

Early view

This articles have been accepted for publication in Acta Silvae et Ligni and undergone full peer review but have not been through the copyediting, typesetting, pagination and proofreading process which may lead to differences between this version and the Version of Record.

ANALIZA MLADJA NA PAHERNIKOVI POSESTI

ANALYSIS OF REGENERATION ON PAHERNIK'S PROPERTY

Tomaž RIHTER¹, Jurij DIACI²

¹Ljubljana, Slovenija, tr86318@student.uni-lj.si

²Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire, jurij.diaci@bf.uni-lj.si

DOI 10.20315/ASetL.135.4

UDK 236:923.3(497.4Pahernikova posest)=163.6

Izveček:

Kakovostno naravno pomlajevanje je ključno za sonaravno gospodarjenje, a ker gozdna inventura ne zagotavlja dovolj informacij, smo v letu 2023 izpeljali dodatno vzorčenje mladovja na mreži stalnih vzorčnih ploskev na Pahernikovi posesti. Ugotovili smo sprejemljive povprečne gostote mladja pod 130 cm višine s 15.924 osebki ha⁻¹, mejno zadovoljive gostote mladovja nad 130 cm višine in s premerom < 5 cm z 994 osebki ha⁻¹ in nizke gostote za mladovja med 5 in 10 cm premera z 276 osebki ha⁻¹. Vse mladovje je v poprečju zastiralo 24 % površine tal, pritalna vegetacija pa 11 %. Razlike v gostotah in zastiranju mladovja med nadmorskimi višinami in prostorsko ločenimi deli posesti niso bile izrazite. V mladovju je prevladovala smreka (38 %), sledili sta jelka (32 %) in bukev (26 %). Visok delež jelke je bil na račun visokih gostot v višinskem razredu do 20 cm. V višjih razredih je bilo jelke vse manj, objedenost po rastlinojedi divjadi je bila intenzivnejša. Povprečno objedanje mladja do 1,3 m je znašalo 33 %, jelke pa 39 %. Izpeljana inventarizacija in analiza mladovja nakazujeta možnosti izboljševanja gozdne inventure.

Ključne besede: gostota in zmes drevesnih vrst, veliki rastlinojedi parkljarji, poškodbe mladovja, smrekovo-jelovo-bukovi gozdovi, jelovja, gozdna inventura

Abstract:

High-quality natural regeneration is the key to close-to-nature management, but forest inventories often fail to provide sufficient information. In 2023, we conducted additional sampling of regeneration in a network of permanent sampling plots on the Pahernik property. We found acceptable average densities for seedlings below 130 cm height, with 15,924 individuals ha⁻¹, less satisfactory densities for saplings above 130 cm height and < 5 cm diameter, with 994 individuals ha⁻¹, and low densities for saplings between 5 and 10 cm diameter, with 276 individuals ha⁻¹. On average, regeneration covered 24% of the forest floor, while ground vegetation covered 11%. There were no major differences in regeneration density and cover between elevations and spatially separated parts of the property. The regeneration was dominated by Norway spruce (38%), followed by silver fir (32%) and beech (26%). The high proportion of silver fir was due to its high densities in the height class up to 20 cm. In the higher classes, silver fir was less represented and increasingly browsed by ungulates. The average browsing rate of regeneration up to 1.3 m was 33%, and specifically for silver fir, 39%. This study indicates possibilities for improving the forest inventory.

Key words: density and mixture of tree species, large herbivorous ungulates, regeneration damage, spruce-fir-beech forests, fir forests, forest inventory

Prispelo / Received: 02. 10. 2024

Sprejeto / Accepted: 29. 11. 2024

1 UVOD

INTRUCTION

Na večjem delu Pohorja so v prejšnjih stoletjih izvajali eksploatacijske sečnje za razvoj rudarstva, steklarstva in žagarstva. V večini gozdov so vse do sredine prejšnjega stoletja pospeševali smreko (*Picea abies* (L.) H. Karst.). Vse to je vodilo v preobrazbo krajine in gozdov ter degradacijo tal (Cimperšek, 2014). Večina pohorskih gozdov je zasmrečenih. Tudi Pahernikovi gozdovi niso izjema, čeprav v njih sonaravno gospodarijo že sto let (Sušek, 2005a; Rozman in Dakskobler, 2015). V sklopu posesti je več zasmrečenih gozdov nastalo s saditvijo ali spontanim zaraščanjem kmetijskih površin (Pintar in Hladnik, 2018). Zasmrečeni sestoji so

občutljivejši za naravne motnje in dlje časa okrevajo zaradi omejenih možnosti pomlajevanja, zato je potrebna premena enomernih sestojev z naravno obnovo (Rozman, 2015). Pomlajevanje je oteženo tudi zaradi sestojnih in ekoloških razmer, ki vključujejo nižje temperature, pri katerih mladje potrebuje več svetlobe kot v nižinah. Odpiranje sestojev in snovanje vrzeli po drugi strani pospešuje rast zeliščne in grmovne plasti (Pisek, 2000; Poljanec, 2000; Rozman, 2005; Bödeker in sod., 2023).

Za sonaravno gospodarjenje z gozdovi je pomembno poznavanje in smiselno posnemanje različnih vzorcev naravnih motenj in pomlajevanja, saj se med različnimi rastišči pomembno razlikujejo (Nagel in Diaci, 2006). Svetloba je eden izmed ključnih dejavnikov, ki vpliva na drevesno sestavo, gostoto in rast pomladka, zato je vpliv svetlobnih razmer pomemben za vpogled v konkurenčne odnose med drevesnimi vrstami in zelišči (Diaci in sod., 2012). Poleg svetlobe na pomlajevanje vplivajo številni drugi dejavniki, tako abiotški, kot npr. rastiščne razmere, kot tudi biotski npr. sodelovanje in tekmovanje med rastlinami ter vpliv plenilcev (Bödeker in sod., 2023).

Jelka (*Abies alba* Mill.) in gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.) sodita med pomembnejše vrste za prilagajanje gozdov na podnebne spremembe (Carón in sod., 2015; Ruosch in sod., 2016; Frei in sod., 2024). Na številnih rastiščih v Sloveniji težko prehajata v višinske plasti nad 50 cm, bukev (*Fagus sylvatica* L.) je zaradi objedanja tudi slabe kakovosti. Pogosto je glavni razlog za neugodne procese v mladovju prevelika gostota populacij velikih rastlinojedih parkljarjev (Roženberger, 2012; 2017). Jelka nazaduje tudi zaradi onesnaževanja ozračja in občutljivosti za spremembe gozdne mikroklimе (Diaci in sod., 2010; Dobrowolska in sod., 2017). Tekmovalno moč jelke pospešujejo ekološki dejavniki, kot so čisto ozračje, hladnejša in vlažnejša rastišča, skromne svetlobne razmere, posebna mikrorastišča, kot npr. težja in skalovita tla, ter nizke gostote rastlinojedcev (Matić, 1983; Kordiš, 1993). V primerjavi z bukvijo je jelka tekmovalno uspešnejša na hladnejših in vlažnejših rastiščih, kar velja za talno in zračno vlago ter sestojno in regionalno podnebje (Diaci in sod., 2010).

Za uspešen razvoj, obnavljanje in trajnost gozda je pomembno poznavanje razvoja naravnega mladja. Za trajnostno zagotavljanje vseh funkcij mora biti v pomladku zadostno število drevesc, še posebej je to pomembno pri prebiralnem gospodarjenju z gozdovi (Schütz, 1989). Pomen naravnega pomlajevanja pri sonaravnem gospodarjenju je še toliko večji, saj je cilj zagotoviti v

gozdovih zadosti pomladka, da se gozdovi lahko obnovljajo sami, brez sadnje in umetne obnove ter da v primeru naravnih ujm hitro okreva (Diaci in sod., 2017). Raziskav, ki bi preučevale pomlajevanje v sonaravnih gozdovih, je sorazmerno malo, inventurni podatki o mladju v večini držav v svetovnem merilu in Sloveniji so skromni in nezadovoljivi (Forest Europe, 2020). Poleg pomanjkanja informacij o pomlajevanju in preraščanju mladja je problem tudi pomanjkanje referenčnih vrednosti za mladje, kar se tiče gostot, porazdelitve v prostoru in zmesi. V različnih državah so razvili priporočila, ki se razlikujejo za enomerne in raznomerne sestoje (Bachofen, 2009; Vickers et al., 2019; Diaci, 2021; Bödeker in sod., 2023).

Na Pahernikovi posesti, kot tudi na Pohorju, so najzahtevnejši predeli za pomlajevanje tam, kjer so gozdovi najbolj spremenjeni, v tem primeru predvsem zasmrečeni (Horvat-Marolt, 1967; Sušek, 2005b). V zadnjem času je pomlajevanje še zahtevnejše, saj so gostote populacij rastlinojede divjadi večje kot pred desetletji (Klopčič in sod., 2010). Rastiščne in sestojne razmere omogočajo pomlajevanje, vendar je trenutni delež mladovja premajhen in koncentriran na večjih strnjениh površinah, nastalih zaradi ujm in gradacij lubadarja. Mladovja so delno primerne drevesne sestave, saj je zastopana tudi jelka, vendar delež bukve in pridruženih listavcev še ni zadovoljiv. Ti se močneje pojavljajo na večjih razgaljenih površinah (GGN Radlje – desni breg, 2024). V splošnem informacije o stanju mladja na Pahernikovi posesti niso zadovoljive, zato smo napravili analizo mladja na zgoščeni mreži stalnih vzorčnih ploskev. Namen raziskave je izdelati objektivno analizo mladja ob obnovi gozdnogospodarskega načrta v letu 2023 in prispevati k razvoju metodologije, ki bi dopolnila gozdno inventuro in kontrolno metodo v prihodnosti. Želeli smo ugotoviti zastopanost drevesnih vrst v pomladku in hkrati ugotoviti, katere drevesne vrste imajo potenciale za oblikovanje odraslega gozda. Prav tako je namen dela analizirati, ali je v pomladku zadostno število dreves ter kakšne so kakovosti oziroma kakšna je poškodovanost drevesc.

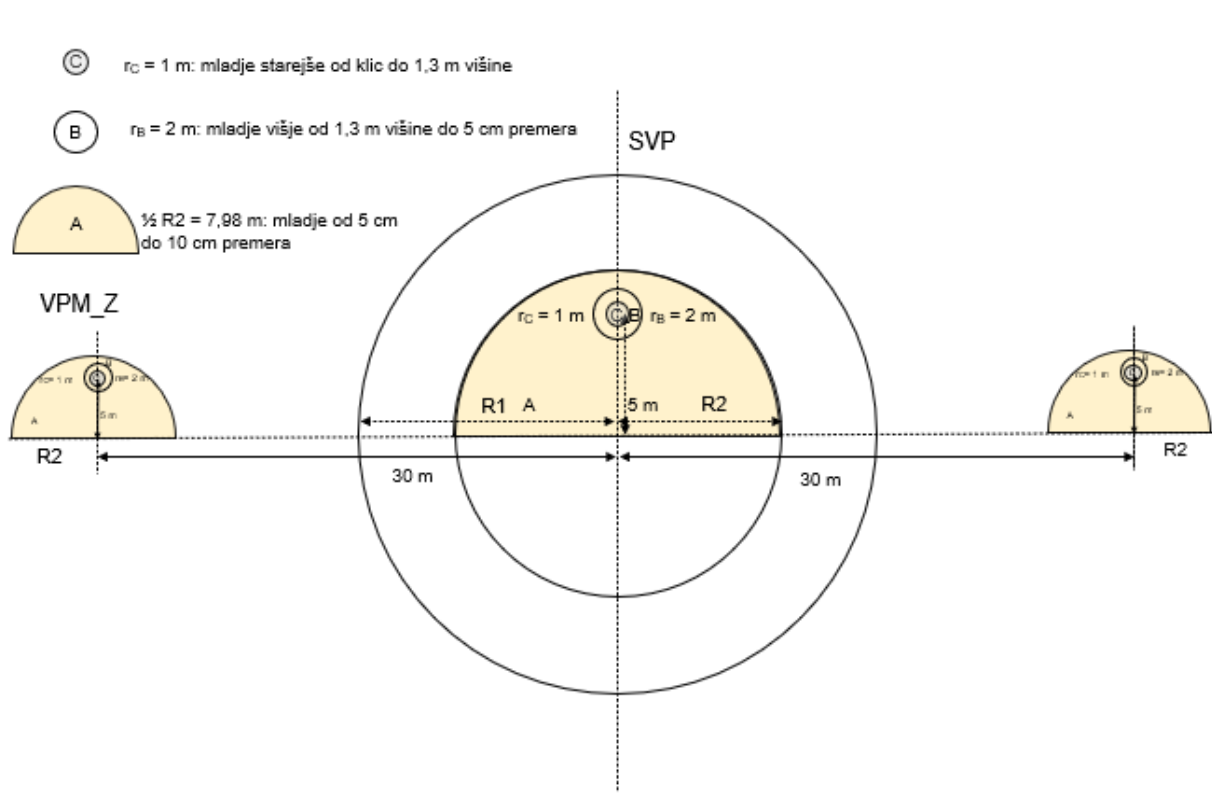
2 METODE

METHODS

2.1 Snemanje mladja na mreži stalnih vzorčnih ploskev

Recording of regeneration on a grid of permanent sample plots

V Pahernikovich gozdovih je mreža stalnih vzorčnih ploskev (SVP) zgoščena, saj so ploskve v prostoru razporejene na 250 m x 250 m. Na tej mreži Zavod za gozdove Slovenije opravlja ciklična snemanja za gozdno inventuro, mi pa smo središča teh ploskev uporabili za postavitev središč podploskev A, kjer smo snemali mladovje (slika 1). Središče podploskev B in C je 5 metrov od centra podploskve A proti severu. Za snemanje mladovja na podploskvah smo izbrali krožne ploskve. Premeri na sliki 1 ponazarjajo dolžino v ravnini, glede na naklon na ploskvi so se premeri ploskev prilagodili. Tako se na večjem naklonu premeri ploskev povečujejo, da je površina popisanih podploskev enaka kot v ravnini. Dodatne ploskve smo postavili 30 m zahodno in 30 m vzhodno na dveh manjših ločenih delih posesti nad Vuhredom in pri Sgermovem gozdu, kjer je bilo snemanje mladovja identično kot na ploskvah SVP. Središča stalnih vzorčnih ploskev je s količki označil Zavod za gozdove Slovenije. Tako je posledično označeno tudi središče podploskve A na SVP. S količki drugih podploskev B in C nismo označevali, izpeljali smo le snemanje mladovja. S kovinskimi količki premera 8 mm in dolžine 25 cm smo označili dodatne ploskve vzhodno in zahodno na delu posesti nad Vuhredom in pri Sgermovem gozdu.



Slika 1: Skica postavitve podploskev A, B in C glede na SVP ter postavitve dodatnih ploskev vzhodno in zahodno

Fig. 1: Diagram of the layout of subplots A, B and C relative to the PSP, as well as the placement of additional plots to the east and west

2.2 Podploskve A, B in C

Subplots A, B and C

Podploskev A je severna polovica kroga premera 7,98 m, velikost je znašala 1 ar = 100 m². Velikost podploskve B je znašala 12,56 m² in velikost podploskve C 3,14 m². Na vseh podploskvah smo s pomočjo punktiranja zabeležili število drevesc. Punktiranje je metoda, s katero na enostaven način s piko zabeležimo po en osebek, nato pike povežemo in prekržani kvadrat predstavlja 10 osebkov. Tako je seštevanje večjega števila osebkov lažje, prav tako pa prihaja do manj napak. Na podploskvah A smo punktirali drevesca s prsnim premerom ≥ 5 cm in < 10 cm. Na podploskvah B smo punktirali drevesca, višja od 130 cm in do prsnega premera 5 cm. Na podploskvah C pa smo punktirali drevesca do 130 cm (brez klic), po višinskih razredih: 1) do 20 cm, 2) od 21 cm do 50 cm in 3) od 51 cm do 130 cm. Z izrazom mladovje označujemo vsa drevesca v razvojnih fazah mladje, gošča in letvenjak, torej do 10 cm premera in mladje, starejše od enega leta. Z izrazom mladje pa so vključena vsa drevesca na podploskvi

C, do 130 cm višine. Na vseh ploskvah smo drevesca ločili po drevesnih vrstah. Na podploskvah A in B smo ocenjevali razvojni potencial mladovja. Vsem drevescem smo določili razvojni potencial s tristopenjsko lestvico:

- 0 – nepoškodovana, so potencial za kandidate/ciljna drevesca,
- 1 – poškodovana ali silaško razrasla drevesca,
- 2 – drevesca, poškodovana zaradi divjadi.

Pokrovnost mladja, pritalne vegetacije in površine, kjer pomlajevanje ni možno, smo ocenjevali samo na podploskvi A. Ocenjevali smo jo s sedemstopenjsko lestvico:

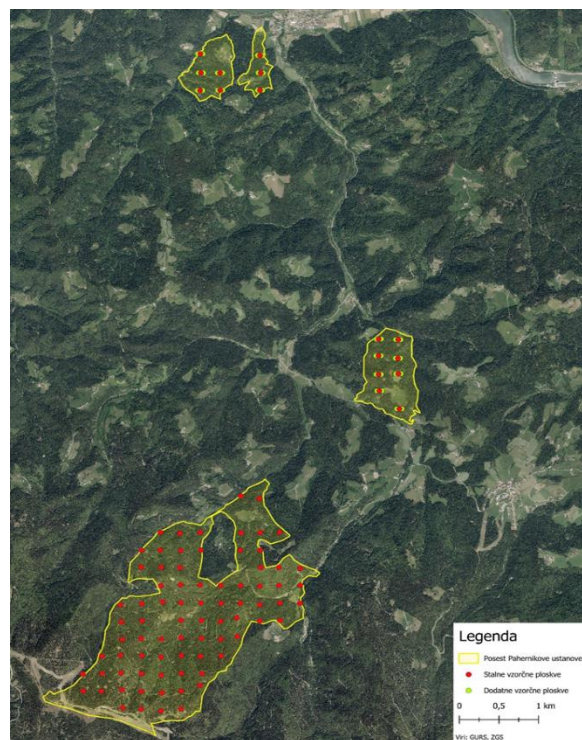
- 1: pokrovnost manj kot $< 1 \%$ ($1 \% = 1 \text{ m}^2$),
- 2: delež pokrovnosti 1–4 % ($4 \% = 4 \text{ m}^2$),
- 3: delež pokrovnosti 5–9 %,
- 4: delež pokrovnosti 10–25 %,
- 5: delež pokrovnosti 26–50 %,
- 6: delež pokrovnosti 51–75 %,
- 7: delež pokrovnosti 76–100 %.

Poškodovanost mladja zaradi divjadi smo na podploskvah A in B vključili že v kategoriji razvojni potencial. Na podploskvi C smo poškodovanost zaradi divjadi še podrobneje ocenili, saj obseg poškodb pri majhnih drevescih močno vpliva na preraščanje v višje višinske razrede. Poškodovanost mladja zaradi divjadi smo ocenili s tristopenjsko lestvico:

- 1 – do 10 % poškodb stranskih poganjkov,
- 2 – nad 10 % stranskih poganjkov ali poškodovani terminalni poganjek zaradi objedanja,
- 3 – poškodovanost je večja kot 10 %, vendar vzrok ni objedanje po divjadi.

Postavili smo skupno 378 podploskev, od tega 126 podploskev A, 126 podploskev B in 126 podploskev C. Zaradi deleža nerodovitnosti nad 25 % mladja nismo snemali na 6 podploskvah. Nerodovito površino ponazarjajo območja, kjer se mladje ne more razviti, to so različne poti, vlake, skale, potoki ... Zaradi središča ploskev na negozdni površini pa mladja nismo snemali na 9 podploskvah. Tako smo snemanje mladja opravili na skupno 363 podploskvah, kjer smo pridobili podatke za vse tri podploskve

A, B in C. Na sliki 2 je predstavljena prostorska razporeditev ploskev na Pahernikovi posesti, vključno s prikazom postavitve dodatnih ploskev. Iz slike 2 je razviden večji kompleks gozdne posesti pod vrhom Velika Kopa. V tem predelu nismo postavljali dodatnih ploskev vzhodno in zahodno, v gozdu nad Vuhredom in pri Sgermovem gozdu smo postavili dodatne ploskve vzhodno in zahodno, saj je gozdni kompleks manjši, prav tako so gozdovi na nižji nadmorski višini in so tudi nekoliko oddaljeni od večjega gozdnega kompleksa pod vrhom Velika Kopa. Zgoščevanje vzorčnih ploskev je omogočilo ločeno statistično ovrednotenje. Za preverjanje razlik v gostotah in zatiranju mladja med deli posesti smo uporabili Kruskal-Wallisov test. Če so bile razlike značilne, pa še Dunnov post-hoc test parnih primerjav.



Slika 2: Zgoščena mreža ploskev z dodatnimi ploskvami za snemanje mladovja (Golob, 2023)

Fig. 2: A condensed grid of plots with additional plots for recording regeneration (Golob, 2023)

3 REZULTATI

RESULTS

3.1 Gostota mladovja

Regeneration density

Na podploskvi A smo skupno popisali 276 drevesc ha⁻¹, na podploskvi B 994 drevesc ha⁻¹ in na podploskvi C 15.924 drevesc ha⁻¹ (preglednica 1). Gostota mladovja je izračunana iz vseh merjenih ploskev, tudi iz tistih, na katerih se mladovje ni pojavljalo. Gostota vsega mladovja na m² je bila največja na podploskvah C in je znašala 1,59 drevesca na m², sledile so podploskve B z 0,10 drevesca m² in podploskve A z 0,03 drevesca m².

Preglednica 1: Gostota mladovja na vseh merjenih ploskvah. DBH – prsni premer.

Table 1: Density of regeneration across all measured plots. DBH – diameter at breast height.

	Podploskev A (5 cm ≤ DBH < 10 cm)	Podploskev B (h ≥ 1,3 m; < 5 cm DBH)	Podploskev C (h = 0-130 cm)
Število mladja	334	151	605
Število vseh merjenih ploskev	121	121	121
Površina podploskve (m ²)	100	12,56	3,14
Gostota mladja na m ²	0,03	0,10	1,59
Gostota mladja na ha	276	994	15.924

S Spearmanovim koeficientom korelacije smo analizirali povezavo med višino temeljnice in gostoto mladovja. Korelacija je bila negativna, vendar ni bila statistično značilna ($\rho = -0,047$; $p = 0,604$). Povezav nismo potrdili tudi pri analizi treh prostorsko ločenih delov posesti: pod Veliko Kopo ($\rho = -0,140$; $p = 0,228$), pri Sgermu ($\rho = -0,202$; $p = 0,508$) in nad Vuhredom ($\rho = -0,099$; $p = 0,726$).

Gostota mladovja na hektar na podploskvi A po treh prostorsko ločenih delih posesti je bila največja na posestvu pod vrhom Velika Kopa in je znašala 303 drevesc na ha⁻¹, na podploskvi B je bila prav tako največja gostota mladovja na posestvu pod vrhom Velika Kopa in je znašala 1205 drevesc ha⁻¹, na podploskvah C pa je bila največja gostota mladja na posestvu pri Sgermovem gozdu in je znašala 26.781 drevesc ha⁻¹ (preglednica 2).

Preglednica 2: Gostota mladovja po treh prostorsko ločenih delih posesti

Table 2: Density of regeneration across three spatially separated parts of the property

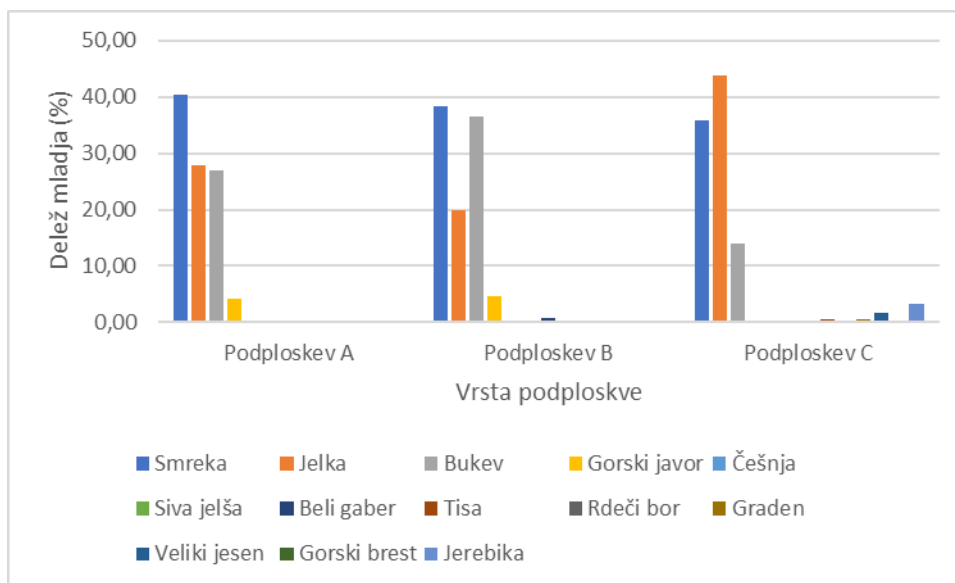
Prostorsko ločen del posesti/ gostota mladja (N/ha ⁻¹)	Podploskev A	Podploskev B	Podploskev C
Posest nad Vuhredom	261	935	17.170
Posest pri Sgermovem gozdu	200	326	26.781
Posest pod vrhom Velika Kopa	303	1205	12.362

Za preverjanje statistične značilnosti gostot mladovja po prostorsko ločenih delih posesti smo napravili Kruskal-Wallisov test. Ugotovili smo, da so razlike statistično značilne le za mladje na podploskvi C ($p = 0,0274$). Razlike po treh parih smo ugotavljali z Dunnovim testom. Bile so mejno značilne za para Velika Kopa – Sgerm ($p = 0,0554$) in Velika Kopa – Vuhred ($p = 0,0514$).

3.2 Zmes mladovja

Regeneration mixture

Na vseh podploskvah je bilo v večinskem deležu zastopano mladovje smreke, jelke in bukke (slika 3). Na podploskvah A je bil delež mladovja smreke 40,4 %, delež jelke 27,8 % in delež bukke 27,0 %, gorski javor je bil zastopan z deležem 4,2 %, češnja (*Prunus avium* L.) in siva jelša (*Alnus incana* (L.) Moench) pa sta obsegali 0,3 %. Na podploskvi B je prav tako prevladovala smreka z 38,4 %, sledila je bukev z deležem 36,4 %, nato je bila zastopana jelka z deležem 19,9 %, delež gorskega javorja je bil 4,6 %, 0,7 % pa je dosegel beli gaber (*Carpinus betulus* L.). Na podploskvi C je prevladovala jelka s 43,8 %, sledile so smreke s 35,7 %, bukev s 14,0 %, jerebika (*Sorbus aucuparia* L.) s 3,3 % in veliki jesen (*Fraxinus excelsior* L.) z 1,7 %, medtem ko tisa (*Taxus baccata* L.), graden (*Quercus sessilifolia* Blume), gorski brest (*Ulmus glabra* Huds.), gorski javor in rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.) niso presegali skupnega deleža 1 %.



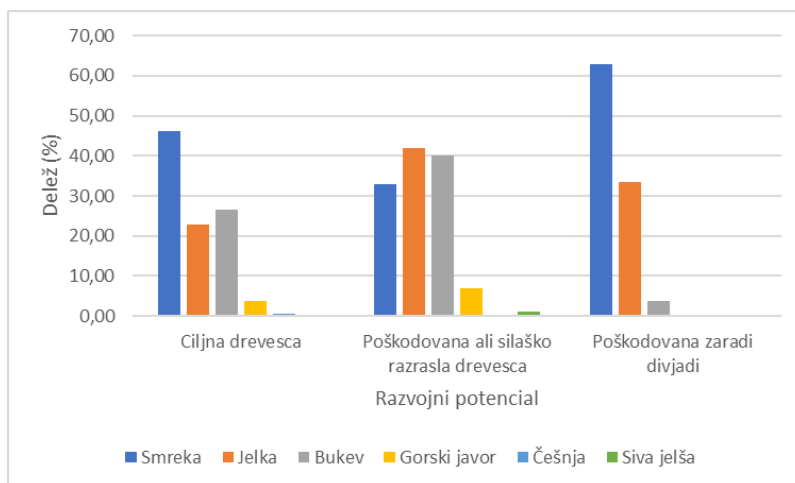
Slika 3: Zmes mladovja po drevesnih vrstah

Fig. 3: Composition of regeneration by tree species

3.3 Razvojni potencial mladovja na podploskvi A in podploskvi B

Development potential of regeneration in subplot A and subplot B

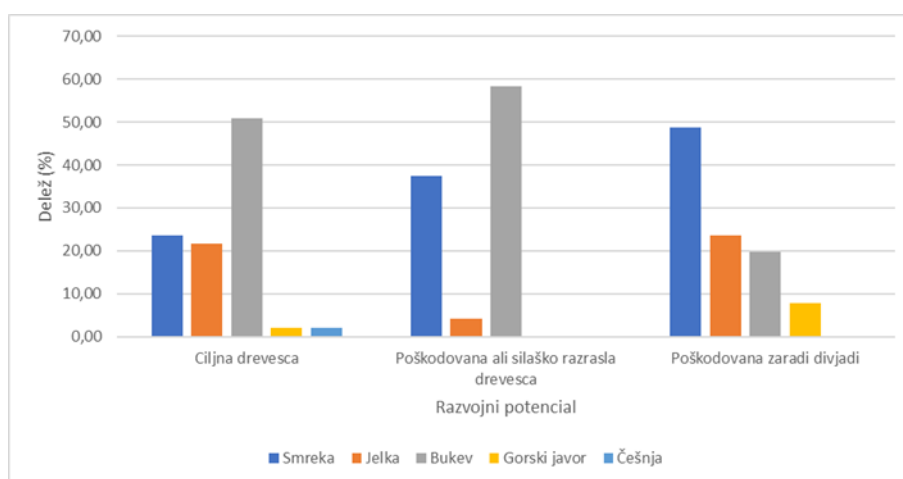
Na sliki 4 so prikazane drevesne vrste, razporejene po razvojnem potencialu z deleži glede na skupno število drevesc v posamezni kategoriji. Ciljna drevesa smreke so dosegala delež 46,2 %, sledila je bukev z deležem 26,6 %, nato jelka z 22,8 %, gorski javor je s 3,8 %, češnja pa z 0,5 %. Poškodovanih ali silaško razraslih je bilo največ dreves jelke z deležem 42,0 %, sledila je bukev s 40,0 %, smreka s 33,0 %, gorski javor s 7,0 % in siva jelša z 1,0 %. Poškodovanih drevesc zaradi divjadi je največ pri smreki. Tako je delež poškodovanih dreves (največkrat lupljenje ali grizenje skorje) zaradi divjadi znašal 63,0 % pri smreki, 33,3 % pri jelki in 3,7 % pri bukvi.



Slika 4: Razvojni potencial mladovja po drevesnih vrstah na podploskvi A

Fig. 4: Development potential of regeneration by tree species on subplot A

Na sliki 5 so razvidne drevesne vrste razporejene po razvojnem potencialu z deleži glede na skupno število 151 drevesc. Ciljna drevesa bukve so dosegala delež 51,0 %, sledila je smreka z deležem 23,5 %, nato jelka z 21,6 %, gorski javor in češnja pa skupaj s po 2,0 %. Poškodovanih ali silaško razraslih dreves je bilo največ drevesc bukve z 58,3 %, nato drevesc smreke s 37,5 % in jelke s 4,2 %. Poškodovanih drevesc zaradi divjadi je bilo največ pri mladju smreke, 48,7 %, 23,7 % drevesc je bilo poškodovanih zaradi divjadi pri jelki, mladje bukve je bilo poškodovano 19,7 %, gorski javor pa 7,9 %.



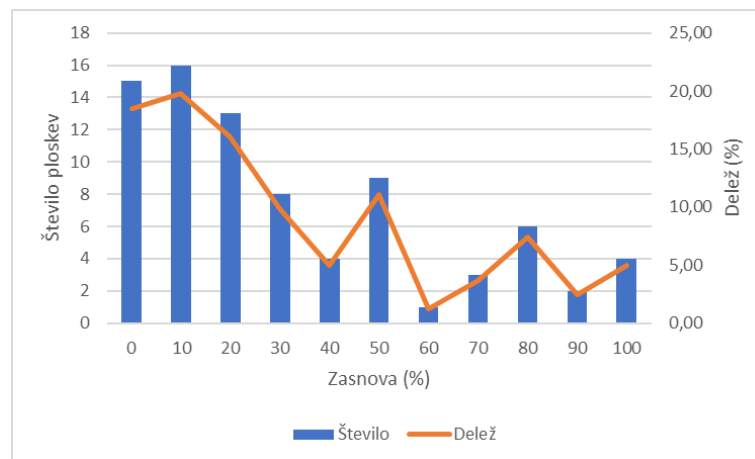
Slika 5: Razvojni potencial mladovja po drevesnih vrstah na podploskvi B

Fig. 5: Development potential of regeneration by tree species on subplot B

3.4 Zasnova in negovanost mladovja

Crop tree share and tending of saplings

Na podploskvi A smo ocenjevali tudi zasnovo mladovja. Ocenjevali smo jo v deležu. Spodnja meja ciljnega stanja je pomenila 10 nepoškodovanih kandidatov za nosilce funkcij na približno enakomernih razdaljah na površini 100 m². Na sliki 6 sta prikazana število in delež ploskev glede na zasnovo. V izračun so vključene ploskve, na katerih se je pojavljalo mladovje, saj se je samo na teh ploskvah ocenjevala zasnova. Največ ploskev (16 od 81) je imelo zasnovo 10 %, kar pomeni, da je bil na tej ploskvi en osebek potencialen nepoškodovan kandidat za nosilca funkcij. Delež ploskev, kjer je bila zasnova 10 %, je tako 19,8 %. Idealno stanje s 100 % zasnovo je bila le na štirih ploskvicah, kar pomeni delež 5,0 %. Največ ploskev je bilo z zasnovami do 50 %, število ploskev se nato začne zmanjševati. Število ploskev se pri zasnovi 80 % zviša na šest ploskev, kar pomeni 7,4 %. Povprečna zasnova na vseh ploskvah je znašala 32,1 %.



Slika 6: Zasnova mladovja na podploskvi A

Fig. 6: Structure of regeneration on subplot A

Negovanost smo ocenjevali pri istih nosilcih funkcij kot zasnovo. Negovanosti nismo ocenjevali pri ploskvah, kjer je bila zasnova 0. Tako smo negovanost ocenjevali samo na 66 ploskvah. Delež ploskev, kjer so nosilci sproščeni, je bil večji in je znašal 51,5 %, delež ploskev, kjer so bili nosilci nesproščeni, je znašal 48,5 %.

3.5 Pokrovnost mladovja in pritalne vegetacije

Regeneration and ground vegetation cover

Iz preglednice 3 lahko razberemo, da so podatki oziroma meritve pri pokrovnosti vegetacije od aritmetične sredine precej bolj razpršeni kot pri pokrovnosti mladovja. V povprečju je površina Pahernikovih gozdov bolj pokrita z mladovjem kot s pritalno vegetacijo. Pokritost z mladovjem je znašala skoraj četrtno celotne površine gozdov.

Preglednica 3: Aritmetična sredina in koeficient variabilnosti za pokrovnost mladovja in pokrovnost vegetacije

Table 3: Arithmetic mean and coefficient of variability for regeneration cover and vegetation cover

	Aritmetična sredina (%)	KV (%)
Pokrovnost mladovja	24,3	52,1
Pokrovnost vegetacije	11,4	219,6

Na vseh treh delih posesti, torej nad Vuhredom, pri Sgermovem gozdu ter pod Veliko Kopo, je imelo mladovje podoben odstotek pokrovnosti (preglednica 4). Z uporabo Kruskal-Wallisovega testa nismo potrdili razlik v zastiranju mladovja med tremi deli posesti ($p = 0,6062$). Srednja vrednost pokrovnosti mladovja je bila bolj razpršena v višjih delih posesti.

Preglednica 4: Aritmetična sredina in koeficient variabilnosti za pokrovnost mladovja po treh prostorsko ločenih delih posesti

Table 4: Arithmetic mean and coefficient of variability for regeneration cover across three spatially separated parts of the property

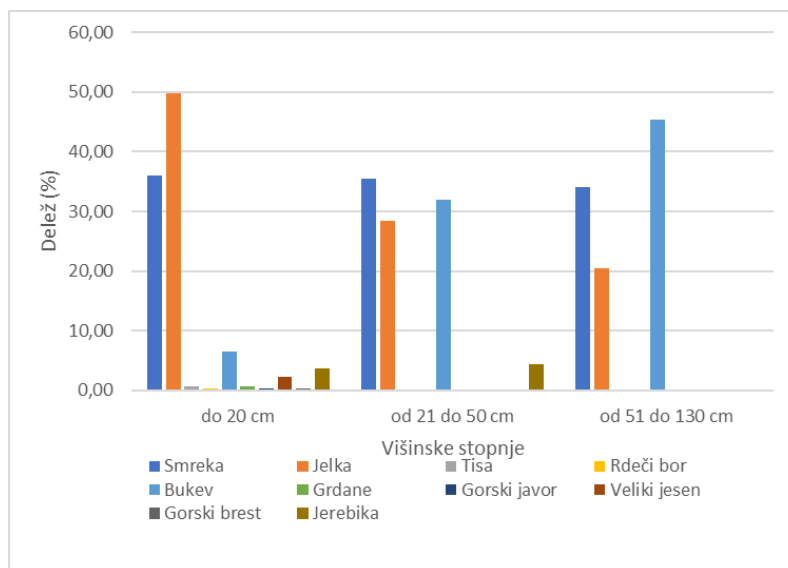
Pokrovnost mladovja	Aritmetična sredina (%)	KV (%)
Posest nad Vuhredom	25,8	151,0
Posest pri Sgermovem gozdu	23,4	195,0
Posest pod vrhom Velika Kopa	24,1	201,9

3.6 Zmes mladja po višinskih stopnjah na podploskvah C

Seedling mixture on subplot C according to height class

Na sliki 7 je predstavljen delež mladja po drevesnih vrstah glede na višinske stopnje na podploskvah C. V višinski stopnji do 20 cm je bilo največ jelke z deležem 49,8 %, sledila je smreka z 35,9 %. Z deležem 6,5 % je bila zastopana bukev, s 3,6 % jerebika, z 2,2 % pa veliki

jesen. Tisa, rdeči bor, graden, gorski javor in gorski brest so dosegali delež, manjši od 1,0 %. V višinski stopnji od 21 do 50 cm je smreka imela delež 35,4 %, 31,9 % bukev, 28,3 % jelka in 4,4 % jrebika. V višinski stopnji od 51 cm do 130 cm je bila s 45,5 % zastopana bukev, s 34,1 % smreka, z 20,5 % pa jelka. Delež drevesnih vrst po višinskih stopnjah nakazuje, da jelka ne prerašča v višje stopnje. Zelo verjetno je vzrok objedanje po divjadi. Bukve je v prvi višinski stopnji sorazmerno malo, vendar boljše višinsko prirašča kot iglavci in stopnjo hitro preraste.



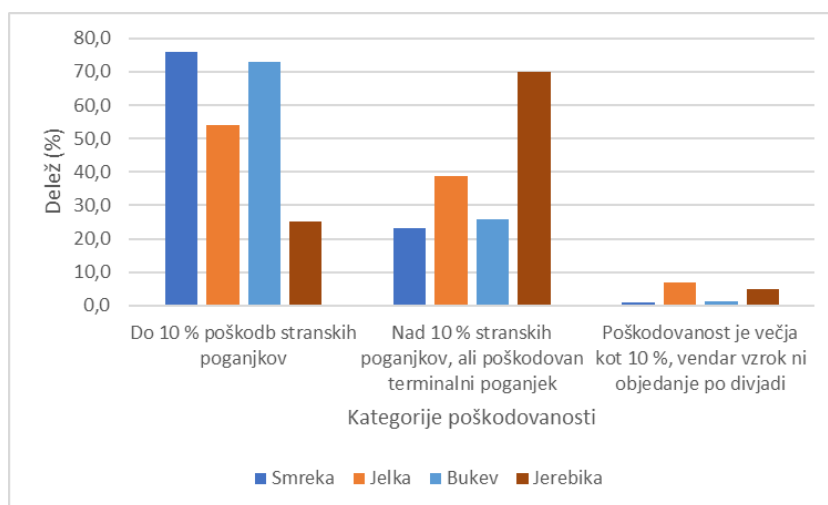
Slika 7: Delež mladja na podploskvah C, po drevesnih vrstah glede na višinske stopnje
 Fig. 7: Proportion of regeneration on subplot C by tree species across height classes

3.7 Poškodovanost drevesnih vrst na podploskvah C

Tree species damage on subplot C

Na sliki 8 je prikazana poškodovanost po kategorijah poškodovanosti glede na drevesne vrste v deležih glede na skupno število dreves iste drevesne vrste. Zaradi bolj realnega prikaza podatkov so bile v izračun vključene samo drevesne vrste z več kot 10 drevesci na podploskvah C. Pri drevesni vrsti smreka je bilo 75,9 % dreves nepoškodovanih ali pa poškodovanih do 10 % stranskih poganjkov, 23,1 % drevesc je bilo poškodovanih več kot 10 % ali so imeli poškodovan terminalni poganjek, 1,0 % drevesc smreke je bilo poškodovanih z več kot 10 % stranskih poganjkov, vendar vzrok ni bil objedanje po divjadi. Pri drevesni vrsti jelka je bil manjši delež nepoškodovanih drevesc, to je 54,0 %. Zmerno poškodovanih je bilo 38,9 % drevesc. Ta so imela več kot 10 % poškodovanih stranskih poganjkov ali pa terminalni

poganjek. Močno poškodovanih je bilo 6,8 % drevesc, ki imajo poškodovane stranske poganjke več kot 10 %, vendar vzrok ni bil objedanje po divjadi. Bukev je imela 72,9 % nepoškodovanih drevesc, drevesc s poškodovanim terminalnim poganjkom ali več kot 10 % stranskih poganjkov je bilo 25,9 %, drevesca, ki imajo poškodovane stranske poganjke več kot 10 %, so zavzemala delež 1,2 %, vendar vzrok ni bil objedanje po divjadi. Jerebika je imela najmanjši delež nepoškodovanih drevesc v primerjavi z drugimi drevesnimi vrstami, to je 25,0 %, največji delež je bil drevesc poškodovanih od divjadi, to je 70,0 %. Poškodovanih drevesc jerebika, kjer vzrok ni objedanje po divjadi, je bilo 5,0 %.



Slika 8: Poškodovanost po drevesnih vrstah na podploskvi C

Fig. 8: Damage by tree species on subplot C

4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Iz popisov mladovja na podploskvah mreže SVP v Pahernikovem gozdu smo ugotovili, da se najboljše pomlajujejo smreka, jelka in bukev, saj so bile te vrste na vseh podploskvah A, B in C zastopane v največjem deležu. Enako velja tudi za tri prostorsko ločene dele Pahernikove posesti. V predelu nad Vuhredom, ki je na najnižji nadmorski višini, prevladuje na vseh treh podploskvah jelka, sledi smreka in nato bukev. Na posesti pri Sgermovem gozdu prevladujeta smreka in jelka, sledi pa bukev. Na največjem kompleksu Pahernikovih gozdov, ki je tudi na najvišji nadmorski višini, pa prevladuje smreka, sledi bukev, nato pa je zastopana še jelka. Pojavljanje drevesnih vrst je skladno z rastišči, kjer so najvišje smrekova in bukova rastišča, nižje so rastišča mešanih smrekovo-jelovo-bukovih gozdov in najnižje jelova rastišča. Prav tako

je pojavljanje mladja povezano z zmesjo oz. zasmrečenostjo odraslih sestojev (Rozman in Dakskobler, 2015). Opazno je tudi, da se delež jelke z večanjem podploskev, na katerih smo merili višja drevesa, zmanjšuje. Ta ugotovitev je skladna z ugotovitvami številnih drugih avtorjev iz Slovenije in Evrope (Roženberger in sod., 2017; Orman in sod., 2018).

Z analizo zastopanosti mladovja smo ugotovili, da se je skupno od 363 izmerjenih podploskev mladovje pojavljalo na 189 podploskvah, torej z deležem 52,0 %. To je skladno s ciljno strukturo Pahernikovih gozdov, kjer je poudarek na raznomernih, raznodobnih mešanih sestojih (Sušek, 2005b). Raznomerni mešani sestoji z dobro zastopanim mladjem so odpornejši na naravne ujme in po ujmah tudi hitreje okrevajo (Nagel in sod., 2016; Bödeker in sod., 2023). Gostota mladovja se je pričakovano zmanjševala s povečevanjem velikosti mladovja po podploskvah. Gostota drevesc se s starostjo zmanjšuje, saj na mortaliteto vplivajo tekmovanje za vire, še posebej pomanjkanje svetlobe, biotski in abiotski dejavniki ter rastlinojeda parkljasta divjad. Pomembni so tudi vplivi rastišč in načinov gospodarjenja. V Pahernikovih gozdovih je ugotovljenih kar osem sintaksonov na rangu asociacije. Največ gozdnih površin je uvrščenih v asociaciji *Galio-Abietetum* W. in *Luzulo-Fagetum* M. (Rozman in Dakskobler, 2015). Povprečna gostota na vseh podploskvah A, kjer smo popisovali drevesca od vključno 5 cm do 10 cm premera, je znašala 276 osebkov ha⁻¹. Nepoškodovanih ciljnih drevesc je bilo 152 osebkov ha⁻¹ ali 55,1 %. Povprečna gostota na vseh podploskvah B, kjer smo popisovali drevesca od višine 1,3 metra do premera 5 cm, je znašala 994 osebkov ha⁻¹. Ciljnih dreves na podploskvi B je bilo le 33,8 %, kar pomeni 336 osebkov ha⁻¹. Na podploskvah C smo popisovali drevesca po višinskih stopnjah do 20 cm, od 21 do 50 cm in od 51 cm do 130 cm. Gostota mladja v višinskem razredu do 20 cm je znašala 11.791 osebkov ha⁻¹, nepoškodovanih je bilo 9370 osebkov ha⁻¹, gostota mladja v višinskem razredu od 21 do 50 cm je znašala 2975 osebkov ha⁻¹, nepoškodovanih pa je bilo 2238 osebkov ha⁻¹. V višinskem razredu od 51 do 130 cm je bila gostota mladja 1158 osebkov ha⁻¹, nepoškodovanih je bilo 790 osebkov ha⁻¹. Skupne gostote, kot tudi gostote nepoškodovanega mladja, so na spodnji meji intervalov, ki sta jih predlagala Duc (1991) in Bachofen (2009) za raznomerne gozdove. Sever in sod. (2022) so v članku predlagali ciljno število dreves na hektar v letvenjaku in ta znaša od 80 do 250 osebkov. Tudi Arnič in sod. (2018) pri analizi bukovega letvenjaka na Menini predlagajo za izbiro ciljnih dreves gostote od 100 do 250 dreves na hektar. V raziskavi situacijskega redčenja v Lučki Beli pri bukovem letvenjaku s primesjo smreke in gorskega javorja so bile gostote ciljnih dreves od 250 do 370 na hektar (Krajčič in Kolar, 2000). Mlinšek (1983) je v nenegovanih letvenjaki

listavcev predlagal izbor 100 do 200 ciljnih dreves na hektar. Število ciljnih dreves je odvisno od drevesne vrste in zvrsti redčenj. V naši raziskavi so bile vrednosti na spodnji meji omenjenih vrednosti. Razlike v gostotah in zastiranju mladovja vseh višinskih stopenj med prostorsko ločenimi posesti so bile sorazmerno majhne. Najnižje vrednosti gostot mladja do 1,3 m višine pod Veliko Kopo so nakazovale zahtevnejše razmere za uspevanje, delno pa so tudi posledica višjih gostot mladovja nad 1,3 m višine zaradi daljšega obdobja premene zasmrečenih sestojev v jedrnem delu posesti.

Ugotovili smo, da so bila ciljna drevesa sproščena v deležu 51,5 % v primerjavi z nesproščenimi nosilci funkcij. Stanje je sorazmerno ugodno, saj ni bilo vse mladovje neposredno negovano, čeprav se v Pahernikovih gozdovih opravlja veliko gojitvenih del. Stanje je delno tudi posledica ugodne sestojne mikroklimne oziroma posredne nege ter skrbi za mladje pri sečnji in spravilu (Sušek, 2005b).

Poškodovanost mladovja zaradi divjadi je bila na splošno velika oziroma nad kritičnim pragom. V obeh zgornjih višinskih razredih je znašala poškodovanost smreke med 48 in 63 % in jelke med 23 in 33 %. Glavne poškodbe so bile obgrizovanje in lupljenje. Poškodovanost mladja v višinskem razredu C pa je znašala poprečno 33 % in se je povečevala od prvega višinskega razreda (do 20 cm) z 21 %, do 28 % v drugem (21–50 cm) in kar 50 % v tretjem (50–131 cm). V splošnem je bila v razredu C najbolj poškodovana jelka z 39 %. Te vrednosti zelo verjetno ne bodo omogočile preraščanja jelke v višje razrede mladja (Eiberle in Nigg, 1987; Bodeker in sod., 2023). Posledica selektivnega objedanja jelke je bilo nazadovanje jelke po višinskih stopnjah na podploskvah C, na primer, bukve je v prvi višinski stopnji mladja do 20 cm sorazmerno malo, v najvišji višinski stopnji 51–130 cm pa prevladuje. V številnih raziskavah mladja v Sloveniji so ugotovili povečevanje deleža bukve z višino (Perme, 2008; Roženberger in sod., 2017). Če upoštevamo še oceno časovne dinamike, ki jo nakazujejo višinski razredi mladja, vidimo, da je mladje jelke do višine 1,3 m v kar 39 % resno poškodovano po divjadi. Poškodovanost jelke v višjih razvojnih stopnjah mladovja je manjša, kar lahko nakazuje na povečevanje intenzivnosti objedanja v zadnjem obdobju, kar nakazuje tudi trend skupnega odvzema rastlinojedih parkljarjev, ki so v Pohorskih gozdovih najštevilčnejši in imajo najmočnejši vpliv na mladovje, to so srnjad, jelenjad in gams. V Pohorskem lovno upravljavskem območju, v katero spadajo tudi Pahernikovi gozdovi, je odzem srnjadi stabilen in od leta 2017 do 2022 znaša okoli 4000 osebkov na leto. Odzem jelenjadi se je od leta 2017

do 2022 precej povečal, iz 557 osebkov na 771 osebkov, odvzem gamsa po letih rahlo niha, vendar se je odvzem od leta 2017 do 2022 povečal iz 425 osebkov na 502 osebka (Dvoletni načrt ..., 2023). Povečevanje številčnosti odvzema nakazuje tudi na večanje številčnosti populacij divjadi. Tako hiter pregled povečevanja številčnosti odvzema nakazuje na povečevanje številčnosti divjadi v naravi in posledično večji pritisk na mladovje. Tudi zastopanost jelke med ciljnim drevesci višjih stopenj mladovja je na spodnji meji referenčnih intervalov. Ob upoštevanju potrebe po nadomeščanju smreke z jelko zaradi podnebnih sprememb stanje ni zadovoljivo, čeprav so rastišča na silikatu v splošnem manj problematična za preraščanje jelke v višje razvojne stopnje (Bončina in sod., 2002; Roženberger in sod., 2017).

Število mladovja na ploskvah ni bilo povezano z višino temeljnice. Pričakovali smo, da se bodo gostote mladovja zmanjševale z naraščanjem temeljnice, ki je povezana s svetlobo v pritalni plasti (Diaci in sod., 2015). Težava je lahko majhnost ploskev za zajemanje temeljnice, v poprečju sorazmerno visoke temeljnice na celotni posesti in v splošnem velika kompleksnost sestojnih struktur v Pahernikovem gozdu. Na to problematiko je v povezavi z raznomernimi sestoji opozoril Dvorak (2001).

Zavod za gozdove Slovenije v sklopu gozdne inventure analizira tudi zastiranje mladovja po drevesnih vrstah do 10 cm prsnega premera (Pravilnik ..., 1998). Leta 2013 so bile v zmesi mladovja najbolj zastopane smreka z 62,0 %, jelka z 21 % in bukev s 16 % (GGN Radlje – desni breg, 2014). V desetletju od zadnje meritve se je delež smreke povečal za 2,3 odstotne točke, delež jelke in bukve pa zmanjšal za 3,9 in 2,5 odstotne točke (GGN Radlje – desni breg, 2024). Metoda ZGS temelji na okularni oceni in ni povsem primerljiva z našo metodo, vendar iz primerjave snemanj med leti lahko razberemo grobe trende spreminjanja drevesne sestave. Zaskrbljujoče je predvsem nazadovanje deleža jelke in bukve v zadnjem desetletju. Naša analiza je sicer brez časovne ponovitve, vendar iz primerjave zmesi po višinskih stopnjah lahko zaznamo podobna gibanja. Delež smreke je bil dokaj stabilen po višinskih stopnjah, od 36 % do 40 % (ploskvice A, B in C), medtem ko so bili deleži jelke in bukve spremenljivi. Nazadovanje jelke med 1,3 m višine in 5 cm prsnega premera iz 44 % na 20 % (primerjava ploskvic C in B) je zelo verjetno posledica poškodb po rastlinojedih parkiranjih v preteklem obdobju. Napredovanje bukve v srednji plasti iz 14 % na 36 % (primerjava ploskvic C in B) je verjetno posledica njene hitrejše višinske rasti v mladju, njeno nazadovanje v mladovju med 5 cm in 10 cm premera iz 36 % na 27 % (primerjava ploskvic B in A), pa lahko razložimo s

pogostimi poškodbami zaradi mokrega snega v zadnjem desetletju in odstranjevanjem neakovostnih silaških osebkov pri negi. Del razlik lahko pripišemo naključnim dogodkom. Bolj objektivna primerjava bo mogoča čez desetletje, ko bo izpeljana prva ponovitev analize pomlajevanja.

Pomembno vprašanje za prihodnji razvoj gozda je, v kolikšni meri lahko z obstoječim mladovjem nadomestimo strukturo oz. zmes obstoječega gozda (Vickers in sod., 2019). Po inventuri iz leta 2013 je znašala zmes drevesnih vrst v lesni zalogi Pahernikovih gozdov 67,3 % smreke, 12,3 % jelke, 16,0 % bukve in 4,4 % drugih drevesnih vrst (GGN Radlje – desni breg, 2014). Glede na inventuro iz leta 2024 se je delež smreke in bukve zmanjšal za 0,8 in 0,7 odstotne točke, delež jelke pa povečal za 1,9 odstotne točke (GGN Radlje – desni breg, 2024). Nazadovanje smreke je pričakovano in povezano z ujмами in gradacijami podlubnikov, medtem ko je nazadovanje bukve verjetno povezano s poškodbami zaradi mokrega snega. Povečevanje jelke je dobrodošlo in skladno z dolgoročnim gozdnogojitvenim ciljem, ki predvideva uskladitev drevesne sestave s potencialno naravno vegetacijo. Poleg povečevanja deleža jelke in bukve so želeni tudi ostali listavci in iglavci (prim. Bončina in sod., 2021), slednji in jelka še posebej zaradi prilagajanja na podnebne spremembe. V GGE Radlje – Desni breg je jelovje s praprotni največji rastiščnogojitveni razred, saj obsega kar 52,9 % celotne površine, prav tako je 41,5 % gozdov Pahernikove ustanove uvrščenih v ta rastiščnogojitveni razred, kjer je predvidena ciljna drevesna sestava: smreka 51,6 %, jelka 28,0 %, bor 3,0 %, macesen (*Larix decidua* Mill.) 0,2 %, bukev 11,0 %, hrast 0,4 %, plemeniti listavci 5,5 %, drugi listavci 0,3 % (GGN Radlje – desni breg, 2024).

Naša analiza in analizi mladovja ZGS nakazujeta, da bo dolgoročno povečanje deleža jelke nad 20 % težko dosegljivo, predvsem zaradi močnega objedanja mladovja po velikih rastlinojedih parkljarjih v višinskih razredih od 50 cm višine do 5 cm premera. To še posebej velja, če pri primerjavah zmesi upoštevamo le ciljna, to je nepoškodovana drevesa. Mladovje iglavcev, zajeto na podploskvah A in B, je bilo pogosto poškodovano zaradi lupljenja. Nasemenitveni potencial v ploskvicah C sicer nakazuje dobre možnosti za povečanje deleža jelke in listavcev, kar je skladno s številnimi drugimi raziskavami pri nas in v sosednjih državah (Rozenberger in sod., 2017; Frei in sod., 2024). Zabeležili smo veliko poškodovanost jerebrike po divjadi (70 %). Ta je v gorskem in visokogorskem pasu pomembna vrsta za izboljšanje talnih razmer in uravnavanje konkurenčne pritalne vegetacije (Ott in sod., 1997). Naraščanje sanitarnih sečenj

v Pahernikovich gozdovih opozarja na potrebo o poglobljenem razmisleku, kako razmeroma hitro nadomestiti ranljive enomerne smrekove sestoje s pospeševanjem bukve, jelke in vseh manjšinskih vrst. Zamenjavo za smreko poleg jelke vidimo v rdečem boru in macesnu, v nižjih legah (Vuhred) pa hrastu kot dopolnitvi nabora listavcev.

5 POVZETEK

SUMMARY

Sustainable natural regeneration is of central importance for close-to-nature forest management and affects all aspects of this management approach. As the forest inventory does not provide sufficient information on regeneration, we carried out additional sampling of regeneration up to 10 cm in diameter at breast height (DBH) in a concentrated network of permanent sample plots on the Pahernik property when the forest management plan was renewed in 2023. The aim of the survey was to obtain reliable information about the regeneration and to suggest possible improvements to the periodic forest inventory. We analysed the density, developmental stages, browsing by ungulates, tree species mixture and the relationship between regeneration and basal area. The research site is located in the northern part of Pohorje, below Velika Kopa, and lies at an altitude of 350 m to 1543 m. Silver fir forests dominate at lower altitudes, Norway spruce-silver fir-beech forests at mean altitudes, and Norway spruce-beech and pure Norway spruce forests at higher altitudes. Regeneration was inventoried in 363 subplots. The size of the plots varied, as did the data we collected. On the 100 m² subplot A, we recorded the cover of regeneration and ground vegetation, evaluated the availability of crop trees, carried out tending measures and tallied trees with a DBH of 5 to 10 cm according to tree species and development potential. On subplot B (12.56 m²), we inventoried trees from 1.3 m in height to 5 cm DBH according to tree species and development potential. On subplot C (3.14 m²), we tallied trees from two-year-old seedlings to 130 cm in height according to height class and ungulate damage category.

On average, regeneration covered 24% of the forest floor, while ground vegetation covered 11%. We found that the density of regeneration greater than 130 cm on the entire property was at the lower end of the reference values. In subplots A and B, it was 276 and 994 individuals ha⁻¹, respectively, while the density in subplot C was satisfactory at 15,924 individuals ha⁻¹. When only viable, undamaged trees were considered, these values were reduced to 152,336 and

12,398 ha⁻¹ in subplots A, B and C, respectively. There were no major differences in regeneration density and cover between elevations and spatially separated parts of the property. More than half of the target trees in the regeneration were released, confirming the appropriateness of the silvicultural tending inputs. There were clear differences in the mixture of tree species, with the proportion of Norway spruce remaining fairly constant between the height classes, beech increasing in the middle height class (subplot B) and silver fir having the lowest proportion there.

We also found that tree mixture was strongly influenced by ungulates, with a marked decrease in the proportion of silver fir from the first to the second height class, and severe damage to conifers in higher classes due to bark stripping. The average browsing of seedlings up to 1.3 m was 33% and for silver fir, 39%. Due to frequent bark damage to higher regeneration, less than half were assessed as target trees. No evidence was found to suggest an association between basal area and regeneration density. This is surprising, as shading from mature trees was expected to affect regeneration density. The proportion of tree species in regeneration has changed slightly compared to the previous Slovenia Forest Service (SFS) inventory, to the detriment of silver fir and beech. Our analysis and that of the SFS suggest that in the long term an increase in the proportion of silver fir above 20% will be difficult to achieve at current densities of large herbivorous ungulates. Information on regeneration is essential for assessing the long-term development of forests and close-to-nature management as well as planning silvicultural and forest protection measures. This study highlights opportunities for improving forest inventory.

6 ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Raziskava za prispevek je bila opravljena v času, ko je prvi avtor prejemal štipendijo Pahernikove ustanove, zato se ustanovi iskreno zahvaljuje. Podatke smo pridobivali v sodelovanju z Zavodom za gozdove Slovenije OE Slovenj Gradec. Iskreno se zahvaljujemo sodelavcem enote za načrtovanje in krajevne enote Radlje ob Dravi. Še posebej se zahvaljujemo g. Janezu Golobu za pomoč na terenu, izdelavo kart in za vse predloge in ge. Ljudmili Medved in ge. Zdenki Jamnik za posredovane podatke. Prispevek je bil delno financiran iz sredstev programske skupine Gozd, gozdarstvo in obnovljivi gozdni viri (P4-0059).

7 VIRI

REFERENCES

- Arnič D., Krč J., Diaci J. 2018. Primerjava izbiralnega redčenja in situacijskega redčenja v bukovih letvenjakih na Menini. *Gozdarski vestnik*, 78, 2: 72–82. <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-FZ8FPVY9/20dd7959-1cce-4a68-91fa-45a22b30f5f1/PDF> (23. 9. 2024).
- Bachofen H. 2009. Verjüngung im Gebirgswald. *Wald und Holz*: 47–49. https://www.waldwissen.net/assets/waldwirtschaft/waldbau/bergwald/wsl_sollstammzahlen_gebirgswald/download/wsl_sollstammzahlen_gebirgswald_originalartikel.pdf.pdf (23. 9. 2024).
- Bödeker K., Jordan-Fragstein C., Vor T., Ammer C., Knoke T. 2023. Abrupt height growth setbacks show overbrowsing of tree saplings, which can be reduced by raising deer harvest. *Scientific reports* 13, 12021. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38951-8>
- Bončina A., Diaci J., Cenčič L. 2002. Comparison of the two main types of selection forests in Slovenia: distribution, site conditions, stand structure, regeneration and management. *Forestry* 75: 365–373. <https://doi.org/10.1093/forestry/75.4.365>
- Bončina A., Rozman A., Dakskobler I., Klopčič M., Babij V., Poljanec A. 2021. Gozdni rastiščni tipi Slovenije: vegetacijske, sestojne in upravljavske značilnosti. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.
- Carón M.M., De Frenne P., Chabrerie O., Cousins S.A., De Backer L., Decocq G., Diekmann M., Heinken T., Kolb A., Naa, T. 2015. Impacts of warming and changes in precipitation frequency on the regeneration of two *Acer* species. *Flora*, 214: 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2015.05.005>
- Cimperšek M. 2014. Eksploatacija pohorskih gozdov v preteklosti. *Gozdarski vestnik*, 72: 365–382. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-DRA8YQZZ> (23. 9. 2024).
- Diaci J., Fidej G., Rozman A., Nagel T.A., Dakskobler I. 2015. Primerjava različnih načinov obnove gozda po ujmah. V: *Pogled na žled: zbornik povzetkov: delavnica o Gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih ukrepih po ujmah večjih razsežnosti*. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, *Silva Slovenica*: 9–12.

- Diaci J., Roženberger D., Nagel T. 2010. Sobivanje jelke in bukve v Dinaridih: usmeritve za ohranitveno gospodarjenje z jelko. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 91: 59–74. <https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=7730> (23. 9. 2024).
- Diaci J. 2021. Gozdna ekologija in nega. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.
- Diaci J., Adamic T., Rozman A. 2012. Gap recruitment and partitioning in an old-growth beech forest of the Dinaric Mountains: Influences of light regime, herb competition and browsing. *Forest Ecology and Management* 285: 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.08.010>
- Diaci J., Rozenberger D., Fidej G., Nagel T.A. 2017. Challenges for uneven-aged silviculture in restoration of post-disturbance forests in Central Europe: a synthesis. *Forests*, 8, 378. <https://doi.org/10.3390/f8100378>
- Dobrowolska D., Bončina A., Klumpp R. 2017. Ecology and silviculture of silver fir (*Abies alba* Mill.): a review. *Journal of Forest Research*, 22: 326-335. <https://doi.org/10.1080/13416979.2017.1386021>
- Duc P. 1991. Untersuchungen zur Dynamik des Nachwuchses im Plenterwald. *Schweizerische Zeitschrift Forstwesen*, 142: 299–319. <https://www.lfi.ch/media/documents/publikationen/SZF-2011-09.pdf> (23. 9. 2024).
- Dvoletni načrt za VI. Pohorsko lovsko upravljavskega območja za leti 2023 in 2024. 2023. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Slovenj Gradec.
- Dvorak L., Bachmann P., Mandallaz D. 2001. Sturmschäden in ungleichförmigen Beständen. *Schweizerische Zeitschrift Forstwesen*, 152: 445–452.
- Eiberle K., Nigg H. 1987. Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald. *Schweizerische Zeitschrift Forstwesen*, 138: 747-780. <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=szf-003:1987:138::1294#766> (22. 9. 2024).
- Forest Europe. 2020. State of Europe's forests 2020. Status and trends in sustainable forest management in Europe. UN, FAO.
- Frei E.R., Conedera M., Bebi P., Zürcher S., Bareiss A., Ramstein L., Giacomelli N., Bottero A. 2024. High potential but little success: ungulate browsing increasingly impairs silver fir regeneration in mountain forests in the southern Swiss Alps. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, cpae028. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpae028>

- Golob J. 2023. Zgoščena mreža ploskev z dodatnimi ploskvami za snemanje mladovja. Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Slovenj Gradec (neobjavljeno).
- Gozdnogospodarski načrt (GGN) gozdnogospodarske enote Radlje – desni breg (2014–2023). 2014. Slovenj Gradec, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Slovenj Gradec.
- Gozdnogospodarski načrt (GGN) gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec (2011–2020). 2012. Slovenj Gradec, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Slovenj Gradec.
- Horvat - Marolt S. 1967. Pomlajevanje na pohorskih posekah in konkurenčne razmere v koreninskem prostoru. *Gozdarski vestnik*, 25: 1–14.
- Klopčič M., Jerina K., Boncina A. 2010. Long-term changes of structure and tree species composition in Dinaric uneven-aged forests: are red deer an important factor? *European Journal of Forest Research* 129: 277–288. <http://dx.doi.org/10.1007/s10342-009-0325-z>
- Kordiš F. 1993. Dinarski jelovo bukovi gozdovi v Sloveniji. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=141581&lang=slv> (24. 8. 2024).
- Krajčič D., Kolar I. 2000. Vpliv spremenjenega načina nege letvenjaka na zmanjševanje stroškov: *Gozdarski vestnik*, 58, 2: 75–84. <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-Q8I8EOAZ/3d5ac1e3-0943-4d51-8caa-8180a6d74b6a/PDF> (12. 7. 2024).
- Matić S. 1983. Utjecaj ekoloških i strukturnih činilaca na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom kotaru. *Glasnik za šumske pokuse*, 21: 223–400. <https://repozitorij.sumfak.unizg.hr/islandora/object/sumfak:2423> (12. 6. 2024).
- Mlinšek D. 1983. Poenostavljeno odkazilo v nenegovanih letvenjakih. *Gozdarski vestnik*, 41, 1: 27–28.
- Nagel T.A., Firm D., Roženberger D., Kobal M. 2016. Patterns and drivers of ice storm damage in temperate forests of Central Europe. *European Journal of Forest Research* 135: 519–530. <https://doi.org/10.1007/s10342-016-0950-2>
- Orman O., Dobrowolska D., Szwagrzyk J. 2018. Gap regeneration patterns in Carpathian old-growth mixed beech forests—interactive effects of spruce bark beetle canopy disturbance and deer herbivory. *Forest Ecology and Management*, 430: 451–459. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.031>

- Osnutek gozdnogospodarskega načrta (GGN) gozdnogospodarske enote Radlje – desni breg (2024–2033). 2024. Slovenj Gradec, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Slovenj Gradec.
- Ott E., Frehner M., Frey H.-U., Lüscher P. 1997. Gebirgsnadelwälder: praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung. Bern; Stuttgart, Wien, Verlag Paul Haupt.
- Perme Z. 2008. Razvoj mladja v vrzelih pragozdnega rezervata Rajhenavski Rog: diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=15672&lang=slv> (23. 9. 2024).
- Pintar A.M., Hladnik D. 2018. Strukturna pestrost gozdnih sestojev na Pahernikovi gozdni posesti= Structural diversity of forest stands on Pahernik's forest estate. *Acta Silvae et Ligni*, 117: 1–16. <https://doi.org/10.20315/ASetL.117.1>
- Pisek R. 2000. Naravno pomlajevanje subalpinskega smrekovega gozda na Pokljuki: diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.
- Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih. Uradni list RS, št. 5/1998. <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/1998-01-0242/pravilnik-o-gozdnogospodarskih-in-gozdnogojitvenih-nacrlih> (30. 12. 2024).
- Rozman A., Dakskobler I. 2015. Fitocenološka karta Pahernikovih gozdov nad Vuhredom in v Hudem Kotu na severnih pobočjih Velike Kope na Pohorju v merilu 1: 5000. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire (neobjavljeno).
- Rozman E. 2005. Pomladitvena ekologija drugotnih visokogorskih smrekovih gozdov v Jelendolu: diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_rozman_elizabeta.pdf (23. 9. 2024).
- Rozman J. 2015. Vpliv ekoloških dejavnikov na naravno pomlajevanje zasmrečenih predalpskih jelovo-bukovih gozdov na karbonatnih sedimentih: doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=128219&lang=slv> (22. 9. 2024).

- Roženberger D. 2012. Razvoj, rast in razrast bukve (*Fagus sylvatica* L.) v starejši inicialni fazi v raznomernih dinarskih jelovo-bukovih gozdovih: doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire.
- Roženberger D., Nagel T.A., Fidej G., Diaci J. 2017. Veliki rastlinojedi parkljarji, obnova, struktura in funkcije gozdov v Sloveniji. *Gozdarski vestnik* 75: 373–382. <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-4G70AMFP/ec72c9e9-9e95-4b31-bdbc-347bba737973/PDF> (12. 6. 2024).
- Ruosch M., Spahni R., Joos F., Henne P.D., Van der Knaap W.O., Tinner W. 2016. Past and future evolution of *Abies alba* forests in Europe—comparison of a dynamic vegetation model with palaeo data and observations. *Global Change Biology* 22: 727–740. <https://doi.org/10.1111/gcb.13075>
- Schütz J.P., 1989. *Der Plenterbetrieb*. Zürich, Fachbereich Waldbau., <https://doi.org/10.15177/see-for.10-02>
- Sever K., Fidej G., Breznikar A., Roženberger D., Rantaša B. 2022. Sodobna nega gozda. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije. <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=156931&lang=slv> (21. 6. 2024).
- Sušek M. 2005a. Pahernikov sklad. *Gozdarski vestnik*, 63, 10: 455–458. <http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:col-7ZF1887Z> (23. 7. 2024).
- Sušek M. 2005b. Pahernikovi gozdovi: biografija rodbine Pahernik. Radlje ob Dravi, Pahernikova ustanova.
- Vickers L.A., McWilliams W.H., Knapp B.O., D’Amato A.W., Dey D.C., Dickinson Y.L., Kabrick J.M., Kenefic L.S., Kern C.C., Larsen D.R., Royo A.A., Saunders M.R., Shifley S.R., Westfall J.A. 2019. Are Current Seedling Demographics Poised to Regenerate Northern US Forests? *Journal of Forestry* 117: 592–612. <https://doi.org/10.1093/jofore/fvz046>
- ZGS. 2014. Posestni načrt za Pahernikove gozdove. Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Slovenj Gradec.