

RELIEFNE ZNAČILNOSTI TAL IN OBJEDANJE MLADJA S STRANI VELIKIH RASTLINOJEDIH PARKLJARJEV V JELOVO-BUKOVEM GOZDU

TOPOGRAPHY AND DEER BROWSING IN A MIXED SILVER FIR-BEECH FOREST

Dušan ROŽENBERGAR¹, Robert KLEVIŠAR², Jurij DIACI³

(1) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, dusan.rozenbergar@bf.uni-lj.si

(2) Kanižarica 8, 8340 Črnomelj, robert.klevisar@gmail.com

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

IZVLEČEK

Veliki rastlinojedi parkljarji (VRP) različno vplivajo na razvoj gozdnih ekosistemov. Eden izmed najbolj negativnih vplivov, ki ga imajo na dolgoročni razvoj gozdov, je posledica kroničnega čezmernega objedanja mladja. Namen raziskave je bil s pomočjo analize objedanja v delu dinarskih jelovo-bukovih gozdov ugotoviti, kakšen vpliv na intenzivnost objedanja imajo habitatne značilnosti prostora in relief. Povprečna objedenost mladja je bila 70 %, analiza višinske strukture mladja pa je pokazala, da ni prehajanja gorskega javorja in jelke v zgornje višinske plasti. Potrdili smo vpliv stopnje kritja za VRP in reliefa na stopnjo objedenosti. Največ poškodb smo zabeležili na grebenih in v vrtačah. Glede na rezultate naših analiz v prihodnje v jelovo-bukovih gozdovih na območju naše raziskave ne bo mogoče zagotoviti primere jelke in gorskega javorja v zgornjih sestojnih položajih. Če želimo v tem delu Slovenije vzgojiti pestre gozdove, bo poleg gozdno-gojitvenega ukrepanja nujno nadaljevanje intenzivnega gospodarjenja z VRP v smislu zmanjševanja njihovih gostot.

Ključne besede: objedanje, gojenje gozdov, veliki rastlinojedi parkljarji, relief, pomlajevanje, *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*

ABSTRACT

Ungulates affect the development of forest ecosystems in different ways. The most negative impact is a result of a long-term intense overbrowsing of regeneration. The aim of this study was to determine the effect of habitat characteristics and topography on browsing damage to regeneration in Dinaric beech-fir forests. The average damage rate across all tree species of regeneration was 70 %, and the analysis of the regeneration height structure showed that there was no recruitment of sycamore maple and silver fir into the upper height layers. We confirmed the influence of cover level for ungulates and topographical position on the browsing damage rate. Most of the damages were recorded on ridges and in sinkholes. According to the results of our study, it will not be possible to provide, at current browsing rates, admixtures of silver fir and sycamore maple in the upper canopy. In order to achieve diverse structure and species composition in these forests, in addition to silvicultural measures, it will be necessary to continue active management of ungulate populations focused on reducing densities.

Key words: regeneration, topography, browsing, ungulates, silviculture, relief, *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*

GDK 180:188:22+451(045)=163.6

DOI 10.20315/ASetL.118.4

Prispelo / Received: 19. 2. 2019

Sprejeto / Accepted: 13. 5. 2019

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Veliki rastlinojedi parkljarji (v nadaljevanju VRP) s selektivnim objedanjem mladja, drgnjenjem in lupljenjem značilno vplivajo na strukturo in razvoj gozdnih sestojev (Cote in sod., 2004; Gill, 2006). Pri porušenem razmerju razvojnih faz ali v primeru velike priljubljenosti drevesne vrste objedanje lahko zavira pomlajevanje. Ob velikih gostotah populacij VRP pa močno objedanje preprečuje obnovo gozdov in onemogoča doseganje ciljne drevesne sestave in strukture gozdov. Glede na poročanje raziskovalcev se ta problem pojavlja v zadnjih letih v svetovnem merilu (Apollonio in

sod., 2010; Beguin in sod., 2016; Fuller in Gill, 2001; Kamler in sod., 2010; Takatsuki, 2009).

Drevesne vrste se razlikujejo po priljubljenosti za objedanje in sposobnosti okrevanja po objedanju (Cote in sod., 2004; Eiberle in Bucher, 1989). Na primer, jelka spada med bolj priljubljene drevesne vrste za objedanje (Hasler in Senn, 2012), nima razvitih mehanizmov varovanja pred objedanjem, ima omejene sposobnosti okrevanja po poškodbah in je zaradi počasne rasti dolgo izpostavljena objedanju (Bee in sod., 2009; Tanentzap in sod., 2011). Tudi gorski javor spada med bolj priljubljene vrste za objedanje, vendar ima boljše sposobnosti okrevanja in hitreje raste kot jelka (Mysterud,

1999). Bukev je v splošnem srednje priljubljena drevesna vrsta in ima zelo dobre sposobnosti okrevanja po poškodbah (Gill, 1992).

Kronično čezmerno objedanje mladja lahko vodi v spremenjeno stanje gozda, ko v naslednji generaciji prevladujejo druge drevesne vrste kot v izhodiščni. Proces je dolgotrajen, izhodiščno stanje pa tudi v daljših časovnih obdobjih težko dosežemo (Bradshaw in Waller, 2016; Hidding in sod., 2013; Tanentzap in sod., 2009). V dinarskih jelovo-bukovih gozdovih dolgotrajno povečane gostote VRP onemogočajo zadostno prerašanje in uveljavljanje občutljivih drevesnih vrst, še posebej jelke (Jarni in sod., 2005; Klopčič in sod., 2010; Perko, 1977; Perko, 1982; Roženberger in sod., 2017; Turk in sod., 1985).

Kljub povečevanju objedenosti na nivoju države je v nekaterih predelih v Sloveniji v zadnjem desetletju nakazano zmanjšanje objedanja (Hafner in sod., 2016; Terlav in sod., 2017), predvsem v robnih predelih življenjskega prostora jelenjadi ter v orografsko zahtevnejših razmerah na hladnih osojnih legah. Opazovanja nakazujejo, da se lahko objedenost mladja izrazito spreminja na razmeroma majhnih razdaljah v odvisnosti od reliefa, na primer med grebeni, platoji in vrtačami, saj je razporeditev divjadi odvisna od strukture kritja in prehrane ter prehodnosti terena (Reimoser in Gossow, 1996; Vospernik in Reimoser, 2008).

Kritje vpliva na temperaturo, hitrost vetra, sončno sevanje, količino snega in dežja, odnose med plenom in plenilcem, kar divjadi zagotavlja občutek varnosti.

Srnjad se raje hrani v bližini kritja, v nasprotju z jelenjadjo, ki se raje prehranjuje v bolj odprtih območjih, za počitek pa naj bi si raje izbirala območja z več kritja (Mysterud in Ostbye, 1999). Raziskave nakazujejo, da naj bi bila objedenost mladja večja v habitatih z dobrim kritjem in z dobro razvito pritalno vegetacijo (Eiberle in Nigg, 1983; Hemami in sod., 2004; Henry, 1981; Parlt in sod., 2002).

Reliefne značilnosti, kot so grebeni in vrtače velikosti nekaj deset metrov, povzročajo spremembe v sestojni mikroklimi, talnih razmerah in v sestavi pritalne vegetacije (Geiger in sod., 2009; Hough, 1945; Rozman in sod., 2015), kar vpliva na zadrževanje divjadi (Reimoser in Gossow, 1996). Vrtače so za divjad lahko manj privlačne zaradi več razlogov: iz njih je slab pregled nad okolico, v njih se dolgo zadržuje sneg, pobočja vrtač na skrajnostnih rastiščih so lahko zelo skalovita in otežujejo dostopnost. Po drugi strani se v vrtačah zbirajo hranila, zato sta v spodnjem delu rodovitnost tal in ponudba pritalne vegetacije, kot prehrane za VRP, boljša. Ponudbo hrane delno lahko uravnavamo z gojenjem gozdov, obenem pa z gojitvenimi ukrepi lahko tudi sooblikujemo kritje in tako vplivamo na privlačnost habitata za VRP.

Namen raziskave je bil raziskati, kako horizontalna in vertikalna struktura gozda ter relief vplivajo na poškodovanost mladja zaradi objedanja. Želeli smo ugotoviti: i) ali obstajajo značilne razlike v objedanju med različnimi tipi reliefa in iii) ali je poškodovanost mladja večja na lokacijah, kjer je kritja več.



Slika 1: Lokacija oddelkov (modro obarvana površina), v katerih je potekala raziskava (M 1 : 50.000) (ZGS, pregledovalnik).

Fig. 1: Locations of two Slovenia Forest Service (SFS) forest compartments (blue area) where the research was performed (scale 1 : 50,000) (SFS – online database).

2 METODE

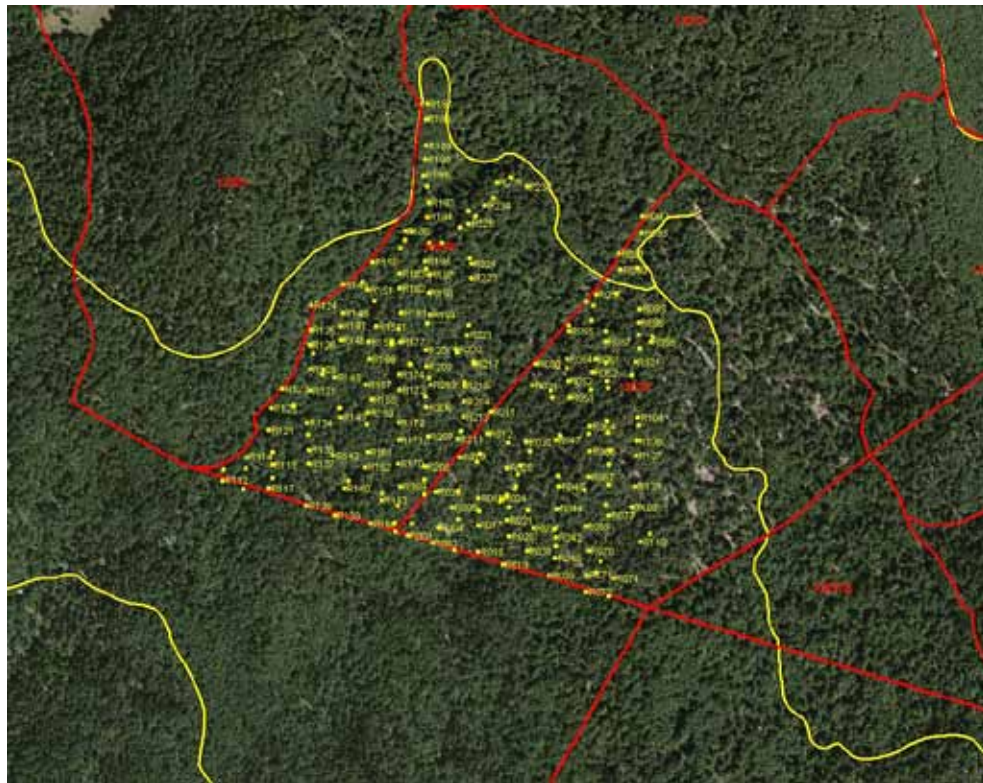
2 METHODS

Raziskava je potekala leta 2014 v gozdovih med vrhom Mirna gora in zaselkom Koprivnik v južnem delu Slovenije, na območju območne enote Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS) Novo mesto. Gozdovi so bili od leta 1941 last grofa Auersperga, ki je z njimi intenzivno gospodaril. Po letu 1945 so ti gozdovi postali državna last. Izbrana sta bila dva oddelka, oddelek 13019 (28,7 ha) in 13020 (29,0 ha) (slika 1). Nadmorska višina raziskovalnih objektov je bila med 875 in 970 m. Gre za dinarske jelovo-bukove gozdove, v sestojih obeh oddelkov pa prevladuje bukev z deležem v lesni zalogi med 56 % in 70 %. Sledita ji jelka z deležem v lesni zalogi med 16 % in 26 % in gorski javor z deležem v lesni zalogi med 6 % in 14 %. Pojavljajo se še smreka (do 3 %) in posamično veliki jesen, gorski brest, divja češnja, ostrolistni javor in jerebika. Več kot tri četrtine površine obeh oddelkov so v času raziskave pokrivali sestoji v obnovi, zato lahko informacije, ki smo jih pridobili z analizo mladja, koristno uporabimo za nadaljnje usmerjanje obnove teh sestojev (ZGS, 2016).

V obeh oddelkih smo skupaj postavili 238 raziskovalnih ploskev (slika 2). Uporabili smo ploskovne transekte širine 20 m, razdalja med transekti je bila 20 m. Transekti so potekali od JZ dela oddelka proti S. Ploskve velikosti 3×3 m smo postavili na vsakih 20 m

transeкта ter tam, kjer je ploskovni transekt sekal vrtačo. V primeru, ko je ploskovni transekt sekal vrtačo, smo postavili ploskev v sredini vrtače. Natančni položaj JZ oglišča ploskve v vrtači smo določili naključno z metom palice. Vse ploskve smo postavili v smeri S–J in jih zakoličili s kovinsko palico v spodnjem levem robu (JZ del ploskve). Pri postavitvi transektov smo uporabili kompas in merski trak dolžine 50 m.

Na vsaki ploskvi smo ocenili ali izmerili naslednje parametre: zastiranje za vsako drevesno vrsto posebej (%), kar pomeni, da je bila vsota lahko večja kot 100 %; zastiranje pritalne vegetacije brez mahu (%), zastiranje skal (%), naklon (°); razdaljo do kritja (m, kritje smo definirali kot vertikalno zapolnjeno plast vegetacije do višine 5 m) in stopnjo kritja za VRP. Stopnjo kritja smo merili 360° okoli ploskve, za kritje pa smo uporabili enako definicijo kot pri prejšnjem parametru. Kritje smo merili v intervalih po 45°, tako smo dobili 8 razredov (stopenj) kritja, npr.: 1. stopnja: do 45°, 2. stopnja: 46°–90° ..., 8. stopnja: 316°–360°. Vsako ploskev smo, po pregledu okolice ploskve, uvrstili v eno izmed kategorij reliefa, glede na njeno lego. Uporabili smo naslednje kategorije (tipe reliefa): greben, plato, pobočje, ravno in vrtača, pri čemer smo tip reliefa plato definirali kot ravno površino med dvema vrtačama, tip reliefa ravno pa kot večjo površino izravnane terena.



Slika 2: Razporeditev snemalnih ploskev v oddelkih 13019 in 13020, GGE Mirna gora (M 1 : 5000).

Fig. 2: Spatial distribution of research plots in departments 13019 and 13020 in the SFS forest management unit Mirna gora (M 1 : 5,000).

Na vsaki ploskvi smo prešteli vse osebke mladja, jim določili drevesno vrsto in jih uvrstili v višinski razred. Uporabili smo naslednje višinske razrede: do 20 cm, od 21 do 50 cm, od 51 do 130 cm in od 131 do 250 cm. Za vsak osebek smo zabeležili tekoče letne poškodbe zaradi objedanja in osebke uvrstili v tri enostavno določljive stopnje glede poškodovanosti: 1. stopnja – nepoškodovani osebki ali poškodovani stranski poganjki do 10 %, 2. stopnja – poškodovanih do 50 % stranskih poganjkov ali/in terminalni poganjek in 3. stopnja – poškodovanih več kot 50 % stranskih in terminalni poganjek. V analizah objedenosti smo kot objedene osebke skupaj upoštevali osebke 2. in 3. stopnje poškodovanosti.

Najprej smo povezave med posameznimi dejavniki ugotavljali s Spearmanovo korelacijo ranga, s katero smo dobili osnovni pregled nad povezavami znotraj baze podatkov, hkrati pa smo informacijo uporabili pri oblikovanju statističnega modela. V drugem koraku smo za ugotavljanje značilnih povezav med objedenostjo in ekološkimi dejavniki uporabili GLM (generalizirani linearni modeli) in metodo postopnega izločanja spremenljivk. Kot odvisno spremenljivko smo za vsako

drevesno vrsto izbrali število osebkov, poškodovanih zaradi objedanja. Po testu kolinearnosti in analizi VIF (variance inflation factor) faktorjev smo kot pojasnevalne spremenljivke za posamezno drevesno vrsto izbrali tip reliefa (atributivna spremenljivka), zastiranje skalovitosti, razdalja do kritja, stopnja kritja, zastiranje vegetacije in skupne gostote mladja iste vrste. Zaradi ugotovljene prekomerne razpršenosti podatkov (velike razlike med realno varianco odvisne spremenljivke in napovedano varianco s pomočjo Poissonove funkcije) smo za analizo uporabili kvazi Poissonovo funkcijo, in pa ukaz drop1 (Zuur in sod., 2009), ki omogoča prikaz ene vrednosti statistične značilnosti tudi za atributivne spremenljivke.

3 REZULTATI

3 RESULTS

3.1 Gostota in drevesna sestava mladja

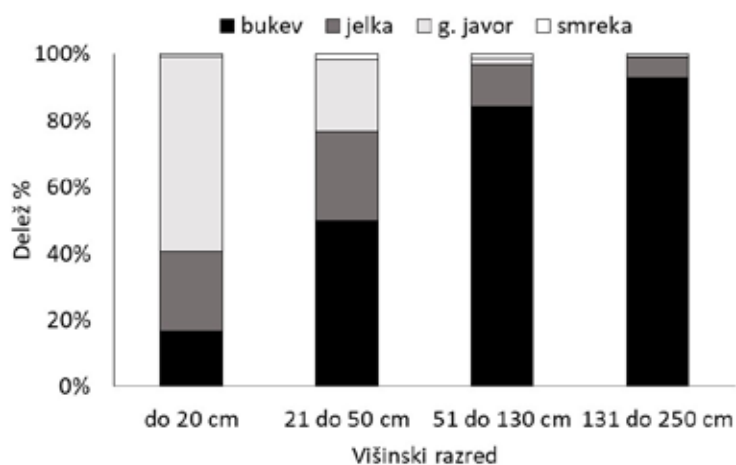
3.1 Regeneration density and tree species composition

Povprečna gostota mladja brez klic in do višine 250 cm je na raziskovalnih ploskvah znašala 16.223 oseb-

Preglednica 1: Gostota mladja (št./ha) drevesnih vrst po višinskih razredih v mladju (N = 238).

Drevesna vrsta Tree species	Višinski razred mladja / Height class				skupaj total
	do / up to 20 cm	21–50 cm	51–130 cm	131–250 cm	
bukev / beech	1218	2045	2731	1363	7357
jelka / silver fir	1779	1102	415	93	3389
gorski javor / sycamore maple	4356	882	51	5	5294
smreka / Norway spruce	47	75	47	9	178
beli gaber / hornbeam	0	0	5	0	5
skupaj / total	7400	4104	3249	1470	16223

Table 1: Regeneration density (n/ha) according to tree species and height class (N = 238).



Slika 3: Delež posamezne drevesne vrste v gostoti glede na višinski razred.

Fig. 3: Proportion of tree species (bukev – beech, jelka – silver fir, g. javor – sycamore maple, smreka – Norway spruce) in number of seedlings and saplings (Delež %) according to height class (Višinski razred).

Preglednica 2: Delež objedenega mladja po drevesnih vrstah in višinskih razredih.

Drevesna vrsta <i>Tree species</i>	Višinski razred mladja / <i>Height class</i>				skupaj / <i>total</i>
	do / <i>up to 20 cm</i>	21–50 cm	51–130 cm	131–250 cm	
bukev / <i>beech</i>	44 %	59 %	62 %	47 %	55 %
jelka / <i>silver fir</i>	50 %	88 %	90 %	75 %	68 %
gorski javor / <i>sycamore maple</i>	89 %	99 %	100 %	100 %	90 %
smreka / <i>Norway spruce</i>	80 %	69 %	70 %	50 %	71 %
skupaj / <i>total</i>	72 %	76 %	66 %	49 %	70 %

kov ha⁻¹ (preglednica 1).

V skupnem številu mladja je prevladovala bukev s 45 %, sledila sta gorski javor s 33 % in jelka z 21 % ter smreka s približno enim odstotkom. Z naraščajočimi višinskimi razredi se je zmanjševala gostota mladja, v zmesi je vse bolj prevladovala bukev. Delež gorskega javorja se je od prvega do zadnjega višinskega razreda zmanjšal z 59 % na 0,3 %, delež jelke pa s 24 % na 6 % (slika 3).

Analiza gostot glavnih drevesnih vrst glede na tip reliefa je pokazala, da so vse drevesne vrste zastopane na vseh tipih reliefa (Slika 4). Največje gostote bukve smo zabeležili na pobočju, jelke je bilo največ na grebenu, gorskega javorja pa v vrtačah, kjer je bilo najmanj jelke. Smreka se je povsod, razen v vrtači, pojavljala v majhnih gostotah.

3.2 Objedenost mladja

3.2 Regeneration browsing damage

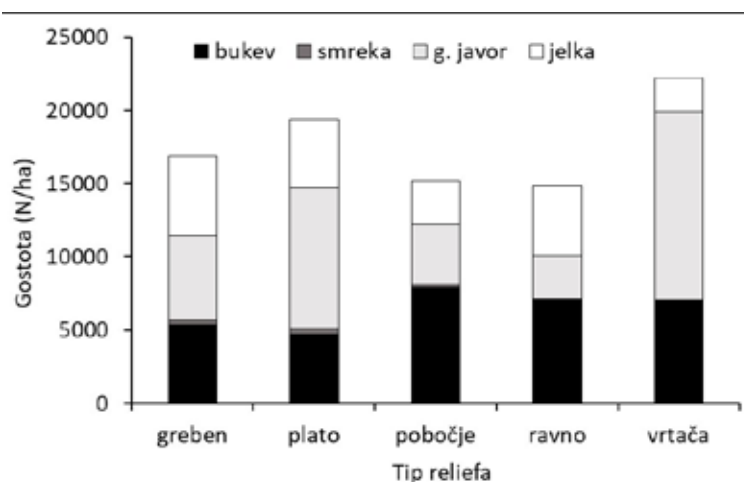
Povprečna objedenost mladja je znašala 70 % (preglednica 2). Najbolj objedena drevesna vrsta je bil gor-

Table 2: Proportion of browsed seedlings and saplings according to tree species and height class.

ski javor (90 %), sledili so smreka (71 %), jelka (68 %) in bukev (55 %). Mladje je bilo najbolj objedeno v drugem višinskem razredu (76 %), sledili so prvi, tretji in četrti višinski razred. Opazne so razlike med drevesnimi vrstami; medtem ko sta bili jelka in bukev najbolj objedeni v tretjem višinskem razredu, je bila smreka najbolj objedena v prvem. Pri gorskem javorju je objedenost naraščala z višinskimi razredi.

Najvišje skupne stopnje objedanja so bile na grebenu (100 %), sledila sta vrtača (82 %) in plato (79 %). Na ravni delih in na pobočju je znašala stopnja objedanja 70 % (preglednica 3). Statistično značilne razlike med tipi reliefa smo ugotovili v skupnem številu mladja in za najvišja dva višinska razreda.

Neparametrični test razlik deležev poškodovanih dreves med različnimi tipi reliefa je pokazal značilne razlike samo za bukev (Kruskal-Wallisov test, $p = 0,0005$), medtem ko razlike za druge drevesne vrste niso bile statistično značilne. Podobno kot za vse mladje skupaj smo tudi za bukovo mladje zabeležili značilno največji delež (100 %) poškodovanih osebikov na gre-

**Slika 4:** Gostote drevesnih vrst v mladju glede na tip reliefa.**Fig. 4:** Density of seedlings and saplings (Gostota (N/ha)) according to tree species (bukev – beech, jelka – silver fir, g. javor – sycamore maple, smreka – Norway spruce) and topographical position (Tip reliefa, greben – ridge, plato – flat area between two sinkholes, pobočje – slope, ravno – larger flat area, vrtača – sinkhole).

Preglednica 3: Mediane deležev objedenega mladja in statistična značilnost testov razlik (Kruskal-Wallisov test) v deležu objedenega mladja glede na tip reliefa.

Tip reliefa <i>Topographical position</i>	Višinski razred mladja / <i>Height class</i>				skupaj / <i>total</i>
	do / up to 20 cm	21–50 cm	51–130 cm	131–250 cm	
ravno	70	83	58	50	70
pobočje	78	90	75	25	70
vrtača	93	100	58	50	82
plato	81	100	50	50	79
greben	100	100	100	100	100
P	0,1194	0,2203	0,0420	0,0303	0,0084

Table 3: Median values of proportion of browsed seedlings and saplings and statistical significance (Kruskal-Wallis test) of differences among topographical positions (Tip reliefa, greben – ridge, plato – flat area between two sinkholes, pobočje – slope, ravno – larger flat area, vrtača – sinkhole) in proportions of browsed seedlings and saplings.

benu (za vse kombinacije nivojev faktorja, ki so vključevale greben, je bil post hoc Dunnov test statistično značilen), v vrtači je bilo poškodovanih 76 % osebkov, najmanj poškodovanih osebkov (33 %) pa smo našli na platuju (slika 5).

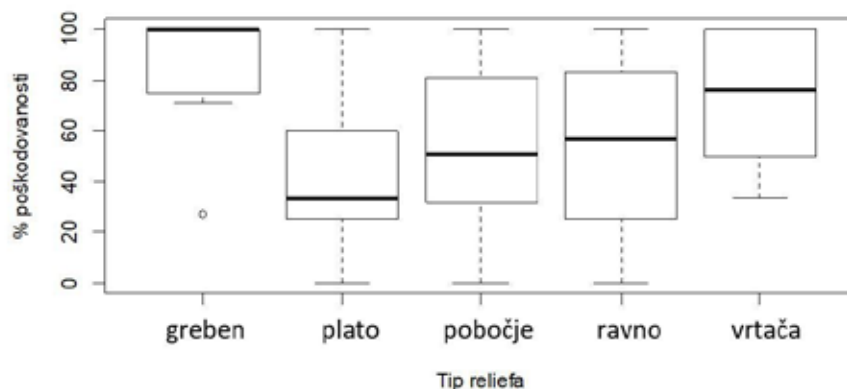
Statistično značilne povezave med pari analiziranih dejavnikov smo izračunali s Spearmanovo korelacijo ranga. Ugotovili smo statistično značilno pozitivno povezavo med gostoto bukovega mladja in stopnjo kritja za VRP (Spearmanov korelacijski koeficient $r_s = 0,206$) ter negativne povezave med gostoto bukovega mladja in razdaljo do kritja za VRP ($r_s = -0,210$), skupno objedenostjo ($r_s = -0,255$) in zastiranjem mladja jelke ($r_s = -0,154$). Gostota mladja jelke je bila negativno povezana z zastiranjem vegetacije ($r_s = -0,128$). Gostota mladja gorskega javorja je bila pozitivno povezana z zastiranjem vegetacije ($r_s = 0,250$), zastiranje mladja gorskega javorja pa je bilo v pozitivni povezavi z zastiranjem vegetacije ($r_s = 0,270$)

in negativni povezavi s skalovitostjo ($r_s = -0,144$), s skalovitostjo je bilo hkrati v pozitivni povezavi zastiranje mladja jelke ($r_s = 0,218$). Objedenost jelke je bila negativno povezana z razdaljo do kritja ($r_s = -0,155$) in pozitivno povezana s stopnjo kritja za VRP ($r_s = 0,180$). Ugotovljene povezave niso vplivale na izbiro spremenljivk, ki smo jih vključili v analizo GLM, kjer smo kot kriterij kolinearnosti uporabili VIF.

Hi-kvadrat test je pokazal značilne razlike v številu objedenega mladja za vse drevesne vrste skupaj glede na tip reliefa (Hi-kvadrat = 89,55, $sp = 8$, $p = 0,0000$).

Rezultati GLM-analize kažejo, da je objedanje bukve značilno odvisno od tipa reliefa, zastiranja skalovitosti, stopnje kritja in gostote mladja bukve (preglednica 4). Objedenost se je povečevala z zmanjševanjem skalovitosti in povečevanjem stopnje kritja in gostote mladja.

Na objedanje jelke in gorskega javorja so značilno vplivali tip reliefa, razdalja do kritja in gostota mladja



Slika 5: Delež osebkov mladja bukve, poškodovanih zaradi objedanja glede na tip reliefa (črta – mediana, okvir – kvartilni razmak, ročaj – pogojno ekstremne vrednosti, kvadrater – osamelec).

Fig. 5: Proportion of browsed beech seedlings and saplings (% poškodovanosti) according to topographical position (Tip reliefa, greben – ridge, plato – flat area between two sinkholes, pobočje – slope, ravno – larger flat area, vrtača – sinkhole) (line – median, box – quartile range, whisker – extreme values).

Preglednica 4: Rezultati GLM-analize odvisnosti števila osebkov mladja bukve, jelke in gorskega javorja poškodovanih zaradi objedanja od tipa reliefa (atributivna spremenljivka), skalovitosti, razdalje do kritja, stopnje kritja, zastiranja vegetacije in gostote mladja iste vrste.

Spremenljivka / Factor	Stopinje prostosti Degrees of freedom	Devianca Deviance	F F value	Statistična značilnost Significance
Bukev / beech		457,81		
Tip reliefa / Topographical position	4	484,04	3,29	0,01192
Skalovitost / Rock coverage	1	470,79	6,52	0,01129
Stopnja kritja / Cover level	1	473,25	7,76	0,00580
Gostota mladja bukve / Beech regeneration density	1	1074,14	309,64	0,00000
Jelka / silver fir		312,37		
Tip reliefa / Topographical position	4	330,57	3,35	0,01089
Skalovitost / Rock coverage	1	324,06	8,60	0,00370
Stopnja kritja / Cover level	1	323,95	8,53	0,00385
Gostota mladja jelke / Silver fir regeneration density	1	724,89	303,74	0,00000
Gorski javor / Sycamore maple		984,86		
Tip reliefa / Topographical position	4	1193,79	12,14	0,00000
Razdalja do kritja / Distance to cover	1	1009,46	5,72	0,01759
Stopnja kritja / Cover level	1	1001,83	3,95	0,04817
Zastiranje vegetacije / Vegetation coverage	1	1012,54	6,43	0,01186
Gostota mladja gorskega javorja / Sycamore maple regeneration density	1	2410,73	331,54	0,00000

Table 4: Results of GLM analysis testing the dependence among browsed seedlings and saplings of different tree species and topographical position (categorical factor), rock coverage, distance to cover, cover level, vegetation coverage and regeneration density.

(preglednica 4). S povečevanjem stopnje kritja in gostote mladja se je v obeh primerih objedanje povečevalo. Objedanja gorskega javorja je bilo več na lokacijah z večjim zastiranjem pritalne vegetacije.

4 RAZPRAVA

4 DISCUSSION

4.1 Gostota in drevesna sestava mladja

4.1 Density and tree species composition of regeneration

Gostote mladja so primerljive s tistimi, ki so jih ugotovili v drugih raziskavah (Ammer, 1996; Diaci in sod., 2010; Jarni in sod., 2005; Nagel in sod., 2015; Vacek in sod., 2014) in kažejo na razvoj mladja glede na svetlobne razmere. Prevlada bukve z naraščajočimi višinskimi razredi mladja ter nazadovanje jelke in gorskega javorja pa nakazujeta negativen vpliv divjadi. Nazadovanje jelke je bilo potrjeno tudi v raziskavi na Češkem (Vacek in sod., 2014), kjer je bilo v ograjenih ploskvah pomlajevanje jelke normalno, v neograjanih pa niso našli jelke, višje od 50 cm. Pomanjkanje osebkov mladja prehransko priljubljenih drevesnih vrst v višinskih razredih nad nekaj deset cm potrjuje več raziskav (Akashi in sod., 2015; Ammer in sod., 2010; Bradshaw in Waller, 2016; Cote in sod., 2004; Eiberle in Bucher, 1989; Heuze in sod., 2005; Nuttle in sod., 2013; Robič in Bončina, 1990; Senn in Suter, 2003), kar kaže na to, da je ne-

gativni vpliv prekomernega objedanja na vraščanje teh vrst v zgornje sestoje plasti zaslediti v različnih delih sveta. Pri gorskem javorju je, poleg objedanja, zelo verjetno težava tudi v zanj preslabi osvetljenosti. To ni težava pri jelki, ki je v fazi mladja bolj sencoždržna kot bukev, ki je neovirano preraščala višinske razrede.

Bukev se je uspešno pomlajevala na vseh tipih reliefa, jelke je bilo največ na grebenu, najmanj pa v vrtači. Razlogov za razlike v gostoti jelke glede na reliefni tip je lahko več. Vseh v naši raziskavi nismo obravnavali, zagotovo pa med pomembne dejavnike sodita tudi zastiranje z vegetacijo in skalovitost. Vegetacije je bilo več kot dvakrat več v vrtači, kar pomeni veliko konkurenco za jelove mladice, skalovitost, ki je bila več kot desetkrat večja na grebenu, pa boljše možnosti za skrievanje in s tem manjši pritisk na najnižjo višinsko kategorijo pomladka jelke. Rastišča na dnu vrtače ustrezajo gorskemu javorju, ki na dobre talne razmere reagira s hitro višinsko rastjo in je bolj konkurenčen zeliščni plasti, kar se kaže v njegovem prevladovanju pred drugimi drevesnimi vrstami.

4.2 Objedenost mladja

4.2 Browsing damage

V povprečju je bilo kar 70 % mladja poškodovanega zaradi objedanja, kar značilno presega priporočila za vzdržno objedanje (Ammer, 1996; Eiberle, 1985; Kup-

ferschmid in sod., 2014; Perko, 1977; Reimoser, 2003). V povprečju je bilo kar 90 % vseh osebkov gorskega javorja poškodovanih, kar je posledica velike priljubljenosti te drevesne vrste pri rastlinojedih in boljšega okrevanja po objedanju, ki omogoča preživetje osebkov in povečano možnost, da ga v raziskavi zaznamo. Pri jelki je drugače, manjši delež poškodovanih dreves (50 %) v najnižji višinski stopnji ne pomeni nujno manjšega zanimanja divjadi za to drevesno vrsto, ampak je verjetno posledica dejstva, da mnogo objedenih osebkov propade, ker v primerjavi z gorskim javorjem niso sposobni okrevanja. Nekoliko preseneča velika objedenost smreke, ki je lahko posledica redke zastopanosti vrste na preučevanem rastišču, ki povzroči povečano zanimanje za vrsto pri rastlinojedih (Bee in sod., 2010).

Glede na našo raziskavo lahko potrdimo, da tip reliefa pomembno vpliva na poškodbe mladja zaradi objedanja VRP. Reliefne značilnosti močno vplivajo na lastnosti habitatov in razpoložljivost primerne hrane za VRP, zato posredno vplivajo tudi na objedenost (Godvik in sod., 2009; Mysterud in sod., 2010). V naši raziskavi je bilo mladje bukeve in jelke najbolj poškodovano na grebenskih legah. Bukev je razširjena povsod in njena gostota je relativno enakomerno razporejena po tipih reliefa. Obenem je to vrsta, ki je srednje priljubljena pri rastlinojedcih in je zato dober indikator razlik v poškodovanosti (Hafner in sod., 2016). Večja poškodovanost grebenskih leg je posledica kombinacije dejavnikov, ki vključuje dobro dostopnost, primerno kritje in preglednost nad terenom (Vospernik in Reimoser, 2008).

V vrtačah smo zaradi domnevno slabše preglednosti in daljšega obdobja s snegom pričakovali manj poškodb kot pri drugih reliefnih tipih. Proti pričakovanjem smo veliko poškodovanost ugotovili tudi v vrtačah, kjer je bila mediana odstotkov skupne objedenosti vseh vrst kar 82. To je morda posledica močne splošne objedenosti, saj se tudi za druge reliefne tipe mediane deležev objedenih osebkov niso spustile pod 70, obenem pa je bilo zastiranje vegetacije v vrtačah večje, kar povečuje privlačnost tega tipa reliefa za VRP (Partl in sod., 2002).

Bivariatne in multivariatne analize vpliva različnih dejavnikov na objedanje so pokazale velik vpliv stopnje kritja za VRP in razdalje do kritja za VRP na poškodovanost mladja. Več objedanja smo za vse tri drevesne vrste zabeležili na lokacijah, kjer je bila stopnja kritja večja, kar je bilo pričakovano, saj kritje značilno vpliva na prostorski razpored populacij VRP (Reimoser, 2003). Po nekaterih raziskavah je kritje za VRP pomembnejše od kakovosti in dostopnosti hrane (Mysterud in Ostbye, 1999), kar potrjujejo tudi rezultati naše raziskave. V primeru relativno sklenjenih odra-

sljih sestojev, v katerih je potekala tudi naša raziskava, je prehodnost in preglednost znotraj sestoja relativno dobra in je pomen kritja velik. Pomemben dejavnik pri zagotavljanju kritja za VRP v teh gozdovih je, glede na našo raziskavo, mladje bukeve, saj je bila stopnja kritja značilno pozitivno povezana z gostoto bukovega mladja. Za gorski javor smo ugotovili tudi značilno zmanjševanje objedenosti s povečevanjem razdalje do kritja za VRP, ki je tudi po mnenju drugih raziskovalcev pomemben dejavnik za razlike v objedanju (Mysterud in Ostbye, 1999; Partl in sod., 2002). Pomemben dejavnik, ki vpliva na objedenost, je gostota mladja posamezne drevesne vrste. Večja ponudba hrane, še posebej če gre za priljubljene vrste, lahko podaljša čas zadrževanja VRP na določeni lokaciji in poveča poškodbe zaradi objedanja.

Eden izmed razlogov za izbor lokacij raziskave so bile tudi informacije lokalnih gozdarskih strokovnjakov, ki so poročali o relativno dobrem stanju glede pomlajevanja v primerjavi s centralnim delom območja jelovo-bukovih gozdov (Rog). Razlog za boljše stanje naj bi bile manjše gostote VRP zaradi slabših habitatnih razmer (večji deleži severnih in zahodnih leg) (Alves in sod., 2014) in manjše intenzivnosti krmljenja na novomeški strani Roga. Pričakovanjem navkljub so bili deleži poškodovanega mladja veliki, vrstna sestava mladja večjih višinskih razredov pa revna. Do podobnih ugotovitev za popisno enoto Rog (znotraj te popisne enote je tudi naš objekt) so za obdobje med letoma 2010 in 2017 prišli tudi strokovnjaki na ZGS, ki so ugotovili povečanje deleža poškodovanih osebkov mladja (Terglav in sod., 2017). Ugotovili so veliko zmanjšanje števila popisnih ploskev z jelko med letoma 2010 in 2014 v zgornjem višinskem razredu R4 (100–150 cm), v katerem leta 2014 niso več našli osebkov jelke na popisnih ploskvah (Hafner in sod., 2016).

Čim večja primes gorskega javorja in jelke je v dinarskih jelovo-bukovih gozdovih zaželeno tako z ekološkega kot ekonomskega vidika. Gorski javor se v ohranjenih jelovo-bukovih gozdovih pojavlja v manjših deležih, medtem ko je jelka osnovna graditeljica teh sestojev. Gostote mladja gorskega javorja in jelke so na meji tistih, ki so potrebne za uspešen razvoj v razmeroma normalnih okoliščinah (Eiberle, 1985; Reimoser, 2003), poškodovanost zaradi objedanja pa je v intervalu od 70–90 %, kar pomeni, da normalen razvoj teh dveh vrst na lokacijah raziskave trenutno ni mogoč. Slednje potrjuje drevesna sestava mladja glede na višino, ki kaže prekinitev prehajanja obeh vrst v večje višinske razrede. Vpliv drugih dejavnikov na objedenost mladja se s povečevanjem gostot VRP zmanjšuje (Beguin in sod., 2009; Nuttle in sod., 2013) in gojitveni

ukrepi so pri pospeševanju določene drevesne vrste učinkoviti samo, ko imamo dovolj kakovostno in številčno pomlajevanje vseh drevesnih vrst, s katerimi želimo gospodariti (Reimoser, 2003; Roženberger in sod., 2017).

Naša raziskava je potrdila vpliv reliefnih značilnosti in strukture sestojev v smislu zagotavljanja kritja na objedenost mladja. Z gozdnogojitvenimi ukrepi na prvi dejavnik ne moremo vplivati, na drugega pa lahko le delno. Dodatni gozdnogojitveni ukrepi v smislu zmanjševanja objedenosti, kot sta povečevanje deležev mlajših razvojnih faz in intenzivnejša obnova gozdov (Roženberger in sod., 2017), pri velikih gostotah VRP nimajo učinka (Ammer, 1996; Beguin in sod., 2009).

Preden začnemo z ukrepanjem, si moramo jasno in nedvoumno postaviti cilje, ki jih v dinarskih jelovo-bukovih gozdovih želimo doseči. Če je med njimi pestrejši gozd, ki vključuje jelko, gorski javor pa tudi katero od manjšinskih vrst, ki se pojavljajo v tem območju, v vsaj takih deležih, kot jih imamo trenutno v zgornji drevesni plasti, potem bo treba nadaljevati z bolj intenzivnim upravljanjem z VRP v smislu zmanjševanja njihovih gostot na najbolj ogroženih območjih (Ammer, 1996; Myserud in sod., 2010), med katere zagotovo sodi tudi objekt te raziskave (Ficko in sod., 2018; Hafner in sod., 2016; Terglav in sod., 2017).

5 SUMMARY

Ungulates play a key role in defining forest structure, compositional diversity, and development. They can exert a strong negative impact through long-term intense browsing of regeneration. In such cases, when the densities of ungulates are high, forest regeneration is severely disturbed, which can result in long term changes in tree species composition. In Dinaric silver fir-beech forests of Slovenia, ungulate densities have been high for decades and different studies show that this results in insufficient or even absent recruitment of silver fir and sycamore maple, the two main admixed tree species in beech stands. The intensity of browsing damage to regeneration varies at relatively small distances, which depends upon the local distribution of ungulates. Their distribution is probably influenced by topography, food sources, and cover. The objective of our research was therefore to determine how habitat characteristics and topography influence browsing damage.

The study was performed in the area of 58 ha in beech dominated forest with admixed silver fir (16–26 % in living stand volume) and sycamore maple (6–14 % in living stand volume). Altitudes were between 875–970 m and the parent material was limestone. Tran-

sects were established inside the research area and 3 × 3 m plots were systematically placed on the transects. Several parameters were measured or estimated on each plot, including basic ecological conditions, tree regeneration, vegetation, cover, topographical position and browsing damage.

The total density of regeneration was around 16,000 per ha, of which 45 % was beech, 33 % sycamore maple, and 21 % silver fir. In total, 70 % of seedlings and saplings were browsed. The proportion of browsed seedlings and saplings varied among tree species and amounted to 90 % for sycamore maple, 68 % for silver fir, and 55 % for beech. Significant differences were confirmed for browsing damage according to topographical position. The browsing damage rate was 100 % on ridges, which was followed by sinkholes, with 82 % damage. The remaining topographical positions had browsing damage rates of around 70 %. In addition to topography, distance to cover had a significant influence on browsing damage, which decreased with increasing distance to cover.

Silver fir and sycamore maple are ecologically and economically important admixed tree species in the upper canopy of Dinaric silver fir-beech forest. At the same time, these two species are high on the list of palatability and their browsing damage rates are high. According to the results of our study, the recruitment of both species into higher social stand layers was not successful in the past decades. At current regeneration densities of both species and recorded browsing rates, this recruitment failure is not expected to change in the near future. Therefore, to keep silver fir and sycamore maple as an important part of future forests, silvicultural measures alone will not be sufficient. Furthermore, ungulate populations should be managed towards reducing their densities, especially in the most vulnerable areas, which include the area of this research.

6 VIRI

6 REFERENCES

- Akashi N., Unno A., Terazawa K. 2015. Significance of woody browse preferences in evaluating the impact of sika deer browsing on tree seedlings. *Journal of Forest Research*, 20, 4: 396–402.
- Alves J., da Silva A.A., Soares A.M.V.M., Fonseca C. 2014. Spatial and temporal habitat use and selection by red deer: The use of direct and indirect methods. *Mammalian Biology*, 79, 5: 338–348.
- Ammer C. 1996. Impact of ungulates on structure and dynamics of natural regeneration of mixed mountain forests in the Bavarian Alps. *Forest Ecology and Management*, 88, 1–2: 43–53.
- Ammer C., Knoke T., Wagner S. 2010. *Der Wald-Wild-Konflikt. Analyse und Lösungsansätze vor dem Hintergrund rechtlicher, ökologischer und ökonomischer Zusammenhänge.* (Göttinger Forstwissenschaften, (ur.) Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen: 202 str.

- Bee J.N., Tanentzap A.J., Lee W.G., Lavers R.B., Mark A.F., Mills J.A., Coomes D.A. 2009. The benefits of being in a bad neighbourhood: plant community composition influences red deer foraging decisions. *Oikos*, 118, 1: 18–24.
- Bee J.N., Wright D.M., Tanentzap A.J., Lee W.G., Lavers R.B., Mills J.A., Mark A.F., Coomes D.A. 2010. Spatio-temporal feeding selection of red deer in a mountainous landscape. *Austral Ecology*, 35, 7: 752–764.
- Beguín J., Pothier D., Prevost M. 2009. Can the impact of deer browsing on tree regeneration be mitigated by shelterwood cutting and strip clearcutting? *Forest Ecology and Management*, 257, 1: 38–45.
- Beguín J., Tremblay J.P., Thiffault N., Pothier D., Cote S.D. 2016. Management of forest regeneration in boreal and temperate deer-forest systems: challenges, guidelines, and research gaps. *Ecosphere*, 7, 10: 1–16.
- Bradshaw L., Waller D.M. 2016. Impacts of white-tailed deer on regional patterns of forest tree recruitment. *Forest Ecology and Management*, 375, 1–11.
- Cote S.D., Rooney T.P., Tremblay J.P., Dussault C., Waller D.M. 2004. Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 35, 113–147.
- Diaci J., Roženberger D., Nagel T.A. 2010. Sobivanje jelke in bukve v Dinaridih: usmeritve za ohranitveno gospodarjenje z jelko. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 91, 1–96.
- Eiberle K. 1985. Kriterien zur Beurteilung des Wildverbisses bei der Weisstanne. *ETH Zürich*, 136, 5: 399–414.
- Eiberle K., Bucher H. 1989. Interdependence between Browsing of Different Tree Species in a Selection Forest Region. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, 35, 4: 235–244.
- Eiberle K., Nigg H. 1983. Über die Folgen des Wildverbisses an Fichte und Weisstanne in montaner Lage. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 131, 4: 311–326.
- Ficko A., Roessiger J., Bončina A. 2018. Optimizing silviculture in mixed uneven-aged forests to increase the recruitment of browse-sensitive tree species without intervening in ungulate population. *Iforest-Biogeosciences and Forestry*, 11, 227–236.
- Fuller R.J., Gill R.M.A. 2001. Ecological impacts of increasing numbers of deer in British woodland. *Forestry*, 74, 3: 193–199.
- Geiger R., Aron R.H., Todhunter P. 2009. The climate near the ground. (Geiger, R., Aron, R.H., Todhunter, P., 2009. The climate near the ground. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, Wiesbaden, 528 s., (ur.) Wiesbaden, Vieweg & Sohn, Braunschweig: 528 str.
- Gill R. 2006. The influence of large herbivores on tree recruitment and forest dynamics. V: *Large Herbivore Ecology, Ecosystem Dynamics and Conservation*. Pastor J. in sod. (ur.). (Large Herbivore Ecology, Ecosystem Dynamics and Conservation, Cambridge, Cambridge University Press: 170–202.
- Gill R.M.A. 1992. A Review of Damage by Mammals in North Temperate Forests. 1. Deer. *Forestry*, 65, 2: 145–169.
- Godvik I.M.R., Loe L.E., Vik J.O., Veiberg V., Langvatn R., Mysterud A. 2009. Temporal scales, trade-offs, and functional responses in red deer habitat selection. *Ecology*, 90, 3: 699–710.
- Hasler H., Senn J. 2012. Ungulate browsing on European silver fir *Abies alba*: the role of occasions, food shortage and diet preferences. *Wildlife Biology*, 18, 1: 67–74.
- Hemami M.R., Watkinson A.R., Dolman P.M. 2004. Habitat selection by sympatric muntjac (*Muntiacus reevesi*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) in a lowland commercial pine forest. *Forest Ecology and Management*, 194, 1–3: 49–60.
- Henry B.A.M. 1981. Distribution Patterns of Roe Deer (*Capreolus-Capreolus*) Related to the Availability of Food and Cover. *Journal of Zoology*, 194, Jun: 271–275.
- Heuze P., Schnitzler A., Klein F. 2005. Consequences of increased deer browsing winter on silver fir and spruce regeneration in the Southern Vosges mountains: Implications for forest management. *Annals of Forest Science*, 62, 2: 175–181.
- Hidding B., Tremblay J.P., Cote S.D. 2013. A large herbivore triggers alternative successional trajectories in the boreal forest. *Ecology*, 94, 12: 2852–2860.
- Hough A.F. 1945. Frost Pocket and Other Microclimates in Forests of the Northern Allegheny Plateau. *Ecology*, 26, 3: 235–250.
- Jarni K., Robič D., Bončina A. 2005. Analiza vpliva parkljaste divjadi na pomlajevanje dinarskega jelovo-bukovega gozda na raziskovalni ploskvi Trnovec v Kočevskem gozdnogospodarskem območju. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 74, 141–164.
- Kamler J., Homolka M., Barančková M., Krojerová-Prokešová J. 2010. Reduction of herbivore density as a tool for reduction of herbivore browsing on palatable tree species. *European Journal of Forest Research*, 129, 2: 155–162.
- Klopčič M., Jerina K., Bončina 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, 3: 277–288.
- Kupferschmid A.D., Wasem U., Bugmann H. 2014. Light availability and ungulate browsing determine growth, height and mortality of *Abies alba* saplings. *Forest Ecology and Management*, 318, 359–369.
- Mysterud A. 1999. Seasonal migration pattern and home range of roe deer (*Capreolus capreolus*) in an altitudinal gradient in southern Norway. *Journal of Zoology*, 247, 479–486.
- Mysterud A., Askildrud H., Loe L.E., Veiberg V. 2010. Spatial patterns of accumulated browsing and its relevance for management of red deer *Cervus elaphus*. *Wildlife Biology*, 16, 2: 162–172.
- Mysterud A., Ostbye E. 1999. Cover as a habitat element for temperate ungulates: effects on habitat selection and demography. *Wildlife Society Bulletin*, 27, 2: 385–394.
- Nagel T.A., Diaci J., Jerina K., Kobal M., Roženberger D. 2015. Simultaneous influence of canopy decline and deer herbivory on regeneration in a conifer-broadleaf forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 45, 265–274.
- Nuttle T., Royo A.A., Adams M.B., Carson W.P. 2013. Historic disturbance regimes promote tree diversity only under low browsing regimes in eastern deciduous forest. *Ecological Monographs*, 83, 1: 3–17.
- Partl E., Szinovatz V., Reimoser F., Schweiger-Adler J. 2002. Forest restoration and browsing impact by roe deer. *Forest Ecology and Management*, 159, 1–2: 87–100.
- Perko F. 1977. Vplivi divjadi na naravno obnovo jelovih in bukovih gozdov na visokem Krasu. *Gozdarski vestnik*, 35, 5: 191–204.
- Metode in prvi izsledki kvantificiranja vpliva divjadi na gozdno vegetacijo. 1982. (ur.). Ljubljana, 121–161 str.
- Reimoser F. 2003. Steering the impacts of ungulates on temperate forests. *Journal for Nature Conservation*, 10, 4: 243–252.
- Reimoser F., Gossow H. 1996. Impact of ungulates on forest vegetation and its dependence on the silvicultural system. *Forest Ecology and Management*, 88, 1–2: 107–119.
- Robič D., Bončina A. 1990. Sestava in struktura naravnega mladovja bukve in jelke v dinarskem jelovem bukovju ob izključitvi vpliva rastlinojede parkljaste divjadi. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 36, 69–78.
- Rozman A., Diaci J., Krese A., Fidej G., Roženberger D. 2015. Forest regeneration dynamics following bark beetle outbreak in Norway spruce stands: Influence of meso-relief, forest edge distance and deer browsing. *Forest Ecology and Management*, 353, 196–207.
- Roženberger D., Nagel T.A., Fidej G., Diaci J. 2017. Veliki rastlinojedi parkljarji, obnova, struktura in funkcije gozdov v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 75, 9: 373–382.

- Senn J., Suter W. 2003. Ungulate browsing on silver fir (*Abies alba*) in the Swiss Alps: beliefs in search of supporting data. *Forest Ecology and Management*, 181, 1–2: 151–164.
- Takatsuki S. 2009. Effects of sika deer on vegetation in Japan: A review. *Biological Conservation*, 142, 9: 1922–1929.
- Tanentzap A.J., Bazely D.R., Koh S., Timciska M., Haggith E.G., Carleton T.J., Coomes D.A. 2011. Seeing the forest for the deer: Do reductions in deer-disturbance lead to forest recovery? *Biological Conservation*, 144, 1: 376–382.
- Tanentzap A.J., Burrows L.E., Lee W.G., Nugent G., Maxwell J.M., Coomes D.A. 2009. Landscape-level vegetation recovery from herbivory: progress after four decades of invasive red deer control. *Journal of Applied Ecology*, 46, 5: 1064–1072.
- Turk V., Kastelic A., Hartman T. 1985. *Gozdni rezervati Slovenije – Pragozd Pečka*: (Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Biotehniška fakulteta). Ljubljana: 75 str.
- Vacek Z., Vacek S., Bilek L., Kral J., Remes J., Bulusek D., Kralicek I. 2014. Ungulate Impact on Natural Regeneration in Spruce-Beech-Fir Stands in Cerny dul Nature Reserve in the Orlicke Hory Mountains, Case Study from Central Sudetes. *Forests*, 5, 11: 2929–2946.
- Vospersnik S., Reimoser S. 2008. Modelling changes in roe deer habitat in response to forest management. *Forest Ecology and Management*, 255, 3–4: 530–545.
- Zuur A., Ieno E.A., Walker N., Saveliev A.A., Smith G.M. 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. (ur.) Springer-Verlag New York: str.