
Žledolomi in gojenje gozdov v Sloveniji

Dušan Roženbergar / Thomas A. Nagel





Žledolomi in gojenje gozdov v Sloveniji

Dušan Roženberger
Thomas A. Nagel



Zbirka *Studia Forestalia Slovenica*, 158

Izdajatelj: Založba *Silva Slovenica*, Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, 2017

Naslov: Žledolomi in gojenje gozdov v Sloveniji

Glavna urednika: Dušan Roženbergar, Thomas A. Nagel

Tehnični urednik: Peter Železnik

Recenzent: Jurij Diaci

Lektor: Ines Zrnec

Oblikovanje: Sonja Rutar

Tisk: Mediaplan d.o.o.

Izdaja: 1. izdaja

Naklada: 200 izvodov

Cena: brezplačno

Elektronski izvod: <https://doi.org/10.20315/SFS.158>

Financiranje:

Pripravo in izid knjige je financiral raziskovalni projekt »Učinki žleda na gozdove glede na sestojne in talne značilnosti« (V4-1422), izbran na Javnem razpisu za izbiro raziskovalnih projektov Ciljnega raziskovalnega programa »Zagotovimo.si hrano za jutri« v letu 2014.



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



JAVNA AGENCIJA ZA RAZISKOVALNO DEJAVNOST
REPUBLIKE SLOVENIJE

Kazalo

1	Uvod	5
2	Metode	15
3	Odpornost gozdov	19
3.1	Uvod in pregled literature	19
3.2	Odpornost slovenskih gozdov v žledolomu leta 2014 – rezultati in razprava	29
3.2.1	Drevesna odpornost	29
3.2.2	Sestojna odpornost	35
3.2.3	Vpliv zunanjih dejavnikov na odpornost	43
3.3	Gozdnogojitveni ukrepi za povečanje odpornosti gozda	48
4	Okrevanje gozdov	53
4.1	Uvod in pregled literature	53
4.2	Sposobnost okrevanja slovenskih gozdov po žledolomu leta 2014 – rezultati in razprava	64
4.3	Gozdnogojitveni ukrepi za povečanje sposobnosti okrevanja gozda	69
4.3.1	Ukrepi za povečevanje sposobnosti okrevanja gozdov po žledolomu	69
4.3.2	Ukrepi za dolgoročno povečevanje sposobnosti okrevanja gozdov	74
5	Zaključki	77
5.1	Uvod	77
5.2	Primerjava odpornosti in sposobnosti okrevanja	77
5.3	Ekološke funkcije	84
	Literatura	88
	Kazalo slik	98
	Kazalo preglednic	102

1 UVOD

Dušan Roženbergar, Thomas A. Nagel

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.

Žled leta 2014 predstavlja izjemen primer, kako lahko enkratna motnja pusti dolgoročne posledice v obsežni gozdnati 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

Preglednica 1: Pregled žledolomov večjih razsežnosti v Sloveniji

Leto	Mesec	Maksimalna debelina ledu	Volumen poškodovane ga lesa (m ³)	Jakost	Raven vpliva	Površina poškodovanih gozdov (ha)	Lokacija	Vir
1867				nizka	lokalno		Trebče	Dom in svet, 1940
1871				nizka	lokalno		Senožec, Šempeter na Notranjskem	Kmetijske in rokodelske novice, 1871
1896				nizka	lokalno		Pivka	Radinja, 1983
1899	december	8		visoka	regija		Brkini, Pivka, Vremška dolina, Istra, Goriško, Podgrad, Dol-Otlca, Kolk, Šturijska gora, Kambreško, Sv. Peter, Divača	Soča, 1899; Dom in svet, 1900; Edinost, 1900; Gorica, 1900
1901	marec			nizka	lokalno		Trnovska planota	Soča, 1901
1904	januar			nizka	lokalno		Krvava peč, Kočevje	Stolenec, 1904
1927	december			nizka	lokalno		Šembije, Gorica	Edinost, 1927
1933				nizka	lokalno		Brkini, Košanski gozdovi	Radinja, 1983
1952	marec			nizka	lokalno		Gorenji kras	Radinja, 1983
1952	januar			nizka	lokalno		Vremščica, Brkini	Radinja, 1983
1953	december	3	153000	visoka	regija	1720	Idrija, Črni vrh, Golobčevci, Zagora (Postojna)	Zupančič, 1969; Idrijski razgledi, 1971; Brinar, 1954
1958			8150	srednja	regija		Haloze, Boč, Tisovec	Zupančič, 1969
1960			830	nizka	lokalno		Podčetrtek	Zupančič, 1969
1963	november		7000	nizka	lokalno		Logatec	Radinja, 1983
1965	november		7000	srednja	lokalno		Logatec	Zupančič, 1969
1966				nizka	lokalno		Škofljica, Vrhnika	Zupančič, 1969
1968	november		35321	visoka	lokalno	1472	Vojsko, Mrzla rupa, Razor, Hudo polje	Idrijski razgledi, 1971
1972	januar		40000	srednja	lokalno		Kras, Divaški in Trsteljski hribi	Radinja, 1983
1975	november	10	342331	visoka	regija	9331	Idrija, Postojna, Mrzla Draga v Trnovskem gozdu, Hrušica pri Podkraju	Šifrer, 1977; Hočevar, 1976; Mikuletič, 1976
1976	februar			nizka	lokalno		Razdrto	Radinja, 1983
1980	november	7	626200	visoka	regija	12865	Brezova reber, Radoha, Hmeljnik, Črmošnjice, Brkini, Čičarija, Krško hribovje, Vzhodno Posavsko hribovje	Bleiweis, 1983; Kmecl, 1981; Sinjur in sod., 2010; Dolenjski list, 1980; Radinja, 1983
1981	december		8000	nizka	lokalno		Domžale	Občinski poročevalec - Domžale, 1982
1983	december			nizka	lokalno		Logatec	Naš časopis (občine Vrhnika, Borovnica, Dobrova-Horjul-Polhov Gradec in Brezovica), 1983
1984	november		200420	srednja	regija	8500	Idrija	Dokument sklepov Skupščine občine Ljubljana-Šiška, 1985; Saje, 2014
1985	november		960500	visoka	regija		Celje, Rogatec, Rogaška slatina, Pohorje, Prebold, Svetina, Topol, Tehovc, Osolnik, Šmarna gora, Grmada, Kočevje, Kranj	Novi tednik; glasilo občinskih konferenc SZDL 1985; Javna tribuna (Ljubljana-Šiška), 1986; Naša komuna (Ljubljana), 1987; Saje, 2014
1996	december	6	867400	visoka	država	81810	Brkini, povsod po državi	Jakša, 1997; Saje, 2014; Sinjur in sod. 2010
2009	februar			nizka	lokalno	3720	Brkini	Sinjur in sod. 2010
2010	januar	3	850	nizka	regija	3720	Brkini, Mašun, Postonjska vrata, Brežice, Gorjanci, Bohor	Sinjur in sod. 2010
2014	februar	6-9	več MIO	visoka	država	601900	Osrednja, zahodna, severozahodna in južna Slovenija	Oražem, 2014

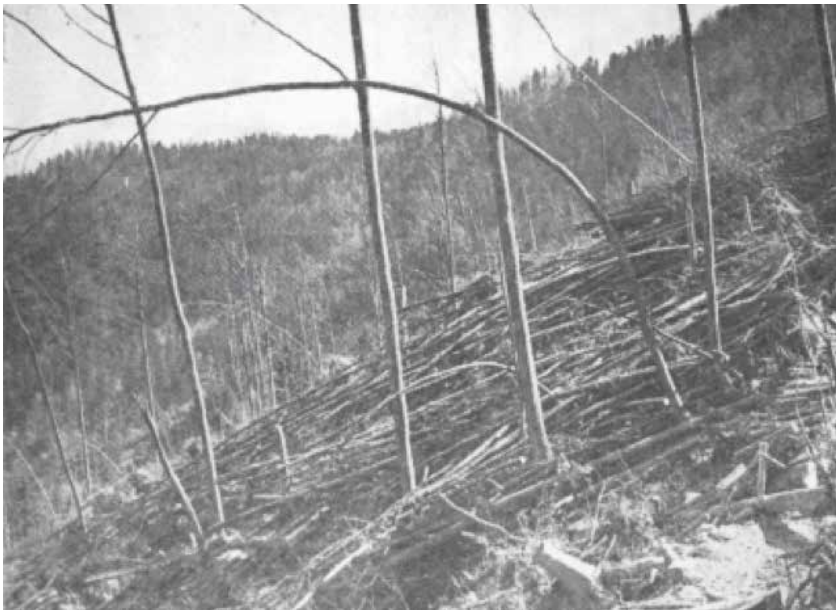


Slika 1: Posledice žledoloma leta 2014 v okolici Postojne (vir: <https://www.rtv slo.si/okolje/novice/foto-zamrzneni-prizori-slovenije-vkovane-v-led-in-sneg/329173>)

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).

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.

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 sanitarnih razlogov.



Slika 2: Močno poškodovani sestoji po žledolomu leta 1975 na območju Trnovskega gozda (Šiferer 1977)



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 z golj 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 dovezetnostjo 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.



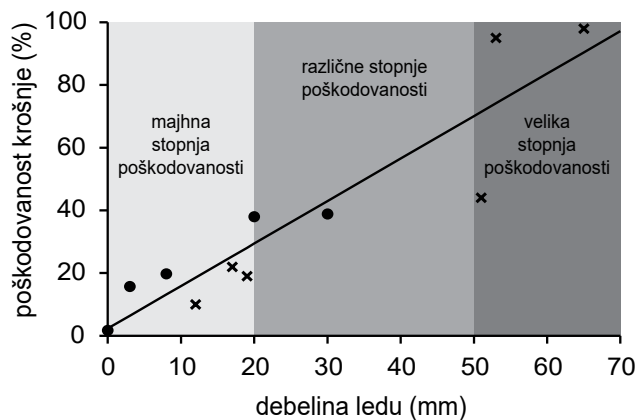
Slika 4: Močno poškodovana krošnja bukve po žledolomu

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

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 oprava 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 primer-



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)

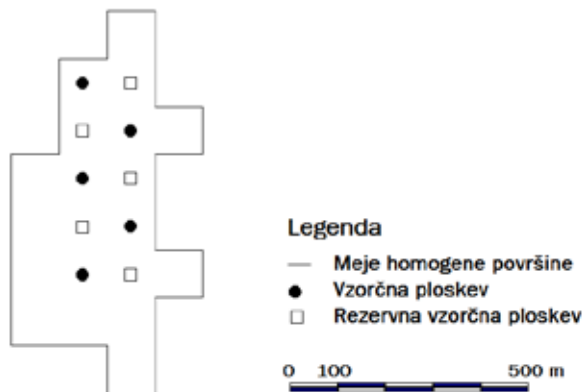
jav v okviru osnovnih drevesnih (npr. premer, iglavci – listavci) in sestojnih značilnosti ter obenem tudi znotraj drevesnih rodov, ne pa na ravni posameznih vrst. Zaključno poglavje monografije predstavlja sintezo, v kateri obravnavamo številna pomembna vprašanja, povezana z žledolomi v okviru večnamenskega gospodarjenja z gozdovi in splošnega režima motenj v gozdovih Slovenije.

2 METODE

Andrej Kobler, Dušan Roženberger, Thomas A. 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 (x 9 stratumov = 135 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 (x 135 vzorcev prve stopnje = 675 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).

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.



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

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.

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 (posplošeni 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

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		

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 številčkama 100 in 200); PK2 – manj kot 25 % krošnje poškodovane (drevesa, kategorizirana s številčkama 311 in 321); PK3 – poškodovane 25–75 % krošnje (drevesa, kategorizirana s številčkama 312 in 322); PK4 – več kot 75 % krošnje poškodovane (drevesa, kategorizirana s številčkami 313, 323, 330 in 340); PK5 – izruvano drevo (drevesa, kategorizirana s številčkama 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).

3 ODPORNOST GOZDOV

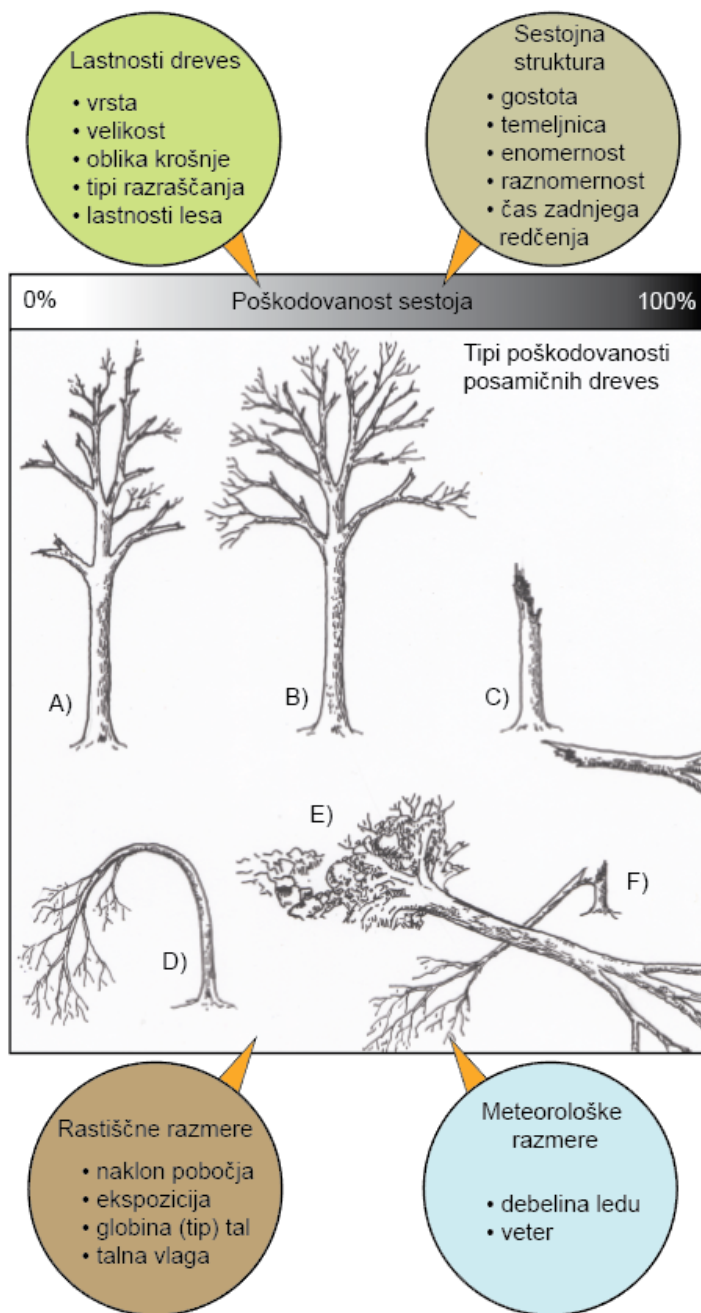
Dušan Roženberger, Thomas A. Nagel, Maarten de Groot, David Hladnik

3.1 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 najbolj 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 naštetih dejavniki delujejo vzajemno, kar se odraža v nastanku izredno kompleksnih vzorcev poškodb tako na sestojni kot tudi na krajinski ravni.

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 pa 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).

Izsledki večine raziskav kažejo, da na drevesni ravni večja drevesa v strehi sestoja (v zgornji plasti) običajno prejmejo več ledu in so zato



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

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 (-).

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

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 Gwiler (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)

bolj poškodovana kot manjša podstojna drevesa. Vendar pa lahko pride pri podstojnih drevesih in pomladku do znatnih posrednih poškodb zaradi padlih dreves zgornje plasti, 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

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.

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	2,0
<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

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)

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).

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 variiranju 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 medsosedske 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). Nekatere nebesne 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).

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 po-

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 dreve do 30 cm premera (letvenjaki, drogovnjaki) in antene, potrjana 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.

škodb. Te vključujejo tako odmrtnje celih dreves (prelomljena debla 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

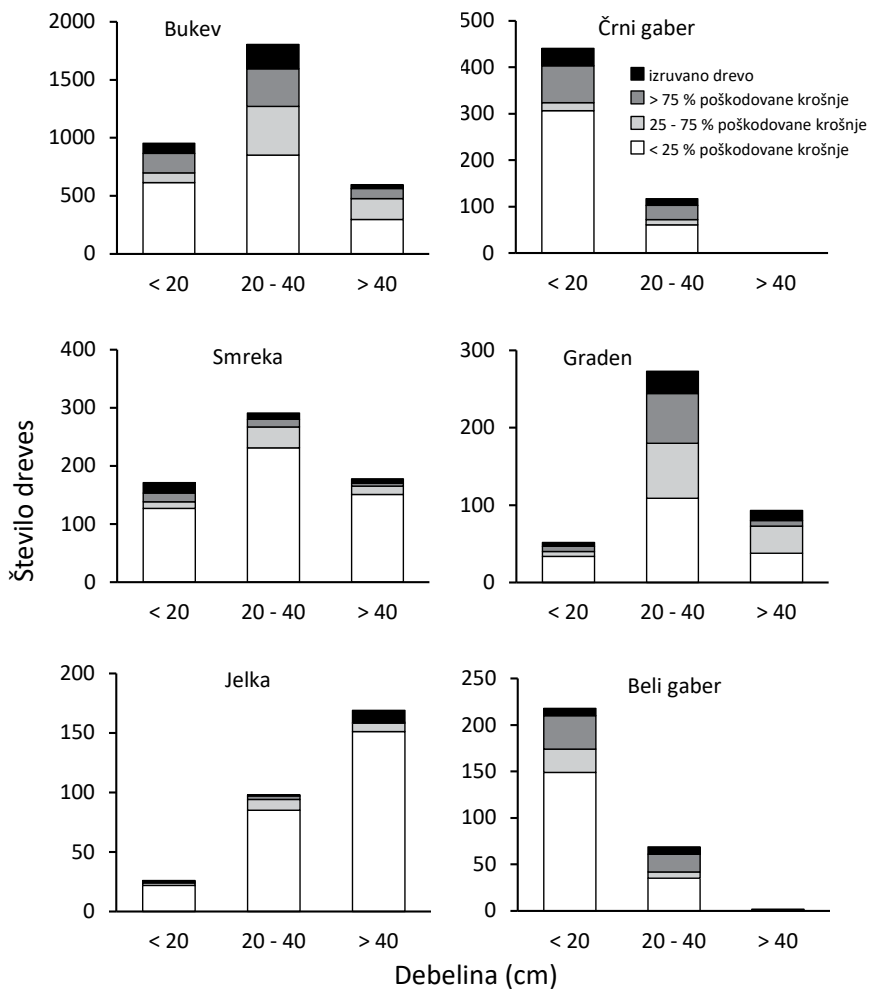
debel in korenin, hkrati pa se prožnost vej zmanjšuje. Na strmih pobočjih se lahko pojavnost poškodb spremeni, saj so na pobočjih prelomi debel in izruvanja bolj pogosti kot poškodbe krošenj (Lafon 2004). Povedano drugače, na ravnini ali položnih pobočjih je bolj verjetno, da bodo ledene obloge povzročile 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.

3.2 Odpornost slovenskih gozdov v žledolomu leta 2014 – rezultati in razprava

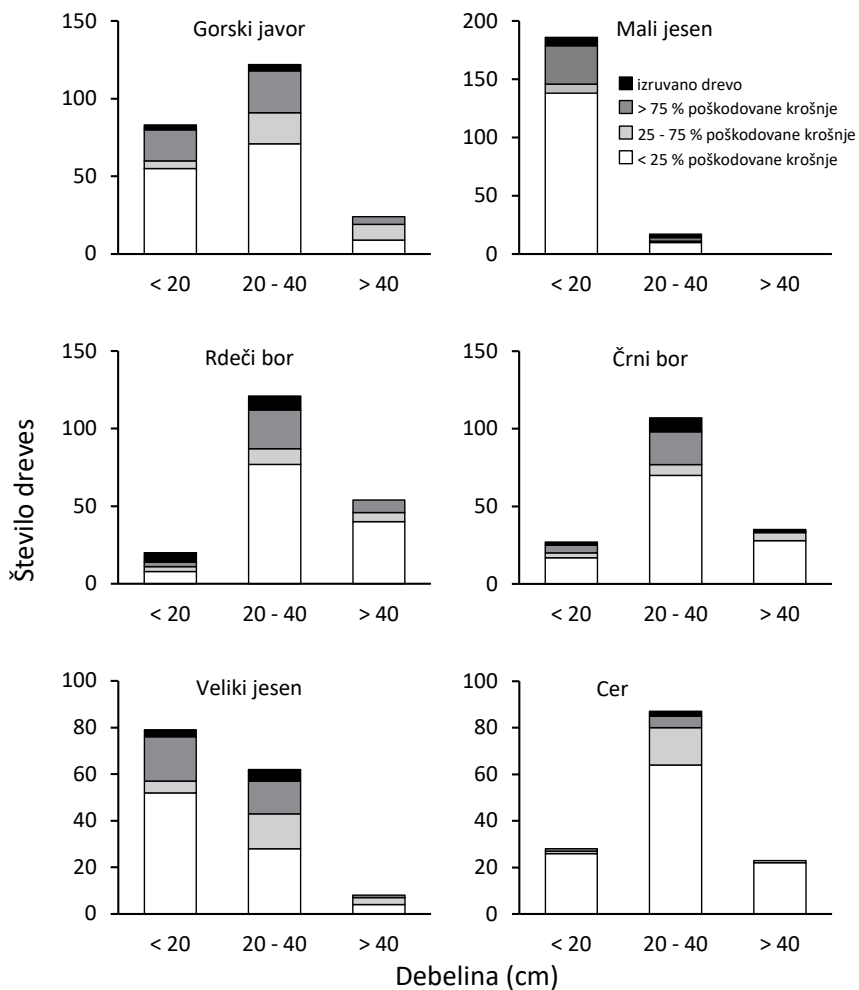
3.2.1 Drevesna odpornost

Poškodovanost dreves zaradi žledoloma se je precej razlikovala med različnimi drevesnimi vrstami. Sliki 8 in 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 bukvi 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.

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 smre-



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

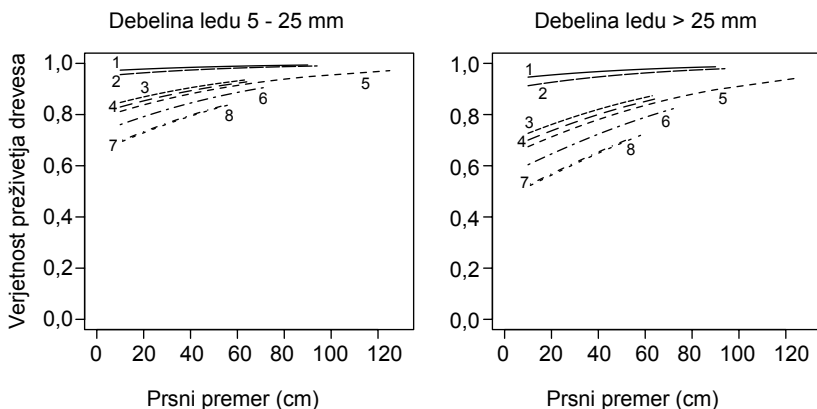
ka), 20 %, in navadna jelka (*Abies alba* Mill. – v nadaljevanju jelka), 12 %. Eden od razlogov za manjšo poškodovanost smreke in jelke je njuna značilna oblika razrasti. Obe vrsti imata izrazito enosno rast, navzdol obrnjene veje in relativno ozke, predvsem pa, gledano v tlorisu, simetrične krošnje. 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.

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

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



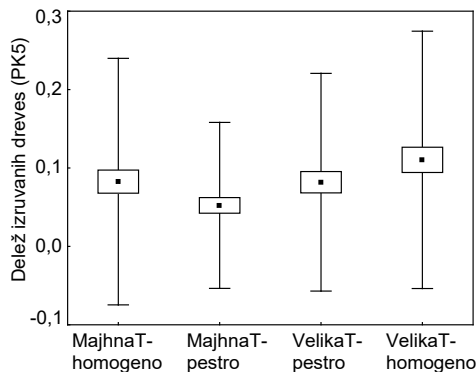
Slika 10: Verjetnost preživetja posameznih drevesnih vrst v odvisnosti od prsnega premera in debeline ledu (1. jelka, 2. smreka, 3. veliki jesen, 4. gorski javor, 5. bukev, 6. graden, 7. rdeči bor, 8. črni bor)

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).

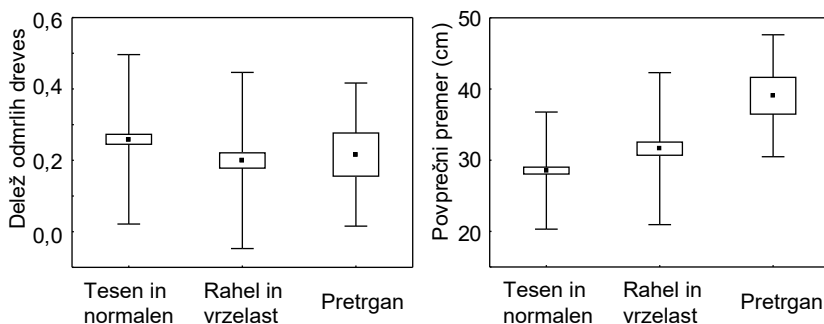
Pri ugotavljanju povezav med premerom drevesa in poškodovanostjo zaradi ledu je pomembno tudi, kakšen je socialni položaj drevesa, ki ga obravnavamo. Če so drevesa manjših premerov v spodnjih sestojnih plasteh, se verjetnost, da bodo preživela, zmanjša (slika 10) tudi zaradi posrednih poškodb, ki nastanejo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

3.2.2 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 izrваниh dreves (PK5, KW, $p = 0,0091$). Delež izrваниh dreves je bil največji v homogenih sestojih, ne glede na temeljnico. Najmanj izrваниh 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 izrваниh dreves v štirih sestojnih tipih glede na temeljnico in pestrost prsnih premerov (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)

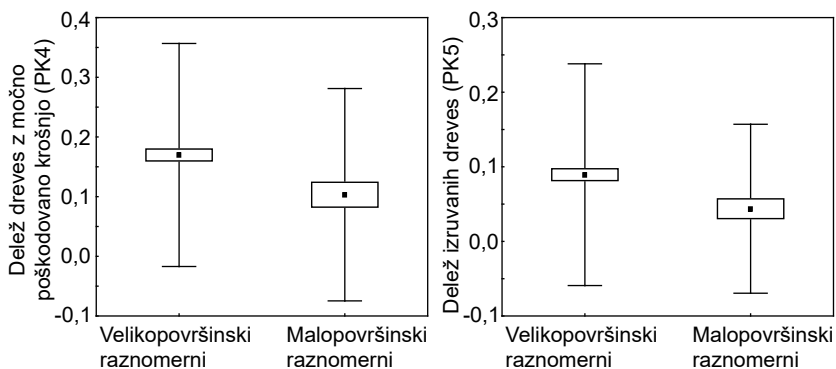


Slika 12: Delež odmrlih dreves (levo) in povprečni premer dreves na ploskvi (cm, desno) v odvisnosti od sestojnega sklepa (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)

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).

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)

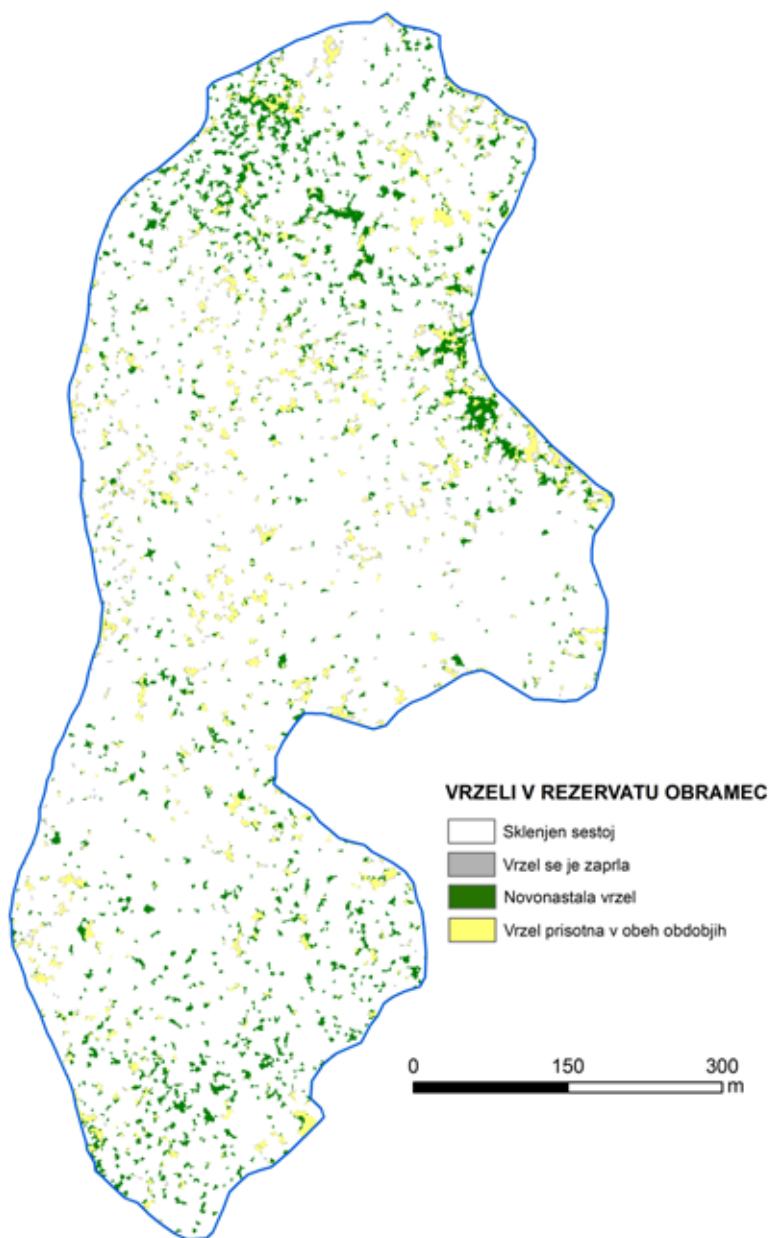
Značilno manj poškodb krošenj (PK4, U-test, $p = 0,0003$) in izruvanih dreves (PK5, U-test, $p = 0,0001$) je bilo v malopovršinski raznomernih gozdovih (slika 13), kar kaže, da je za poškodovanost pomembno preteklo gospodarjenje z gozdovi. Slednje močno vpliva na strukturo sestojev. Vertikalna in horizontalna 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.

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 prevladovale majhne vrzeli do 50 m² površine. Te so najpogosteje 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

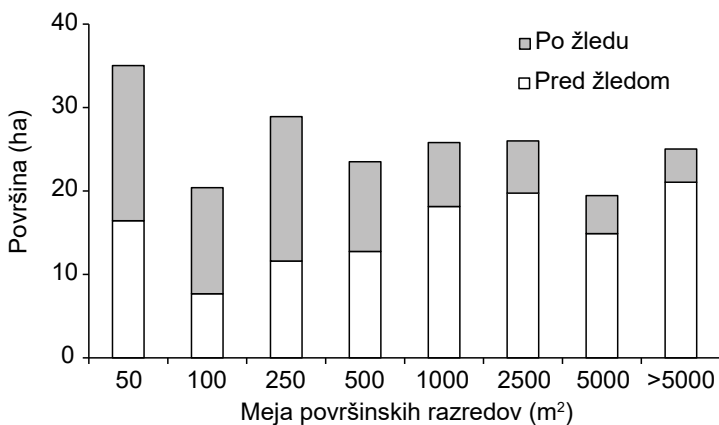


Slika 14: Dinamika vrzeli v gozdnem rezervatu Obramec v letih od 2009 do 2014 (Baša 2016; Podatkovna baza Gozdarskega inštituta Slovenije 2009, 2014)

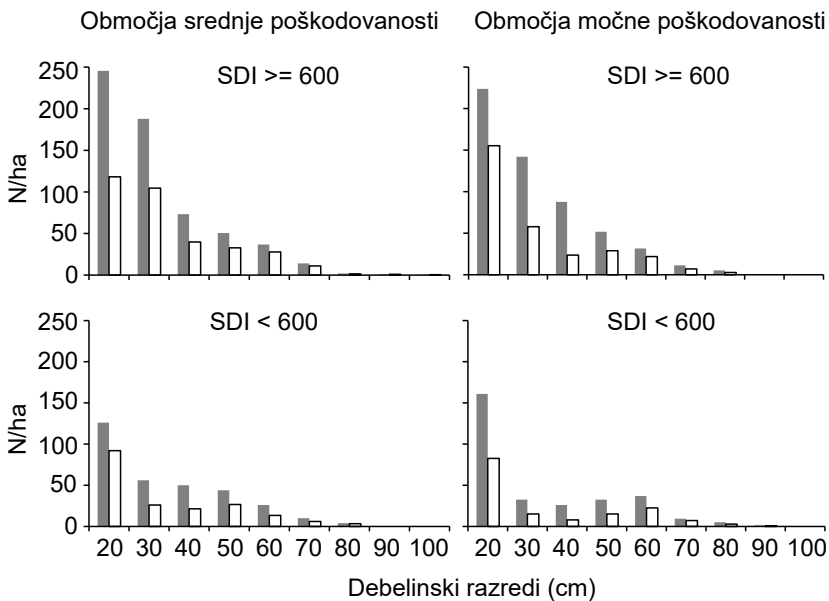
primer pri posnemanju naravnih procesov pomlajevanja bukve za najmanjšo površino vrzeli privzeli 100 m², pri skupinskem pomlajevanju pa 500 m². Skupine vrzeli s površinami, manjšimi od 100 m², so primerljive s spremembami v gospodarskih gozdovih po redčenju. Take vrzeli po nekaj letih zaprejo krošnje 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).

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



Slika 15: Površine starih in novonastalih vrzeli v GGE Unec-Škocjan, ki so po žledu leta 2014 obsegale vsaj 500 m² površine



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 \geq 600, spodaj SDI < 600

izsledki izvirajo iz jelovo-bukovih gozdov na karbonatnih in mešanih kamninah. 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. 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).

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 Žižek Kulovec 2014).

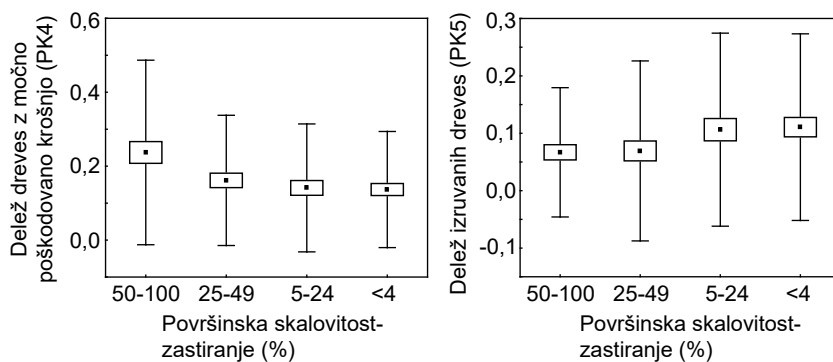
3.2.3 Vpliv zunanjih dejavnikov na odpornost

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 poškodovanost 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 s 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 velikokrat že pred ujmo nagnjena zaradi polzenja tal, v času ujme pa hitreje pride do domino efekta pri prevrnitvi dreves (Šifrer 1977).

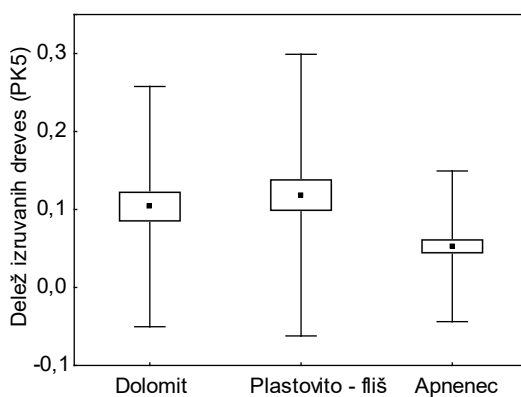
Ugotovili smo, da se je delež dreves z zelo poškodovanimi krošnjami značilno povečeval (PK4, KW, $p = 0,025$), delež izruvanih dreves (PK5, KW, $p = 0,065$) pa neznačilno zmanjševal s povečevanjem površinske skalovitosti (slika 17).

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



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)

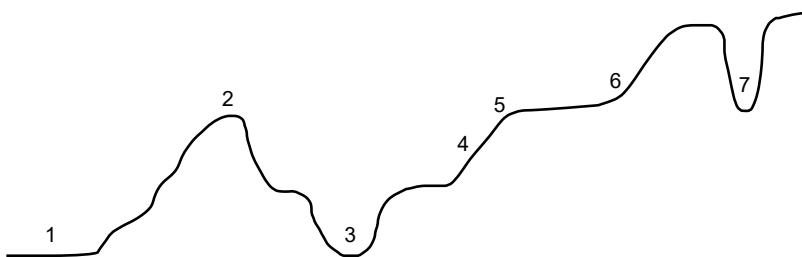


Slika 18: Delež izruvanih dreves (PK5) glede na talno podlago (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)

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.

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).

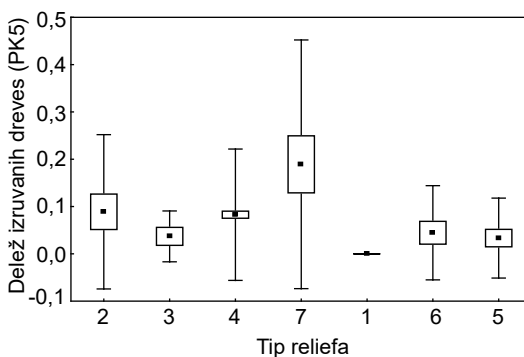
Nad jarki so strma pobočja in proti dnu jarkov se zaradi domino efekta in globljih tal povečuje delež izruvanih dreves (slika 19). Vrednosti so bile relativno visoke tudi na grebenu, približno podobne na pobočju in najmanjše na ravnem ter na dnu kotanj (slika 20).



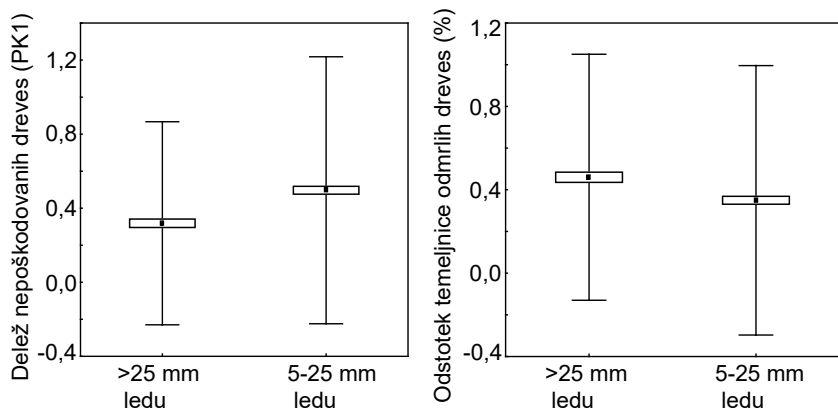
Slika 19: Tipi reliefa, uporabljeni v analizi (1. ravnina, 2. vrh hriba, greben, 3. dno kotanje, 4. pobočje, 5. konveksni prelom pobočja, 6. konkavni prelom pobočja, 7. jarek)

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.

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.



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)



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)

3.3 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 smotno 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 še oblikuje, pri bukvi pa lahko na obliko krošnje vplivamo tudi v zrelejši fazi njenega razvoja. Glavni cilj ukre-

pov 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.

- **Premer** 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 velikokrat 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 dosega drevesa 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 razmeroma 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 gojenja 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 osebki **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 izravnanih dreves večji na globokih tleh z malo površinske skalovitosti (skrilavci, peščenjaki, fliš), v globljih jarkih, na strmih pobočjih in deloma na grebenih. Vsi naštetih ukrepi so še posebej pomembni na območjih, kjer so zaradi zunanjih ekoloških dejavnikov poškodbe po žledu še posebej velike.

4 OKREVANJE GOZDOV

Dušan Roženbergar, Thomas A. Nagel

4.1 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).

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-



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 razmeroma hitro zastrla tla in tvorila nov sestoj

jo ponovni razvoj drevesnega mladja). Posledično bi bilo okrevanje takih gozdov brez človekovega posredovanja počasno in bi lahko prevladale nezaželene vrste. Koncept sposobnosti okrevanja gozdov je v povezavi z žlednimi ujmani 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 *Pinus banksiana* z več kot 75 % izgubo krošnje odmrta 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) in bukev (str. 57), veliko slabše pa trepetlika (str. 58).



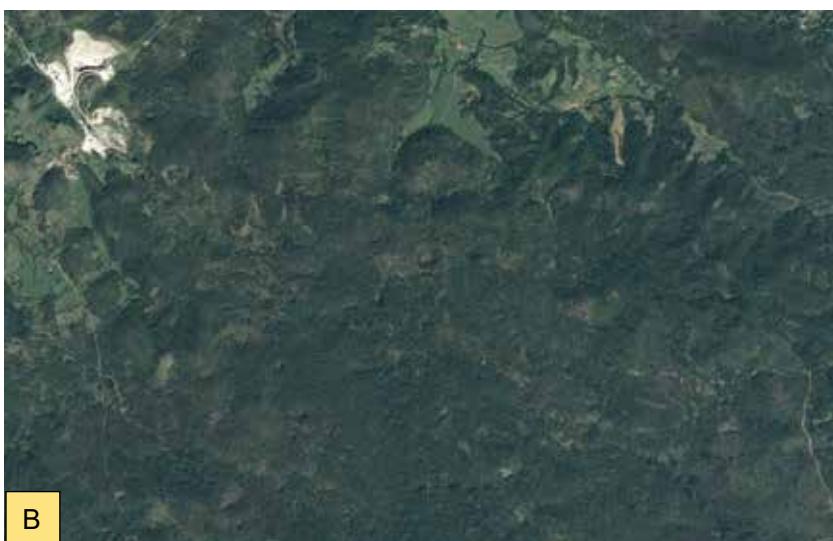


Sposobnost preživetja dreves z močno poškodovanimi krošnjami je verjetno povezana z njihovo sposobnostjo, da si obnovijo krošnjo (Shortle in sod. 2003). Drevesne vrste po poškodbah krošnje znova odženejo v obliki epikormskih vej vzdolž glavnega debla in v krošnji. Zmožnost tvorjenja epikormskih vej je 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: 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



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 sestoj

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.

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 sencozdržnega pomladka. Z izjemo sestojev, v katerih je odmrlo zelo veliko dreves strehe sestoja (npr. površine z izruvanimi in prelomljenimi drevesi), v žledolomu nastale sestojne 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.

4.2 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 bukovni gozdovi močno poškodovani po žledolomu leta 2014 (slika 25). Kljub veli-

ki 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.

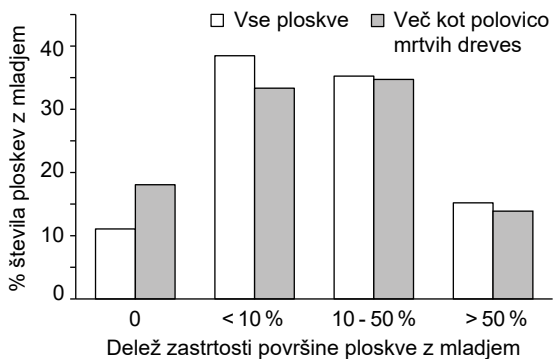
Sestoji, kjer so bile krošnje dreves močno poškodovane, so pokazali veliko sposobnost okrevanja in okrevanje s pomočjo odganjanja. V sestojih, kjer je bilo veliko dreves izrваниh ali prelomljenih, pa te možnosti ni, sposobnost okrevanja sestojev pa je močno odvisna od prisotnosti pomladka in preživelih 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 %.

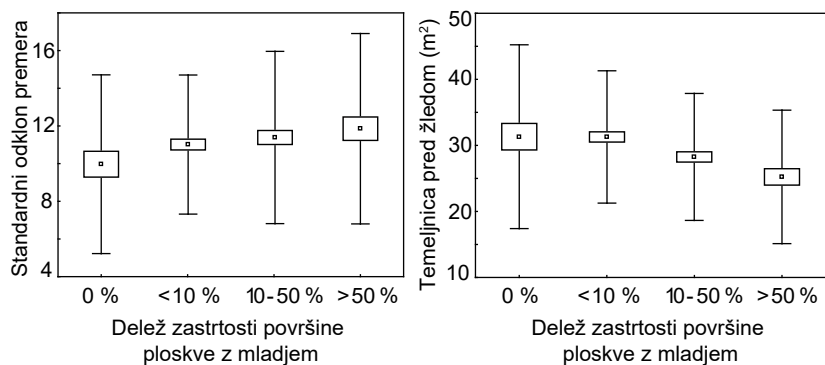
Sposobnost okrevanja je na teh ploskvah močno zmanjšana, njeno izboljšanje pa odvisno od hitrosti naravnega pomlajevanja in morebitne umetne obnove.

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.

Zastiranje mladja je bilo večje na ploskvah z manjšo temeljnico in večjo pestrostjo premerov dreves zgornje drevesne plasti, kar potr-



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

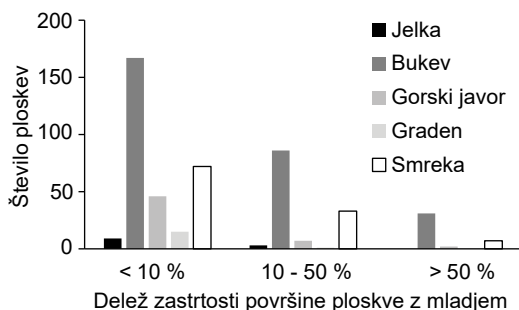


Slika 27: Temeljnica (desno) in standardni odklon (levo) povprečnega premera na ploskvi glede na delež zastrtosti ploskve z mladjem

juje, 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).

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.

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 graden 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 podnebne spremembe.



Slika 28: Število ploskev s pojavljanjem posamezne drevesne vrste v mladju, glede na njeno zastiranje

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

4.3 Gozdnogojitveni ukrepi za povečanje sposobnosti okrevanja gozda

4.3.1 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 osebke**, 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



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

prvem primeru lahko kljub relativni nepoškodovanosti pričakujemo razvoj epikormskih poganjkov (slika 29) po deblu in njegovo razvrednotenje, v drugem primeru pa je sečnja potrebna zaradi sanitarnih razlogov.

- 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 sestoji 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 prehitita 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 hit-

ro 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 primer- no ukrepamo za zmanjševanje njihove konkurenčnosti. Ker so vse brez izjeme svetloljubne, je najučinkovitejše ukrepanje v zgo- dnjih 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 nuj- na 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 pri- prave 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 ustrezno **nego mladega gozda**, ki mora biti dovolj pogosta od trenutka naprej, ko z njo začnemo. Glede na razmere in razpoložljiva sredstva imamo v grobem na razpola- go 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 ve- likih 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 vloženi 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.

4.3.2 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 sestoj-

nih vrzeli, ki jih v različnih časovnih intervalih umeščamo v sicer homogene sestoje. 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 podnebne 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.

5 ZAKLJUČKI

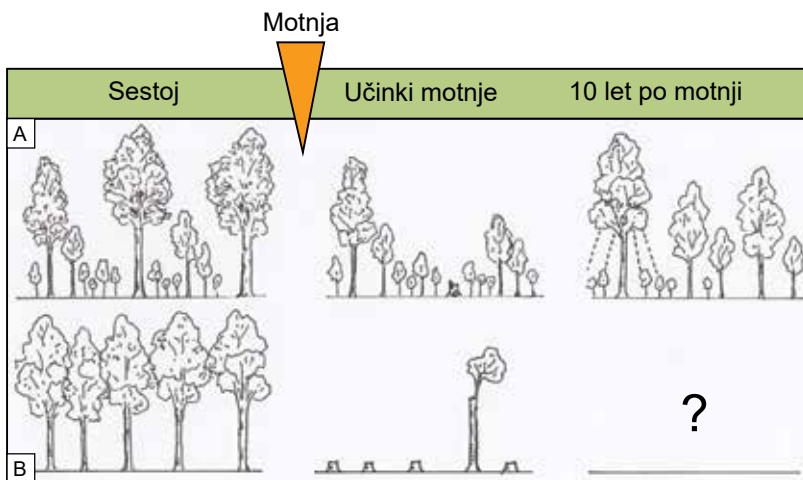
Thomas A. Nagel, Dušan Roženberger

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 okvir, ki bo v pomoč pri oblikovanju upravljavskih strategij v za žledolom dovzetnih gozdovih. Ker so gozdovi v Sloveniji podvrženi številnim 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).



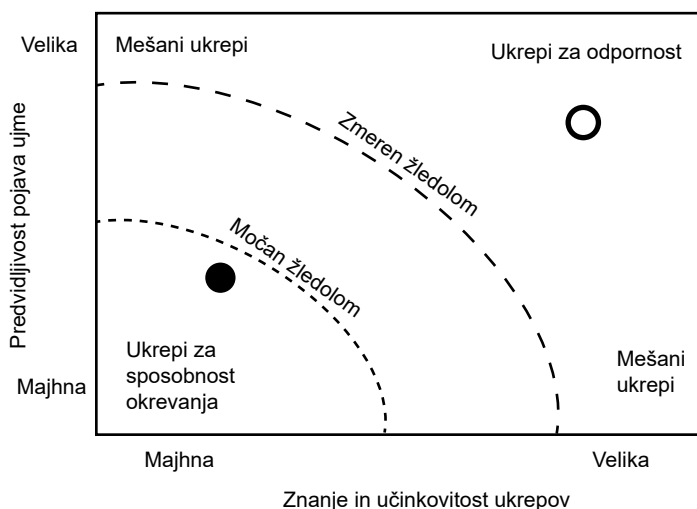
Slika 30: Diagram razvoja sestojev, ki prikazuje razlike v odpornosti in sposobnosti okrevanja raznovernega in raznodobnega (A) ter enovernega in enodobnega (B) sestoja z drevesno vrsto, ki ima omejeno prostorsko širjenje semena (npr. bukev) po večji motnji (žledolom). V obeh sestojih je po ujmi prišlo 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



Slika 32: Konceptualni (miselni) okvir kot pripomoček za upravljavce pri odločanju o primernosti ukrepov, ki temeljijo na odpornosti oziroma na sposobnosti okrevanja. Kadar so za povečanje odpornosti na razpolago učinkoviti upravljavski 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 sestoj 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)

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.

Seidl (2014) je v svojem članku predstavil uporaben miselni okvir, ki združuje oba upravljavska 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 upravljavskih ukrepov, ki jih lahko uporabimo za zmanjšanje vpliva posameznih motenj (slika 32). Kadar je stopnja predvidljivosti pojava motenj visoka in so na razpolago učinkoviti upravljavski ukrepi, je smiselno uporabiti upravljavske 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 upravljavski ukrepi manj učinkoviti, pa je ravno nasprotno bolj smotrnо 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 upravljavskih ukrepov za vzgojo na poškodbe odpornih gozdov pa je omejena, še posebej ob žledolomih visokih jakosti.

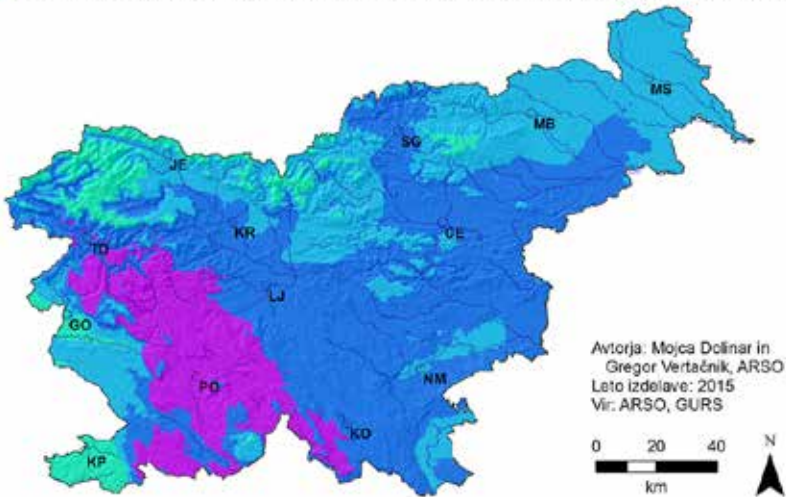
Z vidika žledolomov bi bila lahko uravnotežena raba ukrepov za povečevanje odpornosti in sposobnosti okrevanja primerna na nekaterih specifičnih območjih Slovenije, predvsem na območjih, na



Slika 33: Odmiranje smrekovih sestojev zaradi smrekovega lubadarja v pretežno bukovih gozdovih, poškodovanih v žledolomu leta 2014 (Fotografija: Milan Kobal)

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

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.

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 smotnosti 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 izrुvanih 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,



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

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 preživelo in povzročilo nastanek odprtih, strukturno kompleksnih sestojev.

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

A

- Amateis**, R. L. and Burkhart, 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.

B

- 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.

C

- 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.

D

- 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.

F

- 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.

G

- 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.

H

- 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., Žižek Kulovec 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.

I

- 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.

J

- 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.

K

- 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 požleđa. *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.

L

- 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.

M

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.

N

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

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.

P

- 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.

R

- 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.

S

- 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.

Š

Šifrer, M. 1977 Geografski učinki žleda v gozdovih okrog Idrije ter Postojne. Geografski zbornik, XVI, 195–228.

T

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.

V

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.

W

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.

Y

- 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.

Kazalo slik

Slika 1:	Posledice žledoloma leta 2014 v okolici Postojne (vir: https://www.rtv slo.si/okolje/novice/foto-zamrznjeni-prizori-slovenije-v-kovane-v-led-in-sneg/329173)	7
Slika 2:	Močno poškodovani sestoji po žledolomu leta 1975 na območju Trnovskega gozda (Šifrer 1977)	8
Slika 3:	Sestojne poškodbe na pobočjih Šmarne gore po žledolomu leta 2014	9
Slika 4:	Močno poškodovana krošnja bukke po žledolomu	10
Slika 5:	Poškodovanost krošnje v odvisnosti od debeline ledu ($y = 1,3554 * X + 2,2998$; $R^2 = 0,843$), združeno za podatke iz pričujoče raziskave (krogci) in tujih raziskav (križci) (Lafon 2004)	12
Slika 6:	Primer vzorca prve stopnje, ki ga tvori pet vzorčnih ploskev oziroma vzorcev druge stopnje. Vzorčili smo znotraj slučajnostno izbranih zaplat posameznega stratumu 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	16
Slika 7:	Dejavniki, ki vplivajo na različne tipe poškodb gozdnega drevja v primeru žledoloma	20
Slika 8:	Poškodovanost dreves glede na drevesno vrsto in debelinsko stopnjo za prvih 6 najpogostejših drevesnih vrst	30
Slika 9:	Poškodovanost dreves glede na drevesno vrsto in debelinsko stopnjo za drugih 6 najpogostejših drevesnih vrst	31
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)	34
Slika 11:	Delež izravnanih dreves v štirih sestojnih tipih glede na temeljnico in pestrost prsnih premerov (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)	35
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)	36
Slika 13:	Delež dreves z močno poškodovano krošnjo (PK4, levo) in izravnanih dreves (PK5, desno) glede na tip gospodarjenja pred žledolomom (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)	37

Slika 14:	Dinamika vrzeli v gozdnem rezervatu Obramec v letih od 2009 do 2014 (Baša 2016; Podatkovna baza Gozdarskega inštituta Slovenije 2009, 2014)	39
Slika 15:	Površine starih in novonastalih vrzeli v GGE Unec-Škocjan, ki so po žledu leta 2014 obsegale vsaj 500 m ² površine	41
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	41
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)	44
Slika 18:	Delež izruvanih dreves (PK5) glede na talno podlago (točka: aritmetična sredina, okvir: standardna napaka, ročaj: standardni odklon)	44
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)	45
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)	46
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)	47
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	54
Slika 23:	Odganjanje različnih drevesnih vrst 3 rastne sezone po poškodbah krošenj v žledolomu leta 2014. Dobro odganjata gorski javor (zgoraj) in bukev (str. 57), veliko slabše pa trepetlika (str. 58).	56
Slika 24:	Gorski javor (levo drevo) odganja veliko bolj intenzivno kot bukev (desno drevo)	60
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 sestoj	62

- 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 **66**
- Slika 27:** Temeljnica (levo) in standardni odklon (desno) povprečnega premera na ploskvi glede na delež zastrtosti ploskve z mladjem **66**
- Slika 28:** Število ploskev s pojavljanjem posamezne drevesne vrste v mladju, glede na njeno zastiranje **67**
- 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 **70**
- Slika 30:** Diagram razvoja sestojev, ki prikazuje razlike v odpornosti in sposobnosti okrevanja raznomernega in raznodobnega (A) ter enomernega 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) **78**
- Slika 31:** Dva primera sestojev s slabo odpornostjo in trdoživostjo v Sloveniji: A) žledolom v sestoju bukve brez podstojnih dreves in B) enodobni sestoj čiste smreke po žledolomu leta 2014, napadu podlubnikov in sanitarni sečnji **79**

- Slika 32:** Konceptualni (miselni) okvir kot pripomoček za upravljavce pri odločanju o primernosti ukrepov, ki temeljijo na odpornosti oziroma na sposobnosti okrevanja. Kadar so za povečanje odpornosti na razpolago učinkoviti upravljavski 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 temeljčih 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 sestoj 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) **80**
- Slika 33:** Odmiranje smrekovih sestojev zaradi smrekovega lubadarja v pretežno bukovih gozdovih, poškodovanih v žledolomu leta 2014 (Fotografija: Milan Kobal) **82**
- Slika 34:** Ogroženost zaradi žleda v Sloveniji. Vir: ARSO, GURS **82**
- 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 **85**

Kazalo preglednic

Preglednica 1:	Pregled žledolomov večjih razsežnosti v Sloveniji	6
Preglednica 2:	Tri hierarhične ravni za klasifikacijo poškodovanosti	17
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)	21
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)	23

Preglednica 5:	Žledna lestvica – prirejeno po (Radinja 1983)	27
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)	33
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	68

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

630(497.4)

674(497.4)

504.4:551.574.42(497.4)

ŽLEDOLOMI in gojenje gozdov v Sloveniji
/ [glavna urednika] Dušan Roženbergar, Tomas A.
Nagel. - 1. izd. - Ljubljana : Založba Silva Slovenica,
Gozdarski inštitut Slovenije, 2017. - (Studia Forestalia
Slovenica, ISSN 0353-6025 ; 158)

ISBN 978-961-6993-28-9

1. Roženbergar, Dušan

290696960

Žledolomi in gojenje gozdov v Sloveniji

Dušan Roženberger
Thomas A. Nagel



Silva
Slovenica