



Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta

Zadnja sprememba: 18. 07. 2022 09:33:05

A. Podatki o raziskovalnem projektu

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra in naziv	V4-1820 - Vzroki in vplivi vetroloma (december 2017) na nadaljnji razvoj jelovo-bukovih sestojev v Sloveniji
Vodja	15493 - Matjaž Čater
Naziv težišča v okviru CRP	3.5.3 - Analiza vzrokov in vpliva vetroloma v slovenskih gozdovih v decembru 2017 na nadaljnji razvoj jelovo bukovih gozdov
Obseg učinkovitih ur raziskovalnega dela	781
Cenovna kategorija	C
Obdobje trajanja	od 1. 11. 2018 do 31. 10. 2021
Nosilna raziskovalna organizacija	404 - Gozdarski inštitut Slovenije
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	481 - Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	4 - Biotehnika 4.01 - Gozdarstvo, lesarstvo in papirništvo 4.01.01 - Gozd - gozdarstvo
Družbeno-ekonomski cilj	08 - Kmetijstvo
Raziskovalno področje po šifrantu FORD	4 - Kmetijske vede 4.01 - Kmetijstvo, gozdarstvo in ribištvo

2. Sofinancerji

Naziv, naslov in pooblaščen predstavnik sofinancerja(Name, address and beneficiary-authorized representative)

ARRS

Matična številka(Co. reg. no.)

Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, Bleiweisova cesta 30, Ljubljana

Naziv, naslov in pooblaščen predstavnik sofinancerja(Name, address and beneficiary-authorized representative)

MKGP

Matična številka(Co. reg. no.)

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Dunajska cesta 22, Ljubljana

DODAJ

B. Rezultati in dosežki raziskovalnega projekta

3. Povzetek raziskovalnega projekta

SLO

V vetrolomu 2017 je bilo na 211.000 ha poškodovanih 2.201.000 m³; glede na delež gozdne površine so bile poškodbe največje v GGO Kočevje (69%), GGO Nazarje (38%), GGO Sl. Gradec (33%), GGO Postojna (22%) in GGO Ljubljana (19%). Prizadeti so bili predvsem jelovo-bukovi sestoji. Poraja se vprašanje o rastiščnih, sestojskih ali morebitnih notranjih poškodbah ki vplivajo na večjo izpostavljenost in ranljivost dreves v primeru vetrolomov. Vetrolomi so neselektivni, zato je debelinska in kakovostna struktura podrtih dreves pomešana in nedefinirana. Vetrolomi razgalijo velike površine, kjer se razvijajo različni razvojni stadiji. Ponekod lahko puščeno padlo drevje znotraj zaščitene območij predstavlja nadomestilo gojitvenim ukrepom. Neugodno vplivajo na donos lastnikov, ko je delež ekonomsko zanimivih drevesnih vrst majhen; majhna gostota ne omogoča donosa sortimentov velike kakovosti. Spontano obnova prizadetih površin pogosto spremlja vnos s sadnjo, ki skrajša obdobje za oblikovanje sklenjenega sestoja. Sadnja zahteva zaščito in nego, ki sta dragi in predstavljata težave za bodočo odpornost sestojev. V deželah s prevladujočimi sonaravnimi načini gojenja se odpira aktualna razprava o primernosti naravne obnove ali obnove s sadnjo. V Sloveniji so zaradi prevlade naravne obnove znanje, veščine in splošna zmogljivost za umetno obnovo v nazadovanju. S terena so pogosta poročila o nizkem preživetju sadik, ki je lahko posledica različnih dejavnikov od slabe kakovosti sadik in sadnje do pomanjkljivega zaščite sadik pred objedanjem. V sistemih ki temeljijo na naravnem pomlajevanju, rastlinojedi zmanjšujejo zaloge semena ter gostoto in hitrost preraščanja mladja. Z objedanjem, lupljenjem in drgnjenjem mlajših dreves zavirajo naravno obnovo, kakovost mladja, dolgoročno vplivajo na kakovost lesa ter povzročajo neželeno spremembo vrstne sestave. Na osnovi definiranih ciljev smo oblikovali 6 delovnih sklopov. Na izbranih objektih smo:

1. določili fizikalne lastnosti prizadetih in neprizadetih območij glede na vremenske in mikrorastiščne razmere in opredelili značilnost koreninskih sistemov najbolj prizadetih drevesnih vrst;
2. izdelali model potencialne ogroženosti širšega območja jelovo-bukovih gozdov glede na možnost podobnih ekstremnih vremenskih pojavov;
3. primerjali uspešnost in učinkovitost naravne obnove in določili ključne rastiščne dejavnike za uspešno pomlajevanje prizadetih površin. Preverili smo način zaščite gozdnega mladja z uporabo kemičnih in elektronskih odvrtač. Podatke smo dopolnjevali s popisi objednosti in ekofiziološkim odzivom mladja;
4. primerjali uspešnost sanacije površin vetroloma 2017 s sanacijo starejših poškodovanih površin, določili razlike in izdelali napotke za optimalno obnovo sedanjih prizadetih površin.
5. analizirali kakovostno in dimenzijsko strukturo gozdnolesnih sortimentov in izdelali oceno ekonomske izgube glede na stopnjo poškodovanosti sestojev.
6. Vodenju, poročanju in koordinaciji namenimo delovni sklop 6.

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

Na treh izbranih območjih, ki jih je v letu 2017/2018 prizadel vetrolom smo izbrali lokacije, na katerih potekajo podrobnejše raziskave in meritve odziva: 1. Leskova dolina (OE Postojna), 2. Stojna (OE Kočevje) in 3. Ig (OE Ljubljana). Povsod je bila jelka med najbolj prizadetimi drevesnimi vrstami. Na osnovi definiranih ciljev smo odgovorili na ključna vprašanja povezana z dejavniki vetroloma 2017.

Cilji: (1.-5.)

1–Določiti lastnosti tal prizadetih in neprizadetih območij in opredeliti značilnost koreninskih sistemov najbolj prizadetih drevesnih vrst - jelke; Tipi tal, kjer smo izbrali podrti in stoječa drevesa, se znotraj lokacij niso spreminjala pri stoječih in podrtih drevesih; mikrorastiščne talne razmere so zelo homogene (Leskova dolina: rjava pokarbonatna, žepasta tla, Stojna: protorendzina in rendzina, Ig: rjava pokarbonatna, žepasta tla). Vse so na karbonatni matični podlagi.

Tla na vseh lokacijah so plitva do zmerno globoka (organski in mineralni horizonti skupaj) in kamnita; tla na mikrorastiščih podrtih dreves so bila v povprečju globoka 23,27 cm, na mikrorastiščih stoječih dreves v povprečju 22,46 cm. Prav tako nismo potrdili statistično značilnih razlik med globlinami mineralnega dela tal obeh obravnavanih obdelav.

Statistično značilnih razlik med fizikalno-kemijskimi parametri tal na mikro lokacijah padlega in stoječega drevesa nismo dokazali.

Zdravstveno stanje korenin in panjev izruvanih drevesnih vrst je bilo v večini primerov odlično. Porušena posameznih jelk ni povzročilo slabo zdravstveno stanje koreninskega sistema ali korenničnika (gnilobe, poškodbe, glive,...).

Glavni vzrok za podiranje in padanje dreves je število in smer glavnih korenin, ki so izraščale iz panja glede na smer orkanskega vetra v času vetroloma.

2–Izdelati model potencialne ogroženosti širšega območja jelovo-bukovih gozdov glede na možnost podobnih ekstremnih vremenskih pojavov; Na ekstremnem vetrolomni dogodek je vplivala velika namočenost tal in na drugi več zaporednih dni z viharim oz. močnim vetrom. Podobno sosledje smo potrdili tudi z analizo preteklih vetrolomov na območju celotne Slovenije, ki je temeljila na podatkih zavoda za gozdove Slovenije in njihove zbirke 'timber' za zadnji 25 let (obdobje 1995 - 2019, ZGS, 2018) ter na podatkih ARSO za zadnji 20 let iz 185 meteoroloških postaj. Oblikovali smo zbirko podatkov z dnevnimi meteorološkimi podatki posameznih odsekov in letno število v vetrolomu padlih m3 lesa jelke in smreke. Analizo smo opravili za vse odseke po dnevih in letih. Ustvarjena baza podatkov vsebuje napake, saj ni nujno, da je prvi viharni veter v izbranem letu že povzročil poškodbe sestoja. Za posamezen odsek smo z multivariatno analizo ustvarili model odvisnosti padlih m3 od števila dni s padavinami večjimi od 20 mm in števila dni z vetrom močnejšim od 6 bf.

3–Primerjati uspešnost in učinkovitost obnove prizadetih in neprizadetih površin in določiti ključne dejavnike za uspešno pomlajevanje prizadetih površin. Metodologijo uspešnosti razvoja bomo dopolnjevali z uporabo kemičnih in elektronskih odvrtač ter popisi in odzivom mladja; Rezultati meritev mladja na ogolelih površinah po vetrolomu kažejo veliko različnost odziva med vrstami. Usmerjeni smo predvsem na odziv prevladujočih drevesnih vrst visokega dinarskega krasa: mladja jelke, smreke, buke in javorja, ki je prevladovalo na vseh treh izbranih lokacijah. Mladje jelke, ki je bilo na izbranih lokacijah prisotno pred vetrolomom je bilo močno prizadeto zaradi objedanja divjadi, dodatno je predstavljala velik stres nenadna presvetlitev odraslega sestoja

Zastopanost vrst mladja v vzniku na Snežniku, v Kočevju in na Igu je primerna. Na vseh proučevanih lokacijah prevladuje mladje javora. Na Snežniku in v Kočevju slednjemu sledi jelka, medtem ko je na Igu druga prevladujoča vrsta mali jesen, jelka je šele na četrtem mestu za bukvijo. Mali jesen je prisoten le na Igu. Vrste skupne vsem trem lokacijam so javor, jelka, smreka, bukev in brest. Smreke je največ na Snežniku, sledi je Ig, v Kočevju smo je našli zelo malo. Bukve je na lokacijah predstavljala približno desetino mladja, bresta je za desetino celotnega mladja na Kočevju, pol manj na Snežniku in malo na Igu.

Primerjava odvrtač (kemična, kontrola, zvočna) je pokazala na največjo obiskanost kontrolnih ploskev. Razlika se najbolje pokaže prav na Snežniku, kjer je bila obiskanost največja v primerjavi z drugimi lokacijami. Najmanj obiskane so bile ploskve z zvočnimi odvrtači. Največje število obiskov ploskev s kemijskimi odvrtači v Kočevju sovпада z večjo obiskanostjo pozimi, ko je odvrtač slabše delovalo zaradi manjših temperatur in snega. Opazno je povečevanje učinkovitosti mladja po vetrolomu pri listavcih (bukvi in predvsem pri javorju) po prvem letu, v nadaljevanju učinek svetlobe popusti oz. se zmanjša. Potrdili smo neznačilno spremembo pri smreki in izrazito nazadovanje oz. zmanjševanje učinkovitosti pri jelki na vseh opazovanih lokacijah. Izpad jelke na stalnih lokacijah je bil izrazit podobno, kot po žledu leta 2014; zaradi izpada osebkov smo s težavo opravili ponovitve meritev v letu 2020. Zmanjševanje učinkovitosti se je z leti in s povečevanjem svetlobne intenzitete pri jelki značilno povečevalo. Med posameznimi lokacijami proučevanja vetroloma nismo potrdili značilnih razlik, kar kaže na enovit odziv drevesnih vrst. Primerjava obeh velikopovršinskih ujm kaže na večjo jakost motnje po žledu, v primerjavi z vetrolomom.

4–Primerjati uspešnost sanacije površin zadnjega vetroloma (2017) z učinkovitostjo sanacije starejših poškodovanih površin in izdelati napotke za optimalno obnovo sedanjih prizadetih površin.

Gostote mladja na ploskvah naravne in umetne obnove kažejo na različne ekološke razmere med raziskovalnimi objekti. Gostote so že od začetka meritev v 2012 visoke na objektu Bohor in Črnivec, medtem ko so na Trnovskem gozdu nizke zaradi zaostrenih ekoloških razmer kot so visoka nadmorska višina, deloma južne lege, kraški teren s površinsko skalovitostjo in kamnitostjo in posledično plitvimi tlemi. V letu 2019 so bile razlike med objekti veliko manjše kot pričakovano. Povprečna gostota v 2019 je znašala 6500 osebkov na hektar.

Pri tehnični sanaciji poškodovanih sestojev ne poškodujemo pomladka, saj dokazano pozitivno vpliva na vznik naravnega mladja, saj ustvarja sestojno klimo in s senčenjem omejuje razrast pritalne vegetacije. Prisotnost pomladka lahko skrajša proizvodne dobe prihodnjih sestojev. Prevladuje naj naravna obnova, ki je v večini primerov še vedno uspešna.

V primeru majhnih gostot mladja, negativnih dejavnikov za uspeh naravnega pomlajevanja se odločamo za umetno obnovo, tudi če se naravno mladje ne razvije več let po ujmi. Umetna obnova je lahko predkultura za naravno obnovo z manjšo gostoto saditve (1000 sadik/ha), saj z enakim vložkom obnovimo večjo površino in zmanjšamo strošek saditve.

V sistemu obnove je potrebno dosledno preverjati uspešnosti saditve in vzpostaviti sistem kontrole. Najmanjša stopnja preživetja sadik po treh letih se razlikuje med drevesnimi vrstami: največja je pri smreki – 90 %, nekoliko manjša pri listavcih – 70 %. Na obstoječih objekti s preseženim največjim dopustnim izpadom se po potrebi odločimo za dopolnilno saditve.

5–Analizirati kakovostno in dimenzijsko strukturo gozdno-lesnih sortimentov in izdelati oceno ekonomske izgube glede na strukturo gozdnih sestojev.

Ocenili smo skupno škodo zaradi slabše sortimentacije v sanitarni sečnji vetroloma iz decembra 2017. Ocenjene količinska izgube znašajo 205855 m3 oz. 5,6 % manj, kot če bi šlo za posek v redni sečnji. Skupen izpad dohodka smo ocenili na 16,1 milijona €; največ na območju Kočevja (4,9 mil €), Slovenj Gradca (2,8 mil. €), Nazarja (1,8 mil. €) in Postojne (1,6 mil. €). Na nacionalni ravni izpad dohodka predstavlja približno 6,6 %.

Pri vrednotenju ekonomskih posledic vetroloma je potrebno upoštevati še posredne izgube (zmanjšan prirastek, slabša sortimentna sestava ostalih dreves zaradi poškodb), ekonomske izgube zaradi zmanjšane stojnosti preostalih mejnih sestojev ter večje ogroženost zaradi škodljivcev. Lastnike bremenijo dodatni stroški obnove in nege novih sestojev, prav tako prihaja do posrednih ekonomskih izgub zaradi neizvedbe tekočih aktivnosti v preostalih gozdovih.

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

V obravnavanem obdobju je potekal projekt skladno s sprejetim načrtom dela in časovnico. Kljub omejitvam v času pandemije COV-19 je delo na projektu potekalo nemoteno. Ocenjujemo, da nam le v okviru DS2 ni v celoti uspelo implementirati interaktivne karte dnevne ogroženosti sestojev jelke in smreke na spletišče. Za tovrstno implementacijo bi potrebovali večji doprinos s strani IT službe in več programerskega znanja, kar pa žal presega finančne okvire projekta. V vseh ostalih delovnih sklopih smo zastavljene cilje realizirali ali jih celo presegli.

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

Terenska dela in izvedbo v sklopu vsebin DS 3 povezanih z odvrčali je opravljala mag. Ajša Alagić.

7. Najpomembnejši dosežki projektne skupine na raziskovalnem področju

Naslov (Title) SLO

Ekofiziološki odzivi na hitro presvetljevanje in mortaliteta bukve, jelke, smreke in gorskega javorja po velikopovršinskih ujmah

Naslov (Title) EN

Response and mortality of beech, fir, spruce and sycamore to rapid light exposure after large-scale disturbance

Opis (Description) SLO

Fiziološki odziv štirih drevesnih vrst na hitro presvetljevanje zaradi poškodb matičnega sestoja smo opazovali tri zaporedna leta po velikopovršinskih ujmah in odzive vzporejali z razmerami na nepoškodovanih lokacijah. Primerjali smo odzive pod popolnim zastorom, na gozdnem robu in na odprtem.

Hitro presvetljevanje je značilno zmanjšalo učinkovitost jelke, povečala pa se je učinkovitost listavcev. Odzivi smreke so bili nevtralni. Številčnost klic v vzniku je sledilo vzorcu ekofizioloških opazovanj. Prizadetost po žledu je bila veliko večja kot po vetrolomu.

Opis (Description) EN

Physiological response to rapid light exposure due to canopy disintegration in young beech, fir, Norway spruce and sycamore trees was measured in three consecutive years after the severe ice storm in 2014 and after windthrow in 2017. Nitrogen amount (Ntot), maximum assimilation response to light (Amax) and quantum yield (phi) were measured in three categories of different light intensities under closed canopy with indirect site factor (ISF) < 15%, at the forest edge (15% 25%). Tree responses with number of seedlings per hectare were compared between damaged and undamaged sites, with young trees gradually adapting to light conditions in the two years following the two disturbance events. Nitrogen levels were in the optimal range for all species studied. Rapid exposure to elevated light reduced efficiency in fir and increased efficiency in beech and especially sycamore. No differences in response were observed in spruce. Assimilation efficiency, where both tree species were equal, shifted towards shade. Recovery was similar for all species studied after both disturbances: better after the windstorm, compared to the ice storm, indicating the severity of the event. Reductions in seedling numbers followed the pattern observed for physiological traits.

Objavljeno v (Published in)

Elsevier; Forest Ecology and Management; 2021; Vol. 498, article 119554; 8 str.; Impact Factor: 3.558; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.973; A: 1; WoS: KA; Avtorji/Authors: Čater Matjaž;

COBISS ID
71521027

Leto
2021

Tipologija (Tipology)
1.01 - Izvirni znanstveni članek (Original Scientific Article)

Naslov (Title) SLO

Intenziteta sečenj in vrstna sestava vplivata na respiracijo tal v raznodobnih dinarskih gozdovih

Naslov (Title) EN

Harvesting intensity and tree species affect soil respiration in uneven-aged Dinaric forest stands

Opis (Description) SLO

Način gospodarjenja in intenziteta posegov ima odločilen vpliv pri sestojnem ravnovesju ogljika, posebno v sestojih s stalnim sklepom krošenj. Mesečne meritve talne respiracije CO₂ smo izvajali v treh zaporednih letih v treh različnih gozdnih kompleksih in na ploskvah z različno zastopanostjo drevesnih vrst matičnega sestoja.

Opazovali smo odzive po različnih intenzitetah sečenj (50%, 100%) in jih primerjali z odzivi kontrolnih ploskev brez posega.

Na vseh lokacijah se je talna respiracija povečala po sečnjah, najmočnejše na ploskvah s prevladujočo bukvijo za 47% in 69% v primeru 50% in 100% intenzitete. Odziv na drugih lokacijah s prevladujočo jelko in smreko je bil podoben a manjši (povečanje za 26% na 50% in za 48% na lokacijah s 100% intenziteto). Izravnava na raven kontrolnih vrednosti je bila najhitrejša na ploskvah s prevladujočo bukvijo - 14-17 mesecev z zamikom na bukovih ploskvah s 100% intenziteto. Čas za doseg kontrolnih vrednosti na vseh jelovih in smrekovih ploskvah s 50% intenziteto je bil večji (26-29 mesecev), medtem ko izravnave ostalih ploskev s prevladujočo smreko nismo uspeli zaznati v času trajanja opazovanj. Vrednosti nakazujejo plastičnost prilagoditev glede na prevladujočo drevesno vrsto (najbolj bukev, najmanj smreka) in posledično na občutljivost posegov v sestojih dinarskega visokega krasa.

Opis (Description) EN

Forest management, especially thinning and harvesting measures, has a significant impact on the forest carbon balance especially in the forests with long-term continuous cover history. We measured soil CO₂ efflux (Rs) in three forest complexes of mixed, uneven-aged Dinaric forests with predominating silver fir (*Abies alba* Mill.), beech (*Fagus sylvatica* L.), and Norway spruce (*Picea abies* Karst.). Rs was measured after removal of mature forest stands with 50% and 100% intensity of living stock and compared with Rs on the control plots without any applied silvicultural measures. Rs was measured monthly in three consecutive 2012, 2013 and 2014 growing periods. Soil CO₂ efflux increased after harvest of both intensities in all studied forest stands. The biggest increase was measured in beech stands and amounted up to 47 and 69% for 50% and 100% harvest intensities, respectively. The effect of harvest on Rs in spruce and fir stands was similar - up to 26% for 50% harvest intensity and 48% for 100% harvest intensity. Despite the biggest increase after harvest, Rs in beech stands returned the fastest to the level of the uncut forest and this levelling period (LP) took 14-17 months with a little delay of the stands with 100% harvest intensity. The LP for all fir stands, for spruce stands with 50% harvest intensity and for one spruce stand with 100% harvest intensity, was 26-29 months. At two spruce stands with 100% harvest intensity we did not record Rs levelling during our...

Objavljeno v (Published in)

Elsevier; Forest Ecology and Management; 2021; Vol. 480, article 118638; 9 str.; Impact Factor: 3.558; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.973; A: 1; WoS: KA; Avtorji/Authors: Čater Matjaž, Dařenová Eva, Simončič Primož;

COBISS ID
31048195

Leto
2021

Tipologija (Tipology)
1.01 - Izvirni znanstveni članek (Original Scientific Article)

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

Naslov (Title) SLO

Vzroki in posledice zadnjega vetroloma na nadaljni razvoj jelovo bukovih sestojev v Sloveniji

Naslov (Title) EN

Causes and effect of latest windthrow on further development of beech-fir stands in Slovenian forests

Opis (Description) SLO

Fizikalne lastosti tal med prizadetimi in neprizadetimi lokacijami niso potrdile razlik posebno v povezavi z rastiščnimi in mikroklimatskimi razmerami. Na stojnost so najmočnejše vplivale korenine in njihova razporeditev. Pregled vetrolomov v katerih sta bili prizadeti najbolj jelka in smreka v obdobju 1995 - 2018 je izpostavil kumulativni učinek talnih razmer, padavin in močnega vetra, ki so skupaj delovali uničujoče. Naravna obnova prizadetih površin kaže na uspešno pomlajevanje bukke, gorskaga javorja in jelke na vseh proučevanih lokacijah, kljub temu pa je vprašljivo pomlajevanje jelke zaradi izrazitega objedanja rastlinojede divjadi. Analizirali smo sukcesijski razvoj po vetrolomi in ga primerjali z žledom, oboje v treh zaporednih rastnih obdobjih po velikopovršinski ujmi. Gostote mladja so se gibale med 5000 to 9000 osebki ha⁻¹, največje gostote smo zaznali v plasti 150-300 cm. Naravno mladje je učinkovitejše in kaže boljšo prilagojenost po ujmi kot sajeno mladje. Delež sencozažrtih drevesnih vrst se je povečal na lokacijah manjših nadmorskih višin, v višjih namorskih legah pa prevladujejo pionirske drevesne vrste. Zaradi objedanja divjadi imata največ težav s preživetjem jelka in gorski javor. Zaključki kažejo, da se pomlajevanje po ujmi razprostre na prizadete površine iz delov z uspešno obnovo takoj po ekstremnem dogodku, vseeno pa določeni deli zaradi mikrolokacijskih značilnosti ostajajo nepomlajeni.

Opis (Description) EN

Physical soil properties between plots damaged by wind and control areas without damage did not confirm any significant difference in relation to weather and microsite conditions (rootstock, exposition, altitude, species structure of stands, microrelief). Characteristics of root systems of the most affected tree species - fir, spruce and beech did not differ between damaged and neighboring undamaged sites. An overview of fir and spruce windbreaks during the 1995 - 2018 period outlined the cumulative effect of multiple site conditions with strong wind, severely reducing the mechanical stability of fir and spruce; consequently, the following weather events with even mild wind intensities resulted in calamity. Natural regeneration ability on all plots of recent windthrow shows successful regeneration of beech, maple, and fir in all light categories of damaged stands, but questionable regeneration of fir, which is in tight relation with ungulate browsing. For comparison with regeneration after windthrow in 2017, we analyzed successional development in three windthrow areas from 2008. Seedling densities ranged from 5000 to 9000 ha⁻¹, with the highest densities in the 150-300 cm height class. Within plots with natural regeneration, height and species diversity were better compared to planted plots. Shade-tolerant species increased in plots at lower elevations, while pioneer species still increased at higher elevations. Overall browsing was moderate, but silver fir and sycamore had difficulty establishing. The results indicate that regeneration spreads from areas that were covered with seedlings shortly after windthrow and that certain parts will not be covered with regeneration for a longer period.

Objavljeno v (Published in)

European Geosciences Union; 2021; 1 spletni vir; Avtorji/Authors: Čater Matjaž, Marinšek Aleksander, Ferlan Mitja, Alagić Ajša, Diaci Jurij, Fidej Gal, Jevšenak Jernej, Simončič Primož;

Šifra

B.03 - referat na mednarodni znanstveni konferenci

COBISS ID

62300163

Leto

2021

Tipologija (Typology)

1.12 - Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (Publis

Naslov (Title) SLO

Prilagoditveno gospodarjenje s smreko v slovenskih gozdovih

Naslov (Title) EN

Adaptive forest management in Slovenian spruce forests

Opis (Description) SLO

Smreka sodi med ped najpogostejše zastopanih drevesnih vrst v slovenskih gozdovih s skoraj 33% deležem v skupni lesni zalogi. Kljub velikemu deležu kažejo ekstremni dogodki v zadnjih letih (2014 - žled; 2017 - vetrolom) povečevanje tveganj, njeno občutljivost in dovzetnost na poškodbe podlubnikov. Za prihodnje gospodarjenje in razvoj izpostavljamo posamezne ključne aspekte:

- odzive naravnega in sajenega mladja na ekstremnih rastiščih po velikopovršinskih ujmah
- svetlobne odzive ključnih drevesnih vrst prizadetih in neprizadetih lokacij po velikopovršinskih ujmah
- prisotnost mladja na različnih nadmorskih višinah primarnih in sekundarnih smrekovij ter zasmrečenih jelovih in bukovih rastišč
- rastne odzive na različnih lokacijah in nadmorskih višinah ter
- scenarije prihodnjega razvoja.

Opis (Description) EN

Spruce is among five most abundant tree species in the Slovenian forests with almost 33% share in total living stock. Despite its potential abundance in the country the latest extreme weather events in 2014 and 2017/2018 confirm its increasing vulnerability and consequent exposition to bark beetle infestation/ calamities. Several aspects relevant for the future development and perspective of the species are highlighted:

- responses of young natural and planted spruces compared on extreme sites with large postdisturbance canopy openings;
- light response in damaged and undamaged stands for predominant species;
- abundance of regeneration (primary, secondary spruce sites and spruce growing on primary beech and fir sites) in different elevation categories;
- growth response of spruce on different sites and elevations and
- future-prediction scenarios.

Objavljeno v (Published in)

Forestry and Game Management Research Institute; 2020; Str. 44; Avtorji/Authors: Čater Matjaž, Levanič Tom, Marinšek Aleksander, Simončič Primož;

Šifra

B.03 - referat na mednarodni znanstveni konferenci

COBISS ID

51062275

Leto

2020

Tipologija (Typology)

1.12 - Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (Publis

Naslov (Title) SLO

Ocena učinkovitosti odvrčal na objedenost mladja

Naslov (Title) EN

Deterrent efficiency against browsing

Opis (Description) SLO

Zastopanost vrst mladja v vzniku na Snežniku, v Kočevju in na Igu je primerna. Na vseh proučevanih lokacijah prevladuje mladje javora. Na Snežniku in v Kočevju slednjemu sledi jelka, medtem ko je na Igu druga prevladujoča vrsta mali jesen, jelka je šele na četrtem mestu za bukvijo. Mali jesen je prisoten le na Igu. Vrste skupne vsem trem lokacijam so javor, jelka, smreka, bukev in brest. Smreke je največ na Snežniku, sledi je Ig, v Kočevju smo je našli zelo malo. Bukve je na lokacijah predstavljala približno desetino mladja, bresta je za desetino celotnega mladja na Kočevju,

pol manj na Snežniku in malo na Igu. Primerjava odvrčal (kemična, kontrola, zvočna) je pokazala na največjo obiskanost kontrolnih ploskev. Razlika se najbolje pokaže prav na Snežniku, kjer je bila obiskanost največja v primerjavi z drugimi lokacijami. Najmanj obiskane so bile ploskve z zvočnimi odvrčali. Največje število obiskov ploskev s kemijskimi odvrčali v Kočevju sovпада z večjo obiskanostjo pozimi, ko je odvrčalo slabše delovalo zaradi manjših temperatur in snega.

Opis (Description) EN

Abundance of different tree species in the regeneration layer is sufficient, on all locations predominates sycamore. At Snežnik and Kočevje plots also silver fir and at Ig location *Fraxinus ornus* was observed. On all location sycamore, silver fir, spruce, beech and *Ulmus* were observed. Spruce predominates at Snežnik, followed by Ig and very little in Kočevje. Beech represents 10% of all regeneration. Deterrent analysis showed highest frequency on control plots (without deterrents) and smallest ungulate frequency with sound deterrents. Due to malfunctioning of chemical deterrents in Kočevje, frequency in winter time was there the highest.

Objavljeno v (Published in)

Gozdarski inštitut Slovenije, založba Silva Slovenica; 2021; Str. 8; Avtorji/Authors: Alagić Ajša, Ferlan Mitja, Flajšman Katarina, Čater Matjaž;

Šifra

F.17 - Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso

COBISS ID

68253443

Leto

2021

Tipologija (Typology)

1.13 - Objavljeni povzetek strokovnega prispevka na konferenci (Publish

Naslov (Title) SLO

Kakovostna in dimenzijska struktura gozdno-lesnih sortimentov glede na stopnjo poškodovanosti sestojev

Naslov (Title) EN

Quality and dimensional structure of woody assortments according to the forest damage

Opis (Description) SLO

Ocenili smo skupno škodo zaradi slabše sortimentacije v sanitarni sečnji vetroloma iz decembra 2017. Ocenjene količinska izgube znašajo 205855 m3 oz. 5,6 % manj, kot če bi šlo za posek v redni sečnji. Skupen izpad dohodka smo ocenili na 16,1 milijona €; največ na območju Kočevja (4,9 mil €), Slovenj Gradca (2,8 milj.€), Nazarja (1,8 milj.€) in Postojne (1,6 milj.€). Na nacionalni ravni izpad dohodka predstavlja približno 6,6 %. Pri vrednotenju ekonomskih posledic vetroloma je potrebno upoštevati še posredne izgube (zmanjšan prirastek, slabša sortimentna sestava ostalih dreves zaradi poškodb), ekonomske izgube zaradi zmanjšane stojnosti preostalih mejnih sestojev ter večje ogroženost zaradi škodljivcev. Lastnike bremenijo dodatni stroški obnove in nege novih sestojev, prav tako prihaja do posrednih ekonomskih izgub zaradi neizvedbe tekočih aktivnosti v preostalih gozdovih.

Opis (Description) EN

Cumulative damage due to different assortment structure has been made for the 2017. Evaluated loss amount up to 205855 m3 or. 5,6 % less than regular cut. Cumulative income loss reached 16,1 mill €; at most in Kočevje (4,9 mil €), Slovenj Gradec (2,8 milj.€), Nazarje (1,8 milj.€) and Postojna (1,6 milj.€). At national scale loss amounts 6,6 %. Evaluation of economic consequences of the calamity should include indirect loss due to decreased increment, lower assortment structure of other trees because of mechanical damage, lower mechanical stability and higher exposition to barkbeetle attacks. Forest owners have to include expenses of establishment and tending as well as indirect loss due to non-implementation of planned activities.

Objavljeno v (Published in)

Gozdarski inštitut Slovenije, založba Silva Slovenica; 2021; Str. 11; Avtorji/Authors: Jevšenak Jernej, Levanič Tom;

Šifra

F.17 - Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso

COBISS ID

68256771

Leto

2021

Tipologija (Typology)

1.13 - Objavljeni povzetek strokovnega prispevka na konferenci (Publish

Naslov (Title) SLO

Razvoj mladja na izbranih površinah vetrolomov iz let 2008 in 2017 ter gozdnogojitvene smernice za obnovo

Naslov (Title) EN

Regeneration development on selected sites after 2008 and 2017 windthrow events and silvicultural guidelines for restoration.

Opis (Description) SLO

V prispevku smo analizirali in primerjali pomlajevanje po vetrolomih v letih 2008 in 2017. Ugotavljamo, da so gostote naravnega mladja med raziskovalnimi objekti in znotraj njih zelo različne in so posledica različnih ekoloških razmer v času ujme in po njej. Začetne gostote tri (vetrolom 2008) oz. štiri leta (vetrolom 2017) po ujmi so znašale približno 2100 do 23.000 osebkov na hektar. Zmes je bila bolj podobna, od klimaksnih vrst sta prevladovali smreka in bukev. Pomembno začetno gonilo sukcesije je precejšnja zastopanost pionirskih in svetloлюбnih vrst, kot so iva, jerebika in breza. Avtorji izsledke raziskave dopolnjujemo z gozdnogojitvenimi smernicami za obnovo gozdov. Po ujmi smo pri tehnični sanaciji pozorni, da ne poškodujemo obstoječega pomladka, ki ima velik vlog pri obnovi. Prevladuje naj naravna obnova gozdov, za umetno se odločamo v zaostrenih ekoloških razmerah, ko pričakujemo malo naravnega mladja ali to ni razvito. Pri umetni obnovi po zgledu iz tujine vnašamo jelko in hrast. Obžetev izvajamo točkovno in ne površinsko po celotni umetni obnovljeni površini, saj z njo odstranjujemo naravno mladje. V sistem obnove je treba vpeljati preverjanje uspešnosti saditve.

Opis (Description) EN

In this paper, we analysed and compared regeneration after the 2008 and 2017 windthrow events. We found that the densities of natural regeneration between and within research sites were very diverse due to different ecological conditions during and after disturbance. Initial densities after three (windthrow 2017) or four years after the disturbance ranged from about 2,100 to 23,000 individuals per ha. Concerning species composition, spruce and beech were dominant among the late-successional species, while there was a considerable representation of pioneer and light-demanding species, such as willow, rowan, and birch, which made an important contribution to early successional forest recovery. The results of the research are supplemented with silvicultural guidelines for forest restoration. During post-disturbance salvage logging, attention is needed not to damage the existing advanced regeneration, which plays a major role in forest restoration. Natural regeneration should predominate, while artificial regeneration should be used on sites where we expect little or no natural regeneration. When using artificial restoration, following examples from abroad, silver fir and oak should be used more often. Weedings should be focused and not superficially employed over the entire artificially restored area, as it removes natural regeneration. Planting performance assessment must be introduced in the restoration system.

Objavljeno v (Published in)

Zveza gozdarskih društev Slovenije; Gozdarski vestnik; 2021; Letn. 79, št. 9; str. 329-337; Avtorji/Authors: Fidej Gal, Roženbergar Dušan, Cerioni Matteo, Nagel Thomas Andrew, Diaci Jurij;

Šifra

F.17 - Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine

Objavljeni povzetek strokovnega prispevka na konferenci

Čater, M., Flajšman, K., Alagić, A., 2021. Primerjava uspešnosti in učinkovitosti obnove prizadetih in neprizadetih površin. V: Čater, M. (ur.). Vzroki in vplivi decembrskega vetroloma (2017) na nadaljnji razvoj jelovo bukovih sestojev v Sloveniji : zaključna delavnica : CRP V4-1820. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, založba Silva Slovenica. 2021, str. 7. <https://dx.doi.org/10.20315/SilvaSlovenica.0017>, [COBISS.SI-ID 68251139]

Diaci, J., Fidej, G., Roženberger, D., Cerioni, M., Nagel, T. A., Adamič, T., 2021. Gozdnogojitvene usmeritve za obnovo gozdov po naravnih ujmah. V: ČATER, Matjaž (ur.). Vzroki in vplivi decembrskega vetroloma (2017) na nadaljnji razvoj jelovo bukovih sestojev v Sloveniji : zaključna delavnica : CRP V4-1820. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, založba Silva Slovenica. 2021, str. 10. <https://dx.doi.org/10.20315/SilvaSlovenica.0017>, [COBISS.SI-ID 68256003]

Ferlan, M., Kobler, A., Kozamernik, E., 2021. Model potencialne ogroženosti jelovo bukovih gozdov glede na možnost nastanka podobnih ekstremnih vremenskih dogodkov. V: Čater, Matjaž (ur.). Vzroki in vplivi decembrskega vetroloma (2017) na nadaljnji razvoj jelovo bukovih sestojev v Sloveniji: zaključna delavnica : CRP V4-1820. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, založba Silva Slovenica. 2021, str. 6. <https://dx.doi.org/10.20315/SilvaSlovenica.0017>, <http://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?id=14150>. [COBISS.SI-ID 68250115]

Fidej, G., Roženberger, D., Diaci, J., Cerioni, M., Nagel, T. A. 2021. Uspešnost sanacije vetrolomov iz leta 2008. V: Čater, M. (ur.). Vzroki in vplivi decembrskega vetroloma (2017) na nadaljnji razvoj jelovo bukovih sestojev v Sloveniji : zaključna delavnica : CRP V4-1820. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, založba Silva Slovenica. 2021, str. 9. <https://dx.doi.org/10.20315/SilvaSlovenica.0017>, [COBISS.SI-ID 68255235]

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine

10.1. Pomen za razvoj znanosti

SLO

Naravno pomlajevanje dopolnjujemo s sadnjo, ki skrajša potreben čas za doseg sklenjenega sestoja in omogoči uravnavo zmesi v ekonomsko zanimivo vrsto sestavo. Zahteva ekonomsko zahtevno zaščito in nego, zato ostaja v deželah s prevladujočo naravno obnovo razprava o ustreznosti obnove in sanacije prizadetih površin s sadnjo odprta. Do sedaj je bilo usmerjene premalo pozornosti v ekološko razlikovanje gospodarjenja v normalnih razmerah, ko gre za postopno in zvezno spremembo in zmanjševanje sestojnega sklepa in v razmerah po motnjah, ki jih označuje hitra sprememba svetlobnih in mikroklimatskih razmer (Schütz et al. 2016). Vetrolome opazamo v sestojih plitkih in slabše odcednih tal (Dobbertin, 2002). Naše raziskave potrjujejo, da so bila tla na lokacijah podrtih in stoječih dreves po vetrolomu plitka in se med sabo niso značilno razlikovala; na razmeroma majhni razdalji se izmenjujejo žepi globokih in plitvih tal, zato je prilagojenost koreninskih sistemov odvisna od geomorfoloških lastnosti terena/ tal (Vrščaj s sod., 2017). Razlike v odpornosti in kljubovanju posameznih odraslih jelovih dreves lahko povezujemo z lastnostmi korenin, njihovim zdravstvenim stanjem, preteklimi gozdnogojitvenimi sistemi, vitkostjo posameznih dreves in dolžino krošnje, sestojno strukturo in gostoto oz. kombinacijo naštetih dejavnikov.

Učinkovitost naravne obnove je povezana s sposobnostjo tvorbe sončnih listov. V času raziskave nismo potrdili pri naravnem pomladku jelke izboljšanja stanja v različnih kategorijah svetlobne osvetljenosti kljub drugačnim odzivom ostalih proučevanih drevesnih vrst. Zaskrbljujoče stanje otežuje prisotnost rastlinojedov. Prilagoditev in povečanje učinkovitosti smo potrdili pri bukvih, pri smrekah smo potrdili povečevanje učinkovitosti na gozdnem robu in na odprtem. Največje razlike v povečevanju učinkovitosti smo potrdili pri javorju v vseh kategorijah intenzitete svetlobe, posebno med prvim in drugim letom po motnji. Ugotovitve sovpadajo s številom osebkov pomladka na vseh treh proučevanih lokacijah. Od vseh vrst je imela jelka največ težav na prilagajanje presvetljevanju zaradi značaja in postopnega prilagajanja na večje intenzitete (Robakowski s sod., 2004) in počasnejše menjava asimilacijskega aparata, kot npr. pri listavcih. Hitrejšo prilagoditev omejuje fotoinhibicija (Tucker s sod., 1987; Ruban, 2014) in variiranje razmer znotraj samega ravnega obdobja. Primerjava odziva s podobno velikopovršinsko motnjo, žledom iz leta 2014 je pokazala na slabšo prilagajanje po žledu glede na vetrolom (Čater 2021). Pomlajevanje igra v obnovi poškodovanih sestojev odločilno vlogo, saj je poškodovanost naravnega mladja navadno zanemarljiva (Szwagrzyk s sod., 2018). Najučinkovitejša so bila zvočna odvrčala, kar potrjuje najmanjši obisk rastlinojede divjadi na teh podplodskvah; med posameznimi lokacijami nismo potrdili razlik. Ocenjena izguba 16.1 mil. € znaša 6.6% manj od rednega donosa; veter je drevesa predvsem podiral, ne lomil (Putz s sod., 1983). Upoštevati moramo posredne učinke vetroloma, (izguba donosa, poškodbe ostalih dreves in potrebna vlaganja za uspešno sanacijo in regeneracijo stanja (Nieuwenhuis in O'connor, 2011)). Analiza je potrdila, da je delež ekstremnih dogodkov vetrolomov jelovih in smrekovih dreves na apnenčasti matični podlagi večji od 35% z upoštevanjem, da je večina jelovih in smrekovih sestojev v Sloveniji ravno na tej kamninski osnovi. Oblikovali smo multipli regresijski model med poškodovanimi jelovimi oz. smrekovimi m3 padlega drevja, številom dni z večjo jakostjo vetra od 50 km/h in številom dni z več kot 30 mm padavinami dnevno. Večje število zaporednih ekstremnih vremenskih dogodkov z močnim vetrom in intenzivnimi padavinami oslabi stabilnost gozdnih sestojev, ki podležejo naslednjemu (lahko tudi ne-ekstremnemu) vetru ali padavinam.

ANG

The ability to withstand extreme weather conditions is reflected in their degree of regeneration. Natural regeneration requires economically demanding protection and maintenance measures, which is why in countries where natural regeneration predominates, the debate on the appropriateness of restoring and rehabilitating affected areas with planting is still ongoing. Insufficient attention has been paid to the ecological differentiation of management under normal conditions, when gradual and continuous changes and reductions in stand canopy, and under post-disturbance conditions, which are characterized by rapid changes in light and microclimatic conditions (Schütz et al. 2016). Windbreaks are observed in stands with shallow and poorly drained soils (Dobbertin, 2002). Our studies confirm that the soil at the sites of fallen and standing trees was shallow after windbreak and did not differ significantly; pockets of deep and shallow soil alternate at relatively close distances, so that the adaptability of root systems depends on the geomorphological characteristics of the terrain/soil (Vrščaj et al., 2017). Differences in the resistance and resilience of individual mature fir trees may be related to root characteristics, their health status, previous forestry systems, slenderness of individual trees and crown length, stand structure and density, or a combination of the above factors.

The efficiency of natural regeneration is related to the ability to form sunleaves. At the time of the study, we could not confirm the improvement of conditions for natural regeneration of fir in different light categories due to the different responses of the other tree species studied. The worrying situation is aggravated by the presence of herbivores. For beech, we confirmed the adaptation and increase in efficiency, and for spruce, the increase in efficiency at the forest edge and in the open. The largest differences in efficiency increase were found in maple in all light intensity categories, especially between the first and second year after disturbance. These results are consistent with the number of spring specimens at all three sites studied. Of all species, fir had the most difficulty adapting to overlighting due to its character and gradual adaptation to higher intensities (Robakowski et al., 2004), as well as slower changes in assimilative apparatus, such as in deciduous trees. Faster adaptation is limited by photoinhibition (Tucker et al., 1987; Ruban, 2014) and varying conditions within the growing season itself. Comparison of response to a similar large-scale disturbance, the 2014 hail, showed a poorer picture of post-hail adaptation compared to windbreak (Čater 2021). Regeneration plays a critical role in restoring damaged stands (Szwagrzyk et al., 2018). Sound deterrents were most effective, as confirmed by the lowest herbivore visitation to these subplots; we did not detect differences between individual sites. The estimated damage of € 16.1 million is 6.6% less than the regular yield; wind mainly felled trees and did not break them (Putz et al., 1983). We need to consider the indirect effects of windbreaks (yield loss, damage to other trees, and necessary investments for successful rehabilitation and regeneration of the condition (Nieuwenhuis and O'connor, 2011)). The analysis confirmed that the proportion of extreme windbreak events in fir and spruce on calcareous bedrock is more than 35%, considering that the majority of fir and spruce stands in Slovenia are located precisely on this rocky bedrock. We have created a multiple regression model between the damaged fir or spruce m3 of fallen trees, the number of days with wind force more than 50 km/h and the number of days with more than 30 mm of precipitation per day. A greater number of consecutive extreme weather events with strong winds and heavy precipitation weakens the stability of forest stands exposed to subsequent (perhaps non-extreme) wind or precipitation events.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije

SLO

Pri sanaciji poškodovanih sestojev ne poškodujemo pomladka, saj zmanjšuje odvisnost od naravne obnove. Neposredno po ujmi in tehnični sanaciji je presodimo rastišče, sestoj in pomladek. Prevladuje naj naravna obnova, ki je v večini primerov uspešna. V Sloveniji je umetna obnova bistveno

dražja kot v tujini, uspeh pri listavcih je majhen. V primeru majhnih gostot mladja, slabe možnosti naravnega pomlajevanja in potrebe po vzpostavitvi funkcij gozda izberemo umetno obnovo, če se naravno mladje ne razvije več let po ujmi ali so nepomlajeni predeli daleč od semenskih dreves (Diaci in sod., 2017). Stroške umetne obnove zmanjšamo s sadnjo v skupinah (Saha in sod., 2012) ali tam, kjer je preživetje boljše (Frehner, 2002). Umetna obnova je lahko predkultura za naravno obnovo z manjšo gostoto npr. 1000 sadik/ha. Za manj odvisnosti od razpoložljivih sadik in vložka umetne obnove svetujemo rabo puljenk lokalnega okolja. Obžetve izvajamo točkovno (Fidej, 2016). Zaradi obžetev je delež sencozačnih, gospodarsko zanimivih vrst samoniklega naravnega mladja na območju umetne obnove dvakrat manjši v primerjavi z območji naravnega razvoja. V prihodnjem toplešem podnebju z daljšimi sušnimi obdobji je po zgledu iz tujine ob obnovah po ujmah in rednih obnovah gozdov z dopolnilno saditvijo smiselno vnašanje številnih drevesnih vrst.

Jelka. Na rastiščih karbonatne matične podlage se delež manjša zaradi prevelikih gostot divjadi. Sencozačna vrsta je odpornejša proti suši in podlubnikom. V tujini nadomešča v ujmah poškodovane smrekove gozdove. V žledolomu (2014) se je v primerjavi s smreko izkazala kot mehansko manj občutljiva za poškodbe. Z zmanjševanjem deleža smreke bi v prihodnje lahko poleg bukke postala glavna gospodarska vrsta, ki jo zaradi preštevila divjadi izpodriva bukev.

Sadnja bukke ponekod ni smotrna, saj je vrsta tekmovalna, ki se obilno pomlajuje. Sadnja je smiselna na bukovih in jelovo-bukovih rastiščih ob pomanjkanju semenskih dreves.

Hrast. Smislen je vnos gradna in povečevanje deleža na sušnejših rastiščih. Za prilagajanje podnebnim spremembam lahko na nižinskih, sušnejših rastiščih v primesi nadomesti smreko.

Tujerodne drevesne vrste, npr. duglazija se je na jelovo-bukovih rastiščih izkazala kot odporna proti žledu in podlubnikom. Sušo prenaša bolje in ne slabša rastiščnih razmer (Brus in Kutnar, 2017), daje večje volumske prirastke in visokovreden les.

Gorski javor. Sadnja gorskega javorja zaradi velike cene in slabega uspeha je vprašljiva. Vrsta predstavlja znaten delež v zmesi naravne obnove, pri negi mladega gozda ga pospešujemo.

V obnovi dosledno preverjamo uspešnosti sadnje, v postopku je nujen sistem kontrole, ki vključuje zapis o prevzemu sadik in preverjanje uspeha sadnje po vnosu. Najmanjša stopnja preživetja sadik po treh letih je največja pri smreki-90 % in manjša pri listavcih-70 %. Na objektih s preseženim dopustnim izpadom se odločimo za dopolnilno sadnjo, boljše preživetje dosežemo z vključevanjem drevesničarjev in pogodbenim jamstvom za doseganje najmanjše stopnje preživetja sadik po treh letih. Preverjanje uspeha omogoča adaptivno načrtovanje biološke obnove gozdov.

Naravna obnova ima dober potencial na večini slovenskih rastišč; smiselno je nameniti del subvencioniranih sredstev namenjenih umetni obnovo za nego naravnega mladja. Ta vključuje označevanje, npr. 100–300 samoniklih osebkov na hektar, ki jih ob razvoju konkurenčne vegetacije obžanjemo več let zapored. Za uspešno označevanje in nego dominantnega mladja je potrebno dodatno izobraževanje delavcev in lastnikov gozdov o razpoznavi in ekologiji drevesnih vrst.

Pri zagotavljanju pestrosti vrstne sestave in primerne zmesi drevesnih vrst je največja težava čezmerno objedanje mladja zaradi prevelike gostote velikih rastlinojedov, ki ne omogočajo trajnostne obnove vseh domačih vrst, posebno jelke in hrasta. Prilagajanje gozdov na podnebne spremembe, izrazito na površinah, ki so jih prizadele naravne ujme je tako oteženo.

ANG

When damaged stands are regenerated, saplings should not be damaged because this reduces dependence on natural regeneration. Immediately after damage and technical rehabilitation, we evaluate the site, stand, and regeneration. Natural regeneration should prevail. In Slovenia, artificial regeneration is more expensive than abroad, the success in hardwoods is low. In cases of low sapling density, poor opportunities for natural regeneration, and the need to restore forest functions, we opt for artificial regeneration when natural saplings do not develop several years after felling or the non-regenerated areas are far from seed trees (Diaci et al., 2017). The cost of artificial restoration is reduced by planting in groups (Saha et al., 2012) or where survival is better (Frehner, 2002). Artificial regeneration can be a precursor to natural regeneration at lower densities, e.g., 1000 seedlings/ha. To reduce dependence on available seedlings and artificial regeneration, we recommend using local tree seedlings. Tending is selective (Fidej, 2016). The proportion of shade-tolerant, economically attractive species of natural spontaneous regeneration is twice as low in the area of artificial restoration as in the area of natural development. In the future warmer climate, it makes sense to introduce many tree species during reforestation after damage and regular forest renewal with supplementary plantings. On sites with carbonate parent substrate, the proportion of fir decreases due to too high densities of ungulates. Shade-tolerant species are more resistant to drought and bark beetles. Fir replaces spruce forests damaged by slash. During icebreak (2014), it proved to be mechanically less susceptible to damage compared to spruce. By reducing the proportion of spruce, it could become the most important economic tree species in the future. Planting of beech is not advisable in some places as the species is competitive and regenerates abundantly. Planting is advisable on beech and fir-beech sites if there is shortage of seed trees. On drier sites, it is advisable to plant and increase the proportion of oaks. On drier lowland sites they can replace spruce. Non-native tree species such as Douglas fir have been shown to be frost and bark beetle resistant on fir-beech sites. It tolerates drought better (Brus and Kutnar, 2017), provides greater volume increment, and high quality timber. Planting sycamore is questionable due to its high price and low success. The species contributes significantly to the mix of natural regeneration, and we use it in young forest management. In reforestation, we consistently check success; control system is needed to record success after planting. The minimum survival rate of seedlings after three years is highest for spruce (90%) and lowest for deciduous trees (70%). For plants where the allowable losses are exceeded, we decide to replant. Better survival is achieved by involving nurseries and contractually guaranteeing that seedlings reach the minimum survival rate after three years. Verification of success allows for adaptive planning of biological forest restoration. Natural regeneration has good potential on most Slovenian sites; it makes sense to use some of the funds allocated for artificial restoration to promote natural regeneration. This includes, for example, marking 100-300 wild specimens per hectare to be tended several years in a row as competing vegetation develops. Additional training of workers and forest owners on tree species recognition and ecology is required. When it comes to ensuring diversity in species composition and an appropriate mix of tree species, the biggest problem is excessive damage on young trees due to excessive browsing of large herbivores that compromise sustainable restoration of all native species, especially fir and oak. Adaptation of forests to climate change, especially in areas affected by natural disasters, is therefore difficult.

11. Vpetost raziskovalnih rezultatov projektne skupine

11.1. Vpetost raziskave v domače okolje

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

☒ v domačih znanstvenih krogih ☒ pri domačih uporabnikih

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

Zavod za gozdove Slovenije, SIDG, lastniki gozdov, strokovna javnost

11.2. Vpetost raziskave v tuje okolje

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

☒ v mednarodnih znanstvenih krogih ☒ pri mednarodnih uporabnikih

Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami:

Bilateralno sodelovanje s Fakulteto za Gozdarstvo v Sarajevu, Republika Bosna in Hercegovina;
Bilateralno sodelovanje z Inštitutom Rudjer Bošković, Zagreb, Republika Hrvaška;
Projektno sodelovanje z Inštitutom za gozdno ekologijo Brno, VUKOZ; Brno, Češka republika;
Projektno sodelovanje s češko akademijo znanosti "Czech Globe", Brno, Češka republika;
Projektno sodelovanje z oddelkom za Gojenje gozdov na Fakulteti za gozdarstvo in lesarstvo Mendlove Univerze v Brnu, Češka republika;

Kateri so rezultati tovrstnega sodelovanja:

Mednarodne objave v znanstvenih revijah z IF;
sodelovanje na mednarodnih delavnicah, konferencah;
članstvo v mednarodnih uredniških in organizacijskih odborih posvetovanj, delavnic in znanstvenih revij;
mentorstvo tujim študentom (doktorski študij);
uporaba domačih spoznanj in zaključkov pri gospodarjenju z gozdovi v tujini (Swe, Cz, Cro)...

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

Cilj	
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja
Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni
Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
Uporaba rezultatov	Delno
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja
Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.06	Razvoj novega izdelka
Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
Rezultat	Ni dosežen
Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka
Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	Delno
F.08	Razvoj in izdelava prototipa
Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
Rezultat	Ni dosežen
Uporaba rezultatov	Ni uporabljen

Cilj

F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije

Zastavljen cilj ☐ DA ☒ NE

Rezultat Dosežen

Uporaba rezultatov Delno

F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije

Zastavljen cilj ☐ DA ☒ NE

Rezultat Ni dosežen

Uporaba rezultatov Ni uporabljen

F.11 Razvoj nove storitve

Zastavljen cilj ☐ DA ☒ NE

Rezultat Ni dosežen

Uporaba rezultatov Ni uporabljen

F.12 Izboljšanje obstoječe storitve

Zastavljen cilj ☐ DA ☒ NE

Rezultat Ni dosežen

Uporaba rezultatov Ni uporabljen

F.13 Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov

Zastavljen cilj ☐ DA ☒ NE

Rezultat Ni dosežen

Uporaba rezultatov Ni uporabljen

F.14 Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih

Zastavljen cilj ☐ DA ☒ NE

Rezultat Ni dosežen

Uporaba rezultatov Ni uporabljen

F.15 Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz

Zastavljen cilj ☒ DA ☐ NE

Rezultat Dosežen

Uporaba rezultatov V celoti

F.16 Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz

Zastavljen cilj ☒ DA ☐ NE

Rezultat Dosežen

Uporaba rezultatov Delno

F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso

Zastavljen cilj ☒ DA ☐ NE

Rezultat Dosežen

Uporaba rezultatov V celoti

Cilj

F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi,

Zastavljen cilj ☒ DA ☐ NE

Rezultat Dosežen

Uporaba rezultatov V celoti

F.19 Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")

Zastavljen cilj ☐ DA ☒ NE

Rezultat Ni dosežen

Uporaba rezultatov Ni uporabljen

F.20 Ustanovitev novega podjetja ("spin off")

Zastavljen cilj ☐ DA ☒ NE

Rezultat Ni dosežen

Uporaba rezultatov Ni uporabljen

F.21 Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov

Zastavljen cilj ☐ DA ☒ NE

Rezultat Ni dosežen

Uporaba rezultatov Ni uporabljen

F.22 Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov

Zastavljen cilj ☐ DA ☒ NE

Rezultat Ni dosežen

Uporaba rezultatov Ni uporabljen

F.23 Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev

Zastavljen cilj ☒ DA ☐ NE

Rezultat Dosežen

Uporaba rezultatov V celoti

F.24 Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev

Zastavljen cilj ☒ DA ☐ NE

Rezultat Dosežen

Uporaba rezultatov V celoti

F.25 Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev

Zastavljen cilj ☐ DA ☒ NE

Rezultat Ni dosežen

Uporaba rezultatov Ni uporabljen

F.26 Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev

Zastavljen cilj ☐ DA ☒ NE

Rezultat Ni dosežen

Uporaba rezultatov Ni uporabljen

Cilj	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine
Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.28	Priprava/organizacija razstave
Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
Rezultat	Ni dosežen
Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete
Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.30	Strokovna ocena stanja
Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.31	Razvoj standardov
Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
Rezultat	Ni dosežen
Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
F.32	Mednarodni patent
Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
Rezultat	Ni dosežen
Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
F.33	Patent v Sloveniji
Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
Rezultat	Ni dosežen
Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
F.34	Svetovalna dejavnost
Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.35	Drugo
Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti

Komentar

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

Vpliv	
G.01. Razvoj visokošolskega izobraževanja	
G.01.01. Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☒ Velik vpliv
G.01.02. Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☒ Velik vpliv
G.01.03. Drugo	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.02. Gospodarski razvoj	
G.02.01. Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☒ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.02.02. Širitev obstoječih trgov	☐ Ni vpliva ☒ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.02.03. Znižanje stroškov proizvodnje	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☒ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.02.04. Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☒ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.02.05. Razširitev področja dejavnosti	☐ Ni vpliva ☒ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.02.06. Večja konkurenčna sposobnost	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☒ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.02.07. Večji delež izvoza	☐ Ni vpliva ☒ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.02.08. Povečanje dobička	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☒ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.02.09. Nova delovna mesta	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☒ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.02.10. Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☒ Velik vpliv
G.02.11. Nov investicijski zagon	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☒ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.02.12. Drugo	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.03. Tehnološki razvoj	
G.03.01. Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☒ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.03.02. Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐ Ni vpliva ☒ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.03.03. Uvajanje novih tehnologij	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☒ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.03.04. Drugo	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.04. Družbeni razvoj	
G.04.01. Dvig kvalitete življenja	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☒ Velik vpliv
G.04.02. Izboljšanje vodenja in upravljanja	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☒ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.04.03. Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	☐ Ni vpliva ☒ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.04.04. Razvoj socialnih dejavnosti	☐ Ni vpliva ☒ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.04.05. Razvoj civilne družbe	☐ Ni vpliva ☒ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.04.06. Drugo	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.05. Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	
☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☒ Velik vpliv	
G.06. Varovanje okolja in trajnostni razvoj	
☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☒ Velik vpliv	
G.07. Razvoj družbene infrastrukture	
G.07.01. Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☒ Velik vpliv
G.07.02. Prometna infrastruktura	☐ Ni vpliva ☒ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv

Vpliv		
G.07.03.	Energetska infrastruktura	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☒ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.07.04.	Drugo	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☒ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv
G.09.	Drugo	☐ Ni vpliva ☐ Majhen vpliv ☐ Srednji vpliv ☐ Velik vpliv

Komentar

14. Naslov spletne strani za projekte, odobrene na podlagi Javnih razpisov za sofinanciranje ciljnih raziskovalnih projektov za leta 2017, 2018 in 2019

Rezultati in projektna spletna stran sta na voljo v slovenski in angleški inačici:
 SLO-<http://vetrolom.splet.arnes.si/>;
 ANG- <http://windstorm.splet.arnes.si/>,
 kot tudi na raziskovalnem portalu ResearchGate, kjer je projekt predstavljen širši raziskovalni skupnosti

 Rezultati delavnice:
<https://vetrolom.splet.arnes.si/predstavitve-iz-zakljucne-delavnice/>

C. Izjave

Podpisani izjavljam/o, da:

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

☒ Potrjujemo zgoraj navedene izjave.

Podpisa:

Zastopnik oz. pooblaščenca oseba

in

 Vodja programa/projekta

Tomislav Levanič
 Digitalno podpisano
 Matjaž Čater
 Digitalno podpisano

Žig

Datum: 18. 07. 2022

Oznaka obrazca: 10dj-fbxa-47s6-a0h4-e1tk-exrd-7

II. Vsebinska struktura poročila

1. Opisno poročilo o realizaciji predloženega programa dela¹:

Uvod

V decembrskem vetrolomu leta 2017 je bilo na 211.000 ha močno poškodovanih 2.201.000 m dreves; glede na delež gozdne površine so bile poškodbe največje v GGO Kočevje (69%), GGO Nazarje (38%), GGO Sl. Gradec (33%), GGO Postojna (22%) in GGO Ljubljana (19%). Prizadeti so bili predvsem jelovo-bukovi sestoji. Glede na nastanek, hitrost pojava in njegove posledice se poraja vprašanje o ključnih dejavnikih, ki vplivajo na nastanek vetroloma; predvsem rastiščnih (globina, lastnosti tal), sestojnih (premer, dimenzijsko razmerje, struktura padlih dreves) ali morebitnih notranjih poškodbah (kolesivost, rdeča trohnoba pri smreki, mokro srce pri jelki in/ali rdeče srce pri bukvi), ki vplivajo na večjo izpostavljenost in ranljivost dreves v primeru vetrolomov. Vetrolomi so neselektivni, zato je debelinska in kakovostna struktura podrtih dreves pomešana in nedefinirana.

Vetrolomi razgalijo velike površine, kjer se razvijajo različni razvojni stadiji. Ponekod lahko puščeno padlo drevje znotraj zaščitene območij predstavlja nadomestilo gojitvenim ukrepom. Neugodno vplivajo na donos lastnikov, kadar je delež ekonomsko zanimivih drevesnih vrst majhen in je njihova obnova zavirna, majhna gostota pa ne omogoča donosa sortimentov velike kakovosti.

Spontano obnovo spremlja na površinah, ki jih je prizadel vetrolom pogosto vnos s sadnjo, ki lahko bistveno skrajša obdobje potrebno za oblikovanje sklenjenega sestoja s ciljno zmesjo ekonomsko zanimivih drevesnih vrst. Sadnja pogosto zahteva zaščito in nego, ki sta dragi in lahko predstavljata težave za bodočo odpornost sestojev. V deželah s prevladujočimi sonaravnimi načini gojenja se odpira aktualna razprava o primernosti naravne obnove ali obnove s sadnjo.

V Sloveniji so zaradi prevlade naravne obnove znanje, veščine in splošna zmogljivost za umetno obnovo v nazadovanju. S terena so pogosta poročila o nizkem preživetju sadik, ki je lahko posledica različnih dejavnikov: od slabe kakovosti sadik in saditve, do pomanjkljivega vzdrževanja nasadov in zaščite sadik pred objedanjem. V sistemih ki temeljijo na naravnem pomlajevanju, rastlinojede živali zmanjšujejo zaloge semena ter gostoto in hitrost preraščanja mladja. Domnevamo, da se rastlinojeda divjad v primeru ujm pospešeno razmnožuje in prilagaja gostote povečani ponudbi hrane. Z objedanjem, lupljenjem in drgnjenjem mlajših dreves zavirajo naravno obnovo, kakovost mladja, dolgoročno vplivajo na kakovost lesa ter povzročajo neželeno spremembo vrstne sestave.

Vsak vetrolom je zapleten proces, ki izhaja iz interakcij med naravnimi in antropogenimi dejavniki. Nevarnost, ki jo predstavlja orkanski veter je odvisna od interakcije številnih dejavnikov, ki so povezani s podnebjem, hitrostjo vetra in njegovo smerjo, topografijo, stanjem tal, obliko in zdravstvenim stanjem korenin, lastnostmi dreves, značilnostmi sestoja in gozdnogojitveno obravnavo (sečnja, redčenje itd.). Ko preučujemo vetrolome oz. izruvanje dreves, večina analiz upošteva dve komponenti drevesne strukture: prva je nadzemna komponenta debela, vej in listja, ki so podvrženi sili vetra in se pogosto šteje za enakovredno silam, ki delujejo podobno kot veter na jambor ladje in lahko povzroči zlom pod obremenitvijo. Druga predstavlja koreninski sistem, ki sidra drevo v tla proti silam vetra. Tla so zelo pomemben dejavnik, ki je povezan z intenzivnostjo poškodb zaradi vetra. Zelo močni

¹ Popis in opis opravljenega raziskovalnega dela vključno z doseženimi delnimi rezultati projekta v skladu s programom. V primeru interdisciplinarno in interinstitucionalno sestavljenih projektih skupin posebej navedite uspešnost oz. neuspešnost tega sodelovanja. Opis naj bo stvaren, sklicujoč se na zastavljene naloge in vlogo v projektini skupini glede na medsebojni dogovor o sodelovanju na projektu.

vetrovi lahko izruvajo ali prelomijo drevje, še posebej, če močno deževje prekomerno navlaži tla in s tem zmanjša moč tal - sidrišča. Premočena tla lahko privedejo do vetroloma oz. izruvanja, saj koreninski sistem "zdrsne" iz namočenih tal. Drevesa občutljiva na vetrolom so običajno večja in stara, ob močnem vetru se izruvajo prej, še posebno, če so tla razmočena. V takem primeru je odpornost drevesa proti prevrnitvi oz. izruvanju odvisna od njegovega koreninskega sistema, lastnosti tal in trdnosti povezave med koreninami in delci tal (tj. tekstura tal). Važna je tudi globina tal: npr. plitva tla ponavadi prispevajo tudi k nastanku plitvega koreninskega sistema, vendar nekatere študije navajajo, da globina koreninske plošče ni pomembna za sidranje ali prevrnitev drevesa. Pri preučevanju podrtih in stoječih drevesih nas je tako najbolj zanimala tekstura gozdnih tal ter zdravstveno stanje in morfološke lastnosti koreninskih sistemov podrtih in stoječih dreves.

Na območju, ki smo ga izbrali za raziskovalno območje je bila jelka v vetrolomu leta 2017 med najbolj prizadetimi drevesnimi vrstami. Iz tega vidika smo ugotavljali lastnosti koreninskih sistemov podrtih in še vedno stoječih jelk ter talne lastnosti mikrorastišč, ki ga poraščajo jelke. Na osnovi definiranih ciljev smo oblikovali 6 delovnih sklopov, tesno povezanih z dejavniki vetroloma 2017.

Cilji projekta:

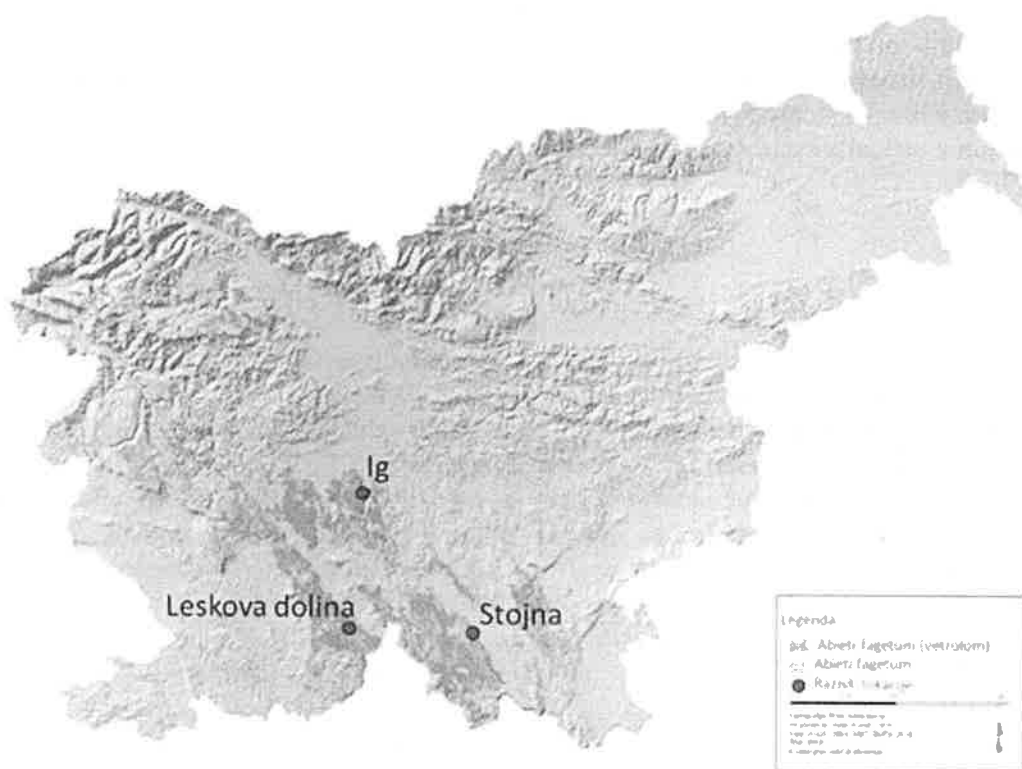
- 1–Določiti lastnosti tal prizadetih in neprizadetih območij in opredeliti značilnost koreninskih sistemov najbolj prizadetih drevesnih vrst - jelke (DS1);
- 2–Izdelati model potencialne ogroženosti širšega območja jelovo-bukovih gozdov glede na možnost podobnih ekstremnih vremenskih pojavov (DS 2);
- 3–Primerjati uspešnost in učinkovitost obnove prizadetih in neprizadetih površin in določiti ključne rastiščne dejavnike za uspešno pomlajevanje prizadetih površin. Metodologijo uspešnosti razvoja bomo dopolnjevali z uporabo kemičnih in elektronskih odvračal proti objedanju ter s popisi in odzivom mladja (DS 3);
- 4–Primerjati uspešnost sanacije površin zadnjega vetroloma (2017) z učinkovitostjo sanacije starejših poškodovanih površin in izdelali napotke za optimalno obnovo sedanjih prizadetih površin (DS 4).
- 5–Analizirati kakovostno in dimenzijsko strukturo gozdno-lesnih sortimentov in izdelati oceno ekonomske izgube glede na strukturo gozdnih sestojev (DS 5).
- 6–Vodenju, poročanju in koordinaciji namenjamo delovni sklop DS 6.

Lokacije raziskav

Na treh izbranih območjih, ki jih je v letu 2017/2018 prizadel vetrolom smo izbrali lokacije, na katerih potekajo podrobnejše raziskave in meritve odziva (Slika 1):

1. Leskova dolina (OE Postojna)
2. Stojna (OE Kočevje) in
3. Ig (OE Ljubljana).

Izbor je omogočal optimalno izvedbo načrtovanih aktivnosti, kot tudi primerjavo med delovnimi sklopi.



Slika 1: Območja prizadetih jelovo-bukovih sestojev in lokacije podrobnejših raziskav

1. Opisno poročilo o realizaciji predloženega programa dela

V vseh delovnih sklopih projekta je delo potekalo nemoteno in skladno z vsebinskim in terminskim načrtom. Izjema sta sodelovanje in prenos znanja na domači in mednarodni delavnici, katerih datuma sta bila spremenjena zaradi izrednih razmer (Covid-19). Datum zaključne konference smo prestavili na zgođeše obdobje takoj, ko je bilo mogoče opraviti terenski ogled izbrane lokacije brez omejitev druženja. Sodelovanje obeh inštitucij (Gozdarskega Inštituta ter oddelka za Gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF, UL Lj.) je bilo zgledno in dopolnjujoče, načrtovane aktivnosti so potekale nemoteno, brez zaostankov. Prenos znanja je bil večji od pričakovanega, tudi zanimanje strokovne in raziskovalne javnosti.

Aktivnosti opravljene po posameznih delovnih sklopih so prikazane v nadaljevanju:

DS1: Talne lastnosti prizadetih in neprizadetih območij ter značilnost koreninskih sistemov najbolj prizadetih drevesnih vrst

Vodja: dr. Aleksander Marinšek

Terensko delo smo izvedli na območju Leskove doline, Stojne in Iga, ki so bile prizadete zaradi decembrskega vetroloma v letu 2017. Na vseh treh prizadetih območjih smo:

- vzorčili gozdna tla in ugotavljali glavne parametre, ki bi lahko odločilno vplivali na stopnjo poškodovanosti sestojev zaradi vetra: matično podlago, talni tip, globino tal, C/N razmerje, teksturo in vlažnost tal.
- Izmerili smo dendrološke parametre panjev (premer koreninika, velikost izruvanega koreninskega sistema), zdravstveno stanje korenin ter biometrijo eksponiranih koreninskih sistemov.
- Vsem zajetim podatkom smo dodali attribute mikrorastišč (nadmorska višina, ekspozicija...).
- Ocenili smo mehanske in druge nepravilnosti lesa (kolesivost, gniloba...), ki predstavljajo vzroke za slabšo stabilnost dreves in morebitno točko preloma drevesa zaradi orkanskega vetra.
- Talne vzorce za ugotavljanje teksture in vlažnosti tal smo odvzeli do globine, ki je to dopuščala. Lokacije odvzema talnih vzorcev smo georeferencirali. S pomočjo sond smo na več mestih sistematično vzorčili globine tal.

Parametre tal smo izmerili in vzorčili na vseh 3 različnih lokacijah na mikrorastiščih 30 naključno izbranih dreves jelke; 15 stoječih, nepoškodovanih in 15 padlih, izruvanih in prevrnjenih dreves zaradi vetroloma. Meritve globine tal in vzorčenje tal smo opravili na privetrni strani izbranih dreves 2 m od središča debla oz. namišljenega središča podrtih dreves. Izbrana je bila le privetrna stran, ker je najpomembnejša stran koreninskega sistema pri uporabi koreninskega sistema na moč orkanskega vetra (Stokes in Mattheck, 1996). Vzorčenje tal in globina tal smo izmerili s polkrožno stožčasto T sondo. Za vsako drevo smo opravili 10 sistematično opravljenih meritev. Vrednosti različnih globin tal so bile pretvorjene v povprečja, vzorci tal so bili združeni in za vsako mikro mesto vsakega drevesa smo dobili en sestavljen/kompozitni vzorec. Pri vzorčenju in merjenju globine tal smo ločili organski in mineralni del tal. Za kemijske analize so bili uporabljeni le vzorci tal, odvzeti iz mineralnega dela. Prav tako je bila pri študiji upoštevana le globina mineralnega dela.

1.1 Laboratorijske analize tal

Mineralne vzorce tal smo posušili, da smo dobili zračno suho stanje. Vzorce smo stekali ter jih po odstranitvi kamnov in korenin zmelili. Alikvot vzorca smo analizirali na koncentracije organskega ogljika v tleh (SOC) in skupnega dušika (TN) s suhim zgorevanjem z uporabo CNS analizatorja (Elemental Analyzer LECO CNS 2000, St. Joseph, MI, ZDA). Ocenili smo količino kamnov v tleh. Razmerje C/N je bilo izračunano iz njihovih koncentracij. Vrednosti pH tal smo določili v 0,01 M raztopini CaCl₂. Teksturo tal, ki predstavlja razmerje med posameznimi mineralnimi frakcijami v tleh (pesek, melj in glina) smo določili po standardu ISO 11277:2009. Analize talnih vzorcev smo naredili v Laboratoriju za gozdno ekologijo na Gozdarskem inštitutu Slovenije.

1.2 Rezultati

Tipi tal na mikrorastiščih okoli izbranih podrthih in stoječih jelk so bili zelo homogeni (Leskova dolina: rjava pokarbonatna tla in rendzine, Stojna: rendzine in kamnišča, Ig: rjava pokarbonatna tla in rendzine). Tla na lokaciji Stojna so bila izredno plitva in brez mineralnega dela v profilu tal. Pravzaprav bi jelke lahko uspevale tudi na skalah, medtem ko njihove glavne korenine segajo v globoke zemeljske žepe med skalami. Zato so bile meritve globine tal in vzorčenje tal onemogočene in niso upoštevane na osmih od tridesetih mikroplosk. S tem smo tudi onemogočili pridobitev fizikalno-kemijskih analiz mineralnega dela tal vseh mikrolokacij. Toda tudi v primeru plitvih tal (kamnišče in protorendzine) so bile mikrolokalne razmere homogene in primerljive za posekana in stoječa drevesa. Pomeni, da so bila na tako plitvih tleh zastopana tako podrta kot stoječa drevesa. Z vseh treh lokacij (Leskova dolina - 10 vzorcev, Ig - 9 vzorcev in Stojna - 3 vzorci) smo na koncu zbrali 22 agregiranih vzorcev mineralnih tal (Preglednice 1, 2, 3).

Preglednica 1: Rezultati laboratorijske analize talnih vzorcev lokacije Leskova dolina

POROČILO O PRESKUSU ŠT. 024/2020														
Vzorčevalci:			dr. Aleksander Marinšek											
Naročnik:			dr. Aleksander Marinšek											
										Št. naročila:	024			
										Šifra naloge:	6041820			
										Sprejem vzorcev:	26.5.2020			
										Analizirati do:	5.6.2020			
Zap. št.	Vzorec	Oznaka profila	Lab. številka	pH (0,01 M CaCl ₂)	C _{tot}	CaCO ₃	C _{min}	C _{org}	N	Pesek > 0,063 mm	Grobi melj 0,063-0,02 mm	Fini melj 0,02-0,002 mm	Glina < 0,002 mm	Tekstura
					%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	Leskova dolina	L2 1P	543	5,40	4,42	nm	nm	4,42	0,243	2,6	17,7	53,9	25,8	ML
2	Leskova dolina	L2 2S	544	5,46	6,66	nm	nm	6,66	0,362	1,9	15,7	39,8	42,6	MG
3	Leskova dolina	L2 2P	545	6,69	8,70	1,75	0,21	8,45	0,476	2,5	8,9	38,8	49,8	MG
4	Leskova dolina	L2 4S	546	5,38	6,35	nm	nm	6,35	0,235	1,1	19,0	40,3	39,6	MGI
5	Leskova dolina	L2 5S	547	5,83	4,77	0,03	0,00	4,77	0,253	1,3	17,6	48,5	32,6	MGI
6	Leskova dolina	L2 6P	548	5,56	7,22	0,06	0,01	7,22	0,416	0,5	18,3	37,1	44,1	MG
7	Leskova dolina	L2 7P	549	6,02	3,50	0,06	0,01	3,50	0,216	1,8	15,3	39,1	43,8	MG
8	Leskova dolina	L2 8S	550	5,68	5,39	0,02	0,00	5,36	0,303	2,3	16,3	41,0	40,4	MG
9	Leskova dolina	L2 9P	551	6,06	7,02	0,12	0,01	7,00	0,412	0,8	16,4	41,4	41,4	MG
10	Leskova dolina	L2 10S	552	5,33	4,49	nm	nm	4,49	0,277	2,2	19,3	51,2	27,3	MGI

Uporabljene metode

ISO 10390:2006 Kakovost tal - Določevanje pH

ISO 10694:1996 Kakovost tal - Ugotavljanje organskega in skupnega ogljika po suhem sežigu (elementna analiza)

ISO 13878:1999 Kakovost tal - Določevanje skupnega dušika po suhem sežigu (elementna analiza)

EN ISO 10693:2014 Kakovost tal - Določevanje karbonatov - Volumetrijska metoda (ISO 10693:1995)

ISO 11277:2011 Kakovost tal - Določevanje porazdelitve velikosti delcev v mineralnem delu tal - Metoda s sejanjem in usedanjem

Rezultati te nanašajo izključno na preiskovane vzorce, ki so bili dostavljeni v laboratorij in so bili korigirani z vsebnostjo vlage (pri 105 °C).

Brez pismen dovoljenja laboratorija poročila o preskusu ni dovoljeno razmnoževati drugače kakor v celoti.

Preglednica 2: Rezultati laboratorijske analize talnih vzorcev lokacije Stojna

POROČILO O PREISKUSU ŠT. 038/2020														Št. naročila: 038	
														Šifra naloge: 6041820	
														Sprejem vzorcev: 03/06/2020	
														Analizirati do: 31/08/2020	
Vzorčevalec:		dr. Aleksander Marinšek													
Naročnik:		dr. Aleksander Marinšek													

Zap. št.	Vzorec	Oznaka profila	Lab. številka	pH (0,01 M CaCl ₂)	C _{tot}	CaCO ₃	C _{min}	C _{org}	N	Pesek 2 - 0,063 mm	Groblj melj 0,063-0,02 mm	Fini melj 0,02-0,002 mm	Glina <0,002 mm	Tekstura
				°	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	Stojna	S 1 P	1045	5,16	6,50	nm*	0,0	6,50	0,398	2,6	17,2	47,9	32,3	MGI
2	Stojna	S 4 S	1046	6,19	9,41	3,52	0,4	8,99	0,535	13,9	12,1	37,6	36,4	MGI
3	Stojna	S 5 S	1047	4,94	5,99	nm	0,0	5,99	0,307	4,5	14,4	49,2	31,9	MGI

* - ni merjeno

Uporabljene metode:
 SIST ISO 10390: Kakovost tal - Določevanje pH
 SIST ISO 10694:1996: Kakovost tal - Ugotavljanje organskega in skupnega ogljika po suhem sežigu (elementna analiza)
 SIST ISO 13878:1999: Kakovost tal - Določevanje skupnega dušika po suhem sežigu (elementna analiza)
 SIST EN ISO 10693:2014: Kakovost tal - Določevanje karbonatov - Volumetrijska metoda (ISO 10693:1995)
 SIST ISO 11277:2011: Kakovost tal - Določevanje porazdelitve velikosti delcev v mineralnem delu tal - Metoda s sejanjem in usedanjem

Rezultati se nanašajo izključno na preiskovane vzorce, ki so bili dostavljeni v laboratorij in so bili korigirani z vsebnostjo vlage (pri 105 °C).
 Brez pismnega dovoljenja laboratorija poročila o preiskusu ni dovoljeno razmnoževati drugače kakor v celoti.

Preglednica 3: Rezultati laboratorijske analize talnih vzorcev lokacije Ig

POROČILO O PREISKUSU ŠT. 077/2020														Št. naročila: 077	
														Šifra naloge: 6041820	
														Sprejem vzorcev: 29/10/2020	
														Analizirati do: 31/01/2021	
Vzorčevalec:		dr. Aleksander Marinšek													
Naročnik:		dr. Aleksander Marinšek													

Zap. št.	Vzorec	Oznaka profila	Lab. številka	pH (0,01 M CaCl ₂)	C _{tot}	CaCO ₃	C _{min}	C _{org}	N	Pesek 2 - 0,063 mm	Groblj melj 0,063-0,02 mm	Fini melj 0,02-0,002 mm	Glina <0,002 mm	Tekstura
				°	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	Ig	S1	2045	6,03	3,75	2,89	0,35	5,40	0,322	3,5	12,0	44,3	40,2	MG
2	Ig	S2	2046	4,81	4,49	nm*	0,00	4,49	0,249	2,6	17,1	52,3	28,0	MGI
3	Ig	S3	2047	4,04	2,99	nm*	0,00	2,99	0,149	2,6	20,5	53,9	23,0	MI
4	Ig	S4	2048	3,94	4,97	nm*	0,00	4,97	0,223	2,5	20,2	54,9	23,4	MI
5	Ig	S5	2049	5,74	3,72	nm*	0,00	3,72	0,239	2,2	14,3	47,2	36,3	MGI
6	Ig	P1	2050	5,07	3,62	nm*	0,00	3,62	0,199	1,2	20,4	59,1	19,3	MI
7	Ig	P2	2051	5,09	3,07	nm*	0,00	3,07	0,169	2,4	17,3	49,0	31,3	MGI
8	Ig	P3	2052	4,24	3,11	nm*	0,00	3,11	0,155	2,3	19,6	57,1	21,0	MI
9	Ig	P5	2053	5,80	8,63	nm*	0,00	8,63	0,462	3,5	16,1	51,7	28,7	MGI

* - ni merjeno

Uporabljene metode:
 SIST ISO 10390: Kakovost tal - Določevanje pH
 SIST ISO 10694:1996: Kakovost tal - Ugotavljanje organskega in skupnega ogljika po suhem sežigu (elementna analiza)
 SIST ISO 13878:1999: Kakovost tal - Določevanje skupnega dušika po suhem sežigu (elementna analiza)
 SIST EN ISO 10693:2014: Kakovost tal - Določevanje karbonatov - Volumetrijska metoda (ISO 10693:1995)
 SIST ISO 11277:2011: Kakovost tal - Določevanje porazdelitve velikosti delcev v mineralnem delu tal - Metoda s sejanjem in usedanjem

Rezultati se nanašajo izključno na preiskovane vzorce, ki so bili dostavljeni v laboratorij in so bili korigirani z vsebnostjo vlage (pri 105 °C).
 Brez pismnega dovoljenja laboratorija poročila o preiskusu ni dovoljeno razmnoževati drugače kakor v celoti.

Poročilo pripravil: Danijel Žilavica univ. dipl. kem.

Preglednica 4: Statistična analize med izmerjenimi parametri tal in dendrološkimi značilnostmi stoječih in podrtih jelk na vseh treh raziskovanih lokacijah

SPREMENLJIVKA	Mean PADLA	Mean STOJEČA	t-value	df	p	Valid N PADLA	Valid N STOJEČA	Std.Dev. PADLA	Std.Dev. STOJEČA	F-ratio Variances	p Variances
Globina tal_skupaj	23.278	22.463	0.373	336	0.710	176	162	21.490	18.452	1.356	0.050
Globina tal_mineralni del	11.159	11.438	-0.168	336	0.867	176	162	16.343	13.996	1.364	0.046
premer panja na h50 cm (cm)	58.719	59.500	-0.102	24	0.919	16	10	17.720	20.834	1.382	0.557
Premer panja na h130 (cm)		48.786		12		0	14		13.331	0.000	1.000
Št. korenin iz koreničnika	2.188	2.500	-0.548	28	0.588	16	14	1.601	1.506	1.129	0.834
Corg	5.594	5.292	0.375	20	0.711	11	11	2.129	1.616	1.736	0.398
N	0.314	0.296	0.377	20	0.710	11	11	0.122	0.099	1.533	0.512
pH	5.450	5.312	0.453	20	0.655	11	11	0.671	0.752	1.255	0.726
pesek %	2.245	3.282	-0.913	20	0.372	11	11	1.159	3.581	9.550	0.001
grobi melj %	16.509	16.736	-0.176	20	0.862	11	11	3.073	2.998	1.051	0.939
fini melj %	47.664	46.364	0.443	20	0.663	11	11	7.629	6.059	1.585	0.479
glina %	33.582	33.618	-0.010	20	0.992	11	11	9.978	7.144	1.951	0.307

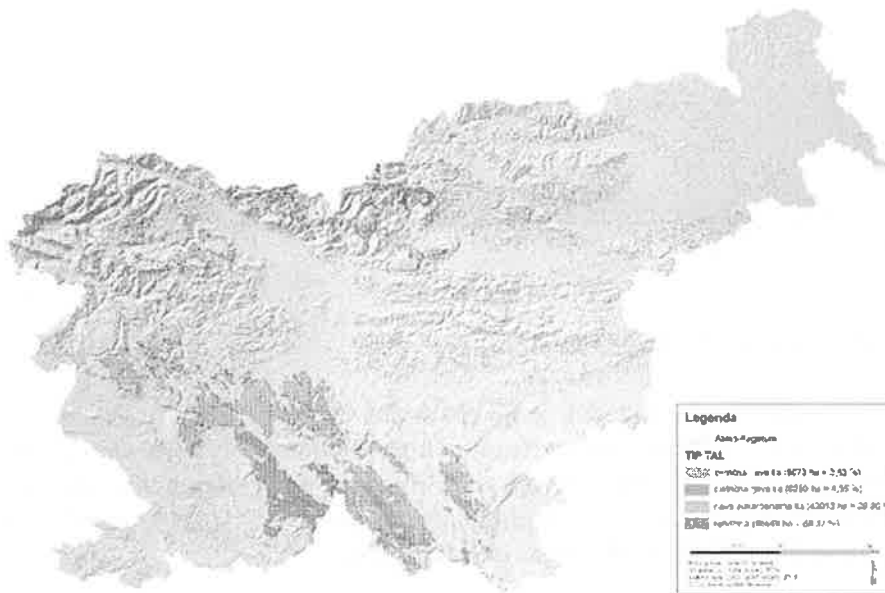
1.3 Glavne ugotovitve

- Tipi tal, kjer smo izbrali podrta in stoječa drevesa za analizo, se znotraj lokacij niso spreminjala pri stojećih in podrtih drevesih; mikrorastiščne talne razmere so bile zelo homogene (Leskova dolina: rjava pokarbonatna, žepasta tla, Stojna: protorendzina in rendzina, Ig: rjava pokarbonatna, žepasta tla). Vse so na karbonatni matični podlagi.
- Tla na vseh lokacijah so plitva do zmerno globoka (organski in mineralni horizonti skupaj) in kamnita; tla na mikrorastiščih podrtih dreves so bila v povprečju globoka 23,27 cm, na mikrorastiščih stojećih dreves v povprečju 22,46 cm (Preglednica 4). V skupnih globinah tal nismo potrdili statistično značilne diferenciacije. Prav tako nismo potrdili statistično značilnih razlik med globlinami mineralnega dela tal obeh obravnav (Preglednica 4).
- Rezultati v preglednici 4 prikazujejo terenske meritve, kot so globina tal in analize vzorcev tal, odvzetih iz mineralnega dela tal. Statistično značilnih razlik med fizikalno-kemijskimi parametri tal na mikro lokacijah padlega in stoječega drevesa nismo potrdili.
- Zdravstveno stanje korenin in panjev izruvanih drevesnih vrst je bilo v večini primerov odlično. Ugotavljamo, da za prevrnitev posameznih jelk ni bilo krivo slabo zdravstveno stanje koreninskega sistema ali koreničnika (gnilobe, poškodbe, glive,...).
- V primeru dreves na Stojni, kjer so bila tla skalnata in plitva (protorendzine in rendzine kot prevladujoč tip tal), nismo mogli odvzeti vzorcev tal, posledično nismo mogli določiti fizikalno-kemijskih značilnosti tal. Tudi tu so bile mikrorastiščne razmere homogene in primerljive med podrtim in stojećim drevjem.
- Predvidevamo, da je glavni vzrok za podiranje in padanje dreves število in smer glavnih korenin, ki so izraščale iz panja glede na smer orkanskega vetra v času vetroloma.

DS2: Model potencialne ogroženosti jelovo-bukovih gozdov glede na možnost nastanka podobnih ekstremnih vremenskih pojavov

Vodja: dr. Mitja Ferlan

V okviru DS2 smo glede na izbrana območja vzorčenja talnih parametrov izbranih v DS1 pripravili osnovo za pripravo zbirke podatkov o meteoroloških razmerah. Izdelali smo karto prizadetih območji vetroloma in jih primerjali z rastiščnimi združbami in talnimi razmerami.



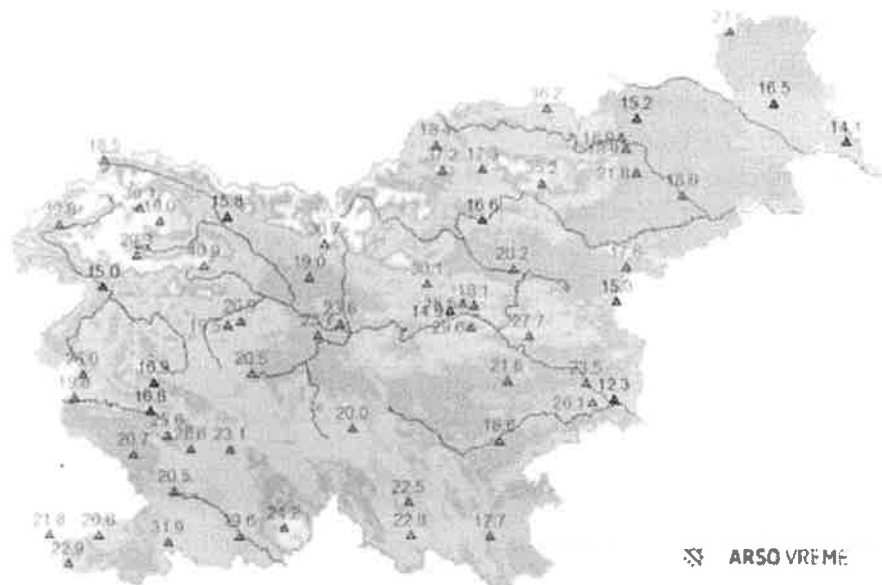
Slika 2: Talne in rastiščne razmere na prizadetih jelovih bukovjih

Cilj je bila priprava modela potencialne ogroženosti širšega območja jelovo-bukovih gozdov glede na možnost podobnih ekstremnih vremenskih pojavov in preveriti hipotezo ali je namočenost rastišč odločilnega pomena pri njihovi izpostavljenosti vetrolomom. Podrobneje lahko naše delo razdelimo na: (1) analizo vremenskega dogajanja in talnih razmer pred vetrolomom z vidika mikrorastiščnih razmer (matična podlaga, ekspozicija, nadmorska višina, vrsta/struktura sestojev), (2) pripravo modela potencialne ogroženosti širšega območja jelovo-bukovih gozdov glede na možnost podobnih ekstremnih vremenskih pojavov in izdelavo interaktivnih kart mesečnih/dnevnih ogroženosti na osnovi realnih vremenskih podatkov.

2.1 Analiza vremenskega dogajanja in talnih razmer pred vetrolomom z vidika mikrorastiščnih razmer

Decembrski vetrolom leta 2017 je bil izjemen dogodek in kot tak ni primeren za uporabo v analizah in izdelavo modelov potencialne ogroženosti; predstavlja namreč osamelec v podatkih. Vseeno smo analizirali vremensko dogajanje pred vetrolomom. Burno vremensko dogajanje je bilo posledica izrazito hladne fronte, ki se je iznad Atlantika spustila do Sredozemlja in zajela Slovenijo v noči z 8. na 9. december (ARSO, 2018). V obdobju med 8.-16. decembrom so celotno Slovenijo zajele obilne padavine, v osrednjem in zahodnem delu države je padlo med 100 in 300 mm, ponekod tudi do 500 mm, na vzhodu od 50 in 100 mm. Obilne padavine so se pojavljale tudi v novembru 2017, tako da so bila tla dobro namočena. Nad večino Slovenije je med 8. in 16. decembrom pihal viharen veter, s sunki jakosti 8 boforjev (bf) (več kot 17,1 m/s). Veter je bil zelo močan tudi v nižjih predelih. Največji izmerjeni sunki vetra v m/s na merilnih postajah ARSO in merilnih postajah, s podatki katerih

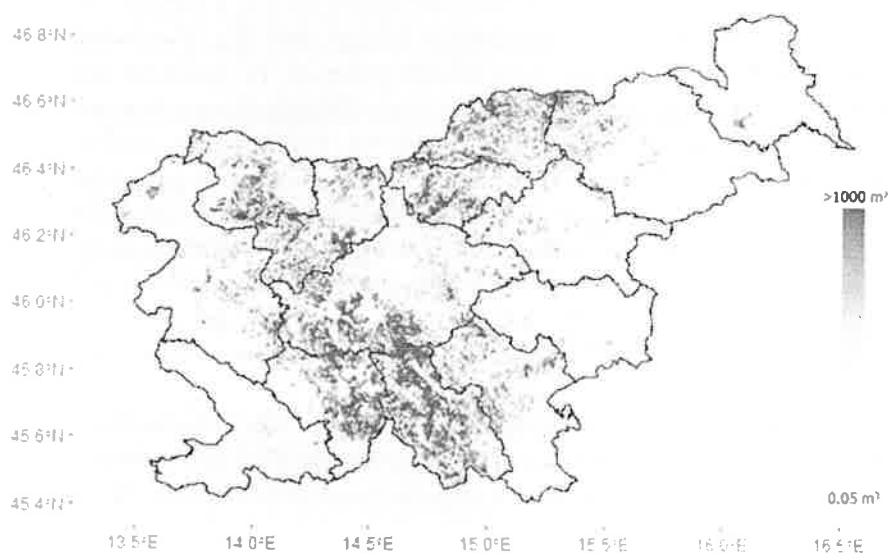
ARSO razpolaga, med 8. in 16. decembrom prikazuje slika 3 (ARSO, 2018).



Slika 3: Jakost vetra med 8.-16.12.2017 (ARSO)

Na takšen ekstremen vetrolomni dogodek je na eni strani vplivala velika namočenost tal in na drugi več zaporednih dni z viharim oz. močnim vetrom. Podobno sosledje smo potrdili tudi z analizo preteklih vetrolomov na območju celotne Slovenije po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije in njihove zbirke 'timber' za zadnjih 25 let (obdobje 1995 - 2019, ZGS, 2018) ter na podatkih ARSO za zadnjih 20 let iz 185 meteoroloških postaj.

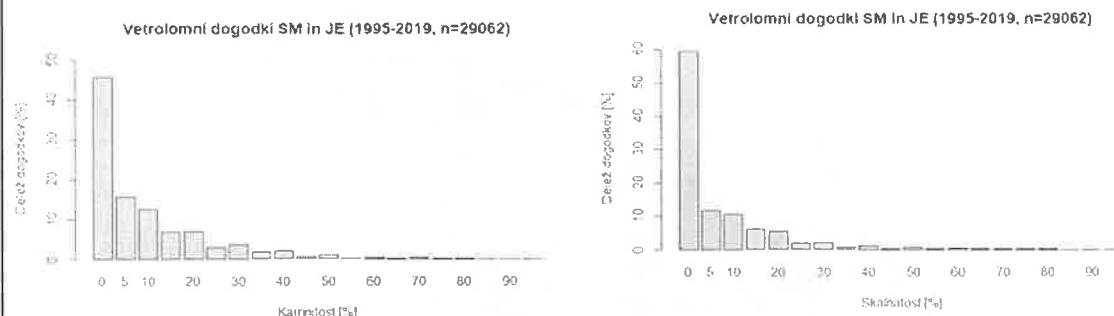
Vetrolom leta 2017, smreka, jelka (vir: timber dec2017, 2018)



Slika 4: Decembrski vetrolom 2017

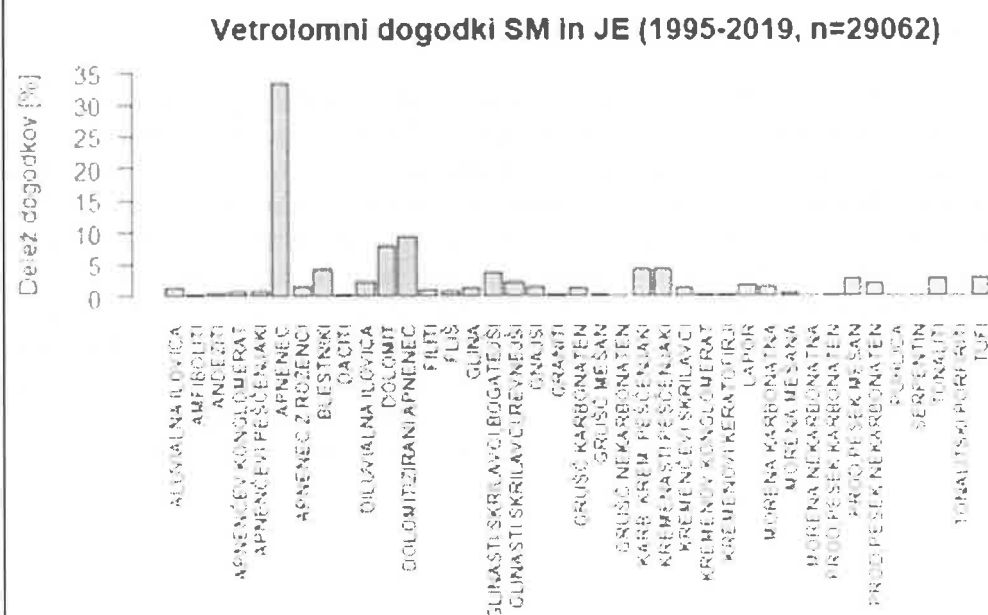
Pri analizah dogodkov pred letom 2017 smo se osredotočili na odseke, kjer se je pojavil vetrolomni dogodek in sta bili prizadeti jelka in smreka ($n = 29\,062$ odsekov). Med letoma 1995 in 2017 smo vetrolomne dogodke zabeleženi na 46.3 % odsekov, med letoma 1995 in 2018 na 49.8 % odsekov. Zadnja dva ekstremna vetroloma (2017 in 2018) sta povečala zabeležene škode na odsekih za kar 3.5 %. Analiza vetroloma za smreko in jelko od 1995 do

2019 glede na kamnitost in skalnatost obravnavanega odseka prikazuje slika 5.



Slika 5: Vetrolomi glede na kamnitost (%) in skalovitost (%)

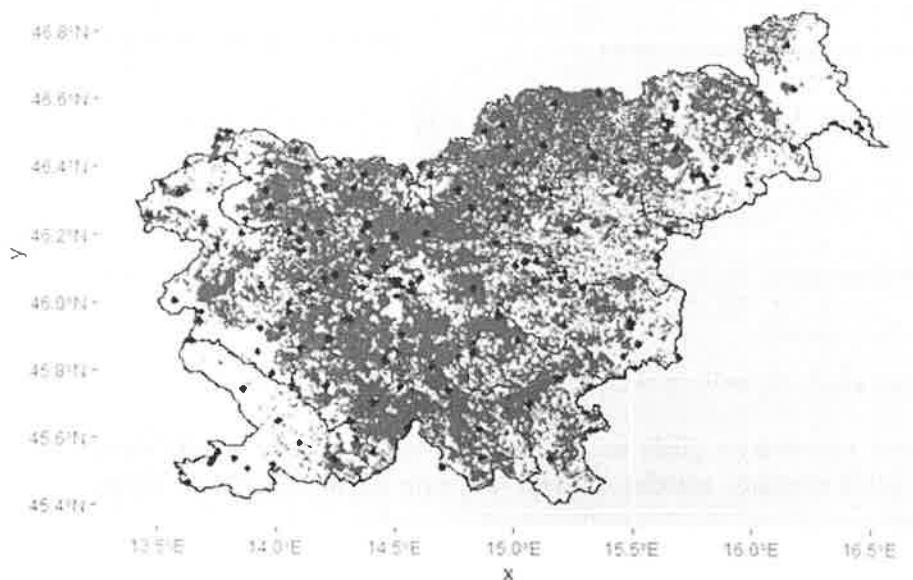
Analiza pojavnosti vetrolomov glede na matično podlago je seveda obremenjena z dejstvom, da se največji delež sestojev smreke in jelke pojavlja na apnenčasti in dolomitni matični podlagi (Slika 6).



Slika 6: Pojavnost vetrolomov v obdobju 1995-2015 glede na matično podlago

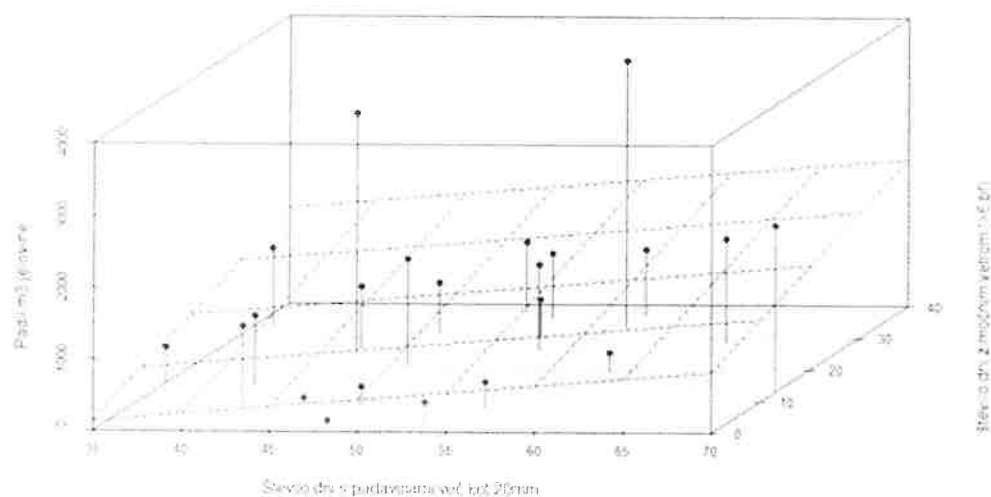
2.2 Priprava modela potencialne ogroženosti širšega območja jelovo-bukovih gozdov glede na možnost podobnih ekstremnih vremenskih pojavov

Za namen izdelave modela ogroženosti jelke in smreke na vetrolomne dogodke smo na ARSO pridobili dnevne vrednosti meteoroloških parametrov za zadnjih 20 let izmerjenih na 185 meteoroloških postajah. Vsakemu odseku v podatkih ZGS smo izračunali centroid in mu pripisali najbližjo meteorološko postajo (Slika 7).



Slika 7: Vetrolomi v odsekih z lokacijami meteoroloških postaj (ARSO)

Tako smo oblikovali zbirko podatkov z dnevnimi meteorološkimi podatki posameznih odsekov in letno število v vetrolomu padlih m^3 lesa jelke in smreke. Pri nadaljnji analizi smo se soočali s težavo časovnega neskladja. Na eni strani smo imeli dnevne podatke o vetru in padavinah, na drugi strani pa letne podatke o m^3 lesa, za katere ne poznamo točnega datuma dogodka. Primer: podatki o m^3 iz decembrskega vetroloma 2017 so v večini odsekov zabeleženi v letu 2018. Težavo smo rešili tako, da smo za posamezni odsek na časovnem traku izbrali dan z viharim vetrom in mu pripisali padle m^3 za tisto leto. Analizo smo opravili za vse odseke po dnevih in letih. Ustvarjena baza podatkov vsebuje napake, saj ni nujno, da je prvi vihar v izbranem letu že povzročil poškodbe sestoja. Za posamezen odsek smo z multivariatno analizo ustvarili model odvisnosti padlih m^3 od števila dni s padavinami večjimi od 20 mm in števila dni z vetrom močnejšim od 6 bf. Kot primer navajamo 3D vizualizacijo modela za naključno izbrani odsek (Slika 8).



Slika 8: Število padlih m^3 glede na padavine (>20 mm) in jakost vetra (>6 bf).

DS3: Spremljanje uspešnosti razvoja obnove mladja ter učinkovitost kemičnih in elektronskih odvračal s pomočjo popisov objedenosti in odziva mladja

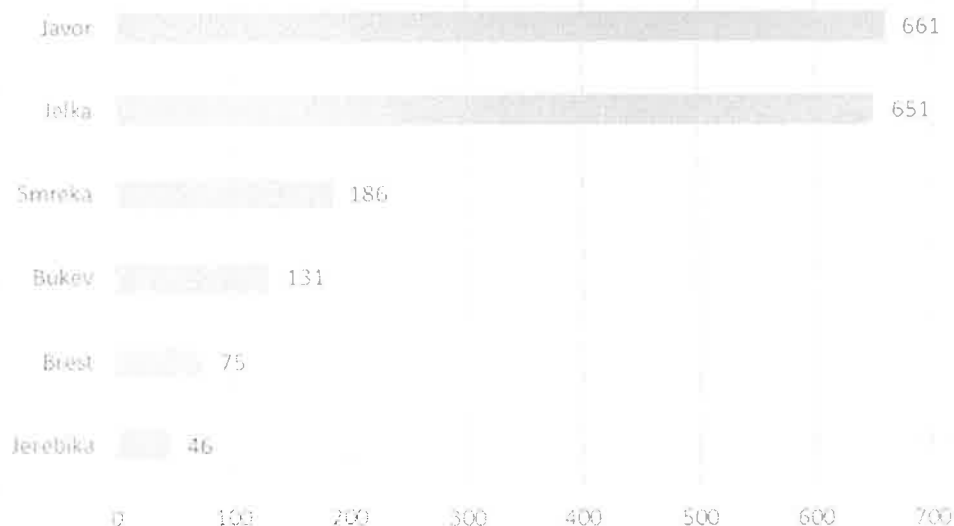
Vodja: doc. dr. Matjaž Čater

3.1 Stanje in prisotnost mladja

Rezultati meritev mladja na ogolelih površinah po vetrolomu kažejo veliko različnost odziva med vrstami. Usmerjeni smo predvsem na odziv prevladujočih drevesnih vrst visokega dinarskega krasa: mladja jelke, smreke, bukeve in javorja, ki je prevladovalo na vseh treh izbranih lokacijah. Mladje jelke, ki je bilo na izbranih lokacijah prisotno pred vetrolomom je bilo močno prizadeto zaradi objedanja divjadi, dodatno je predstavljala velik stres nenadna presvetlitev odraslega sestoja. Prilagoditev na novonastale razmere je bila slabša, kot pri smreki in bukvi. Največ razlik opazamo v svetlobnih razmerah gozdnega roba.

Junija in julija smo vsakič ponovili meritve fiziološkega odziva (jelka, bukev, smreka, javor) na vseh opazovanih lokacijah. Ponovitve kažejo na umirjanje razmer pri smreki in bukvi, ter na zaostrovanje (izpad) jelovega mladja, predvsem na odprtih lokacijah, brez zastiranja matičnega sestoja.

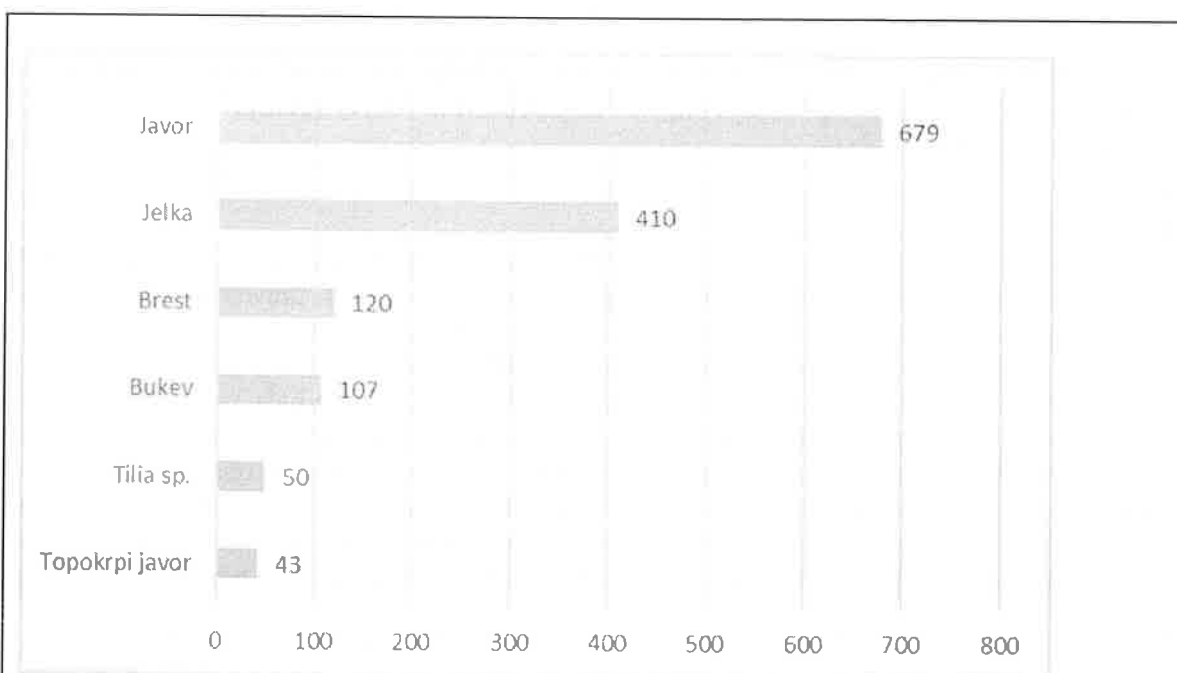
Popis mladja na izbranih lokacijah vetrolomov kaže, da je zastopanost vrst v vzniku na Snežniku, v Kočevju in na Igu primerna (Slike 9, 10 in 11). Na vseh proučevanih lokacijah prevladuje mladje g. javora. Na Snežniku in v Kočevju slednjemu sledi jelka, medtem ko je na Igu druga prevladujoča vrsta mali jesen, jelka je šele na četrtem mestu za bukvijo. Mali jesen je bil prisoten le na Igu. Vrste, ki so bile skupne vsem trem lokacijam, so: javor, jelka, smreka, bukev in brest. Smreke je največ na Snežniku, sledi je Ig, v Kočevju smo je našli zelo malo. Bukve je na lokacijah predstavljala približno desetino mladja, bresta je za desetino celotnega mladja na Kočevju, pol manj na Snežniku in malo na Igu.



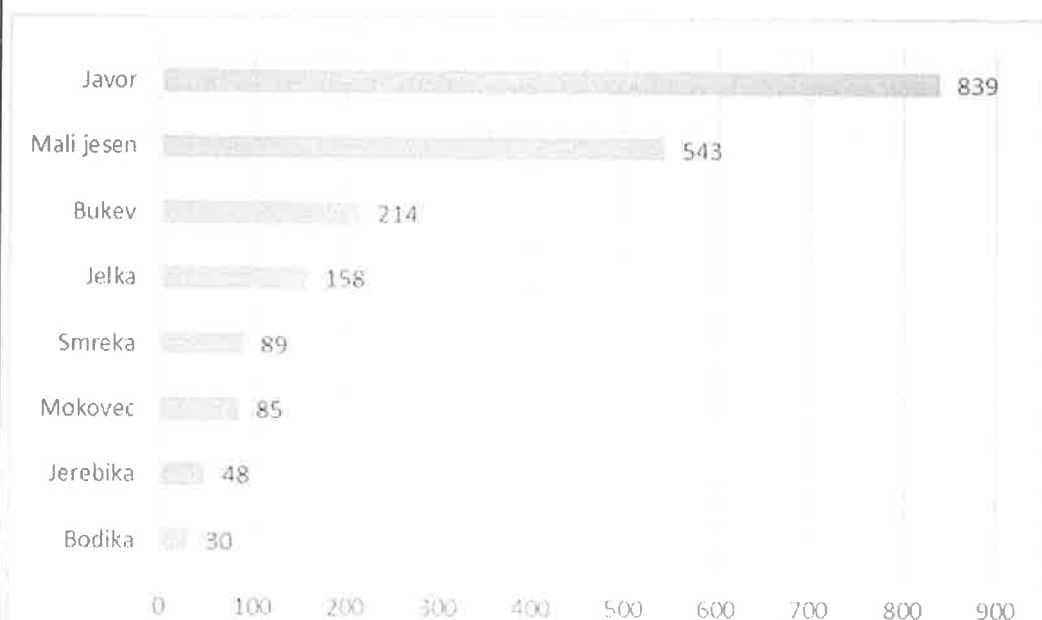
Slika 9: Zastopanost vrst - Snežnik

Objedenost znotraj posameznih višinskih razredov (razmerje neobjedeno : objedeno) je največje v višinskih razredih I (15-30cm) in II (30-60cm), na Igu tudi v razredu II (60-100cm). Izmerjene višine ustrezajo poškodbam parkljarjev in višini gobca.

Določili smo izhodiščno število posameznih drevesnih vrst na ploskvah z različnimi odvračali in na kontrolnih ploskvah, ki ga bomo podrobno ponovili na koncu raziskovalnega obdobja (poletje 2021) za določitev njihovega učinka.



Slika 10: Zastopanost vrst - Kočevje

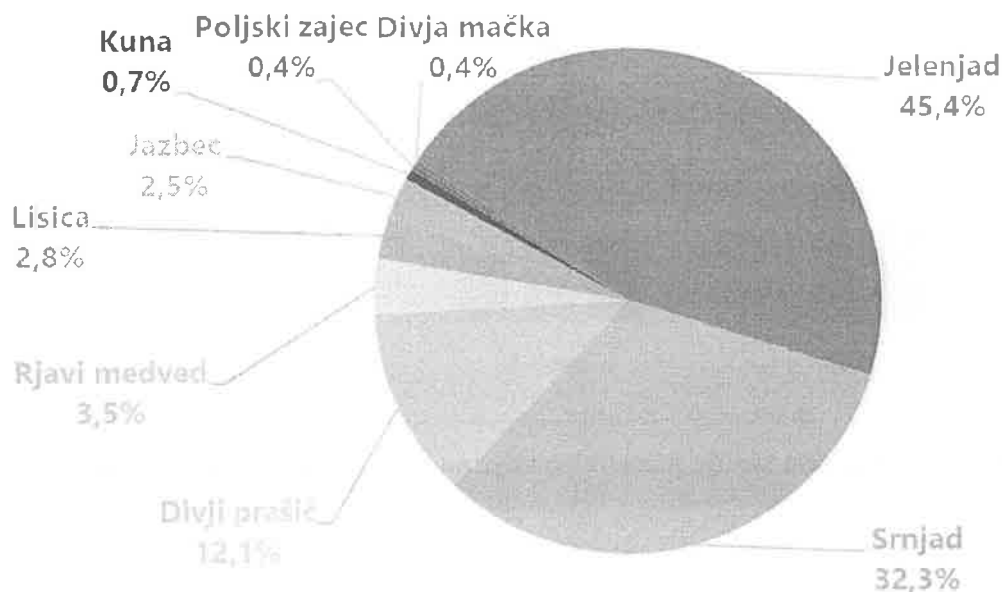


Slika 11: Zastopanost vrst - Ig

3.2 Rezultati zapisov fotopasti

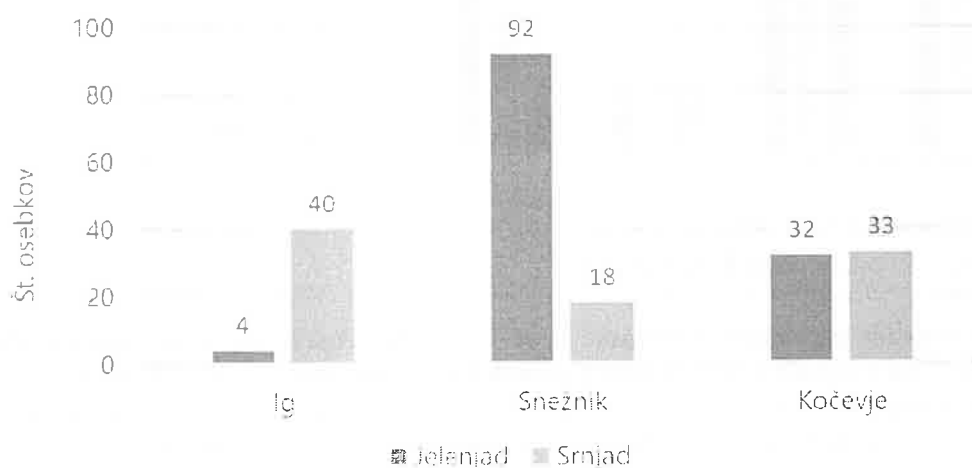
V začetku raziskave smo na vsako od izbranih lokacij namestili po tri fotopasti za 4 mesece. Fotopasti smo namestili na vsako od lokacij (Stojna, Leskova dolina, Ig) in na vsako od treh podploskev za ugotavljanje učinka kemičnih in zvočnih odvrčal ter kontrolo; v enem letu smo tako evidentirali vse lokacije. Nastale posnetke na terenu v pisarni pregledamo, zabeležimo njihovo lokacijo, tip ploskev, datum, uro, vrsto živali, spol (če je možno), število in vedenje. Od konca oktobra 2019 do konca aprila 2021 smo s pomočjo fotopasti zabeležili 2491 samodejnih posnetkov, od tega 186 posnetkov živali. V njih je zajetih 282 osebkov devetih različnih vrst. Največ se je v objektiv ujelo velikih rastlinojedov (jelenjad, srnjad - skupaj 219 osebkov), od ostalih vrst še rjavi medved, divji prašič, lisica, jazbec, poljski zajec in kuna (slika

12).



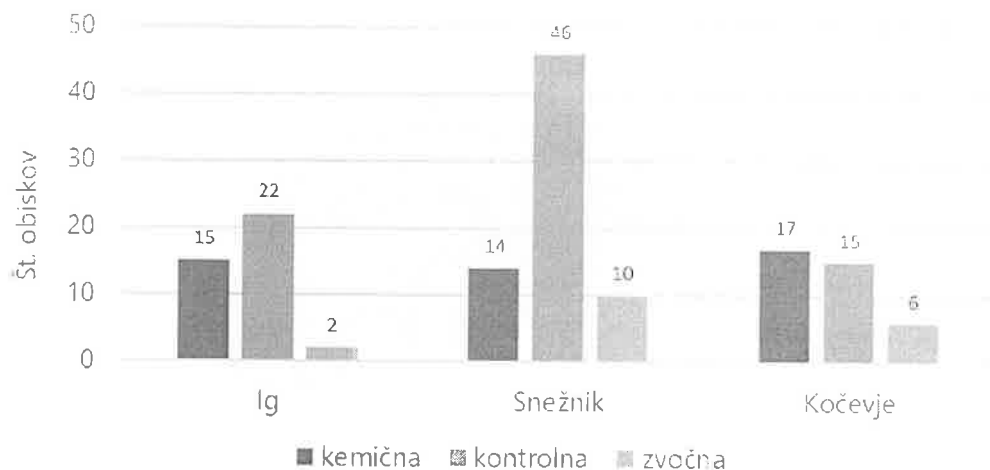
Slika 12: Deleži posamezni živalskih vrst glede na zapise fotopasti

Za številčno najbolj obiskano lokacijo s strani velikih rastlinojedov se je izkazal Snežnik oz. Leskova dolina, sledilo je Kočevje in nazadnje Ig. Vrstna zastopanost kaže na Igu močno prevlado v prid srnjadi, na Snežniku jelenjadi, v Kočevju pa je bila zastopanost glede na podatke fotopasti zelo uravnotežena. (Slika 13).

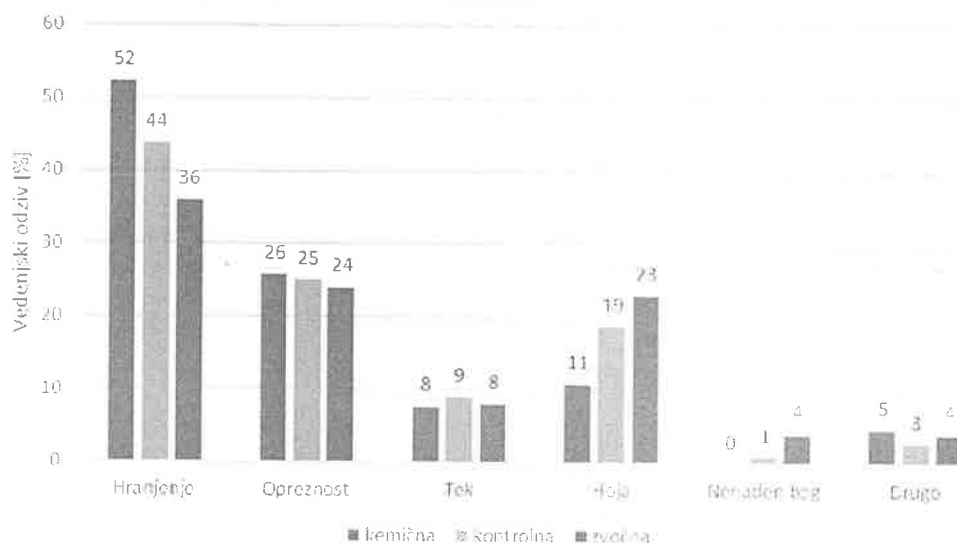


Slika 13: Številčna zastopanost jelenjadi in srnjadi na posameznih lokacijah

Primerjava ploskev odvrtačal (kemična. kontrola, zvočna) je pokazala na največjo obiskanost kontrolnih ploskev. Velika razlika se najbolje pokaže na Snežniku, kjer je bila obiskanost največja v primerjavi z drugimi lokacijami. Najmanj obiskane so bile ploskve z zvočnimi odvrtačali. Največje število obiskov ploskev s kemijskimi odvrtačali v Kočevju sovpada z večjo obiskanostjo pozimi, ko je odvrtačalo slabše delovalo zaradi manjših temperatur in snega.



Slika 14: Razlike v skupnem številu zaznalih obiskov po lokacijah in vrstah odvrčal



Slika 15: Vedenjski odzivi velikih rastlinojedov

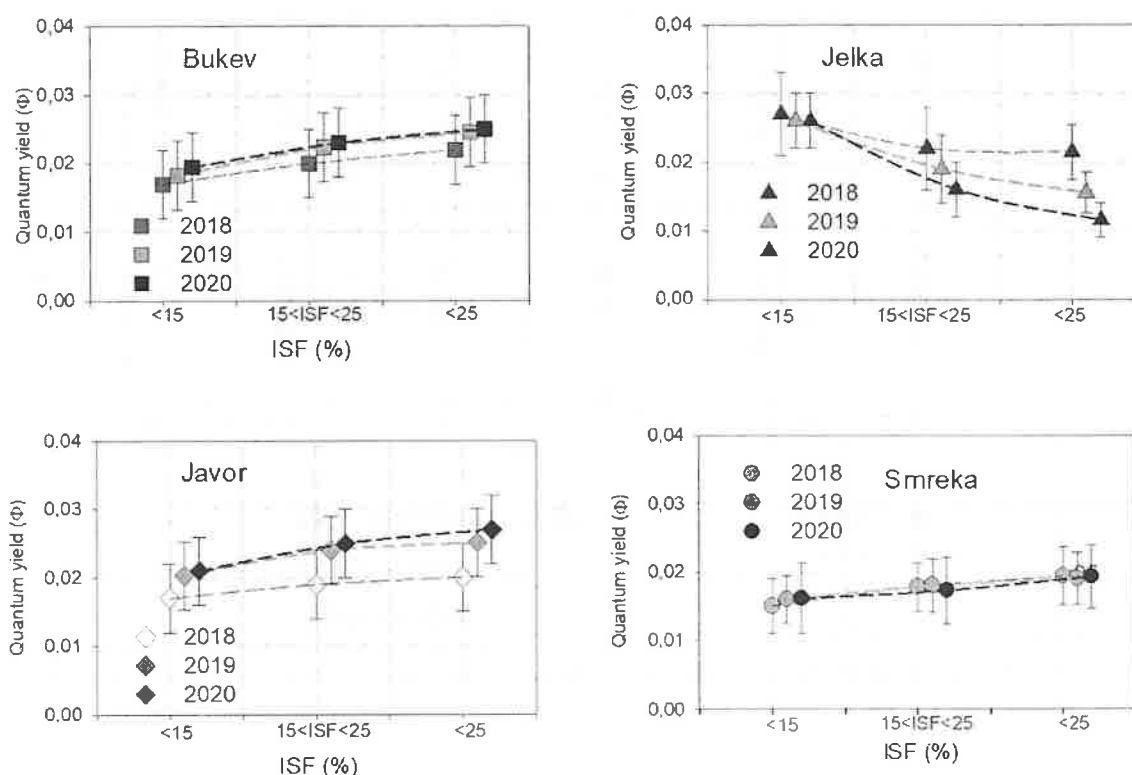
Vedenje rastlinojedih parkljarjev (evropske srne *Capreolus capreolus* in navadnega jelena *Cervus elaphus*) smo uvrstili v šest različnih razredov (po van Ginkel et al., 2019) in sicer: 1) hranjenje (objedanje, žvečenje, iskanje hrane po tleh, hranjenje med hojo, glava načeloma pod ramen), 2) opreznost (ni žvečenja, osebek je pri miru in opazuje, glava nad ramen), 3) tek, 4) hoja (ni žvečenja, iskanja hrane), 5) beg (nenadoma zbeži), 6) drugo (negovanje kože, ipd.). Rezultati niso pokazali večjih razlik med lokacijami.

3.3 Odzivi učinkovitosti mladja

Za drevesne vrste (bukev, jelko, smreko in javor), ki se kot najpogostejše pojavljajo na vseh treh izbranih (prizadetih) lokacijah smo v treh rastnih obdobjih opravili meritve odziva v treh primerljivih skupinah svetlobne intenzitete, ki smo jih določili s pomočjo analize hemisfernih posnetkov. Za kriterialni znak ločevanja smo uporabili ISF (%), ki podaja razmerje med deležem potencialnega difuznega sevanja na točki meritve in na odprtem, brez zastiranja odraslega sestoja in se je kot učinkovit kazalnik potrdil v študijah pomlajevanja jelovih bukovij (Čater in Diaci 2017, Čater in Levanič 2019). Omenjeni pristop omogoča primerjavo intervalnih skupin in vzporejanje odziva tudi med istimi kategorijami različnih rastišč. Mejne

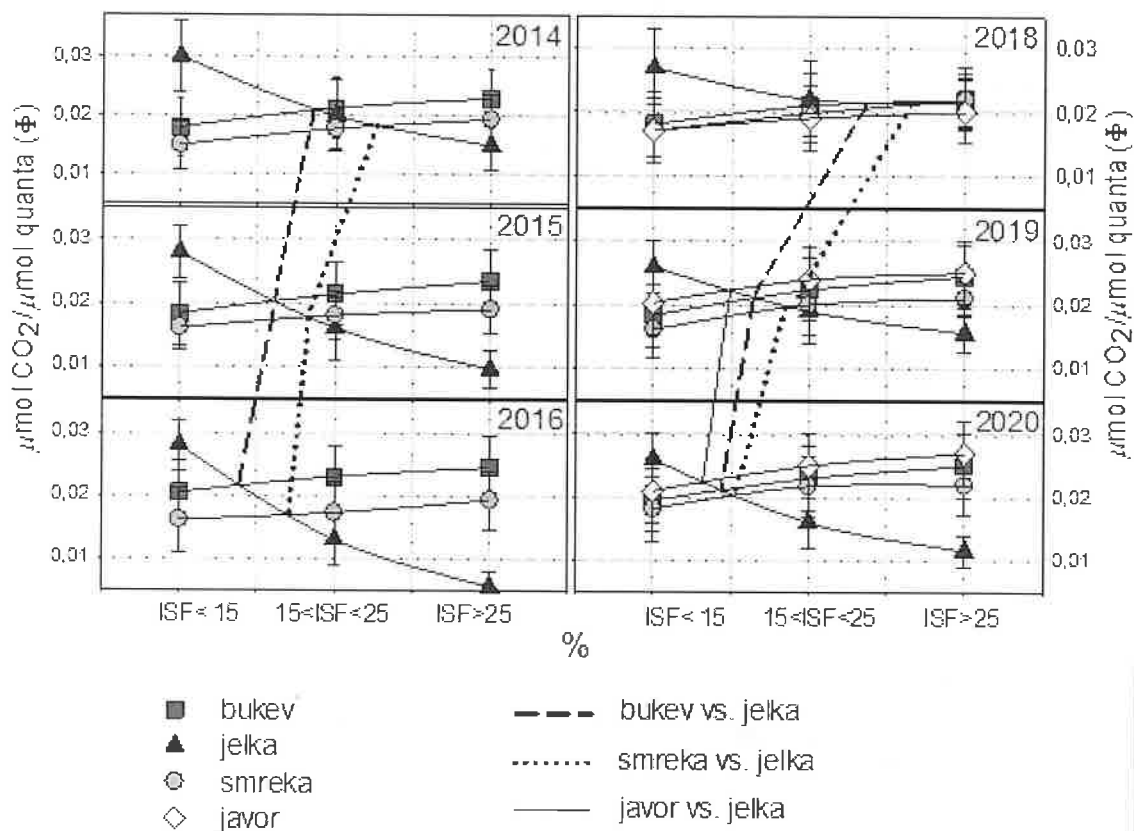
vrednosti so znašale: pod zastorom ($ISF < 15\%$), na gozdnem robu ($15\% < ISF < 25\%$) in na odprtem ($ISF > 25\%$).

V izbranih svetlobnih kategorijah smo na vsaki lokaciji določili najmanj 8 osebkov izbrane drevesne vrste, na katerih smo izmerili asimilacijski odziv glede na različno intenziteto svetlobe v kontroliranih pogojih (CO_2 , vlaga, pretok plinov, temperatura), da so bili rezultati med vrstami in lokacijami medsebojno primerljivi. Na podlagi pridobljenih podatkov smo določili asimilacijsko učinkovitost v posameznih svetlobnih kategorijah za vsako vrsto in leto opazovanja. Foliarni dušik med posameznimi svetlobnimi lokacijami iste vrste in različne lokacije je bil znotraj optimalnih vrednosti, kakršne navaja literatura.



Slika 16: Asimilacijska učinkovitost za bukev, jelko, javor in smreko na izbranih lokacijah, ki jih je prizadel vetrolom

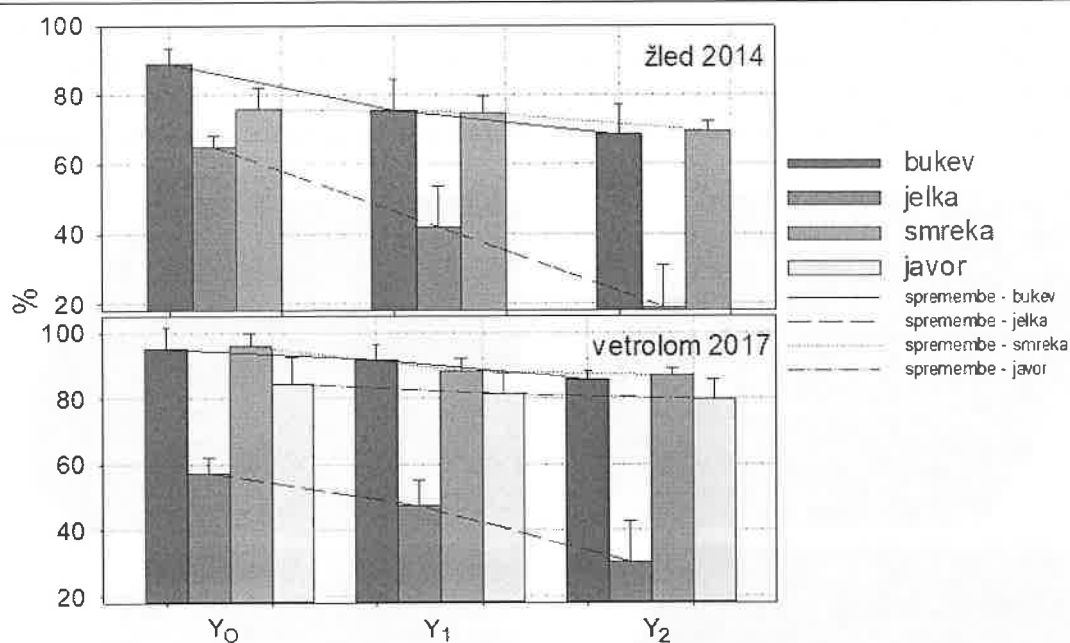
Opazno je povečevanje učinkovitosti po vetrolomu pri listavcih (bukvi in predvsem pri g. javorju) po prvem letu, v nadaljevanju učinek svetlobe popusti oz. se zmanjša. Potrdili smo neznačilno spremembo pri smreki in izrazito nazadovanje oz. zmanjševanje učinkovitosti pri jelki na vseh opazovanih lokacijah. Izpad jelke na stalnih lokacijah je bil izrazit podobno, kot po žledu leta 2014 (Čater in Diaci 2017), da smo zaradi izpada osebkov s težavo opravili ponovitev meritev v letu 2020. Zmanjševanje učinkovitosti se je z leti in s povečevanjem svetlobne intenzitete pri jelki značilno povečevalo (slika 16). Med posameznimi lokacijami proučevanja vetroloma nismo potrdili značilnih razlik, kar kaže na enovit odziv drevesnih vrst. Primerjava obeh velikopovršinskih ujm kaže na večjo jakost motnje po žledu, v primerjavi z vetrolomom (Čater 2021).



Slika 17: Pomik konkurenčne izenačenosti med vrstami na odziv svetlobe po ujmi: levo žled 2014. desno vetrolom 2017

3.4 Številčnost mladja

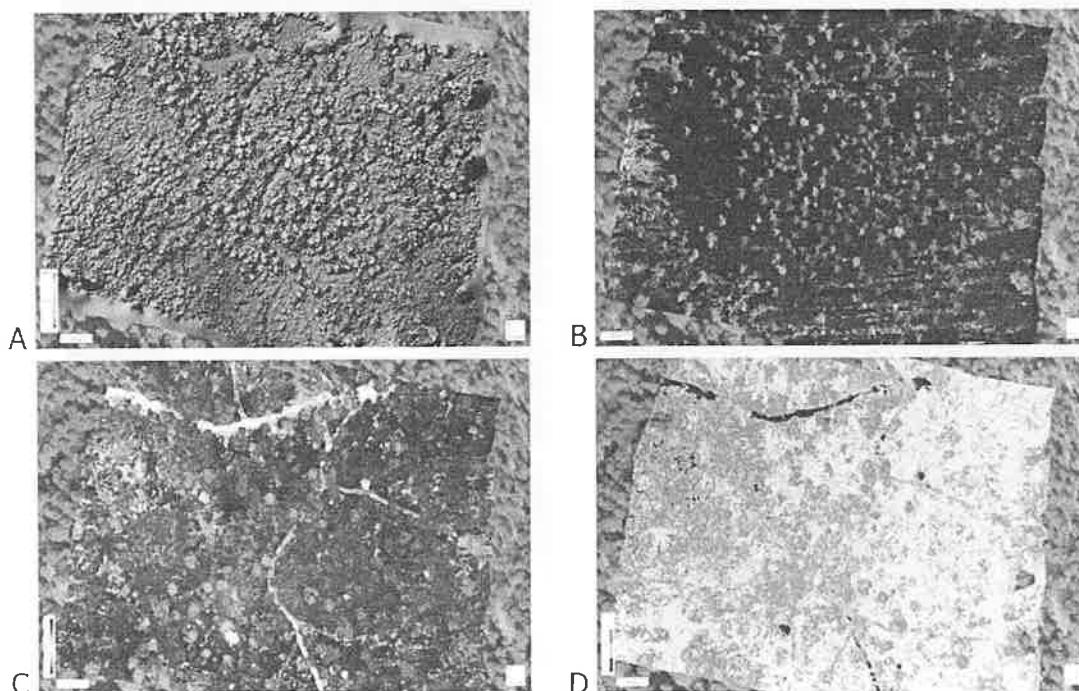
Na istih mikrolokacijah kjer smo merili učinkovitost odziva smo na 30 x 30m naključno izbrani površini določili številčnost klic glavnih oz. prevladujočih drevesnih vrst v vsakem opazovanem letu. Povsod potrjujemo zmanjševanje števila, kot posledico naravnega izbora. Relativni deleži posameznih vrst potrjujejo meritve učinkovitosti; ponovno je bilo relativno zmanjševanje deleža največje pri jelki, manj pri ostalih vrstah. Tudi pri številčnosti se kaže na večjo letalnost žleda 2014 v primerjavi z vetrolomom 2017 (Čater 2021).



Slika 18: Zmanjševanje deleža posameznih vrst mladja po žledu in vetrolomu

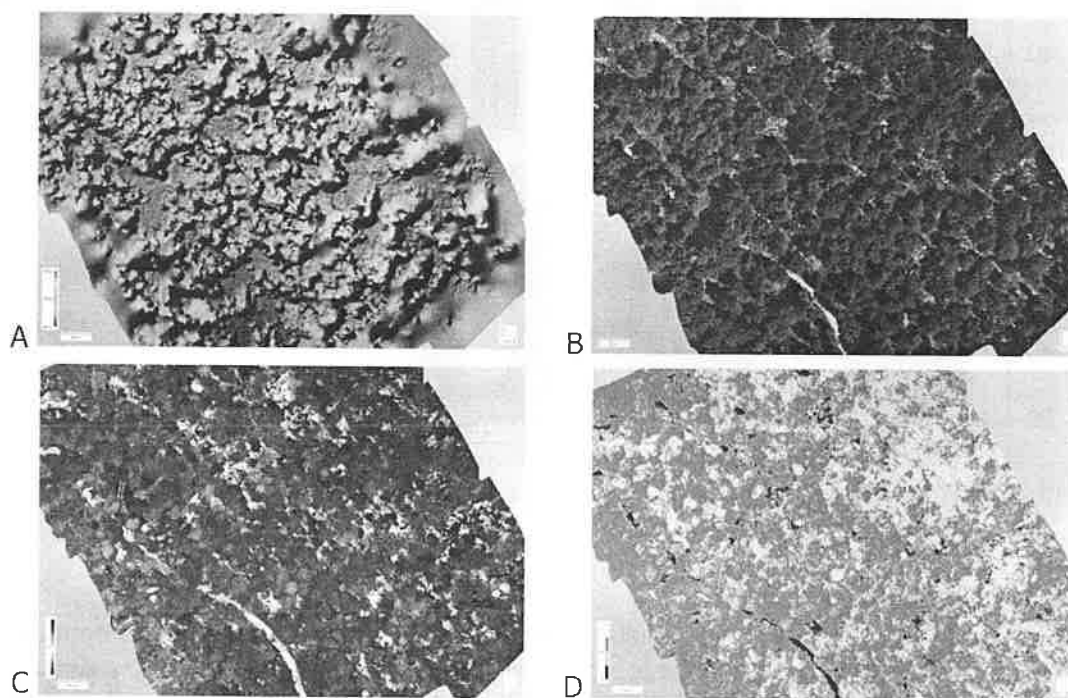
3.5 Vegetacijski indeksi (UAV)

V letu 2020 smo opravili snemanja raziskovalnih ploskev z UAV (dronom) v optimalnih vremenskih razmerah za ugotavljanje različnih vegetacijskih indeksov, povezanih z občutljivostjo oz. učinkovitostjo mladja v različnih svetlobnih razmerah. Splošne ugotovitve na vseh treh lokacijah potrjujejo ugotovitve talnih meritev, predvsem glede razlik med gozdnim robom in odprtim sestojem (slike 19, 20 in 21). Razlik na ravni posameznih rastlin/ dreves nismo potrdili.

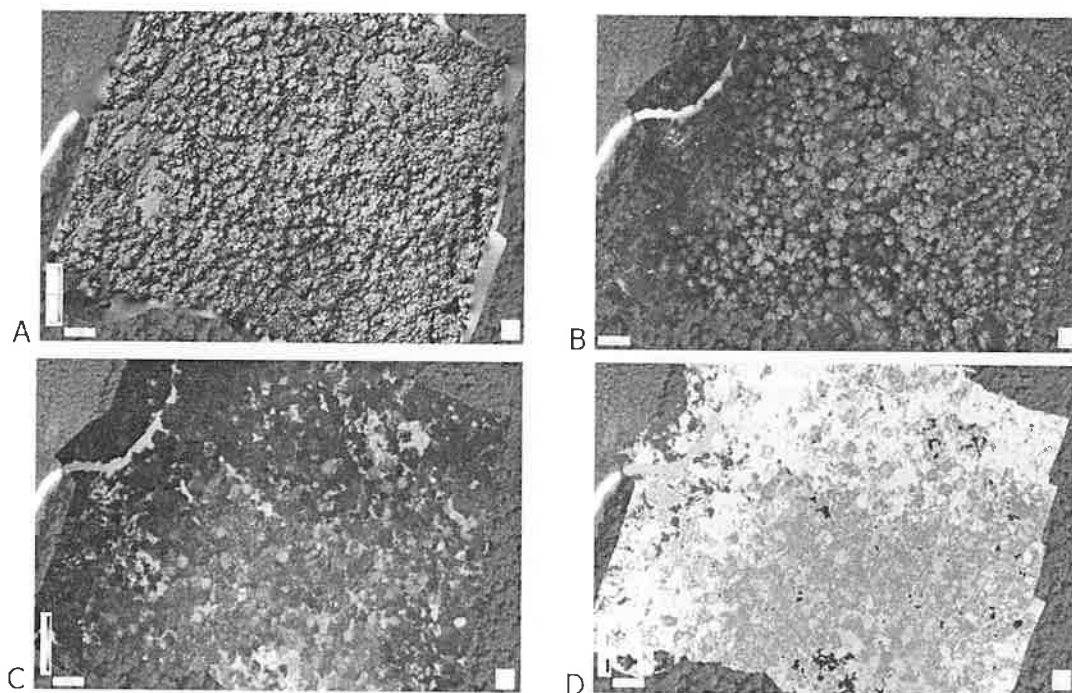


Slika 19: TRP Snežnik: A – posnetek absolutnih nadmorskih višin: B – ortofoto posnetek: C. D – NDVI z različno referenčno skalo

Zdravstveno stanje vegetacije (glede na odboj valovne dolžine) smo določali s pomočjo multispektralne kamere Micasense RedEdge™ ki sočasno posname odzive 5 različnih valovnih območij / pasov: vidno območje (RGB) -3, mejno rdeče območje, ki zaznava procese fotosinteze -1 in bližnje infrardeče območje, ki zaznava spremembe strukture asimilacijske površine.



Slika 20: TRP Stojna: A – posnetek absolutnih nadmorskih višin; B – ortofoto posnetek; C, D – NDVI z različno referenčno skalo



Slika 21: TRP Ig: A – posnetek absolutnih nadmorskih višin; B – ortofoto posnetek; C, D – NDVI z različno referenčno skalo

DS4: Primerjava učinkovitost sanacije starejših poškodovanih površin z objekti zadnjega vetroloma

Vodja: prof. dr. Jurij Diaci

4.1 Metode

V nazarskem in slovenjgraškem območju, ki sta bila močno prizadeta po vetrolomih 2017 smo izbrali več starejših obstoječih raziskovalnih objektov s trajnimi raziskovalnimi ploskvami za preučevanje naravne in umetne obnove, ki so jih prizadeli velikopovršinski vetrolomi. Primerjalne analize novih in starih objektov so omogočile dolgoročnejši vpogled v razvoj mladja po analogiji kronosekvenc ter zanesljivejše ocene in napovedi obnove. V izbranih starih objektih smo ponovili snemanja sukcesijskega razvoja, preživetja in kakovosti mladja ter vplivnih dejavnikov. Metodologiji snemanja v starih in novih objektih sta bili prilagojeni različnim razvojnim stopnjam mladja, a vseeno primerljivi. Na podlagi primerjalne analize naravne in umetne obnove na starih in novih objektih smo razvili priporočila za obnovo in nego gozdov prizadetih po ujmah, s posebnim poudarkom na najbolj prizadetih površinah po vetrolomu 2017.

Delovni sklop DS4 delimo na tri dele:

- 1) Učinkovitost obnove starejših, od vetrolomov poškodovanih gozdov v letu 2008
- 2) Učinkovitost obnove poškodovanih gozdov v vetrolomu leta 2017
- 3) Primerjava obnove po vetrolomih 2008 in 2017
- 4) Gozdnogojitvene smernice za obnovo po ujmah

1) V prvem delu smo se osredotočili na analizo obnove na površinah, ki so jih prizadeli vetrolomi v 2008. Raziskavo smo opravili na območju vetrolomov iz leta 2008 (7. in 13. julij ter 15. avgust), ki so poškodovali večje površine gozdov (20.000 ha) s skupnim volumenom lesa približno 500.000 m³ (Kolšek, 2008). V raziskavo smo zajeli območja, kjer so bile poškodbe zgoščene na večjih površinah; izbrali smo območje vetroloma v Trnovskem gozdu, na Črnicu in v širši okoli Bohorja. Tehnični sanaciji (sečnja in spravilo) v letih 2008 in 2009 je sledila saditev v letih 2009, 2010 in deloma tudi 2011. Meritve smo opravili leta 2012, 2014 (Fidej, 2016) in 2019 (Cerioni, 2021). Ploskve smo zakoličili na površini, ki je bila posajena in površini, prepuščeni naravni obnovi. Pri prvi in drugi meritvi smo izvedli popise na ploskvah, velikosti 10 x 10 m. Podrobnosti metod so opisane v Fidej, 2016 in Fidej in sod., 2017. Zaradi napredujoče sukcesije smo morali v letu 2019 meritve prilagoditi, zato smo na ploskvah naravne in umetne obnove na celotni ploskvi, velikosti 10 x 10 m, popisali vse mladje po naslednjih višinskih razredih: 1) do 50 cm, 2) 50-149 cm, 3) 150-299 cm, 4) višina ≥ 300 in DBH < 5 cm, 5) DBH ≥ 5 cm. klic nismo popisovali. Spremenjena metoda še vedno omogoča neposredno primerjavo parametrov v času. Na ploskvah smo popisali vse mladje ne glede na izvor (sajeno ali naravno: Cerioni, 2021); skupno so bile popisane 103 ploskve.

2) Preverili smo uspešnost pomlajevanja po nedavnem vetrolomu leta 2017 na Koroškem, kjer je od 11. do 13. septembra 2017 na obsežnih površinah poškodoval zlasti sestoje iglavcev. Uspešnost obnove smo preverili v dveh manjših raziskavah, pri čemer je prva potekala na pobočjih nad Dravogradom (v nadaljevanju vetrolom Dravograd) in druga nad Radljami ob Dravi (v nadaljevanju vetrolom Radlje).

Vetrolom Dravograd - V raziskavi na Koroškem smo preverjali naravno pomlajevanje v vrzelih med območjem, kjer so pred ujmo prevladovali čisti smrekovi sestoji, in sestoji, kjer so pred ujmo prevladovali čisti in mešani bukov sestoji. Objekti so na pobočjih nadmorske višine od 430 do 800 m. Na območjih naklon znaša od 20° do 45°. Objekti v stratumu bukve so na obronkih Pohorja na desnem bregu Drave v odsekih 5367B ter 5368 v revirju Trbonje, medtem ko so objekti v stratumu smreke na levem bregu Drave na vznožju Košenjaka v odsekih 5136.

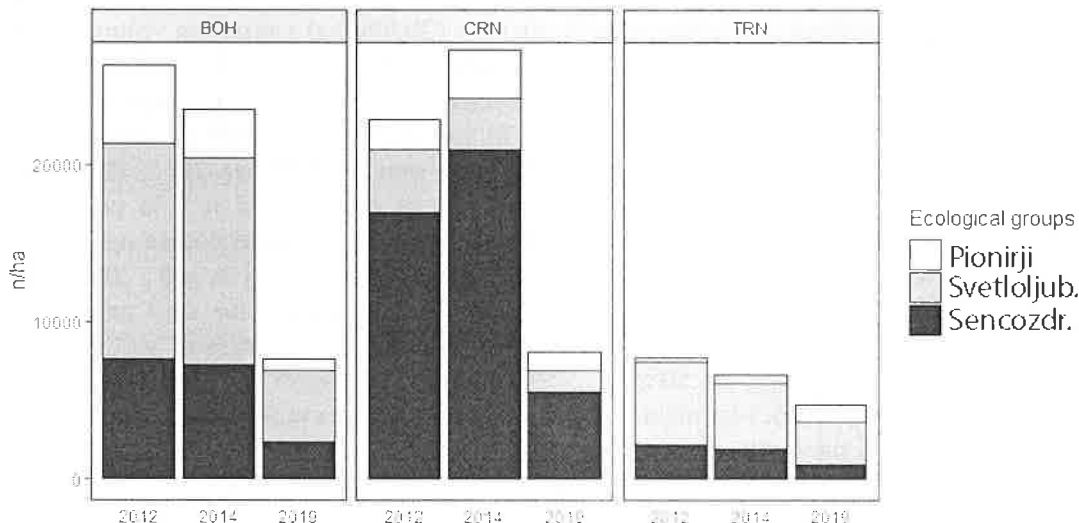
5142 v revirju Libečiče in 5161B v revirju Košenjak V vsakem izmed navedenih stratumov smo izbrali in popisali eno večjo vrzel (deset ploskev) in eno manjšo (dve ploskvi). Na ploskvah je bilo popisano vse naravno mladje glede na višinski razred: 1) do 20 cm, 2) 21-50 cm, 3) 51-130 cm, 4) 131-250 cm, 5) $h > 250$ - 5 cm DBH, brez klic; skupno smo popisali 24 ploskev (Roger, 2021).

Vetrolom Radlje ob Dravi - Na lokaciji smo analizirali naravno pomlajevanje po vetrolomu leta 2017. Na območjih znaša naklon od 10° do 30° . Objekti so na južnih pobočjih na levem bregu Drave v bližini avstrijske meje. Popise smo opravili v eni manjši vrzeli, velikosti enega hektara (vetrolom A), 900 m nadmorske višine, južno pobočje, odsek 9178, in nekoliko večji vrzeli, velikosti 4 ha (vetrolom B), 850 m nadmorske višine, jugozahodno pobočje, odsek 9144, oboje v revirju Radlje. Na ploskvah je bilo popisano vse naravno mladje glede na višinski razred: 1) do 30 cm, 2) 31-50 cm, 3) 51-130 cm, 4) 131-500 cm, brez klic; skupno smo popisali 24 ploskev (Majger, 2021).

4.2 Rezultati

4.2.1 Učinkovitost obnove starejših, od vetrolomov poškodovanih gozdov v letu 2008

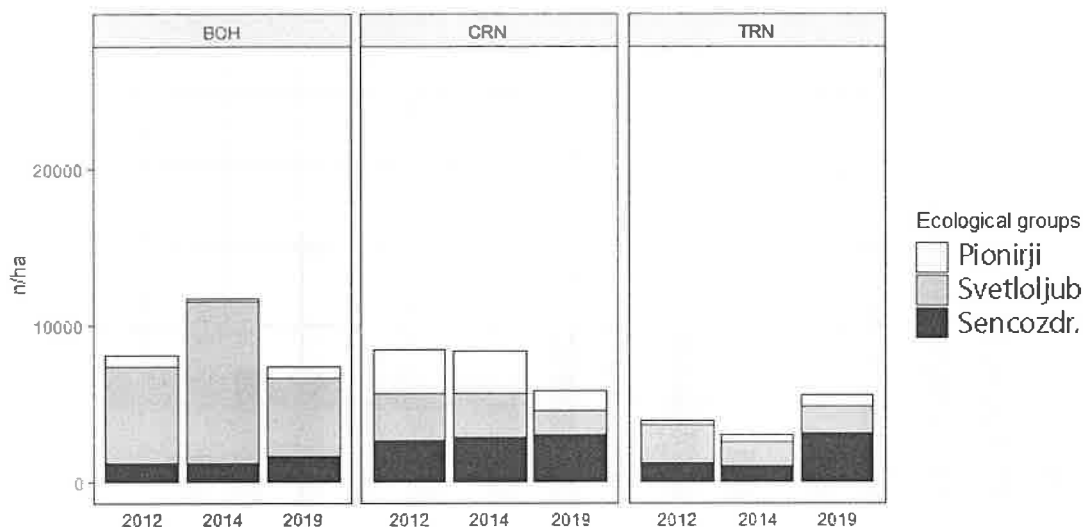
Gostote mladja (Slika 22) na ploskvah naravne in umetne obnove kažejo na različne ekološke razmere med raziskovalnimi objekti. Gostote so že od začetka meritev v 2012 visoke na objektu Bohor in Črnivec, medtem ko so na Trnovskem gozdu nizke zaradi zaostrenih ekoloških razmer kot so visoka nadmorska višina, deloma južne lege, kraški teren s površinsko skalovitostjo in kamnitostjo in posledično plitvimi tlemi. Zanimivo so v letu 2019 bile razlike med objekti veliko manjše kot pričakovano. Povprečna gostota v 2019 je znašala 6500 osebkov na hektar.



Slika 22: Gostote naravnega mladja na ploskvah naravne obnove v letih 2012, 2014 in 2019

Slika 23 prikazuje gostote naravnega mladja v 2012 in 2014 na ploskvah umetne obnove ter naravnega mladja in sajenega mladja v letu 2019. V 2019 zaradi napredujoče vegetacije in spremembe vzorčenja namreč ni bilo več mogoče razlikovati med naravnim in umetnim mladjem. Razlike v gostotah naravnega mladja na umetno obnovljenih predelih so bile manjše kot pri predelih z naravno obnovo. Prav tako so bile manjše razlike v gostotah med različnimi raziskovalnimi objekti. Primerjava gostot mladja na ploskvah naravne in umetne obnove kaže na 3-4 krat večje začetne (v 2012 in 2014) gostote naravnega mladja na ploskvah naravne obnove. Tudi v 2019 je gostota naravnega mladja na predelih naravne obnove večja kot kombinirana gostota naravnega mladja in sadik na ploskvah umetne obnove, kar kaže na velik

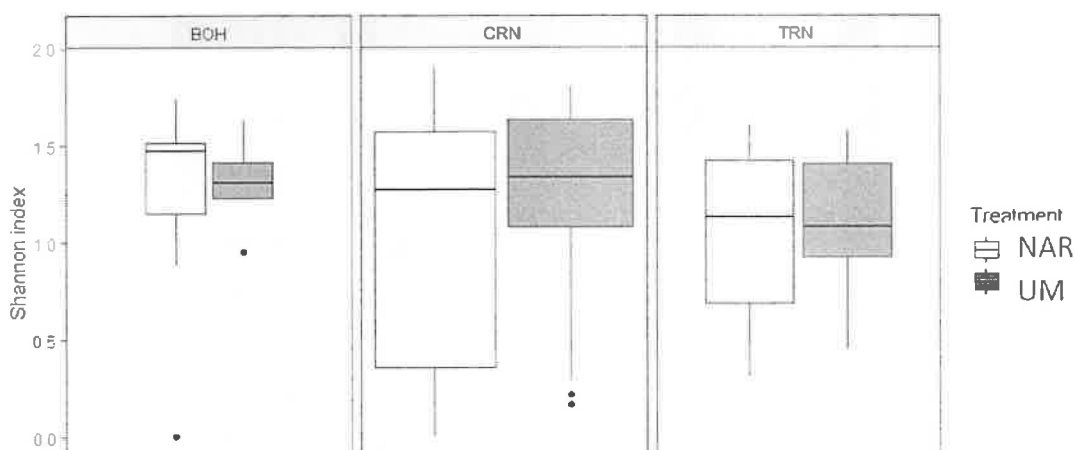
potencial naravne obnove na veliki večini rastišč. Iz teg sklepamo da nega mladih sestojev (obžetev) na ploskvah umetne obnove močno negativno vpliva na gostote samoniklega naravnega mladja.



Slika 23: Gostote naravnega mladja (leta 2012 in 2014) in naravnega mladja s sadikami (leto 2019)

Deleži sencozdržnih (in ekonomsko zanimivih) drevesnih vrst (smreka, jelka, jelka) je bil bistveno večji na predelih naravne obnove, kar ponovno nakazuje na dober potencial naravne nasemenitve.

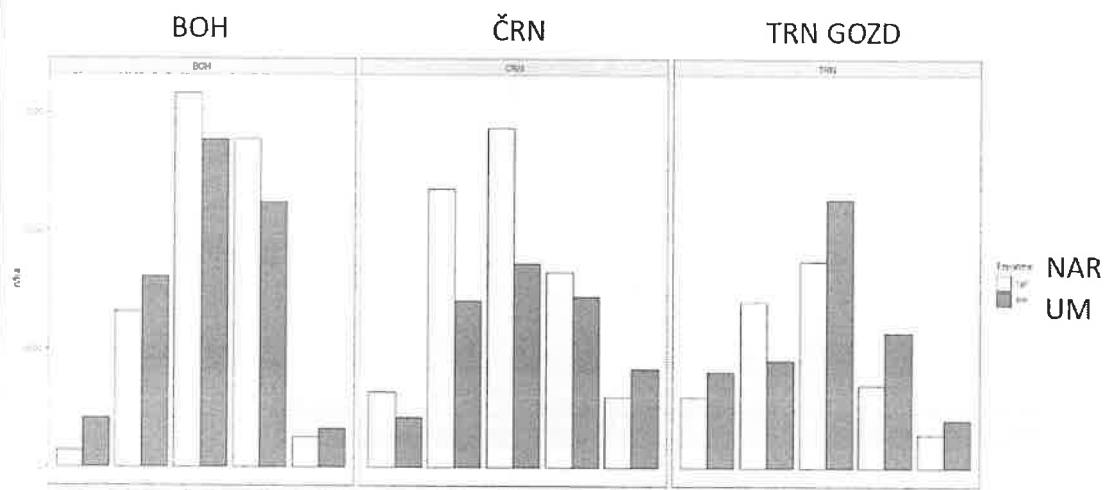
Shannonov indeks vrstne pestrosti v letu 2019 (Slika 24) je v povprečju znašal 1,15. Med predeli z naravno in umetno obnovo ni bilo značilnih razlik v vrstni pestrosti. Med objekti je bil pričakovano najbolj raznolik Bohor, sledita Črnivec in Trnovski gozd. Na vrstno pestrost je imela pozitivni vpliv pokrovnost grmovne plasti v letu 2012 in saditev, medtem ko je imela pokrovnost drevesnih ostankov v 2012 in nadmorska višina, negativen vpliv.



Slika 24: Shannonov indeks vrstne pestrosti na raziskovalnih območjih v letu 2019

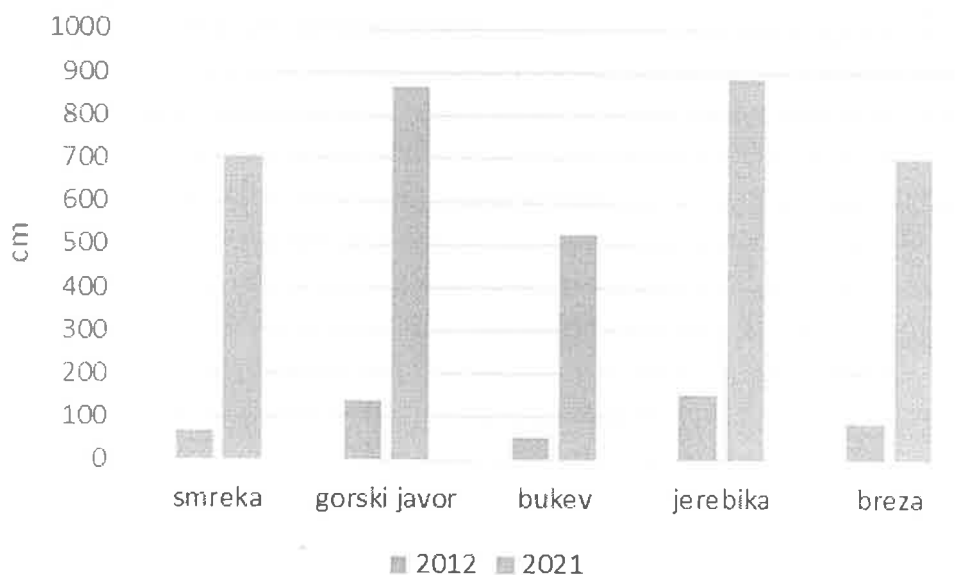
Strukturna sestava med raziskovalnim objekti v letu 2019 (slika 25) nakazuje razvoj vegetacije. Na vseh raziskovalnih območjih je bilo največ mladja v višinskem razredu 151 – 300 cm. Porazdelitev dreves po višinskih razredih nakazuje hitrost razvoja drevesne vegetacije. Pričakovano je mladje zaradi nizkih nadmorskih višin in subpanonskega podnebja najbolj

razvito na območju Bohorja, na kar kaže velik delež dreves v višinskem razredu 151 – 300 cm ter v razredu nad 300 cm do 5 cm DBH. Črnivec je med raziskovalnimi območji strukturno najbolj pester, saj je porazdelitev v različnih višinskih razredih najbolj enakomerna. Razvoj vegetacije je zaradi zaostrenih ekoloških razmer najpočasnejši na območju Trnovskega gozda.



Slika 25: Strukturna sestava na raziskovalnih območjih v letu 2019

Slika 26 kaže višino dominantnih osebkov med letoma 2012 in 2021. Medtem ko v letu 2012 višine drevesnega mladja dosegajo približno meter višine, pa v 2021 številne najbolj prisotne vrste presegajo višino 7 m (Blatnik, 2021).



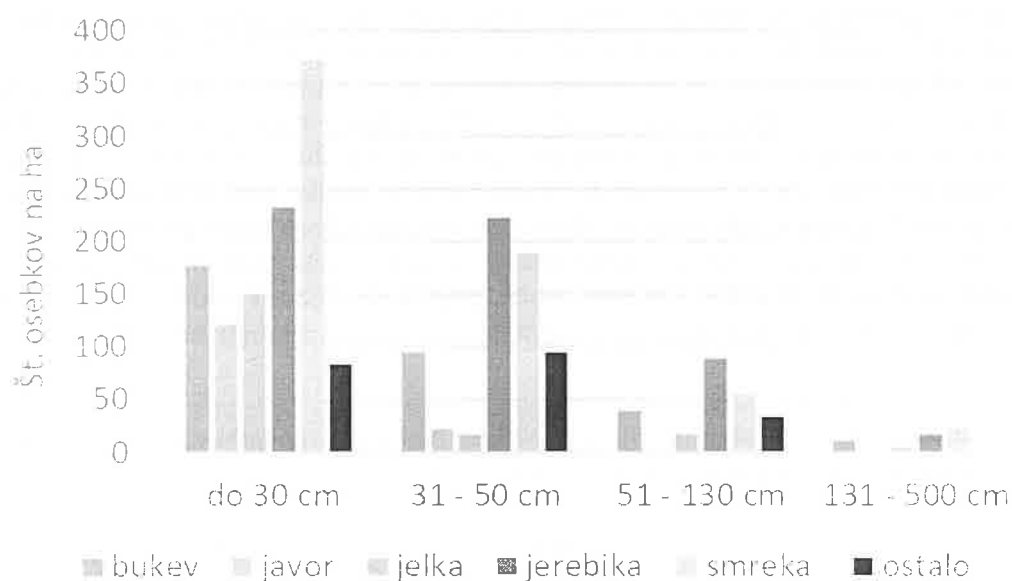
Slika 26: Višina dominantnih osebkov štiri (leta 2012) in trinajst (2021) let po vetrolomu na Črnivcu (Blatnik, 2021)

4.2.2 Učinkovitost obnove poškodovanih gozdov v vetrolomu leta 2017

Gostota naravnega mladja tri leta (leta 2020) po vetrolomu leta 2017 na objektu Radlje je bila 2067, na objektu Dravograd pa 8074 osebkov na ha (Preglednica 4). Zmes je bila precej podobna, v obeh primerih je od poznosukcesijskih vrst prevladovala smreka (Dravograd 21 in 31 % Radlje) in bukev (28 in 16 %), jelka je bila prisotna le v Radljah (9%). Od pionirskih oz. svetloлюбnih vrst pa je v Radljah prevladovala jerebika (31 % vseh DV, le 1% v Dravogradu), v Dravogradu pa je bilo več ive (11%) in breze (13%; preglednica 5).

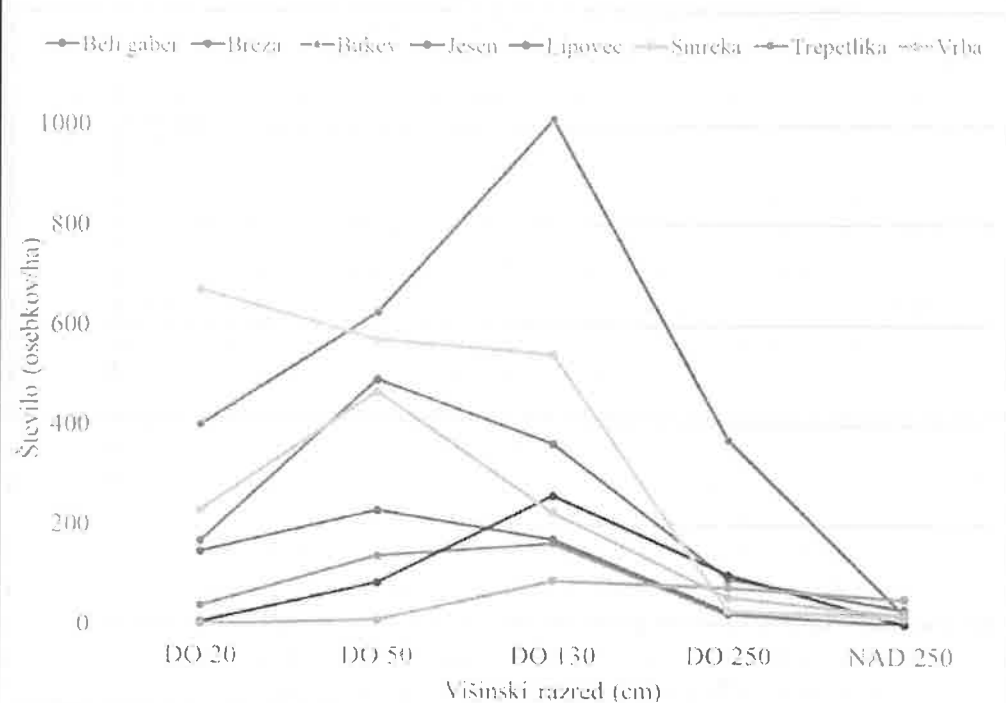
Rezultati obnove po vetrolomu nad Dravogradom nakazujejo, da je bila pestrost drevesnih vrst večja na predelih nekdanjih smrekovih sestojev, kjer se v mladju obilneje pojavljajo svetloлюбne drevesne vrste (npr. vrbe, veliki jesen, trepetlika, jerebika, lipovec), medtem ko je na predelih bukovih sestojev več bukve in breze. Gostote so bile na predelih bukovih sestojev bistveno večje, tj. 11.117 osebkov na ha, medtem ko je v stratumu smreke bilo 6292 osebkov na ha. Analiza temeljnice pred ujmo in gostote mladja je pokazala, da se gostote mladja s povečanjem temeljnice manjšajo, pri čemer se razlike v gostoti mladja med stratumom pri isti temeljnici pojavijo zaradi mladja, ki je bilo prisotno že pred ujmo. Višinska analiza mladja nam je pokazala statistične razlike v gostoti mladja pri višinskem razredu do 20 cm, kjer prevladuje gostota mladja v bukovem stratumu, kar bi lahko pripisali razliki v talnih razmerah med stratumih. Ugotovili smo, da je bilo nekatero mladje razvito že pred ujmo. Bukve se kot dominantna drevesna vrsta v stratumu bukve pojavlja v vseh višinskih razredih, zato lahko pričakujemo prevlado nad ostalimi drevesnimi vrstami.

Višinska struktura mladja nad Radljami (slika 27) nakazuje rastne značilnosti posameznih drevesnih vrst. Smreka je močno zastopana v najnižjem in drugem višinskem razredu kar nakazuje njeno uspešno nasemenitev in pomlajevanje v smrekovih sestojih. Poleg smreke je precej zastopana v najnižjih dveh razredih tudi bukev ter jerebika, slednja kot tipični predstavnik svetloлюбnih pionirskih vrst s hitro začetno rastjo. Zastopanost smreke in bukve v razredu višjem od 131 cm nakazuje, da gre verjetno za pomladek, ki je nastal še pod zastorom sestoja pred ujmo.



Slika 27: Višinska struktura mladja na objektu Radlje ob Dravi

Višinska struktura mladja na objektu Dravograd (Slika 28) nakazuje podobno stanje kot v Dravogradu. Smreka je močno zastopana v spodnjih treh razredih, medtem ko njen delež močno upade v razredu nad 130 cm. Izjema je bukev, ki je močno zastopana v vseh višinskih razredih, kar nakazuje, da je verjetno bila kot pomladek prisotna že pred vetrolomom.



Slika 28: Višinska struktura mladja na objektu Dravograd

4.2.3 Primerjava obnove po vetrolomih 2008 in 2017

Gostote naravnega mladja na objektih raziskave nakazujejo različne začetne gostote naravnega pomlajevanja. Po vetrolomih leta 2008 je bilo štiri leta po ujmi (l. 2012) povprečno 19.567 osebkov na hektar, medtem ko je na objektu Dravograd in Radlje tri leta po ujmi gostota znašala 2067 osebkov na objektu Dravograd oz. 8074 osebkov na hektar na objektu Radlje (Preglednica 4). Primerjava začetnega stanja po vetrolomu leta 2008 in enajstih vegetacijskih sezon po ujmi nakazuje, da so se velike, tj. 3- do 4-kratne razlike med gostotami naravnega mladja na predelih, prepuščenih naravni obnovi, in umetno obnovljenih površinah sčasoma zmanjšale, še vedno pa je gostota naravnega mladja večja kot vsota sadik in naravnega mladja na posajenih površinah. Razlike verjetno lahko pripišemo obžetvi sadik, s čimer lahko nenamerno odstranimo tudi samoniklo naravno mladje na umetno obnovljenih površinah (Fidej s sod., 2017).

Preglednica 4: Gostote naravnega mladja na objektih raziskave (podatki za vetrolome v letu 2008 so prikazani kot povprečje treh objektov raziskave)

Leto vetroloma	Vetrolom				
	2008			2017	
Leto meritev (od vetroloma)	2012 (4)	2014 (6)	2019 (11)	2020 (3)	2020 (3)
Objekt	Bohor, Črnivec, Trnovski gozd			Dravograd	Radlje
Gostota naravnega mladja / ha	19567	22727	7051	8074	2067
Gostota nar. ml. na umetnem / ha	4950	6604	5970*	/	/
Gostota povprečno / ha	12876	13849	6500	/	/

* Gostota sajenega in naravnega mladja na ploskvah umetne obnove

Med objekti vetroloma v letu 2008 so bile velike razlike; tako je leta 2012 npr. na objektu Trnovski gozd povprečna gostota naravnega mladja znašala le 3889 osebkov/ha, medtem ko je bilo na objektu Bohor 26.429 osebkov/ha. Prav tako so bile velike razlike znotraj samih raziskovalnih objektov; na Črničcu je bila npr. gostota naravnega mladja na spodnjem delu severnega pobočja zelo velika, medtem ko je bil zgornji del pobočja brez mladja (Slika 29).

Najmanjše gostote so bile na objektu Trnovski gozd, kjer so ekološke razmere zaostrene zaradi višjih nadmorskih višin, plitvih kraških tal in površinske skalovitosti terena. Po drugi strani so bile velike gostote na objektu Bohor, ki je na nižjih nadmorskih višinah subpanonskega fitogeografskega območja, kjer so temperature, v primerjavi z drugima objektoma, višje. Razlogi za takšne razlike so lahko različni in so odvisni tudi od prisotnosti starega mladja v času ujme, prisotnosti določenih vrst pritalne vegetacije (npr. vrste iz rodu *Rubus*, orlove praproti ali trav), načina tehnične sanacije (tj. sečnje in spravila) po ujmi, mikrorastiščnih razmer, vremenskih razmer v času prvih vegetacij po ujmi, časa do semenskega leta po ujmi, velikosti poškodovane površine oz. prisotnosti semenskih dreves in oddaljenosti od gozdnega roba. Bujna razrast trave vijugaste masnice je popolnoma onemogočila naravno obnovo na zgornjem delu pobočja na Črničcu (Slika 29). Po vetrolomu leta 2008 so bile gostote naravnega mladja štiri leta in šest let po ujmi značilno manjše na predelih, ki so bili posajeni. Enajst let po ujmi se je razlika zmanjšala, vendar je na površinah, prepuščenim naravnemu razvoju, gostota naravnega mladja večja kot pa skupna gostota naravnega mladja in posajenih osebkov na umetno obnovljenih površinah.

Analiza vetroloma Dravograd, v katerem smo primerjali gostote pomlajevanja v sestojih, kjer je pred ujmo prevladovala smreka, in sestoj, kjer je prevladovala bukev, nakazuje, da je obnova na slednjih uspešnejša, saj je bilo na teh površinah povprečno 11.117 osebkov na ha, medtem ko je bila gostota na zasmrečenih površinah skoraj polovico manjša, tj. 6292 osebkov na ha. V primeru vetrolomov leta 2017 bi zaradi manjših površin poškodovanih gozdov lahko pričakovali podobne ali celo večje inicialne gostote kot v vetrolomu leta 2008, ko so bile prizadete večje površine gozdov z večjo oddaljenostjo od gozdnega roba in s tem semenskih dreves (Rozman, 2007; Ščap, 2010; Medja, 2014). Po vetrolomu na Jelovici poročajo o gostotah 8.000/ha dve leti po vetrolomu (Ščap, 2010) in 10.000/ha šest let po njem (Ščap in sod., 2013). Wohlgemuth in sod. (2002) za švicarske gozdove na podobnih nadmorskih višinah navajajo 4000–125.000 osebkov na hektar šest let po ujmi, pri čemer je bilo štiri leta po ujmi kar 44 % naravnega mladja razvitega že pred ujmo. Schönenberger (2002) na istih raziskovalnih objektih ni ugotovil razlik med gostotami naravnega mladja med naravno in umetno obnovo. Za obdobje deset let po ujmi poročajo o gostotah 1.300–3.000 osebkov/ha, višjih od 20 cm, od katerih je bilo 13 % osebkov pomladka oz. starega mladja.

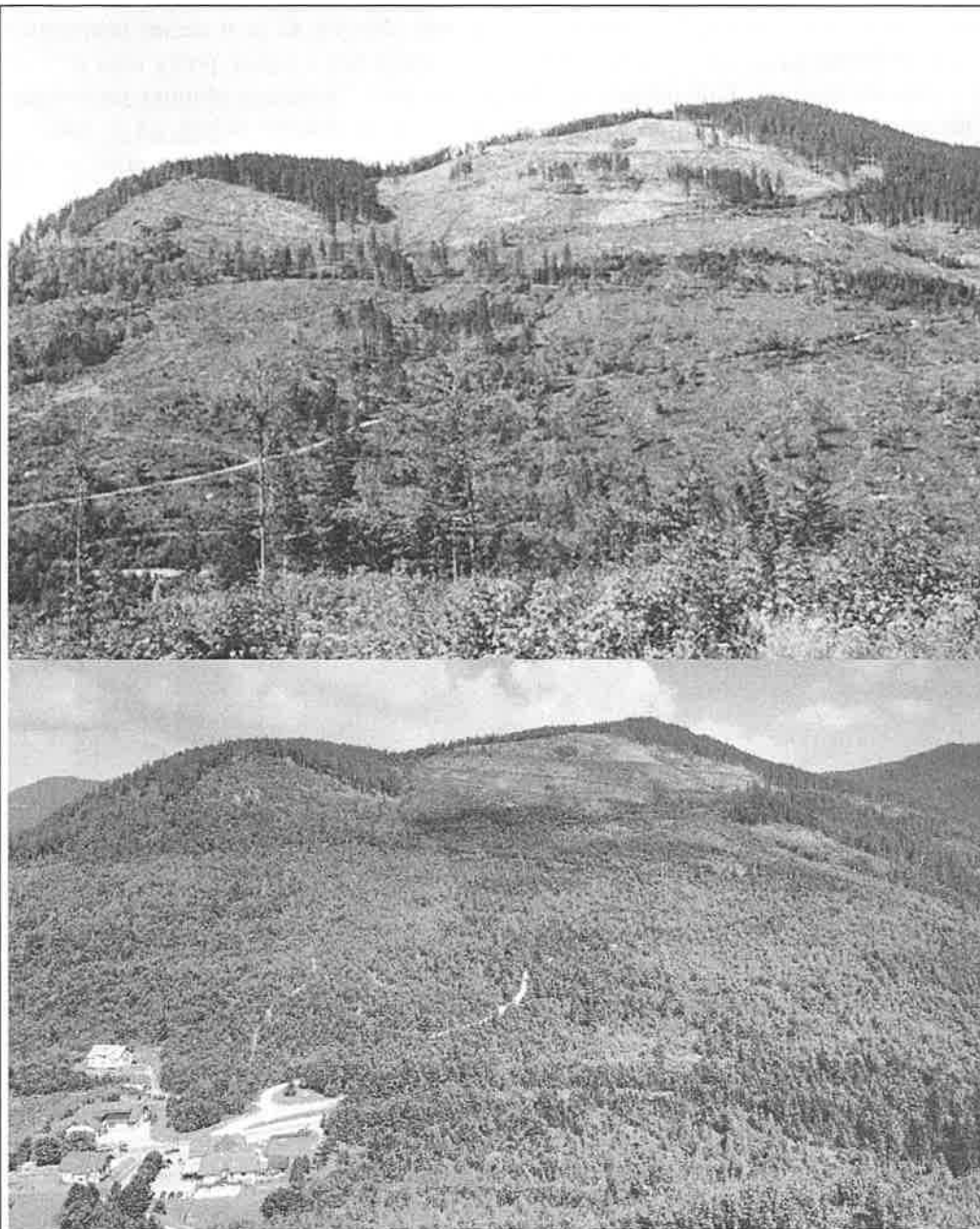
V primeru nekoliko manjših gostot na vetrolomu Radlje predvidevamo, da je vzrok precej strmo južno pobočje, izpostavljena, grebenska lega ene izmed vrzeli in posledično precej zaostrene ekološke razmere, kjer se je po ujmi obilno razrasla orlova praprota. Poleg tega so pred ujmo predel poraščali sklenjeni smrekovi sestoji, v katerih je bilo razvitega le malo pomladka.

Na območju vetroloma Dravograd, kjer smo primerjali obnovo v sestojih, kjer je pred ujmo prevladovala smreka, in obnovo v mešanih oz. bukovih sestojih, so bile v slednjih skoraj dvakrat večje gostote mladja z ugodnejšo višinsko strukturo, s tem pa tudi boljše sposobnost okrevanja. To je verjetno posledica večjega dotoka svetlobe pa tudi boljše talnih razmer v mešanih sestojih v primerjavi s čistimi smrekovimi, kjer je plast surovega humusa debelejša in pH nižji.

Preglednica 5: Zmes naravnega mladja na objektih raziskave (%)

Leto vetroloma	Vetrolom				
	2008		2017		
Leto meritev (od vetroloma)	2012 (4)	2014 (6)	2019 (11)	2020 (3)	2020 (3)
Objekt	Bohor, Črnivec, Trnovski gozd		Dravograd Radlje		
Smreka	40	48	39	21	31
Bukev	10	9	11	28	16
Jelka	2	1	1	0	9
Gorski javor	16	7	14	0	7
Jerebika	8	8	9	1	27
Iva	9	10	10	11	0
Breza	5	5	5	13	3
Ostalo	10	12	11	26	7

Zmes naravnega mladja in pomladka (oz. starega mladja, tj. mladja, ki je nastalo pred ujmo) po vetrolomu leta 2008 je ostajala relativno stabilna skozi čas, kar kaže na velik pomen inicialnega stanja vznika in pomladka neposredno po ujmi (Preglednica 5). Primerjava začetnega stanja vetrolomov v letih 2008 in 2017 kaže na relativno podobno sliko trend glede zmesi drevesnih vrst; prevladujeta smreka in bukev kot glavni graditeljici nekdanjega sestoja pred ujmo ter številne pionirske in svetloljubne vrste, kot so iva, jerebika in breza. Del smreke in bukke v zmesi verjetno izhaja še iz časa starega sestoja, torej gre za pomladek, medtem ko so pionirske in svetloljubne vrste večinoma rezultat vznika po ujmi, saj so bile svetlobne razmere pred ujmo neprimerne za nasemenitev in preživetje omenjenih vrst. Zmes naravnega mladja po vetrolomu leta 2008 se v enajstih letih po ujmi ni bistveno spreminjala, kar kaže na velik pomen inicialnega stanja mladja, ki je sestavljen iz pomladka in vznika, ki se vzpostavi neposredno po ujmi. Tudi enajst let po ujmi pionirske vrste, kot so iva, breza in jerebika, ohranjajo svoj delež v zmesi. So pomemben člen v sukcesiji, v začetku pri vzpostavitvi drevesnega mladja neposredno po ujmi in pozneje ko pomagajo pri uveljavljanju drugih klimaksnih oz. poznosukcesijskih drevesnih vrst. Slednje dosežejo s senčenjem pritalne vegetacije, melioracijo rastišč (z opadom) ter ustvarjanjem sestojne mikrokline, ki jo za uspevanje potrebujejo klimaksne vrste. Zaradi naštetih razlogov jih pri negi mladih sestojev, nastalih po ujmi, ne odstranjujemo prezgodaj. Čeprav se pod njimi že pojavljajo posamezni osebki klimaksnih vrst (npr. smreka in bukev), jih je smotrno še nekaj let puščati v sestoji, saj pomembno blažijo temperaturne ekstreme in zavirajo rast pritalne vegetacije, obenem pa zaradi prosojnih krošenj ne vplivajo pretirano negativno na vznikajoče osebke klimaksnih vrst. Ko je čas za njihovo odstranitev, pa je smiselno, po zgledu iz tujine, kjer obstaja trg za tovrstne sortimente, vzgajati kakovostne osebke breze in jerebike za hlodovino.

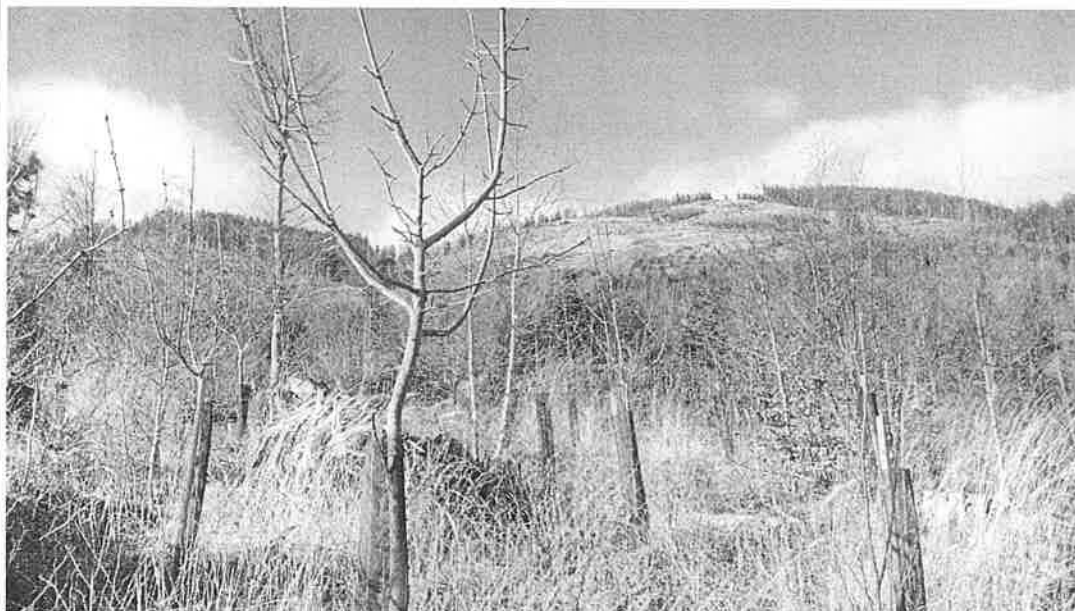


Slika 29: Vetrolom Črnivec leta 2012 (zgoraj) in leta 2020 (spodaj). Zgornji predel zaradi močne razrasti trave vijugaste masnice (*Deschampsia flexuosa*) dvanajst let po ujmi še vedno ni pomlajen (foto: Gal Fidej).

4.2.4 Gozdnogojitvene smernice za obnovo po ujmah

Na podlagi preteklih izkušenj in rezultatov projekta DS4 v nadaljevanju podajamo gozdnogojitvene smernice, ki so bile objavljene v Gozdarskem vestniku (Fidej in sod., 2021). Pri tehnični sanaciji poškodovanih sestojev je pomembno, da ne poškodujemo pomladka, saj to zmanjšuje odvisnost od naravne obnove po ujmah, na katero bistveno vplivajo razpoložljivost semena, vznik in rast mladja, ki je v zaostrenih ekoloških razmerah lahko upočasnjena. Pomladek dokazano pozitivno vpliva na vznik naravnega mladja, saj ustvarja sestojno klimo in s senčenjem omejuje razrast pritalne vegetacije. Prisotnost pomladka lahko skrajša proizvodne dobe prihodnjih sestojev. V prvi vrsti je neposredno po ujmah in tehnični sanaciji treba presoditi

samo rastišče, sestoj in pomladek. Prevladuje naj naravna obnova, ki je v večini primerov še vedno uspešna. V Sloveniji je umetna obnova bistveno dražja kot v tujini, poleg tega je uspeh pri uporabi listavcev majhen. Kot primer naj bo gorski javor, katerega stopnja preživetja v nasadih je na splošno majhna (Brus in Kutnar, 2017), če je preživetje dobro, pa je kakovost osebkov (dvovrhatost) ali vitalnost slaba (počasna rast, odganjanje sadik pri dnu drevesa, slika 30; Fidej, 2016; 2017; Črnigoj, 2016; Vavtar, 2017).



Slika 30: Večvrhati osebki sajenega gorskega javorja deset let po saditvi na vetrolomu Črnivec (foto: Jurij Diaci)

V primeru majhnih gostot mladja, številnih negativnih dejavnikov za uspeh naravnega pomlajevanja (npr. bujno razvita pritalna vegetacija) in večje potrebe po ponovni vzpostavitvi funkcij gozda (npr. varovalne oz. zaščitne) se odločamo za umetno obnovo. Zanj se odločamo tudi takrat, ko se naravno mladje ne razvije več let po ujmi (Slika 31) oz. so nepomlajeni predeli daleč od semenskih dreves in/ali gozdnega roba (Diaci in sod., 2017). Stroške umetne obnove lahko zmanjšamo s saditvijo v skupine (Saha in sod., 2012) ali saditvijo na izbrana mesta, kjer pričakujemo boljše preživetje (Frehner, 2002). Taka so pogosto dvignjena mikrorastišča, na primer v okolici štorov ali na strmih pobočjih pod njimi, kjer pričakujemo počasnejši razvoj pritalne vegetacije, ugodno mikroklimo in zavetje ter manj erozijskih pojavov.

Umetna obnova je lahko tudi predkultura za naravno obnovo z manjšo gostoto saditve (npr. 1000 sadik/ha), saj tako z enakim vložkom obnovimo večjo površino in zmanjšamo strošek saditve na enoto površine. Za zmanjšanje odvisnosti od razpoložljivosti gozdnega reprodukcijskega materiala (sadike) in zmanjšanja vložka umetne obnove svetujemo uporabo puljenk iz lokalnega okolja. Obžetve izvajamo točkovno, le okoli sadike. Z obžetvami sadike dokazano (Fidej, 2016; Fidej in sod., 2017) nenamerno odstranjujemo samoniklo naravno mladje številnih ciljnih drevesnih vrst. Zaradi obžetev je bil delež sencozadržnih (gospodarsko zanimivih) vrst samoniklega naravnega mladja na območju umetne obnove dvakrat manjši v primerjavi z območji, ki so bila po vetrolomu prepuščena naravnemu razvoju. To je še posebno problematično pri strojnih obžetvih, ki potekajo na celotni površini nasadov.

V prihodnjem toplejšem podnebju in podnebju z daljšimi sušnimi obdobji je po zgledu iz tujine ob obnovah po ujmah in rednih obnovah gozdov z dopolnilno saditvijo smiselno vnašanje številnih drevesnih vrst.

Jelka. Na rastiščih na karbonatnih matičnih podlagah se njen delež manjša zaradi pomanjkanja

pomlajevanja, ki je skoraj izključno posledica prevelikih gostot divjadi. Je sencozadržna vrsta, ki je odpornejša proti suši in podlubnikom kot smreka. Zato je v tujini (Avstrija, Nemčija, Švica) glavna vrsta pri nadomeščanju v ujmah poškodovanih smrekovih gozdov. V žledolomu (2014) se je v primerjavi s smreko izkazala tudi kot manj občutljiva za poškodbe. Z zmanjševanjem deleža smreke bi v prihodnosti (poleg bukve) lahko postala glavna domorodna gospodarska vrsta, ki pa jo v trenutnih razmerah (preštevilne divjadi) zelo izpodriva bukev.

Bukev. Saditev bukve v nekaterih primerih ni smotno, saj je zelo tekmovalna vrsta, ki se obilno pomlajuje. Saditev je smiselno na bukovih in jelovo-bukovih rastiščih v primeru pomanjkanja semenskih dreves, vendar zaradi sencozadržnosti bližje gozdnega roba.

Hrast. Smiselno je vnašanje gradna in povečevanje njegovega deleža na bolj sušnih rastiščih. Za prilagajanje podnebnim spremembam in z njimi povezanimi sušami v tujini (Avstrija, Nemčija, Švica) že dalj časa subvencionirajo saditev hrasta (gradna). Na nižinskih, bolj sušnih rastiščih bi kot primes lahko zamenjal smreko.

Tujerodne drevesne vrste, kot je navadna ameriška duglazija, ki se je na jelovo-bukovih rastiščih v primerjavi z jelko in smreko izkazala kot sorazmerno odporna proti žledu in podlubnikom, bolje prenaša sušo, ne poslabšuje rastiščnih razmer (Brus in Kutnar, 2017), daje večje volumenske prirastke ter ima visokovreden les.

Gorski javor. Kot navedeno prej, se poraja vprašanje o smiselnosti saditve gorskega javorja, saj je le-ta draga in pogosto neuspešna. Gorski javor pogosto predstavlja precejšen delež v zmesi naravne obnove. Pri negi mladega gozda ga pospešujemo.



Slika 31: Fotografija pomlajevanja na izbrani umetno obnovljeni površini (ploskev 14U) leta 2012 (zgoraj levo) in 2021 (zgoraj desno) ter naravno obnovljeni površini (ploskev 21N) v letu 2012 (spodaj levo) in 2021 (spodaj desno) na Črnicu. Slabost naravnega vznika je lahko v neenakomerni porazdelitvi v prostoru.

V sistem obnove je treba vpeljati dosledno preverjanje uspešnosti saditve. Za preverjanje kakovosti v celotnem postopku od prevzema sadik do uspešne obnove z njimi je nujno (po zgledih iz tujine) vzpostaviti sistem kontrole, ki bi vključeval zapisnik o prevzemu sadik in preverjanje (analizo) uspeha saditve, npr. tri in sedem let po saditvi. Najmanjša stopnja preživetja sadik po treh letih se razlikuje med drevesnimi vrstami: največja je pri smreki – 90

%, nekoliko manjša pri listavcih – 70 %. Na obstoječih objektih s preseženim največjim dopustnim izpadom se po potrebi odločimo za dopolnilno saditev. Izboljšanje preživetja lahko dosežemo z vključevanjem drevesničarjev v postopek (tj. izvedbo) saditve, ko se s pogodbo zavežejo za doseganje najmanjše stopnje preživetja sadik po treh letih. Preverjanje uspeha omogoča adaptivno načrtovanje biološke obnove gozdov.

Naravna obnova ima dober potencial na večini slovenskih rastišč, zato bi bilo smiselno del subvencioniranih sredstev, namenjenih za umetno obnovo, preusmeriti v nego naravnega mladja. Nega bi vključevala označevanje, na primer 100–300 samoniklih osebkov naravnega mladja na hektar, ki bi jih ob razvoju konkurenčne vegetacije obželi več let zapored. Za uspešno označevanje in nego dominantnega mladja bi bilo potrebno dodatno izobraževanje delavcev in lastnikov gozdov o razpoznavanju in ekologiji drevesnih vrst (ki bi ga lahko izvajal ZGS).

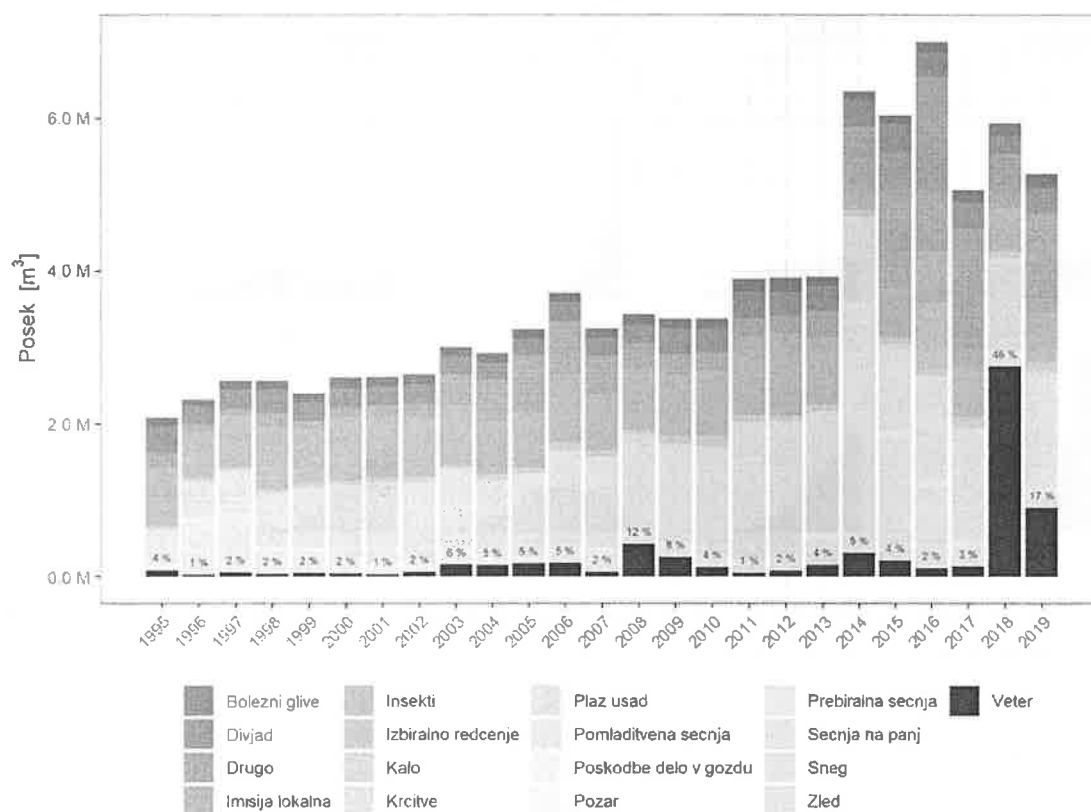
Pri zagotavljanju pestrosti drevesne sestave in zagotavljanju primerne zmesi določenih drevesnih vrst je največja težava čezmerno objedanje mladja. V številnih predelih Slovenije gostote velikih rastlinojedih parkljarjev ne omogočajo trajnostne obnove vseh domačih vrst, še posebno jelke in hrasta. To otežuje prilagajanje gozdov na podnebne spremembe, kar je še posebno izrazito na površinah, ki so jih prizadele naravne ujme (Roženberger in sod., 2017).

DS5: Analiza kakovostne in dimenzijske strukture gozdno-lesnih sortimentov glede na

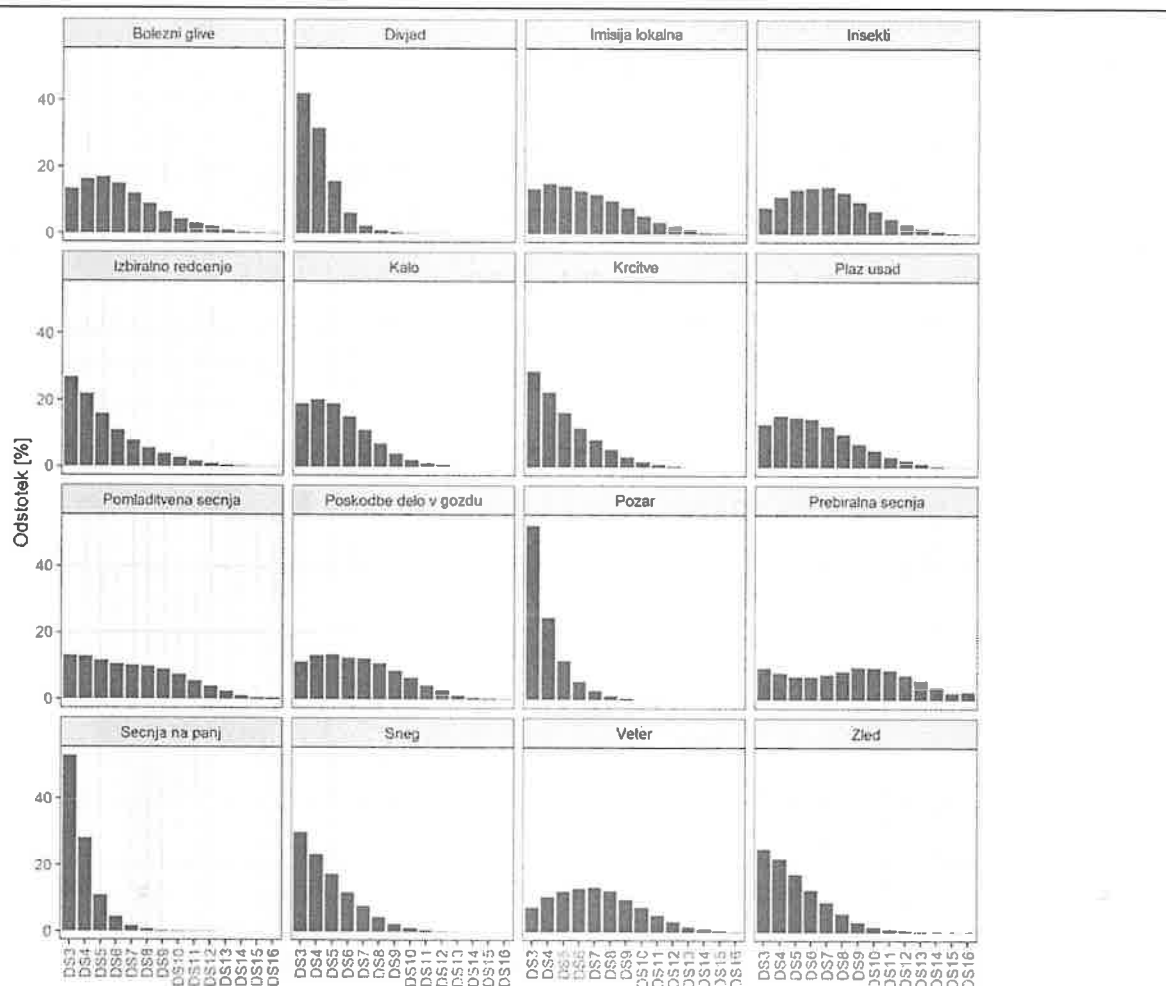
stopnjo poškodovanosti sestojev

Vodja: prof. dr. Tomislav Levanič, dr. Jernej Jevšenak

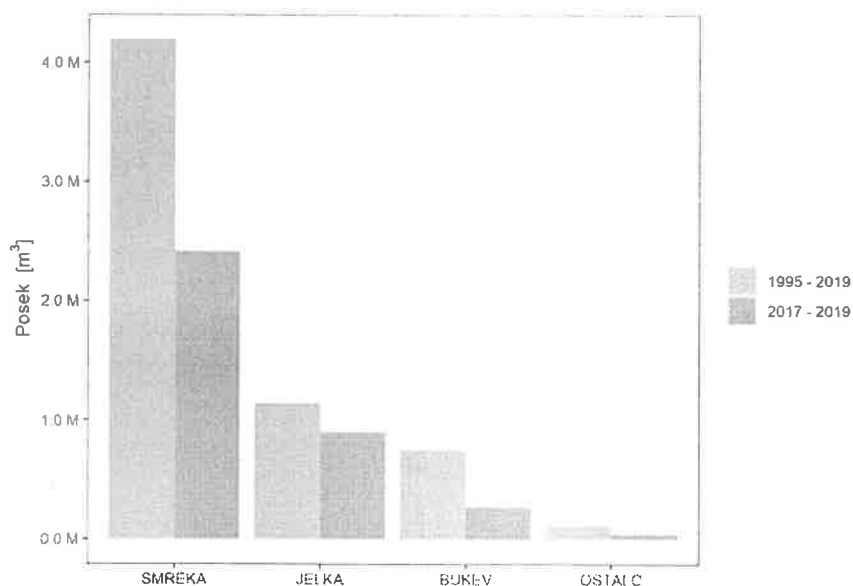
Namen DS5 je bilo oceniti količinske, kakovostne in ekonomske izgube zaradi škode po vetrolomu decembra 2007. Glavni vir podatkov je bila Timber baze Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS), iz katere smo pridobili podatke o strukturi poseka po vetrolomu za posamezne drevesne vrste. Upoštevali smo ves posek po vetrolomu od 10. decembra 2017 do konec leta 2019, ki je imel kodo poseka 304 ali 904 (sanitarna sečnja zaradi vetroloma). Analizo smo naredili za vse območne enote, čeprav so bile škode v posameznih enotah neznatne.



Slika 32: Sečnja glede na vzrok poseka od leta 1995 – 2019. V letu 2018 je posek zaradi vetroloma znašal 46 % celotnega poseka na ravni države. Velik je ostal tudi v letu 2019, ko je znašal 17 %.



Slika 33: Primerjava debelinske strukture posekanih dreves glede na vzrok poseka. Pri vetrolomu je največ posekanih v 7. debelinski stopnji (DS7).



Slika 34: Večina posekane lesne biomase zaradi vetrolomov pripada smreki, jelki in bukvi, ostalih vrst je le za vzorec. V obdobju od leta 1995 do danes, je bila več kot polovica vse posekane biomase zaradi vetrolomov posekana po letu 2017.

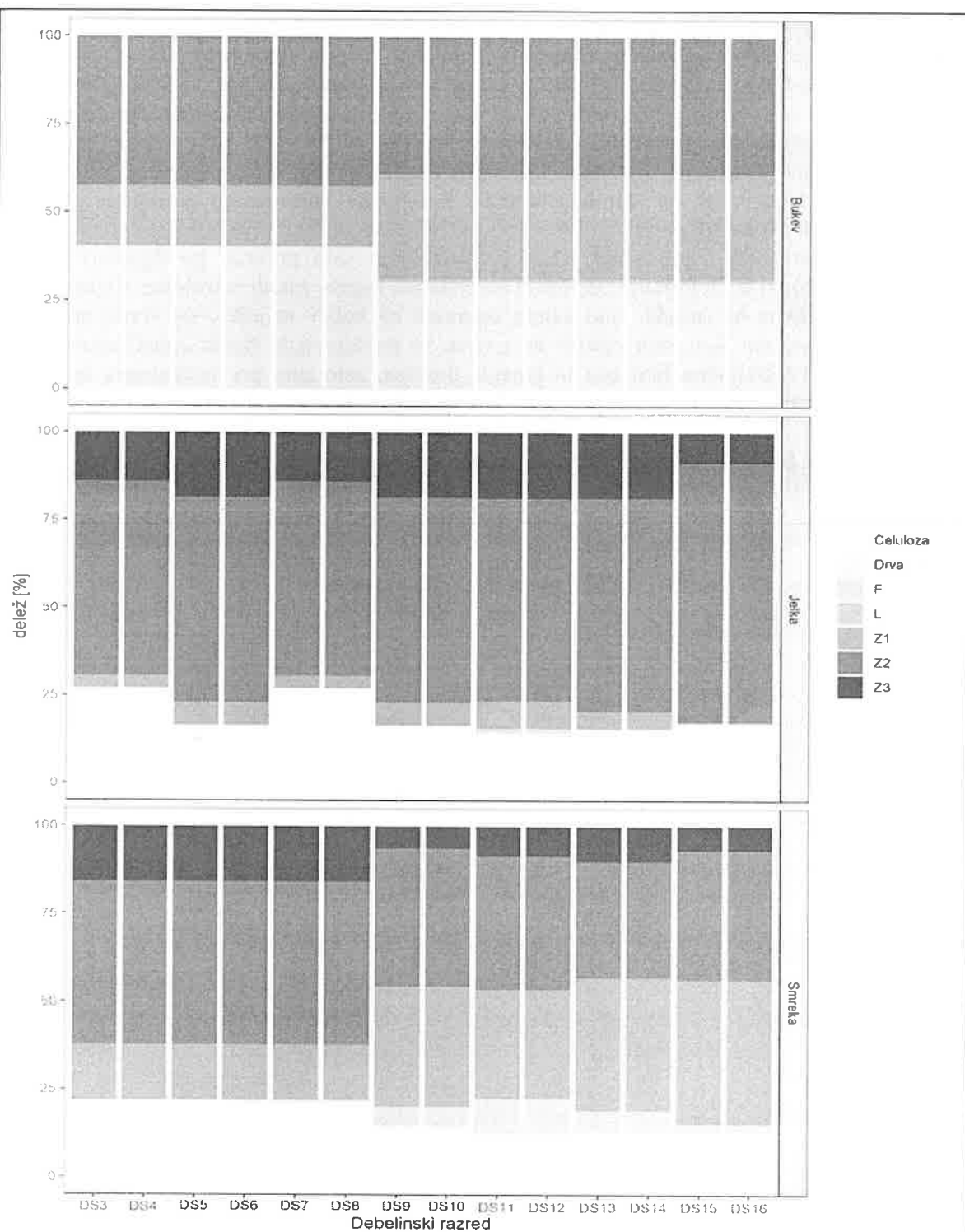
5.1 Metodologija za ocenjevanje količinskih in ekonomskih izgub vetrolomov

Za ocenjevanje ekonomskih in sortimentnih izgub smo najprej določili teoretično sortimentno sestavo jelovo-bukovih gozdov, ki smo jo povzeli po diplomski nalogi Goršeta (2009) (Slika 35). Privzeli smo povprečne vrednosti za enomerne in raznomerne gozdove. Razširjene debelinske razrede smo pretvorili v debelinske razrede po 5 cm, ki jih uporablja tudi ZGS. Skupno količino poseka po vetrolomu iz Timber baze smo pomnožili z deleži po posameznih kakovostnih kategorijah in dobili teoretično količinsko sortimentno strukturo, glede na dejanski posek (Slika 36).

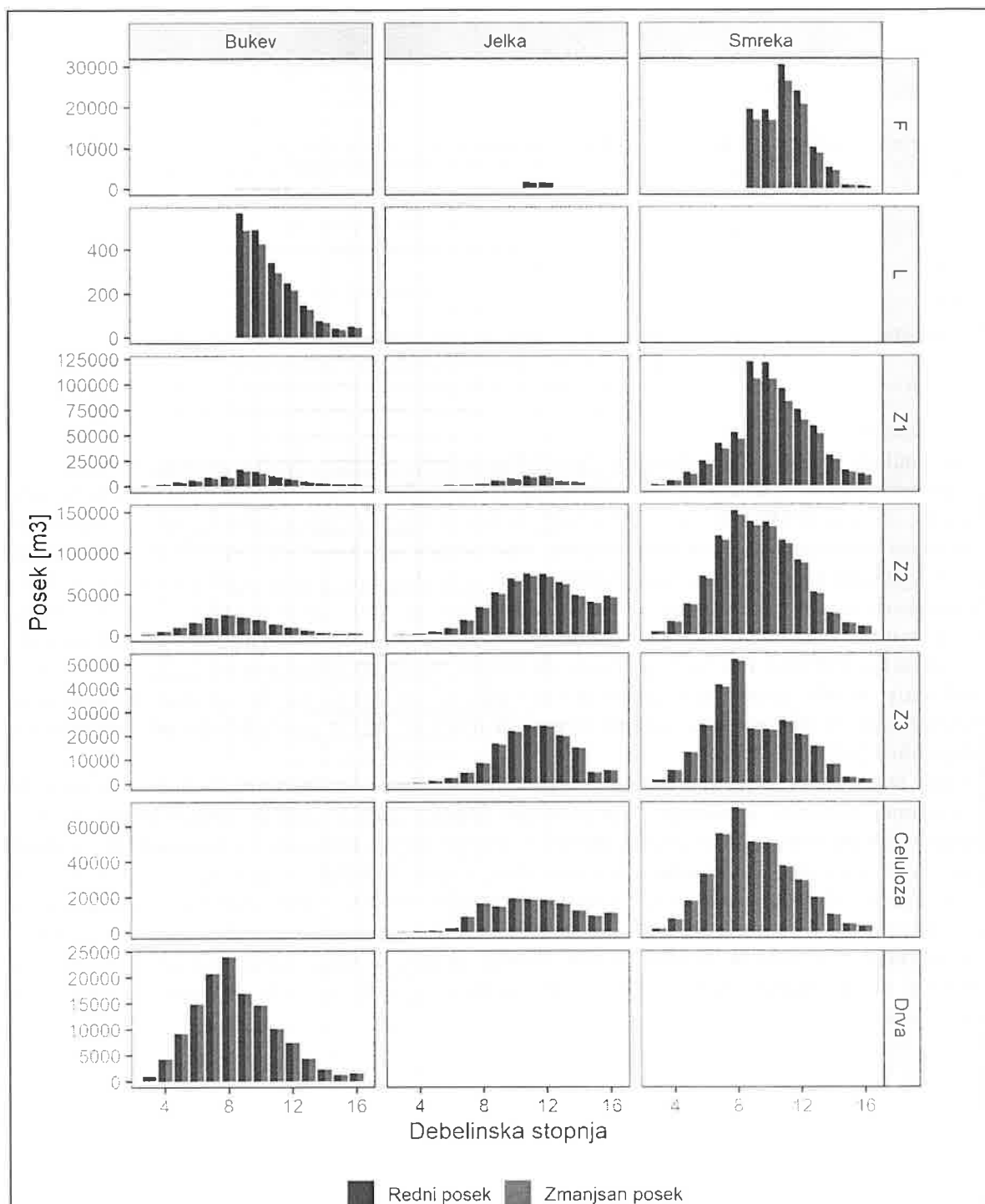
Tablice sortimentnih izgub zaradi škod po vetrolomu smo prevzeli po Žgajnarju (1990) (preglednica 6), ki je na Pohorju ocenjeval sortimentne izgube zaradi vetroloma. Čeprav je bila analiza opravljena na smreki, smo deleže uporabili za bukev in jelko, saj vrstno-specifične tablice ne obstajajo. Kot smo opazili na terenu, so predstavljala škodo zaradi vetroloma iz decembra 2017 izključno izravana in polegla drevesa, zato smo pri ocenjevanju upoštevali deleže za tovrstni vetrolom (vrsta poškodbe je izravana drevesa).

Preglednica 6: Sortimentne izgube zaradi škod po vetrolomu (Žgajnar, 1990)

Vrsta poškodbe	F	L	Z1	Z2	Z3	Drogovi	Celuloza	Drva
Izravana drevesa	0,136	0,136	0,136	0,040	0,017	0,000	0,010	0,000
Odlom	0,275	0,275	0,275	0,092	0,001	0,032	0,495	0,000
Prelom	0,124	0,124	0,124	0,108	0,001	0,054	0,016	0,000



Slika 35: Teoretična sortimentna struktura jelovo-bukovih sestojev, povzeto po diplomski nalogi Goršeta (2009). Privzeli smo povprečne vrednosti za enomerne in raznomerne jelovo-bukove gozdove.



Slika 36: Primerjava pričakovanega, rednega poseka v normalnih okoliščinah in dejanskega zmanjšane poseka, kjer je prišlo do količinskih izgub zaradi prilagojene sortimentacije.

Za pretvorbo količinskih izgub v ekonomske, smo uporabili podatke o cenah okroglega lesa na trgu v Sloveniji, ki jih spremlja Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko (Gozdarski inštitut Slovenije) in jih objavlja na portalu WoodChainManager (<https://wcm.gozdis.si/sl/podatki/cene/podatki/2021100414342192/cene-gozdnih-lesnih-sortimentov/>). Upoštevali smo cene za jesen leta 2018, saj predvidevamo, da je bilo v tem času prodanega največ lesa po vetrolomu iz decembra 2017. Cene, ki smo jih upoštevali, so podane v preglednici 7.

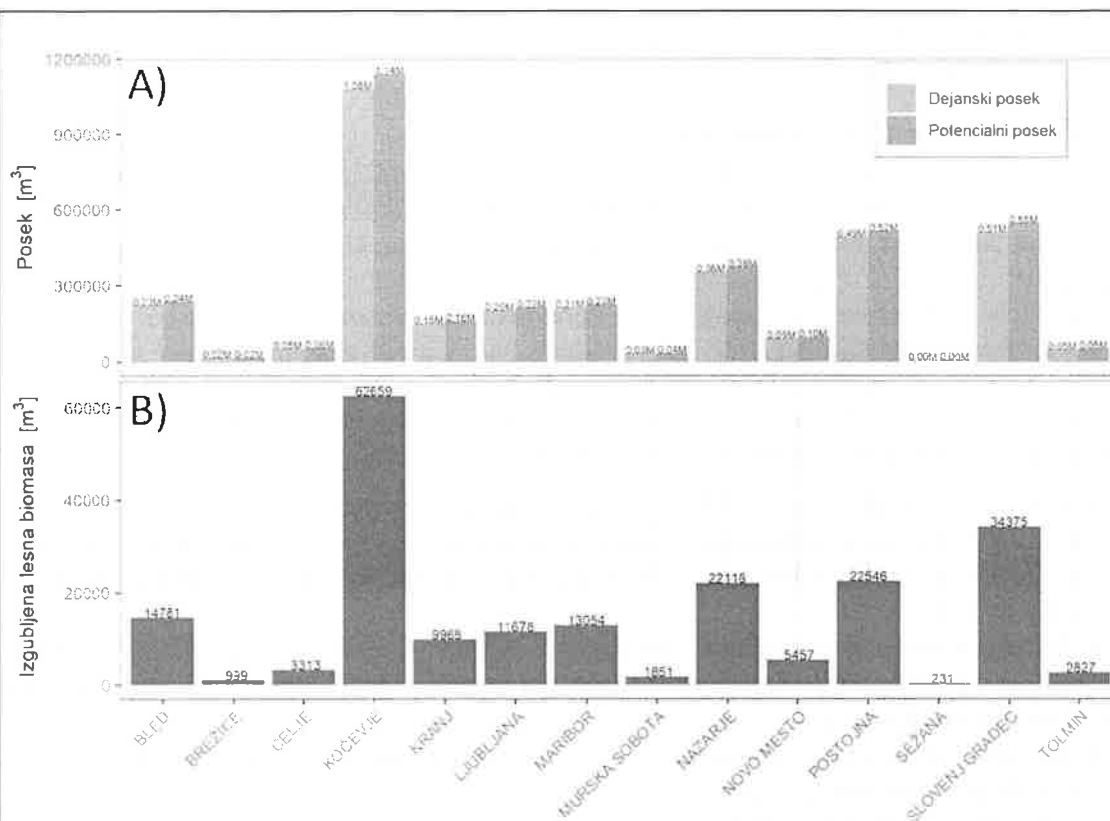
Preglednica 7: Povprečne cene lesa v EUR/m³ za smreko, jelko in bukev jeseni leta 2018. Vir: <http://wcm.gozdis.si/cene-okroglega-lesa>

Kakovostni razred	Bukev	Smreka	Jelka
F	95	100	81
L	88	100	81
Z1	80	85	75
Z2	70	75	64
Z3	55	50	48
Celuloza	55	30	30
Drva	58	45	45

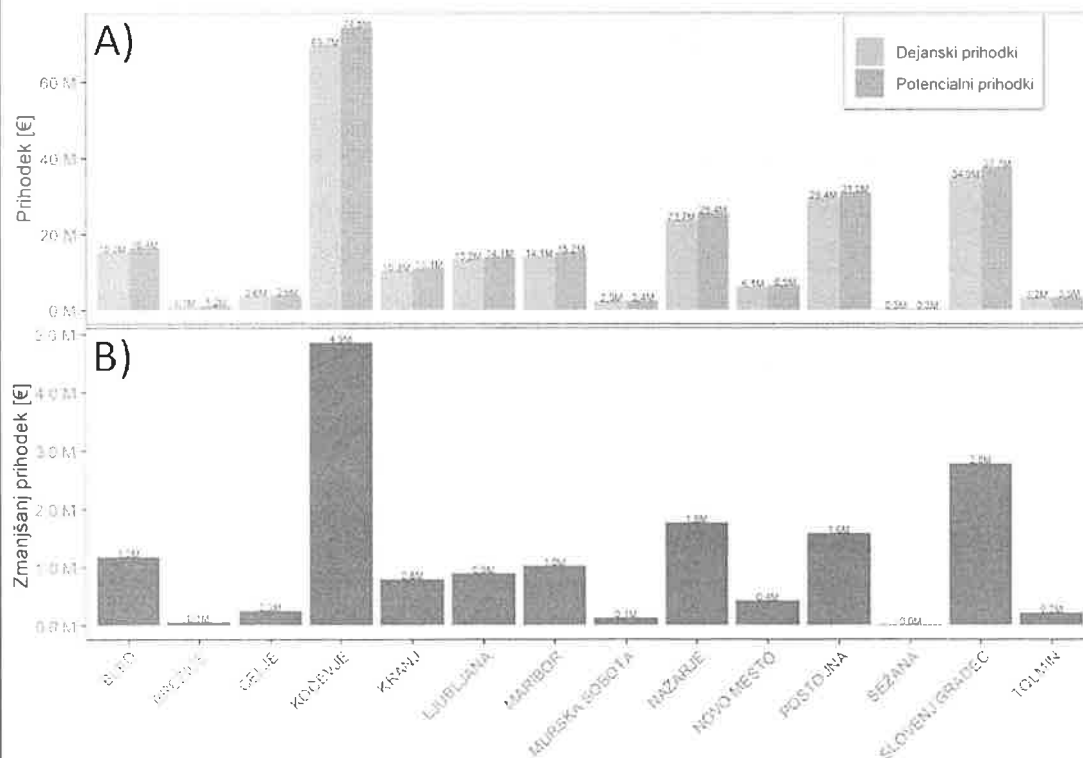
5.2 Rezultati

Na podlagi opisane metodologije smo tako ocenili skupno škodo, nastalo zaradi slabše sortimentacije v sanitarni sečnji vetroloma iz decembra 2017. Skupna ocenjena količinska izgube znašajo 205855 m³ oz. 5,6 % manj, kot če bi šlo za posek v redni sečnji. Če izgubljeno biomaso pretvorimo v ekonomske izgube, smo skupen izpad dohodka ocenili na 16,1 milijona €. Ker je vetrolom različno prizadel posamezne območne enote, so te izgube razporejene dokaj neenakomerno po Sloveniji in so največje na območju Kočevja (4,9 mil €), Slovenj Gradca (2,8 milj.€). Nazarja (1,8 milj.€) in Postojne (1,6 milj.€). Na nacionalni ravni izpad dohodka predstavlja približno 6,6 %. V primeru, da bi bile škode po vetrolomu posledica prelomov in odlomov, bi bili ekonomski izpadi precej večji, saj so pri tovrstnih vetrolomih ekonomske izgube tudi do trikrat večje kot pri izruvanih drevesih, ki so prevladovala pri vetrolomu iz decembra 2017.

Poleg izračunanih neposrednih ekonomskih izgub, je pri vrednotenju ekonomskih posledic vetroloma potrebno upoštevati tudi posredne izgube, kamor spadajo zmanjšan prirastek in slabšo sortimentno sestavo ostalih dreves v sestoji zaradi poškodb, ki nastanejo pri padanju drevja. S tega vidika so najbolj prizadeti drogovnjaki oziroma sestoji, ki so v največji fazi priraščanja, tako volumskega kot tudi vrednostnega. Nadalje lahko pričakujemo ekonomske izgube zaradi zmanjšane stojnosti preostalih mejnih sestojev ter večje ogroženost zaradi škodljivcev. Lastnike bremenijo dodatni stroški obnove in nege novih sestojev, prav tako pa prihaja do posrednih ekonomskih izgub zaradi neizvedbe tekočih aktivnosti v preostalih gozdovih.



Slika 37: Primerjava med potencialnim in dejanskim posekom (A), in izračunana razlika med potencialnim in dejanskim posekom po posameznih območnih enotah (B).



Slika 38: Primerjava ocenjenega potencialnega in dejanskega zmanjšane prihodka zaradi škod po vetrolomu (A), in ocenjene ekonomske izgube zaradi izpada dohodka po vetrolomu po posameznih območnih enotah (B).

DS6: Vodenje, poročanje, koordinacija

Vodja: doc. dr. Matjaž Čater

Na začetku leta 2020 smo izvedli delovni sestanek projektne skupine in opredelili prioritete dela ter potek in realizacijo zastavljenih del in nalog. Vsakoletni posvet vodij delovnih sklopov je potekal po načrtu (časovnici) s pregledom opravljenih aktivnosti in preverbo potrebnih/načrtovanih del do zaključka tekočega vegetacijskega obdobja, kot tudi celotne dinamike dela na projektu.

Terenska dela vseh delovnih sklopov so bila opravljena kakovostno in pravočasno, tudi analize podatkov. Redni sestanki so bili v preteklem letu zaradi nastalih razmer omejeni na koordinacijo vodij znotraj posameznih delovnih sklopov in sodelujočih sodelavcev. Po zaključku terenskih v oktobru 2020 smo izvedli obširnejši delovni sestanek vodij delovnih sklopov s predstavitvijo rezultatov in zasnovo prenosa znanja, ki je bila zelo uspešna.

- Kot soorganizatorji smo sodelovali na mednarodnem kriznem posvetu (Jihlava, CZ, začetek aprila 2020), ki se je nanašal na sanacijo prizadetih površin po ujmah in možne načine obnove. Zaradi epidemije in izrednih razmer je posvet omejen na spletne izmenjave in skupno končno deklaracijo - izjavo.

- Iz previdnosti smo izpeljali obljubljeni zaključno strokovno delavnico že 8.6. - kabinetni del s predstavitvijo vsebin in 9.6.2021 na terenu, v sodelovanju s sodelavci ZGS na lokaciji Stojna, OE Kočevje.

- Rezultati in projektna spletna stran sta na voljo v slovenski in angleški inačici:

SLO-<http://vetrolom.splet.arnes.si/>;

ANG- <http://windstorm.splet.arnes.si/>.

kot tudi na raziskovalnem portalu ResearchGate, kjer je projekt predstavljen širši raziskovalni skupnosti.

Povzetek:

Sposobnost kljubovanja raznodobnih mešanih sestojev ekstremnim vremenskim razmeram na rastiščih visokega dinarskega krasa se odraža v stopnji njihove regeneracije. V kontekstu blaženja klimatskih ekstremov in povečevanju prilagoditvene kapacitete na ekstremne vremenske dogodke so mešani in raznodobni gozdovi veliko prilagodljivejši od enomernih in enovrstnih sestojev (Griess, 2013; Leburgeois, 2013). Tveganja v vetrolomih so povezana z množico dejavnikov, povezanih s klimo, hitrostjo in trajanjem vetra, topografijo, lastnostmi tal, vrsto, starostjo in stanjem drevja/ sestojev in načinom gospodarjenja (gozdnogojitvenim sistemom, redčenji, načinom poseka...) (Ruel, 1995).

Vetrolomi poškodujejo večja območja različnih razvojnih faz, kjer lahko podrto drevje znotraj zaščitene območij uporabimo za hitrejšo obnovo. Naravno pomlajevanje dopolnjujemo s sadnjo, ki skrajša potrebni čas za doseg sklenjenega sestoja in omogoči uravnavo zmesi v ekonomsko zanimivo vrsto sestavo. Sadnja zahteva ekonomsko zahtevno zaščito in nego, zato ostaja v deželah s prevladujočo naravno obnovo razprava o ustreznosti obnove in sanacije prizadetih površin s sadnjo odprta. Prisotnost rastlinojedov namreč upočasnjuje in zmanjšuje kakovost naravne obnove in vpliva na spremembe ciljne vrstne drevesne sestave zaradi povečane prehranske kapacitete in večjega staleža divjadi po velikopovršinskih vetrolomih. Do sedaj je bilo usmerjene premalo pozornosti v ekološko razlikovanje gospodarjenja v normalnih razmerah, ko gre za postopno in zvezno spremembo in zmanjševanje sestojnega sklepa, kot v sistemu prebiralnega ali skupinsko postopnega gospodarjenja in v razmerah po motnjah, ki jih označuje hitra sprememba svetlobnih in mikroklimatskih razmer (Schütz et al. 2016).

Talne razmere

Vetrolome opazamo navadno v sestojih plitkih in slabše odcednih tal (Dobbertin, 2002). Drevje z enako maso je bolje vkoreninjeno in vsidrano v globokih tleh (Nicoli s sod., 2008); kljub temu poročajo nekateri o večji občutljivosti sestojev na globljih tleh zaradi vpliva bogatih tal na stopnjo rasti, tekmovalnosti med posameznimi osebki in medsebojne zaščite zaradi aklimske rasti (Rebertus s sod., 1997; Nowacki in Kramer, 1998; Mitchell, 2011). Naše raziskave potrjujejo, da so bila tla na lokacijah podrutih in stoječih dreves po vetrolomu plitka in se med sabo niso značilno razlikovala; na razmeroma majhni razdalji se izmenjujejo žepi globokih in plitvih tal, zato je prilagojenost koreninskih sistemov odvisna od geomorfoloških lastnosti terena/ tal (Vrščaj s sod., 2017). Razlike v odpornosti in kljubovanju posameznih odraslih jelovih dreves lahko povezujemo z lastnostmi korenin, njihovim zdravstvenim stanjem, preteklimi gozdnogojitvenimi sistemi, vitkostjo posameznih dreves in dolžino krošnje, sestojno strukturo in gostoto oz. kombinacijo vseh naštetih dejavnikov.

Učinkovitost naravne obnove in odvrtač proti rastlinojedi divjadi

Učinkovitost naravne obnove je pretežno povezana s sposobnostjo tvorbe sončnih listov. Asimilacijska učinkovitost izrabe svetlobe dobro odraža celostno prilagoditev celotnega drevesa, posebno v zgornji tretini krošnje. V času raziskave nismo potrdili v treh zaporednih letih opazovanj pri naravnem pomladku jelke izboljšanja stanja v različnih kategorijah svetlobne osvetljenosti (pod zastorom, na gozdnem robu in na odprtem, brez zastiranja), kljub drugačnim odzivom ostalih proučevanih drevesnih vrst na velikopovršinske motnje. Zaskrbljujoče stanje otežuje prisotnost rastlinojedov. Prilagoditev in povečanje učinkovitosti smo potrdili pri bukvi, prilagajanje po motnji je bilo učinkovito, razlike med svetlobnimi kategorijami so bile večje kot pri jeki. Pri smreki smo potrdili povečevanje učinkovitosti na gozdnem robu in na odprtem. Največje razlike v povečevanju učinkovitosti smo potrdili pri javorju v vseh kategorijah intenzitete svetlobe, posebno med prvim in drugim letom po vetrolomu. Ugotovitve sovpadajo s številom osebkov pomladka na vseh treh proučevanih lokacijah. Od vseh vrst je imela jelka največ težav na prilagajanje hitremu presvetljevanju zaradi značaja in postopnega prilagajanja na večje intenzitete (Robakowski s sod., 2004) in

postopne oz. počasnejše menjave asimilacijskega aparata (iglic), kot npr. pri listavcih. Hitrejšo prilagoditev omejuje fotoinhibicija (Tucker s sod., 1987; Ruban, 2014) in variiranje razmer znotraj samega rastnega obdobja.

Primerjava odziva s podobno velikopovršinsko motnjo, žledom iz leta 2014 je pokazala na slabšo sliko prilagajanja po žledu glede na vetrolom (Čater 2021). Enaka tekmovalna moč med proučevanimi drevesnimi vrstami se po motnji pomika v smer večje zastrtosti odraslega sestoja (Čater 2021). Pomlajevanje igra v obnovi poškodovanih sestojev odločilno vlogo, saj je poškodovanost naravnega mladja navadno zanemarljiva (Szwagrzyk s sod., 2018).

Najučinkovitejša so bila zvočna odvrčala, kar potrjuje najmanjši obisk rastlinojede divjadi na teh podploskvah; med posameznimi lokacijami nismo potrdili razlik.

Ekonomska izguba

Ocenjena izguba 16.1 mil. € znaša 6.6% manj od rednega donosa v normalnih razmerah; razlike niso bile tako drastične zaradi narave vetroloma, ki je drevesa predvsem prevračal in jih ni dodatno poškodoval, kar bi povečalo izgube (Putz s sod., 1983). Vseeno moramo upoštevati v celotni sliki še ostale, posredne učinke vetroloma, kot so izguba donosa, poškodbe ostalih dreves in potrebna vlaganja za uspešno sanacijo in regeneracijo stanja. (Nieuwenhuis in O'connor, 2011).

Potencialni model ogroženosti

Glede na ostale vetrolome je bil decembrski dogodek leta 2017 ekstremen in najobsežnejši v obdobju zadnjih 30 let. Žal so tovrstni dogodki za analizo manj primerni, predvsem zaradi značaja osamelca, ki ga imajo med ostalimi numeričnimi podatki in kot taki izstopajo iz normalne porazdelitve. Analiza je potrdila, da je delež ekstremnih dogodkov vetrolomov jelovih in smrekovih dreves na apnenčasti matični podlagi večji od 35% z upoštevanjem dejstva, da je večina jelovih in smrekovih sestojev v Sloveniji ravno na tej kamninski osnovi. Kamnitost in skalovitost zmanjšujeta sile, ki delujejo na drevje v vetrolomih. Oblikovali smo multipli regresijski model med poškodovanimi jelovimi oz. smrekovimi m³ padlega drevja, številom dni z večjo jakostjo vetra od 50 km/h in številom dni z več kot 30 mm padavinami dnevno.

Večje število zaporednih ekstremnih vremenskih dogodkov z močnim vetrom in intenzivnimi padavinami oslabi stabilnost gozdnih sestojev, ki podležejo naslednjemu (lahko tudi ne-ekstremnemu) vetru ali padavinam.