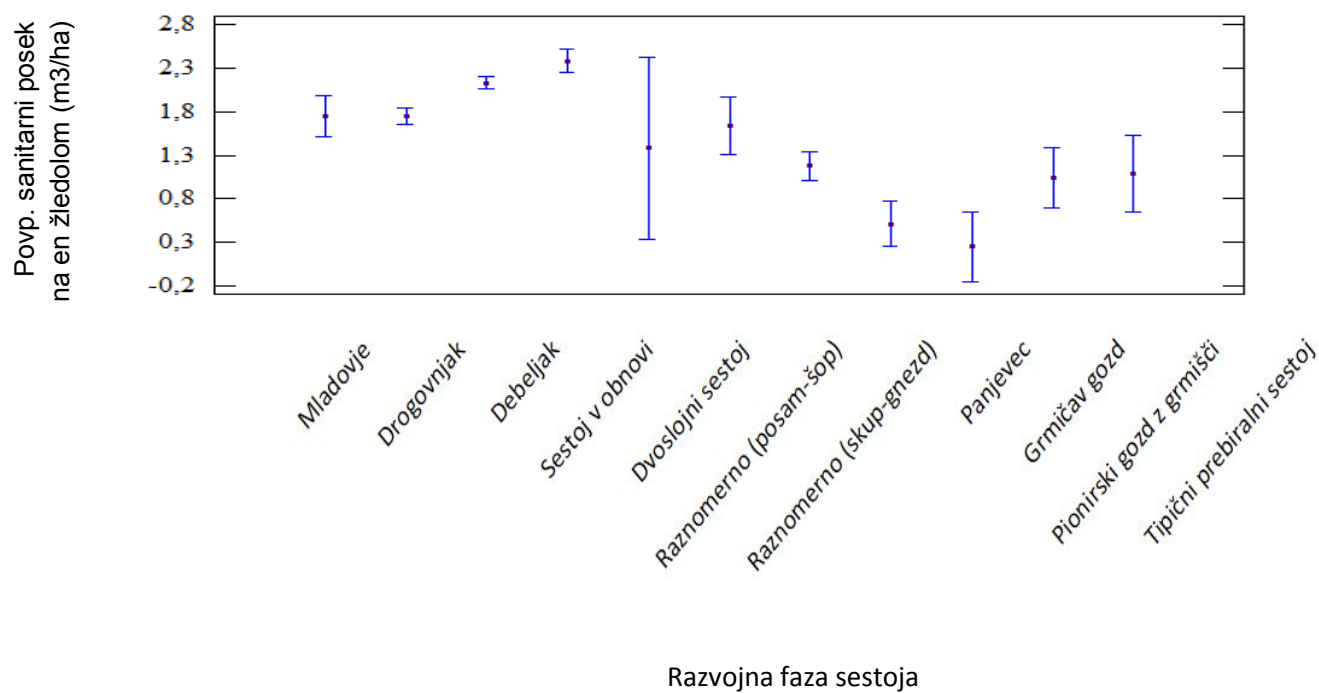
Razvojne faze, ki so po tej analizi najmanj občutljive na žled, so panjevec, grmičast gozd, pionirski gozd in prebiralni gozd. Bolj občutljive pa so faze od drogovnjaka do sestoja v obnovi. Te rezultate je deloma pripisati tudi dejstvu, da smo kot indikator občutljivosti na žled privzeli hektarsko zalogo sanitarnega poseka, ki je na primer v grmiščih ali panjevcih logično nižja.

Sodimo, da podobno velja za na videz neintuitivni vpliv sestojnih zasnov (slabše zasnove so manj občutljive na žled) in za negovanost (nenegovani sestoji izkazujejo manjši sanitarni posek).

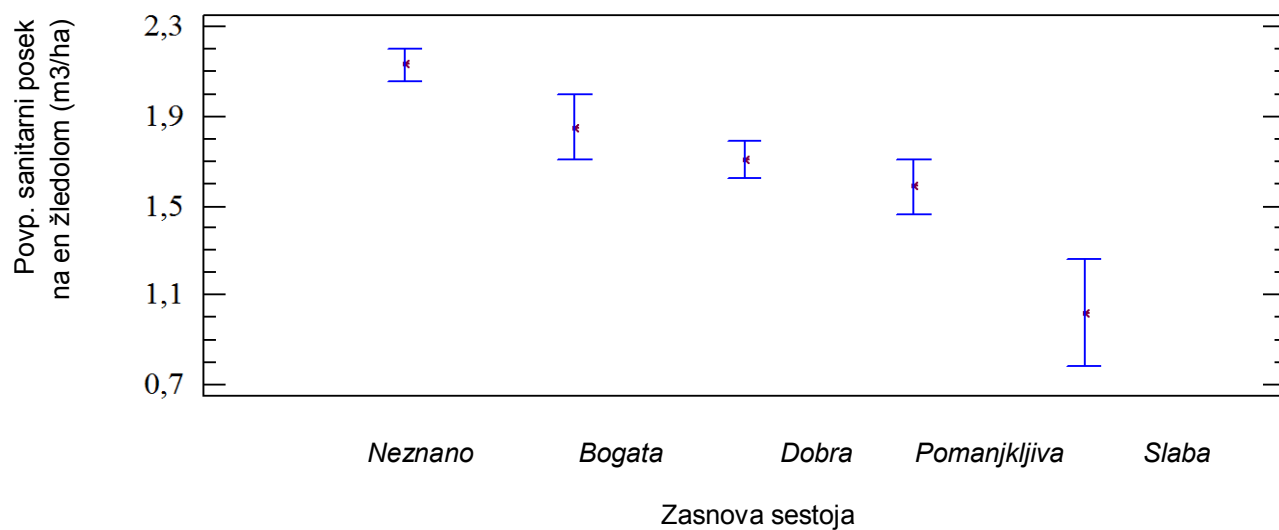
Vpliv usmerjenosti: najbolj je občutljiv gozd na južnih in vzhodnih pobočjih.

Preglednica 1: Povprečni sanitarni posek v obdobju 1996 do 2014 glede na pogostost žleda

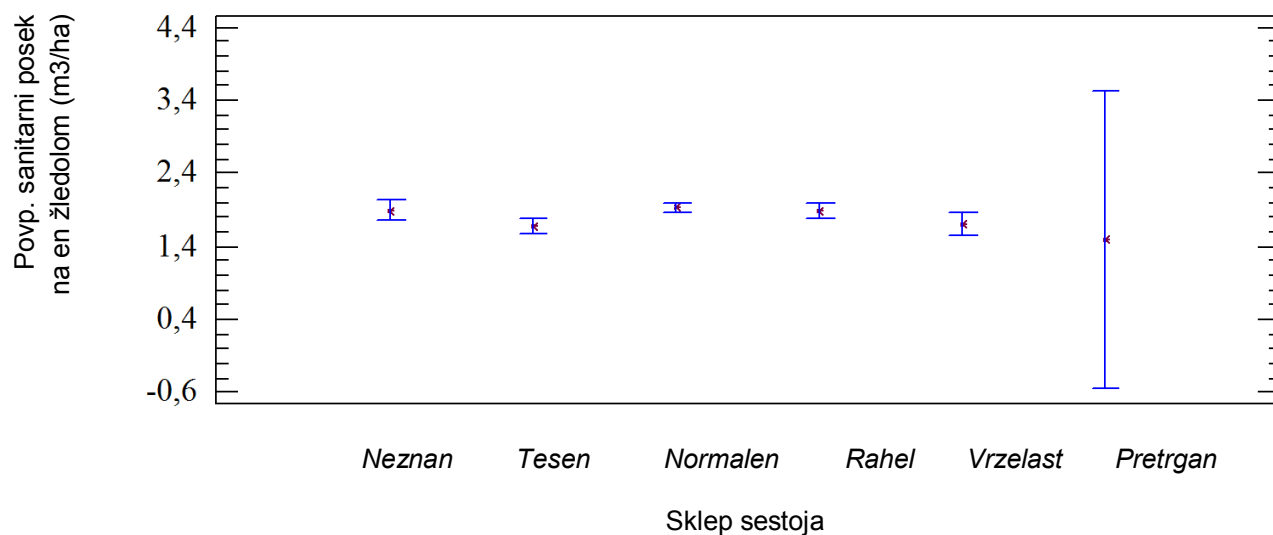
Pogostost žleda (gl. Slika 3)	Povprečni sanitarni posek po vsakem žledu (m ³ /ha)
zelo redko	0
na 10 let	2.32
na 3 leta	1.63
na 1 do 2 leti	2.23



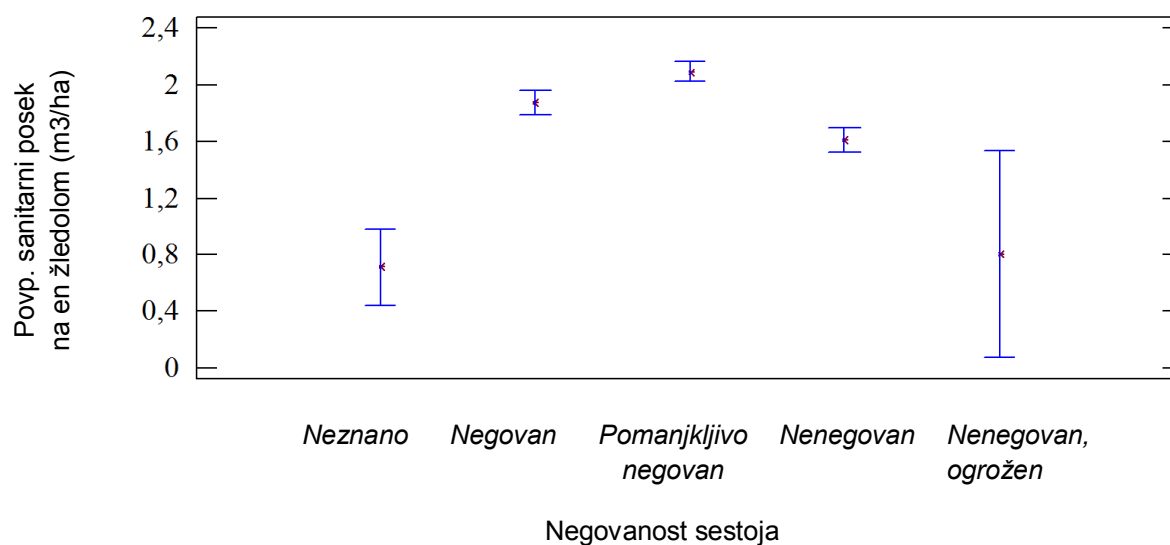
Graf 1: Občutljivost gozda na žled glede na razvojno fazo, izražena kot povprečni sanitarni posek na en žledolom za obdobje 1996 do 2014. Prikazana so povprečja ter 95% interval zaupanja.



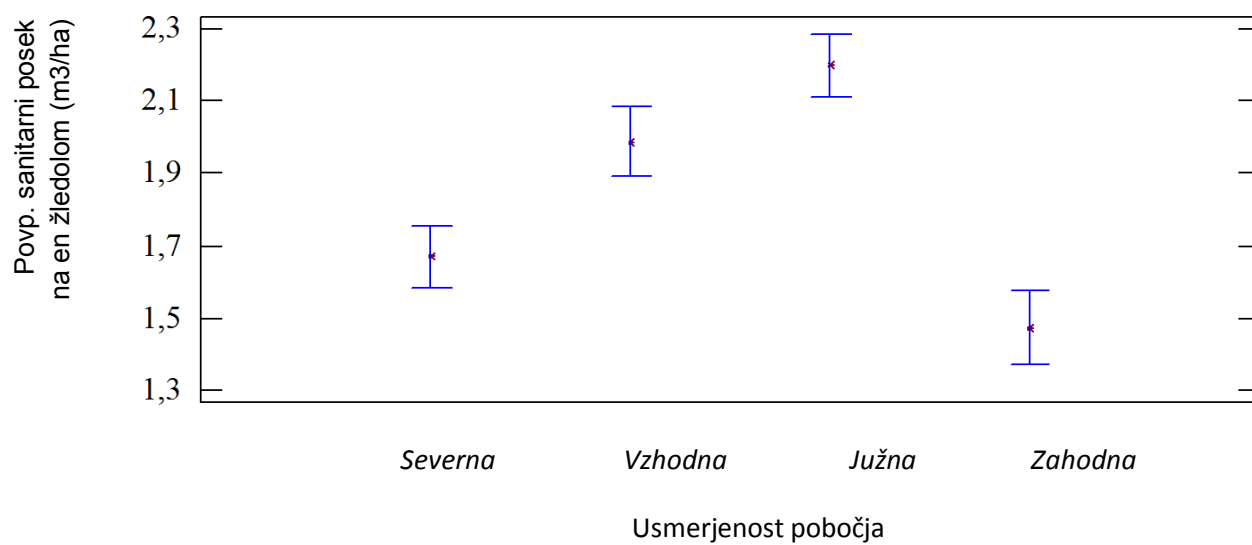
Graf 2: Občutljivost gozda na žled glede na zasnovo, izražena kot povprečni sanitarni posek na en žledolom za obdobje 1996 do 2014. Prikazana so povprečja ter 95% interval zaupanja.



Graf 3: Občutljivost gozda na žled glede na sklep, izražena kot povprečni sanitarni posek na en žledolom za obdobje 1996 do 2014. Prikazana so povprečja ter 95% interval zaupanja.



Graf 4: Občutljivost gozda na žled glede na negovanost, izražena kot povprečni sanitarni posek na en žledolom za obdobje 1996 do 2014. Prikazana so povprečja ter 95% interval zaupanja.



Graf 5: Občutljivost gozda na žled glede na usmerjenost pobočja, izražena kot povprečni sanitarni posek na en žledolom za obdobje 1996 do 2014. Prikazana so povprečja ter 95% interval zaupanja.

Napovedovalna modela

Razvili smo dva statistična modela za napovedovanje občutljivosti gozda glede na faktorje fizičnega okolja in gojenja.

Prvi - regresijski model - je nezadovoljiv, drugi - diskretni . pa je točnejši na račun zmanjšane podrobnosti.

Regesijski model

Cilna spremenljivka:

- m3hanazlom - občutljivost na žled, definirana kot povprečna količina v enem žledolomu uničene lesne zaloge, izražene kot m3/ha sanitarnega poseka, preračunano za obdobje 1996 – 2014

Pojasnjevalne spremenljivke:

1. dmr - nadmorska višina
2. lzigl - hektarska lesna zaloga iglavcev
3. lzlst - hektarska lesna zaloga listavcev
4. lzsku - skupna hektarska lesna zaloga iglavcev in listavcev
5. prigl - hektarski prirastek lesne zaloge iglavcev
6. pedol - talni tip po klasifikaciji FAO

Options:

```
Each rule must cover >=5% of cases  
Permit extrapolation of <=0%  
Maximum of 5 rules
```

Target attribute `m3hanazlom`

Read 11860 cases (21 attributes) from zled_cubist.data

Model:

Rule 1: [2550 cases, mean 0.819, range 0 to 39.44, est err 1.002]

```
if  
  dmr <= 355  
then  
  m3hanazlom = -0.15 - 0.04208 lzsku + 0.04207 lzlst + 0.04217 lzigl  
               + 0.0036 dmr
```

Rule 2: [4758 cases, mean 1.623, range 0 to 44.43, est err 1.739]

```
if  
  dmr > 648  
then  
  m3hanazlom = 3.997 + 0.0603 lzsku - 0.06029 lzlst - 0.06031 lzigl  
               - 0.0025 dmr
```

Rule 3: [1142 cases, mean 2.082, range 0 to 38.27, est err 2.365]

```
if  
  lzigl <= 185  
  dmr > 355  
  dmr <= 648  
  pedol in 0, 4, 5, 6, 9, 20, 21  
then  
  m3hanazlom = 1.99 + 0.98287 lzsku - 0.98298 lzlst - 0.97462 lzigl
```

Rule 4: [4552 cases, mean 2.670, range 0 to 60.6, est err 2.464]

```
if  
  dmr > 355  
  dmr <= 648  
then  
  m3hanazlom = -0.013 + 0.04154 lzsku - 0.04153 lzlst - 0.04153 lzigl  
               + 0.0037 dmr
```

Rule 5: [3196 cases, mean 2.866, range 0 to 60.6, est err 2.668]

```

if
  lzigl > 185
  dmr > 355
  pedol in 0, 4, 5, 6, 9, 20, 21
then
  m3hanazlom = 6.508 - 0.07323 lzsksu + 0.0732 lzlst + 0.07347 lzigl
               - 0.0052 dmr - 0.01 prigl

```

Evaluation on training data (11860 cases):

Average error	1.864
Relative error	0.89
Correlation coefficient	0.29

Diskretni model

Korelacijski koeficient regresijskega modela znaša le 0.29. Zaradi nizke vrednosti korelacijskega koeficienta smo se odločili zmanjšati podrobnost ciljne spremenljivke *m3hanazlom* in jo posplošiti v diskretno spremenljivko *m3hanazl_r*, ki ima naslednje štiri razrede v geometričnem zaporedju, ki so si tudi približno enakovredni po površini:

<i>m3hanazlom</i> (m3/ha/žledolom)	<i>m3hanazl_r</i>
0 do 1	1
1 do 3	2
3 do 7	3
nad 7	4

Model za diskretno spremenljivko *m3hanazl_r* ima obliko odločitvenega drevesa. V njem so pojasnjevalne spremenljivke:

1. dmr - nadmorska višina
2. lzlst - hektarska lesna zaloga listavcev
3. prigl - hektarski prirastek lesne zaloge iglavcev
4. prlst - hektarski prirastek lesne zaloge listavcev
5. rfaza - razvona faza sestoja
6. negovan - negovanost sestoja

Evaluation on training data (11860 cases):

Decision Tree

Size Errors

36 4588 (38.7%) <<

(a)	(b)	(c)	(d)	<-classified as
6764	310	25	13	(a): class 1
2095	433	17	6	(b): class 2
1130	256	55	6	(c): class 3
552	175	3	20	(d): class 4

Delež napačnih napovedi modela je 38.7%, torej je njegova točnost 61.3%, ocenjeno na celotni populaciji gozdnih kvadrantov v Sloveniji.

Izsledek 7 - Model za kratkoročno napovedovanje žleda

Izsledek 7 je interaktivno spletno orodje, ki je na voljo na spletnem naslovu

http://www.zdravgozd.si/prognoze_zapis.aspx?idpor=30

Izsledek 8 - Androidna aplikacija za terenski zajem podatkov o žledolomu, značilnostih sestoja in rastišča

Izsledek 8 je Androidna aplikacija. Ki je na voljo pri Nikici Ogrisu, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, Ljubljana, nikica.ogris@gozdis.si

Izkušnje z uporabo aplikacije so opisane v članku: Planinšek in sod., 2017. Uporaba tablične aplikacije v gozdarstvu: študija primera – žledolom 2014. Gozdarski vestnik, 73 (2015) 3. Spletni naslov članka je <http://zled.gozdis.si/wp-content/uploads/2015/11/Androidna-aplikacija-GV-2015-stev03.pdf>

Izsledek 9 - Spletni GIS za prikaz rezultatov projekta

Izsledek 9 je spletna aplikacija na naslovu <http://www.zdravgozd.si/karta.aspx?idpor=53917165-483f-4fb9-91e7-9436aa038acb>

Izsledki 10 - Scenariji razvoja gozdov za modelne raziskovalne objekte

Na podlagi lidarskih podatkov, pridobljenih pred žledom leta 2009 in po žledu v letu 2014, smo ocenili površinske razsežnosti poškodovanosti in strukturne spremembe gozdnih sestojev, prepuščenih naravnemu razvoju. V primerjavi s sosednjimi gospodarskimi gozdovi je mogoče sklepati o nižjem deležu poškodovanih dreves, presenetljive pa so bile majhne površinske razsežnosti oziroma delež novih vrzeli, ki je nastal po žledu. V analiziranih gozdnih rezervatih so prevladoval majhne vrzeli do 50 m² površine. Te so najpogostejše nastale zaradi močnejše poškodovanosti oziroma prevrnitve posameznih dreves, le redko pa so bile večje od 500 m².

Novonastale vrzeli v izbranih gospodarskih gozdovih so obsegale 4 % celotne površine teh gozdov. Glavnino analiziranih gospodarskih gozdov na območju žledoloma predstavljajo dinarski jelovo-bukovi gozdovi, v katerih so bile na stalnih vzorčnih ploskvah ocenjene nizke sestojne gostote (SDI). Na območjih s prevladujočo srednjo poškodovanostjo, je bila na 73 % vzorčnih ploskev ocenjena vrednost SDI nižja od 600, kar predstavlja mediano v slovenskih jelovo-bukovih gozdovih. Na območjih srednje in močne poškodovanosti, je bilo takih ploskev 54 %.

Morebitne razlike v poškodovanosti raznodobnih sestojev in njihovih sestojnih gostot smo preverili na novih vzorčnih ploskvah, postavljenih po žledu na celotnem območju slovenskih gozdov. Na podlagi analize linearnih mešanih modelov, v katerih smo analizirali podatke, zbrane na teh vzorčnih ploskvah, je mogoče sklepati, da so raznodobni sestoji s premajhno gostoto in majhno debelinsko pestrostjo občutljivejši na poškodbe zaradi žleda. Za gozdne sestoe na območjih večje poškodovanosti smo ocenili, da so bile pred žledom zanje značilne nižje vrednosti sestojnih gostot (SDI) in nižje vrednosti Shannonovega indeksa za debelinsko strukturo temeljnice. Debelinska struktura jelovo-bukovih sestojev z večjimi sestojnimi gostotami je po žledu na območjih srednje poškodovanosti ugodnejša, kot je bila debelinska struktura gozdnih sestojev z nižjimi vrednostmi SDI pred žledom. O vplivu premajhnih sestojnih gostot na poškodovanost zaradi žleda je mogoče sklepati tudi v gozdovih gričevno-podgorskega bukova na karbonatnih in mešanih kamninah.

Na podlagi naših rezultatov ima večina listavcev sposobnost preživetja in močnega odganjanja, ocenili smo veliko sposobnost okrevanja bukovih sestojev. Sestoji, kjer so bile krošnje dreves močno poškodovane, so pokazali veliko sposobnost okrevanja in okrevanje s pomočjo odganjanja. V sestojih, kjer je bilo veliko dreves izruvanih ali prelomljenih, pa te možnosti ni, sposobnost okrevanja sestojev pa je močno odvisna od prisotnosti pomladka in preživelih podstojnih dreves. Polovica raziskovalnih ploskev, na katerih smo proučevali tudi pomlajevanje, je bila v času raziskave slabo pomlajenih. Delež ploskev brez mladja, na katerih je zaradi žledoloma odmrlo vsaj plovica odraslih dreves, je bil okoli 20 %. Sposobnost okrevanja je na teh ploskvah močno zmanjšana, njeno izboljšanje pa odvisno od hitrosti naravnega pomlajevanja in morebitne umetne obnove.

Zastiranje mladja je bilo večje na ploskvah z manjšo temeljnico in večjo pestrostjo premerov dreves zgornje drevesne plasti, kar potrjuje, da so pestri sestoji z manjšimi temeljnicami odpornejši, obenem pa sposobni hitrejšega okrevanja. Vrste, ki so prevladoval na ploskvah v mladju, kažejo, kakšni so potenciali za razvoj gozda na območju žledoloma. Na vseh ploskvah, kjer je bilo razvito pomlajevanje,

je bila bukev dominantna v plasti mladja. Od gospodarsko zanimivih drevesnih vrst sta se kot prevladujoča pojavljala še smreka z 9 in gorski javor s 4 % deležem v številu ploskev.

Izsledki 11 - Presoja učinkov žleda na funkcije gozda ter na biotske in strukturne značilnosti sestojev

Žledolom leta 2014 je lastnikom gozdov povzročil gospodarsko škodo, v presoji ekologije gozdnega ekosistema pa ga upoštevamo kot naravni pojav, dejavnik sprememb v strukturi tega ekosistema. Mnoge avtohtone vrste za preživetje potrebujejo specifične razmere, kot so povišano svetlobno sevanje v spodnji plasti sestoja, odmrli les in razgaljena tla, ki nastanejo zaradi motenj. Za saproksilne organizme, ki potrebujejo velike količine odmrlega lesa za hrano ali habitat, je to še posebej pomembno. Ker je v povprečju količina odmrlega lesa v slovenskih gozdovih razmeroma nizka, bodo imela, v žledolomu leta 2014 odmrli oziroma poškodovana nepospravljena drevesa, verjetno pomemben vpliv na populacije saproksilnih vrst, vključno z mnogimi ogroženimi vrstami hroščev in gliv. Kljub temu je za določitev dejanskega vpliva žledoloma (2014) na razporeditev in bogastvo biotske raznovrstnosti potreben sistematičen monitoring.

Žledolom leta 2014 je poleg sprememb v biotski raznovrstnosti povzročil tudi izjemne spremembe v zgradbi in sestavi gozdov, ki jih lahko prav tako, še posebno v primeru združene rabe z ustreznimi gozdnogojitvenimi ukrepi, obravnavamo kot koristne oziroma uporabne. Mnogi v žledolomu poškodovani gozdni sestoji so utrpeli poškodbe srednjih jakosti, pri čemer je veliko dreves strehe sestoja preživelo in povzročilo nastanek odprtih, strukturno kompleksnih sestojev.

V takšnih novih sestojnih razmerah so bile ocenjene tri zelo pomembne koristi:

- razmere v bolj odprtih sestojih bi v kombinaciji z nego lahko omogočile in vzpodbudile vrst dreves svetloljubnih listavcev, ki imajo lahko veliko ekonomsko vrednost ;
- v odprtih sestojih se bodo razvile nove skupine drevesnega mladja, kar bo pripomoglo k povečanju sposobnosti okrevanja in pospešilo prilagajanje na podnebne spremembe;
- tretjo korist predstavljajo zelo poškodovana območja, ki po motnji zahtevajo bolj intenzivno ukrepanje in jih lahko obravnavamo kot priložnost za oblikovanje novih, na prihajajoče podnebne spremembe prilagojenih gozdov.

Izsledek 12 - Sistem za satelitsko spremljanje indikatorjev delovanja gozdnih ekosistemov na ravni GGE za vso Slovenijo

Izsledek 9 je spletna aplikacija na naslovu <http://www.zdravgozd.si/projekti/vegx/>

Izsledok 13 - Strokovna monografija z gozdnogojitvenimi in gozdnogospodarskimi usmeritvami po končani sanaciji

Besedilo tega poglavja je ponatis monografije: Roženberger in Nagel (urednika), 2017. Žledolomi in gojenje gozdov v Sloveniji, Založba Silva Slovenica, Gozdarski inštitut Slovenije, 2017

ŽLEDOLOMI IN GOJENJE GOZDOV V SLOVENIJI

Uvod

Tom Nagel, Dušan Roženberger

Naravne motnje, kot so močni nevihtni vetrovi, žled in gradacije žuželk, imajo velik vpliv na zgradbo, drevesno sestavo in razvojno dinamiko gozdnih ekosistemov ([Pickett in White 1985](#)). Posledično se njihov vpliv odraža tudi pri nekaterih ključnih vlogah gozdov, med drugim pri proizvodnji lesa, skladiščenju ogljika, varstvu pred naravnimi nevarnostmi in ohranjanju biotske raznovrstnosti. Na primer, v Sloveniji predstavlja sanitarni posek po naravnih motnjah razmeroma velik delež v skupnem celoletnem poseku lesa, kar je še posebej izraženo v letih z obsežnimi in močnimi motnjami ([Poljanec in sod. 2014](#)). Povečanje pogostosti in jakosti naravnih motenj na območju Evrope v preteklih nekaj desetletjih pripisujejo spremembam

podnebja, povečevanje neugodnih posledic teh motenj pa staranju obstoječih gozdov ([Seidl in sod. 2011](#)) in njihovi homogeni strukturi, ki je posledica gospodarjenja (snovanje monokultur iglavcev). Razumevanje delovanja naravnih motenj in njihovega vpliva na gozdove je zato bistveno za oblikovanje ustreznih strategij za gospodarjenje z gozdovi.



Slika 1: Posledice žledoloma leta 2014 v okolici Postojne (vir: <https://www.rtvsl.si/okolje/novice/foto-zamrznjeni-prizori-slovenije-vkovane-v-led-in-sneg/329173>)

Žled leta 2014 predstavlja izjemen primer, kako lahko enkratna motnja pusti dolgoročne posledice v obsežni gozdni krajini oziroma regiji. Takratni žled je povzročil obširne poškodbe v gozdovih Slovenije in Hrvaške in predstavlja najobsežnejšo in najmočnejšo (v smislu skupne prostornine poškodovanih dreves) zabeleženo naravno motnjo v zgodovini te regije ([Nagel in sod. 2016](#)). Žled, skupaj z močnimi nevihtnimi vetrovi, mokrim snegom in podlubniki, sodi v skupino najpomembnejših naravnih dejavnikov, ki povzročajo motnje v slovenskih gozdovih. Vremenske razmere, ki povzročijo nastanek žledolomov, so v naši regiji razmeroma običajne, s čimer se Slovenija uvršča med evropske države z najvišjo pogostostjo žlednih ujm ([Radinja 1983](#), [Carrière in sod. 2000](#)). Zapisi v sodobnih in zgodovinskih virih kažejo, da se v nekaterih delih naše države razmeroma močni žledolomi (Slika 2) ponovijo vsakih nekaj desetletij (

Preglednica 1).

Preglednica 1: Pregled žledolomov večjih razsežnosti v Sloveniji

Leto	Mesec	Maksimalna debelina ledu	Volumen poškodovanega lesa (m3)	Jakost	Nivo vpliva	Površina poškodovanih gozdov (ha)
1867				nizka	lokalno	
1871				nizka	lokalno	
1896				nizka	lokalno	
1899	december	8		visoka	regija	
1901	marec			nizka	lokalno	
1904	januar			nizka	lokalno	
1927	december			nizka	lokalno	
1933				nizka	lokalno	
1952	marec			nizka	lokalno	
1952	januar			nizka	lokalno	
1953	december	3	153000	visoka	regija	1720
1958			8150	srednja	regija	
1960			830	nizka	lokalno	
1963	november		7000	nizka	lokalno	
1965	november		7000	srednja	lokalno	
1966				nizka	lokalno	
1968	november		35321	visoka	lokalno	1472
1972	januar		40000	srednja	lokalno	
1975	november	10	342331	visoka	regija	9331
1976	februar			nizka	lokalno	
1980	november	7	626200	visoka	regija	12865
1981	december		8000	nizka	lokalno	
1983	december			nizka	lokalno	
1984	november		200420	srednja	regija	8500
1985	november		960500	visoka	regija	
1996	december	6	867400	visoka	država	81810
2009	februar			nizka	lokalno	3720
2010	januar	3	850	nizka	regija	3720
2014	februar	6-9	več MIO ha	visoka	država	601900

Lokacija	Vir
Trebeče	Dom in svet, 1940
Senožeče, Šempeter na Notranjskem	Kmetijske in rokodelske novice, 1871
Pivka	Radinja, 1983
Brkini, Pivka, Vremška dolina, Istra, Goriško, Podgrad, Dol-Otlica, Kolk, <u>Šturijska</u> gora, Kambreško, Sv. Peter, Divača	Soča, 1899; Dom in svet, 1900; Edinost, 1900; Gorica, 1900
Trnovska planota	Soča, 1901
Krvava peč, Kočevje	Slovenec, 1904
Šembije, Gorica	Edinost, 1927
Brkini, Košanski gozdovi	Radinja, 1983
Gorenji kras	Radinja, 1983
Vremščica, Brkini	Radinja, 1983
Idrija, Čmi vrh, <u>Golobčevac</u> , <u>Zagora</u> (Postojna)	Zupančič, 1969; Idrjski razgledi, 1971; Brinar, 1954
Haloz, Boč, Tisovec	Zupančič, 1969
Podčetrtrek	Zupančič, 1969
Logatec	Radinja, 1983
Logatec	Zupančič, 1969
Škofljica, Vrhnika	Zupančič, 1969
Vojsko, Mrzla rupa, Razor, Hudo polje	Idrijski razgledi, 1971
Kras, Divaški in <u>Trstelski</u> hribi	Radinja, 1983
Idrija, Postojna, Mrzla Draga v Trnovskem gozdu, Hrušica pri Podkrajju	Šifrer, 1977; Hočev, 1976; Mikuletič, 1976
Razdrto	Radinja, 1983
Brezova reber, <u>Radoha</u> , Hmeljnik, Črmošnjice, Brkini, Čičarija, Krško hribovje, Vzhodno Posavsko hribovje	Bleiweis, 1983; Kmecl, 1981; <u>Sinjur</u> in sod., 2010; Dolenjski list, 1980; Radinja, 1983
Domžale	Občinski poročevalec - Domžale, 1982
Logatec	Naš časopis (občine Vrhnika, Borovnica, Dobrova-Horjul-Polhov Gradec in Brezovica), 1983
Idrija	Dokument sklepov Skupščine občine Ljubljana-Šiška, 1985; Saje, 2014
Celje, Rogatec, Rogaska slatina, Pohorje, Prebold, Svetina, Topol, <u>Tehovc</u> , Osolnik, Šmarna gora, Grmada, Kočevje, Kranj	Novi tednik: glasilo občinskih konferenc SZDL 1985; Javna tribuna (Ljubljana-Šiška), 1986; Naša komuna (Ljubljana), 1987; Saje, 2014
Brkini, povsod po državi	Jakša, 1997; Saje, 2014; <u>Sinjur</u> in sod. 2010
Brkini	<u>Sinjur</u> in sod. 2010
Brkini, <u>Mašun</u> , <u>Postojnska</u> vrata, Brežice, Gorjanci, Bohor	<u>Sinjur</u> in sod. 2010
Ostrednja, zahodna, severozahodna in južna Slovenija	Oražem, 2014

V primerjavi z žledno ujmo leta 2014 so bili pretekli dogodki veliko manjših razsežnosti, saj v splošnem površina poškodovanih območij ni presegala nekaj sto kvadratnih kilometrov.



Slika 2: Močno poškodovani sestoji po žledolomu leta 1975 na območju Trnovskega gozda ([Šifrer 1977](#))

Posledica žledoloma večjih razsežnosti so velike površine močno poškodovanih gozdov (Slika 3), ki jih želimo v čim krajšem času sanirati, da bi zmanjšali izgube zaradi propadlega lesa in zaradi drugih sanitarnih razlogov.



Slika 3: Sestojne poškodbe na pobočjih Šmarne gore po žledolomu leta 2014

Sanacijo izvedemo s pomočjo organizacijskih in tehničnih ukrepov, ki so opredeljeni v načrtu sanacije ([Oražem 2014](#)). Mnogi zasebni lastniki gozdov niso bili soočeni zgolj s težavo odstranjevanja velike količine odmrlih dreves, temveč so morali sprejeti tudi odločitev o najprimernejšem ukrepanju v sestojih preživelih dreves z močno poškodovanimi krošnjami (Slika 4). Obsežnost poškodb, ki jih je

povzročil žled leta 2014, je sprožila množico pomislekov glede tveganja v povezavi z dovzetnostjo gozdov na žledolome v prihodnosti in glede sposobnosti gozdov za okrevanje po takšnih močnih poškodbah. Gozdnata območja velikih razsežnosti, poškodovana v žledolomu, zahtevajo podrobno pozornost in spremljanje stanja v povezavi z že opravljenimi in prihodnjimi gozdnogojitvenimi ukrepi. Namen pričujoče monografije je predstaviti splošna gozdnogojitvena priporočila za gozdove, kjer se žledolom redno pojavlja.



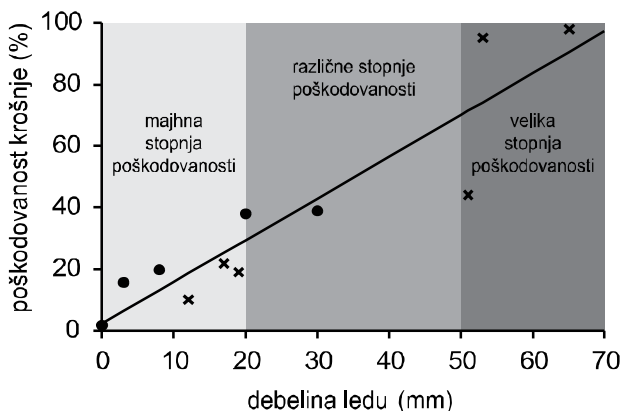
Slika 4: Močno poškodovana krošnja bukve po žledolomu

Zgradba monografije temelji na preprostem konceptualnem okvirju, ki ga pri gospodarjenju z gozdnimi ekosistemi pogosto uporabljajo, in vključuje dva osnovna vidika ([Holling in Meffe 1996](#), [Folke in sod. 2004](#), [Hanewinkel in sod. 2011](#), [Seidl 2014](#)): upravljanje tveganj in odpornost

(ang. risk management and resistance) ter sposobnost okrevanja (ang. resilience; primeren slovenski termin bi lahko bil tudi trdoživost). Glavna naloga upravljanja tveganj je v osnovi predvideti možna tveganja in ublažiti njihove posledice. V primeru naravnih motenj, kot so žledne ujme, v procesu upravljanja tveganj stremimo k povečevanju odpornosti dreves in gozdov na poškodbe zaradi žleda, s čimer zmanjšamo obseg poškodb. To pomeni, da v tem procesu preverjamo možnosti, kako lahko z gozdnogojitvenimi ukrepi zmanjšamo dovzetnost gozdov za poškodbe zaradi žleda. V preteklosti je bilo pri obravnavi naravnih motenj v gospodarskih gozdovih upravljanje tveganj glavna paradigma, predvsem v smislu povečevanja stabilnosti gozdov z različnimi gozdnogojitvenimi ukrepi (npr. izbor drevesnih vrst, primerna proizvodna doba in ustrezno načrtovanje časa ter jakosti redčenj z namenom povečanja odpornosti dreves in sestoja). V upravljanju z ekosistemi pa se v zadnjem času povečuje pomen sposobnosti okrevanja, torej lastnosti, ki omogoča gozdnim ekosistemom, da se vrnejo v stanje, podobno tistemu pred motnjo.

Kot primer lahko vzamemo dva gozdna sestoja z močno poškodovanimi krošnjami zaradi žleda. Sposobnost okrevanja raznodobnega gozdnega sestoja s številčnim pomladkom bi bila, v primerjavi z enodobnim sestojem brez pomladka, večja, saj ima raznodoben sestoj večjo zmožnost, hitrejše povrnitve v takšno sestojno zgradbo in sestavo, kot jo je imel pred motnjo. Zato lahko gozdnogojitvene ukrepe prav tako uporabimo za namene povečevanja sposobnosti okrevanja gozdov, ki so dovzetni za žledolome ali motnje na splošno. Sposobnost gozdov, da okrevajo, postane še bolj pomembna v primeru pojava redkih, vendar izrazito močnih motenj.

Saj v primeru pojava takšnih neselektivnih motenj (npr. žledna ujma leta 2014) učinkovitost gozdnogojitvenih ukrepov za zmanjševanje tveganja in povečevanje odpornosti znatno upade (Slika 5).



Slika 5: Poškodovanost krošnje v odvisnosti od debeline ledu ($y = 1,3554 \cdot X + 2,2998$; $R^2 = 0,843$), združeno za podatke iz pričujoče raziskave (krogci) in tujih raziskav (križci) (Lafon 2004)

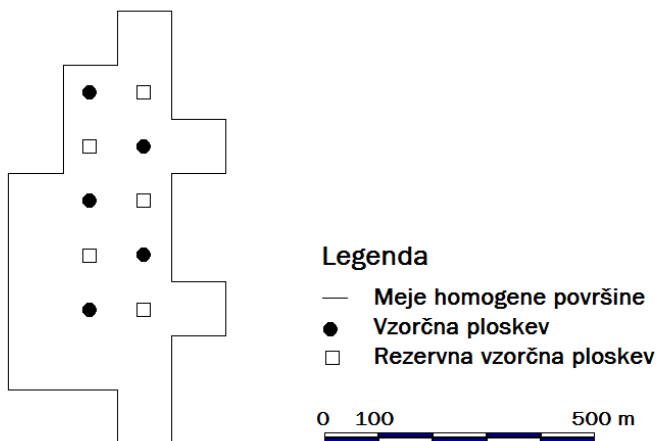
V monografiji predstavljamo smernice za gospodarjenje, ki smo jih pripravili znotraj prej opisanega konceptualnega okvirja in ki temeljijo na sintezi izsledkov preteklih raziskav žledolomov ter na obsežni bazi terenskih podatkov o vzorcih poškodb, nastalih kot posledica žleda leta 2014. Podatke smo zbrali v okviru ciljnega raziskovalnega projekta “Učinki žleda na gozdove glede na sestojne in talne značilnosti (CRP V4-1422)”, ki sta ga financirala Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Agencija za raziskovalno dejavnost Republike

Slovenije. Metode terenskega zbiranja in analize podatkov smo predstavili v drugem poglavju. Poglavji o odpornosti in sposobnosti okrevanja uvodoma predstavita pregled obstoječe literature s tega področja, čemur sledijo rezultati analiz podatkov, pridobljenih v okviru projekta CRP, in njihova razlaga ter zaključki v obliki smernic za gospodarjenje. Znotraj obeh poglavij smo vpeljali še eno pomembno delitev, saj smo pri obravnavi ločili drevesno in sestojno raven. Z vidika odpornosti so na primer lahko na ravni dreves prisotne vrstno specifične razlike v dovzetnosti za poškodbe zaradi žledu, medtem ko imamo lahko na ravni sestojev opravka z razlikami v dovzetnosti med različnimi tipi sestojne zgradbe (enomerni – raznomerni). Kadar je bilo mogoče, smo poskušali pojasniti tudi, kako razlike v rastiščnih dejavnikih (npr. reliefne in talne značilnosti) vplivajo na pojavnost oziroma vzorce poškodb in posledično tudi na priporočila za gospodarjenje. Pri tem je treba opozoriti, da je bila velika večina raziskav na temo poškodb gozdov zaradi žleda, ki smo jih predstavili v pregledu objav v poglavjih o odpornosti in sposobnosti okrevanja, opravljena v Severni Ameriki. To nam je omogočilo pripravo koristnih primerjav v okviru osnovnih drevesnih (npr. premer, iglavci – listavci) in sestojnih značilnosti ter obenem tudi znotraj drevesnih rodov, ne pa na ravni posameznih vrst. Zaključno poglavje monografije predstavlja sintezo, v kateri obravnavamo številna pomembna vprašanja, povezana z žledolomi v okviru večnamenskega gospodarjenja z gozdovi in splošnega režima motenj v gozdovih Slovenije. Obenem pa to poglavje vključuje tudi povzetek glavnih priporočil za gospodarjenje z gozdovi.

Metode

Andrej Kobler, Dušan Roženberger, Tom Nagel

Na ravni Slovenije smo izvedli vzorčni popis poškodovanosti dreves po žledu leta 2014. S popisom smo želeli oceniti vplive na poškodovanost dreves. Vzorčenje je bilo stratificirano dvostopenjsko ([Kozak in sod. 2008](#)). Stratifikacija v devet stratumov je bila narejena s presekom dveh kriterijev: glede na lesno zalogo (nizka, srednja, visoka – podatki o gozdnih fondih ZGS 2014) in stopnjo poškodovanosti po žledu (nizka, srednja, visoka – karta ZGS za april 2014). Dvostopenjsko vzorčenje je bilo nujno zaradi finančnih in logističnih omejitev. V prvi stopnji je bilo po 15 vzorcev na stratum ($9 \text{ stratumov} = 135 \text{ vzorcev}$), ki smo jih zaradi omejevanja robnih vplivov izbirali le znotraj zaplat stratuma, velikih vsaj 15 ha. Dodatni kriterij za izbiro je bil, da je bila v času vzorčenja stopnja sanacije v revirju pod 25 %. Znotraj tako identificiranih zaplat posameznega stratuma smo vzorce prve stopnje izbirali slučajnostno. V drugi stopnji je bilo znotraj vsakega vzorca prve stopnje razporejenih po 5 vzorcev ($5 \times 135 \text{ vzorcev prve stopnje} = 675 \text{ vzorcev druge stopnje}$) v rastru 100 x 100 m in v cik-cak razporedu. Vedno smo imeli v rezervi dodatnih pet ploskev, če bi bil popis na kateri od osnovnih ploskev prenevaren za popisovalce (Slika 6).



Slika 6: Primer vzorca prve stopnje, ki ga tvori pet vzorčnih ploskev oziroma vzorcev druge stopnje. Vzorčili smo znotraj slučajnostno izbranih zaplat posameznega stratuma oziroma homogenih površin, kakršne predstavlja poligon na sliki. Za vsak stratum smo slučajnostno izbrali po 15 vzorcev prve stopnje, znotraj vzorcev prve stopnje pa po pet vzorčnih ploskev oziroma vzorcev druge stopnje

Na vsaki ploskvi smo beležili znake na ravni drevesa in na ravni ploskve – slednje po metodologiji Kovač in sod. 2014. Znaki na ravni drevesa so bili prsni premer, drevesna vrsta in poškodovanost za drevesa; veljali so za vsa drevesa s prsnim premerom $D_{1,3} \geq 10$ cm znotraj $R_2 = 7,98$ m in za vsa drevesa s prsnim premerom $D_{1,3} \geq 30$ cm znotraj $R_3 = 13,82$ m. Znaki na ravni ploskve so bili relief, način gospodarjenja, oblika mešanosti, pomlajevanje, tla in geologija.

V skupni bazi je bilo 673 ploskev. Ker smo v delu analize želeli proučiti odziv samo na območju s prisotnim žledom, smo iz analize izločili ploskve, kjer se žled ni pojavljal ali pa je bila obloga debela manj kot 5 mm. V bazi je tako ostalo 435 ploskev.

Preglednica 2: Tri hierarhične ravni za klasifikacijo poškodovanosti

Tip poškodovanosti	Odlomljenost vrha	Zmanjšanje volumna krošnje
100 Drevo nepoškodovano		
200 Drevo ukrivljeno		
300 Drevo poškodovano	310 Vrh ni odlomljen	311 < 25 %
		312 25 % – 75 %
		313 > 75 %
	320 Vrh odlomljen v zgornji polovici krošnje	321 < 25 %
		322 25 % – 75 %
		323 > 75 %
	330 Vrh odlomljen v spodnji polovici krošnje	331 < 25 %
		332 25 % – 75 %
		333 > 75 %
	340 Vrh odlomljen pod spodnjim robom krošnje	
400 Drevo nagnjeno		
500 Drevo izruvano		

Poškodbe so bile klasificirane na treh hierarhičnih ravneh (

Preglednica 2): prva raven – tip poškodovanosti; druga raven – odlomljenost vrha; in tretja raven – zmanjšanje volumna krošnje.

Za različne dele analize smo uporabili različne kategorije izbranih spremenljivk. Za poškodovanost drevesa smo kot osnovno uporabili prej opisano kategorizacijo (

Preglednica 2). Pri analizi z logistično regresijo (generalizirani linearni mešani model – GLMM) smo za poškodovanost dreves (odvisna spremenljivka) uporabili le dvostopenjsko lestvico, in sicer: 1 – živo drevo (drevesa, kategorizirana s šiframi 100, 200, 311, 312, 321 in 322) in 2 – mrtvo drevo (drevesa, kategorizirana s šiframi 313, 323, 330, 340, 400 in 500; v nadaljevanju tudi odmrlo drevo). Neodvisne spremenljivke, katerih vpliv na preživetje drevesa (odvisna spremenljivka) smo testirali, so bile: prsni premer, drevesna vrsta, debelina ledu in nagib. Spremenljivka debelina ledu je imela 2 ravni, in sicer 1 – debelina ledu od 5 do 25 mm in 2 – debelina ledu nad 25 mm. Ploskev je bila v modelu definirana kot slučajnostna spremenljivka, uporabili pa smo logistično funkcijo (Slika 10 in Preglednica 6). Del analiz smo opravili s podrobnejšo kategorizacijo, znotraj katere smo uporabili več ravni poškodovanosti (PK): PK1 – nepoškodovana drevesa (drevesa, kategorizirana s številkami 100 in 200); PK2 – manj kot 25 % krošnje poškodovane (drevesa, kategorizirana s številkami 311 in 321); PK3 – poškodovane 25–75 % krošnje (drevesa, kategorizirana s številkami 312 in 322); PK4 – več kot 75 % krošnje poškodovane (drevesa, kategorizirana s številkami 313, 323, 330 in 340); PK5 – izruvano drevo (drevesa, kategorizirana s številkami 400 in 500).

V eni od analiz na ravni sestoja smo vse ploskve umestili v 4 razrede glede na mediano temeljnice (30 m^2) in mediano koeficienta variacije za prsni premer. Tako smo dobili 4 tipe sestojev, ki smo jih poimenovali na sledeč način: i) MajhnaT – Homogeno, ii) MajhnaT – Pestro, iii) VelikaT – Homogeno in iv) VelikaT – Pestro. Med oblikovanimi razredi

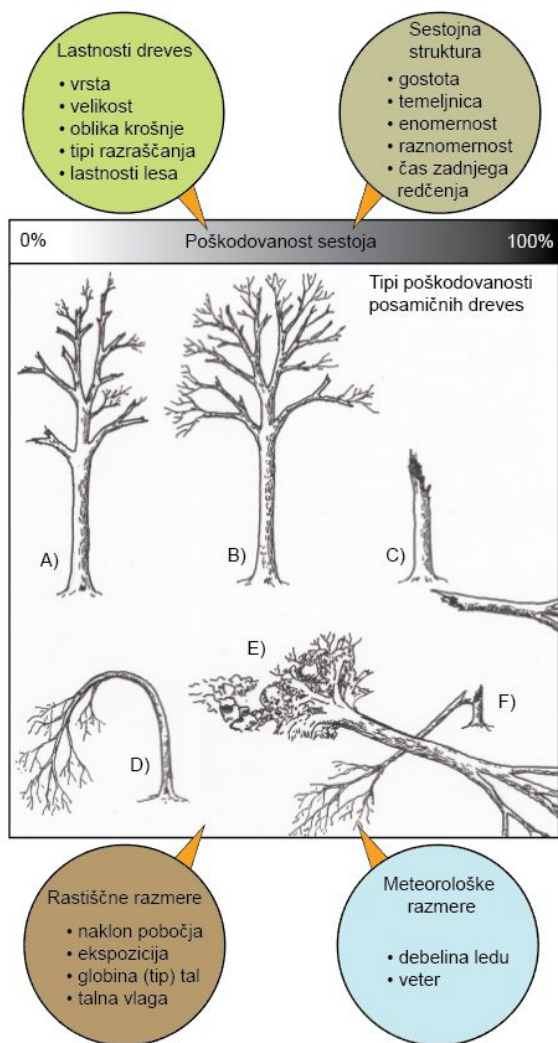
smo z neparametričnimi metodami potem ugotavljali razlike v ravneh poškodovanosti (PK1–PK5).

Odpornost gozdov

Dušan Roženberger, Tom Nagel, Maarten De Groot, David Hladnik

Uvod in pregled literature

Odpornost dreves in gozdnih sestojev v najpreprostejši obliki pomeni njihovo sposobnost, da ostanejo po naravni motnji v svojem bistvu nespremenjeni. V povezavi z žledom je odpornost najboljše ovrednotiti s preučitvijo jakosti in vrst poškodb na drevesih in v sestojih. Vzorec oziroma pojavnost poškodb, ki jih povzroči žled, je rezultat več različnih dejavnikov, te v splošnem lahko razdelimo v štiri skupine: 1) biofizikalne značilnosti posameznih dreves, 2) zgradba sestoja, 3) rastiščne razmere in 4) meteorološke značilnosti posameznih žlednih ujm (Slika 7). Vsi našteti dejavniki delujejo vzajemno, kar se odraža v nastanku izredno kompleksnih vzorcev poškodb tako na sestojni kot tudi na krajinski ravni.



Slika 7: Dejavniki, ki vplivajo na različne tipe poškodb gozdnega drevja v primeru žledoloma

Zaradi kompleksnega vzajemnega delovanja je razločevanje vplivov posameznih dejavnikov v empiričnih terenskih raziskavah zelo zahtevno. Posledično so si rezultati v obstoječi literaturi na temo žledolomov pogosto nasprotujoči, kljub temu lahko iz njih pridobimo vpogled v številne splošne zakonitosti tega pojava. Na podlagi takšnih spoznanj lahko na nekatere izmed dejavnikov vplivamo z gozdnogospodarskim načrtovanjem in gozdnogojitvenim ukrepanjem v smislu povečevanja odpornosti dreves in sestojev na žledolom. Z namenom predstavitve dosedanjih spoznanj smo pregledali dostopno literaturo na temo žledolomov in povzeli izsledke o vplivu različnih dejavnikov na odpornost proti poškodbam zaradi žleda (

Preglednica 3).

Preglednica 3: Povzetek zabeleženih vplivov drevesnih, sestojnih, rastiščnih in meteoroloških značilnosti na poškodbe zaradi žleda. Vsako v posamezni raziskavi navedeno spremenljivko smo uvrstili v eno izmed treh skupin: povečujejo poškodbe (+), brez vpliva (0) in zmanjšujejo poškodbe (–). Podatke smo pridobili iz naslednjih raziskav: 1. Van Dyke (1999); 2. Proulx in Green (2001); 3. Aszolos in sod. (2012); 4. Boerner in sod. (1988); 5. Jones in sod. (2001); 6. Rebertus in sod. (1997); 7. Rhoads in sod. (2002); 8. Warrillow in Mou (1999); 9. Fountain in Burnett (1979); 10. Williston (1974); 11. Amateis in Burkhart (1996); 12. Lemon (1961); 13. Hauer in sod. (1993); 14. Cayford in Haig (1961); 15. Cool in sod. (1997); 16. Belanger (1996); 17. Burton in Gwiner (1960); 18. Shepard (1978); 19. Walker in Oswald (2000); 20. Irland (2000); 21. Brender in Romancier (1960); 22. Seischab in sod. (1993); 23. Isaacs in sod. (2014); 24. Lafon in sod. (1999); 25. Bruederle in Stearns (1985); 26. Lafon (2004); 27. Kenderes (2007); 28. Brinar (1954); 29. Šifrer (1976); 30. Kordiš (1985)

Značilnost	Smer vpliva dejavnika na poškodovanost	Viri
Drevesne spremenljivke		
Vrsta	glej Preglednico 4	
Velika (v strehi sestoja) drevesa	+,+,+,+,+,-	1,2,3,4,5,6,7,8
Veliko dimenzijsko razmerje	+,+	1, 27
Asimetrična krošnja	+,+,+,+	1, 9, 10,28
Viličasta krošnja	+	11
Izraščanje vej pod topim kotom	-, -	1
Številne majhne veje	+,+,+	1, 12, 13
Nasprotna razrast vej	+	1
Široka, ploska krošnja	+, +	1, 13
Stožčasta oblika krošnje	-, -	1, 13

Plitvo koreninjenje	+	8
Trhlo deblo	+,+	1, 7
Iglavci	-, -, -, +, +	1, 4, 7, 8, 13
Listavci	+, +, -, -	1, 4, 13
Sestojne spremenljivke		
Gosti sestoji	+, +, +, 0, 0, 0, +	1, 7, 11, 14, 15, 28, 30
Nedavno redčenje	+, +, +, +, +, +	15, 16, 17, 18, 19, 20
Jakost redčenja	+	21
Sestojni robovi	+, +, +, 0	2, 13, 22
Rastiščne razmere		
Pobočje	+, +, +, +, +, +, +, +, +, +, +, +	1, 2, 3, 7, 8, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29
Mehka mokra tla	+, +	1, 28
Tla na apnencih	-	29
Meteorološki dejavniki		
Debelina ledu	+, +, +	2, 26, 29
Veter	+, +, +, +	1, 2, 15, 25

Izsledki večine raziskav kažejo, da na drevesni ravni večja drevesa v strehi sestoja (v zgornji plasti) običajno prejmejo več ledu in so zato bolj poškodovana kot manjša podstojna drevesa. Vendar pa lahko pride pri podstojnih drevesih in pomladku iz strehe sestoja do znatnih posrednih poškodb zaradi padlih dreves, ki jih pomendrajajo. Obenem so številne raziskave pokazale, da na poškodovanost vpliva tudi oblika dreves in krošenj. Bolj dovzetna za poškodbe so večinoma drevesa z velikim dimenzijskim razmerjem (višina/prsni premer) in asimetričnimi ali viličasto razraslimi krošnjami, vrste z izrazito obstransko razrastjo vej od glavnega debla, z nasprotno razrastjo vej ali tiste s številnimi majhnimi vejami in vejicami, ki povečujejo razpoložljivo površino za nalaganje ledu. Poleg tega so bolj ranljiva drevesa s širokimi in/ali

ploskimi krošnjami, kot so na primer na odprtem rastoča drevesa. Pričakovano je verjetnost za pojav poškodb večja pri drevesih z razkrojenim oziroma trhlím deblom ali vejami. Nasprotno so odpornejšim drevesom skupne nekatere ključne lastnosti: majhno dimenzijsko razmerje, simetrična krošnja, krošnja bolj stožčaste oblike, ustrezna razrast vej in omejena površina za kopičenje ledu.

Mnoge izmed opisanih drevesnih lastnosti so vrstno specifične, saj so medvrstne razlike večje kot znotrajvrstne. Med vrstami tako obstajajo znatne razlike v dovzetnosti za poškodbe zaradi žleda. Na podlagi rezultatov štirinajstih raziskav žledolomov v Severni Ameriki smo pripravili sintezo vrstno specifične dovzetnosti za poškodbe (

Preglednica 4). V vseh obravnavanih, med seboj neodvisnih raziskavah so v splošnem poročali o podobnih vzorcih vrstno specifične dovzetnosti za poškodbe. Zgodnje sukcesijske vrste iz rodov, kot so *Prunus*, *Populus*, *Salix* in *Betula* so običajno med najbolj poškodovanimi listnatimi drevesi, medtem ko se pri iglavcih med zelo občutljive za poškodbe uvrščajo tudi nekatere vrste iz rodu *Pinus*. Za vrste iz rodov *Acer*, *Fraxinus*, *Fagus* in *Quercus* je običajno značilna srednja dovzetnost. V skupino najbolj odpornih so bile vključene vrste iz rodov *Ostrya*, *Carpinus* in *Carya* ter vrste iglavcev iz rodov *Picea*, *Abies* in *Tsuga*. Glede na to, da so v gozdovih Slovenije prisotni mnogi od teh rodov, lahko opisane vzorce oziroma lastnosti deloma posplošimo tudi na vrste v Sloveniji (glej poglavje 3.2).

Preglednica 4: Dovzetnost severnoameriških drevesnih vrst za poškodbe zaradi žleda. Povzetek smo sestavili na podlagi izsledkov štirinajstih raziskav v Severni Ameriki. Pri razvrščanju vrst smo uporabili tri razrede: 3 = velika dovzetnost; 2 = srednja dovzetnost; 1 = majhna dovzetnost. Končno razvrstitev posameznih vrst v enega od treh razredov smo opravili na podlagi povprečne vrednosti za dovzetnost, pri čemer smo upoštevali vse v vključenih raziskavah dostopne podatke. Uporabili smo podatke iz naslednjih raziskav: 1. Seischab in sod. (1993); 2. Boerner in sod. (1988); 3. Whitney in Johnson (1984); 4. Bruederle in Stearns (1985); 5. Siccama in sod. (1976); 6. Lemon (1961); 7. Downs (1938); 8. Rogers (1923); 9. Duguay in sod. (2001); 10. Hauer in sod. (1993); 11. Irland (2000); 12. Rebertus in sod. (1997); 13. Rhoads in sod. (2002); 14. Warrillow in Mou (1999)

Dovzetnost	Vir:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Povprečje
A) velika																
<i>Prunus spp.</i>		3	2		3	2	3	3	3		3	3		3		2,8
<i>Populus spp.</i>		2		3	3		3	3	3			3				2,9
<i>Salix spp.</i>		3						3				3				3,0
<i>Ulmus spp.</i>		1					3	2	3		3	2	3			2,4
<i>Tilia americana</i>		2					3	3		3	3	3	3			2,9
<i>Betula papyrifera</i>										3		3		3		3,0
<i>Pinus virginiana</i>															3	3,0
<i>Pinus rigida</i>															3	3,0
B) srednja																
<i>Acer rubrum</i>		2	2	1	2	3		2		3	2	3			2	2,2
<i>Acer saccharum</i>		2			2	1	2	1		2	2	3	2	1		1,8
<i>Fagus grandifolia</i>		2	2		2	1	2	2		2		3		3		2,1

<i>Quercus rubra</i>	3	1	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2,0
<i>Fraxinus spp.</i>	1	3					1	3	2	2	2			2,0
<i>Pinus strobus</i>									2	2			2	2,0
C) majhna														
<i>Quercus alba</i>	1	2	1				1	1	2	1	1		1	1,2
<i>Carya spp.</i>	1		1	1	2	1	1	1		2	1		2	1,3
<i>Tsuga canadensis</i>	1	1		3	2	1	1	1		1			2	1,4
<i>Ostrya virginiana</i>								1		1	1			1,0
<i>Betula alleghaniensis</i>								1					2	1,5
<i>Carpinus caroliniana</i>									1	1				1,0
<i>Picea rubens</i>													1	1,0
<i>Abies balsamea</i>													1	1,0

Omeniti je treba, da so v več raziskavah, ki so navedene v preglednici 4, proučevali vrstno specifične razlike v dovzetnosti za poškodbe zaradi žleda v povezavi z biomehanskimi lastnostmi lesa, kot so specifična teža (razmerje med maso lesa in maso vode), modul preloma (upogibna trdnost) in modul elastičnosti. V nobeni od teh raziskav niso našli kakršnih koli jasnih povezav, kar je presenetljivo in obenem nakazuje, da so drugi dejavniki pomembnejši od lastnosti lesa. Navedeno je tudi v skladu z dejstvom, da so o variranju lastnosti lesa znotraj vrste in celo znotraj različnih delov posameznih dreves že poročali ([Bragg in sod. 2003](#)), zaradi česar te lastnosti slabo napovedujejo poškodbe zaradi žledu.

Nekaj osnovnih raziskav o posledicah žledolomov so v preteklosti opravili tudi slovenski raziskovalci. V večini primerov avtorji raziskav poročajo o večji dovzetnosti za poškodbe zaradi žleda pri pionirskih vrstah in bukvi ter delno hrastu, pri iglavcih pa naj bi bil dovzetnejši rdeči bor. V vseh primerih raziskovalci navajajo dobro odpornost jelke, do neke mere pa tudi smreke ([Brinar 1954](#), [Šifrer 1977](#), [Kordiš 1985](#)).

Raziskave so pokazale, da na sestojni ravni več dejavnikov pomembno vpliva na povečanje poškodovanosti zaradi žleda. To je značilno zlasti za nedavno redčene sestoje in sestojne robove. Nedavno izvedeno redčenje verjetno povzroča povečane poškodbe, ker drevesa v redčenih sestojih niso imela dovolj časa za povečanje debeline debla in koreninskega sistema, kar se posledično odraža v vitkih, izrazito ranljivih drevesih, ki jim obenem primanjkuje podpora sosednjih dreves ([Bragg in sod. 2003](#)). Ključni dejavnik poškodovanosti gospodarskih gozdov v mlajših razvojnih fazah je zato čas redčenja glede na pojav žleda. Vendar gledano dolgoročno, naj bi redčenja povečevala odpornost, s tem ko pospešujemo rast dreves s primernim dimenzijskim razmerjem in dobro razvitim koreninskim sistemom ter hkrati odstranjujemo nestabilna drevesa. Glede vpliva sestojne gostote na poškodbe zaradi žleda pa je stopnja soglasja v dostopni literaturi manjša (

Preglednica 3). Izsledki več raziskav kažejo, da so gostejši sestoji bolj ranljivi, medtem ko so v drugih študijah poročali, da gostota ne vpliva na jakost poškodb. Vpliv sestojne gostote je verjetno odraz lastnosti povprečnih dreves v sestojih (tj. ali so odporna ali ranljiva) in tega, kdaj so bili sestoji zadnjič redčeni. Prav tako so raziskave le redko soglasne o tem, ali v gostih sestojih midsosedske razmere prispevajo k vzajemni podpori ali k skupinskemu podrtju ([Bragg in sod. 2003](#)). Podrtje posameznih dreves v mladih in gostih sestojih z ranljivimi drevesnimi vrstami lahko povzroči množično podrtje celotnih sestojev preko t. i. domino učinka ([Rhoads in sod. 2002](#)).

Okoljske razmere, kot so relief in talne razmere, imajo pomembno vlogo pri nastanku vzorca poškodb, ki jih povzroča žled (tj. vplivajo na pojavnost poškodb). Nekateri nebesni lege ali vbočena območja lahko delujejo vzajemno z meteorološkimi razmerami, kar vpliva na kopičenje ledu in na izpostavljenost vetru ([Bruederle in Stearns 1985](#), [Boerner in sod. 1988](#), [Lafon in sod. 1999](#), [Isaacs in sod. 2014](#)). Naš pregled literature kaže, da je glavni učinek reliefa povezan z naklonom pobočij. Bolj kot je pobočje strmo, večja je jakost poškodb. Pravzaprav je bila večja jakost poškodb na pobočjih eden izmed najbolj pogosto poročanih vzorcev. Večina avtorjev povečane poškodbe na pobočjih pripisuje kombinaciji asimetričnih krošenj, ki jih imajo drevesa, rastoča na pobočjih, in manj stabilnih razmer za koreninjenje. Slednje je pomembno zlasti, če so tla prepojena zaradi predhodnih dežnih padavin ([Van Dyke 1999](#)). Poleg tega je na strmih pobočjih večja verjetnost, da bodo padajoča drevesa polomila ali izruvala tudi sosednja drevesa ([Warrillow in Mou 1999](#), [Rhoads in sod. 2002](#)).

Pomembno je poudariti, da so meteorološki dejavniki tisti, ki imajo prevladujoč vpliv na poškodovanost zaradi žleda, saj je poškodovanost v glavnem odvisna od kopičenja ledu. Debelina ledu je v primerjavi z vsemi zgoraj opisanimi drevesnimi, sestojnimi in rastiščnimi dejavniki, najbolj pomembna spremenljivka, ki določa jakost poškodb ([Proulx in Greene 2001](#), [Lafon 2004](#)). Kadar debelina ledu doseže skrajne vrednosti (npr. > 10 cm), so posledice žledne ujme katastrofalne poškodbe, ki so vsesplošne, ne glede na kateri koli zgoraj omenjeni dejavnik (Slika 5). Ko je debelina nakopičenega ledu zelo tanka (npr. < 1 cm), pa ima večina dreves zelo malo poškodb. V razponu vmesne intenzivnosti kopičenja ledu (npr. 3–7 cm) povzročajo žledne ujme poškodbe bolj selektivno, glede na različne dejavnike odpornosti.

Žled je v Sloveniji razmeroma pogost pojav, zato so tudi slovenski raziskovalci že v svojih prvih raziskavah ugotavljali, kakšna je povezava med debelino ledene obloge in poškodbami, ki jih povzroči. Radinja (1983) je na podlagi učinkov žledoloma v Brkinih leta 1980 predlagal lestvico učinkov žleda, ki naj bi jo uporabili pri regionalizaciji žlednih ujm (

Preglednica 5).

Preglednica 5: Žledna lestvica – prirejeno po (Radinja 1983)

Oznaka	Debelina ledu (mm)	Posledice
1. šibek žled	< 5	Poškodb skoraj ni ali pa so redke in manjše, npr. redki odlomi manjših vej in vejic.
2. zmeren žled	6–20	Poškodbe so zmerne; prelomi srednjih in večjih drevesnih vej (največkrat do 5 cm premera), poškodovane televizijske antene in tanjše žične napeljave.
3. močan žled	21–50	Poškodbe so večje in številnejše; polomljeno je drevje do 30 cm premera (letvenjaki, drogovnjaki) in antene, potrgana je telefonska in električna napeljava.
4. zelo močan žled	51–100	Poškodbe so izredno velike in množične; polomljeni so gozdovi in sadovnjaki (drevje s premerom preko 30 cm), poškodovani so strešni žlebovi, ograje, daljnovodi in daljnovodni stebri.
5. izjemno močan žled	> 100	Stopnjevane poškodbe v primerjavi s prejšnjo kategorijo; uničeni oziroma podrti so daljnovodni stebri.

Iz preglednice je razvidno, da je možno učinke žledoloma do neke mere ovrednotiti tudi po intenzivnosti, vendar je kartiranje na terenu zgolj po podobnih kriterijih zaradi zveznih sprememb in velike prostorske variabilnosti izredno zahtevno.

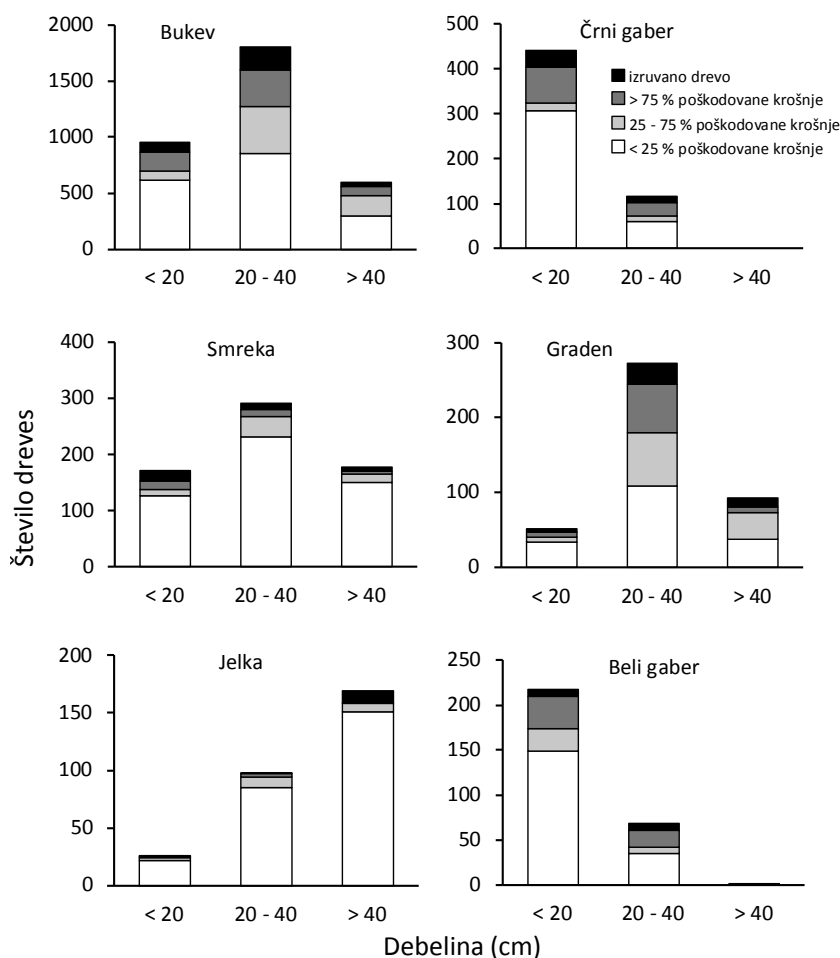
Žledne ujme imajo, poleg splošne jakosti, še eno opredeljujočo značilnost, in sicer da povzročajo različne tipe oziroma vrste poškodb. Te vključujejo tako odmrte celih dreves (prelomljena debela in izravana drevesa) kot tudi preživela drevesa z upognjenimi debli ali z različno močnimi poškodbami krošnje (Slika 7). Razumevanje različnih tipov poškodb je pomembno, saj ti določajo, ali drevesa odmrejo ali preživijo žledno ujmo, hkrati pa vplivajo tudi na kvaliteto lesa, ki ga lahko pridobimo iz odmrlih in preživelih dreves. Iz literature na temo žledolomov je razvidno, da obstajajo v zvezi s tipi poškodb in drevesnimi ter rastiščnimi lastnostmi nekateri vzorci, ki jih lahko posplošimo. V preteklih raziskavah so na primer poročali, da so poškodbe v obliki zelo močno upognjenih debel skoraj v celoti omejene na drevesa manjših dimenzij (npr. < 15 cm prsnega premera), da so prelomi debel najbolj pogosti v srednjem velikostnem razredu in da se pri drevesih večjih dimenzij pogostost pojavljanja zelo močnih poškodb krošnje povečuje ([Proulx in Greene 2001](#), [Lafon 2004](#)). Opisani vzorci so deloma verjetno posledica tega, da se pri drevesih z rastjo povečuje trdnost debel in korenin, hkrati pa se prožnost vej zmanjšuje. Na strmih pobočjih se lahko pojavnost poškodb spremeni, saj so na pobočjih prelomi debel in izravanja bolj pogosti kot poškodbe krošenj (Lafon 2004). Povedano drugače, na ravnini ali položnih pobočjih je bolj verjetno, da bodo ledene obloge povzročile lomljenje v krošnjah dreves, medtem ko je na strmih pobočjih večja verjetnost, da bodo zaradi ledene obloge prej popustila debela ali korenine dreves. K takšnim vzorcem prispevajo tudi talne razmere (npr. globina in vlažnost tal) in vrstno specifične značilnosti koreninskega sistema, a je

do sedaj te dejavnike eksplicitno proučevalo le malo raziskav v mednarodni literaturi.

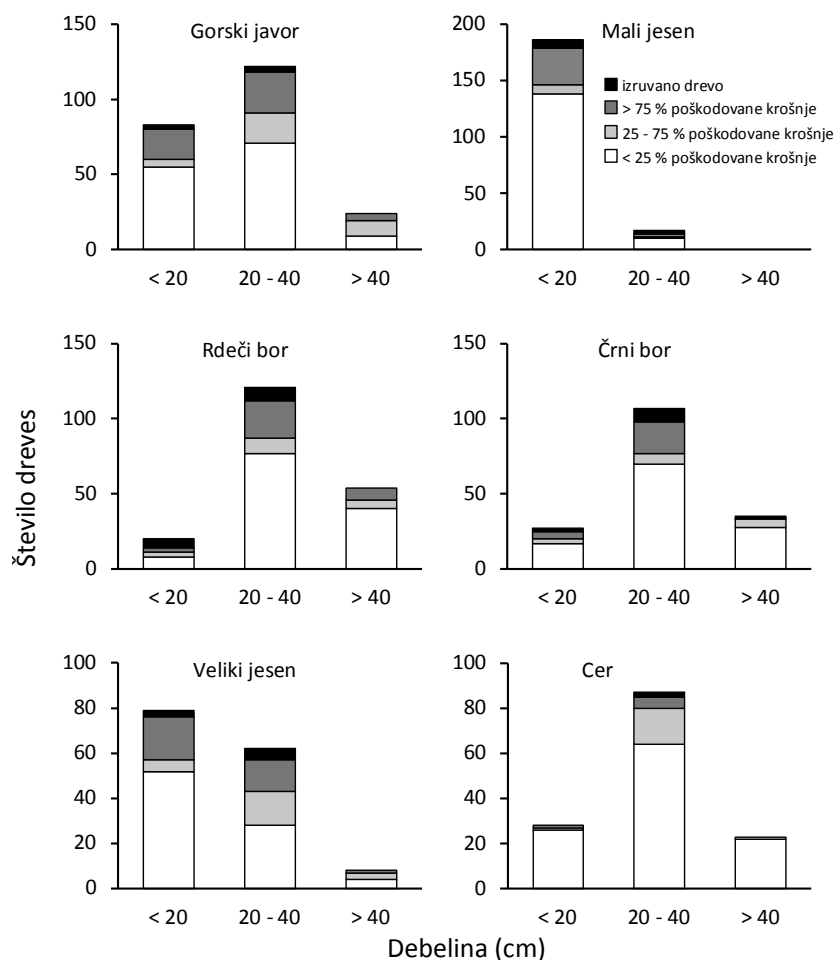
Odpornost slovenskih gozdov v žledolomuleta 2014 – rezultati in razprava

Drevesna odpornost

Poškodovanost dreves zaradi žledoloma se je precej razlikovala med različnimi drevesnimi vrstami. Sliki (Slika 8 in Slika 9) prikazujeta poškodovanost drevesnih vrst, ki so bile v vzorcu zastopane vsaj s 100 drevesi. Med listavci sta bila najbolj poškodovana graden (*Quercus petraea* (Mattuschko) Liebl.) s 57 % poškodovanih dreves (vključena so vsa drevesa z več kot 25 % poškodovane krošnje) in bukev (*Fagus sylvatica* L.) s 47 % poškodovanih dreves. Glede na poškodovanost sta jima sledila veliki jesen (*Fraxinus excelsior* L.) s 44 % in gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.) z 41 % poškodovanih dreves. Primerjava strukture istih štirih drevesnih vrst je pokazala več prevrnjenih dreves gradna in bukve (11 % in 10 %) v primerjavi z velikim jesenom (5 %), predvsem pa gorskim javorjem, pri katerem je delež prevrnjenih kljub relativno veliki poškodovanosti majhen (3 %). Deloma lahko te razlike pojasnimo z različnim koreninjenjem deloma pa z razlikami v razraščanju krošnje vseh štirih drevesnih vrst. Tako imata veliki jesen in gorski javor zaradi nasprotnih poganjkov v krošnjah, v primerjavi z bukvijo in gradnom, manjšo skupno dolžino najtanjših poganjkov, na katerih se sicer nabira led in je s tem skupna obremenitev večja, hkrati pa so bolj prožni v primerjavi s poganjki večjih premerov (Bragg in sod. 2003). Oba omenjena dejavnika ne moreta povsem razložiti razlik v deležu izruvanih dreves, ki je v veliki meri odvisen tudi od drugih dejavnikov, predvsem naklona pobočja in pa matične podlage.



Slika 8: Poškodovanost dreves glede na drevesno vrsto in debelinsko stopnjo za prvih 6 najpogostejših drevesnih vrst



Slika 9: Poškodovanost dreves glede na drevesno vrsto in debelinsko stopnjo za drugih 6 najpogostejših drevesnih vrst

Iglavci so bili v splošnem manj poškodovani (Slika 8 in Slika 9). Med njimi sta največ poškodb utrpela rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.), 36 %, in črni bor (*Pinus nigra* Arnold), 32 %, bistveno manj pa navadna smreka (*Picea abies*; L. Karsten – v nadaljevanju smreka), 20 %, in navadna jelka (*Abies alba* Mill. – v nadaljevanju jelka), 12 %. Eden od razlogov za manjšo poškodovanost smreke in jelke je njuna značilna oblika razrasti. Obe vrsti imata izrazito enoosno rast, navzdol obrnjene veje in relativno ozke, predvsem pa, gledano v tlorisu, simetrične krošnje. Slika 8 in Slika 9 nakazujeta večjo poškodovanost (vse oblike poškodovanosti nad 25 % krošnje skupaj) listavcev in manjšo poškodovanost iglavcev s premeri nad 20 cm. Pri listavcih večji premeri pomenijo večje krošnje in s tem tudi večjo obremenitev v primeru žleda. V primeru iglavcev je krošnja domnevno manj pomembna, saj so zimzeleni in simetričnih krošenj, zato sta dva izmed razlogov za večjo poškodovanost dreves manjših premerov slabo dimenzijsko razmerje (višina drevesa/premer debla) in pa dejstvo, da v mlajših fazah razvoja iglavci pogosto rastejo v gostih in enomernih sestojih.

Ker smo želeli ugotoviti, kakšen je vpliv drevesne vrste, premera, naklona in debeline ledu na preživetje drevesa, smo vsa drevesa uvrstili v dve kategoriji, in sicer mrtvo drevo in živo drevo. S pomočjo analize

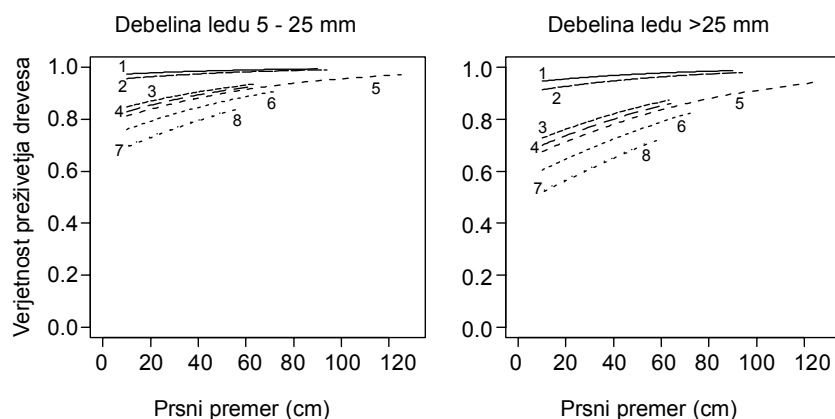
smo ugotovili, da sta imeli največjo verjetnost preživetja jelka in smreka, ki značilno odstopata od ostalih vrst (Slika 10). Glede na verjetnost preživetja so jima sledile naslednje glavne drevesne vrste: veliki jesen, gorski javor, bukev, graden, rdeči bor in črni bor.

Preglednica 6: Rezultati GLMM analize za preverjanje odvisnosti preživetja drevesa od drevesne vrste, prsnega premera, debeline ledu in naklona tal (N = 6952; slučajnostna spremenljivka: ploskev)

Spremenljivka	Ocena spremenljivke	Standardna napaka	Statistična značilnost
Konstanta	3,81	0,39	0,0000
prsni premer	0,02	0,00	0,0000
smreka	−0,52	0,35	0,1374
cer	−1,35	0,54	0,0128
mali jesen	−1,88	0,39	0,0000
veliki jesen	−1,89	0,40	0,0000
lipovec	−1,90	0,63	0,0026
beli gaber	−1,95	0,38	0,0000
gorski javor	−2,02	0,35	0,0000
lipa	−2,05	0,49	0,0000
bukev	−2,14	0,30	0,0000
pravi kostanj	−2,18	0,47	0,0000
črni gaber	−2,24	0,34	0,0000
graden	−2,45	0,35	0,0000
mokovec	−2,58	0,39	0,0000
rdeči bor	−2,77	0,38	0,0000
črni bor	−2,79	0,47	0,0000
debelina ledu	−0,73	0,19	0,0001
nagib	−0,02	0,01	0,0512

Rezultati GLMM analize so pokazali, da se je verjetnost preživetja drevesa povečevala s povečevanjem prsnega premera drevesa in da je bila manjša pri večjih debelinah ledu in večjem naklonu (Preglednica 6 in Slika 10). Raziskovalci poročajo o večjih poškodbah pri drevesih z velikimi premeri (

Preglednica 3), kar ni v skladu z rezultati, dobljenimi z našo analizo (Slika 10). Razlog za razlike lahko najdemo v definicijah poškodovanosti, ki niso bile povsod enake. V primeru drugih raziskav so bile med poškodovana drevesa uvrščena tako drevesa z različnimi poškodbami krošnje kot tudi prevrnjena in prelomljena drevesa. V našem primeru v kategoriji mrtvih dreves ni bilo dreves s poškodbami krošnje, ki so še omogočale preživetje drevesa (drevesa, označena s svetlo sivimi odtenki na prejšnjih slikah – Slika 8 in Slika 9).



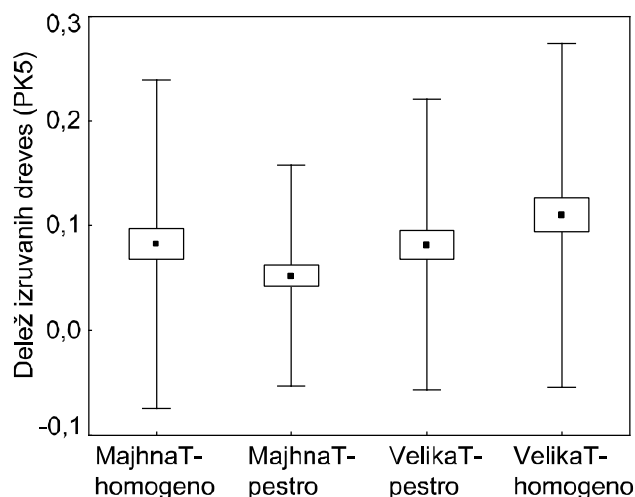
Slika 10: Verjetnost preživetja posameznih drevesnih vrst v odvisnosti od prsnega premera in debeline ledu (1. jelka, 2. smreka, 3. veliki jesen, 4. gorski javor, 5. bukev, 6. graden, 7. rdeči bor, 8. črni bor)

Pri ugotavljanju povezav med premerom drevesa in poškodovanostjo zaradi ledu je pomembno tudi, kakšen je socialni položaj drevesa, ki ga obravnavamo. Če so drevesa manjših premerov v spodnjih sestojnih plasteh, se verjetnost, da bodo preživela, zmanjša (Slika 10) tudi zaradi posrednih poškodb, ki nastanejo zaradi odpadlih delov dreves ali prevrnjenih dreves zgornje plasti.

Sestojna odpornost

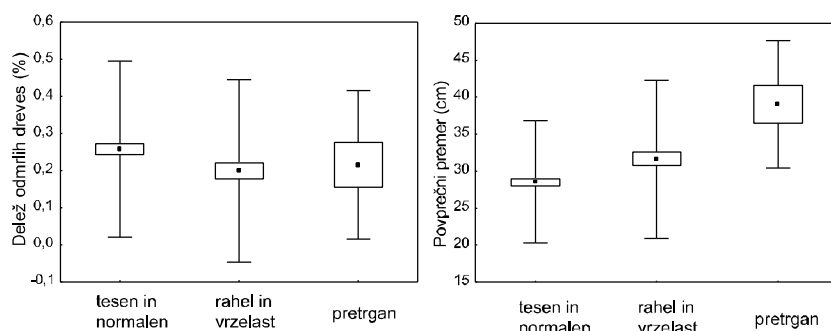
Vpliv sestojnih parametrov na poškodovanost dreves smo proučevali na ravni raziskovalnih ploskev. Ugotovili smo negativno povezavo med standardnim odklonom premerov dreves in deležem odmrlih dreves zaradi žledoloma (v nadaljevanju odmrli drevesa) na ploskvi (Spearmanova korelacija, $r_s = -0,131705$, $p < 0,05$), kar nakazuje zmanjševanje deleža odmrlih dreves s povečevanjem pestrosti premerov. Večja variabilnost premerov je indikator vertikalne pestrosti na ploskvi, ki ima pozitiven vpliv na odpornost sestojev v primeru žleda. Vpliv variabilnosti premerov smo povezali s podatki o temeljnici in oblikovali 4 sestojne tipe; (i) MajhnaT – Homogeno, ii) MajhnaT – Pestro, iii) VelikaT – Homogeno in iv) VelikaT – Pestro; potem pa smo ugotavljali, kakšne so razlike med njimi v poškodovanosti s pomočjo testa Kruskal-Wallis (v nadaljevanju KW, $N = 434$). Značilne razlike smo ugotovili samo za deleže izruvanih dreves (PK5, KW, $p = 0,0091$). Delež izruvanih dreves je bil največji

v homogenih sestojih, ne glede na temeljnico. Najmanj izruvanih dreves smo zabeležili v sestojih z majhno temeljnico in pestro strukturo prsnih premerov (Slika 11), kar ugotavljajo tudi drugi naši raziskovalci ([Brinar 1954](#), [Kordiš 1985](#)).



Slika 11: Delež izruvanih dreves v štirih sestojnih tipih glede na temeljnico in pestrost prsnih premerov (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)

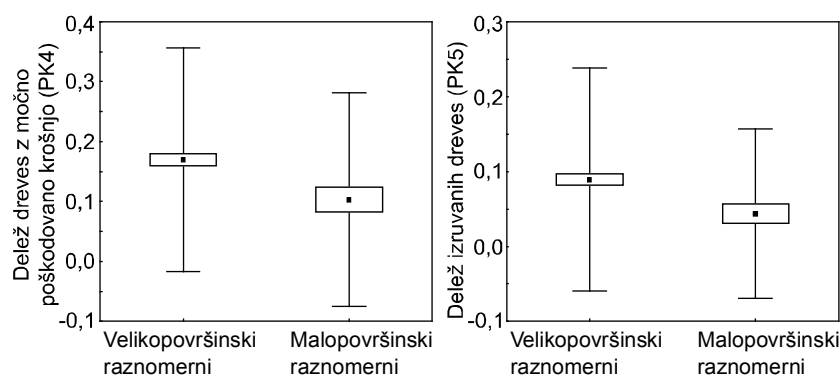
Glede na rezultate se nakazuje vpliv sklepa sestojev pred žledolomom na deleže dreves odmrlih zaradi žledoloma (KW, $p = 0,0093$). Sklep smo uvrstili v tri skupine (1 – normalen in tesen; 2 – rahel in vrzelast in 3 – pretrgan) in ugotovili, da je bil delež odmrlih dreves največji pri normalnem in tesnem sklepu, najmanjši, ko je sklep rahel in vrzelast, in malo večji pri pretrganem sklepu (Slika 12, levo).



Slika 12: Delež odmrlih dreves (levo) in povprečni premer dreves na ploskvi (cm, desno) v odvisnosti od sestojnega sklepa (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)

Rezultati kažejo večjo občutljivost sklenjenih sestojev, vendar pa gre verjetno za dodatni učinek povprečnega premera dreves na ploskvi, saj so imeli sestoji s tesnim in normalnim sklepom značilno manjše premere (KW, $p = 0,0001$) (Slika 12, desno), pa tudi standardni odklon premerov (KW, $p = 0,0073$).

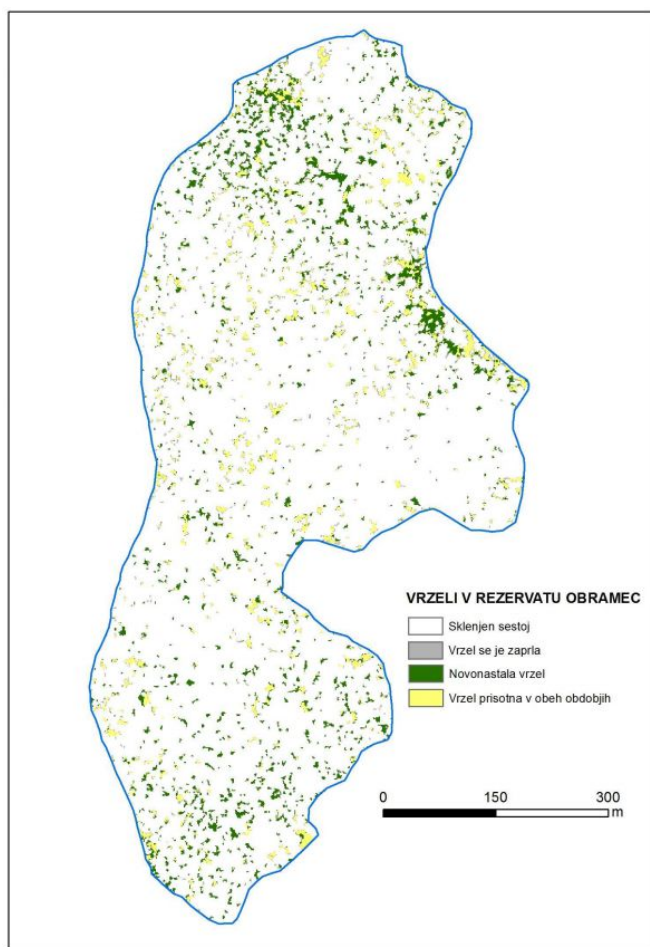
Na poškodovanost dreves je vplival tudi način gospodarjenja z gozdovi pred žledom. Čeprav je bilo v vzorcu več različnih načinov gospodarjenja, smo dovolj velik vzorec za analizo dobili samo za 2 načina, in sicer: 1) velikopovršinsko raznomerni gozdovi in 2) malopovršinsko raznomerni gozdovi.



Slika 13: Delež dreves z močno poškodovano krošnjo (PK4, levo) in izruvanih dreves (PK5, desno) glede na tip gospodarjenja pred žledolomom (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)

Značilno manj poškodb krošenj (PK4, U-test, $p = 0,0003$) in izruvanih dreves (PK5, U-test, $p = 0,0001$) je bilo v malopovršinskih raznomernih gozdovih (Slika 13), kar kaže, da je za poškodovanost pomembno preteklo gospodarjenje z gozdovi. Slednje močno vpliva na strukturo sestojev. Vertikalna in horizontalna pestrost sestojev ima veliko pozitivno vlogo pri ohranjanju in povečevanju njihove odpornosti na ujme, kot je žled.

Raziskovanja v gozdnih rezervatih potrjujejo naše izsledke, zato smo analize v gospodarskih gozdovih dopolnili z oceno poškodovanosti v treh gozdnih rezervatih jelovo-bukovih gozdov (Pleša, Obramec, Risov žleb) na območjih, ki so jih na Zavodu za gozdove Slovenije aprila 2014 uvrstili med manj poškodovane (sanitarni posek do 10 % lesne zaloge) in srednje poškodovane gozdove (od 11 do 30 % lesne zaloge). Na podlagi lidarskih podatkov, pridobljenih pred žledom leta 2009 in po žledu v letu 2014, smo ocenili površinske razsežnosti poškodovanosti in strukturne spremembe gozdnih sestojev, prepuščenih naravnemu razvoju. V primerjavi s sosednjimi gospodarskimi gozdovi je mogoče sklepati o nižjem deležu poškodovanih dreves (Baša 2016), presenetljive pa so bile majhne površinske razsežnosti oziroma delež novih vrzeli, ki je nastal po žledu.

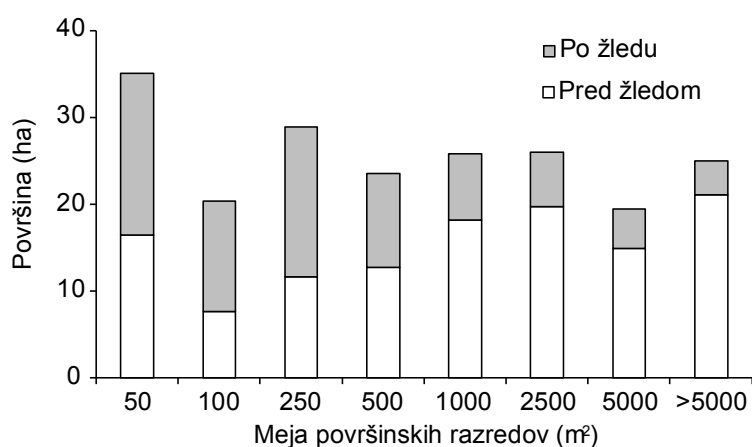


Slika 14: Dinamika vrzeli v gozdnem rezervatu Obramec v letih od 2009 do 2014 (Baša 2016; Podatkovna baza Gozdarskega inštituta Slovenije 2009, 2014)

V dveh gozdnih rezervatih se je zaradi žledoloma povečal delež vrzeli – v Obramcu (Slika 14) se je površina vrzeli po žledu povečala za 2,08 ha, kar predstavlja 5,2 % površine rezervata, v Risovem žlebu pa je delež novonastalih vrzeli 10,2 % oziroma 1,35 ha. V obeh rezervatih so prevladovali majhne vrzeli do 50 m² površine. Te so najpogostejše nastale zaradi močnejše poškodovanosti oziroma prevrnitve posameznih dreves, le redko pa so bile večje od 500 m². V Obramcu smo določili le tri take vrzeli, v strmejšem Risovem žlebu pa 4 (1 na 3 ha površine). Po žledu leta 2014 so stare in novonastale vrzeli v Obramcu obsegale 9 %, v Risovem žlebu pa 16 % površine.

V gospodarskih gozdovih na osrednjem območju žledoloma ni bilo mogoče izdelati tako podrobne ocene sprememb, ker je bilo lasersko skeniranje Slovenije opravljeno šele po žledu v letih 2014 in 2015. V gozdnogospodarski enoti Unec-Škocjan smo ocenili delež novih vrzeli na podlagi primerjave lidarskih podatkov s stanjem sestojne strehe na ortofoto posnetkih, posnetih pred žledom. Gozdnogospodarsko enoto smo izbrali, ker so bila v njej poleg manj in srednje poškodovanih gozdov določena tudi območja večje poškodovanosti (sanitarni posek od 31 do 50 % lesne zaloge). Spremembe smo ocenili v 1080

vrzelih, ki so v digitalnem modelu krošenj obsegale vsaj 500 m² površine. Nismo preverjali izvora manjših vrzeli, ki so skupaj obsegale 259 ha in so predstavljale 11 % gozdne površine v enoti. Za površinski prag smo se odločili, ker je brez neposredne primerjave lidarskih podatkov nesprejemljivo ocenjevati površinske spremembe manjših vrzeli v raznodobnih gozdovih. Za sanacijo poškodovanih gozdov pa lahko predstavlja dobro izhodišče tudi predlog Schuetza in sod. (2016), da bi na primer pri posnemanju naravnih procesov pomlajevanja bukve za najmanjšo površino vrzeli privzeli 100 m², pri skupinskem pomlajevanju pa 500 m². Skupine vrzeli s površinami, manjšimi od 100 m², so primerljive s spremembami v gospodarskih gozdovih po redčenju. Take vrzeli po nekaj letih zaprejo krošnje sosednjih dreves. Praktične izkušnje kažejo, da je mogoče zagotoviti trajno in kakovostno pomlajevanje bukve z odpiranjem pomladitvenih površin med 0,1 in 0,2 ha ([Schuetz in sod. 2016](#)).

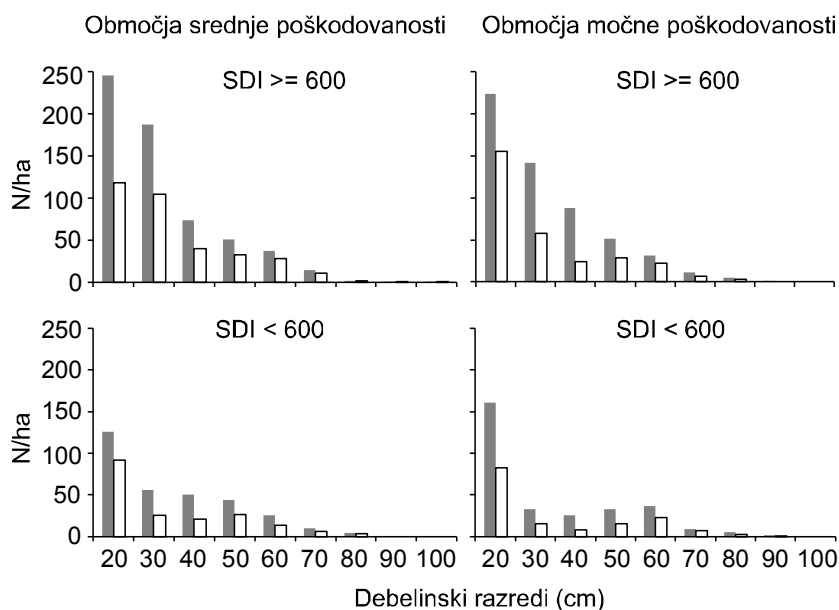


Slika 15: Površine starih in novonastalih vrzeli v GGE Unec-Škocjan, ki so po žledu leta 2014 obsegale vsaj 500 m² površine

Na sliki so prikazane tudi vrzeli manjših površinskih razredov, ker smo ob določanju njihovega izvora številne vrzeli razdelili na manjše podenote – današnje večje vrzeli so bile pogosto sestavljene iz manjših vrzeli pred žledom, na njihovih robovih pa so zaradi žleda padla ali bila močno poškodovana drevesa. Novonastale vrzeli (Slika 15) obsegajo le 81,84 ha oziroma 4 % celotne površine gozdov v gozdnogospodarski enoti. Glavnino gozdnogospodarske enote predstavljajo dinarski jelovo-bukovi gozdovi, v katerih so bile na stalnih vzorčnih ploskvah ocenjene nizke sestojne gostote (SDI). V severnem delu enote, na območju prevladujoče srednje poškodovanosti, je bila na 73 % vzorčnih ploskev ocenjena vrednost SDI nižja od 600, kar predstavlja mediano v slovenskih jelovo-bukovih gozdovih (Hladnik in Žižek Kulovec 2014). V južnem delu, na območju srednje in močne poškodovanosti, je bilo takih ploskev 54 %.

Morebitne razlike v poškodovanosti raznodobnih sestojev in njihovih sestojnih gostot smo preverili na novih vzorčnih ploskvah, postavljenih po žledu na celotnem območju slovenskih gozdov. Na podlagi analize linearnih mešanih modelov, v katerih smo analizirali podatke, zbrane na teh vzorčnih ploskvah, je mogoče sklepati, da so raznodobni sestoji s premajhno gostoto in majhno debelinsko pestrostjo občutljivejši na poškodbe zaradi žleda. Najpomembnejši izsledki izvirajo iz jelovo-bukovih gozdov na karbonatnih in mešanih kamninah. Za gozdne sestojne na območjih večje poškodovanosti smo ocenili, da so bile pred žledom zanje značilne nižje vrednosti sestojnih gostot (SDI) in nižje vrednosti Shannonovega indeksa za debelinsko strukturo temeljnice. Debelinska struktura jelovo-bukovih

sestojev z večjimi sestojnimi gostotami je po žledu na območjih srednje poškodovanosti ugodnejša, kot je bila debelinska struktura gozdnih sestojev z nižjimi vrednostmi SDI pred žledom (Slika 16).



Slika 16: Število dreves po debelinskih razredih v jelovo-bukovih gozdovih na Slovenskem na območjih srednje in močne poškodovanosti zaradi žleda v letu 2014. S sivino so prikazane ocene pred žledom, beli stolpci prikazujejo stanje po žledu; zgoraj ocena SDI ≥ 600 , spodaj SDI < 600

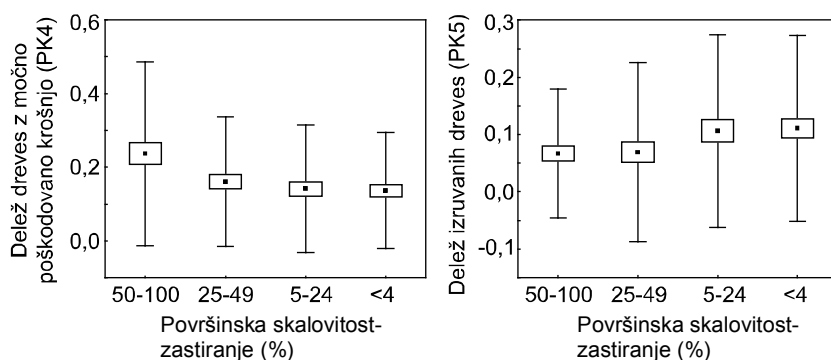
O vplivu premajhnih sestojnih gostot na poškodovanost zaradi žleda je mogoče sklepati tudi v gozdovih gričevno-podgorskega bukovja na karbonatnih in mešanih kamninah. Zaradi premajhnega števila vzorčnih ploskev na območjih različnih stopenj poškodovanosti, ki smo jih postavili po žledu v teh gozdnih rastiščnih tipih, ni bilo mogoče neposredno primerjati morebitnega vpliva sestojnih gostot na poškodovanost. V gozdnogospodarski enoti Unec-Škocjan so bile na dveh tretjinah stalnih vzorčnih ploskev v gričevno-podgorskem bukovju ocenjene nižje vrednosti SDI od primerljive mediane, značilne razlike v sestojnih gostotah pa smo za ta gozdni rastiščni tip po različnih območjih poškodovanosti na Slovenskem potrdili tudi na podlagi vzorčnih ploskev Monitoringa gozdov in gozdnih ekosistemov, merjenih v letu 2012 (Hladnik in L. 2014).

Vpliv zunanjih dejavnikov na odpornost

Korelacijska analiza je pokazala pozitivno odvisnost med naklonom pobočja in odmrliimi drevesi ($r_s = 0,130$, $p < 0,05$), še bolj pa odvisnost med naklonom pobočja in izruvanimi drevesi (PK5, $r_s = 0,260$, $p < 0,05$). Tako kot poroča večina drugih avtorjev (

Preglednica 3), tudi naš rezultat nakazuje večjo občutljivost sestojev na pobočnih legah, saj se s povečevanjem naklona pričakovano povečuje. Pri večjih naklonih se delež izruvanih dreves med poškodovanimi drevesi poveča zaradi različnih razlogov. Na pobočjih z večjimi nakloni so tla manj vezana, več je erozije, krošnje dreves pa so bolj asimetrične. Večje so spodnje strani drevesa, saj je tam več ravnega prostora, hkrati pa je zato na pobočju manj mehanske opore sosednjih dreves in je sestojna stabilnost manjša. Drevesa so na pobočju dostikrat že pred ujmo nagnjena zaradi polzenja tal, v času ujme pa hitreje pride do domino efekta pri prevrnitvi dreves ([Šifrer 1977](#)).

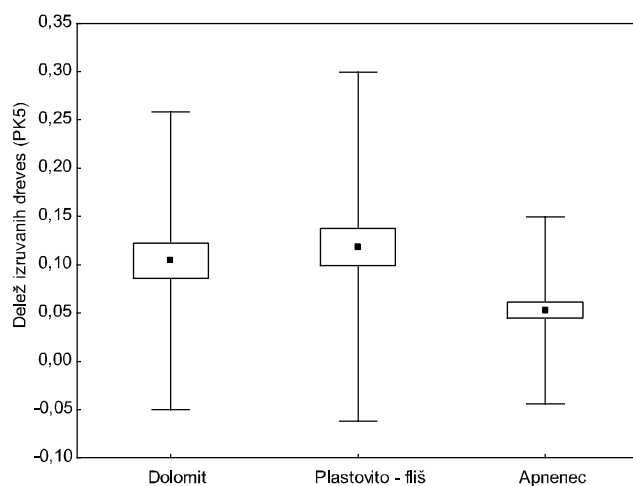
Ugotovili smo, da se je delež dreves z zelo poškodovanimi krošnjami značilno povečeval (PK4, KW, $p = 0,025$), delež izruvanih dreves (PK5, KW, $p = 0,065$) pa neznačilno zmanjševal s povečevanjem površinske skalovitosti (Slika 17).



Slika 17: Delež dreves z močno poškodovano krošnjo (PK4, levo) in izruvanih dreves (PK5, desno) glede na površinsko skalovitost (%) (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)

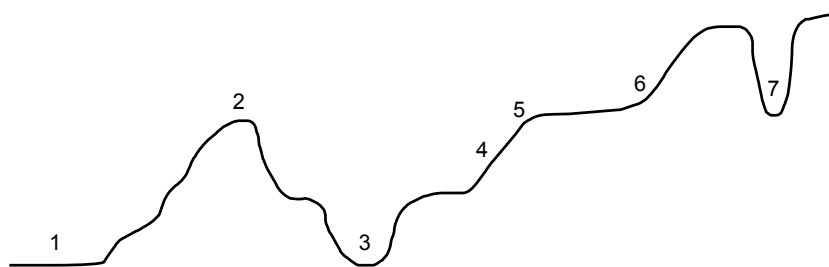
Površinska skalovitost je glede na naše rezultate dober indikator primernosti tal za učinkovito učvrščevanje dreves. Na območjih, kjer je koreninjenje dobro, je delež izruvanih dreves manjši, povečajo pa se poškodbe krošnje.

Primernost tal za dobro koreninjenje in učvrščevanje dreves je odvisna od talne podlage. Ugotovili smo značilne razlike v deležu izruvanih dreves na treh najbolj pogostih podlagah, ki se pojavljajo v raziskavi (PK5, KW, $p = 0,0017$). Največ izruvanih dreves smo zabeležili na plastovitih in nevezanih podlagah, delež je bil nekoliko manjši na dolomitu, najmanjši pa na apnencu (Slika 18). Nevezane podlage, dolomit in globoka tla ne nudijo dovolj opore drevesom pri velikih obremenitvah. Apnenec, ki ga nakazuje tudi površinska skalovitost (Slika 17, desno), s svojo pestro pojavnostjo in prisotnostjo razpok in lukenj ponuja veliko možnosti za dobro sidranje drevesa in zmanjša verjetnost za njegovo izruvanje ([Šifrer 1977](#)). Ob isti obremenitvi z ledom pa se zato poveča število poškodb krošenj.



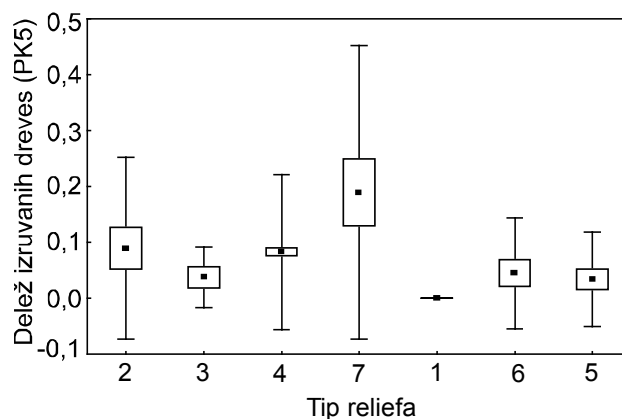
Slika 18: Delež izruvanih dreves (PK5) glede na talno podlago (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)

Značilne razlike med različnimi tipi reliefa smo ugotovili samo za izruvana drevesa. Značilno največji delež izruvanih dreves smo ugotovili v jarku, kjer je bil njihov delež skoraj 20 % (Slika 20).



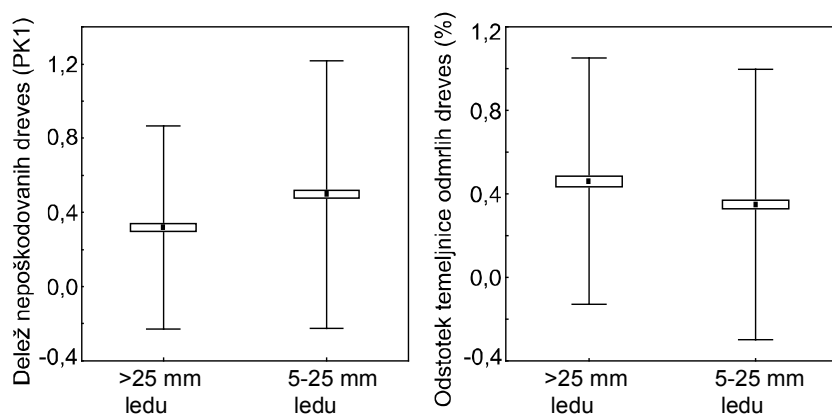
Slika 19: Tipi reliefa, uporabljeni v analizi (1. ravnina, 2. vrh hriba, greben, 3. dno kotanje, 4. pobočje, 5. konveksni prelom pobočja, 6. konkavni prelom pobočja, 7. jarek)

Nad jarki so strma pobočja in proti dnu jarkov se zaradi domino efekta in globljih tal povečuje delež izruvanih dreves (Slika 19). Vrednosti so bile relativno visoke tudi na grebenu, približno podobne na pobočju in najmanjše na ravnem ter na dnu kotanj (Slika 20).



Slika 20: Delež izruvanih dreves (PK5) glede na tip reliefa: 1. ravnina, 2. vrh hriba, greben, 3. dno kotanje, 4. pobočje, 5. konveksni prelom pobočja, 6. konkavni prelom pobočja, 7. Jarek (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)

Eden najpomembnejših dejavnikov, ki vpliva na poškodovanost gozdov po žledu, je debelina ledu. Problem pri tem dejavniku so meritve, ki jih je nemogoče natančno izvajati, zato tudi v našem primeru razpolagamo le z grobimi ocenami. Kljub temu smo izvedli osnovno analizo razlik med ploskvami, kjer je bila debelina ledu med 5 in 25 mm in ploskvami z debelino ledu nad 25 mm. Ugotovili smo, da je delež nepoškodovanih dreves značilno večji (U-test, $p = 0,0000$) na ploskvah, kjer je bila debelina ledu manjša (Slika 21). V povezavi s tem je bil odstotni delež zmanjšanja temeljnice večji (U-test, $p = 0,0001$) na ploskvah, kjer je bila debelina ledu večja.



Slika 21: Delež nepoškodovanih dreves (PK1, levo) in odstotek temeljnice odmrlih dreves (% , desno) glede na debelino ledene obloge (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)

Rezultati nakazujejo, da je mogoče tudi z zelo osnovnimi analizami potrditi vpliv debeline ledene obloge na poškodbe dreves in sestojev. Kljub temu pa to ni dovolj za ugotavljanje sprememb vpliva z

zveznim povečevanjem debeline ledu ali pa ugotavljanje tiste debeline ledu, pri kateri postane ujma neselektivna ter povzroča poškodbe na drevju in v sestojih, ne glede na preteklo gospodarjenje, njihovo drevesno sestavo ali sestojno strukturo.

Gozdnogojitveni ukrepi za povečanje odpornosti gozda

Odpornost gozda na žledolom je pravzaprav njegova sposobnost, da zdrži pritiske velikih mehanskih obremenitev, ki se pojavijo zaradi nabiranja ledu na krošnjah in drugih delih dreves. Neposredno je odvisna od lastnosti posameznih dreves v gozdu, od splošnih sestojnih lastnosti in od rastiščnih razmer, v katerih gozd uspeva. Medtem ko se na rastiščne razmere lahko samo prilagodimo in jih zabeležimo, pa lahko z nekaterimi ukrepi povečamo drevesno in sestojno odpornost. V nadaljevanju navajamo nekatere napotke za gospodarjenje, ki izhajajo iz pričujoče raziskave in pregleda literature, in sicer posebej za raven drevesa in raven sestoj.

Raven drevesa

- Glede na raziskave **drevesna vrsta** značilno vpliva na poškodovanost drevesa. Bolj občutljive vrste so bukev, hrast, pa tudi črni in rdeči bor. Vrsti, ki bolje preneseta pritiske ledene obloge, sta smreka in jelka. Za povečevanje odpornosti je zato smotrno načrtno pospeševanje obeh vrst v sestojih, kjer nista prisotni, a jima rastišče ustreza. Za smreko je primes zaradi nevarnosti namnožitve lubadarja lahko samo individualna, medtem ko je delež jelke lahko večji.
- Glavni razlog za velik delež prevrnjenih dreves bukve in hrasta je verjetno **velikost krošenj** in sposobnost obeh drevesnih vrst za oblikovanje nesimetričnih krošenj. Z gojitvenimi ukrepi lahko deloma vplivamo na obliko krošnje obeh drevesnih vrst. Pri hrastu so ukrepi učinkoviti predvsem v mlajših razvojnih fazah, ko se krošnja šele oblikuje, pri bukvi pa lahko na obliko krošnje vplivamo tudi v zrelejši fazi njenega razvoja. Glavni cilj ukrepov so simetrične, dolge in ne preširoke krošnje, ki zagotavljajo enakomerno razporeditev obremenitev in nizko težišče drevesa. Za uspešno izvajanje ukrepa je ob redčenjih treba sistematično opazovati krošnje izbranih dreves in primerno povečevati rastni prostor, ki ni vedno v prid boljši kakovosti. V takih primerih je treba presoditi, kako pomembna je odpornost za sestoj, ki ga obravnavamo. Oblikovanje simetričnih krošenj je še posebej težko dosegljivo na strmih pobočjih, kjer so učinkoviti ukrepi mogoči le v mlajših razvojnih fazah.
- **Premier** drevesa je v naši raziskavi pokazal pozitiven vpliv na preživetje dreves po žledolomu. Kljub temu glede na literaturo (

- Preglednica 3) in nekatere dejavnike, ki so s premerom povezani in delujejo v drugo smer (npr. velikost krošnje, zgornji socialni položaj in starost), njegov vpliv ni enoznačen. Drevesa večjih premerov so lahko slabše odporna tudi na strmih pobočjih. V naših gozdovih je premer dostikrat povezan z negovanostjo, saj je v starejših fazah verjetnost, da je sestoj redčen, večja, s tem pa je povezano tudi nižje dimenzijsko razmerje.
- Nizko **dimenzijsko razmerje** povečuje odpornost drevesa, saj večji premer pri enaki višini pomeni boljše mehanske lastnosti debla, hkrati pa nižje težišče celotnega drevesa. Doseganje nižjih vrednosti dimenzijskega razmerja je neposredno povezano z gojitveno negovalnimi ukrepi v mlajših in izbiralnimi redčenji v starejših razvojnih fazah gozda. Nizko dimenzijsko razmerje lahko dosežemo s hitro debelinsko rastjo, ki pa je mogoča samo, če imajo drevesa dovolj veliko krošnjo. Z gojitvenimi ukrepi, ki zagotavljajo dovolj veliko krošnjo drevesu skozi celotno obdobje njegovega razvoja, lahko dosežemo tudi ciljno nizka dimenzijska razmerja.

Raven sestoja

- Starost sestoja pomembno vpliva na njegovo odpornost. Drevesa v fazah letvenjaka ali drogovnjaka imajo višje dimenzijsko razmerje, hkrati pa so te faze v večini gojitvenih zvrsti relativno homogene v smislu vertikalne in horizontalne strukture. Če v teh sestojih izvajamo **redčenje**, zmanjšamo njihovo kolektivno odpornost na zunanje vplive. Občutljivost takih sestojev za žledolom je povečana še vsaj 5 let po ukrepu, zato je pomembno, da ne redčimo na večjih površinah istočasno. Če želimo izboljšati odpornost mlajših sestojev, je pomembno, da redčenja izvajamo na manjših površinah in pogosteje. Obenem je pomembno, da začnemo dovolj zgodaj, saj zamujena redčenja bolj zmanjšajo odpornost sestojev v primerjavi z rednimi.
- Klasično izbiralno redčenje lahko nadomestimo s **situacijskim redčenjem**, ki se izvaja v okviru minimalne nege. Pri tem načinu redčenja že v mlajših razvojnih fazah izbiramo manjše število ciljnih dreves (60–80 na ha), v ostalem delu sestoja pa ne ukrepamo. Z redčenjem poskrbimo, da imajo izbrana drevesa simetrične in globoke krošnje, saj na tak način povečujemo njihovo individualno odpornost. V sestoju imamo relativno enakomerno razporejene točke velike individualne odpornosti, hkrati pa tudi sklenjene dele, kjer je večja kolektivna odpornost.
- Naša analiza je potrdila manjše poškodbe sestojev s pestro debelinsko strukturo in raznomernostjo, kar kaže na to, da lahko večjo odpornost sestojev dosežemo z načrtnim vzpostavljanjem in vzdrževanjem **razgibane vertikalne, horizontalne in starostne strukture**. Vzgojo takega malopovršinsko raznomernega in raznodobnega gozda omogoča uporaba nekaterih zvrsti gojenja gozdov, kot so prebiralno gospodarjenje, gospodarjenje po načelih trajnega gozda in sproščene tehnike gojenje gozdov.
- Sestojno odpornost lahko povečamo tudi z ukrepi, ki posegajo v problematične elemente sestojev. Eden takih so **velika drevesa** z asimetričnimi krošnjami, ali pa večja obolela in poškodovana drevesa. Veliko tveganje v sestojih predstavljajo tudi osebk **pionirskih vrst** (breza, topoli), ki praviloma slabo prenašajo velike mehanske obremenitve in so lahko začetna točka serije porušitev dreves v sestoju (domino efekt). Z odstranjevanjem teh elementov se sestojna odpornost poveča. Sestojni element, ki je tudi problematičen v smislu zmanjševanja odpornosti, je oster **sestojni rob**. Njegov negativen učinek lahko zmanjšamo tako, da ga primerno vertikalno in horizontalno strukturiramo. V horizontalni smeri je pomembno, da robna črta ni ravna, vertikalno pa naj rob poševno prehaja iz spodnjih v zgornje plasti.

Zunanji dejavniki

- Izhajajoč iz naše raziskave so deleži izruvanih dreves večji na globokih tleh z malo površinske skalovitosti (skrilavci, peščenjaki, fliš), v globljih jarkih, na strmih pobočjih in deloma na grebenih.

Vsi našteti ukrepi so še posebej pomembni na območjih, kjer so zaradi zunanjih ekoloških dejavnikov poškodbe po žledu še posebej velike.

Okrevanje gozdov

Dušan Roženberger, Tom Nagel

Uvod in pregled literature

Sposobnost okrevanja (trdoživost) gozdnih ekosistemov se nanaša na sposobnost gozda, da po motnji okreva, ne da bi se mu pri tem bistveno spremenila podoba oziroma njegove značilnosti. Povedano drugače, pojem sposobnost okrevanja običajno opredeljuje sposobnost gozda, da se, upoštevajoč zadostno dolžino časa, povrne v stanje s podobno drevesno sestavo in zgradbo. Obenem je pomembna tudi hitrost, s katero se gozdni ekosistem vrne v tako stanje, kot je bilo pred motnjo. Za lažjo ponazoritev te lastnosti jo v nadaljevanju predstavljamo na nekaj primerih gozdov v Sloveniji. Gozdovi z naravno drevesno sestavo in v katerih gospodarimo malopovršinsko, kot so na primer dinarski jelovo-bukovi gozdovi, bi v splošnem morali imeti razmeroma visoko sposobnost okrevanja, ker obstaja verjetnost, da bodo tudi po večji motnji v njih ostala nepoškodovana številna jedra že obstoječega pomladka ter podstojna drevesa, ki se lahko razmeroma hitro razvijejo v naslednji odrasel sestoj s podobno zgradbo in drevesno sestavo, kot jo je imel predhodni sestoj (Slika 22).



Slika 22: Sestoj jelke, bukve in smreke po vetrolomu leta 2004 v Dinarskih gozdovih. Sestoj ima veliko sposobnost okrevanja, ker je kljub popolni poškodovanosti zgornje drevesne plasti v spodnji plasti dovolj preživelih dreves bukve, ki bodo relativno hitro zastrla tla in tvorila nov sestoj

Gozdovi s homogenejšo vertikalno in starostno strukturo in manj ohranjeno drevesno sestavo pa bodo, ravno nasprotno, imeli nizko sposobnost okrevanja. Dober primer takih gozdov so lahko pogoreli nasadi črnega bora ali smrekove monokulture po gradaciji podlubnikov (Slika 31, B). V obeh omenjenih

gozdnih tipih je prisotnost obstoječega pomladka in dobro razvitih podstojnih dreves manj verjetna, hkrati pa je drugačna lahko tudi vrstna sestava novonastale populacije dreves (npr. sestoji navadne robinije po požarih na Krasu ali veliko zastiranje vrst iz rodu *Rubus*, ki ovira ponovni razvoj drevesnega mladja). Posledično bi bilo okrevanje takih gozdov brez človekovega posredovanja počasno in bi lahko prevladale nezaželenе vrste. Koncept sposobnosti okrevanja gozdov je v povezavi z žlednimi ujmami precej edinstven, saj žledolomi redko povzročijo velikopovršinsko odmrtnje dreves v strehi sestoja, temveč se njihov vpliv običajno odraža v obliki srednje do močno poškodovanih krošenj dreves, ki pa sicer preživijo.

Večina raziskav žledolomov v gozdovih je proučevala vzorce neposredne poškodovanosti in odpornost dreves ter sestojev na poškodbe (pregled v tretjem poglavju), medtem ko je le nekaj raziskav proučevalo sposobnost okrevanja gozdov na drevesni in sestojni ravni. Kljub temu je razumevanje sposobnosti okrevanja, zlasti na drevesni ravni, ključnega pomena za sprejemanje ustreznih odločitev pri gospodarjenju z gozdovi po žledolomih. Ker žled pogosto povzroči močne poškodbe krošenj tudi pri preživelih drevesih, je treba za različne stopnje poškodovanosti dreves poznati tako njihovo dolgoročno stopnjo preživetja kot tudi to, kako poškodovana drevesa obnovijo svoje krošnje in kakšne so dolgoročne posledice za kakovost lesa. Kljub temu da podobno kot pri raziskavah o odpornosti večina dostopne literature izvira iz Severne Amerike, ta ponuja dragocen vpogled v sposobnost okrevanja oziroma obnovo dreves po žledolomu.

Stopnjo odmiranja dreves z različno stopnjo poškodovanosti krošnje so dokumentirali le v nekaj raziskavah. Shortle in sod. (2003) so na primer pri drevesih vrste *Betula papyrifera* z več kot 75% izgubo krošnje ugotovili 62% smrtnost, medtem ko so imele poznosukcesijske vrste, kot so vrste iz rodov *Acer* in *Fraxinus*, z močno poškodovano krošnjo v obdobju štirih let skoraj 100% stopnjo preživetja. Nyland in sod. (2016), ki so smrtnost spremljali skozi desetletno obdobje, so pri drevesih vrste *Acer saccharum* z več kot 50% izgubo krošnje ugotovili od 3% do 8% smrtnost. Turcott in sod. (2012) so ugotovili, da so imela močno poškodovana drevesa (z več kot 67% izgubo krošnje) 70% verjetnost za odmrtnje znotraj obdobja šestih let po žledolomu in da so vrste iz rodu *Quercus* imele značilno višjo stopnjo mortalitete kot vrste iz rodu *Acer*. York in Adams (2005) sta poročala, da je večina dreves vrste *Pinusbanksiana* z več kot 75% izgubo krošnje odmrla v dveh ali treh letih po žledolomu. Navedene raziskave nakazujejo, da je pri drevesih z močno poškodovanimi krošnjami (tj. več kot 70% izguba krošnje) kratkoročna (prvih pet let po žledolomu) smrtnost višja kot pri nepoškodovanih drevesih, vendar je celo pri močno poškodovanih drevesih smrtnost presenetljivo nizka. Obenem te raziskave jasno kažejo, da smrtnost dreves, poškodovanih zaradi žleda, med vrstami močno variira.



Slika 23: Odganjanje različnih drevesnih vrst 3 rastne sezone po poškodbah krošenj v žledolomu leta 2014. Dobro odganjata gorski javor (zgoraj levo) in bukev (spodaj levo), veliko slabše pa trepetlika (desno)

Sposobnost preživetja dreves z močno poškodovanimi krošnjami je verjetno povezana z njihovo sposobnostjo, da si obnovijo krošnjo ([Shortle in sod. 2003](#)). Drevesne vrste po poškodbah krošnje znova odženejo v obliki epikormskih vej vzdolž glavnega debla in v krošnji. Zmožnost tvorjenja epikormskih vej je v veliki meri odvisna od drevesne vrste (Slika 23). Mnogi listavci tako na primer razvijejo epikormske veje po poškodbah krošnje, medtem ko imajo to sposobnost le redki iglavci. Poleg tega so število nastalih poganjkov, njihov razvoj in preživetje odvisni od številnih drugih dejavnikov, kot so socialni položaj, višina drevesa, jakost poškodb in svetlobne razmere ([Kraemer in Nyland 2010](#), [Nyland in sod. 2016](#)). Izsledki maloštevilnih raziskav iz Severne Amerike, v katerih so proučevali obnovo krošenj po žledolomu, nakazujejo velike medvrstne razlike. V nadaljevanju je predstavljen kratek povzetek njihovih glavnih ugotovitev. Shortle in sod. (2003) so ugotovili, da so vrste iz rodu *Fraxinus* odgnale zelo močno, sledile so jim vrste iz rodu *Acer*, medtem ko je vrsta *Betula papyrifera* razvila malo novih poganjkov. Turcotte in sod. (2012) so poročali, da je imelo 9 let po žledolomu 95 % vseh poškodovanih dreves epikormske veje in da so vrste iz rodu *Quercus* razvile več poganjkov kot vrste iz rodu *Acer*. Duguay in sod. (2001) so eno leto po žledolomu ugotovili, da je imelo 53 % poškodovanih dreves epikormske veje; najmanj novih poganjkov je imela vrsta *Fagus grandifolia*, največ pa so jih imele vrste iz rodu *Acer* in vrsta *Quercus rubra*. Dve leti po žledolomu so Brommitt in sod. (2004) ugotovili, da je za vrste iz rodu *Prunus* in *Acer* ter za nekatere vrste iz rodu *Quercus* značilno da razvijejo zelo veliko novih poganjkov, medtem ko je bila sposobnost za razvoj novih poganjkov pri vrsti *Fagus grandifolia* in vrstah iz rodu *Populus* nižja. Na podlagi teh izsledkov je mogoče zaključiti, da so medvrstne razlike v sposobnosti tvorjenja novih poganjkov po poškodbah velike in da celo močno poškodovana drevesa pri večini listavcev preživijo ter po žledolomu obnovijo svoje krošnje (Slika 24).



Slika 24: Gorski javor (levo drevo) odganja veliko bolj intenzivno kot bukev (desno drevo)

Okrevanje zaradi od žleda poškodovanih gozdov je lahko hitro, predvsem ker ima večina listavcev razvito sposobnost tvorjenja novih poganjkov. Okrevanje sestojev v negospodarjenih gozdovih po žledolomu so skozi daljše časovno obdobje proučevali v maloštevilnih raziskavah na območju Severne Amerike. V bukovo-javorovih gozdovih (ang. *Fagus-Acer* forests) sta Arii in Lechowicz (2007) po močnem žledolomu proučevala spremembe svetlobnih razmer v spodnji sestojni plasti; poročala sta, da se je odprtost sestojnega sklepa, ki je bila pred žledom 7,7 %, po žledu povečala na 16,6 %, in da se je po treh letih sestojni sklep povrnil v prvotno stanje. V enakem tipu gozdov so Takahashi in sod. (2007) po močnem žledolomu sedem let spremljali njihovo razvojno dinamiko; pri tem so ob zmanjšanju sestojne temeljnice poročali tudi o uspešni vrsti obstoječega pomladka sencovzdržnih drevesnih vrst, pri čemer je vrstna sestava ostala nespremenjena. Prav tako so tudi Darwin in sod. (2004) ugotovili, da je žledolom povzročil sprostitev obstoječega sencovzdržnega pomladka in da sta se zgradba in sestava gozda hitro povrnila v stanje, ki je bilo pred motnjo. V izsledkih 16 let trajajoče raziskave v bukovo-javorovih gozdovih so De Steven in sod. (1991) poročali o povečani vrsti obstoječega sencovzdržnega pomladka; njihovi izsledki nakazujejo, da je motnja pospešila sukcesijo v smeri prevlade vrst iz rodu *Acer* in vrste *Fagus grandifolia*, z izjemo površin z močno poškodovanim sestojnim sklepom, na katerih so se pomladile svetloljubne vrste, ki so druge vrste v razvoju nadvladale. Whitney in Johnson (1984) sta v svoji raziskavi borovo-hrastovih gozdov (ang. *Pinus-Quercus* forests)

ugotovila, da je na območjih, kjer se je sklep sestoja obdržal kljub motnji, prišlo do majhnih sprememb zgradbe in drevesne sestave in da je na območjih z močno poškodovanimi bori v strehi sestoja motnja pospešila sukcesijo v smeri prevlade hrastov. V eni od opravljenih raziskav v evropskem prostoru so okrevanje gozdov po žledolomu proučevali skozi dvajsetletno obdobje, in sicer v bukovih gozdovih v Nemčiji ([Heinrichs in sod. 2012](#)); v dveh desetletjih po motnji so imela glavno vlogo pri okrevanju preživela drevesa bukve, ki so obnovila krošnje, in njen pomladek, ki se je razvil v sestojnih vrzelih, nastalih v motnji.



Slika 25: Letalska posnetka posledic žledoloma leta 2014 (A, datum posnetka, 19. 7. 2014, Atlas Okolja), ko so bila drevesa bukve močno poškodovana, in istega območja 2 leti kasneje (B, datum posnetka 25. 9. 2016, Google Earth) v okolici Razdrtega, ki kažeta veliko sposobnost bukve, da obnovi svojo krošnjo in sestoje

Vse opisane raziskave nakazujejo, da imajo gozdovi zelo veliko sposobnost okrevanja po žledolomu (Slika 25). Na območjih, za katera je značilna velika poškodovanost krošenj, se zgradba in drevesna

sestava gozdov hitro povrneta v stanje, kot je bilo pred motnjo, in pogosto se učinek poškodb krošenj odrazi v pospešeni vrsti obstoječega sencoizržnega pomladka. Z izjemo sestojev, v katerih je odmrlo zelo veliko dreves strehe sestoja (npr. površine z izrivanimi in prelomljenimi drevesi), v žledolomu nastale sestoje vrzeli ne omogočajo vrsti svetloljubnih drevesnih vrst, saj takšne vrzeli pogosto niso dovolj obstojne in se prehitro zaprejo.

Pomembno je še, da je bila večina navedenih raziskav opravljena v raznodobnih gozdovih, v katerih ni bilo gospodarjenja, s čimer je tudi po močnih poškodbah sklepa sestoja dobro razvita spodnja plast sestojev omogočila hitro povrnitev v stanje, ki je bilo pred žledom. Enodobni sestoji imajo verjetno v primeru močnih poškodb sklepa sestoja nižjo sposobnost okrevanja, ker v njihovi spodnji plasti ni skupin pomladka različnih starosti in podstojnih dreves.

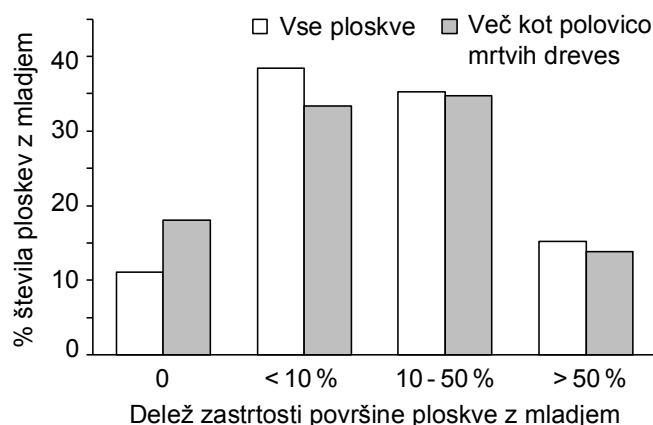
Sposobnost okrevanja slovenskih gozdov po žledolomu leta 2014 – rezultati in razprava

V okviru projektne raziskave nismo obravnavali sposobnosti preživetja in obnavljanja krošnje za posamezna drevesa. Kljub temu smo v tem času izvedli dodatno raziskavo na to temo in rezultate predstavljamo v nekaj naslednjih odstavkih. Raziskavo smo izvedli na štirih lokacijah v gozdovih, ki so bili močno prizadeti po žledu (Rožnik, Oblakov gozd, Tolmin in Razdrto). Od skupaj 404 dreves bukve z različnimi poškodbami krošnje jih je samo 3 % odmrlo tri rastne sezone po poškodbah zaradi žledoloma. Od skupaj 190 dreves gradna jih je v zadnjih treh letih odmrlo 13 %, od skupaj 51 dreves gorskega javorja pa 2 %. Vsa odmrla drevesa so imela več kot 75 % krošnje poškodovane. Take poškodbe je imela tudi več kot polovica preživelih dreves, kar kaže na veliko sposobnost dreves, da si opomorejo, tudi če so močno poškodovana. Podobno so za pozno sukcesijske drevesne vrste ugotovili tudi tuji raziskovalci. Za vsako drevesno vrsto smo analizirali tudi sposobnost odganjanja po poškodbi krošnje (v nadaljevanju odganjanje) in obnove krošnje po treh rastnih sezonah. Preliminarni rezultati kažejo, da je povprečni dolžinski prirastek epikormskih poganjkov bukve po poškodbi krošnje 17 cm, gradna pa 19 cm na leto. Pri gradnu smo zabeležili večje gostote šopov poganjkov, še posebej na deblu. Še močnejše odganjanje smo zabeležili pri gorskem javorju, pri katerem je bil povprečni dolžinski prirastek na leto kar 61 cm (Slika 24).

Na podlagi naših rezultatov ima večina listavcev sposobnost preživetja in močnega odganjanja, so pa tudi tu izjeme, kot je na primer trepetlika (Slika 23). Letalski posnetki takoj in nekaj let po ujmi kažejo, da je sposobnost okrevanja bukovih sestojev velika. To potrjujejo posnetki okolice Razdrtega, kjer so bili bukov gozdovi močno poškodovani po žledolomu leta 2014 (Slika 25). Kljub veliki sposobnosti okrevanja pa nimamo podatkov, kako take poškodbe vplivajo na kakovost lesa, saj raziskav na to temo ni. Domnevno naj bi bila okuženost debel močno poškodovanih dreves z glivami večja, saj imajo te po velikih poškodbah veliko možnosti za vdor v debla. Navedeno delno potrjuje tudi tuja znanstvena literatura (Kraemer in Nyland 2010, Shortle in sod. 2003), vendar študij, ki bi dolgoročno spremljale učinke žledoloma na pojavljanje razkroja v drevesnih deblih, primanjkuje. Vsekakor že pojavljanje epikormskih poganjkov po deblu (še posebej pri hrastih) močno negativno vpliva na kakovost hlodovine.

Sestoji, kjer so bile krošnje dreves močno poškodovane, so pokazali veliko sposobnost okrevanja in okrevanje s pomočjo odganjanja. V sestojih, kjer je bilo veliko dreves izruvanih ali prelomljenih, pa te možnosti ni, sposobnost okrevanja sestojev pa je močno odvisna od prisotnosti pomladka in preživelih podstojnih dreves.

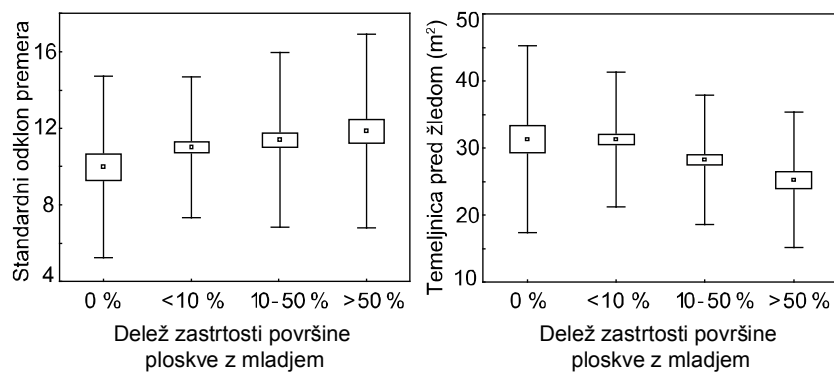
Na raziskovalnih ploskvah smo proučevali tudi pomlajevanje in ugotovili, da je bila polovica ploskev v času raziskave slabo pomlajenih (Slika 26). Delež ploskev brez mladja, na katerih je zaradi žledoloma odmrlo vsaj 50 % odraslih dreves, je bil okoli 20 %.



Slika 26: Delež v številu ploskev glede na površinsko zastiranje mladja na ploskvah, skupaj za vse ploskve, kjer se je mladje pojavljalo, in posebej za tiste ploskve, na katerih je bilo v drevesni plasti mrtvih vsaj 50 % odraslih dreves

Sposobnost okrevanja je na teh ploskvah močno zmanjšana, njeno izboljšanje pa odvisno od hitrosti naravnega pomlajevanja in morebitne umetne obnove.

Odstotek zastiranja mladja na ploskvah je bil značilno povezan s temeljnico (KW, $p = 0,0008$) in standardnim odklonom povprečnega premera (KW, $p = 0,0378$) na ploskvi pred ujmo.



Slika 27: Temeljnica (levo) in standardni odklon (desno) povprečnega premera na ploskvi glede na delež zastrtosti ploskve z mladjem

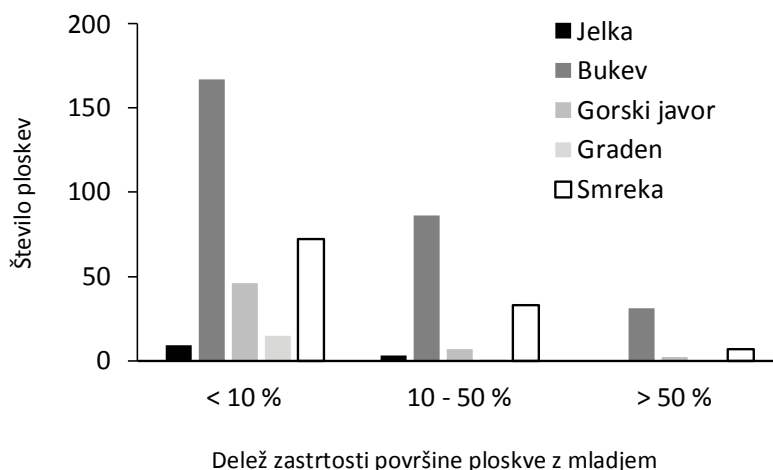
Zastiranje mladja je bilo večje na ploskvah z manjšo temeljnico in večjo pestrostjo premerov dreves zgornje drevesne plasti, kar potrjuje, da so pestri sestoji z manjšimi temeljnicami odpornejši (tudi delež poškodovanih dreves je bil značilno večji pri večjih temeljnicah (Slika 11), obenem pa sposobni hitrejšega okrevanja (Slika 27).

Preglednica 7: Deleži števila ploskev (%), na katerih je bilo mladje posamezne drevesne vrste, prevladujoče v zastiranju, na 2. ali 3. mestu glede zastiranja. Prikazane so samo drevesne vrste, ki so se pojavljale na več kot 1 % ploskev

	Prevladujoča	2. prevladujoča	3. prevladujoča
Bukev	60	14	11
Mali jesen	9	11	9
Navadna smreka	9	25	9
Črni gaber	5	8	7
Beli gaber	5	7	4
Gorski javor	4	8	12
Mokovec	2		
Pravi kostanj	1	3	6
Veliki jesen	1	6	7
Graden		3	6
Jelka		2	3
Mokovec		2	4
Lipovec		2	1
Cer		2	3
Črna jelša		1	2
Jerebika		1	4
Maklen			3
Rdeči bor			2
Črni bor			1
Ostalo	4	5	6
Skupaj %	100	100	100
N	386	261	141

Vrste, ki prevladujejo na ploskvah v mladju, kažejo, kakšni so potenciali za razvoj gozda na območju žledoloma. Na vseh ploskvah, kjer je bilo razvito pomlajevanje, je bila bukev dominantna v plasti mladja (Preglednica 7). Od gospodarsko zanimivih drevesnih vrst sta se kot prevladujoča pojavljala še smreka z 9 in gorski javor s 4% deležem v številu ploskev. Vrstna pestrost je bila največja v skupini

spremljevalnih drevesnih vrst (3. prevladujoča vrsta v zastiranju). Kot pomembne spremljajoče vrste se pojavljajo smreka, gorski javor in mali jesen.



Slika 28: Število ploskev s pojavljanjem posamezne drevesne vrste v mladju, glede na njeno zastiranje

Edini drevesni vrsti, ki sta se pojavljali na več kot 50 % površin ploskev v mladju, sta bukev in smreka. Gorski javor je zastiral več kot 50 % samo na 2 ploskvah. Jelka in gradén sta v vseh primerih zastirala le manjši delež površine ploskev (Slika 28), kar ni dobro, saj sta obe vrsti zaradi svojih lastnosti pomembni pri zagotavljanju večje sposobnosti okrevanja in prilagajanja na klimatske spremembe.

Gozdnogojitveni ukrepi za povečanje sposobnosti okrevanja gozda

Ukrepi za povečevanje sposobnosti okrevanja gozdov po žledolomu

Prvi ukrep v gozdu po večjih ujmah, kot je žledolom, je sanacijska sečnja. Glavni namen sanacije je izkoriščanje še uporabnega lesa poškodovanih dreves, zagotavljanje prevoznosti cest in preprečevanje namnožitve smrekovih podlubnikov. Čeprav med osnovnimi cilji sanacijske sečnje ni zagotavljanje določene drevesne sestave ali strukture bodočega sestoja, lahko z manjšimi prilagoditvami ukrepanja že v času sanacije naredimo veliko za izboljšanje odpornosti in sposobnosti okrevanja gozda. Nekateri ukrepi na območjih z močno poškodovanimi sestoji po žledolomu so:

- V poškodovanih sestojih **puščamo vse osebké**, ki imajo možnost preživetja. Mednje spadajo tako drevesa, ki so bila v sestoji dominantna, kot tudi drevesa, ki so bila v polnilnem sloju. Rezultati naše raziskave kažejo, da si drevesa listavcev s poškodovanostjo do 75 % krošnje v večini primerov opomorejo in z odganjanjem epikormskih poganjkov obnovijo krošnjo. Ta drevesa imajo pomembno vlogo pri zagotavljanju primernih klimatskih razmer v močno poškodovanih sestojih. Zaradi njihove prisotnosti se zmanjša odziv talne vegetacije in vrst rodu *Rubus*, kar daje boljše možnosti za razvoj naravnega pomladka. Čeprav lahko taka drevesa kasneje odmrejo, so v sestoji koristna tudi kot vir semena, hkrati pa lahko zamaknejo čas sanacijskega ukrepanja za več let, kar ohrani vrednost lesa in je ugodneje z vidika prodaje lesa. Drevesa, ki ne spadajo v zgornjo kategorijo in jih je smiselno odstraniti takoj po ujmi, pa so vsa poškodovana kakovostna drevesa z

veliko vrednostjo lesa in drevesa smreke. V prvem primeru lahko kljub relativni nepoškodovanosti pričakujemo razvoj epikormskih poganjkov po deblu in njegovo razvrednotenje, v drugem primeru pa je sečnja potrebna zaradi sanitarnih razlogov.



Slika 29: Drevo gradna v švicarski Juri, ki je ostalo pred 17 leti na sicer ogoleli površini gozda po orkanu Lothar. Drevo, ki je obnovilo svojo krošnjo z epikormskimi vejami, nima ekonomske vrednosti, vendar je v nastajajočem sestoju po ujmi dragocen vir semena, predstavlja zaščito za mlad gozd, hkrati pa ima pomembno habitatno vlogo

- Sposobnost okrevanja gozda lahko izboljšamo tudi s **pazljivo sanacijsko sečnjo**, pri čemer pazimo, da ne poškodujemo naravnega mladja, manjših, prej podstojnih dreves, pa tudi poškodovanih dreves, ki jih bomo v sestoju pustili. Dodatne poškodbe debla so za drevo bolj škodljive kot poškodbe krošnje. Cilj sanacijske sečnje naj zato ne bo samo odstranjevanje lesa, ki ga lahko prodamo, ampak tudi ustvarjanje primerno strukturiranih sestojev, ki bodo hitreje okrevali. Zaradi visokih stroškov sečnje in obnove je marsikje namesto obnove bolj smotrno gospodarjenje z ostanki sestojev po ujmah. Tudi močno poškodovana drevesa po ujmi dobro okrevajo in jih marsikje lahko vključimo v gozdnogojitvene cilje.
- Po opravljeni sanaciji je najpomembnejša skrb za primerno **pomlajevanje**, ki omogoča obnovo gozda. Kjer je to na razpolago, uporabljamo naravno mladje, pri čemer skušamo zagotoviti čim večjo drevesno pestrost, obenem pa dajemo prednost vrstam, ki so odpornejše na poškodbe zaradi žledoloma, pa tudi hitrorastočim svetloljubnim vrstam. Kot primerna vrsta, ki je odporna na žled in nima večjih težav s škodljivci, se kaže jelka. Vrsta, ki lahko hitro prehit talno vegetacijo, pa je

gorski javor. Pri naravnem mladju je včasih treba nekaj let, da se uveljavi, zato ne hitimo z umetno obnovo. Slednje ne velja za dobra rastišča brez pomladka, kjer je smotrno takojšnje ukrepanje.

- Posebno pozornost pri gojitveni obravnavi poškodovanih gozdov moramo nameniti **invazivnim tujerodnim drevesnim vrstam**, ki se pogosto pojavijo po velikopovršinskih motnjah. S svojo hitro rastjo in prilagojenostjo na ekstremnejše klimatske razmere lahko mestoma izrinejo domače vrste. Mednje sodijo predvsem robinija, visoki pajesen in manj pogosto pavlovnija ter ameriška češnja. Pomembno je, da zaznamo njihovo prisotnost in primerno ukrepamo za zmanjševanje njihove konkurenčnosti. Ker so vse brez izjeme svetloljubne, je najučinkovitejše ukrepanje v zgodnjih fazah njihovega razvoja.
- Na površinah, kjer ni ustreznega naravnega pomlajevanja, je smotrna izvedba **umetne obnove**. Izbiramo lokalne drevesne vrste in provenience, pri čemer imajo tudi tukaj prednost vrste, odporne na žled in ekstremnejše klimatske razmere (predvsem sušo). Smiselna je le saditev kakovostnih sadik, pri čemer je nujna kontrola časa in načina transporta sadik ter kakovosti njihove saditve. Uspeh umetne obnove, predvsem na bogatih rastiščih, je večji, če jo izvajamo takoj po ujmi, saj sta kasneje pritalna vegetacija in grmovna plast bistveno bolj razviti in je za uspeh potreben večji obseg direktnih negovalnih ukrepov v smislu priprave sestoja za saditev in večkratne obžetve. Uspeh saditve lahko povečamo tudi s saditvijo v skupine, kar zmanjšuje neposredno konkurenco pritalne vegetacije, z uporabo puljenk ali setvijo na izbrana mesta, vključno s pripravo tal.
- Ko se naravno ali umetno mladje uveljavi, okrevanje gozdov pospešimo tudi z ustrežno **negom mladega gozda**, ki mora biti dovolj pogosta od trenutka naprej, ko z njo začnemo. Glede na razmere in razpoložljiva sredstva imamo v grobem na razpolago tri možnosti: I) **Tradicionalna nega** po Schädelinu (1934), ki se trenutno izvaja v večini primerov na območju Slovenije; II) **Situacijska nega**, ki je smotrna po večjih ujmah zaradi velikih površin mladega gozda in omejenih sredstev ([Schütz 1996](#), [Ammann 1999](#), [Schütz 1999](#)). Tak način lahko zmanjša stroške nege, obenem pa dolgoročno zagotovi dovolj veliko število kakovostnih dreves. Glavne usmeritve situacijske nege so: i) Začetek ukrepov zamaknemo v čas po prvi naravni diferenciaciji v gošči. ii) V enovrstnih sestojih močno konkurenčnih vrst (smreka, jelka, bukev, javor) v odvisnosti od drevesne vrste začnemo z nego šele v starosti 15–30 let. iii) Že prvi ukrep izvajamo v smislu pozitivne izbire in pospešujemo do sto najvitalnejših dreves v zgornjem sloju, pri čemer upoštevamo približne razdalje med drevesi (8–12 m). iv) V sestojih, kjer so primešane bolj zahtevne vrste (češnja, oreh, hrasti), začnemo prej, in sicer v starosti 5–10 let. V tem primeru je dreves manj, razdalje med njimi pa večje (10–15 m). v) Na površini med izbranimi drevesi ne ukrepamo in pustimo nadaljevanje naravne diferenciacije. Ker pospešujemo manjše število dreves v kasnejši fazi razvoja, so stroški in tveganje izgube vloženih sredstev nekajkrat manjši v primerjavi s klasično nego. Tveganje je manjše tudi zaradi pospeševanja dominantnih dreves, ki so nadpovprečno vitalna in imajo manjše HD razmerje ter so zato mehansko odpornejša; III) Odziv na občasno togo sledenje optimalnim razdaljam med izbranci je bil razvoj **redčenja skupin** ([Busse 1953](#), [Kato 1972](#)). Pri tovrstnem negovalnem ukrepanju razdalje med izbranci niso pomembne, gojitelji pa pospešujejo skupine dreves in ne posameznih dreves. Podobne naravne procese lahko opazimo na zahtevnejših rastiščih, kjer sta medsebojna pomoč in tekmovanje med drevesi bolj uravnotežena, ali prva celo prevladuje. Poseben pomen ima Skupinska izbira v visokogorju, kjer so skupine in šopi dobro vidni. Razvoj takega načina gojenja izhaja iz Švice, kjer ga uporabljajo tudi kot standard pri negovanju visokogorskih gozdov ([Mayer in Ott 1991](#)).
- **Objedanje** jelenjadi in srnjadi zaviralno deluje na razvoj mladega gozda. Zmanjšuje njegovo priraščanje, vpliva na drevesno sestavo in mestoma onemogoča uspešen razvoj določenih drevesnih vrst. Gorski javor in jelka sta vrsti, ki imata pomembno vlogo pri povečevanju odpornosti in sposobnost okrevanja gozdov v Sloveniji. Obe sta pri velikih rastlinojedcih priljubljeni in zato močno poškodovani v mlajših razvojnih fazah. S primernimi ukrepi lahko poškodbe zmanjšamo. Najučinkovitejša je verjetno kombinacija ukrepov, ki bi vsebovala zmanjšanje gostot velikih rastlinojedcev, gojitvene ukrepe za povečevanje prehranskih kapacitet gozdov in neposredno zaščito umetnega in naravnega mladja.

Ukrepi za dolgoročno povečevanje sposobnosti okrevanja gozdov

Pogostost ujm in motenj različnih virov se v gozdovih povečuje, zato je pomembno, da jih obravnavamo kot sestavni del razvoja gozdnih ekosistemov. Kljub temu si želimo v gospodarskih gozdovih zmanjšati negativen vpliv, ki ga imajo na nekatere funkcije gozdov, zato je smotrno povečevanje in vzdrževanje sposobnosti okrevanja gozda vključiti med cilje gospodarjenja. Z nekaterimi ukrepi lahko povečamo sposobnost okrevanja v okviru normalnega gospodarjenja z gozdom:

- Hiter odziv na spremembe in takojšnja obnova sta značilnosti **vertikalno in horizontalno pestrih** sestojev. V takih sestojih so na celotni površini ali v manjših skupinah zastopana različno stara drevesa zgornje plasti, pa tudi drevesa nižjih plasti in mladje. Tudi spodnje plasti morajo biti vertikalno in starostno pestre. Nekatere zvrsti gojenja gozdov strukturo ustvarjajo že po definiciji (prebiralno gospodarjenje, gospodarjenje s sistemom trajnega gozda), drugje pa je smiselna postopna premena ali prilagoditve obstoječih zvrsti v smer večje strukturne pestrosti. To lahko ne glede na starost sestoja dosežemo z ustvarjanjem manjših sestojnih vrzeli, ki jih v različnih časovnih intervalih umeščamo v sicer homogene sestoeje. Namen takega ukrepanja je točkovno naravno pomlajevanje. Mladje je z vidika sposobnosti okrevanja verjetno najpomembnejša plast v sestoji. Naravno pomlajevanje lahko dopolnimo s saditvijo primernih vrst, ki nam jih sicer v sestoji primanjkuje.
- Če je sprememba zvrsti gojenja gozdov težko dosegljiva v krajšem času, lahko strukturo izboljšamo z negovanjem ali celo osnovanjem polnilne plasti. Po ujmi **polnilna plast** v nekaterih primerih predstavlja delno rezervo ali nadomestilo za poškodovano zgornjo drevesno plast. Tudi če to zaradi njene neprimerne drevesne sestave ali kakovosti ni mogoče, polnilna plast omogoča večjo gojitveno svobodo, saj nas pri odločitvah, kdaj in kje ukrepati v smislu obnove poškodovanih sestojev, ne ovirata močno razviti zeliščna in grmovna vegetacija.
- Sposobnost okrevanja gozdov je večja, če imajo večjo **pestrost drevesne sestave**. Več kot je v sestoji različnih drevesnih vrst, hitrejša bo reakcija na nepredvidljive pritiske okolja. Mednje ne sodijo samo žled ali ujme, ki mehansko ogrožajo gozdove, temveč tudi klimatske spremembe, glive in insekti, ki so velikokrat vrstno specifični glede svojih gostiteljev. Pestrost drevesne sestave je mogoče povečati tudi s saditvijo, pri čemer bi, glede na vse izkušnje, ki jih v Sloveniji imamo, morali v drevesni sestavi sadik zmanjšati delež smreke, povečati pa delež jelke, gradna in drugih rastiščem primernih drevesnih vrst.

Zaključki

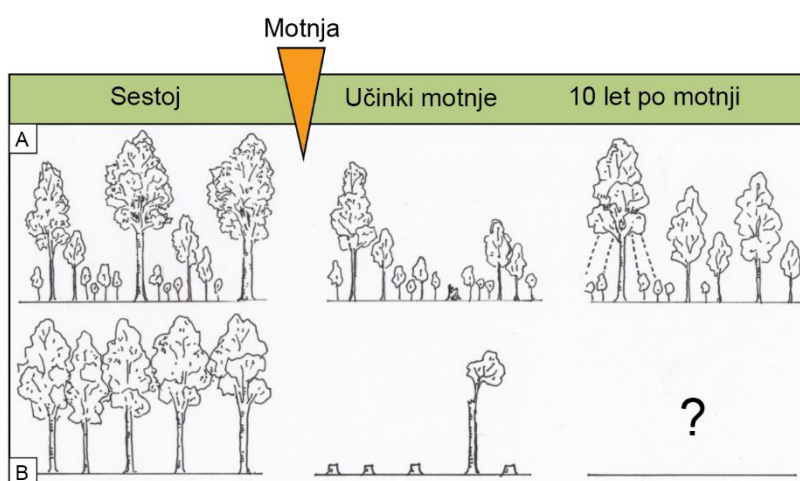
Tom Nagel, Dušan Roženberger

5.1 Uvod

Koncepta odpornosti in sposobnosti okrevanja dreves in gozdov v primeru žledoloma smo predstavili v predhodnih dveh poglavjih. V tem poglavju pa predstavljamo na podlagi sinteze obeh konceptov pripravljen konceptualni okvir, ki bo v pomoč pri oblikovanju upravljavskih strategij v za žledolom dovzetnih gozdovih. Ker so gozdovi v Sloveniji podvrženi številnim različnim dejavnikom, ki povzročajo motnje (žled, sneg, veter, podlubniki), in spreminjanju podnebnih razmer, smo poskusili znotraj obravnavanih upravljavskih strategij zajeti tudi podnebne spremembe in druge naravne motnje. Na koncu je predstavljena razprava na temo učinkov žledolomov z vidika ekoloških funkcij gozdov, predvsem ohranjanja biotske raznovrstnosti.

5.2 Primerjava odpornosti in sposobnosti okrevanja

Čeprav smo odpornost in sposobnost okrevanja predstavljali kot dve ločeni značilnosti ekosistemov, je pomembno pripomniti, da sta značilnosti v osnovi (intrinzično) povezani. Sposobnost okrevanja gozdnih sestojev je neposredno povezana z zgradbo po motnji preživelega gozda, ki pa je odvisna od njegove odpornosti. Povezavo lahko ponazorimo s preprostim konceptualnim modelom. Kadar je mortaliteta zaradi motnje v raznodobnih in enodobnih sestojih primerljiva v vseh velikostnih razredih (npr. v primeru motnje, ki povzroči odmrtnje dreves v strehi sestoja), bosta imela oba sestojna tipa podobno odpornost, vendar bodo raznodobni sestoji imeli večjo sposobnost okrevanja (Slika 30).



Slika 30 Diagram razvoja sestojev, ki prikazuje razlike v odpornosti in sposobnosti okrevanja raznovernega in raznodobnega (A) ter enovernega in enodobnega (B) sestoja z drevesno vrsto, ki ima omejeno prostorsko širjenje semena (npr. bukev) po večji motnji (žledolom). V obeh sestojih je po ujmi prišlo do popolne odstranitve dreves zgornje plasti, kar kaže na njuno podobno odpornost. Po 10 letih razvoja je v raznodobnem sestoju že

nekaj dreves, ki semenijo, spodnje sestojne plasti pa so dobro razvite. V enodobnem sestoju je, če ni virov semena, potrebna umetna obnova, kar potrjuje, da je trdoživost oziroma sposobnost okrevanja raznodobnih sestojev večja (Prirejeno po O'Hara in Ramage, 2013)

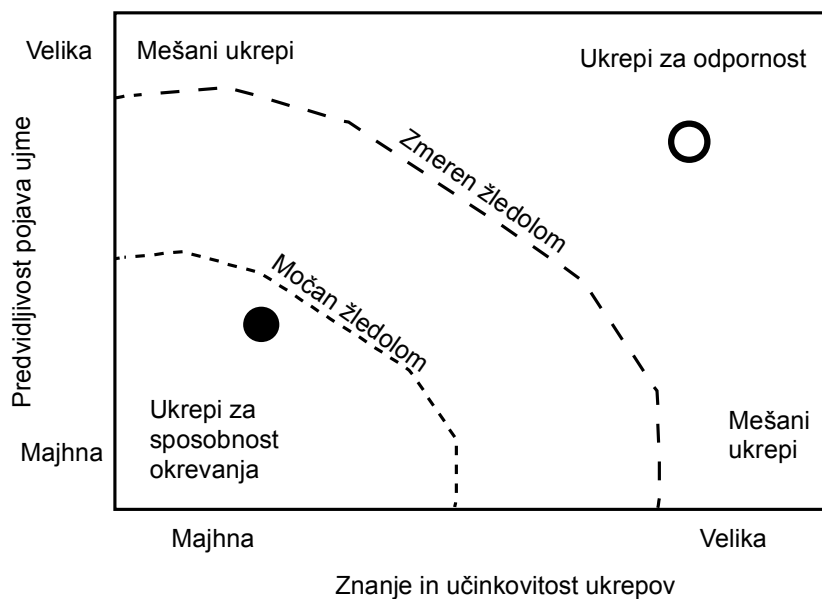
Primeri gozdnih sestojev, ki so imeli nizko stopnjo odpornosti na žled in veliko mortaliteto zaradi podlubnikov v obdobju 2015–2016, obenem pa majhno sposobnost okrevanja, so v Sloveniji razmeroma običajni (Slika 31).

Ena izmed najpomembnejših odločitev upravljavcev z gozdovi je določitev stopnje, do katere naj bo gospodarjenje v sestojih usmerjeno v zmanjšanje tveganja (tj. ustvarjanje odpornih sestojev) oziroma v povečanje sposobnosti okrevanja. Čeprav sta odpornost in sposobnost okrevanja povezani, se upravljavske strategije, usmerjene v vsako posamezno značilnost (obravnavano v tretjem in četrtem poglavju), v bistvu razlikujejo.



Slika 31: Dva primera sestojev s slabo odpornostjo in trdoživostjo v Sloveniji: A) žledolom v sestoji bukve brez podstojnih dreves in B) enodobni sestoj čiste smreke po žledolomu leta 2014, napadu podlubnikov in sanitarni sečnji

Na odpornosti temelječe gospodarjenje je v prvi vrsti osredotočeno na oblikovanje zgradbe in drevesne sestave gozdov pred motnjo, medtem ko je gospodarjenje, temelječe na sposobnosti okrevanja, v večjem delu osredotočeno na sestavne dele gozdov in procese, ki so pomembni po motnji. Kljub trenutnemu splošnemu soglasju med znanstveniki in med upravljavci, da je upoštevanje povečano negotovost zaradi podnebnih sprememb in naključnega značaja režimov motenj, ki bodo zaradi podnebja spremenjeni, potreben premik v smeri gospodarjenja, temelječega na sposobnosti okrevanja ([Millar in sod. 2007](#), [O'Hara in Ramage 2013](#)), pa še vedno obstajajo situacije, kjer na odpornosti temelječe gospodarjenje lahko predstavlja ustrezno izbiro.



Slika 32: Konceptualni (miselni) okvir kot pripomoček za upravljalce pri odločanju o primernosti ukrepov, ki temeljijo na odpornosti oziroma na sposobnosti okrevanja. Kadar so za povečanje odpornosti na razpolago učinkoviti upravljalški ukrepi in je stopnja predvidljivosti prihodnje motnje visoka, bi morali podpirati uporabo ukrepov, ki temeljijo na odpornosti. Ravno nasprotno pa se v primeru, ko učinkovitih ukrepov za povečanje odpornosti primanjkuje in je prostorska in časovna pojavnost motenj izrazito naključna, priporoča uporaba na sposobnosti okrevanja temelječih ukrepov. Prazen krog predstavlja hipotetično umestitev za nasad smreke na nizki nadmorski višini, kjer obstaja zaradi napada podlubnikov visoko tveganje za mortaliteto in so na razpolago učinkoviti ukrepi (posek smreke in nadomestitev s primernimi vrstami). Poln krog predstavlja čist bukov sesto v Sloveniji na območju s pogostejšim pojavljanjem žleda, kjer naj ima sposobnost okrevanja prednost. Črtkane črte ponazarjajo, da je v upravljanju pri povečevanju jakosti žledoloma potreben premik v smeri ukrepov, ki temeljijo na sposobnosti okrevanja. Slika je prirejena po Seidl (2014)

Seidl (2014) je v svojem članku predstavil uporaben miselni okvir, ki združuje oba upravljalška koncepta, gospodarjenje, temelječe na odpornosti, kot tudi tisto, temelječe na sposobnosti okrevanja, pri čemer upošteva razmere, v katerih je posamezna strategija bolj smiselna in priporočljiva. Miselni okvir temelji na predvidljivosti tveganja oziroma sposobnosti predvidevanja, kdaj se bo motnja zgodila, in na razpoložljivem znanju in učinkovitosti upravljalških ukrepov, ki jih lahko uporabimo za zmanjšanje vpliva posameznih motenj (Slika 32). Kadar je stopnja predvidljivosti pojava motenj visoka in so na razpolago učinkoviti upravljalški ukrepi, je smiselno uporabiti upravljalške ukrepe, ki dvigujejo odpornost in pospešujejo zmanjšanje tveganja. Dober primer so smrekovi sestoji v nižinah (Slika 33); z razmeroma visoko gotovostjo lahko napovemo, da bo v teh sestojih zaradi spreminjajočih podnebnih razmer v prihodnosti povečano tveganje za gradacije podlubnikov, zato bi bilo smiselno tveganje upoštevati in z gospodarjenjem zmanjševati obseg možnih poškodb. Takšno ukrepanje bi preprosto lahko vključevalo posek odraslih smrek v bližnji prihodnosti in nadomestitev z ustreznimi listavci. Kadar je stopnja predvidljivosti pojava motenj nizka in so upravljalški ukrepi manj učinkoviti, pa je ravno nasprotno bolj smotrno uporabljati ukrepe, ki povečujejo sposobnost okrevanja. V skladu z navedenim je tudi upravljanje gozdov z vidika žledolomov. Čas in lokacijo prihodnjih žledolomov je težko napovedati, učinkovitost upravljalških ukrepov za vzgojo na poškodbe odpornih gozdov pa je omejena, še posebej ob žledolomih visokih jakosti.

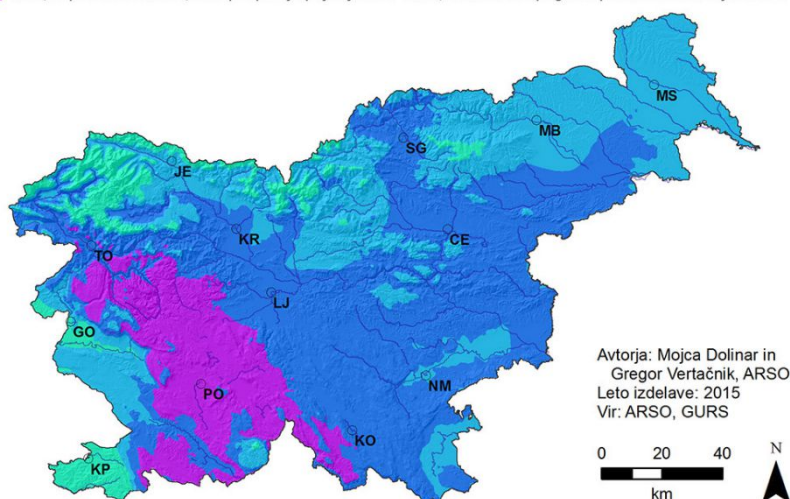


Slika 33: Odmiranje smrekovih sestojev zaradi smrekovega lubadarja v pretežno bukovih gozdovih, poškodovanih v žledolomu leta 2014 (Fotografija: Milan Kobal)

Z vidika žledolomov bi bila lahko uravnotežena raba ukrepov za povečevanje odpornosti in sposobnosti okrevanja primerna na nekaterih specifičnih območjih Slovenije, predvsem na območjih, na katerih se razmeroma pogosto ponavljajo močni žledolomi (Slika 34). Na takšnih območjih bi lastniki gozdov za posek izbirali za poškodbe dovzetna drevesa (npr. velika drevesa v strehi sestoja, rastoča na pobočju in z asimetrično krošnjo), s čimer bi zmanjšali tveganje in s pospeševanjem razvoja dreves v spodnji plasti izboljšali sposobnost okrevanja.

Ogroženost zaradi žleda. Obdobje: 1961-2014

- Žled se ne pojavlja, ali se pojavlja zelo redko in v tanjših plasteh tako, da ne povzroča škode.
- Žled se pojavlja, vendar zelo redko (enkrat na 10 let) povzroči manjšo škodo.
- Žled se pojavlja pogosto in v povprečju na 3 leta povzroči škodo.
- Žled, ki povzroča škodo, se v povprečju pojavlja na 1-2 leti, razmeroma pogosto povzroči tudi večjo škodo.



Slika 34: Ogroženost zaradi žleda v Sloveniji. Vir: ARSO, GURS

Raziskava Goodnowa in sodelavcev (2008), v kateri so z modeliranjem proučili različne odločitve lastnikov, ponuja koristen vpogled v tematiko. Razvili so model, ki opisuje povezavo med poškodovanostjo gozdov zaradi žledoloma, upravljavskimi odločitvami (npr. proizvodna doba, sestojna gostota, čas in jakost redčenj), kakovostjo rastišča in okoliščinami, v katerih žledolom nastane. Za različne scenarije z in brez žledolomov so določili optimalno upravljanje, pri čemer je bila poškodovanost odvisna od odločitev lastnika pred pojavom žledoloma. Rezultati modela so nakazali, kakšna stopnja poškodovanosti je potrebna, da je sprememba upravljavskih odločitev za lastnika smiselna. Njihovi izsledki kažejo, da so potencialne koristi ukrepov z namenom zmanjšanja poškodovanosti sestojev zaradi žledoloma pogosto manjše kot potencialne izgube zaradi njih, ki nastanejo če žledoloma ni. Poleg tega je tudi v primerih, ko je verjetnost za pojav žledoloma visoka (kjer potencialne koristi od upravljavske strategije, ki poskuša zmanjšati poškodbe zaradi žledoloma, presegajo potencialne izgube ob neupoštevanju žledoloma), model pokazal, da so razlike majhne in ne upravičujejo gospodarjenja v smislu blaženja poškodb. Zato v svojih zaključkih predlagajo, da naj lastniki nadaljujejo z uveljavljenimi upravljavskimi praksami, počakajo do pojava žledoloma in takrat sprejmejo ustrezne upravljavske odločitve glede poškodovanih sestojev. Čeprav modeli, uporabljeni v raziskavi, niso bili kalibrirani za drevesne vrste in raznodobne zgradbe, ki so značilne za slovenske gozdove, pa potrjujejo tezo o smotrnosti uvajanja ukrepov za povečevanje sposobnosti okrevanja slovenskih gozdov.

5.3 Ekološke funkcije

Glede na to, da smo v dosedanjih poglavjih o odpornosti in sposobnosti okrevanja ter v smernicah za upravljanje, ki so sledile, vsebine predstavili zgolj z vidika lesno-proizvodne funkcije oziroma z ekonomskega vidika, smo se zaradi zavedanja pomena drugih vidikov odločili, da del tega poglavja namenimo ekološkim funkcijam gozdov. Mediji in javnost velike naravne motnje pogosto dojemajo kot nekaj »slabega« in »škodljivega«, vendar so motnje, tudi velikopovršinski dogodki velikih jakosti, naravni procesi v vseh gozdnih ekosistemih ([Turner in sod. 1998](#), [Kulakowski in sod. 2017](#)). Žledolom leta 2014 je bil z vidika lastnikov gozdov negativen dogodek. Z vidika ekologije gozdnega ekosistema pa je šlo zgolj za naravni pojav in spremembe v strukturi tega ekosistema (velja pa, da so tovrstni pojavi zaradi podnebnih sprememb vse pogostejši). Za avtohtono biotsko raznovrstnost, ki se je razvijala v razmerah, ustvarjenih z naravnimi režimi motenj, so motnje posebnega pomena. Mnoge avtohtone vrste za preživetje potrebujejo specifične razmere, kot so povišano svetlobno sevanje v spodnji plasti sestoja, odmrli les in razgaljena tla (npr. gomile izruvanih dreves), ki nastanejo zaradi motenj. Za saproksilne organizme, ki potrebujejo velike količine odmrlega lesa za hrano ali habitat, je to še posebej pomembno. Ker je v povprečju količina odmrlega lesa v slovenskih gozdovih razmeroma nizka, bodo imela, v žledolomu leta 2014 odmrli oziroma poškodovana nepospravljena drevesa, verjetno pomemben vpliv na populacije saproksilnih vrst, vključno z mnogimi ogroženimi vrstami hroščev in gliv. Kljub temu je za določitev dejanskega vpliva žledoloma (2014) na razporeditev in bogastvo biotske raznovrstnosti potreben sistematičen monitoring.

Žledolom leta 2014 je poleg sprememb v biotski raznovrstnosti povzročil tudi izjemne spremembe v zgradbi in sestavi gozdov, ki jih lahko prav tako, še posebno v primeru združene rabe z ustreznimi gozdnogojitvenimi ukrepi, obravnavamo kot koristne oziroma uporabne (Slika 35). Mnogi v žledolomu poškodovani gozdni sestoji so utrpeli poškodbe srednjih jakosti (Nagel in sod. 2016), pri čemer je veliko dreves strehe sestoja preživel in povzročilo nastanek odprtih, strukturno kompleksnih sestojev.



Slika 35: Poškodbe, povzročene v žledolomu leta 2014, bi lahko izkoristili tudi kot priložnost za oblikovanje prihodnjih gozdov, tako da bodo imeli večjo sposobnost okrevanja po motnjah in bodo bolj prilagojeni na podnebne spremembe

V takšnih novih sestojnih razmerah vidimo tri zelo pomembne koristi: i) Razmere v bolj odprtih sestojih bi v kombinaciji z nego lahko omogočile in vzpodbudile vrast dreves svetloljubnih listavcev, ki imajo lahko veliko ekonomsko vrednost (npr. hrast, javor, jesen, brest). ii) V odprtih sestojih se bodo razvile nove skupine drevesnega mladja, kar bo pripomoglo k povečanju sposobnosti okrevanja in pospešilo prilagajanje na podnebne spremembe (Millar in sod. 2007, Guldin 2011). Na primer, ker je graden bolj odporen na sušo kot bukev (Backes in Leuschner 2000), bi lahko v bukovo-hrastovih mešanih sestojih,

poškodovanih zaradi žledoloma, z gozdnogojitvenimi ukrepi vzpodbujali razvoj hrastovega pomladka, s čimer bi povečali ekonomsko vrednost bodočih sestojev in njihovo odpornost na sušo. iii) Tretjo korist predstavljajo zelo poškodovana območja (npr. Slika 31b), ki po motnji zahtevajo bolj intenzivno ukrepanje in jih lahko obravnavamo kot priložnost za oblikovanje novih, na prihajajoče podnebne spremembe prilagojenih gozdov. Sajenje na teh območjih bi lahko vključevalo: 1) zmes avtohtonih, na sušo odpornih vrst – npr. sajenje lokalnih provenienc gradna na njegovi sedanji zgornji meji višinske razširjenosti v Sloveniji, v smislu lokalne podpore njegovemu premeščanju ([Williams in Dumroese 2013](#)); 2) sajenje na sušo prilagojenih provenienc avtohtonih vrst – npr. provenience bukve, odpornih na sušo, iz toplejših delov območja njene razširjenosti v Evropi ([Rose in sod. 2009](#), [Thiel in sod. 2014](#)); in 3) lahko bi vključevala celo sajenje na podnebje prilagojenih neavtohtonih vrst, kot so ustrezne provenience duglazije ([Isaac-Renton in sod. 2014](#)).

Ujmo, kot je žledolom, lahko obravnavamo tudi kot priložnost. Priložnost za spremembo mišljenja in ukrepanja gozdarske stroke v smeri vrstno in strukturno pestrejših, bolj odpornih gozdov, ki bodo sposobni okrevanja in zagotavljanja vseh ekosistemskih storitev.

Literatura

- Amateis, R. L. and Burkhardt, H. E. 1996 Impact of heavy glaze in a Loblolly pine spacing trial. *Southern Journal of Applied Forestry*, 20, 151–155.
- Ammann, P. 1999 Analyse unbehandelter Jungwaldbestände als Grundlage für neue Pflegekonzepte. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 150 (12), 460–470.
- Arii, K. and Lechowicz, M. J. 2007 Changes in understory light regime in a beech-maple forest after a severe ice storm. *Canadian Journal Of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 37 (9), 1770–1776.
- Aszalós, R., Somodi, I., Kenderes, K., Ruff, J., Czúcz, B. and Standovár, T. 2012 Accurate prediction of ice disturbance in European deciduous forests with generalized linear models: a comparison of field-based and airborne-based approaches. *European Journal of Forest Research*, 131 (6), 1905–1915.
- Backes, K. and Leuschner, C. 2000 Leaf water relations of competitive *Fagus sylvatica* and *Quercus petraea* trees during 4 years differing in soil drought. *Canadian Journal of Forest Research*, 30, 335–346.
- Baša, M. 2016 Razvojna dinamika dveh gozdnih rezervatov na območju žledoloma. Msc, UL.
- Belanger, R. P., Godbee, J. F., Anderson, R. L. and Paul, J. T. 1996 Ice damage in thinned and non-thinned loblolly pine plantations infected with fusiform rust. *Southern Journal of Applied Forestry*, 20, 136–142.
- Boerner, R. E. J., Runge, S. D., Cho, D. -S. and Kooser, J. G. 1988 Localized Ice Storm Damage in an Appalachian Plateau Watershed. *American Midland Naturalist*, 119 (1), 199.
- Bragg, D. C., Shelton, M. G. and Zeide, B. 2003 Impacts and management implications of ice storms on forests in the southern United States. *Forest Ecology and Management*, 186 (1–3), 99–123.
- Brender, E. V. and Romancier, R. M. 1965 Glaze damage to loblolly and slash pine. Macon, GA, p. 156–159.
- Brinar, M. 1954 Katastrofa v idrijskih gozdovih kot vzpodbuda za razmišljanje o stojnosti bukovih sestojev *Gozdarski vestnik* (5), 129–146.
- Brommit, A. G., Charbonneau, N., Contreras, T. A. and Fahrig, L. 2004 Crown Loss and Subsequent Branch Sprouting of Forest Trees in Response to a Major Ice Storm. *J. Torrey Bot. Soc.*, 131 (2), 169.
- Bruederle, L. P. and Stearns, F. W. 1985 Ice Storm Damage to a Southern Wisconsin Mesic Forest. *Bull. Torrey Bot. Club*, 112 (2), 167.
- Burton, J. D. and Gwinner, M. W. 1960 Plateau pines weather ordeal by ice. *Southern Lumber*, 201, 106–108.
- Busse, J. 1953 Gruppendurchforstung. *Forstl. Wochenschr. Silva*, 23, 145–147.

- Carrière, J. -M., Lainard, C., Le Bot, C. and Robart, F. 2000 A climatological study of surface freezing precipitation in Europe. *Meteorological Applications*, 7 (03), 229–238.
- Cayford, J. H. and Haig, R. A. 1961 Glaze damage in Red and Scots pine plantations in Southeastern Manitoba. *The Forestry Chronicle*, 37 (1), 16–21.
- Cool, B. M., Goebel, N. B., Wooten, T. E. and Loadholt, C. B. Glaze damage to pine trees in the Sandhills area of South Carolina. *Forestry Research Series*, 21.
- Darwin, A. T., Ladd, D., Galdins, R., Contreras, T. A. and Fahrig, L. 2004 Response of Forest Understory Vegetation to a Major Ice Storm. *J. Torrey Bot. Soc.*, 131 (1), 45.
- De Steven, D., Kline, J. and Matthiae, P. E. 1991 Long-term changes in a Wisconsin Fagus-Acer forest in relation to glaze storm disturbance. *Journal of Vegetation Science*, 201–208.
- Duguay, S. M., Arie, K., Hooper, M. and Lechowicz, M. J. 2001 Ice storm damage and early recovery in an old-growth forest. *Environmental Monitoring and Assessment*, 67 (1–2), 97–108.
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. et al. 2004 Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 35, 557–581.
- Fountain, M. S. and Burnett, F. E. 1979 Ice damage to plantation grown loblolly pine in south Arkansas. *Ark. Farm. Res.*, 28.
- Goodnow, R., Sullivan, J. and Amacher, G. S. 2008 Ice damage and forest stand management. *Journal of Forest Economics*, 14, 268–288.
- Guldin, J. M. 2011 Experience with the selection method in pine stands in the southern United States, with implications for future application. *Forestry*, 84, 539–546.
- Hanewinkel, M., Hummel, S. and Albrecht, A. 2011 Assessing natural hazards in forestry for risk management: a review. *European Journal of Forest Research*, 130 (3), 329–351.
- Hauer, R. J., Wang, W. and Dawson, J. O. 1993 Ice storm damage to urban trees. *Journal of Arboriculture*, 19, 187–187.
- Heinrichs, S., Schulte, U. and Schmidt, W. 2012 Untersuchungen zur Vegetationsdynamik der Naturwaldzelle „Ochsenberg“ (Eggegebirge/Nordrhein-Westfalen). *Tuexenia*, 32, 7–29.
- Hladnik, D. and L., Ž. K. 2014 Consistency of stand density estimates and their variability in forest inventories in Slovenia. *Actae Silvae et Ligni*, 104, 1–14.
- Holling, C. S. and Meffe, G. K. 1996 Command and control and the pathology of natural resource management. *Conservation Biology*, 10 (2), 328–337.
- Irland, L. C. 2000 Ice storms and forest impacts. *Science of the Total Environment*, 262 (3), 231–242.

- Isaac-Renton, M. G., Roberts, D. R., Hamann, A. and Spiecker, H. 2014 Douglas-fir plantations in Europe: a retrospective test of assisted migration to address climate change. *Global Change Biology*, 20, 2607–2617.
- Isaacs, R. E., Stueve, K. M., Lafon, C. W. and Taylor, A. H. 2014 Ice storms generate spatially heterogeneous damage patterns at the watershed scale in forested landscapes. *Ecosphere*, 5 (11), art 141.
- Jones, J., Pither, J., DeBruyn, R. D. and Robertson, R. J. 2001 Modeling ice storm damage to a mature, mixed-species hardwood forest in eastern Ontario. *ECOSCIENCE*, 8 (4), 513–521.
- Kato, F. 1972 Die qualitative Gruppendurchforstung der Buche als Problem der entscheidungsorientierten forstlichen Betriebswirtschaftslehre. *Der Forst- und Holzwirt*, 4, 72–76.
- Kenderes, K., Aszalós, R., Ruff, J., Barton, Z. and Standovár, T. 2007 Effects of topography and tree stand characteristics on susceptibility of forests to natural disturbances (ice and wind) in the Börzsöny Mountains (Hungary). *Community Ecology*, 8 (2), 209–220.
- Kordiš, F. 1985 Ali idrijskemu gozdu grozi uničenje zaradi požleda. *Gozdarski vestnik*, 43, 265–275.
- Kovač, M. 2014 Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov – Priročnik za terensko snemanje podatkov. Gozdarski inštitut Slovenije. Založba Silva Forestalia Slovenica, Ljubljana, pp. 228.
- Kozak, M., Zieliński, A. and Singh, S. 2008 Stratified two-stage sampling in domains: Sample allocation between domains, strata, and sampling stages. *Statistics & Probability Letters*, 78 (8), 970–974.
- Kraemer, M. J. and Nyland, R. D. 2010 Hardwood crown injuries and rebuilding following ice storms: a literature review. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, p. 29.
- Kulakowski, D., Seidl, R., Holeksa, J., Kuuluvainen, T., Nagel, T. A., Panayotov, M. et al. 2017 A walk on the wild side: Disturbance dynamics and the conservation and management of European mountain forest ecosystems. *Forest Ecology And Management*, 388, 120–131.
- Lafon, C. W. 2004 Ice-storm disturbance and long-term forest dynamics in the Adirondack Mountains. *Journal of Vegetation Science*, 15 (2), 267–276.
- Lafon, C. W., Graybeal, D. Y. and Orvis, K. H. 1999 Patterns of ice accumulation and forest disturbance during two ice storms in Southwestern Virginia. *Physical Geography*, 20, 97–115.
- Lemon, P. C. 1961 Forest Ecology of Ice Storms. *Bull. Torrey Bot. Club*, 88 (1), 21.
- Mayer, H. and Ott, E. 1991 Gebirgswaldbau, Schutzwaldpflege. Ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, New York.
- Millar, C. I., Stephenson, N. L. and Stephens, S. L. 2007 Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications*, 17, 2145–2151.

- Nagel, T. A., Firm, D., Rozenbergar, D. and Kobal, M. 2016 Patterns and drivers of ice storm damage in temperate forests of Central Europe. *European Journal of Forest Research*, 135 (3), 519–530.
- Nyland, R. D., Dalton, J. L., Allen, D. C. and Bevilacqua, E. 2016 Response of ice-damaged northern hardwood stands in northern New York. *The Forestry Chronicle*, 92 (1), 77–89.
- O'Hara, K. L. and Ramage, B. S. 2013 Silviculture in an uncertain world: utilizing multi-aged management systems to integrate disturbance. *Forestry*, 86 (4), 401–410.
- Oražem, D. 2014 Načrt sanacije gozdov poškodovanih v žledolomu 30. 1. – 10. 2. 2014. Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana, pp. 66.
- Pickett, S. T. A. and White, A. S. 1985 The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press: Orlando, 472 p.
- Poljanec, A., Ščap, Š. and Bončina, A. 2014 Količina, struktura in razporeditev sanitarnega poseka v Sloveniji v obdobju 1995–2012 (Volume, structure and distribution of salvage logging in Slovenia in the period 1995–2012). *Gozdarski vestnik*, 72 (3), 131–147.
- Proulx, O. J. and Greene, D. F. 2001 The relationship between ice thickness and northern hardwood tree damage during ice storms. *Canadian Journal of Forest Research*, 31 (10), 1758–1767.
- Radinja, D. 1983 Žledne ujme v Sloveniji. In *Naravne nesreče v Sloveniji*. I. Gams (ed.), Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana, pp. 107–115.
- Rebertus, A. J., Shifley, S. R., Richards, R. H. and Roovers, L. M. 1997 Ice Storm Damage to an Old-growth Oak-hickory Forest in Missouri. *American Midland Naturalist*, 137 (1), 48.
- Rhoads, A. G., Hamburg, S. P., Fahey, T. J., Siccama, T. G., Hane, E. N., Battles, J. et al. 2002 Effects of an intense ice storm on the structure of a northern hardwood forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 32 (10), 1763–1775.
- Rose, L., Leuschner, C., Köckemann, B. and Buschmann, H. 2009 Are marginal beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances a source for drought tolerant ecotypes? *European Journal Of Forest Research*, 128, 335–343.
- Schädelin. 1934 Die Durchforstung als Auslese- und Veredlungsbetrieb höchster Wertleistung. Haupt, Bern & Leipzig.
- Schuetz, J. -P., Saniga, M., Diaci, J. and Vrška, T. 2016 Comparing close-to-nature silviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe. *Annals of Forest Science*, 73, 911–921.
- Schütz, J. -P. 1996 Bedeutung und Möglichkeiten der biologischen Rationalisierung im Forstbetrieb. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 147 (5), 315–349.
- Schütz, J. -P. 1999 Neue Waldbehandlungskonzepte in Zeiten der Mittelknappheit: Prinzipien einer biologisch rationellen und kostenbewussten Waldpflege. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 150 (12), 451–459.

- Seidl, R. 2014 The shape of ecosystem management to come: Anticipating risks and fostering resilience. *BIOSCIENCE*, 64, 1159–1169.
- Seidl, R., Schelhaas, M. J. and Lexer, M. J. 2011 Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology*, 17, 2842–2852.
- Seischab, F. K., Bernard, J. M. and Eberle, M. D. 1993 Glaze Storm Damage to Western New York Forest Communities. *Bull. Torrey Bot. Club*, 120 (1), 64.
- Shepard, R. K. 1978 Ice storm damage to thinned loblolly pine plantations in northern Louisiana. *Southern Journal of Applied Forestry*, 2, 83–85.
- Shortle, W. C., Smith, K. T., Dudzik, K. R. and others. 2003 Tree survival and growth following ice storm injury.
- Šifrer, M. 1977 Geografski učinki žleda v gozdovih okrog Idrije ter Postojne. *Geografski zbornik*, XVI, 195–228.
- Takahashi, K., Arai, K. and Lechowicz, M. J. 2007 Quantitative and qualitative effects of a severe ice storm on an old-growth beech-maple forest. *Canadian Journal Of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 37 (3), 598–606.
- Thiel, D., Kreyling, J., Backhaus, S., Beierkuhnlein, C., Buhk, C., Egen, K. et al. 2014 Different reactions of central and marginal provenances of *Fagus sylvatica* to experimental drought. *European Journal Of Forest Research*, 133, 247–260.
- Turcotte, R. M., Elliott, T. R., Fajvan, M. A., Park, Y. -L., Snider, D. A. and Tobin, P. C. 2012 Effects of Ice Storm Damage on Hardwood Survival and Growth in Ohio. *Northern Journal of Applied Forestry*, 29 (2), 53–59.
- Turner, M. G., Baker, W. L., Peterson, C. J. and Peet, R. K. 1998 Factors influencing succession: lessons from large, infrequent natural disturbances. *Ecosystems*, 1, 511–523.
- Van Dyke, O. 1999 A literature review of ice storm impacts on forests in eastern North America. [Ontario Ministry of Natural Resources, Southcentral Sciences Section]: [North Bay, Ont.], 29 pages p.
- Walker, L. C. and Oswald, B. P. 2000 *The Southern Forest: Geography, Ecology, and Silviculture*. CRC Press: New York.
- Warrillow, M. and Mou, P. 1999 Ice Storm Damage to Forest Tree Species in the Ridge and Valley Region of Southwestern Virginia. *J. Torrey Bot. Soc.*, 126 (2), 147.
- Whitney, H.E. and Johnson, W.C. 1984 Ice Storms and Forest Succession in Southwestern Virginia. *Bull. Torrey Bot. Club*, 111 (4), 429.
- Williams, M.I. and Dumroese, R. K. 2013 Preparing for Climate Change: Forestry and Assisted Migration. *Journal of forestry*, 111, 287–297.

Williston, H. L. 1974 Managing pines in the ice-storm belt. *Journal of Forestry*, 9, 580–582.

Yorks, T. E. and Adams, K. B. 2005 Ice storm impact and management implications for jack pine and pitch pine stands in New York, USA. *The Forestry Chronicle*, 81 (4), 502–515.

Izsledek 14 - Konferenca in terenska delavnica za neposreden prenos znanja in izsledkov raziskave v prakso

Konferenca in delavnica z naslovom »Pogled na žled« sta potekali 13. in 14. maja 2015 na Gozdarskem inštitutu Slovenije v Ljubljani in na Območni enoti Sevnica Zavoda za gozdove Slovenije. Zbornik povzetkov konference je na spletnem naslovu <http://eprints.gozdis.si/1256/>

Izsledek 15 - Letna srečanja z udeleženci, naročniki in uporabniki raziskave

Srečanja s predstavniki Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Zavoda za gozdove RS in drugimi deležniki so potekala redno enkrat letno.

Izsledek 16 - Spletna stran projekta s sprotno predstavitevijo rezultatov raziskave

Izsledek 16 je spletna stran projekta na naslovu <http://zled.gozdis.si/>

Izšledek 17 - Izvirnih znanstveni in strokovni članki

Seznam strokovnih in znanstvenih objav:

Gozdarski Vestnik

- Androidna aplikacija GV 2015
- Marinšek et al_2015_Žledolom in njegove posledice na razvoj gozdov

Znanstvene objave

- NAGEL, Thomas Andrew, FIRM, Dejan, ROŽENBERGAR, Dušan, KOBAL, Milan. Patterns and drivers of ice storm damage in temperate forests of Central Europe. European journal of forest research (Print), ISSN 1612-4669, 2016, vol. 135, iss. 3, str. 519-530, ilustr.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10342-016-0950-2>, doi: 10.1007/s10342-016-0950-2. [COBISS.SI-ID 4348070]
- DE GROOT, Maarten, OGRIS, Nikica, KOBLEK, Andrej. The effects of a large-scale ice storm event on the drivers of bark beetle outbreaks and associated management practices. Forest Ecology and Management, ISSN 0378-1127. [Print ed.], 2018, vol. 408, str. 195-201.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.035>

Diplomska in magistrska dela

- OPEKA, R., 2016. Ocena sestojne zgradbe v gozdnem rezervatu Pleša : diplomsko delo – visokošolski strokovni študij – 1. stopnja. Ljubljana, UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 34 str.
- BAŠA, M., 2016. Razvojna dinamika dveh gozdnih rezervatov na območju žledoloma : magistrsko delo – 2. stopnja. Ljubljana, UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 67 str.
- Tomšič Gašper, 2017, Uspešnost naravne obnove v sestoji močno poškodovanemu po žledolomu 2014, Diplomsko delo, , Gozdarstvo – VS BSc, v postopku.

Strokovna poročila

- KOBLEK A., DE GROOT M., KOBAL M. 2016. Analiza podatkov terenskega popisa posledic žleda januarja 2014. Projekt CRP Učinki žleda na gozdove glede na sestojne in talne značilnosti. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 78 str.

Spletne objave

- Nikica OGRIS, Klemen ČOTAR, Andrej KOBLER. 2016. Zaznava velikopovršinskih poškodb gozdnega drevja s pomočjo vegetacijskih indeksov na primeru žledoloma 2014. Novice iz varstva gozdov 9: 3–7. URL: <http://www.zdravgozd.si/nvg/prispevek.aspx?idzapis=9-1>. DOI:10.20315/NVG.9.1
- Nikica OGRIS, Neva PRISTOV, Andrej KOBLER. 2016. Model za kratkoročno napoved pojava žledoloma v Sloveniji. Napovedi o zdravju gozdov, 2016. URL: http://www.zdravgozd.si/prognoze_zapis.aspx?idpor=29. DOI: 20315/NZG.29
- Javna spletna storitev za pregled trenutnega stanja in napovedi debeline žledu ter nevarnosti pojava žledoloma za 12 ur v naprej. http://www.zdravgozd.si/prognoze_zapis.aspx?idpor=30
- Spletna interaktivna karta za podrobnejši pregled stanja in napovedi debeline žledu ter nevarnosti pojava žledoloma. <http://www.zdravgozd.si/projekti/zledolom/karta.aspx?idpor=5242d483-4424-4297-b59a-37600b1edfee>
- VegX – Vegetacijski indeksi v Sloveniji, spletna aplikacija in interaktivna karta. Povezava: <http://www.zdravgozd.si/projekti/vegx/>

Objave v zbornikih mednarodnih konferenc

- ROŽENBERGAR, Dušan, NAGEL, Thomas Andrew, ROZMAN, Andrej, FIRM, Dejan, KOCJAN, Darja, DIACI, Jurij. Natural disturbances as a basis for adapted silvicultural measures. V: AYAN, Sezgin (ur.). Abstract book. Kastamonu: [s. n.], 2015, str. 27-30, ilustr. [COBISS.SI-ID 4180390]
- ROŽENBERGAR, Dušan, NAGEL, Thomas Andrew, DIACI, Jurij. From natural disturbance to uneven-aged forest management. V: The science and art of uneven-aged silviculture : a biennial meeting of the IUFRO 1.05.00, uneven-aged silviculture working group. [Little Rock: s.n.], 2016, str. 73-74. [COBISS.SI-ID 4435366]
- ROŽENBERGAR, Dušan. Regeneration after ice storm and salvage logging – a case study. V: 2nd international conference on forests. [S. l.]: Bavarian Forest National Park, 2017, str. 105. <https://goo.gl/RjD29X> [COBISS.SI-ID 4783526]
- NAGEL, Thomas Andrew, FIRM, Dejan, ROŽENBERGAR, Dušan, PIŠEK, Rok, MIHELIČ, Tomaž. Slovenia's extreme case of integrative forest management and implications for biodiversity conservation. V: 2nd international conference on forests. [S. l.]: Bavarian Forest National Park, 2017, str. 31. <https://goo.gl/ikzJNG> [COBISS.SI-ID 4785062]

Znanstvena monografija

- Žledolomi in gojenje gozdov v Sloveniji (Založba Silva Slovenica, Gozdarski inštitut Slovenije, 2017) ISBN 978-961-6993-28-9, [COBISS.SI-ID: 290696960]

