



# ZLATOROGOV ZBORNIK

Letnik/volume VIII, številka/number 8,  
strani/pages 1-77, 2021, ISSN 2232-6499



Lovska zveza *Slovenije*

## **Impresum/Impresum**

ZLATOROGOV ZBORNIK/  
*GOLDHORN BULLETIN*  
Znanstveno glasilo Lovske zveze Slovenije/*Scientific journal of the Hunters Association of Slovenia*  
ISSN 2232-6499

Izdajatelj/Publisher: Lovska zveza Slovenije in Strokovno-znanstveni svet pri Lovski zvezi Slovenije/  
*The Hunters Association of Slovenia and the Expert scientific council of the Hunters Association of Slovenia*

Glavni in odgovorni urednik/Editor-in-Chief:  
prof. dr. Ivan Kos

Tehnična urednica/Technical editor:  
Urša Kmetec

Uredniški odbor/Editorial board: dr. Krunoslav Pintur, prof. dr. Nikica Šprem, prof. dr. Boštjan Pokorný, prof. dr. Klemen Jerina, prof. dr. Rajko Bernik.

Recenzenti/Reviewers: prof. dr. Boštjan Pokorný, dr. Hubert Potočnik, prof. dr. Klemen Jerina, prof. dr. Ivan Kos, prof. dr. Gorazd Venguš, dr. Katarina Flajšman.

Lektorica/Language editor: Marjetka Šivic

Prelom/Typesetting: Medias kreativ, d. o. o.

Prevodi/Translation:  
Alkemist, prevajalske storitve, d. o. o.

Tisk/Print: Orbis print d. o. o.

Naklada/Circulation: 1000 izvodov/copies

©Revija, vsi v njej objavljeni prispevki, preglednice, grafikoni in skice so avtorsko zavarovani. Za uporabo, ki je zakon o avtorskih pravicah ne dopušča, je potrebno soglasje izdajatelja. To posebej velja za razmnoževanje (kopiranje), obdelavo podatkov, prevajanje, shranjevanje na mikrofilme in shranjevanje ter obdelavo v elektronskih sistemih. Dovoljeno je kopiranje za osebno rabo v raziskavah in študijah, kritiko in v preglednih delih.

Mnenje avtorjev ni nujno mnenje uredništva.

©*The magazine and all the articles, tables, charts and sketches published in it are protected by copyright. For any use not permitted by the Copyright Act, an approval of the issuer must be obtained. This especially concerns reproduction (copying), data processing, translation, storing on microfilms and storing and processing within electronic systems. Copying for personal use for research and studies, critique and reviews is allowed.*

*The opinion of the authors is not necessarily the opinion of the Editorial Board.*

Revija je v PDF-obliku objavljena na spletni strani Lovske zveze Slovenije.

*The journal is in PDF format published on the website of the Hunters Association of Slovenia.*

Naslov/Contact:  
Lovska zveza Slovenije – za Zlatorogov zbornik  
Župančičeva ulica 9  
SI-1000 Ljubljana  
Slovenija  
Tel.: 00 386 1 24 10 910  
E-naslov: lzs@lovska-zveza.si



# ZLATOROGOV ZBONIK





## Ob izidu osme številke Zlatorogovega zbornika

Spoštovani,

pred nami je že osma številka Zlatorogovega zbornika, znanstvenega glasila Lovske zveze Slovenije, ki ima jasno poslanstvo. Ključno izhodišče je, da lovcem in zainteresirani znanstveni, strokovni ter laični javnosti približamo najnovejša spoznanja raziskovalnega dela s širokega področja lovstva. Zavedamo se, da so raziskovalne vsebine prvenstveno vezane na uveljavljena znanstvena področja, a jih lahko združujemo tudi pod kapo lovstva. Lovstvo namreč v 21. stoletju prepoznavamo kot kompleksno dejavnost, ki nujno potrebuje dobro znanstveno podporo. Kot je v znanosti že dolgo znano, potrebujemo v kompleksnem okolju eksaktna znanstvena spoznanja, ki šele kot taka - preverjena lahko prispevajo k kompleksnejšem strokovnem delovanju. Prav na znanju temelječe delovanje se je v človeški zgodovini že mnogokrat izkazalo kot edino uspešno oziroma, modernejše rečeno, trajnostno.

Prenos raziskovalnih ugotovitev širši skupnosti je osnova naše civilizacije in vsestranskega razvoja na različnih področjih. In prav tu je drugo ključno poslanstvo Zlatorogovega zbornika. S še posebnim povabilom mladim raziskovalcem preko nagajevanja dobrih in odličnih študentskih del smo spodbudili ustvarjalnost znanstvenega dela. Kakor vemo, je znanstveno delo sestavljeno iz kakovostnega raziskovanja, ključni del predstavlja predstavitev raziskovalnih ugotovitev širši javnosti, kar je doseženo z objavo v znanstvenih revijah. In Zlatorogov zbornik je ob upoštevanju ključnih izhodišč znanstvenih publikacij z ustreznim – recenzentskim pregledom predloženih prispevkov vsekakor

publikacija, ki daje znanstveno verodostojnost prispevkom. Za mlade raziskovalce je proces objave znanstvenega prispevka pomembna izkušnja, ki sledi osnovnemu univerzitetnemu oziroma drugim oblikam izobraževanja.

Tako imamo v tej številki predstavljenih kar šest prispevkov mladih, ki so z raziskovalnimi študentskimi nalogami ob pomoči mentorjev in sodelavcev obravnavali različne tematike. Tako je v prispevku Marolta in Diacija obravnavana aktualna problematika odnosa rastlinojeda divjad in drevesne vrste, s poudarkom vpliva reliefa na objedanje mladovja posameznih drevesnih vrst. V primeru jelenjadi, kot prevladajoče rastlinojede vrste divjadi je relief pomemben okoljski dejavnik. V prispevku Robarja in Jerine je predstavljena metodologija ocenjevanja številčnosti srnjadi s poudarkom na primerjavi treh metodologij, ki so v primeru zaprte populacije v lovišču Pšata podale primerljive rezultate. Lan Hočev var je ugotavljal značilnosti dnevnih počivališč pri evrazijskem risu v slovenskih razmerah in ugotovil, da so risi izbirali lokacije na višjih nadmorskih višinah, z večjimi nakloni, na gorskih grebenih ter v bližini skalnih polic oziroma sten. Izogibali so se človeškim objektom. Capuder in Jerina sta opravila pregled rodnosti pri rjavem medvedu ter na osnovi obstoječih podatkov ovrednotila povezave med določenimi dejavniki in rodnostjo. Ugotovila sta, da je rodnost pri rjavem medvedu v različnih populacijah precej podobna ter da ni bistveno odvisna od obravnavanih dejavnikov, kot so krmljenje, odstrel oziroma geografska širina. Rupnikova s sodelavci je analizirala morfološko variabilnost v velikosti in obliki leve spodnje čeljustnice

## Uvodnik

navadnega jelena v času ontogenetskega razvoja oziroma med različnimi območji v Sloveniji. Ugotovili so, da obstajajo razlike v velikosti in obliki čeljustnic med različnimi območji. Banič s sodelavci je obravnavala prehajanje sesalcev preko avtoceste na odseku Vrhnika Postojna ter potrdila selektivnost obstoječih možnih prehodov in potrebo po nadalnjem monitoringu prehajanja ter uvajanja omilitvenih ukrepov.

Prepričan sem, da so pričujoči prispevki pomemben korak v dialektiki znanja in da bodo spodbudili nadaljnja raziskovanja, pa tudi izpopolnjevali posamezna strokovna spoznanja. Pričakujem, da bomo njihova nadaljevanja lahko spremljali tudi v prihodnjih številkah Zlatorogovega zbornika.

Vabim avtorje teh prispevkov pa tudi druge raziskovalce, da z nami delijo svoja spoznanja in ugotovitve z novimi prispevki.

Zahvaljujem se vodstvu Lovske zveze Slovenije, članom Strokovno-znanstvenega sveta ter slehernemu slovenskemu lovcu za podporo pri izvajanju teh aktivnosti. Zahvala tudi Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano za podporo pri izvajanju izobraževalnih in publicističnih aktivnosti Lovske zveze Slovenije.

Pri izhajjanju takšne publikacije ima ključno vlogo mednarodni uredniški odbor ter izbrani recenzenti. S svojo strokovnostjo in referencami odločilno prispevajo k uresničevanju poslanstva Zlatorogovega zbornika. Pomemben je tudi prispevek lektorice, oblikovalcev in tudi naše tehnične urednice. Hvala vsem sodelujočim.

Prof. dr. Ivan Kos,  
glavni in odgovorni urednik

## Vpliv reliefa na objedenost drevesnega mladja v jelovo-bukovih gozdovih na Kočevskem

*Influence of relief on tree browsing in fir-beech forest stands in the Kočevsko region*

Gregor Marolt<sup>1</sup>, Jurij Diaci<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Celovška cesta 161, 1000 Ljubljana; marolt.gregor97@gmail.com

<sup>2</sup>Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire,  
Večna pot 83, 1001 Ljubljana

### Izvleček

Veliki rastlinojedi parkljarji s prehranjevanjem z mladjem drevesnih vrst vplivajo na obnovo gozda, na zmes mladja in delež drevesnih vrst v prihodnosti. V raziskavi smo proučili vpliv izbranih rastiščnih dejavnikov glede na tip mezorelifa na stopnjo objedenosti gozdnega mladja. Meritve smo izvedli na 196 ploskvah v jelovo-bukovih gozdovih v Gozdnogospodarski enoti (GGE) Grčarice, del pa tudi v GGE Stojna. Na ploskvah smo prešteli vse mladje in ga ločili glede na drevesno vrsto, višino in poškodovanost. Ocenili smo tudi povezavo objedenosti z različnimi okoljskimi dejavniki. Skupaj je bilo objedenega 58 % mladja, največ (povprečno 83%) na ravnem mezorelifu. Najbolj objedeni drevesni vrsti sta bili jelka (*Abies alba*) z 72 % in gorski brest (*Ulmus glabra*) z 71 %. S statističnimi analizami smo potrdili vpliv reliefa na stopnjo objedenosti drevesnega mladja. Delež objedenosti se je zmanjševal z večanjem naklona in težjo dostopnostjo terena oziroma lokacije mladja. Povezava med kritjem in objedanjem ni bila enoznačna. Objedenost mladja se je povečevala z oddaljenostjo do kritja do 30 metrov razdalje, največje objedanje pa smo zabeležili pri najmanjši stopnji kritja. Oboje je v prid večjemu objedanju pri boljši preglednosti, kar je verjetno posledica prevladujočega objedanja jelenjadi (*Cervus elaphus*).

**Ključne besede:** objedenost drevesnega mladja, veliki rastlinojedi parkljarji, mezorelief, drevesne vrste, pomlajevanje.

### Abstract

*Large herbivores that feed on tree seedlings affect the natural regeneration of forest, the mixture of seedlings, and the future composition of tree species. In this study, we analysed the influence of selected habitat factors related to the type of relief on the browsing of different tree species. We carried out measurement on 196 plots, predominantly in fir-beech stands, in GGE Grčarice and on some plots in GGE Stojna. We examined all seedlings on the plots by tree species, height and damage. We also assessed the ecological factors of the relief. We found that 58% of all seedlings were browsed, most of them on flat relief (average 83%). The most severely browsed tree species was silver fir (*Abies alba*) with 72%, followed by mountain elm (*Ulmus glabra*) with 71%. Statistical analyses confirmed the correlation between the accessibility of the terrain and browsing damage to seedlings. With increasing inclination and accessibility of the terrain, the rate of damaged seedlings decreased. Browsing of seedlings increased with increasing distance to the shelter to a distance of approx. 30 m, but the highest browsing was observed at the*

*lowest level of shelter. This indicates increasing browsing with overall better visibility, which is probably due to the predominant browsing by red deer (*Cervus elaphus*).*

**Keywords:** *browsing, large herbivores, mesorelief, tree species, regeneration.*

## 1 Uvod

Gozdovi so ekosistemi, sestavljeni iz rastlinskega in živalskega sveta ter številnih mikroorganizmov, ki so med seboj povezani. Tako rastline vplivajo na živali in obratno. Veliki rastlinojedi parkljari različno vplivajo na ekosistem. S prehranjevanjem z mladjem drevesnimi vrstami vplivajo na podobo gozda, na pomlajevanje in njegovo obnovo, s tem pa vplivajo na zgradbo in drevesno sestavo gozda v prihodnosti. Z objedenjem mladja in s poškodbami na drevesih starejših razvojnih faz vplivajo tudi na vitalnost dreves in kakovost lesa, s tem pa zmanjšujejo prihodek pri pridobivanju gozdnih lesnih proizvodov. Raziskovalci (npr. Pokorný in sod., 2017; Roženberger in sod., 2017) poudarjajo pomen sodelovanja gozdnogojitvenega in lovskoupravljavskega načrtovanja, da bi na določenem območju z uravnavanjem gostot populacij prostozivečih živali lahko dosegali vnaprej postavljene gozdnogojitvene cilje.

V številnih državah so prostoziveči parkljari prepoznani kot pomemben obnovljiv naravni oz. ekonomski vir za divjačino in lovni turizem, kot ključne vrste kopenskih ekosistemov pomembno vplivajo na biotsko pestrost in razvoj kopenskih ekosistemov (Csányi in sod., 2014). Njihovo prisotnost in številčnost je zaradi ekosistemskih vlog treba upoštevati kot priložnost, ne pa kot motnje (Apollonio in sod., 2017; Pokorný in sod., 2017). Po drugi strani veliki rastlinojedi parkljari s selektivnim objedenjem, drgnjenjem, lupljenjem in teptanjem vplivajo na sestojno zmes, zgradbo ter kakovost sestojev. Z ukrepi, ki povečujejo prehransko zmogljivost gozdnih sestojev za rastlinojedce in omogočajo hitrejše

preraščanje drevesnega mladja v višje plasti, lahko deloma omilimo vpliv objedanja. Vendar pa so ukrepi učinkoviti le do določene gostote velikih rastlinojedcev; ko je le-ta presežena, z njimi ne moremo več bistveno vplivati na poškodbe mladja (Roženberger in sod., 2017).

Klevišar (2016) je v svoji diplomski nalogi ugotavljal vpliv mezorelifa na objedenje mladja v jelovo-bukovih gozdovih v Gozdnogospodarski enoti (GGE) Mirna gora. V mladju je bil največji delež bukev (*Fagus sylvatica*), najbolj objedena drevesna vrsta je bil gorski javor (*Acer pseudoplatanus*). Največjo stopnjo objedenosti je ugotovil na grebenu.

Diaci in sod. (2011) navajajo, da so za dinarske jelovo-bukove gozdove okvirne ciljne vrednosti za mladje jelke (*Abies alba*) do višine treh metrov 1500–2500 osebkov na hektar oz. vsaj 20–30 % osebkov v zmesi mladja. Ugotavlja, da je jelka zelo priljubljena vrsta v prehrani velikih rastlinojedih parkljarjev. Posledica objedanja pa je velika zaradi majhne ponudbe hrani in svetlobe v poznih razvojnih fazah, pomanjkanja prostora za shranjevanje zalog v steblu ali koreninah, počasnega obnavljanja iglic in vej. Jelka tudi nima sekundarnih metabolitov, ki bi služili kot popolno kemično odvračalo pred objedanjem.

Jerina (2011) je ugotovil, da na poškodovanost mladja najbolj vplivajo lokalne desetletne gostote navadnega jelena/jelenjadi (*Cervus elaphus*), saj se spremembe v odnosih med rastlinojedi in vegetacijo kažejo z določenim časovnim zamikom. Ugotavlja tudi, da je poškodovanost mladja obratno sorazmerna z gostoto mladja na ploskvi. Na delež objedenosti mladja vpliva tudi morebitno zimsko (dopolnilno) krmljenje, količina krme, število krmišč oz. oddaljenost do najbližjega krmišča. Z intenzivnostjo krmljenja jelenjadi se povečuje poškodovanost mladja.

Objedenost gozdnega mladja je bila v popisni enoti Goteniško pogorje (na tem območju smo opravljali meritve v okviru naše raziskave) v treh

Izvirni znanstveni članek

novejših popisih, ki jih je opravil Zavod za gozdove Slovenije: 33 % (leta 2010), 29,5 % (2014) in 29,0 % (2017) (Terglav in sod., 2017).

Mysterud in Ostbye (1999) sta ugotovila, da se evropska srna/srnjad (*Capreolus capreolus*) raje prehranjuje v območjih, kjer je kritja več, jelenjad pa tam, kjer je kritja manj in ima večji pregled nad okolico. Pozitivno povezanost med kritjem in objedenostjo mladja po srnjadi so potrdili tudi Partl in sod. (2002).

Namen raziskave je bil raziskati vpliv velikih rastlinojedih parkljarjev na pomlajevanje drevesnih vrst glede na relief in rastiščne dejavnike ter proučiti poškodbe mladja drevesnih vrst zaradi objedanja.

## 2 Metode dela

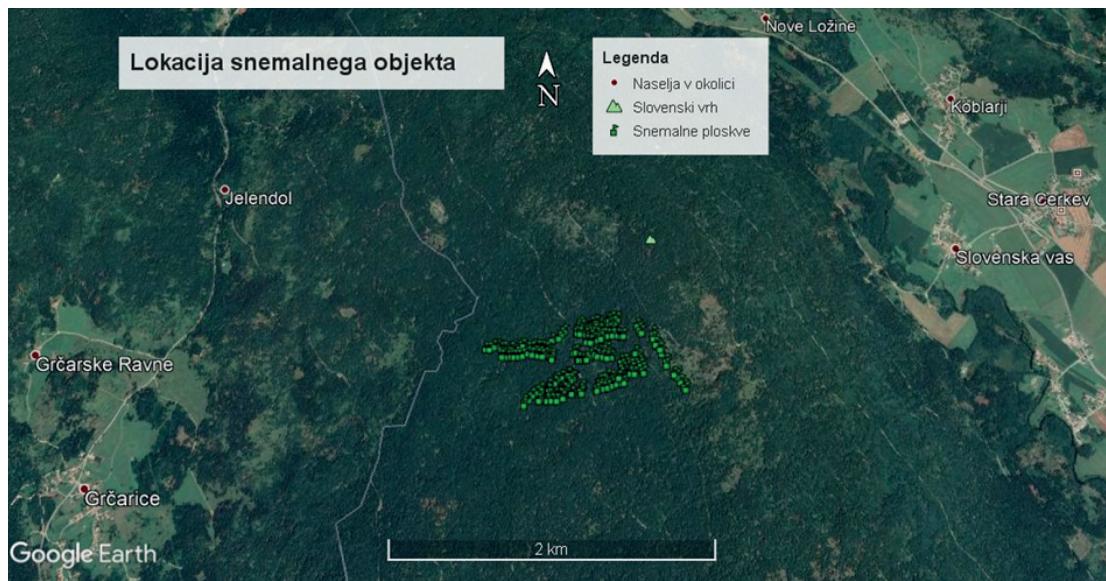
Terenske meritve smo opravili na območju Območne enote (OE) Zavoda za gozdove (ZGS) Kočevje, GGE Grčarice, oddelek 16151 (slika 1). Površina oddelka je 45,58 ha, nadmorska višina pa od 705 do 905 metrov. Gre za dinarske jelovo-bukove gozdove na globokih tleh, kamnina je apnenec. V oddelku prevladuje gozdna združba *Omphalodo-Fagetum*. Sestoji so raznодobni, prevladujejo dvoslojni debeljaki z jelko v zgornjem sloju in bukvijo v zgornjem in srednjem, dobro se pomlajuje bukev. V lesni zalogi najdemo bukev, 45 %, jelko, 40 %, smreko (*Picea abies*), 11 %, in gorski javor, 3 %. V oddelku je gozd v celoti v državni lasti (ZGS, 2015). Nekaj ploskev mezoreliefja »greben« pa smo izmerili v sosednjem oddelku 06028, GGE Stojna. Na območju med velikimi rastlinojedi prevladuje jelenjad. Več podrobnosti o območju raziskave in vzorčnih ploskvah je dostopno v Marolt (2020).

V oddelku smo postavili transekte, širine 20 metrov, vzporedno s potekom meje oddelka. Ploskev smo merili na vsakih 20 metrov transekta. Če je le-ta sekal vrtačo, smo tam postavili dve ploskvi: eno na sredini vrtače, drugo pa na njenem pobočju. Pri izračunih smo podatke, izmerjene na

sredini in na pobočjih vrtače, združili. Snemalne ploskve so bile velikosti 3 x 3 metre. Ploskev smo premaknili, če je bil na tistem delu, kjer bi morala biti ploskev, razvoj mladja onemogočen (npr. vlaka, skale, ostanki dreves). Popisali smo 196 ploskev (slika 1).

Na vsaki smo popisali naslednje lastnosti terena: tip mezoreliefja (kategorije: ravno (naklon  $< 10^\circ$ ), pobočje (naklon  $\geq 10^\circ$ ), vrtača, pobočje vrtače, plato, greben); zastiranje po drevesnih vrstah; skupno zastiranje (pritralna vegetacija (%)) kamnitost in skalovitost (%), ostanki dreves s premerom  $> 5$  cm (%)); naklon (%); prepustnost svetlobe – delež nezastritega neba; oceno temeljnice z Bitterlichovo kotnoštevno metodo; dostopnost terena za divjad (kategorije prehodno, težje prehodno, neprehodno); kritje za divjad (razdalja do kritja (m); stopnja kritja (razredi po  $45^\circ$  – skupaj osem razredov oz. stopenj kritja)). Na ploskvi smo popisali vse osebke mladja, jih razvrstili glede na drevesno vrsto, višinski razred (do 20 cm; 21–50 cm; 51–130 cm; 131–250 cm) in stopnjo objedenosti (1. stopnja: nepoškodovani osebki oz. poškodovani stranski poganjki do 10 %; 2. stopnja: poškodovanih do 50 % stranskih poganjkov ali samo terminalni poganjek; 3. stopnja: poškodovanih več kot 50 % stranskih poganjkov in terminalni poganjek). Pri analizi podatkov smo združili drugo in tretjo stopnjo, tako sta nastali dve stopnji objedenosti (nepoškodovana in poškodovana).

Izmerjene podatke smo vnesli v računalniški program Microsoft Excel in izdelali izračune ter grafe gostot mladja in deležev drevesnih vrst po višinskih razredih mladja ter deležev objedenosti drevesnih vrst po višinskih razredih mladja. Nato smo izpeljali še statistične analize. Ker so bili neodvisni vzorci reliefnih oblik, smo razlike deležev objedenosti mladja glede na različne tipe mezoreliefja izračunali z neparametričnim Kruskal-Wallisovim testom. Vpliv izbranih ekoloških dejavnikov na stopnjo objedenosti smo analizirali s Spearmanovo korelacijo ranga.



Slika 1: Lokacija popisnih ploskev, na katerih smo proučevali objedenost drevesnega mladja.

Figure 1: Location of the research plots on which browsing of tree seedlings was studied.

### 3 Rezultati

#### 3.1 Gostota in drevesna sestava mladja

Na popisanih ploskvah je bila povprečna gostota mladja 38.554 osebkov na hektar (preglednica 1).

V skupnem številu popisanega mladja je prevladoval gorski javor (39 %), sledili so mu bukev (30 %), jelka (26 %), gorski brest (3 %) in smreka (1 %); delež lipe (*Tilia sp.*) in jerebika (*Sorbus aucuparia*) pa je bil manj kot 1 %. Z višinskimi razredi se je število mladja zelo zmanjševalo (Število osebkov v najvišjem višinskem razredu mladja je predstavljalo le 0,7 % vsega mladja na hektar), prav tako se je po višinskih razredih spremenjal delež drevesnih vrst v zmesi mladja. V najvišjem višinskem razredu mladja smo našli le mladje bukve, mladje drugih drevesnih vrst pa pri taki višini ni več uspevalo.

#### 3.2 Objedenost mladja

Iz izračunov smo ugotovili, da je na ploskvah povprečna stopnja objedenosti vseh osebkov mladja 58 %. Glede na drevesne vrste sta bila najbolj objedena jelka (72 % objedenost) in gorski brest (71 %), sledijo jim jerebika (63 %), bukev (57 %), smreka (57 %), gorski javor (52 %) in lipa (38 %). Mladja jelke, gorskega javorja, gorskega bresta, lipe in jerebike, višjih od 51 cm, nismo izmerili (jih nismo našli), torej lahko sklepamo, da mladje teh drevesnih vrst zaradi vpliva velikih rastlinojedih parkljarjev in tudi drugih vplivov propade že v nižjih višinskih razredih.

Glede na višinske razrede smo največjo stopnjo objedenja ugotovili v višinskem razredu 51–130 cm (77 %), kjer smo sicer popisali samo mladje bukve, dva osebka smreke in en osebek gorskega bresta. Sledila sta višinska razreda 21–50 cm in 131–250 cm s poškodovanostjo 56 % ter višinski razred do 20 cm s poškodovanostjo 55 % (preglednica 2).

*Izvirni znanstveni članek*

Preglednica 1: Gostota mladja (število/ha) drevesnih vrst po višinskih razredih (N = 196).

Table 1: Seedlings density (n/ha) according to tree species and height class (N = 196).

| Drevesna vrsta                              | Višinski razredi mladja |              |            |            | Skupaj        |
|---|-------------------------|--------------|------------|------------|---------------|
|   | Do 20 cm                | 21–50 cm     | 51–130 cm  | 131–250 cm |               |
| Bukev ( <i>Fagus sylvatica</i> )            | 4.467                   | 5.969        | 799        | 272        | 11.508        |
| Jelka ( <i>Abies alba</i> )                 | 9.966                   | 170          | 0          | 0          | 10.136        |
| Gorski javor ( <i>Acer pseudoplatanus</i> ) | 14.365                  | 765          | 0          | 0          | 15.130        |
| Gorski brest ( <i>Ulmus glabra</i> )        | 641                     | 482          | 6          | 0          | 1.128         |
| Smreka ( <i>Picea abies</i> )               | 204                     | 181          | 11         | 0          | 397           |
| Lipa ( <i>Tilia sp.</i> )                   | 125                     | 23           | 0          | 0          | 147           |
| Jerebika ( <i>Sorbus aucuparia</i> )        | 51                      | 57           | 0          | 0          | 108           |
| <b>Skupaj</b>                               | <b>29.819</b>           | <b>7.647</b> | <b>816</b> | <b>272</b> | <b>38.554</b> |

Preglednica 2: Objedenost mladja na popisnih ploskvah po drevesnih vrstah in višinskih razredih.

Table 2: Proportion of browsed seedlings on research plots according to tree species and height class.

| Drevesna vrsta                              | Višinski razredi mladja |             |             |             | Skupaj (%)  |
|---|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|   | do 20 cm                | 21–50 cm    | 51–130 cm   | 131–250 cm  |             |
| Bukev ( <i>Fagus sylvatica</i> )            | 61 %                    | 54 %        | 56 %        | 56 %        | 57 %        |
| Jelka ( <i>Abies alba</i> )                 | 60 %                    | 83 %        | /           | /           | 72 %        |
| Gorski javor ( <i>Acer pseudoplatanus</i> ) | 56 %                    | 49 %        | /           | /           | 52 %        |
| Gorski brest ( <i>Ulmus glabra</i> )        | 74 %                    | 67 %        | /           | /           | 71 %        |
| Smreka ( <i>Picea abies</i> )               | 31 %                    | 41 %        | 100 %       | /           | 57 %        |
| Lipa ( <i>Tilia sp.</i> )                   | 50 %                    | 25 %        | /           | /           | 38 %        |
| Jerebika ( <i>Sorbus aucuparia</i> )        | 56 %                    | 70 %        | /           | /           | 63 %        |
| <b>Skupaj</b>                               | <b>55 %</b>             | <b>56 %</b> | <b>77 %</b> | <b>56 %</b> | <b>58 %</b> |

Največja vrednost mediane skupne stopnje objedenanja je bila na platoju (63,0 %), sledili so ravno (61,8 %), vrtača (56,7 %) in pobočje (56,3 %), mediana objedenosti na grebenu pa je bila 48,8 %. Glede na višinske razrede mladja je bila mediana objedenosti najvišja v razredu 51–130 cm. Glede na tip reliefa in višinske razrede mladja pa je bila mediana objedenosti najvišja na ravnem v višinskem razredu 51–130 cm in v vrtači v razredu 131–250 cm; v obeh primerih je znašala 100 %. S Kruskal-Wallisovim testom smo potrdili statistične razlike med oblikami mezorelifa za vse mladje in prvi višinski razred. Na sliki 2 je prikaz povprečne objedenosti mladja drevesnih vrst vseh višinskih razredov glede na tip mezorelifa.

Z uporabo Spearmanove korelacije rang smo analizirali povezave med izbranimi ekološkimi dejavniki in izmerjeno objedenostjo mladja. Ugotovili smo pozitivne povezave med objedenostjo mladja in temeljnico ter objedenostjo mladja in razdaljo do kritja (do 30 metrov, nato se je stopnja zmanjševala). Pri primerjavi objedenosti mladja s prepustnostjo

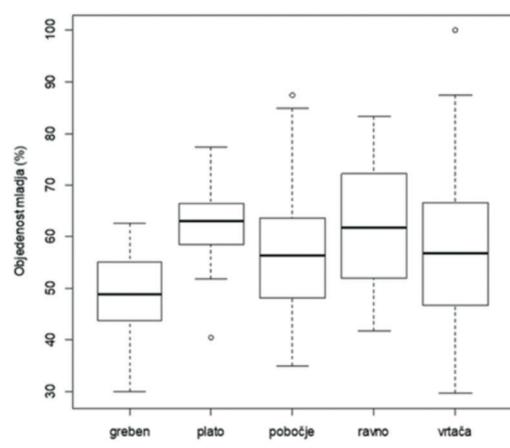
svetlobe, naklonom, kamnitostjo in skalovitostjo (nad 30 %), zastiranjem pritalne vegetacije, dostopnostjo terena in stopnjo kritja pa smo ugotovili negativne povezave.

## 4 Razprava

Na vseh popisnih ploskvah ( $N = 196$ ) skupaj je povprečna gostota mladja drevesnih vrst znašala 38.554 osebkov na hektar. Po višinskih razredih se je gostota mladja zelo zmanjševala. V zmesi mladja je bila številčno najpogostejsa drevesna vrsta gorski javor (39 %), sledila sta mu bukev (30 %) in jelka (26 %). Glede na navedbe Diacija in sod. (2011) o ciljnih vrednostih za mladje jelke v dinarskih jelovo-bukovih gozdovih na hektar (20–30 % mladja jelke v zmesi mladja do treh metrov višine) smo tak delež jelke v zmesi mladja sicer zaznali, vendar le v prvih dveh višinskih razredih do višine 50 cm, višje na omenjenem območju pa mladje jelke ne zraste.

Bukev je edina drevesna vrsta, ki se je pojavljala v vseh višinskih razredih mladja, njen delež se je po višinskih razredih večal. Večanje deleža bukve po višinskih razredih mladja je potrdil tudi Klevišar (2016), ki je analize mladja izvajal na območju Kočevskega roga v GGE Mirna gora. Delež jelke in gorskega javorja se je iz prvega v drugi višinski razred mladja zelo zmanjšal. Manjšanje deleža dveh, za prehrano živali priljubljenih drevesnih vrst z višino, je potrdil tudi Klevišar (2016), vendar je pri popisu našel mladje jelke, gorskega javorja in smreke tudi v najvišjem višinskem razredu; torej je bilo bolj postopno manjšanje deleža kot v naši raziskavi. Izračunali smo, da je bila objedenost mladja na vseh ploskvah skupaj 58 %. Klevišar (2016) je v GGE Mirna gora ugotovil 69,7 % objedenost mladja.

Analiza stanja poškodovanosti gozdnega mladja zaradi rastlinojede parkljaste divjadi



Slika 2: Povprečna objedenost mladja vseh višinskih razredov skupaj glede na tip mezorelifa.

*Figure 2: Average of proportion of browsed seedlings of all height classes together according to the type of mesorelief.*

Izvirni znanstveni članek

(Terglav in sod., 2017) kaže na zmanjševanje deleža objedenosti mladja v popisni enoti Goteniško pogorje. Vendar naša raziskava vsaj za naše izbrane popisne ploskve, ki so bile v omenjeni popisni enoti, kaže na pomemben (povečan) vpliv objedanja na poškodbe mladja.

Najbolj objedena drevesna vrsta je bila jelka z 72 % objedenostjo. Za najbolj priljubljeno drevesno vrsto v prehrani velikih rastlinojedih parkljarjev so jelko potrdili tudi Diaci in sod. (2011). Klevišar (2016) pa je kot najbolj objedeno drevesno vrsto ugotovil gorski javor, in sicer z 90 % deležem objedenosti.

Največjo stopnjo objedanja smo ugotovili na tipu mezoreliefsa »ravno« (63 %). Tako lahko potrdimo negativno povezavo med naklonom in stopnjo objedenosti. Klevišar (2016) je največjo stopnjo objedanja potrdil na »grebenu« (100 %). V našem primeru je bila stopnja objedanja na grebenu izmed vseh tipov mezoreliefsa najnižja; tam smo ugotovili 48,8 % poškodovanih osebkov mladja. To lahko razložimo tako, da je bil greben precej odprt, z razširjeno podrstijo oz. grmovno plastjo, torej veliko ponudbo hrane. Po drugi strani je bila dostopnost ploskev na grebenu, poleg vrtač, v primerjavi z drugimi tipi mezoreliefsa, najbolj otežena. Glede na naše podatke lahko le delno potrdimo pomen kritja za divjad. Objedenost mladja se je povečevala z večanjem oddaljenosti do kritja do 30 metrov razdalje, največje objedanje pa smo zabeležili pri najmanjši stopnji kritja. Oboje je v prid večjemu objedanju pri boljši preglednosti, kar je verjetno posledica prevladajočega objedanja jelenjadi. To sovpada z ugotovitvami Mysteruda in Ostbyea (1999), da se jelenjad raje prehranjuje na območjih z večjo preglednostjo nad okolico. Ugotovili smo, da se z večanjem naklona in težavnostjo dostopnosti manjša stopnja objedenosti. Iz obeh primerjav lahko sklepamo, da se jelenjad raje zadržuje, giblje in prehranjuje na lažje dostopnih terenih, z manjšim naklonom.

## 5 Povzetek

Veliiki rastlinojedi parkljarji s prehranjevanjem z mladjem gozdnega drevja vplivajo na drevesno sestavo in stanje gozda. Raziskali smo vpliv mezoreliefsa na objedenost gozdnega mladja, in sicer v Gozdognogospodarskem območju (GGO) Kočevje, GGE Grčarice, manjši del pa tudi v GGE Stojna v gozdnih združbi jelovo-bukovih gozdov. Skupaj smo popisali 196 ploskev. Glede na mezorelief smo ploskev uvrstili v pet kategorij: ravno, pobočje, vrtača, plato, greben. Na ploskvah smo prešteli vse osebke mladja in jih razvrstili glede na drevesno vrsto in višinsko stopnjo ter vsakemu posebej ocenili poškodovanost. Na ploskvah smo določili tudi izbrane lastnosti terena. Podatke smo vnesli v program Excel in opravili statistične analize. V zmesi mladja je prevladoval gorski javor (39,2 %), sledila sta mu bukev (29,8 %) in jelka (26,3 %). V zmesi mladja je bil delež gorskega bresta, smreke, lipe in jerebika zelo majhen. V najvišjem višinskem razredu mladja uspeva samo še mladje bukve. Povprečno skupno objedanje mladja na ploskvah je bilo 58 %. Najbolj objedeni drevesni vrsti sta bili jelka (72 % objedenost) in gorski brest (71 %). Glede na mezorelief smo največjo stopnjo objedenosti izmerili na ravnem, kjer je bilo v povprečju objedenih 83 % osebkov mladja. Vzrok za tako visoko stopnjo objedanja je lahko v tem, da je tam najmanjši naklon (oz. ga ni) v primerjavi z drugimi tipi reliefsa, kar je ugodno za divjad. Ugotovili smo, da se z večanjem naklona in težavnostjo dostopnosti manjša stopnja objedenosti mladja. Objedenost se je povečevala z oddaljenostjo do kritja do 30 m razdalje, največje objedanje pa smo zabeležili pri najmanjši stopnji kritja. Oboje je v prid večjem objedanju pri boljši preglednosti, kar je verjetno posledica prevladajočega objedanja jelenjadi.

## 6 Summary

*Large herbivores that feed on tree seedlings affect tree composition and forest condition. In*

*this study, we analysed the impact of mesorelief on browsing of forest seedlings. The study object (196 plots) was placed in GGO Kočevje, GGE Grčarice, and a smaller part also in GGE Stojna, in the forest association of fir-beech forests. According to the mesorelief, the plots were classified into 5 categories: flat, slope, sinkhole, plateau, and ridge. We examined all seedlings on the plots by tree species, height and damage. On the plots we also measured selected ecological factors. Then we entered data into Excel and did statistical analyses. The most common tree species in the mixture of seedlings were sycamore maple (39.3%), beech (29.8%) and silver fir (26.3%). In the upper class of seedlings height, we found only beech seedlings. We found that 58% of all seedlings were browsed. The most severely browsed tree species were silver fir (72%) and mountain elm (71%). According to the mesorelief, the highest browsing was found at the flat relief (average of 83%). The reason for this might be in the fact that there is the smallest slope. With increasing inclination and therefore lower accessibility*

*of the terrain, the rate of damaged seedlings decreased. Browsing increased with increasing distance to shelter to a distance of approx. 30 m, and the highest browsing was observed at the lowest shelter level. This indicates increasing browsing with overall better visibility, which is probably due to the predominant browsing by red deer.*

## 7 Zahvala

Avtor članka se zahvaljujem Strokovno-znanstvenemu svetu Lavske zveze Slovenije, ki je v okviru razpisa za najboljša diplomska, magistrska in doktorska dela s področja divjadi in lovstva izbral in nagradil tudi moje diplomsko delo z naslovom Vpliv reliefsa na objedenost mladja drevesnih vrst zaradi velikih rastlinojedih parkljarjev. Diplomsko delo je nastalo ob zaključku univerzitetnega študija na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani.

## 8 Viri

Apollonio, M., Belkin, V. V., Borkowski, J., Borodin, O. I., Borowik, T., Cagnacci, F., Danilkin, A. A., Danilov, P. I., Faybich, A., Ferretti, F., Gaillard J. M., Hayward, M., Heshtaut, P., Heurich, M., Hurynovich, A., Kashtalyan, A., Kerley, G. I. H., Kjellander, P., Kowalczyk, R., Kozorez, A., Matveytchuk, S., Milner, J. M., Mysterud, A., Ozoliņš, J., Panchenko, D. V., Peters, W., Podgórski, T., Pokorny, B., Rolandsen, C. M., Ruusila, V., Schmidt, K., Sipko, T. P., Veeroja, R., Velihurau, P., Yanuta G., 2017. Challenges and science-based implications for modern management and conservation of European ungulate populations. *Mammal Research*, 62, 209–217.

Csanyi, S., Carranza, J., Pokorný, B., Putman, R., Ryan, M., 2014: Valuing ungulates in Europe. In: R. Putman, M. Apollonio (Eds.), *Behaviour and Management of European Ungulates* (pp. 13-45). Dunbeath, Scotland: Whittles Publishing.

Diaci, J., Roženbergar, D., Nagel, T., 2011. Pomladitvena ekologija jelke s poudarkom na vplivih zvrsti gojenja gozdov. V: *Upravljanje velike rastlinojede divjadi ob upoštevanju njenih vplivov na gozdni prostor, potreb velikih plenilcev in pomena za lovstvo*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, str. 49–51.

Izvirni znanstveni članek

Jerina, K., 2011. Vplivi gostot in drugih okoljskih dejavnikov na pomlajevanje jelke in drugih drevesnih vrst v Dinaridih. V: Upravljanje velike rastlinojede divjadi ob upoštevanju njenih vplivov na gozdni prostor, potreb velikih plenilcev in pomena za lovstvo. Zbornik povzetkov in prispevkov. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, str. 22–24.

Klevišar, R., 2016. Vpliv mezoreliefsa na objedenje mladja po velikih rastlinojedih parkljarjih. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 45 str.

Marolt, G., 2020. Vpliv reliefsa na objedenost mladja drevesnih vrst zaradi velikih rastlinojedih parkljarjev. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 40 str.

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.

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.

Pokorný, B., Al Sayegh Petkovšek, S., Flajšman, K., 2017. Ekosistemska vloga, pomen in vplivi prostoživečih prežvekovcev. *Gozdarski vestnik*, 75, 9: 360–372.

Roženberger, D., Nagel, T., Fidej, G., Daci, J., 2017. Veliki rastlinojedi parkljarji, obnova, struktura in funkcije gozdov v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 75, 9: 373–382.

Terglav, P., Hafner, M., Černe, B., Miklašič, Z., Jonozovič, M., Marenč, M., Poljanec, A. 2017. Analiza stanja poškodovanosti gozdnega mladja od rastlinojede parkljaste divjadi v letih 2010, 2014 in 2017. Ljubljana: Zavod za gozdove Slovenije, 98 str.

ZGS, 2020. Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Grčarice 2015–2024. Ljubljana, ZGS, OE Kočevje.

## Vpliv lastništva lovnih pravic divjadi na stanje velikih zveri v Evropi

*Impact of hunting right regulations on large carnivores' status in Europe*

Dejan Gavez, Klemen Jerina

Tiček 4, 3342 Gornji Grad, gavezd@hotmail.com  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire,  
Večna pot 83, 1000 Ljubljana; klemen.jerina@gmail.com

### Izvleček

V Sloveniji od osamosvojitve naprej mnogi lastniki zemljišč spodbujajo, da bi divjad postala nikogaršnja last. Tako bi lastniki pridobili lovno pravico nad divjadjo na svojih posestih. Preskusili smo domnevo, da je v državah, kjer imajo lastniki zemljišč predpisano pravico do lova na svojem zemljišču, težje uveljavljati interes glede ohranjanja zavarovanih velikih zveri (rjavi medved, volk in ris). Verjetno takšna ureditev daje lastniku večjo avtonomnost na njegovi posesti in občutek lastništva nad vsemi vrstami prostoživečih živali, tudi zavarovanimi. Za proučitev vpliva lovnih pravic na stanje velikih zveri smo v rastrskem okolju z ločljivostjo  $10 \times 10$  km analizirali petindvajset evropskih držav z različno zakonodajno ureditvijo lovnih pravic (splošna lovna pravica ali pa lovna pravica, navezana na lastništvo zemlje). V raziskavo smo poleg različnih lovnih pravic vključili tudi habitatne, socioekonomske in druge dejavnike, ki bi lahko vplivali na stanje velikih zveri. Ugotovili smo, da habitatna primernost bistveno vpliva na prisotnost velikih zveri; zelo pomembni sta tudi gostota prebivalstva in prisotnost zavarovanih območij. Kjer so lovne pravice last zasebnikov, ugotavljam negativen vpliv na prisotnost medveda in volka, ne pa tudi na risa. V Sloveniji bi torej tovrstna sprememba lovne zakonodaje

lahko zmanjšala strpnost do velikih zveri, s čimer pa bi lahko negativno vplivala na njihove populacije.

**Ključne besede:** velike zveri, rjavi medved, ris, volk, lovna pravica, Evropa, Slovenija.

### Abstract

*Since Slovenia declared independence, landowners have been wanting the hunting rights to be property-based, i.e. tied to land ownership. In this way, the landowners would have the right to hunt on their land. Our hypothesis was that it is more difficult to maintain the protected large carnivores (brown bear, grey wolf and Eurasian lynx) on areas where landowners have an exclusive right to hunt. Such regulations allow the landowners to enjoy greater autonomy as well as ownership over all wildlife, including the protected species. To examine the effects of hunting right regulations on the status of large carnivores, we analysed a raster environment ( $10 \times 10$  km grids) in 25 European countries with different hunting right regulations, i.e. where the hunting right is either dependent on a property right, or it is regulated by a supreme state body. In addition to hunting rights, other explanatory variables were*

Izvirni znanstveni članek

*included in the research, such as habitat characteristics, socio-economic factors and other influential features that could influence the status of large carnivores. We found that habitat suitability has the largest influence on the presence of large carnivores, followed by the human population density and presence of protected areas. The presence of brown bear and grey wolf is lower where the hunting rights are tied to land ownership; however, we did not reveal any significant impact of the hunting rights system on the presence of Eurasian lynx. Relevant legislation changes (i.e. changing the hunting rights system) in Slovenia might therefore decrease the level of tolerance towards large carnivores and have negative effects on their populations.*

**Keywords:** *large carnivores, brown bear, Eurasian lynx, grey wolf, hunting rights, Europe, Slovenia.*

## 1 Uvod

Le redko lahko v sodobnem svetu, v spremenjeni krajini in pri gosti naselitvi ljudi sobivamo s kar tremi vrstami velikih zveri hkrati, kar še zlasti velja za geografsko tako majhna območja, kot je Slovenija. Vendar pa tako na ravni Slovenije kot dela Evrope velike zveri sobivajo s človekom in so preživele do danes oziroma se ponekod celo prostorsko širijo (Chapron in sod., 2014). Zaradi strahu pred napadi na domače živali in s tem finančno škodo ter strahu za svoje življenje ima človek do zveri marsikdaj zadržke in nasprotovanja (Bautista in sod., 2016). Takšno nasprotovanje lahko prek krivolova in zahtev po povečanem legalnem odstrelu ogrozi njihovo stanje. Velike zveri je še posebno težko sprejeti na območje, kjer jih ni bilo več desetletij (Chapron in sod., 2014).

Izboljševanje kakovosti habitata, povečevanje deleža gozda, večanje plenske baze, podpora javnosti, zakonsko varstvo in še kaj je

pripomoglo k izboljšanju stanja velikih zveri v Evropi (Kaczensky in sod., 2013; Chapron in sod., 2014). Prej prizadete populacije so si opomogle in se razširile, veliko novih območij, predvsem v srednji in južni Evropi, je bilo po dolgem času naseljenih ponovno (European Comission, 2008). Glavna grožnja, ki je skupna vsem velikim zverem v Evropi, je majhna strpnost ljudi (Kaczensky in sod., 2013). Največji konflikti nastajajo, kjer se življenski prostor velikih zveri križa s pašništvom (Life and human..., 2013). V tekmovanju za parkljasto divjad pa prihajajo velike zveri tudi v konflikt z lovci (European Comission, 2008).

V Evropi v osnovi poznamo dve vrsti lastništva nad divjadjo: divjad lahko ni last nikogar (*res nullius*) ali pa je skupna državna last (*res communis*). V državah, kjer je divjad nikogaršnja last, je pravica do lova navezana na lastništvo zemljišča. Kjer je divjad skupna last, pa država določi lovne pravice. Torej ima lahko pravico do lova lastnik zemljišča ali pa država proda licenco za lov, lov odda lovski organizaciji ali pa fizični osebi (Putman, 2011).

Od osamosvojitve Slovenije in še zlasti v zadnjem času nekateri lastniki zemljišč, zlasti večji, želijo doseči spremembe v lovski zakonodaji, in sicer v smeri, da bi lovne pravice izhajale iz lastnine zemljišča. Za spremembo zakonodaje se potegujejo lastniki zemljišč sami, npr. z zahtevo ustavnega presoje veljavnega Zakona o divjadi in lovstvu (Odločba ..., 2006), civilne organizacije (Stritar, 2005) in drugi zastopniki interesov lastnikov zemljišč, kot sta Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije in Zveza lastnikov gozdov Slovenije (KGZS in ZLSG, 2011).

Ne poznamo raziskave, ki bi proučevala vpliv lovnih pravic na stanje zveri, ali celo takšne, ki bi primerjala lovne ureditve med seboj. Pomanjkanje konkretnih raziskav je razumljivo, saj povezava sama po sebi ni očitna, ker so v Evropski uniji velike zveri zavarovane s Habitatno direktivo, stanje populacij pa z lovno

pravico nad divjadjo nima neposredne povezave. Kljub temu bi lovne pravice posredno lahko vplivale na stanje velikih zveri. Kjer imajo lovno pravico lastniki zemljišča, si morda bolj lastijo vse vrste, tudi zavarovane vrste velikih zveri, zato težje sprejemajo omejitve, ki jih pri tem postavlja zakonodaja. Torej imajo po naši domnevni morda lastniki zemljišč v sistemih, kjer imajo sami prvenstveno pravico za lov na njihovi posestvi, manjši zadržek do krivolova.

## 2 Metode

### 2.1 Zbiranje podatkov

#### 2.1.1 Stanje velikih zveri (odvisne spremenljivke)

V raziskavo smo vključili tri vrste prostoživečih velikih zveri, ki bivajo v Evropi: evrazijskega risa (*Lynx lynx*), volka (*Canis lupus*) in rjavega medveda (*Ursus arctus*). Izbrali smo jih zaradi obsežnejšega pojavljanja v Evropi in s tem lažjega proučevanja vplivov na celinski ravni. V raziskavo smo zajeli naslednje evropske države, ki se razlikujejo glede na lovno pravico (slika 1): Avstrijo, Belgijo, Češko, Dansko, Estonijo, Finsko, Francijo, Hrvaško, Irsko, Italijo, Latvijo, Litvo, Madžarsko, Nemčijo, Nizozemsko, Norveško, Poljsko, Portugalsko, Romunijo, Slovaško, Slovenijo, Španijo, Švedsko, Švico in Veliko Britanijo.

Iz vseevropskega poročila (Kaczensky in sod., 2013) smo pridobili podatke o številnosti zveri v državi, njihovi gostoti in lokacijah stalnega pojavljanja. V poročilu so podatke o velikih zvereh zbirali s pomočjo vprašalnika, ki so ga posredovali vsem članom združenja *Large Carnivore Initiative for Europe*. Nato so strokovnjaki iz posameznih članic podali informacije o stanju zveri. Anketa je potekala v letu 2012.



Slika 1: Na karti Evrope so svetlo zeleno označene države, kjer ima pravico do lova lastnik zemljišča, temno zeleno pa države, kjer pravico do lova podeljuje država (koncesionarju, zakupniku ipd.) (prirejeno po Apollonio in sod., 2010).

Figure 1: In this map of Europe, light green indicates countries in which property owners have the right to hunt, and dark green indicates countries in which the right to hunt is granted by the state (to concessionaires, lessees, etc.) (based on Apollonio et al., 2010).

Analize so potekale v rasterskem GIS-okolju s celicami  $10 \times 10$  km. Takšno velikost celic smo izbrali, ker okvirno ustreza velikosti območij aktivnosti velikih zveri.

#### 2.1.2 Neodvisne spremenljivke

Ker na populacijske parametre vplivajo različni dejavniki (Tome, 2006), smo poleg vpliva lovne pravice upoštevali še številne druge parametre (preglednica 1).

*Izvirni znanstveni članek*

Preglednica 1: Neodvisne spremenljivke s kraticami, ki smo jih uporabili v analizi, in njihova porazdelitev.

Table 1: Independent variables with the abbreviations used in the analysis, along with their distribution.

| Kratica                      | Polno ime oz. obrazložitev  | Porazdelitev | Vir                                    |
|------------------------------|---|--------------|--|
| Volk, habitat                | primernost habitata za volka od 0 do 10.000   | zvezna       | European Environment Agency, 2011      |
| Medved in ris<br>Habitat     | primernost habitata za rjavega medveda in risa od 0 do 10.000   | zvezna       | European Environment Agency, 2011      |
| Nez. lov, medved             | pojavljanje nezakonitega lova rjavega medveda   | binarna      | Kaczensky in sod., 2013                |
| Nez. lov, ris                | pojavljanje nezakonitega lova risa  | binarna      | Kaczensky in sod., 2013                |
| Nez. lov, volk               | pojavljanje nezakonitega lova volka   | binarna      | Kaczensky in sod., 2013                |
| Delež lovcev                 | delež lovcev v državi   | zvezna       | FACE, 2009                             |
| Namen lova                   | poglavitni namen lova v državi<br>(1 = rekreacija, 2 = uravnavanje škode,<br>3 = pridobivanje divjačine, 4 = upravljanje) | atribut      | Putman in sod., 2011                   |
| Lastništvo divjadi           | lastnik divjadi (0 = nikogaršnja last;<br>1 = skupna last)  | binarna      | Apollonio in sod., 2010                |
| Pravica do lova              | kdo ima pravico do lova (0 = lastnik zemljišča,<br>1 = koncesionar)   | binarna      | Apollonio in sod., 2010                |
| Št. odst. parkl. na<br>lovca | število odstreljenih parkljarjev v državi na<br>lovca   | zvezna       | Apollonio in sod., 2010                |
| Gostota odstrela             | gostota odstrela parkljarjev v državi<br>(na 10 km <sup>2</sup> )   | zvezna       | Apollonio in sod., 2010;<br>FACE, 2009 |
| Št. vrst parkljarjev         | število vrst parkljarjev v državi   | zvezna       |  |
| Zavarovano<br>območje        | zavarovano območje po kategoriji IUCN (ia,<br>ib, ii)   | binarna      | European Environment Agency, 2011      |
| Indeks kupne<br>moči         | indeks kupne moči na ravni NUTS 3   | zvezna       | Eurostat, 2015                         |
| Gostota<br>prebivalstva      | gostota prebivalstva na ravni NUTS 3  | zvezna       | Eurostat, 2015                         |

## 2.2 Priprava podatkov

Vrednosti posamezne spremenljivke smo iz Excelove datoteke prenesli na karto Evrope v ArcGis 10.3 in jo spremenili v rastrsko obliko

z velikostjo celic (gridi; v nadaljevanju: celice) 10 × 10 km po modelu osnovne karte. Podatke posameznih kart smo prenesli na osnovno karto in tako pridobili 44.791 celic, ki nosijo svoje vrednosti spremenljivk za konkretno lokacijo.

## 2.3 Statistična obdelava podatkov

Vse statistične analize smo naredili v programu Statistica (StatSoft, 2010). Najprej smo izvedli neparametrično analizo, in sicer Spearmanov koeficient korelacije rangov. S tem načinom smo opravili preliminarni pregled povezav med spremenljivkami. Iskali smo korelacijo med odvisnimi in neodvisnimi spremenljivkami ter neodvisnimi spremenljivkami med seboj.

Pri korelaciji moramo biti pazljivi, saj sta lahko dve spremenljivki povezani, če nanju vpliva isti tretji vplivni dejavnik. Zato je za boljše razumevanje potrebna multivariatna analiza.

Pri multivariatni analizi nismo upoštevali kazalnika gostot zveri, ker je gostota populacije pogojena s kakovostjo (nosilno zmogljivostjo) območja (Tome, 2006). Torej bodo praviloma gostote v državah z manjšo nosilno zmogljivostjo manjše, ne glede na preostale dejavnike (Jedrzejewski in sod., 2011). Zato smo modelirali pojavljanje vsake vrste posebej oziroma ali se pojavlja vsaj ena od vrst. Pri tem smo uporabili logistično regresijo, kjer nas je zanimal vpliv neodvisnih (pojasnevalnih) spremenljivk na odvisno (odzivno). Uporabili smo postopek backward removal, kar pomeni, da smo na začetku vključili v analizo vse neodvisne spremenljivke, potem pa jih je statistični program postopno odstranjeval, tako da je izločil multikolinearnost. Neodvisni spremenljivki, za katere smo izdelali model, sta bili prisotnost vsaj ene zveri v rastrski celici in prisotnost vsake od treh zveri v rastrski celici posebej. Vse odvisne spremenljivke so binarne.

Preglednica 1: Neodvisne spremenljivke s kraticami, ki smo jih uporabili v analizi, in njihova porazdelitev.

Table 1: Independent variables with the abbreviations used in the analysis, along with their distribution.

| Pravica do lova   | Povprečje gostot zveri (100 km <sup>2</sup> ) |
|-------------------|---|
| Lastnik zemljišča | 0,92  |
| Država            | 2,85  |

## 3 Rezultati

Največ je bilo držav (36 %), v katerih prebivajo vse tri vrste velikih zveri. Držav, v kateri ni nobene, je 20 %; to so Belgija, Nizozemska, Irska, Velika Britanija in Danska.

V državah, kjer lovna pravica ni navezana na lastništvo zemljišča, je bila ugotovljena znatno večja gostota zveri ( $p < 0,05$ ).

### 3.1 Binarna logistična regresija

Prisotnost medveda v neki celici pojasnjuje osem spremenljivk. Ključen vpliv imajo ustrezni habitat, zavarovana območja in gostota prebivalstva. Nezanemarljiv je tudi pomen lovne ureditve, kjer lovna pravica, navezana na last zemljišča, negativno vpliva na prisotnost medveda.

Prisotnost risa najbolje pojasnjujejo: ustrezni habitat, gostota odstrela parkljaste divjadi v posamezni državi, število odstreljenih parkljarjev na lovca in gostota prebivalstva. Za razliko od medveda lovne pravice, navezane na lastništvo zemljišča, pozitivno vplivajo na prisotnost risa.

Prisotnost volka pojasnjuje osem neodvisnih spremenljivk. Izrazit vpliv kaže prisotnost zavarovanih območij. Pomembni so še ustreznost habitata, gostota prebivalcev in število odstreljenih parkljarjev na lovca. Prisotnost volka v celici pomembno pojasnjuje tudi lovna pravica: sistemi, kjer je lovna pravica navezana na lastnino zemljišča, negativno vplivajo na prisotnost te vrste.

Prisotnost vseh treh zveri skupaj pojasnjuje devet spremenljivk. Ustreznost habitata za medveda in risa bolje pojasnjuje prisotnost katerekoli od proučevanih zveri kot ustreznost habitata za volka. Odvisno spremenljivko dobro pojasnjujejo tudi gostota odstrela parkljarjev, gostota prebivalstva in zavarovana območja. Vrsta lovne pravice šibko pojasnjuje prisotnost zveri v neki celici.

Izvirni znanstveni članek

Preglednica 3: Rezultati logistične regresije za medveda. Odvisna spremenljivka je prisotnost medveda v celici (bear\_0\_1). Model napoveduje, da se vrsta NE pojavlja v celici.

*Table 3: Results of the logistic regression for bears. The dependent variable is the presence of "bear" in the cell (bear\_0\_1). The model predicts that the species will NOT appear in the cell.*

|                               | Cenilka | Standardna napaka | Wald-statistika | p     |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|-------|
| <b>Medved in ris, habitat</b> | -0,0002 | <0,0001           | 928             | <0,01 |
| <b>Delež lovcev</b>           | 0,0799  | 0,0153            | 27              | <0,01 |
| <b>Pravica do lova</b>        | -0,7696 | 0,0628            | 150             | <0,01 |
| <b>Št. vrst parkljarjev</b>   | -0,1870 | 0,0397            | 22              | <0,01 |
| <b>Gostota odstrela</b>       | 0,7566  | 0,0697            | 118             | <0,01 |
| <b>Zavarovano območje</b>     | -0,7853 | 0,0677            | 135             | <0,01 |
| <b>Indeks kupne moči</b>      | -0,0035 | 0,0006            | 29              | <0,01 |
| <b>Gostota prebivalstva</b>   | 0,0232  | 0,0008            | 782             | <0,01 |

Preglednica 4: Rezultati logistične regresije za risa. Odvisna spremenljivka je prisotnost risa v celici (lynx\_0\_1). Model napoveduje, da se vrsta NE pojavlja v celici.

*Table 4: Results of the logistic regression for lynx. The dependent variable is the presence of "lynx" in the cell (lynx\_0\_1). The model predicts that the species will NOT appear in the cell.*

|                               | Cenilka | Standardna napaka | Wald-statistika | p     |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|-------|
| <b>Medved in ris, habitat</b> | -0,0002 | <0,0001           | 2003            | <0,01 |
| <b>Delež lovcev</b>           | 0,2283  | 0,0112            | 412             | <0,01 |
| <b>Pravica do lova</b>        | 0,4425  | 0,0519            | 73              | <0,01 |
| <b>Št. vrst parkljarjev</b>   | -0,8528 | 0,0285            | 893             | <0,01 |
| <b>Gostota odstrela</b>       | 1,6311  | 0,0473            | 1189            | <0,01 |
| <b>Zavarovano območje</b>     | -0,1857 | 0,0628            | 9               | <0,01 |
| <b>Indeks kupne moči</b>      | -0,0185 | 0,0005            | 1297            | <0,01 |
| <b>Gostota prebivalstva</b>   | 0,0134  | 0,0004            | 1128            | <0,01 |

*Izvirni znanstveni članek*

Preglednica 5: Rezultati logistične regresije za volka. Odvisna spremenljivka je prisotnost volka v celici (wolf\_0\_1). Model napoveduje, da se vrsta NE pojavlja v celici.

*Table 5: Results of the logistic regression for wolves. The dependent variable is the presence of "wolf" in the cell (wolf\_0\_1). The model predicts that the species will NOT appear in the cell.*

|                             | Cenilka | Standardna napaka | Wald-statistika | p     |
|-----------------------------|---------|-------------------|-----------------|-------|
| <b>Volk, habitat</b>        | -0,0004 | <0,0001           | 284             | <0,01 |
| <b>Delež lovcev</b>         | 0,1287  | 0,0160            | 64              | <0,01 |
| <b>Pravica do lova</b>      | -0,5125 | 0,0411            | 155             | <0,01 |
| <b>Št. vrst parkljarjev</b> | 0,4191  | 0,0245            | 293             | <0,01 |
| <b>Gostota odstrela</b>     | 0,0827  | 0,0360            | 5               | <0,02 |
| <b>Zavarovano območje</b>   | -0,5929 | 0,0770            | 59              | <0,01 |
| <b>Indeks kupne moči</b>    | 0,0221  | 0,0008            | 749             | <0,01 |
| <b>Gostota prebivalstva</b> | 0,0028  | 0,0002            | 129             | <0,01 |

Preglednica 6: Rezultati logistične regresije za vse tri vrste velikih zveri skupaj. Odvisna spremenljivka je prisotnost zveri v celici (zver\_0\_1). Model napoveduje, da se zveri NE pojavljajo v celici.

*Table 6: Results of the logistic regression for all three large carnivores. The dependent variable is the presence of "carnivore" in the cell (zver\_0\_1). The model predicts that carnivores will NOT appear in the cell.*

|                                  | Cenilka | Standardna napaka | Wald-statistika | p     |
|----------------------------------|---------|-------------------|-----------------|-------|
| <b>Volk, habitat</b>             | 0,0001  | <0,0001           | 121             | <0,01 |
| <b>Medved in ris, habitat</b>    | -0,0002 | <0,0001           | 2250            | <0,01 |
| <b>Delež lovcev</b>              | 0,1683  | 0,0097            | 302             | <0,01 |
| <b>Pravica do lova</b>           | -0,1328 | 0,0374            | 13              | <0,01 |
| <b>Št. odst. parkl. na lovca</b> | -0,2996 | 0,0213            | 198             | <0,01 |
| <b>Gostota odstrela</b>          | 0,9608  | 0,0306            | 987             | <0,01 |
| <b>Zavarovano območje</b>        | -0,6827 | 0,0555            | 152             | <0,01 |
| <b>Indeks kupne moči</b>         | -0,0119 | 0,0004            | 735             | <0,01 |
| <b>Gostota prebivalstva</b>      | 0,0090  | 0,0002            | 1380            | <0,01 |

## 4 Razprava

Trenutno vsaj ena od treh vrst velikih zveri, vključenih v našo raziskavo, poseljuje dobro tretjino površine Evrope. Vse tri proučevane velike zveri skupaj na enem območju naseljujejo Skandinavski polotok s Karelijo, jugovzhodno Evropo in Baltik (Chapron in sod., 2014).

Od vseh držav, ki so bile vključene v analizo, v enajstih stalno živijo vse tri relevantne vrste velikih zveri; v šestih državah prebivata dve vrsti, v treh državah ena, v petih državah pa velike zveri v raziskovalnem obdobju niso bile prisotne.

### 4.1 Rjavi medved

Fernandez in sod. (2012) navajajo, da je odsotnost gozda za medveda največji omejujoč dejavnik, kot drugi dejavnik pa omenjajo gostoto prebivalstva. Podobne so tudi ugotovitve naše raziskave, saj oba dejavnika kažeta izrazit vpliv na pojavljanje medveda.

Lovna pravica, navezana na lastništvo zemlje, negativno vpliva na prisotnost medveda. To trditev bi lahko podkrepili z znanimi primeri neuspešne ponovne naselitve medvedov v države, kot so Švica, Avstrija, Nemčija, ki zelo zadržano ali sploh ne sprejmejo medvedov, naj si bo antropogena naselitev ali naravna disperzija iz sosednjih držav (Life and human ..., 2013).

### 4.2 Evrazijski ris

Hetherington in sod. (2008) opredeljujejo gozd kot najpomembnejši habitat za evrazijskega risa. Bouyer in sod. (2015) za Norveško ugotavljajo, da ris lahko živi v okolju z veliko gostoto prebivalstva, če le ima dovolj kritja (gozda). Vzročno-posledično zvezo med pojavljanjem risa in ustreznim habitatom oz. majhno gostoto prebivalcev smo ugotovili tudi v naši raziskavi (preglednica 4).

Naša raziskava je pokazala, da na prisotnost risa negativno vpliva velika gostota odstrela velikih parkljarjev (preglednica 7). Zmanjšanje števila plena zaradi antropogenega vpliva (npr. čezmeren lov divjadi) lahko na risa kot prehranskega specialista vpliva negativno (Jedrzejewski in sod., 2011).

Kjer je lov navezan na lastništvo zemlje, smo ugotovili pozitiven vpliv na pojavljanje risa (preglednica 7). Hkrati pa velja izpostaviti, da v skandinavskih državah risa obravnavajo kot cenjeno lovno vrsto, kar lahko pojasni večjo strpnost lastnikov zemljišč (lovcev) do te vrste.

### 4.3 Volk

Tudi prisotnost volka je primarno odvisna od ustreznega habitata za to vrsto (preglednica 5). Volka uvrščajo med habitatnega generalista, čeprav je v glavni meri navezan na gozdni prostor (Milakovic in sod., 2011; Fechter in Stroch, 2014). V raziskavi smo poleg gozda med ustrezne habitate vključili tudi kmetijske površine, torej odprta agrarna območja, zaradi česar lahko sklepamo, da je ustrezen habitat za volka tudi zunaj gozda.

Lovna pravica, ki je navezana na lastništvo zemlje, enako kot pri medvedu, negativno vpliva na prisotnost volka (preglednica 5).

### 4.4 Lovna ureditev

Pri analizi prisotnosti medveda in volka je lovna pravica, ki je navezana na lastništvo zemljišča, eden ključnih pojasnjevalnih dejavnikov, od katerih je odvisna njuna odsotnost. Iz tega bi lahko sklepali, da lastniki zemljišč, ki imajo izključno pravico do lova, na neposreden oziroma posreden način vplivajo, da tam medved in volk nista prisotna. Trditev bi lahko delno potrdila razna poročila in raziskave, ki navajajo nezmožnost ponovne naselitve medveda in volka v države, kot so Češka, Švica, Avstrija, Nemčija (Life and human..., 2013; Reinhardt in sod., 2013).

V državah, kjer pa zveri so, je zaznati velik delež nezakonitega lova, ki preprečuje nadaljnje širjenje in disperzijo ter s tem povezavo populacij volkov med seboj. Eden izmed primerov je čezmeren lov na Slovaškem, ki preprečuje širjenje volkov v druge države. Enako nezakonit lov preprečuje naselitev volkov na sever Finske, kjer bi lahko prišli v stik s skandinavsko populacijo (Reinhardt in sod., 2013).

Naše hipoteze ne moremo potrditi v celoti, saj pri risu in obravnavanju vseh treh zveri skupaj nismo ugotovili negativnega vpliva lovne pravice, navezane na lastništvo zemljišča. Prav tako ustreznost habitata in gostota prebivalstva bolje pojasnjujeta njihovo prisotnost na nekem območju. Lahko bi sklepali, da lovna pravica selektivno vpliva na različne vrste zveri.

## 5 Zaključki

Primeren habitat se je pokazal kot ključni dejavnik za pojavljanje velikih zveri na območju proučevanih držav. Medtem ko sta za medveda in risa potrebna predvsem gozdni prostor in grmičevje z gozdom, je za volka primerna tudi odprta krajina. Je pa zanj značilno, da v različnem delu Evrope izbira različne tipe habitata.

Gostota prebivalstva se je pokazala kot pomemben dejavnik, ki negativno vpliva predvsem na medveda in risa. Ris se sicer zadržuje na območju z večjo gostoto prebivalstva, za kar pa potrebuje zadostno kritje gozda. Prisotnost volka je manj odvisna od gostote ljudi, čeprav se tudi ta vrsta izogiba stiku s človekom.

Čeprav v evropskem prostoru zavarovana območja zaradi manjših površin naj ne bi pomembno vplivala na stanje velikih zveri, se je pokazalo, da na vse tri proučevane vrste prisotnost zavarovanih območij vpliva izrazito pozitivno.

Lovna pravica, generalno gledano, ne kaže pomembnega vpliva na prisotnost vseh treh

zveri skupaj, pomembno pa vpliva na prisotnost medveda in volka, če ju upoštevamo posamezno. Lovna pravica, navezana na lastništvo zemljišča, vpliva na odsotnost volka in medveda. To potruje naše domneve, da je v teh državah nasprotovanje do velikih zveri tolikšno, da je ponovna naselitev slednjih otežena.

## 6 Povzetek

V večini zahodnih držav Evrope in nekaterih državah vzhodne Evrope je lovna zakonodaja urejena tako, da divjad opredeljuje kot nikogaršnjo last (*res nullius*). Pri uplenitvi pa postane last tistega, na čigar zemlji je bila uplenjena. V Republiki Sloveniji in v nekaterih drugih državah je divjad skupna last (*res communis*), torej last države. V tem primeru država gospodari z divjadjo in ureja, čigav bo dohodek od uplenjene divjadi.

Zaradi želje lastnikov predvsem večjih posesti, da bi pridobili finančni prihodek od lova in večjo avtonomnost na svojem posestvu, je v zadnjem obdobju vse več pritiskov za spremembo lovne zakonodaje v smer, da bi bila v Sloveniji lovna pravica dodeljena lastnikom zemljišč in bi divjad postala nikogaršnja last. Cilj naše raziskave je bil proučiti vpliv morebitne spremembe lovne zakonodaje v Sloveniji na stanje velikih zveri. V raziskavo smo poleg lovne ureditve in stanja velikih zveri (prisotnost in gostota) vključili preostale dejavnike, ki bi lahko vplivali na njihovo stanje. Izbrali smo večino držav Evropske unije ter Norveško in Švico. Zanimal nas je vpliv več dejavnikov na prisotnost velikih zveri v kvadrantih, velikosti 10 x 10 km. Poleg lovne ureditve držav smo upoštevali še habitatno primernost, indeks kupne moči in gostoto prebivalcev v regiji, pojavljanje nezakonitega lova na zveri, prisotnost zavarovanega območja, namen lova, delež lovcev v državi, gostoto odstrela velikih parkljarjev, število vrst parkljarjev in število odstreljenih parkljarjev na lovca v državi.

Izvirni znanstveni članek

Večjo gostoto vseh treh obravnavanih vrst velikih zveri skupaj smo ugotovili v državah, kjer lovna pravica ni navezana na lastništvo zemljišč (2,85 osebkov/100 km<sup>2</sup>); v državah, kjer je lovna pravica navezana na lastništvo zemljišč, so bile ugotovljene gostote velikih zveri trikrat manjše (0,98 osebka/100 km<sup>2</sup>).

Za vse tri proučevane vrste zveri (skupaj in za vsako posebej) je ustreznost habitata bistven dejavnik za njihovo prisotnost. Prav tako je pomemben dejavnik gostota prebivalstva v regiji. Skupaj za vse tri vrste in posebej za medveda smo ugotovili pomemben vpliv zavarovanih območij na njihovo prisotnost.

Pri proučevanju vpliva lovnih pravic na prisotnost velikih zveri smo ugotovili, da ta dejavnik pojasnjuje tako prisotnost medveda kot volka. Lovna pravica, navezana na lastništvo zemljišč, torej povzroča manjšo verjetnost stalnega pojavljanja medveda in volka na določenem območju. Pri risu nismo ugotovili vpliva lovne pravice na njegovo prisotnost.

## 7 Summary

*The hunting rights in the majority of western and in some eastern European countries define game as res nullius (ownerless property); after harvesting, it becomes the property of whoever's land it was roaming on. On the contrary, in Slovenia and in some other countries, game is defined as res communis (common to mankind), which means that the income from harvested game is regulated by the state.*

*In Slovenia, owners of larger properties in particular strive for income from game management and want more autonomy on their property, therefore they want legislation to change and game to become res nullius. The aim of the research was to examine the possible effects of such legislation changes on large carnivores in Slovenia. The hypothesis was that*

*it is more difficult to maintain large carnivores in states where game is classified as res nullius than in states where game is res communis, and that the resettlement in such areas is not easy or rather impossible.*

*In addition to hunting rights regulations, other factors that might influence the status of large carnivores were included in the research. The research was based on data from most EU countries, Norway and Switzerland. The status of carnivores was analysed on a raster of 10 × 10 km, focusing on the factors that influence their status, such as hunting rights, habitat suitability, purchasing power parity, human population density, illegal hunting occurrence, presence of protected areas, purpose of hunting, number of hunters in the country, density of harvested ungulates and the amount of harvested ungulates per hunter in the country.*

*The results showed that the density of large carnivores is almost three times higher in countries where the hunting rights are not tied to the land comparing to areas where the hunting rights are tied to landownership (2.85 vs. 0.98 individuals/100 km<sup>2</sup>, respectively).*

*The habitat suitability was a key factor influencing the status of the three examined large carnivores (brown bear, grey wolf and Eurasian lynx) both together and separately. Another key factor was the human population density in the region. Protected areas play a key role to the status of large carnivores, especially the brown bear.*

*The examination of hunting rights explains the status of two large carnivores, i.e. brown bear and wolf. The probability of their permanent presence in a specific area is lower where the hunting rights are tied to the land. However, this effect was not found in the case of Eurasian lynx.*

## 8 Viri

- Apollonio, M., Andersen, R., Putman, R., 2010. European Ungulates and their Management in the 21st Century. Cambridge, Cambridge University Press, 604 str.
- Bautista, C., Albrecht, J., Olszańska, A., Selva, N., Naves, J., Revilla, E., et al., 2017. Patterns and correlates of claims for brown bear damage on a continental scale. *Journal of Applied Ecology*, 54: 282–292.
- Bouyer, Y., Martin, G. S., Poncin, P., Beudels-Jamar, R. C., Odden, J., Linnell, J. D. C., 2015. Eurasian lynx habitat selection in human-modified landscape in Norway: Effects of different human habitat modifications and behavioral states. *Biological Conservation* 191: 291–299.
- Chapron, G., Kaczensky, P., Linnell, J. D. C., Arx, M., Huber, D., Andren, H., et al., 2014. Recovery of large carnivores in Europe's modern human-dominated landscapes. *Science*, 346: 1517–1519.
- European Commission. 2008. Coexisting with large carnivores, The challenge and the opportunity. European Commission, Directorate-general for the Environment, 31 str.
- European Environment Agency. 2011. Corine land cover, raster data. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2000-raster-1> (17. mar. 2016).
- Eurostat. 2015. BDP na regionalni ravni. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/GDP\\_atRegional\\_level/sl](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/GDP_atRegional_level/sl) (28. avg. 2016).
- FACE. 2009. Hunters in Europe, Annual Report 2009-2010. Brussels, The European Federation of Associations for Hunting & Conservation, [http://www.face.eu/sites/default/files/attachments/data\\_hunters-region\\_sept\\_2010.pdf](http://www.face.eu/sites/default/files/attachments/data_hunters-region_sept_2010.pdf) (28. jan 2016).
- Fechter, D., Storch, I., 2014. How many wolves (*Canis lupus*) fit into Germany? The role of assumptions in predictive rule-based habitat models for habitat generalists. *PLoS One*, 9: e101798, doi:10.1371/journal.pone.0101798.
- Fernandez, N., Selva, N., Yuste, C., Okarma, H., Jakubiec, Z., 2012. Brown bears at the edge: Modeling habitat constraints at the periphery of the Carpathian population. *Biological Conservation*, 153: 134–142.
- Gravendeel, B., Groot, A., Kik, M., Beentjes, K. K., Bergman, H., Caniglia, R., et al., 2013. The first wolf found in the Netherlands in 150 years was the victim of a wildlife crime. *Lutra*, 56, 2: 93–109.
- Hetherington, D. A., Miller, D. R., Macleod, C. D., Gorman, M. L., 2008. A potential habitat network for the Eurasian lynx *Lynx lynx* in Scotland. *Mammal Review Journal*, 38, 4: 285–303.
- Jedrzejewski, W., Apollonio, M., Jedrzejewska, B., Kojola, I., 2011. Ungulate–large carnivore relationships in Europe. V: Ungulate management in Europe. Putman R., Apollonio M. Andersen R. (ur.). Cambridge, Cambridge University Press: 284–318.

Izvirni znanstveni članek

Kaczensky, P., Chapron, G., Arx, M., Huber, Đ., Andrén, H., Linnell, J. (ur.), 2013. Status, management and distribution of large carnivores – bear, lynx, wolf & wolverine – in Europe. European Commission: 72 str.

Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije in Zveza lastnikov gozdov Slovenije. 2011. Nov, evropsko primerljiv lovski zakon. Ljubljana, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije in Zveza lastnikov gozdov Slovenije. <http://www.kgzs.si/Portals/0/Dokumenti/korpo/stali%C5%A1%C4%8De%20KGZS%20-%20lovstvo.pdf> (16. avg. 2016)

Milakovic, B., Parker, K. L., Gustine, D. D., Lay, R. J., Walker ,A. B. D., Gillungham, M. P., 2011. Habitat selection by a focal predator (*Canis lupus*) in a multiprey ecosystem of the northern Rockies. Journal of Mammalogy, 92, 3: 568–582.

Nationally designated areas (CDDA). 2011. European Environment Agency, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/nationally-designated-areas-national-cdda-5> (4. jul. 2016).

Odločba o ugotovitvi neustavnosti z Ustavo nekaterih določb Zakona o divjadi in lovstvu. 2006. Ur. l. RS, št. 98/04.

Putman, R., 2011. A review of the various legal and administrative systems governing management of large herbivores in Europe. V: Putman, R., Apollonio, M., Andersen, R. (ur.). Ungulate Management in Europe. Cambridge, Cambridge University Press: 54–79.

Reinhardt, I., Kluth, G., Nowak, S., Myslajek, R., 2013. A review of wolf management in Poland and Germany with recommendations for future transboundary collaboration. Bonn, Federal agency for nature Conservation: 119 str.

Stritar, I., 2005. Lovna pravica in lastnina. Ljubljana, Združenje lastnikov gozdov in lovskih upravičencev. file:///G:/viri/lovne%20pravica/Untitled%20Document.html (20. maj 2016).

Tome, D., 2006. Ekologija: organizmi v prostoru in času. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 344 str.

## Izbira dnevnih počivališč evrazijskega risa (*Lynx lynx*) v dinarskih gozdovih Slovenije

*Resting site selection by Eurasian lynx (*Lynx lynx*)  
in the Slovenian Dinaric Mountains*

Lan Hočev  
<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire,  
Večna pot 83, 1000 Ljubljana

### Izvleček

Evrazijski ris (*Lynx lynx*) je pretežno ponoči aktivna vrsta in torej podnevi po navadi počiva. Mikrohabitati izbor dnevnih počivališč pri risu je slabo raziskan, čeprav je pomemben vidik ekologije te vrste. Cilj raziskave je bil ugotoviti, kakšne so značilnosti dnevnih počivališč risa v slovenskih Dinaridih in tudi kako ris izbira počivališča glede na tip habitata. Raziskava je zajemala terenski popis dnevnih počivališč, ki so bila določena s pomočjo telemetričnih ovratnic risov in sledenja risa v snegu ter popisa naključnih lokacij znotraj teritorijev preučevanih risov. Na lokacijah smo popisovali različne parametre, ki so opisovali vegetacijo, različne topografske in reliefne značilnosti ter vidljivost. Skupno smo popisali 151 počivališč osmih različnih risov in enako število naključnih lokacij, vse na območju snežniških in javorniških gozdov, Velike in Male gore ter kočevske Stojne. Razlike med risjimi počivališči in naključnimi lokacijami smo analizirali s pomočjo univariatnih testov. Ugotovili smo, da so risi za počitek izbirali lokacije na višji nadmorski višini, z večjimi nakloni, večjo razgibanostjo terena, manjšo vidljivostjo, stran od človeških objektov in lokacije na grebenih in vrhovih ter v bližini skalnih polic in sten. Risi so izbirali vege-

tacijski tip »goščava«, kar je verjetno povezano predvsem z boljšim kritjem. Rezultati, navedeni v tej nalogi, se večinoma skladajo z zaključki tujih podobnih raziskav risa in drugih vrstah mačk, nekatere vidike pa smo raziskali kot prvi. Rezultati bi bili lahko uporabni tudi za učinkovitejše ohranjanje habitatorov, pomembnih za risa, na primer pri presoji vplivov umeščanja infrastrukture v gozdni prostor.

**Ključne besede:** ris, *Lynx lynx*, dnevna počivališča, izbira habitata, mikro habitat.

### Abstract

The Eurasian lynx (*Lynx lynx*) is a mostly nocturnal species which spends daytime mostly sleeping and resting. The micro-habitat selection of lynx resting sites is still a poorly researched topic, although it has an important role in the ecology of this species. The goal of the research was to describe the characteristics of daily lynx resting sites in the Slovenian Dinaric Mountains, and investigate which relief structures and which types of vegetation lynx select for their resting site in respect to their availability. The study included field surveys of daily resting sites that were determined using GPS telemetry collars and snow tracking. We also surveyed the same number of random

*control locations created within the territory of the same lynx. Various parameters were noted at the locations, describing the vegetation, several topographic and relief features, and visibility. A total of 151 lynx resting sites of 8 different individuals, and an equal number of random locations were sampled. The fieldwork took place in the Snežnik and Javorniki forests, Velika and Mala gora, and Stojna. The differences between the lynx resting places and random locations were analysed using univariate analyses. We found that the lynx selected locations with higher altitudes, steeper slopes, greater terrain diversity, lower visibility, larger distance to human objects, and sites located on top of ridges and hilltops, and near rocky structures such as cliffs and boulders. Lynx also selected bushes, which is probably related to better cover. Our results are mostly comparable with the conclusions of research on resting sites of lynx and other felids in other countries, while some aspects we were studying for the first time. Some of our results could be used for more effective conservation of habitats important for lynx, for example when planning the construction of new infrastructure in forest landscapes.*

**Keywords:** lynx, *Lynx lynx*, resting sites, habitat selection, micro habitat.

## 1 Uvod

Spanje je osnova potreba za normalno delovanje organizma vretenčarjev, a hkrati stanje, ko so živali največkrat izpostavljeni nevarnosti (Kusler in sod., 2017). Zato izbira varnega počivališča lahko pomembno vpliva na uspešnost preživetja posameznih osebkov. Izbor počivališč je morda še pomembnejši dandanes, ko ima človek vlogo vrhovnega plenilca za mnoge vrste, vključno za velike zveri (Daramont in sod., 2015). Posledično je veliko vrst postalo nočno aktivnih zaradi izogibanja človeku. Zato dnevni čas izkoriščajo za spanje in počitek na skritih in nedostopnih lokacijah (Ordiz in sod., 2012; Gaynor in sod., 2018).

Velike zveri imajo velike domače okoliše in majhne populacijske gostote, zato potrebujejo velik habitat (Nowell in Jackson 1996). Veliko raziskav je osredotočenih predvsem na procese habitatnega izbora na večjem prostorskem merilu, medtem ko so raziskave habitatov na manjšem prostorskem merilu velikokrat zapostavljane. To so pomembne mikrolokacije v domačih okoliših osebkov, kot so npr. lokacije brlogov, mesta parjenja, lokacije uplenitev in tudi dnevna počivališča. Raziskav o mikrohabitatnem izboru je zaenkrat manj, zato je tudi naše znanje o izbiri počivališč v različnih območjih razširjenosti risov še precej omejeno (Podgorski in sod., 2008).

Raziskave o izboru dnevnih počivališč pri drugih vrstah mačk so pokazale, da na splošno mačke za dnevni počitek izbirajo lokacije, ki so nedostopne in dobro skrite. Pri divjih mačkah (*Felis silvestris*) so odkrili, da v hladnejši polovici leta uporabljajo dnevna počivališča na južnih legah in na lokacijah, ki niso zastrta z drevesnimi krošnjami (Jerosch in sod., 2009; Potočnik, 2006). Tudi pume (*Puma concolor*) izbirajo počivališča na južnih legah, in mesta, ki so zelo težko dostopna za človeka in druge plenilce, predvsem volkove. (Kusler in sod., 2017). Smejni leopardi (*Panthera uncia*) svoja počivališča izbirajo na grebenih, na skalnih policah in strmih pobočjih, torej tam, kjer imajo dobro vidljivost in večji pregled nad okolico (Jackson, 1996). Iberski ris (*Lynx pardinus*) za počivanje najraje izbira območja z zaplatami grmičevja, kjer se počuti varnega (Fernandez in sod., 2003).

Človek lahko vpliva na izbiro dnevnih počivališč tudi posredno. Opazili so na primer negativno korelacijo med pojavljanjem risa in gostim gozdnim cestnim omrežjem (Niedzialkowska in sod., 2006). V zadnjih desetih letih se je zelo povečala tudi rekreacija v gozdovih. V raziskavi so ugotovili, da se risi v Bohemijskem gozdu ob nemško-češki meji izogibajo mestom, kjer je rekreacija povečana, in za dnevna počivališča izbirajo mesta, ki jih človek redko obiskuje in so zanj težko dostopna (Belotti in sod., 2018).

Podgorski in sodelavci (2008) so nadalje ugotovili, da so risi izbirali dnevna počivališča, ki so jim nudila varnost ter zavetje pred vremenskimi razmerami. Na takih lokacijah je vidljivost zelo majna, na počivališčih pa je bilo veliko podrasti in podrtih drevesnih struktur. Na Češkem in v Nemčiji so risi izbirali dnevna ležišča v bližini skalnatih struktur; skalovitost je bila pomemben dejavnik pri izboru dnevnih počivališč. To je verjetno rezultat dejstva, da je na bolj skalovitih območjih praviloma manj človekovih motenj, saj je večina gozdnih cest, pohodniških in kolesarskih poti speljana mimo težje dostopnega terena (Signer in sod., 2019).

Cilj naše raziskave je bil ugotoviti, ali ris lokacije za dnevna počivališča izbira naključno ali pa za to izbira posebne tipe habitatov. Ugotavljalci smo tudi, kateri dejavniki bi bili lahko pomembni pri izbiri takih lokacij (npr. kritje, razgibanost terena, človeška infrastruktura). S pridobljenimi rezultati smo žeeli dobiti boljši vpogled v risovo dnevno rabo prostora, kar lahko pomaga pri razumevanju risovih odzivov na (potencialne) človekove posege v gozdni prostor.

## 2 Metode

### 2.1 Območje raziskave

Raziskava je potekala v dinarskih gozdovih Slovenije, torej v severnem delu Dinarskega gorstva; obsegala je območje ribniške Velike in Male gore, Stojne, snežniških gozdov in Javorni-kov. Območje leži na dinarsko-kraškem reliefu, za katerega so značilni velika razgibanost terena in kraški pojavi, npr. vrtače, brezna, udori, jame.

### 2.2 Zbiranje in analiza podatkov

Lokacije dnevnih počivališč smo določili s pomočjo telemetričnih ovratnic šestih risov in dveh risov, katerima smo sledili v snegu, torej

skupno osmih različnih osebkov. Štirje so se gibali na območju snežniških in javorniških gozdov, eden pa je imel teritorij na območju ribniške Velike gore in Travne gore. V raziskavo smo vključili tudi podatke odraslega samca, ki so ga v sklopu projekta LIFE Lynx spomladi leta pripeljali 2019 iz Romunije. Za izbor primernih lokacij dnevnih počivališč smo uporabili dve merili: prvo je bil čas dneva (potencialna dnevna počivališča; upoštevali smo le lokacije, zajete v času, ko ris po navadi počiva, tj. od 9.00 do 14.00), drugo merilo pa so bili podatki o trenutni aktivnosti risa, kadar so bili na voljo. Na telemetričnih ovratnicah, s katerimi so bili opremljeni risi, je senzor, ki meri risovo aktivnost prečno in vzdolžno glede na smer gibanja (Heurich in sod., 2014). Tako smo lahko določili, če je ris dejansko miroval.

Na območju Stojne smo med obdobjem 2016 in 2019 risom sledili tudi v snegu in tudi s to metodo določili ter zatem popisali nekaj lokacij dnevnih počivališč. Znotraj teritorijev risov smo ustvarili naključne točke, ki so predstavljale »razpoložljive« lokacije. S primerjavo dnevnih počivališč risov in naključnih točk smo lahko ugotavljalci, ali gre pri počivališčih za izbor ali naključno rabo prostora glede na posamezne značilnosti. Popis smo izvajali tri leta, med letoma 2017 in 2019, v analizah pa smo uporabili tudi nekaj popisov dnevnih počivališč risov iz leta 2008.

Na vsakem dnevem počivališču in naključni točki smo popisali parametre, kot so prisotnost gozdne infrastrukture (gozdne ceste in gozdne koče), tip vegetacije (gozd, goščava, gozdn rob, jasa, travnišče), povprečno vidljivost (uporabili smo standardizirano metodo, pri kateri smo šteli korake v štiri glavne smeri neba, to so sever, jug, vzhod, zahod. Mesto dnevnega počivališča smo označili tako, da smo nanj položili nahrbtnik, ki je predstavljal ležečega risa. Korake smo šteli od mesta, kjer je ris počival, do točke, ko nahrbtnika nismo več videli oz. smo ga videli manj kot

10 %), reliefni tip (greben ali vrh, rob stene in skalna polica, spodmol ali vrtača), stopnjo razgibanosti reliefa, naklon terena (merili smo s pomočjo naklonometra) in lego. Nadmorsko višino lokacij in oddaljenost od gozdnih cest smo določili s pomočjo programskega okolja Arcmap 10.1.

Za testiranje razlik pogostnosti pri kategorialnih spremenljivkah smo uporabili test hi-kvadrat, za testiranje razlik srednjih vrednosti pri numeričnih spremenljivkah pa smo uporabili Mann Whitney U-test.

### 3 Rezultati

Skupno smo popisali 151 risij počivališč in 151 naključnih lokacij. Pri risijih počivališčih je povprečna nadmorska višina znašala 975 metrov. Najvišje počivališče je bilo na višini 1426 metrov, najnižje pa na višini 504 metrov. Pri naključnih lokacijah je bila povprečna nadmorska višina 939 metrov, najvišja je bila 1684 metrov, najnižja pa 454 metrov. Ugotovili smo značilne razlike med naključnimi točkami in risjimi dnevnimi počivališči ( $W = 9185$ ,  $p = 0,0035$ ).

Preglednica 1: Nadmorske višine za dnevna počivališča in naključne lokacije.

Table 1: Altitudes for lynx resting sites and random locations.

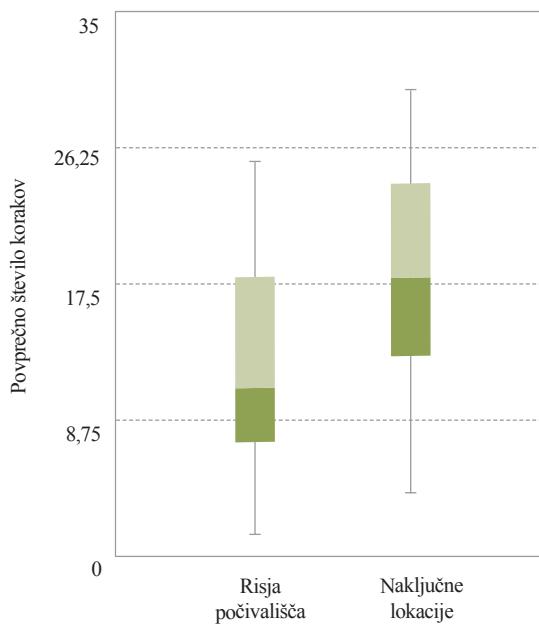
|                                 | Dnevna počivališča | Naključne lokacije |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| Minimalna nadmorska višina (m)  | 505                | 454                |
| Povprečna nadmorska višina (m)  | 989                | 939                |
| Maksimalna nadmorska višina (m) | 1449               | 1685               |

Samo eno risje počivališče je bilo v vidni bližini gozdne koče, kar je 1,5 % vseh risij počivališč. Na naključnih lokacijah je bila gozdna koča ali kateri drugi človeški objekt v gozdnem prostoru viden na 14 lokacijah, kar pomeni 9,3 % vseh naključnih lokacij. V zastopanosti človeških objektov blizu počivališč in primerjalnih naključnih lokacij smo s Hi-kvadrat testom ugotovili značilne razlike ( $\chi^2 = 11,297$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,0007$ ).

Iz podatkov terenskega popisa smo ugotovili, da je gozdna cesta vidna z 32 dnevnimi počivališčih, kar pomeni 15 % vseh lokacij. Pri naključnih lokacijah je bila gozdna cesta vidna s 24 % vseh lokacij. V primerjavi med naključnimi lokacijami ( $n = 151$ ) in vsemi dnevnimi risjimi počivališči ( $n = 151$ ) glede na oddaljenost od cest s pomočjo Hi-kvadrat testa smo ugotovili značilne razlike ( $\chi^2 = 5,4186$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,0199$ ). Povprečna oddaljenost risij počivališč od gozdnih cest je bila 229 metrov, pri naključnih lokacijah pa je bila razdalja 203 metre. Pri tem nismo zaznali statističnih razlik.

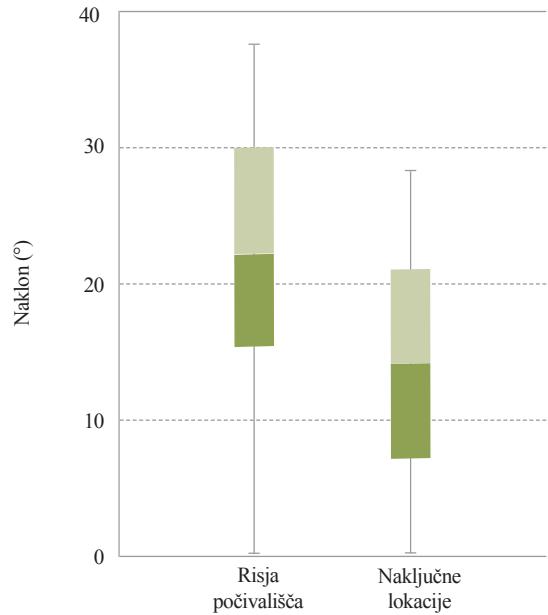
Risi so v 90 % za dnevno počivališče uporabili gozd, v 9 % goščavo in v 1 % jaso ali gozdn rob. Naključne lokacije so bile v 92 % v gozdu in 4 % v goščavi ter 4 % v travnišču. Statistične analize smo lahko izvedli smo za dva tipa vegetacije, in sicer gozd ter goščava. Zaradi premajhnega vzorca pri jasi, travnišču in gozdnem robu analize niso bile mogoče. Ugotovili smo, da med naključnimi lokacijami in risjimi počivališči ni razlik v zastopanosti gozdnega tipa vegetacije ( $\chi^2 = 1,8482$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,17$ ). Značilne pa so bile razlike pri zastopanosti vegetacijskega tipa goščava ( $\chi^2 = 11,082$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,0009$ ).

Pri risijih počivališčih je povprečna vidljivost znašala 12,8 koraka, pri naključnih točkah pa 21 korakov. Ugotovili smo, da so srednje vrednosti značilno različne med naključnimi lokacijami in risjimi počivališči ( $W = 33633$ ,  $p < 0,0001$ ).

*Izvirni znanstveni članek*


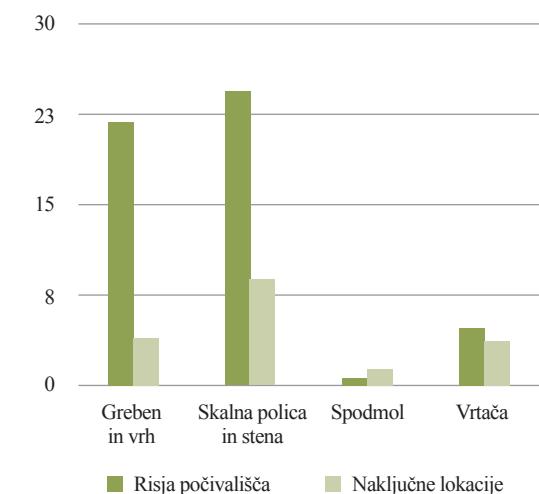
Slika 1: Kvartilni diagram vidljivosti za risja počivališča in naključne lokacije.

Figure 1: Box plot of visibility for lynx resting sites and random locations.



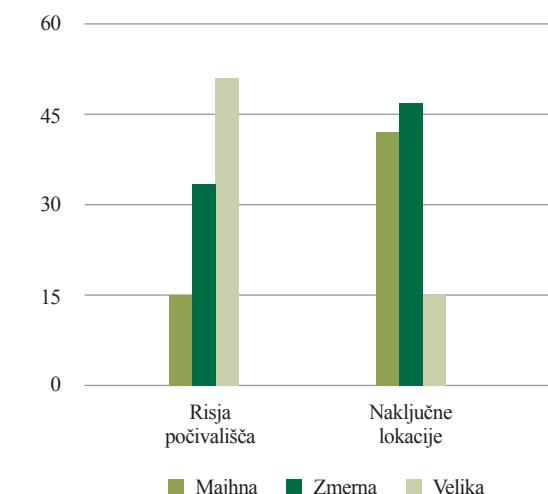
Slika 2: Kvartilni diagrami, ki prikazujejo naklon za dnevna počivališča in naključne lokacije.

Figure 2: Box plot for slopes at lynx resting sites and random points.



Slika 3: Prisotnost reliefnih struktur na risjih počivališčih in naključnih lokacijah.

Figure 3: Presence of relief features at lynx resting sites and random locations.



Slika 4: Stopnja razgibanosti terena pri vseh risjih počivališčih in naključnih lokacijah.

Figure 4: Relief ruggedness at lynx resting sites and random locations.

Povprečni naklon vseh risij počivališč je znašal  $22^\circ$ , povprečni naklon naključnih točk pa je bil  $14^\circ$ . Povprečni naklon počivališč ob plenu je znašal  $20,5^\circ$ , pri počivališčih brez plena v bližini pa  $23^\circ$ .

Risja počivališča so bila v primerjavi z naključnimi lokacijami pogosteje na grebenih in vrhovih, skalnih policah in stenah ter vrtačah. V 43 % risi niso uporabili nobene izmed naštetih mikroreliefnih struktur. Pri naključnih lokacijah pa v 75 % ni bilo nobene takšne reliefne strukture.

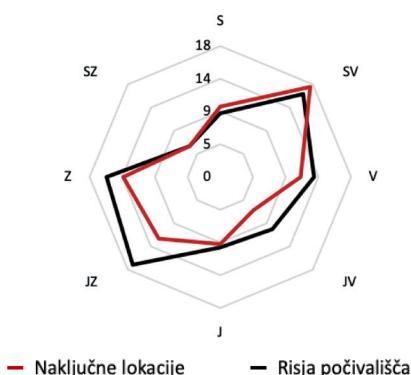
V primerjavi risij počivališč in naključnih lokacij smo s pomočjo Pearsonovega hi-kvadrat testa ugotovili značilne razlike pri grebenu ali vrhu ( $\chi^2 = 35,033$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,0001$ ) in pri skalnih policah oziroma strmih stenah ( $\chi^2 = 18,157$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,0001$ ). Pri preostalih reliefnih strukturah statistične analize niso bile mogoče zaradi premajhnega vzorca. Stopnja razgibanosti reliefa je bila pri risijih počivališčih v 52 % velika, na 34 % je bila zmerna, majhna pa je bila v 15 % vseh počivališč. Na naključnih lokacijah je bila razgibanost največkrat zmerna (46 %), v 15 % je bila velika, v 39 % pa majhna. Razlike so bile značilne pri vseh kategorijah (majhna razgibanost:  $\chi^2 = 21,864$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,0001$ ; zmerna:  $\chi^2 = 4,4677$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,034$ ; velika:  $\chi^2 = 68,311$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,0001$ ).

Na risijih dnevnih počivališčih je bila največkrat jugozahodna lega (21 %), najredkeje pa severozahodna (5 %). Na splošno so risi nekoliko pogosteje uporabljali južne in vzhodne lege v primerjavi z naključnimi točkami, vendar so bile razlike majhne in neznačilne ( $\chi^2 = 7,3822$ ,  $df = 7$ ,  $p = 0,39$ ).

## 4 Razprava

V raziskavi smo potrdili, da risi izbirajo dnevna počivališča na mestih z določenimi značilnostmi. Z univariatnimi analizami smo ugotovili, da so počivališča praviloma na predelih z višjo nadmorsko višino. Je pa ta spremenljivka povezana z drugimi dejavniki, najverjetneje z izbiro vrhov in grebenov za dnevna počivališča. Risi so raje izbirali tudi lokacije, s katerih se ne vidijo gozdne ceste. Poleg tega so bile lokacije počivališč za 13 % bolj oddaljene od ceste kot od naključnih točk, vendar vplivi cest niso bili značilni. Risi za svoje premikanje radi uporabljajo gozdne ceste, na njih tudi pogosteje markirajo (Krofel in sod., 2017). Ceste torej uporabljajo, kadar so aktivni, nasprotno pa velja za počivališča, kar ugotavljajo tudi Niedzialkowska in sodelavci (2006), ki so opazili negativno korelacijo med dnevnimi počivališči in gostim cestnim omrežjem. Podnevi risi za svoja počivališča ne izbirajo mest z bližino človeške infrastrukture. Gozdne koče in lovski opazovalnice so točke, kjer je večja človeška aktivnost. Podobno ugotavljajo tudi Belloti in sodelavci (2018), ki so ugotovili, da se risi pri počivanju izogibajo lokacijam, kjer je večja človeška aktivnost. Lahko sklepamo, da velika gostota prometnic in druge človekove infrastrukture v gozdnem prostoru lahko zmanjšajo primernost prostora za risa. Zato je treba pri presoji vplivov umeščanja infrastrukture v gozd nameniti pozornost tudi temu vidiku.

Risi za počivališča radi izbirajo goščave. V raziskavi v Białowiezi na Poljskem so risi prav tako izbirali počivališča z veliko podrasti in goste vegetacije, kjer je vidljivost precej slabša (Podgorski, 2006). Podobne so ugotovitve raziskovalcev, ki so raziskovali počivališča pum, saj so ugotovili, da se izogibajo območij z veliko odprtostjo (Kusler in sod., 2017). Tudi iberski ris izbira



Slika 5: Lega za vsa risja počivališča (črna) in za naključne lokacije (rdeča).

Figure 5: Exposition at lynx resting sites (black) and at random locations (red).

Izvirni znanstveni članek

habitat z večjimi zaplatami grmičevja in goščave, saj se tam počuti varnejšega (Fernandez in sod., 2003). Podobno velja na Portugalskem za divje mačke, ki so izbirale območja z velikim deležem grmišč, kjer verjetno tudi počivajo (Oliveira in sod., 2018).

Ugotovili smo, da je bila tudi vidljivost pomemben dejavnik pri izbiri dnevnega počivališča. Pri risu je bilo na to temo narejenih tudi nekaj podobnih raziskav, ki vse vodijo do podobnih rezultatov. V našem primeru je bila vidljivost pogojena s skupkom več parametrov, kjer sta nanjo najbolj vplivali tip vegetacije in razgibanost reliefa. Med počivanjem risom poleg varnosti omogoča večje kritje tudi, da ostanejo skriti pred potencialnim plenom, ki bi se lahko naključno približal risjem počivališču. Zabeležili smo namreč že, da so risi ujeli plen sredi dneva.

Tudi vpliv naklona se je pokazal kot dejavnik, ki vpliva na izbor dnevnega počivališča pri risih; izbirali so terene z večjimi nakloni, verjetno zato, ker so težje dostopni. Veliko vrst mačk za svoja dnevna počivališča in ležišča uporablja strma pobočja. Snežni leopardi, na primer, izrazito izbirajo strma pobočja, kar je bilo še posebno izrazito pri samicah (Jackson, 1996). Tudi pri pumah naklon zelo vpliva na izbor dnevnega počivališča, in sicer pozimi in poleti. Po navadi so strmi tereni za človeka precej nedostopni, saj veliko poti, cest in vlak ne vodi skozi take predele (Belloti in sod., 2018).

Tudi relief se je pokazal kot značilen dejavnik pri izbiri dnevnih počivališč. Risi so za počivališča prednostno izbirali območja z bolj razgibanim reliefom, pa tudi vrhove in grebene. Slednje lahko pojasnimo tako, da imajo risi na takšnih mikrolokacijah večjo preglednost nad okolico, zato posledično hitreje opazijo bližajočo se nevarnost, hkrati pa lahko še vedno ostanejo skriti. Tudi vetrovi po navadi pihajo v smeri od spodaj navzgor, zato ris lažje zazna druge živali ali človeka. Preglednost je dobra tudi z vidika lova. Risova tehnika lova je pogosto lov iz zasede, zato je dobro, da lahko že od daleč zagleda plen. Tudi plenske vrste, kot je jelenjad, za prehode pogosto uporabljajo vrhove in grebene, zato je na takšnih krajinah še toliko večja možnost srečanja (Jerina, 2006). Tudi prisotnost



Slika 6: Dnevno počivališče risa v snegu, na vrhu grebena.

Figure 6: Lynx resting site in snow, on top of a ridge

skalnih polic in sten je vplivala na izbiro habitata za počivališče. Podobne rezultate so dobili v raziskavi v Nemčiji in na Češkem, kjer so ugotovili, da risi za počivanje raje izbirajo vrhove kot ravninske dele (Signer in sod., 2019).

Raziskovali smo tudi, kako lega vpliva na izbor dnevnih počivališč. Ugotovili smo, da pri nas risi niso izrazito izbirali mest na južnih legah. Morda bi bil ta vzorec izrazitejši, če bi ločeno pregledali podatke samo za zimski čas, ko so temperature nižje, prisojne lege pa živalim nudijo možnost splošnega varčevanja z energijo zaradi višjih temperatur. Takšne so Potočnikove (2006) ugotovitve pri raziskavi divjih mačk v Sloveniji in ugotovitve Kuslerja s sodelavci (2017) pri raziskavi dnevnih počivališč pume. Pozimi so pume izbirale južne lege, saj so na tak način varčevalе z energijo. V našem primeru velikost vzorca ni omogočala primerjave sezonskih vplivov, zato bi bilo treba v prihodnje razširiti raziskavo ter povečati število vzorca dnevnih počivališč.

Za izboljšanje reprezentativnosti raziskave bi bilo treba vanjo vključiti več različnih osebkov risa, kar pa v našem primeru ni bilo mogoče zaradi malo razpoložljivih podatkov in zaradi zelo majhne številčnosti risa v Sloveniji. Z uporabo univariatnih analiz, kjer so spremenljivke med seboj lahko povezane, dobimo rezultate, ki so lahko odvisni ravno od takih povezav. To bi lahko izboljšali z uporabo multivariatnih analiz (Hočev in sod., 2021).

## 5 Zaključki

Delo, predstavljeno v tej nalogi, je prva poglobljena raziskava o izbiri počivališč pri risih v Sloveniji ter ena redkih takšnih raziskav v evropskem prostoru. Skupno smo popisali 302 točki, od tega 151 risih počivališč in 151 naključnih točk. Glavne ugotovitve raziskave so, da risi izbirajo dnevna počivališča, ki so v primerjavi z naključnimi točkami bolj skrita in težje dostopna. Dnevna počivališča so izbrali na lokacijah, kjer je bila vidljivost manjša, z večjo stopnjo razgibanosti terena in z večjim naklonom pobočja. Risja počivališča so bila v primerjavi z naključnimi točkami pogosteje v gočavi, na grebenih in vrhovih ter v bližini skalnih polic in sten ter bila na splošno bolj oddaljena od gozdnih objektov (npr. gozdne koče in lovske preže). Vpliv gozdnih cest je bil manjši, kljub temu pa smo zaznali, da so se risi izogibali neposredne bližine gozdnih cest. Ob upoštevanju preostalih dejavnikov lega pobočja ni vplivala na izbiro dnevnih počivališč.

## 6 Summary

The work presented in this study is the first in-depth research on the selection of lynx resting sites in Slovenia, and one of the few such studies in Europe. We recorded a total of 302 points, of which 151 were lynx resting sites and 151 were random points within lynx home ranges. The main findings of the study are that lynxes choose daytime resting sites in locations that are more concealed and more difficult to access, compared to random points. Daytime resting sites

were selected in locations where visibility was lower, with a higher degree of terrain ruggedness, and a greater slope inclination. Lynx resting sites were more frequent in the thicket, on ridges and hilltops, and near rock shelves and cliffs, and were generally further away from human infrastructure (e.g. forest cabins and hunting stands). The impact of forest roads was smaller; however, we found that lynx avoided the immediate vicinity of forest roads. Taking into account other factors, the exposure of the slope did not affect the choice of daily resting sites.

## 7 Zahvala

Za vso pomoč in napotke pri izdelovanju naloge se zahvaljujem predvsem Mihi Kroflu. Raziskava je nastala v sklopu projektov DinaRis in LIFE Lynx, zato velja zahvala vsem sodelavcem projektov. Za pomoč na terenu se zahvaljujemo tudi Primožu Bizjanu, Urši Fležar, Galu Hočevarju, Igorju Hočevarju, Maju Hočevarju, Francu Kljunu, Ivanu Kosu, Petru Novaku, Hubertu Potočniku, Teresi Oliveiri, Nini Ražen, Tomažu Skrbinšku, Petri Štajdohar, Janezu Tarmanu, Jasni Tarman, Urošu Videmšku, Nejcu Zorku, Anamariji Žagar, članom Lovske zveze Slovenije in Zavodu za gozdove Slovenije. Zahvala velja tudi Strokovno-znanstvenemu svetu Lovske zveze Slovenije, ki je v okviru razpisa za najboljša diplomska, magistrska in doktorska dela s področja divjadi in lovstva izbral in nagradil magistrsko delo z naslovom Izbira dnevnih počivališč pri evrazijskem risu (*Lynx lynx*) v dinarskih gozdovih Slovenije.

## 8 Viri

- Belotti, E., Mayer, K., Kreisinger, J., Heurich, M., Bufka, L., 2018. Recreational activities affect resting site selection and foraging time of Eurasian lynx (*Lynx lynx*). *Hystrix* 29, 2: 181–189.
- Darimont, C. T., Fox, C. H., Bryan, H. M., Reimchen, T. E., 2015. The unique ecology of human predators. *Science* 349:858–860.
- Fernández, N., Miguel, D., Francisco, P., and David, M., 2003. Identifying breeding habitat for the Iberian Lynx: Inferences from a finescale spatial analysis. *Ecological Applications*, 13: 1310–1324.

- Gaynor, K. M., Hojnowski, C.E., Carter, N. H., Brashares, J. S., 2018. The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. *Science* 360: 1232–1235.
- Heurich, M., Hilger, A., Küchenhoff, H., Andrén, H., Bufka, L., Krofel, M., Mattisson, J., Odden, J., Persson, J., Rauset, G. R., Schmidt, K., Linnell, J. D. C., 2014. Activity Patterns of Eurasian Lynx Are Modulated by Light Regime and Individual Traits over a Wide Latitudinal Range. *Plos One*, 9: e114143.
- Hočvar, L., Oliveira, T., Krofel, M., 2021. Felid bedrooms with a panoramic view: selection of resting sites by Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in a karstic landscape. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 75: 34.
- Jackson, M. R., 1996. Home range, Movements and Habitat Use of Snow Leopard (*Uncia uncia*) in Nepal. PhD thesis, University of London.
- Jerosch, S., Götz, M., Klar, N., Roth, M., 2009. Characteristics of diurnal resting sites of the Endangered European wildcat (*Felis silvestris silvestris*): Implications for its conservation. *Journal for Nature Conservation*, 18: 45–54.
- Krofel, M., Hočvar, L., Allen, M. L., 2017. Does human infrastructure shape scent marking in a solitary felid? *Mammalian Biology*, 87: 36–39.
- Kusler, A., Elbroch, L. M., Quigley, H., Grigione, M., 2017. Bed site selection by a subordinate predator: an example with the cougar (*Puma concolor*) in the Greater Yellowstone Ecosystem. *PeerJ* 5:e4010.
- Niedzialkowska, M., Jedrzejewski, W., Myslajek, R. W., Nowak, S., Jedrzejewska, B., Schmidt, K., 2006. Environmental correlates of Eurasian lynx occurrence in Poland - Large scale census and GIS mapping. *Biological Conservation*, 133: 63–69.
- Nowell, K., Jackson, P., 1996. North Africa and Southwest Asia, Cheetah v: Wild cats: Status survey and conservation action plan. Nowell, K., Jackson, P. (ur.). Gland, Switzerland: IUCN/SSC Cat Specialist Group: 41 – 44.
- Oliveira, T., Urrea, F., Lopez-Martin, J. M., Ballesteros-Duperón, E., Barea-Azcón, J. M., Moléon, M., Gil-Sánchez, J. M., Alves, P. C., Díaz-Ruiz, F., Ferreras, P., Monterroso, P., 2018. Females know better: Sex-biased habitat selection by the European wildcat. *Ecology and Evolution*: 1–14.
- Ordiz, A., Stoen, O-G., Sæbø, S., Kindberg, J., Delibes, M., Swenson, J. E., 2012. Do bears know they are being hunted? *Biological Conservation*, 152: 21–28.
- Podgórski, T., Schmidt, K., Kowalczyk, R. and Gulczyńska, A., 2008. Microhabitat selection by Eurasian lynx and its implications for species conservation. *Acta Theriologica*, 53: 97–110.
- Potočnik, H., 2006. Ekološke značilnosti in ogroženost divje mačke (*Felis silvestris*) v Sloveniji. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija.
- Signer, J., Filla, M., Schoneberg, S., Kneib, T., Bufka, L., Belotti, E., Heurich, M., 2019. Rocks rock: the importance of rock formations as resting sites of the Eurasian lynx *Lynx lynx*. *Wildlife Biology*, 2019, 1.

Izvirni znanstveni članek

## Pregled rodnosti populacij rjavih medvedov (*Ursus arctos* L.) v Evropi

### Overview of relative natality in brown bear populations (*Ursus arctos* L.) in Europe

Luka Capuder<sup>1</sup>, Klemen Jerina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Rožna dolina cesta V/10a, 1000 Ljubljana; luka.capuder@gmail.com

<sup>2</sup> Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire,  
Večna pot 83, 1000 Ljubljana; klemen.jerina@gmail.com

### Izvleček

Rjni medved (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) je največja evropska zver, ki pogosto prihaja v konflikt s človekom, kar je velik izziv pri upravljanju. Podatki o relativni rodnosti rjavih medvedov so lahko neposredno vodilo za upravljanje s populacijo (načrtovanje odstrela), vendar so rodnost populacij medveda in še zlasti njeni vplivni dejavniki presenetljivo slabo proučeni. Namen naše raziskave je ugotoviti, kakšne so vrednosti relativne rodnosti rjavega medveda v populacijah v Evropi in ali so razlike med vrednostmi glede na geografsko širino, lokalne gostote medvedov ter odstrel in/ali krmljenje. Za iste spremenljivke smo analizirali tudi povezave z reprodukcijskimi parametri (čas primaparnosti, velikost legla, interval med legli). Podatke smo pridobili s pregledom strokovno znanstvene literature. Kjer je bilo mogoče, smo relativno rodnost povzeli, sicer pa smo jo izračunali na podlagi podatkov, pridobljenih z anketo, ki smo jo poslali strokovnjakom o rjavih medvedih (članom Large Carnivore Initiative for Europe). V raziskavi nismo odkrili nobenih vplivov obravnavanih spremenljivk na relativno rodnost, smo pa ugotovili, da so ocene rodnosti dokaj izenačene in so najverjetnejše na intervalu od 20 % do 25 %. Iz vrednosti izstopa območje Apeninov, kjer smo zabeležili najmanjšo rodnost, ki je najverjetnejše posledica majhne številčnosti medvedov v populaciji (alejev efekt) in večjih intervalov med legli. V raziskavi smo ugotovili

tudi, da so večja legla in poznejše primaparnosti na severu Evrope (Švedska), kar lahko nakazuje na ostrejše življenske razmere. Ugotovili smo tudi, da so ocene rodnosti za nekatere populacije lahko nenatančne.

**Ključne besede:** rjni medved, *Ursus arctos* L., relativna rodnost, velikost legla, primaparnost, interval med legli.

### Abstract

The brown bear (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) is the biggest European carnivore and is often in conflict with humans, which presents a big challenge in managing the species. Data on relative natality can guide us on how to manage a population (planning harvesting), however population natality and other factors connected with it have surprisingly not been studied enough thus far. The objective of this research is to determine the values of brown bear relative natality in Europe and to find whether any differences between the values occur due to change in geographical latitude, local bear densities and/or due harvesting/artificial feeding. Furthermore, we sought connections with reproductive parameters (time of primiparity, interval size, interval between litters). We gathered information by examining literature from experts. Where it was possible, we summarized the value; otherwise, we calculated it using data from a survey

*we sent to brown bear experts (members of Large Carnivore Initiative for Europe). In our research, we did not find any connections between relative natality and our research variables. However, we did document that estimated values of relative natality are most likely between 20% and 25%. A result that stands out comes from the Apennine area, where we found the lowest estimated value of natality, which could be due to the small number of individuals in the brown bear population (the allee effect) and larger intervals between litters. In the research, we also documented that larger litters and later time of primiparity were present in the north of Europe (Sweden), which may indicate harsher life conditions. We also found that natality estimates for some populations could be inaccurate..*

**Keywords:** brown bear; *Ursus arctos L.*, relative natality, litter size, primiparity, interval between litters.

## 1 Uvod

Rjavi medved (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) je največja evropska zver z omnivorno prehrano (Krofel in sod., 2008). Je prilagodljiva in iznajdljiva vrsta, ki živi v različnih habitatih, kot so tundra, gozdovi zmerneg pasu, borealni gozdovi, ter v obalnih in goratih območjih (Steyaert in sod., 2012). V Evropi živi v celotnem gradientu od juga proti severu (Boitani in sod., 2015) in je prisotna v različnih gostotah. Na splošno populacije rjavega medveda živijo v različno produktivnih okoljih in so izpostavljene različnim režimom upravljanja (npr. krmljenje, odstrel) (Jerina in sod., 2020). V Evropi je medved strogo zavarovana vrsta, ki pa jo v nekaterih populacijah upravljajo tudi z odstrelom. Na določenih območjih so populacije stabilne, drugod se povečujejo, lahko pa tudi zelo ogrožene (Boitani in sod., 2015).

Poznavanje relativne rodnosti populacij rjavega medveda je lahko pomembno tako pri njihovem raziskovanju kot tudi pri upravljanju, ki je zahtevno zaradi usklajevanja različnih strategij med državami

in tudi interesov znotraj družbe. Poleg tega je upravljanje oteženo tudi zaradi velikih območij aktivnosti vrste ter njihovih potreb po virih (velik življenjski prostor), ki jih v Evropi težko zadovoljijo zaradi velike razdrobljenosti življenjskega prostora (Steyaert in sod., 2012). Podatki o relativni rodnosti rjavih medvedov so torej lahko neposredno vodilo za upravljanje s populacijo (npr. načrtovanje odstrela, ocena velikosti populacije po kotitvi).

Rodnost je opredeljena kot število skotenih mladičev v populaciji (Jerina in sod., 2020). V literaturi se pojavljajo različne definicije, ki opredeljujejo rodnost, in podobni pojmi, povezani z njo. V tej nalogi opredeljujemo relativno rodnost kot delež mladičev (osebki starosti 0+ oziroma mladiči, stari manj kot leto) v celotni populaciji (Jerina in sod., 2019).

Rodnost je lahko povezana s populacijskimi gostotami, kar pomeni, da ob velikih gostotah lahko nastane pomanjkanje hrane in se posledično poveča smrtnost ter zmanjša rodnost v populaciji. Slednje je lahko posledica vplivov gostote (virov) na reprodukcijske parametre, kot so poznejši čas primaparnosti, manjša legla in daljši intervali med njimi (Jerina in sod., 2020). Parametri se med populacijami spremenjajo/so različni in so pogosto povezani s telesno velikostjo in dostopnostjo hrane (Dahle in sod., 2006).

Doslej ni znanega pregleda relativne rodnosti rjavega medveda v Evropi, zato bi bile na tem področju potrebne raziskave, ki bi natančneje opredelile rodnost in njene vplive na razvoj populacije. Poleg tega so slabo znani mehanizmi, ki vplivajo na spremicanje relativne rodnosti v prostoru in času. To so lahko naravni in antropogeni dejavniki, kot so kakovost in količina hrane, populacijska gostota (Zedrosser in sod., 2006; Jerina in sod., 2013), reprodukcijski parametri (primaparnost, velikost legla, časovni interval med legli) (Dahle in Swenson, 2003; Zedrosser in sod., 2004; Zedrosser in sod., 2009; Steyaert in sod., 2012) krmljenje (Kavčič in sod., 2015) in odstrel (Jerina in sod., 2020).

Izvirni znanstveni članek

Namen raziskave je pridobiti podatke o relativni rodnosti populacij rjavega medveda. Prav tako nas zanimajo povezave med relativno rodnostjo in geografsko širino, lokalnimi gostotami medvedov, zanima nas vpliv krmljenja in/ali odstrela ter povezave z reprodukcijskimi parametri (čas primaparnosti, velikost legla, interval med legli).

## 2 Materiali in metode

### 2.1 Zbiranje in urejanje podatkov

Podatke za izračun relativne rodnosti in opredelitev reprodukcijskih parametrov smo zajeli iz strokovne literature, kot so članki, poročila, raziskovalni projekti iz celotne Evrope. Kjer je bilo mogoče, smo relativno rodnost povzeli, sicer pa smo jo izračunali na več načinov: glede na dostopne podatke o starostni sestavi populacije iz odstrela, štetji na krmiščih in genetskih analiz (preglednica 1). Te vrednosti smo pridobili s pomočjo ankete, ki smo jo po elektronski pošti poslali strokovnjakom s področja rjavih medvedov v Evropi (LCIE). Poleg tega smo za območja, kjer smo ocenili relativno rodnost, na podlagi podatkov iz literature določili še vrednosti reprodukcijskih parametrov (čas primaparnosti, velikost legla, interval med legli).

Podatke za rekonstrukcijo relativne rodnosti in o populacijskih gostotah rjavega medveda smo zbrali iz Slovenije, Hrvaške, Slovaške, Finske, Španije (Kantabrijske gore) ter Italije (Trentino, Apenini) (preglednica 2).

Pri grafičnih prikazih smo se za Slovenijo in Hrvaško odločili uporabiti vrednost relativne rodnosti, ki smo jo določili z metodo »age-at-harvest« (opisano v Jerina in sod., 2018). Za uporabo rodnosti, določene s štetjem na krmiščih, se nismo odločili, ker je vrednost najverjetnejne podcenjena zaradi zgodnjega spomladanskega štetja (Hrvaška) in je tudi manj smiselno, da se rodnost med Hrvaško in Slovenijo zelo razlikuje, ker gre za eno populacijo (Jerina in sod., 2018).

Preglednica 1: Prikaz uporabljenih metod pri posamezni populaciji.

Table 1: Display of used methods for individual population.

| Območje izvora podatkov     | Uporabljena metoda |
|-----------------------------|--------------------|
| Hrvaška                     | A                  |
| Hrvaška                     | B                  |
| Slovenija                   | A                  |
| Slovenija                   | B                  |
| Italija – Trentino          | B                  |
| Italija – Apenini           | C                  |
| Španija – Kantabrijske gore | C                  |
| Slovaška                    | C                  |
| Finska                      | A                  |

Preglednica 2: Območja raziskovanja in lokalne gostote rjavih medvedov.

Table 2: Areas of research and brown bear local densities.

| Območje                     | Lokalna gostota<br>(število rjavih medvedov/<br>100 km <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------|---|
| Španija – Kantabrijske gore | /   |
| Italija – Apenini           | 4 (Ciucci in sod., 2015)  |
| Italija – Trentino          | 4 (Groff in sod., 2020)   |
| Hrvaška                     | 10 (Skrbinšek in sod., 2018)  |
| Slovenija                   | 21 (Jerina in sod., 2020)   |
| Slovaška                    | 8 (Rigg in Adamec, 2007)  |
| Švedska                     | 0,15 (Bischof in sod., 2019)  |
| Finska                      | /   |

## 2.2 Rekonstrukcija relativne rodnosti

### 2.2.1 Rekonstrukcija na osnovi odvzema medvedov (»age-at-harvest«)

Metoda temelji na podatkih o številu in starosti odvzetih živali v posameznih letih in omogoča izračun relativne rodnosti. Pri ocenjevanju rodnosti smo predpostavili: (1) da je vsa smrtnost v populaciji dokumentirana ter da so posamezne ocene spola in starosti brez napak; (2) da je populacija demografsko zaprta ali da so velikost, spolna in starostna struktura odseljencev in priseljencev enake; (3) da so vse v analizah »uporabljene« zaprte kohorte.

Vire podatkov za izračun relativne rodnosti z metodo »age-at-harvest« smo pridobili za hrvaško, slovensko in finsko populacijo rjavih medvedov.

### 2.2.2 Rekonstrukcija na osnovi podatkov iz štetij na krmiščih

Pri drugi metodi za rekonstrukcijo relativne rodnosti smo uporabili podatke s »stalnih« števnih mest rjavega medveda (krmišča) ali druge podatke, kjer se opažanja medvedov sistematično beleži in pri tem loči mladiče od odraslih. V RS gre za štetje medvedov, ki ga člani lovskih družin izvajajo sistematično na celotnem območju medveda v državi. Izvajajo ga letno (spomladansko in jesensko štetje) in evidentirajo mladiče tekočega leta (0+) prejšnjega leta (1+) ter vodeče samice in druge medvede (Jerina in sod., 2019).

Vire podatkov za izračun relativne rodnosti smo pridobili za hrvaško populacijo rjavih medvedov. Relativno rodnost za Slovenijo smo povzeli po projektnem poročilu (Jerina in sod., 2019).

### 2.2.3 Drugi postopki rekonstrukcije relativne rodnosti

Pri pridobivanju podatkov smo ugotovili, da na podlagi prej omenjenih metod za vse populacije ne bo mogoče natančno izračunati relativne rodnosti. Zaradi pomanjkanja podatkov smo se odločili, da bomo za naslednje populacije uporabili druge postopke (podatke) za oceno relativne rodnosti: (1) za populacijo rjavih medvedov v Kantabrijskih gorah v Španiji je znan podatek o letni rodnosti spolno zrelih samic, ki so jo raziskovalci ocenili na podlagi podatkov, pridobljenih med letom (sistematicna opažanja medvedov) (Penteriani in sod., 2018). Predpostavili smo, da sta primarnost in delež samic v populaciji zaradi podobnih življenjskih razmer v okolju enaka kot v slovenski populaciji. Podatke o primarnosti in deležu rodnih samic v Sloveniji navajajo Jerina in sod. (2020); (2) za slovaško populacijo rjavih medvedov Rigg in Adamec (2007) navajata, da je delež mladičev (0+) v populaciji od 16,6 % do 17,6 %. Vrednosti so določili na podlagi celoletnega naključnega opazovanja medvedov in merjenja velikosti sledi. Izračunali smo povprečno vrednost; (3) za italijansko populacijo rjavih medvedov v Apeninah smo uporabili podatke, ki jih navajajo Tosoni in sod., (2017) in so jih določili na podlagi naključnega opazovanja (od julija do septembra) ter spremljanja medvedov s telemetrijo (od spomladni do poznega poletja). Relativno rodnost smo izračunali na dva načina: prvo oceno smo določili na podlagi zmnožka podatka o deležu samic z mladiči v celotni populaciji (7,6 %) in podatka o povprečni velikosti legla (1,9 mladiča), drugo oceno pa na podlagi kvocienta povprečnega števila mladičev 0+ (7,3 mladiča) in velikosti celotne populacije (50 osebkov).

### 3 Rezultati

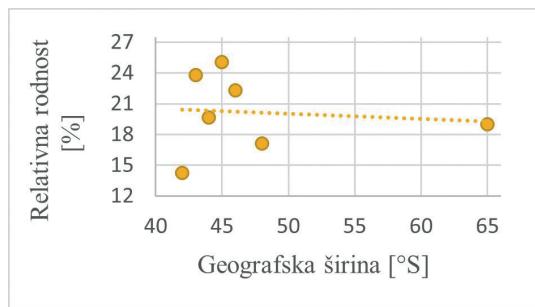
#### 3.1 Rekonstrukcija relativne rodnosti

Preglednica 3: Vrednosti relativne rodnosti populacij rjavih medvedov v Evropi.

Table 3: Relative natality values of brown bear populations in Europe.

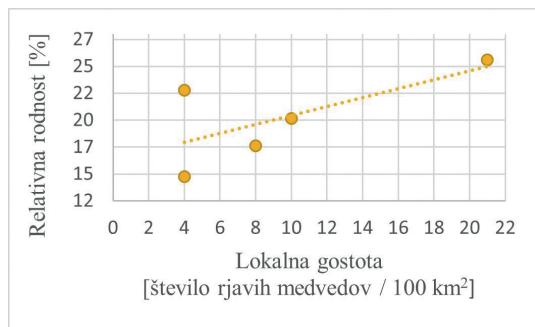
| Območje izvora podatkov     | Relativna rodnost (%) |
|-----------------------------|-----------------------|
| Hrvaška                     | 19,6                  |
| Hrvaška                     | 15,4                  |
| Slovenija                   | 25,1                  |
| Slovenija                   | 24,3                  |
| Italija – Trentino          | 22,3                  |
| Italija – Apenini           | 13,9 in 14,6          |
| Španija – Kantabrijske gore | 23,8                  |
| Slovaška                    | 17,1                  |
| Finska                      | 18,9                  |

Na podlagi podatkov o odvzemu rjavih medvedov iz populacij smo ocenili relativno rodnost za štiri območja (Preglednica 3). Najvišje vrednosti smo ocenili v Sloveniji (25,1 %), sledita Trentino (22,3 %) in Hrvaška (19,6 %). Najmanjšo relativno rodnost pa smo ocenili na Finskem (18,9 %). S podatki iz štetij na krmiščih smo ocenili rodnost na Hrvaškem (15,4 %) in v Sloveniji (24,3 %). Nazadnje smo z uporabo drugih postopkov rodnost določili za tri območja. Najnižji vrednosti smo zabeležili v Apeninah (13,9 % in 14,6 %), najvišjo pa v Kantabrijskih gorah (23,8 %). Skupno so ocene na intervalu od 13,9 % (Apenini) do 25,1 % (Slovenija).



Slika 1: Relativna rodnost in geografska širina.

Figure 1: Relative natality and geographical latitude.



Slika 2: Relativna rodnost in lokalne gostote.

Figure 2: Relative natality and local densities.

Relativna rodnost kaže le šibko zmanjševanje glede na geografsko širino območja (slika 1), vendar pa se veča glede na lokalne gostote rjavih medvedov (slika 2). Podatki o geografski širini niso navedeni za Švedsko in podatki o lokalnih gostotah niso navedeni za Kantabrijske gore, Švedsko in Finsko.

#### 3.2 Krmljenje in odstrel

V Evropi je povprečna relativna rodnost rjavega medveda na območjih, kjer poteka krmljenje (20,6 %) v povprečju praktično enaka kot na območjih, kjer ne poteka (19,8 %). Podobno tudi ni jasnih učinkov odstrela (20,2 % z odstrelom in 20,1 % brez odstrela).

*Izvirni znanstveni članek*

Preglednica 4: Vrednosti reprodukcijskih parametrov.

Table 4: Values of reproductive parameters.

| Območje izvora podatkov     | Čas primaparnosti (leto) | Povprečna velikost legla (stevilo mladičev) | Povprečni interval med legli (leto) | Referenca  |
|-----------------------------|--------------------------|---|-------------------------------------|--|
| Hrvaška                     | 3,50                     | 2,39  | /                                   | (Frković in sod., 2001)<br>(Jerina in sod., 2018)                          |
| Slovenija                   | 3,50                     | 1,90  | /                                   | (Jerina in sod., 2018)<br>(Jerina in sod., 2019)<br>(Jerina in sod., 2020) |
| Italija – Trentino          | 3,00                     | 2,10  | /                                   | (Giovannini in sod., 2008)<br>(Groff in sod., 2016)                        |
| Italija – Apenini           | /                        | 1,90  | 3,70                                | (Tosoni in sod., 2017)   |
| Španija – Kantabrijske gore | 3,50                     | 1,60  | 2,20                                | (Jerina in sod., 2020)<br>(Penteriani in sod., 2018)                       |
| Slovaška                    | /                        | 1,70  | /                                   | (Rigg in Adamec, 2007)   |
| Severna Švedska             | 5,40                     | 2,40  | 2,60                                | (Groff in sod., 2016)  |
| Južna Švedska               | 5,20                     | 2,30  | 2,40                                | (Groff in sod., 2016)  |
| Finska                      | /                        | 2,50  | /                                   | (Zedrosser in sod., 2011)  |

### 3.3 Reprodukcijski parametri

Na podlagi pregleda literature smo določili vrednosti reprodukcijskih parametrov devetih območij rjavega medveda v Evropi (Preglednica 4). Na Hrvaškem, v Kantabrijskih gorah in v Sloveniji smo ugotovili enak okvirni povprečni čas primaparnosti (3,5 let); najnižjega smo ugotovili v Trentinu (3,0 leta), najvišjega pa na severu Švedske

(5,4 leta). Največjo povprečno velikost legla smo ugotovili na Finskem (2,5 mladiča). Vrednost se zmanjšuje od severne Švedske (2,4 mladiča), Hrvaške (2,4 mladiča), južne Švedske (2,3 mladiča), Trentina (2,1 mladiča), Apeninov (1,9 mladiča), Slovenije (1,9 mladiča), Slovaške (1,7 mladiča) do najnižje vrednosti, ki je ugotovljena za Kantabrijske gore (1,6 mladičev).

Izvirni znanstveni članek

Najvišji povprečni interval med legli smo ugotovili v Apeninih (3,7 leta), najnižjega pa v Kantabrijskih gorah (2,2 leta).

## 4 Razprava

### 4.1 Relativna rodnost

#### 4.1.1 Geografska širina

Na skrajnem severu ( $65^{\circ}$  S) je izračunana manjša relativna rodnost (Finska), medtem ko je večja vrednost določena na  $45^{\circ}$  geografske širine (Slovenija). To je lahko posledica ugodnih okoljskih in podnebnih razmer, kot so dalje vegetacijsko obdobje, krajše zime in večja neto primarna produkcija v gozdovih na jugu (Zedrosser in sod., 2006; Jerina in sod., 2020). Mogoče in zelo verjetne so napake ocen zaradi uporabe različnih metod, zato razlike med rodnostmi niso očitne. Populacije rjavega medveda z območja Hrvaške, Slovenije, Apenninov, Trentina in Kantabrijskih gor so na približno enaki geografski širini, vendar se med njimi vseeno pojavljajo razlike ( $\pm 10,8\%$ ) v ocenah relativne rodnosti. Razlike so najverjetneje posledica podcenjenih vrednosti relativne rodnosti na območjih Apenninov (14,25 %), Hrvaške (19,6 % in 15,4 %) in Slovaške (17,1 %). Za območje Apenninov je manjša relativna rodnost lahko posledica majhne številčnosti in s tem povezane majhne genetske pestrosti (Aleejev efekt) (Tome, 2006). Za Hrvaško je ocnjena rodnost verjetno manjša od dejanske zaradi trofejno naravnega lova (Jerina in sod., 2018) in posledično povečane smrtnosti starejših medvedov, zaradi česar so premajhne ocene relativne rodnosti. Omenjene rodnosti med Slovenijo in Hrvaško se precej razlikujejo, česar pa ne moremo razložiti drugače kot z napačnimi ocenami (pričakovali bi enake dejanske rodnosti ozziroma bi bila lahko pri medvedih na Hrvaškem nekoliko večja relativna rodnost). Metoda »age-at-harvest« predpostavlja, da

je evidentirana smrtnost naključna, kar pa v primeru lova, usmerjenega predvsem v odrasle samce, ni zagotovljeno in je dejanska starost evidentiranih osebkov najverjetneje precenjena. Za Slovaško pa je manjša relativna rodnost verjetno posledica zastarelosti pridobljenih podatkov (1992) in uporabe drugih metod (Rigg in Adamec, 2007). Poleg tega so tudi na severu Evrope (ruska Karelija) ugotovili višje relativne rodnosti (23,5 %), ki so jih določili z metodo, podobno štetju na krmisčih (štetje opazovanih medvedov) (Danilov, 1994).

#### 4.1.2 Lokalne gostote

Pri največjih gostotah (Slovenija: 21 rjavih medvedov/100 km<sup>2</sup>) smo izračunali največjo (25,1 %) relativno rodnost, pri manjših gostotah (Apennini: 4 rjavi medvedi/100 km<sup>2</sup>) pa najmanjšo (14,3 %). Iz pridobljenih rezultatov izstopa Trentino, kjer smo pri majhnih gostotah dokumentirali eno največjih rodnosti (22,3 %), kar je najverjetneje posledica ugodnih lokalnih okoljskih razmer (Groff in sod., 2020). Slednje so tudi v Sloveniji lahko razlog za večjo relativno rodnost, ki je večja kljub večjim lokalnim gostotam. Raziskave kažejo (Dahle in Swenson, 2003; Zedrosser in sod., 2006; Jerina in sod., 2013; Reding, 2015), da se z večanjem lokalnih gostot zmanjšajo per-capita razpoložljivi viri, kar lahko vpliva na zmanjšanje rodnosti prek poznejše primaparnosti, manjših legel in večjega intervala med legli (Steyaert in sod., 2012).

V okviru naše raziskave smo ugotovili, da se relativna rodnost verjetno ne spreminja s časom primaparnosti, saj so si vrednosti slednje med seboj podobne (3,0 leta in 3,5 leta), vendar so prikazane za majhen vzorec držav in so tudi v nasprotju z dosedanjimi raziskavami (Zedrosser in sod., 2004). To je lahko posledica podobnih razmer v okolju ozziroma lege na enaki geografski širini. Na Švedskem smo dokumentirali višje vrednosti (5,4 leta), kar bi lahko pomenilo, da so časi primaparnosti povezani z geografsko širino, kar se ujema s pričakovanji.

Ugotovili smo, da so relativne rodnosti rjavega medveda manjše pri večjih leglilih in da so največja legla na severu Evrope (Finska: 2,5 mladiča in severna Švedska: 2,4 mladiča), kar je lahko posledica večjih intervalov med legli. Na jugu izstopa Hrvaška (2,4 mladiča), kjer so večje vrednosti kot na drugih območjih iste geografske širine. Na splošno so razlike v velikosti legal med območji premajhne, da bi lahko trdili, da povečanje števila mladičev v leglu vpliva na zmanjšanje relativne rodnosti. Poleg tega smo ugotovili, da se velikosti legal verjetno ne zmanjšujejo zaradi povečanja lokalnih gostot rjavih medvedov, saj smo pri najmanjših gostotah (Švedska) zabeležili največja legla. Rezultati so v nasprotju z večino dosedanjih raziskav (Frković in sod., 2001; Swenson in sod., 2001; Steyaert in sod., 2012; Zedrosser in sod., 2006; Gonzalez in sod., 2012), zato so lahko vprašljivi, vendar so najverjetnejše posledica različnih metod za izračun relativnih rodnosti. Pri tem je treba izpostaviti, da tudi predhodne raziskave niso nujno zanesljive (v tem merilu).

Povezav med rodnostmi rjavega medveda in intervali med legli nismo ugotovili. Najvišje intervale smo zabeležili v Apeninih (3,7 leta), kar je verjetno tudi eden izmed razlogov za manjše relativne rodnosti v tej populaciji, najnižje pa v Kantabrijskih gorah (2,2 let). Interval med zaporednimi legli je lahko odvisen od časa, ki ga mladiči preživijo z materjo, preden zapustijo leglo (Tosoni in sod., 2017). To je verjetno vzrok za daljše intervale na območju severne Švedske, kjer mladiči zaradi zahtevnejših habitatov lahko dlje preživijo v oskrbi mame kot na jugu Evrope (Dahle in Swenson, 2003).

#### 4.1.3 Krmljenje in odstrel

Zabeležili smo večje povprečne vrednosti relativne rodnosti na območjih, kjer poteka krmljenje (20,6 %), kot na območjih, kjer ne (19,8 %), vendar je razlika statistično povsem neznačilna in biološko nepomembna. Predvidevamo, da so izračunane rodnosti za dve

državi od treh (kjer krmljenje poteka) podcenjene (Hrvaška in Slovaška), zato je primerjava lahko nezanesljiva. Višja povprečna vrednost na krmljenih območjih je lahko posledica večje zabeležene rodnosti v Sloveniji. Vendar raziskave kažejo, da rodnost ni večja zaradi krmljenja, temveč lahko tudi zaradi ugodnih življenjskih razmer (Jerina in sod., 2020). Izračunana relativna rodnost je sicer med največjo tako na območjih, kjer krmljenje poteka (Slovenija: 25,1 %), kot tudi na območjih, kjer ni krmljenja (Kantabrijske gore: 23,8 %). Po drugi strani pa smo na Slovaškem (17,1 %) in Hrvaškem (19,6 %) zabeležili manjšo relativno rodnost, čeprav sta populaciji krmljeni.

Ugotovili smo, da so povprečne vrednosti relativne rodnosti večje na območjih, kjer poteka odstrel (20,2 %), kot na območjih, kjer ne (20,1 %), vendar je razlika tudi tu zanemarljiva.

## 5 Zaključki

Ugotovili smo, da je v Evropi relativna rodnost rjavih medvedov najverjetneje v intervalu od 20 % do 25 % ter da je nižja vrednost v Apennih najverjetneje rezultat majhne številnosti medvedov v populaciji (aleejev efekt). V raziskavi nismo ugotovili nobenih vplivov obravnavanih spremenljivk na relativno rodnost, smo pa ugotovili, da so legla večja in poznejši časi primarnosti rjavih medvedov na severu Evrope (Švedska) ter da so večji intervali med legli lahko povezani z manjšo rodnostjo (Apennini). S primerjavo rezultatov smo ugotovili, da je v Evropi zabeležena relativna rodnost rjavih medvedov večja kot tista, ugotovljena v Severni Ameriki (manj kot 10 %) (Zedrosser in sod., 2011), kar bi lahko pripisali različnim zgodovinskim vplivom na populacijo (lov) zadnjih nekaj 10.000 let.

## 6 Povzetek

Rjavi medved je največja evropska zver, ki je v nekaterih območjih stabilna, druge pa tudi zelo ogrožena vrsta. Relativna rodnost je pomembna za reševanje majhnih populacij pa tudi upravljanje vitalnih populacij z veliko številčnostjo, kjer so pogosti konflikti s človekom. Da bi lahko bolj informirano in strokovno načrtovali odstrel ter upravliali z vrsto, smo se odločili, da bomo ocenili relativno rodnost rjavega medveda v Evropi.

Zanimalo nas je, ali se ocene relativne rodnosti razlikujejo glede na geografsko širino območja in glede na lokalne gostote rjavih medvedov ter ali so razlike v rodnosti med populacijami, ki so krmljene oziroma so pod vplivom odstrela. Poleg tega smo želeli poiskati povezave med relativno rodnostjo in reprodukcijskimi parametri (čas primaparnosti, velikost legla, interval med legli). Podatke smo pridobili s pregledom strokovne literature iz celotne Evrope. Kjer je bilo mogoče, smo relativno rodnost povzeli, sicer pa smo jo izračunali na podlagi podatkov, pridobljenih z anketo, ki smo jo poslali strokovnjakom s področja rjavih medvedov v Evropi (LCIE).

Ugotovili smo, da so v Evropi relativne rodnosti rjavega medveda najverjetnejše na intervalu od okoli 20 % do 25 %. Poleg tega ugotovitve kažejo, da je manjša rodnost v Apeninah najverjetnejše posledica majhne številčnosti v populaciji (alleejev efekt). V okviru raziskave nismo ugotovili vplivov spremenljivk na relativno rodnost, smo pa zabeležili večja legla in poznejše primaparnosti na severu Evrope ter večje intervale med legli v Apeninah, ki so najverjetnejše povezani z manjšo rodnostjo.

## 7 Summary

*The brown bear is the biggest European carnivore, and its populations are stable or endangered. Relative natality is important for saving smaller and larger populations where conflicts with humans are common. To be able to make an informed*

*management (harvesting) plan, information on natality can be used. Therefore, we have decided to document it for brown bears in Europe.*

*We were interested in finding whether estimated values of relative natality differ due to geographical latitude and brown bear local densities and if there are any differences between natality in populations that are under the influence of harvesting and/or artificial feeding. Furthermore, we sought out connections between natality and reproductive parameters (time of primiparity, litter size, interval between litters). We gathered data by examining literature from experts. Where it was possible, we summarized the value; otherwise, we calculated it using data from a survey we sent to brown bear experts (LCIE).*

*We found that the estimated value of brown bear relative natality in Europe is most likely between 20% and 25%. We also documented that lower estimated natality in the Apennine area is probably due to the small number of individuals in the population (allee effect). In our research, we did not find any connections between relative natality and our research variables. However, we did document larger litters and later times of primiparity in the north of Europe (Sweden). We also found that intervals between litters were larger in the Apennine area, which might be connected to lower relative natality in that area.*

## 8 Zahvala

Zahvaljujemo se Strokovno-znanstvenemu svetu Lovske zveze Slovenije, ki je v okviru razpisa za najboljša diplomska, magistrska in doktorska dela s področja divjadi in lovstva izbral diplomsko delo z naslovom Pregled rodnosti populacij rjavih medvedov (*Ursus arctos* L.) v Evropi. Na tem mestu se prvi avtor zahvaljuje tudi prof. dr. Klemnu Jerini, doc. dr. Mihi Kroflu in dr. Dejanu Bordjanu za vse strokovne nasvete in vodenje ob nastajanju diplomskega dela, iz katerega je nastal pričujoči članek.

## 9 Viri

Bischof, R., Milleret, C., Dupont, P., Chipperfield, J., Brøseth, H., Kindberg, J., 2019. RovQuant: Estimating density, abundance and population dynamics of bears, wolverines, and wolves in Scandinavia. Norwegian University of Life Sciences, Faculty of Environmental Sciences and Natural Resource Management: 79 str.

Boitani, L., Andren, H., Huber, Đ., Linnell, J., Breitenmoser, U., Arx, M. V., 2015. Key actions for Large Carnivore populations in Europe. Rome, Institute of Applied Ecology: 120 str.

Ciucci, P., Gervasi, V., Boitani, L., Boulanger, J., Paetkau, D., Prive, R., Tosoni, E., 2015. Estimating abundance of the remnant Apennine brown bear population using multiple noninvasive genetic data sources. Journal of Mammalogy, 96, 1: 206–220.

Dahle, B., Swenson, J. E., 2003. Factors influencing length of maternal care in brown bears (*Ursus arctos*) and its effect on offspring. Behavioral Ecology and Sociobiology, 54, 4: 352–358.

Dahle, B., Zedrosser, A., Swenson, J.E., 2006. Correlates with body size and mass in yearling brown bears (*Ursus arctos*). Journal of Zoology, 269, 3: 273–283.

Danilov, P. I., 1994. The brown bear of northwest Russia. V: A selection of papers from the Ninth International Conference on Bear Research and Management, Missoula, Montana, February 23-28, 1992, Part 1. International Association for Bear Research and Management, 9: 199–203

Frković, A., Huber, Đ., Kusak, J., 2001. Brown Bear Litter Sizes in Croatia. Ursus, 12: 103–105.

Giovannini, R., Groff, C., Dalpiaz, D., Frapporti, C., Valenti, L., 2008. 2007 Bear report. Autonomous Province of Trento's Forestry and Wildlife Department

Gonzalez, O., Zedrosser, A., Pelletier, F., Swenson, J. E., Festa-Bianchet, M., 2012. Litter reductions reveal a trade-off between offspring size and number in brown bears. Behavioral Ecology and Sociobiology, 66: 1025–1032.

Groff, C., Angeli, F., Asson, D., Bragalanti, N., Pedrotti, L., Rizzoli, R., Zanghellini, P., 2016. 2015 Bear Report. Trento. Autonomous Province of Trento's Forestry and Wildlife Department: 38 str.

Groff, C., Angeli, F., Asson, D., Bragalanti, N., Pedrotti, L., Zanghellini, P., 2020. 2019 Large Carnivores Report. Trento. Autonomous Province of Trento's Forestry and Wildlife Department: 60 str.

Jerina, K., Krofel, M., Stergar, M., Videmšek, U., 2012. Factors affecting brown bear habituation to humans: a GPS telemetry study: Final report. University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources: 21 str.

Jerina, K., Jonozovič, M., Krofel, M., Skrbinšek, T., 2013. Range and local population densities of brown bear *Ursus arctos* in Slovenia. European Journal of Wildlife Research, 59, 4:1–9.

Izvirni znanstveni članek

Jerina, K., Polaina, E., Huber, Đ., Reljić, S., Bartol, M., Skrbinšek, T., Jonozovič, M., 2018. Reconstruction of brown bear population dynamics in Slovenia and Croatia for the period 1998-2018. LIFE DinAlp Bear: 46 str.

Jerina, K., Bordjan, D., Zgonik, V., Krofel, M., Klopčič, M., Simončič, T., Fidej, G., Nagel, T., Jarni, K., Poje, A., Marenče, M., Jonozovič, M., Črne, R., Bartol, M., Žerjav, S., 2019. Uporabnost sistematičnih štetij medvedov v mreži stalnih števnih mest za spremljanje populacijske dinamike, relativne rodnosti populacije in zastopanosti samic z mladiči. LIFE DinAlp Bear: 42 str.

Jerina, K., Majić-Skrbinšek, A., Stergar, M., Bartol, M., Pokorný, B., Skrbinšek, T., Berce, T., 2020. Strokovna izhodišča za upravljanje rjavega medveda (*Ursus arctos*) v Sloveniji (obdobje 2020–2023). Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Gozdarski inštitut Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije: 98 str.

Kaczensky, P., Chapron, G., Arx, M. V., Huber, Đ., Andrén, H., Linnell, J., 2012. Status, management and distribution of large carnivores (bear, lynx, wolf and wolverine) in Europe: part 1. IUCN/SSC Large Carnivore Initiative for Europe, Istituto di Ecologia Applicata: 72 str.

Kavčič, I., Adamič, M., Kaczensky, P., Krofel, M., Kobal, M., Jerina, K., 2015. Fast food bears: Brown bear diet in a human-dominated landscape with intensive supplemental feeding. Wildlife Biology, 21, 1: 1–8.

Krofel, M., Pagon, N., Zor, P., Kos, I., 2008. Analiza vsebine prebavil medvedov (*Ursus arctos* L.) odvzetih iz narave v Sloveniji v letih 2006-2008: zaključno poročilo. Ljubljana, Univerza, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 41 str.

Penteriani, V., Zarzo-Arias, A., Bombieri, G., Cañedo, D., García, J. D., Delgado, M. M., Torre, P. P., Otero, M. F., García, P. V., Vázquez, V. M., Corominas, T. S., 2018. Density and reproductive characteristics of female brown bears in the Cantabrian Mountains, NW Spain. The European Zoological Journal, 85, 1: 312–320.

Reding, R., 2015. Effects of diversionary feeding on life history traits of brown bears: master thesis. (University of Natural Resources and Life Sciences, Department of Integrative Biology, Institute of Wildlife Biology and Game Management). Vienna. 30 str.

Rigg, R., Adamec, M., 2007. Status, ecology and management of the brown bear (*Ursus arctos*) in Slovakia. Liptovský Hrádok, Slovak Wildlife Society: 128 str.

Skrbinšek, T., Konec, M., Bragalanti, N., Calderola, S., Groff, C., Huber, Đ., Skrbinšek, A. M., Molinari-Jobin, A., Molinari, P., Rauer, G., Reljić, S., Stergar, M., Černe, R., Jelenčič, M., 2018. 2018 Annual population status report for brown bears in northern Dinaric mountains and central-eastern Alps. LIFE DinAlp Bear: 34 str.

Steyaert, S. M. J. G., Endrestøl, A., Hackländer, K., Swenson, J. E., Zedrosser, A., 2012. The mating system of the brown bear *Ursus arctos*. Mammal review, 42, 1: 12–34.

*Izvirni znanstveni članek*

Swenson, J. E., Sandegren, F., Brunberg, S., Segerström, P., Segerström, P., 2001. Factors associated with loss of brown bear cubs in Sweden. Ursus, 12: 69–80.

Tome, D., 2006. Ekologija: organizmi v prostoru in času: učbenik za visoke šole. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 344 str.

Tosoni, E., Boitani, L., Gentile, L., Gervasi, V., Latini, R., Ciucci, P., 2017. Assessment of key reproductive traits in the Apennine brown bear population. Ursus, 28, 1: 105–116.

Zedrosser, A., Rauer, G., Kruckenhauser, L., 2004. Early primiparity in brown bears. Acta Theriologica, 49, 3: 427–432.

Zedrosser, A., Dahle, B., Swenson, J. E., 2006. Population density and food conditions determine adult female body size in brown bears. Journal of Mammalogy, 87, 3: 510–518.

Zedrosser, A., Dahle, B., Støen, O. G., Swenson, J. E., 2009. The effects of primiparity on reproductive performance in the brown bear. Oecologia, 160, 4: 847–854.

Zedrosser, A., Steyaert, S. M. J. G., Gossow, H., Swenson, J. E., 2011. Brown bear conservation and ghost of persecution past. Biological Conservation, 144, 9: 2163–2170.

## Variabilnost spodnje čeljustnice navadnega jelena (*Cervus elaphus*) v Sloveniji: ontogenetski razvoj in geografska raznolikost

**Mandible variability of red deer (*Cervus elaphus*) in Slovenia: ontogenetic development, and geographic difference**

Polona Rupnik<sup>1</sup>, Tina Klenovšek<sup>2</sup>, Boštjan Pokorný<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>polona.rupnik@gmail.com, Geodetski zavod Celje d. o. o., Cesta XIV. divizije 10, 3000 Celje

<sup>2</sup>Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru, Koroška cesta 160, 2000 Maribor

<sup>3</sup>Visoka šola za varstvo okolja, Trg mladosti 7, 3320 Velenje

<sup>4</sup>Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

### Izvleček

Namen raziskave je bil analizirati morfološko variabilnost v velikosti in obliku leve polovice spodnje čeljustnice (leve spodnjočeljustne kosti) navadnega jelena (*Cervus elaphus*) z vidika postnatalnega ontogenetskega razvoja in morebitnih razlik med območji. V raziskavi smo uporabili metode geometrijske morfometrije, ki omogočajo ločeno analiziranje velikosti in oblike struktur. V analizo smo vključili 325 spodnjih čeljustnic mladičev (telet obeh spolov) in enoletnih živali (lančakov in junic) iz devetih lovskoupravljaljivih območij (LUO) v Sloveniji. Z analizo ontogenetske alometrije smo ugotovili, da je med rastjo variabilnost v obliku tesno povezana z velikostjo čeljustnic. Med starostnima skupinama smo največjo variabilnost oblike čeljustnice ugotovili na predelu, kjer izraščajo meljaki. Med teleti in enoletnimi živalmi je bila razlika v velikosti in obliki čeljustnic izrazita v vseh LUO-jih. Jelenjad iz Pomurskega LUO je imela največje čeljustnice. Ugotovili smo tudi variabilnost v obliku čeljustnic. Največja razlika v obliki čeljustnic telet je bila med Pomurskim in Notranjskim LUO, pri enoletnih živalih pa med Gorenjskim in Pomurskim oz. Gorenjskim in Primorskim LUO.

**Ključne besede:** spodnje čeljustnice, jelenjad, geometrijska morfometrija, ontogenija, alometrija, geografska variabilnost.

### Abstract

We aimed to analyze morphological variability in the shape and size of the left hemimandible of red deer (*Cervus elaphus*) in reference to post-natal ontogenetic development and geographical origin. We employed geometric morphometrics, a method which enables separate analysis of the structure's shape and size. The sample included 325 mandibles of calves and yearlings of both sexes harvested in nine hunting management districts (HMD) in Slovenia. Analysis of ontogenetic allometry revealed that variability in shape during growth is closely related to the size of the mandible. The largest difference in mandible shape between both age-groups occurred at the place where molars grow out. The difference in size and shape of the mandibles of calves and yearlings was present in all HMD. Analysis of geographic variability revealed that animals from Pomursko HMD had the largest mandibles. Red deer also display variability in mandible shape. The largest difference in mandibular shape in calves was found between Pomursko and Notranjsko HMD, while in yearlings, the largest difference was noted between Gorenjsko and Pomursko and Gorenjsko and Primorsko HMD respectively.

**Keywords:** mandible, red deer, geometric morphometrics, ontogenesis, allometry, geographic variability.

## 1 Uvod

V kopenskih ekosistemih so ena ključnih živalskih skupin prostoživeči parkljarji oz. sodoprsti kopitarji, ki so tudi lovskoupravljavski najpomembnejša skupina divjadi (Apollonio in sod., 2017). Zaradi evidentiranja in spremljanja demografskih značilnosti odvzetih parkljarjev, torej za adaptivno upravljanje s populacijami, morajo lovci v Sloveniji vsako leto zbrati vse spodnje čeljustnice (oz. njihove leve polovice) odvzete parkljaste divjadi, razen gamsov (*Rupicapra rupicapra*), muflonov (*Ovis musimon*) in kozorogov (*Capra ibex*). Vsaka čeljustnica mora biti sledljivo označena z zaporedno številko odvzema, mnogi atributni podatki o posameznem osebkusu pa so pod številko zbrani v Osrednjem slovenskem lovsko-informacijskem sistemu (Levanič, 2018). Zbrane in sledljivo evidentirane spodnje čeljustnice in zobovje v njih so vir dragocenih informacij o posameznih osebkih, biologiji vrst in njihovem življenjskem okolju. Podatke o velikosti čeljustnic in njeni variabilnosti je mogoče uporabiti tudi v lovskoupravljavski namene oz. kot kazalnik v kontrolni metodi upravljanja populacij (Pokorný in Jelenko Turinek, 2018).

V Sloveniji je bil v preteklosti raziskovalni potencial zbranih čeljustnic prostoživečih parkljarjev delno izkorščen predvsem za evropsko srno/ srnjad (*Capreolus capreolus*), npr. za izboljšanje ocenjevanja starosti osebkov (Črep, 2013) ter za pridobivanje informacij o onesnaženosti okolja in izpostavljenosti ter odzivih osebkov oz. populacij (Jelenko in Pokorný, 2010; Jelenko in sod., 2010; Jelenko, 2011; Hudej, 2013), vključno s pojavljanjem različnih nepravilnosti (npr. v številu zob) in obolenj, kot sta aktinomikoza in hipoplazija sklenine (Konjević in sod., 2011, 2012; Đurić, 2014). Za to vrsto so raziskovalci ugotavljali tudi časovne in prostorske značilnosti rasti spodnjih čeljustnic mladičev (Jelenko in sod., 2012) in značilnosti njihovega ontogenetskega razvoja (Mikuž, 2015). Z uporabo geometrijske morfometrije je slednja ugotovila, da se v Sloveniji ontogenetske krivulje srnjadi med območji razlikujejo, jim je pa skupen strm začetek (pospešena rast v začetku življenja).

Čeljustnice te vrste intenzivno rastejo do četrtega meseca starosti, nato se rast upočasni. Taka dinamika je najverjetneje povezana z vremenskimi razmerami oz. z letnimi časi in temperaturami, življenjske razmere v prvih mesecih življenja srnjadi pa določajo končno velikost in fitnes osebka.

V nasprotju s srnjadom je pri nas za navadnega jelena/jelenjad (*Cervus elaphus*) raziskovalni potencial čeljustnic še domala neizkorščen. Razen določitve najpogostejših nepravilnosti (Kelher, 2013; Pokorný in Jelenko Turinek, 2018) oz. zanesljivosti okularnega ocenjevanja starosti jelenjadi (Pokorný in sod., 2012) v preteklosti ni bilo raziskav na čeljustnicah te vrste, čeprav je vrsta zelo zanimiva tudi z ontogenetskega vidika. Osebki te vrste namreč v prvem življenjskem letu (teleta) intenzivno rastejo; hitra dinamika rasti je vidna tudi v drugem letu starosti (tj. pri enoletnih živalih – lanščakih in junicah), pozneje se upočasni. Večina telesnih delov doseže končno velikost v razredu srednje starih (5- do 9-letnih) živali (Hafner, 2008). Azorit in sod. (2003) so ugotovili, da na končno velikost čeljustnic, ki je dober kazalnik razvoja skeleta jelenjadi, zelo vplivajo okoljske razmere, ki povzročajo geografsko raznolikost populacij, tj. razlike med posameznimi populacijami v morfoloških, ekoloških in genetskih lastnostih v območju razširjenosti vrste. V Evropi so, npr., telesno manjši osebki jelenjadi značilni za Škotsko, Norveško in Korziko; pri nas je največja jelenjad iz nižinskih območij, v gorskih predelih pa je navadno manjša (Kryštufek, 1991). Razumevanje dejavnikov, ki vplivajo na geografske razlike med populacijami, pomaga razjasniti vzroke in posledice evolucije (Olvido in Mousseau, 2012).

Geometrijska morfometrija je sodobna metoda proučevanja variabilnosti velikosti in oblike organizmov v povezavi z različnimi spremenljivkami. Za razliko od tradicionalne morfometrije, ki uporablja enorazsežne meritve dolžin, geometrijska morfometrija opiše obliko objektov s točkami v dvo- ali trirazsežnem prostoru. Definicija oblike objektov s koordinatami točk (x, y ali x, y, z) ohranja podatke o relativnih prostorskih razmerjih med točkami skozi celotno analizo oblike,

kar omogoča vizualizacijo variabilnosti vzorca in individualnih ali skupinskih razlik ter drugih odnosov v prostoru (Slice, 2007; Klenovšek, 2014). Prednost geometrijske morfometrije je tudi ločena analiza velikosti in oblike objektov, kar omogoča raziskave alometrije, tj. spremenjanja oblike v odvisnosti od velikosti.

Namen pričujoče raziskave, ki je podrobnejše predstavljena v Rupnik (2019), je bil ovrednotiti morfološko variabilnost čeljustnic jelenjadi na območju Slovenije z vidika postnatalnega ontogenetskega razvoja in geografske lege odvzema osebkov. Zanimalo nas je spremenjanje velikosti in oblike čeljustnice do drugega leta starosti in primerjava ontogenetskega razvoja med izbranimi (lovskoupravljavskimi) območji.

Preglednica 1: Število analiziranih čeljustnic navadnega jelena glede na lovskouravlјavsko območje (LUO), spol in starost. Osebki so bili razvrščeni v dve starostni skupini: (i) mladiči (teleta), stari do 12 mesecev; (ii) enoletni osebki, stari od 12 do 24 mesecev.

Table 1: Number of analysed red deer mandibles per area (hunting management district; LUO), sex and age. All individuals were grouped in two age classes: (i) calves, i.e. up to 12 months of age; yearlings, aged between 12 and 24 months.

| LUO                   | Teleta |           |        | Enoletni osebki |        |           | Skupaj     |
|-----------------------|--------|-----------|--------|-----------------|--------|-----------|------------|
|                       | Samci  | Samice    | Skupaj | Samci           | Samice | Skupaj    |            |
| Gorenjsko             | 10     | <b>10</b> | 20     | 10              | 10     | <b>20</b> | <b>40</b>  |
| Kočevsko-Belokranjsko | 10     | <b>10</b> | 20     | 10              | 10     | <b>20</b> | <b>40</b>  |
| Notranjsko            | 10     | <b>10</b> | 20     | 10              | 8      | <b>18</b> | <b>38</b>  |
| Novomeško             | 10     | <b>10</b> | 20     | 5               | 5      | <b>10</b> | <b>30</b>  |
| Pohorsko              | 10     | <b>11</b> | 21     | 9               | 9      | <b>18</b> | <b>39</b>  |
| Pomursko              | 10     | <b>8</b>  | 18     | 2               | 12     | <b>14</b> | <b>32</b>  |
| Primorsko             | 6      | <b>11</b> | 17     | 5               | 4      | <b>9</b>  | <b>26</b>  |
| Triglavsko            | 10     | <b>10</b> | 20     | 10              | 10     | <b>20</b> | <b>40</b>  |
| Zahodnovisokokraško   | 10     | <b>10</b> | 20     | 10              | 10     | <b>20</b> | <b>40</b>  |
| <b>Skupaj</b>         |        |           |        |                 |        |           | <b>325</b> |

ocenjena starost, telesna masa (po iztrebljanju oz. odstranitvi notranjih organov in prebavil), datum odvzema (odstrela oz. drugih izgub), lovišče in lokacija odvzema (z navedbo kvadranta v prostorski resoluciji 1 x 1 km). V analizo je bilo vključenih 325 nepoškodovanih čeljustnic iz devetih lovskoupravljaljskih območij, in sicer samo živali v prvem (mladiči – teleta) oz. drugem (enoletni osebki) letu življenja (preglednica 1). Za obe skupini je namreč mogoče ugotoviti starost povsem natančno, in sicer na podlagi razvojne stopnje zob (Pokorný in Jelenko Turinek, 2018). Ker v prejšnjih analizah, razen nekaj izjem, nismo zaznali izrazitega spolnega dimorfizma (Rupnik, 2019), smo v pričujočem prispevku združili podatke za oba spola.

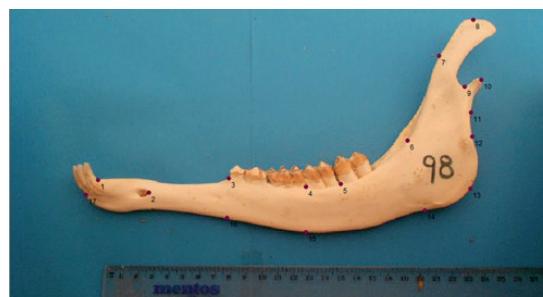
Kljub velikemu celotnemu vzorcu (325 čeljustnic) so bili posamezni podvzorci (upoštevaje območje in starost) relativno majhni (preglednica 1), kar bi lahko vplivalo na variabilnost rezultatov znotraj njih. Slednje velja še zlasti za teleta, ki v obdobju september–december intenzivno rastejo. Za zmanjšanje tovrstne napake smo v vseh območjih pri izbiri vzorcev skušali doseči primerljivo časovno razporeditev glede na obdobje odvzema osebkov, zato se nismo odločili za naknadne statistične prilagoditve izvornih podatkov.

### 2.1.2 Fotografiiranje čeljustnic

Vse čeljustnice smo fotografirali s fotoaparatom Nikon Coolpix S3100. Uporabili smo stojalo v obliki škatle, na vrhu z odprtino za fotoaparat in na dnu s kontrastno podlago ter merilom. S stojalom smo zagotovili, da je bila razdalja med fotoaparatom in čeljustnicami vedno enaka. Fotografovali smo samo labialno (lično) stran čeljustnic.

### 2.1.3 Izbira in določanje oslonilnih točk

Z oslonilnimi točkami smo opisali obliko spodnje čeljustnice. Na vsaki fotografiji smo na homologna mesta postavili 17 oslonilnih točk (slika 1). Za določanje oslonilnih točk smo uporabili program TpsDig2 (Rohlf, 2010).



Slika 1: 17 izbranih oslonilnih točk na levi polovici spodnje čeljustnice jelendjadi; identične točke smo uporabili za vsako čeljustnico (za podrobnejši opis legi oslonilnih točk glejte Rupnik, 2019): 1 – zunanjji rob na jamici podočnika; 2 – desni del bradne odprtine; 3 – zunanjji del jamice drugega predmeljaka; 4 – jamica med četrtem predmeljakom in prvim meljakom; 5 – jamica za prvim meljakom; 6 – sredina vbočene strukture; 7 – sredina izbočene strukture na kavljasti kosti; 8 – najvišja točka kavljaste kosti; 9 – najnižji del med kavljasto kostjo in spodnječeljustnično glavo; 10 – vrh spodnječeljustnične glave; 11 – sredina med oslonilnima točkama 10 in 12; 12 – začetek kostnega podaljška (sedla); 13 – sredina sedla; 14 – konec sedla; 15 – spodnji skrajni del čeljustnice, pravokotno na oslonilno točko 4; 16 – spodnji skrajni del čeljustnice, pravokotno na oslonilno točko 3; 17 – zunanjji rob zobne jamice prvega sekalca.

Figure 1: 17 selected landmarks on left hemimandible of red deer; identical points were used per each mandible (for description of exact position of those points, see Rupnik, 2019).

### 2.1.4 Poravnava koordinat

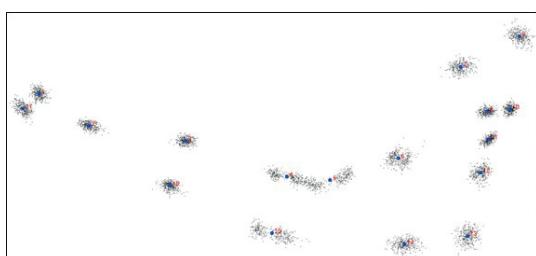
Vse razporeditve oslonilnih točk, ki smo jih določili na posameznih čeljustnicah, smo poravnali s posplošeno Procrustovo analizo (angl. GPA – Generalized Procrustes Analysis), ki izloči razlike med objekti, ki nastanejo med procesom digitalizacije. Razporeditve točk premakne v skupno izhodišče, zavrti in nato skalira (slika 2), tako, da je vsota kvadratov razlik med točkami v vzorcu na koncu zelo majhna (Rohlf in Slice,

1990). S Procrustovo analizo ugotovimo podatke o obliku (oblikovne spremenljivke ali Procrustove koordinate) in velikosti (centroidna velikost, angl. centroid size, CS) spodnjih čeljustnic. Izračunali smo tudi Procrustove razdalje. Definicije Procrustovih koordinat, centroidne velikosti in Procrustovih razdalj so navedene v Klenovšek (2014).

## 2.2 Statistične analize

Obliko in velikost čeljustnic smo v vseh analizah obravnavali ločeno. Testirali smo razlike med starostnima skupinama in lovskoupravljavskimi območji. Variabilnost v obliku spodnje čeljustnice smo predstavili z analizo glavnih komponent (PCA). Z analizo variance ((M)ANOVA) smo testirali statistično značilnost razlik med vnaprej določenimi skupinami čeljustnic glede na starost in geografski položaj. Rezultate smo preverili z neparametričnim permutacijskim testom. Z multivariatno regresijo oblikovnih spremenljivk (Procrustovih koordinat) na velikost (CS) smo ugotavljali ontogenetsko alometrijo, tj. razmerje med obliko in velikostjo spodnje čeljustnice po starostnih skupinah in geografskih območjih.

Za analize geometrijske morfometrije, statistične analize in druge obdelave podatkov smo uporabili programe IBM SPSS Statistics 20 (2008) in MorphoJ (Klingenberg, 2011).



Slika 2: Poravnane razporeditve 325 spodnjih čeljustnic navadnega jelena za 17 oslonilnih točk.

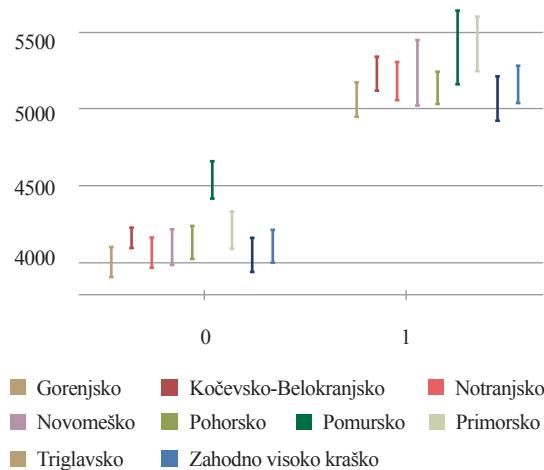
Figure 2: Adjusted configuration for 325 red deer mandibles for 17 landmarks.

## 3 Rezultati

### 3.1 Ontogenetski razvoj

#### 3.1.1 Velikost čeljustnic

Starostni skupini telet in enoletnih osebkov sta se glede na povprečno velikost spodnje čeljustnice (aritmetične sredine) statistično značilno razlikovali v vseh obravnavanih območjih. Teleta so imela izrazito največje čeljustnice v Pomurskem LUO, enoletni osebki pa v Primorskem in Pomurskem LUO. Najmanjša razlika v povprečni velikosti čeljustnic telet in enoletnih živali je bila v Pomurskem LUO, največja pa v Primorskem LUO (slika 3).



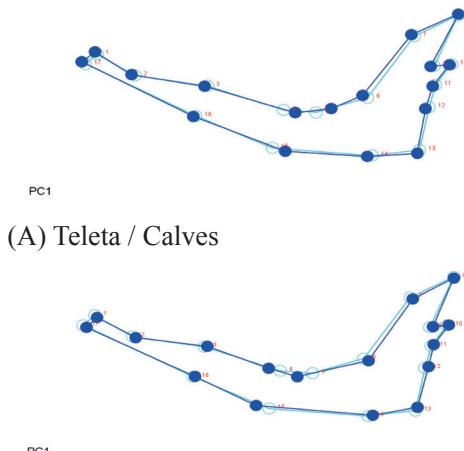
Slika 3: Povprečne velikosti čeljustnic navadnega jelena v lovskoupravljavskih območjih glede na starost. Levo so teleta (0), desno enoletni (1) osebki. Prikazane so aritmetične sredine (krogci) s standardno napako ocene (ročaji).

Figure 3: Red deer mandible size per hunting management district, with respect to the age of animals. Left part: calves (0); right part: yearlings (1). Arithmetic means (circles) with standard errors (lines) are presented.

### 3.1.2 Oblika čeljustnic

Testirali smo tudi razlike v obliku spodnjih čeljustnic med teleti in enoletnimi osebkami za posamezna LUO. V šestih LUO (tj. v vseh, razen v Novomeškem, Primorskem in Pomurskem) so bile razlike v obliku med obema starostnima kategorijama statistično značilne. Prva glavna komponenta (PC1) je pojasnila 59,8 % variabilnosti v obliku spodnje čeljustnice v celotnem vzorcu; uporabili smo jo za prikaz razlike v obliku med starostnima skupinama (slika 4).

V prvem letu starosti nastane največja razlika v obliku čeljustnice na mestu, kjer izraščajo meljaki. Jamica med četrtem predmeljakom in prvim meljakom (LM4) ter točka, ki je pravokotno na jamico (LM15), sta mesti, pri katerih sta opazni pospešena rast in podaljšanje čeljustnice. Pri enoletnih živalih se dolžina med jamico za prvim meljakom in vbočeno strukturo na začetku kavljaste kosti (LM6) podaljša. Sprememba je vidna tudi na spodnjem delu izbočene strukture na



Slika 4: Razlika v obliku spodnje čeljustnice med teleti (A) in enoletnimi osebkami (B) navadnega jelena.

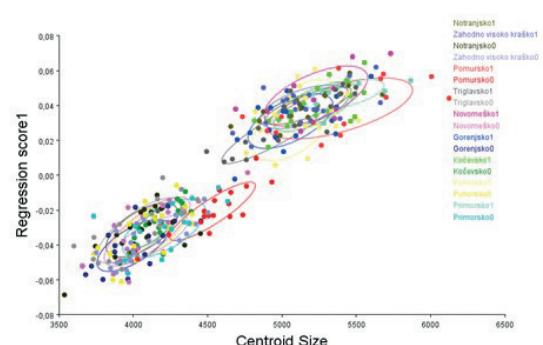
Figure 4: Difference in mandible shape between red deer calves (A) and yearlings (B).

kavljasti kosti (med LM6 in LM7). V času rasti se ta kost zoži. Zunanja robova zobne jamice prvega sekala (LM17) in podočnika (LM1) sta pri teletih daljša kot pri enoletnih osebkih.

### 3.1.3 Ontogenetska alometrija

Pri ontogenetski analizi nas je zanimalo, ali se oblika spodnje čeljustnice spreminja v odvisnosti od njene velikosti in starosti. Razmerje med velikostjo in obliko čeljustnic smo prikazali v razsevnem diagramu, v katerega smo zajeli vsa LUO in obe obravnavani starostni skupini (slika 5).

Z regresijo oblikovnih spremenljivk na centroidno velikost smo ugotovili, da velikost pojasni 22,4 % variabilnosti v obliku spodnjih čeljustnic. Oblika in velikost čeljustnic sta bili značilno soodvisni ( $p < 0,001$ ), kar je potrdilo alometrično rast spodnje čeljustnice navadnega jelena. Odnos med obliko in velikostjo je bil linearen, kar pomeni, da se s starostjo in rastjo oblika spreminja bolj ali manj enakomerno. Pri teletih je bil manjši razpon variabilnosti oblike kot pri enoletnih osebkih, pri čemer je bila izjema Pomursko LUO.



Slika 5: Spreminjanje oblike spodnje čeljustnice navadnega jelena v odvisnosti od velikosti in starosti. Ellipse obkrožajo 50 % osebkov, ki pripadajo določenemu LUO in starostni skupini (levo spodaj: teleta, 0; desno zgoraj: enoletni osebki, 1).

Figure 5: Modification of red deer mandible shape in relation to its size and age. Ellipses surround 50% of individuals in each hunting management district and age class (left down: calves, 0; right up: yearlings, 1).

## Izvirni znanstveni članek

Preglednica 2: Značilnost razlik (p-vrednosti) v velikosti spodnjih čeljustnic navadnega jelena med LUO: post-hoc test za teleta (pod diagonalo) oz. enoletne živali (nad diagonalo); statistično značilne razlike ( $p < 0,05$ ) so prikazane odbeljeno.

Table 2: Statistical significance (p-values) of differences in red deer mandible size between hunting management districts: post-hoc test for calves (below diagonal) and yearlings (above diagonal); significant differences ( $p < 0,05$ ) are bolded.

|                       | Gorenjsko    | Kočevsko-Belokranjsko | Notranjsko   | Novomeško    | Pohorsko     | Pomursko     | Primorsko    | Triglavsko   | Zahodno-visokokraško |
|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| Gorenjsko             |              | 0,059                 | 0,189        | 0,111        | 0,650        | <b>0,001</b> | <b>0,001</b> | 0,969        | 0,271                |
| Kočevsko-Belokranjsko | <b>0,022</b> |                       | 0,595        | 0,961        | 0,156        | 0,089        | 0,083        | 0,064        | 0,424                |
| Notranjsko            | 0,372        | 0,159                 |              | 0,627        | 0,390        | <b>0,032</b> | <b>0,034</b> | 0,201        | 0,805                |
| Novomeško             | 0,162        | 0,368                 | 0,610        |              | 0,225        | 0,165        | 0,140        | 0,118        | 0,483                |
| Pohorsko              | 0,120        | 0,457                 | 0,506        | 0,876        |              | <b>0,003</b> | <b>0,005</b> | 0,678        | 0,526                |
| Pomursko              | <b>0,000</b> | <b>0,000</b>          | <b>0,000</b> | <b>0,000</b> | <b>0,000</b> |              | 0,809        | <b>0,001</b> | <b>0,016</b>         |
| Primorsko             | <b>0,004</b> | 0,501                 | <b>0,044</b> | 0,126        | 0,167        | <b>0,000</b> |              | <b>0,002</b> | <b>0,019</b>         |
| Triglavsko            | 0,501        | 0,104                 | 0,826        | 0,466        | 0,376        | <b>0,000</b> | <b>0,026</b> |              | 0,289                |
| Zahodno-visokokraško  | 0,130        | 0,434                 | 0,531        | 0,906        | 0,969        | <b>0,000</b> | 0,156        | 0,397        |                      |

### 3.2 Geografska variabilnost

#### 3.2.1 Velikost čeljustnic

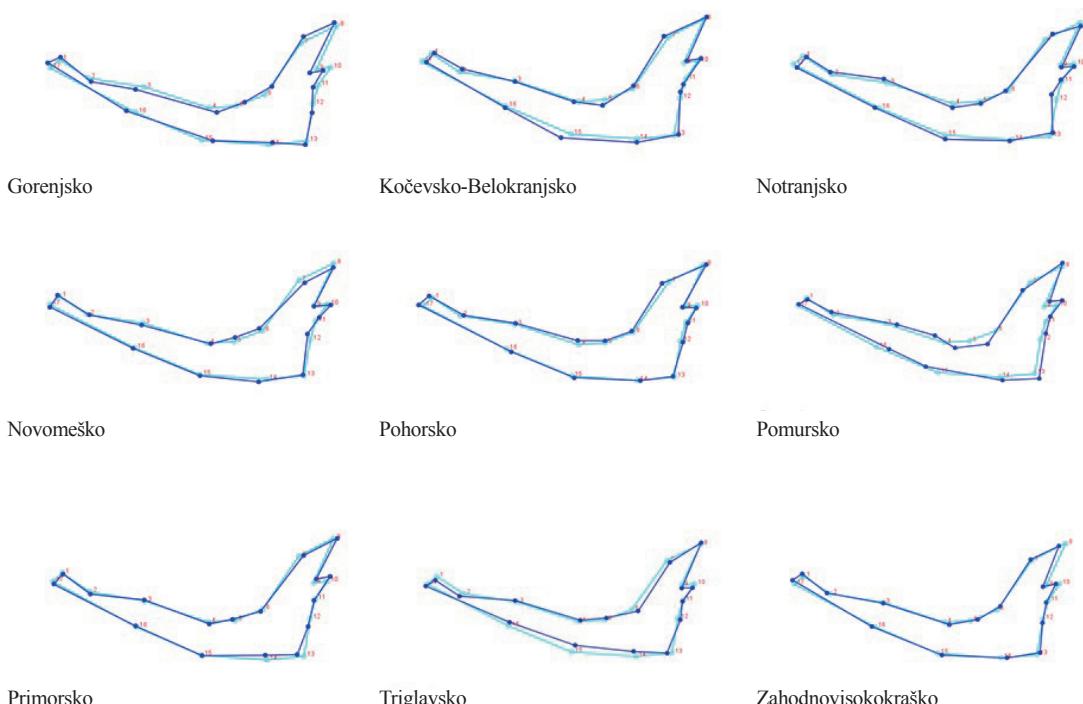
Aritmetične sredine velikosti čeljustnic s posameznih območij smo primerjali z enostavno analizo variance (ANOVA). Post-hoc primerjava velikosti spodnjih čeljustnic med pari LUO za teleta je pokazala, da se Pomursko LUO (območje, kjer je jelenjad največja oz. ima največje čeljustnice) statistično značilno razlikuje od vseh preostalih območij. Prav tako se je Gorenjsko LUO

(najmanjše čeljustnice) značilno razlikovalo od Primorskega in Kočevsko-Belokranjskega LUO ter Primorsko LUO (večje čeljustnice) od Notranjskega in Triglavskega LUO. Primerjava povprečnih velikosti spodnjih čeljustnic enoletnih osebkov je pokazala, da se jelenjad te starostne kategorije iz Pomurskega in Primorskega LUO med sabo po velikosti ne razlikuje statistično značilno, so pa bile v obeh območjih čeljustnice značilno večje kot v Gorenjskem, Notranjskem, Pohorskem, Triglavskem in Zahodnovisokokraškem LUO (preglednica 2).

### 3.2.2 Oblika čeljustnic

Za določitev razlik v obliki spodnjih čeljustnic juvenilne jelenjadi smo za vse osebke izračunalni Procrustove razdalje in jih 10.000-krat permutirali. V primeru telet je bila Procrustova razdalja najdaljša med Pomurskim in Notranjskim LUO ( $d = 0,035$ ). To pomeni, da sta si obe skupini v oblikovnem prostoru najbolj narazen, čeljustnice telet s teh območij se najbolj razlikujejo. Druga najdaljša razdalja je bila med Pomurskim in Gorenjskim LUO ( $d = 0,034$ ). Najbolj sta si v obliki čeljustnic jelenjadi podobni Novomeško in Notranjsko LUO ( $d = 0,009$ ). Največje razlike so opazne v obliki kavljlaste kosti, sicer pa je oblika čeljustnic telet, razen manjših odstopanj, med območji precej podobna (slika 6).

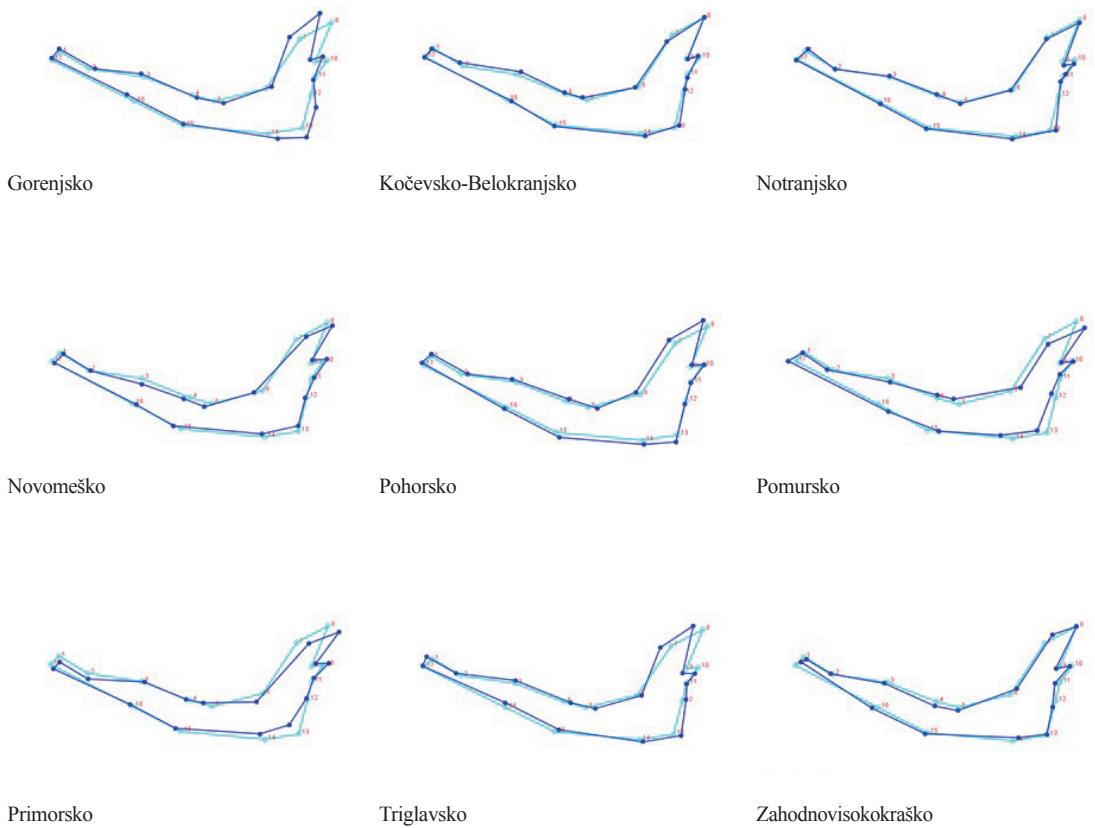
Enoletne živali so imele krajše Procrustove razdalje med LUO kot teleta. Najdaljša razdalja ( $d = 0,029$ ) je bila med Gorenjskim in Pomurskim ter Gorenjskim in Primorskim LUO, najkrajša ( $d = 0,010$ ) je bila med Notranjskim in Kočevsko-Belokranjskim ter Primorskim in Novomeškim LUO. Razlika v obliki nekaterih delov čeljustnic pa je bila pri enoletnih živalih izrazitejša kot pri teletih; razlog je večja variabilnost v obliki pri starejših živalih. Največje razlike so bile v obliki kavljlaste kosti in kostnega podaljška (sedla). Od povprečne oblike celotnega vzorca so najbolj odstopala Primorsko, Gorenjsko in Pomursko LUO (slika 7).



Slika 6: Razlike v obliki spodnjih čeljustnic telet jelenjadi med povprečno obliko vseh čeljustnic (svetlo modra barva) in povprečno obliko čeljustnic v posameznem LUO (temno modra barva).

Figure 6: Differences in mandible shape of red deer calves between mean shape of all studied mandibles (light blue colour) and mean shape in respective hunting management district (dark blue).

Izvirni znanstveni članek



Slika 7: Razlike v oblikih spodnjih čeljustnic enoletne jelenjadi med povprečno obliko vseh čeljustnic (svetlo modra barva) in povprečno obliko čeljustnic v posameznem LUO (temno modra barva).

Figure 7: Differences in mandible shape of red deer yearlings between mean shape of all studied mandibles (light blue colour) and mean shape in respective hunting management district (dark blue).

4 Razprava

Namen naše raziskave je bil ovrednotiti morfološko variabilnost čeljustnic jelenjadi na območju Slovenije z vidika postnatalnega ontogenetskega razvoja in geografskega izvora. Zanimalo nas je spremenjanje velikosti in oblike spodnje čeljustnice do drugega leta starosti in primerjava ontogenetskega razvoja med (lovskoupravljavskimi) območji. Za analizo levih polovic spodnjih čeljustnic smo uporabili metode geometrijske morfometrije.

#### *4.1 Ontogenetski razvoj*

Med teleti je v velikosti čeljustnic izrazito izstopalo Pomursko LUO. Živali s tega območja so imele značilno večje čeljustnice kot iz drugih LUO, torej lahko sklepamo, da je tam jelenjad večja, z večjim skeletom. Najmanjše čeljustnice so imela teleta iz Gorenjskega LUO. Tudi pri enoletnih živalih so bile v povprečju največje čeljustnice pri jelenjadi iz Pomurskega (in tudi Primorskega) LUO, vsi največji osebki (tj. z največjimi čeljustnicami) pa so bili iz Pomurskega LUO. Podobno ima tudi srnjad iz

Pomurskega LUO večje čeljustnice oz. je večja kot srnjad iz drugih delov Slovenije (Jelenko, 2011; Mikuž, 2015). Razlike v oblikah spodnje čeljustnice med starostnima kategorijama so bile največje na mestu, kjer poteka rast meljakov. Tod je najintenzivnejši predel rasti čeljustnice, zato je opazna največja razlika med starostnima skupinama.

Razlike v velikosti med čeljustnicami telet in enoletnih živali so bile izrazite v vseh LUO, v oblikah pa so nastale značilne spremembe med obema kategorijama pri šestih LUO od devetih, vključenih v raziskavo. Ta ugotovitev ne preseneča, saj jelenjad raste do starejše starosti (tj. nekaj let), a se zobovje v celoti razvije in izraste v drugem letu (Hafner, 2008).

Ontogenetski razvoj v velikosti in oblikah čeljustnice je v prvih dveh letih življenja jelenjadi pri obeh spolih zelo podoben. V predhodnih analizah, razen nekaj izjem, nismo zaznali izrazitega spolnega dimorfizma (Rupnik, 2019), zato smo v pričajočem prispevku združili podatke za obo spola. Čeprav je odrasla jelenjad izrazito velikostno dimorfna (Hafner, 2008), kar je lahko tudi posledica različne življenjske strategije v zgodnjem razvoju med samci in samicami (npr. Clutton-Brock in sod., 1982), so absolutne razlike v velikosti med spoloma, npr. upoštevaje telesno maso, znotraj telet in enoletnih živali vendarle precej manjše, kot so med odraslimi, tj. dve- in večletnimi osebkoi (Oslis, 2021). To se odraža tudi pri čeljustnicah, ki se po velikosti in oblikah ne pri teletih in ne pri enoletnih živalih med spoloma (še) ne razlikujejo bistveno.

Multivariatna regresija oblikovnih spremenljivk na centroidno velikost vzorcev starostnih skupin je pokazala statistično značilno odvisnost oblike od velikosti pri obeh starostih. To pomeni, da je rast spodnje čeljustnice alometrična. Odnos med obliko in velikostjo je bil linearen: s starostjo in rastjo se oblika enakomerno spreminja, vendar različni deli čeljustnice ne rastejo enako

hitro. Delež pojasnjene variabilnosti v oblikah čeljustnice zaradi alometrične rasti je bil 22,5 %, torej alometrična rast pri jelenjadi pomembno vpliva na razvoj oblike spodnje čeljustnice. Pri teletih je bil manjši razpon variabilnosti v oblikah čeljustnice. Vzorec alometrije je v vseh LUO zelo podoben, izjema je bilo Pomursko LUO. Glede na to, da pri starosti osebkov, ki so bili vključeni v analizo (teleta in osebki v drugem letu starosti, tj. do dopolnjenih 18–19 mesecev) rast zob jelenjadi še ni končana (Hafner, 2008; Pokorný in Jelenko Turinek, 2018), predvidevamo, da se s starostjo oblika čeljustnice spreminja še naprej.

#### 4.1.2 Geografska variabilnost

Slovenija je geografsko raznolika, zato se jelenjad vzdolž gradiента prisotnosti srečuje s pestrimi življenjskimi razmerami. Zaradi specifične zgodovine vrste pri nas, tj. popolnega izumrtja in kasnejših ponovnih naselitev osebkov iz različnih izvornih populacij na zgolj nekaj lokacij (Hafner, 2008), ter prisotnosti naravnih in antropogenih preprek, ki lahko pomembno vplivajo na pretok genov in genetsko variabilnost jelenjadi (npr. Niedziałkowska in sod., 2012), je v Sloveniji za jelenjad značilna velika prostorska variabilnost telesnih mas (Oslis, 2021). Zato smo med območji pričakovali tudi značilne razlike v velikosti in oblikah čeljustnic, kar smo z našimi analizami tudi potrdili. Na podlagi velikosti čeljustnic prostoživečih parkljarjev lahko sklepamo na razlike med posameznimi populacijami oz. deli populacije, ki so posledica različnih vplivov okolja in specifičnih socialnih interakcij (Jelenko, 2011). Izrazite in enoznačne razlike v velikosti čeljustnic jelenjadi med območji zato potrjujejo, da so čeljustnice pomemben kazalnik življenjskih razmer, ki jim je bil izpostavljen neki osebek.

V Sloveniji je oblika spodnje čeljustnice jelenjadi geografsko dokaj variabilna. Razlike v oblikah so se statistično razlikovale med območji tako pri teletih kot pri enoletnih živalih. Na podlagi

našega vzorca (samo juvenilni osebki) sicer ne moremo trditi, da se jelenjad z različnih območij Slovenije razlikuje v velikosti in obliki čeljustnice ter v ontogenetskem razvoju tudi pri kasnejših starostih oz. v kategoriji odraslih osebkov. Rast čeljustnic je namreč povezana z rastjo treh meljakov, od katerih zadnji izraste od 19. do 28. meseca starosti (Hafner, 2008). V naš vzorec pa so bile kot najstarejše vključene živali v drugem letu starosti (junice in lanščaki), odvzeti najkasneje konec decembra, tj., ko so bile stare največ 18–19 mesecev. Kljub temu pa izrazite oz. značilne razlike v velikosti in obliki čeljustnic ter ontogenetskemu razvoju juvenilne jelenjadi iz različnih območij Slovenije nakazujejo, da lahko podobne razlike pričakujemo tudi pri višjih starostih, kar potrjujejo tudi razlike v povprečnih telesnih masah odraslih osebkov te vrste med lovskoupravljavskimi območji oz. geografskimi regijami, npr. med subpanonsko, (pred)alpsko in dinarsko (podatki v Apollonio in sod., 2020).

## 5 Povzetek

V Sloveniji zakonodaja določa obvezno zbiranje levih polovic spodnjih čeljustnic večine vrst odvzetih prostoživečih parkljarjev, in sicer zaradi kontroliranega upravljanja populacij. Zaradi sledljivega označevanja so čeljustnice pomemben vir podatkov o starosti in telesnih lastnostih prostoživečih parkljarjev. Vzorce tako zbranih čeljustnic že vrsto let zbirajo slovenski raziskovalci divjadi. Podatki za vsako čeljustnico so sledljivo vneseni v nacionalne lovskoinformacijske sisteme, zato so zbrane čeljustnice izjemni potencial za različne populacijske, evolucijske in okoljske raziskave. Namen pričajoče študije je bil analizirati morfološko variabilnost v velikosti in obliki leve polovice spodnje čeljustnice navadnega jelena z vidika postnatalnega ontogenetskega razvoja in med geografskimi območji. V raziskavi smo uporabili metode geometrijske morfometrije, s katerimi je mogoče ločeno obravnavati velikost in obliko. V analizo smo vključili 325

čeljustnic telet in enoletnih živali, odvzetih v letu 2008 v devetih lovskoupravljavskih območjih v Sloveniji (Gorenjsko, Kočevsko-Belokranjsko, Notranjsko, Novomeško, Pohorsko, Pomursko, Primorsko, Triglavsko in Zahodnovisokokraško). Pri analizi ontogenetske alometrije smo ugotovili, da je med rastjo variabilnost v obliki tesno povezana z velikostjo čeljustnic. Odnos med njima je linearen, kar pomeni, da se s starostjo in rastjo velikost ter oblika enakoverno spreminja, vendar različni deli čeljustnice rastejo različno hitro, zato je rast alometrična. Razlika med teleti in enoletnimi živalmi je v velikosti in obliki čeljustnice izrazita v vseh lovskoupravljavskih območjih. Razlike v velikosti so verjetno v veliki meri odvisne od ekoloških dejavnikov ozziroma selekcijskih pritiskov. Največje razlike med starostnima skupinama so bile na mestu, kjer izraščajo meljaki. Analiza geografske variabilnosti je pokazala, da so juvenilne živali iz Pomurskega LUO večje od jelenjadi iz drugih območij Slovenije. Ugotovili smo tudi variabilnost v obliki, ki se spreminja s starostjo. Čeljustnice telet iz Pomurskega in Notranjskega LUO so si bile po obliku najmanj podobne, medtem ko je bila razlika v obliki pri enoletnih osebkih največja med Gorenjskim in Pomurskim ter Gorenjskim in Primorskim LUO. Nobena izmed čeljustnic, ki so bile vključene v analizo, še ni imela izraščenega tretjega meljaka, ki je prisoten pri odrasli jelenjadi po končani rasti zobovja. Ta proces zelo vpliva na velikost in obliko čeljustnice, zato je mogoče pričakovati, da se čeljustnice živali v tretjem življenjskem letu, tj. do končane rasti zobovja, še spremenijo tako v velikosti kot po obliki.

## 6 Summary

*Slovenian legislation determines a mandatory collection of left hemimandibles of harvested wild ungulates for controlled population management. Because of the traceable labeling, the mandibles are a valuable source of information about the*

age and body characteristics of wild ungulates; therefore, they have been stored by Slovenian wildlife researchers for the last two decades. As information on each mandible is traceably entered into the national hunting-information systems, archived mandibles represent great potential for different population, evolutionary and environmental studies. In this study, we aimed to analyze morphological variability in size and shape of the left hemimandibles of red deer in reference to postnatal ontogenetic development and geographic origin. We employed geometric morphometrics, a method that enables separate analysis of the structure's shape and size. The sample included 325 mandibles from calves and yearlings harvested in 2008 from nine hunting management districts (HMD) in Slovenia (Gorenjsko, Kočevsko-Belokranjsko, Notranjsko, Novomeško, Pohorsko, Pomursko, Primorsko, Triglavsko, and Zahodnovisokokraško). The analysis of ontogenetic allometry revealed that the variability in shape during growth is closely related to the size of the mandible. Their relationship is linear, meaning that their size and shape change evenly with growth and age. Allometric growth in red deer has an important effect on the development of the mandible's shape. The difference between calves and yearlings was observed in all hunting management districts. The differences in size occur largely due to ecological factors or selection pressure. The largest difference between both age-groups occurred in the

place where molars grow out. The analysis of geographic variability showed that the animals from the Pomursko HMD are larger than those from other parts of Slovenia. We also noted variability in shape that changes with age. The mandibles of calves from Pomursko and Notranjsko HMDs were the least similar in shape, while the difference between yearlings was the highest between Gorenjsko and Pomursko and Gorenjsko and Primorsko HMDs. None of the mandibles included in the study had their third molar grown out, which is present in adult red deer after their teeth stop growing. As the process of teeth growth has a significant impact on the shape and size of the mandible, it can be assumed that the mandibles of animals in their third year of life change further in both shape and size.

## 7 Zahvala

Zahvaljujemo se mnogim slovenskim lovcom za zgledno pripravo čeljustnic, odvzetih prostoživečih parkljarjev, kar omogoča njihovo uporabo v raziskovalne namene, ter dr. Idi Jelenko Turinek in drugim kolegom z nekdanjega Inštituta za ekološke raziskave ERICO Velenje, ki so ustvarili v svetu edinstveno zbirkovo čeljustnic ter nam omogočili dostop do njih. Zahvaljujemo se tudi prof. dr. Francu Janžekoviču za ideje in podporo pri izvajanjju morfometričnih raziskav čeljustnic prostoživečih parkljarjev.

## 8 Viri

Apollonio, M., Belkin, V. V., Borkowski, J., Borodin, O. I., Borowik, T., Cagnacci, F., Danilkin, A. A., Danilov, P. I., Faybich, A., Ferretti, F., Pokorný, B., et al. 2017. Challenges and science-based implications for modern management and conservation of European ungulate populations. *Mamm. Res.*, 62, 209–217.

Apollonio, M., Merli, E., Chirichella, R., Pokorný, B., Alagić, A., Flajšman, K., Stephens, P. A., 2020. Capital-income breeding in male ungulates: causes and consequences of strategy differences among species. *Front. Ecol. Evolut.*, 8, a521767, 12 str.

Izvirni znanstveni članek

Azorit, C., Analla, M., Muqoz-Cobo, J., 2003. Variation of mandible size in red deer *Cervus elaphus hispanicus* from southern Spain. Acta Theriol., 48, 221–228.

Clutton-Brock, T. H., Guinness, F. E., Albon, S. D., 1982. Red deer: Behaviour and ecology of two sexes. Chicago: University of Chicago Press.

Črep, M., 2013. Pregled metod za ocenjevanje starosti srnjadi z oceno učinkovitosti metode meritve višine prvega meljaka. Diplomsko delo. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja.

Durić, A., 2014. Anomalije in obolenja zob in čeljustnic srnjadi v Savinjsko-Kozjanskem lovskoupravlјavskem območju. Diplomsko delo. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja.

Hafner, M., 2008. Jelenjad: zgodovina na Slovenskem, ekologija, upravljanje. Zlatorogova knjižnica, 34. Ljubljana: Lovska zveza Slovenije.

Hudej, M., 2013. Čeljusti srnjadi (*Capreolus capreolus* L.) kot bioindikator onesnaženosti okolja s fluoridi na primeru treh območij Slovenije. Diplomsko delo. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja.

Jelenko, I., 2011. Čeljusti srnjadi (*Capreolus capreolus* L.) kot bioindikator onesnaženosti okolja in pripomoček za trajnostno upravljanje s srnjadjo in njenimi habitatimi. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani.

Jelenko, I., Jerina, K., Jonozovič, M., Pokorný, B., 2012. Časovne in prostorske značilnosti rasti spodnjih čeljustnic mladičev srnjadi (*Capreolus capreolus* L.) v Sloveniji. Zlatorogov zb., 1, 53–64.

Jelenko, I., Jerina, K., Pokorný, B., 2010. Vplivi okoljskih dejavnikov na pojavljanje in prostorsko razporeditev zobne fluoroze pri srnjadi (*Capreolus capreolus* L.) v vzhodni Sloveniji. Zb. Gozd. Les., 92, 21–32.

Jelenko, I., Pokorný, B., 2010. Historical biomonitoring of fluoride pollution by determining fluoride contents in roe deer (*Capreolus capreolus* L.) antlers and mandibles in the vicinity of the largest Slovene thermal power plant. Sci. Total Environ., 409, str. 430–438.

Kelher, B., 2013. Anomalije, poškodbe in obolenja spodnjih čeljustnic jelenjadi v Sloveniji v letu 2009. Diplomsko delo. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja.

Klenovšek, T., 2014. Variabilnost lobanje dinarske voluharice *Dinaromys bogdanovi* (Rodentia: Cricetidae): spolni dimorfizem, alometrija in filogenija. Doktorska disertacija. Maribor: Fakulteta za naravoslovje in matematiko.

Klingenberg, C. P., 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. Mol. Ecol. Res., 11, 353–357.

Konjević, D., Jelenko, I., Severin, K., Poličnik, H., Janicki, Z., Slavica, A., Njemirovskij, V., Stanin, D., Pokorný, B., 2011. Prevalence of mandibular osteomyelitis in roe deer (*Capreolus capreolus*) in Slovenia. J. Wildl. Diseases., 47, 393–400.

- Konjević, D., Jelenko, I., Severin, K., Njemirovskij, V., Poličnik, H., Pokorný, B., Barić, J., Slavica, A., 2012. Toward a reduction in tooth number: the case of  $P_1$  in roe deer from Slovenia. Ital. J. Zool., 79, 395–401.
- Kryštufek, B., 1991. Sesalci Slovenije. Ljubljana: Prirodoslovni muzej Slovenije.
- Levanič, T., 2018. Informacijska podpora upravljanju z divjadjo v Sloveniji. Gozd. vestnik, 76, 339–348.
- Mikuž, M., 2016. Ontogenetski razvoj spodnje čeljustnice pri srnjadi (*Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758). Maribor: Univerza v Mariboru.
- Niedziałkowska, M., Fontaine, M. C., Jędrzejewska, B., 2012. Factors shaping gene flow in red deer (*Cervus elaphus*) in seminatural landscapes of central Europe. Can. J. Zool., 90, 150–162.
- Olvido, A. E., Mousseau, T. A., 2012. Geographical variation. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Oslis. 2021. <http://oslis.gozdis.si/> (dostop: 31. 8. 2021).
- Pokorný, B., Jelenko Turinek, I., 2018. Čeljustnice prostoživečih parkljarjev: dragocen vir informacij o osebkih, vrstah in okolju. Ljubljana: Lovska zveza Slovenije.
- Pokorný, B., Jerina, K., Jelenko, I., 2012. Zanesljivost makroskopskega (okularnega) ocenjevanja starosti jelenjadi (*Cervus elaphus* L.) v Sloveniji: preizkus s štetjem letnih prirastkih plasti zognega cementa. Zb. Gozd. Les., 97, 3–18.
- Pokorný, B., Savinek, K., Mazej Grudnik, Z., Jelenko, I., 2011. Spodnje čeljustnice kot dragocen vir informacij o nekaterih bioloških značilnostih jelenjadi (*Cervus elaphus* L.) in pripomoček za upravljanje s populacijami. V: Pokorný, B., Poličnik, H. (ur.), Jelenjad: zbornik prispevkov 3. Slovenskega posvetu z mednarodno udeležbo o upravljanju z divjadjo. Velenje: ERICo Velenje, str. 1–11.
- Rohlf, F. J., 2010. TpsDig, version 2.16. New York: State University of New York, Department of Ecology and Evolution.
- Rohlf, F. J., Slice, D. E., 1990. Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. Syst. Zool., 39, 40–59.
- Rupnik, P., 2019. Variabilnost spodnje čeljustnice navadnega jelena *Cervus elaphus* v Sloveniji: ontogenetski razvoj, spolni dimorfizem in geografska raznolikost. Maribor: Univerza v Mariboru.
- Slice, D. E., 2007. Geometric morphometrics. Ann. Rev. Anthropol., 36, 261–281.
- SPSS Statistics. 2008. Version 20. IBM corporation.

Izvirni znanstveni članek

## Prehajanje sesalcev čez avtoceste na primeru odseka AC Vrhnika–Postojna

### *Crossings of mammals over highways – case study on highway section Vrhnika–Postojna*

Dhyan Anaja Banič<sup>1</sup>, Elena Bužan<sup>1,2</sup>, Boštjan Pokorný<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije,

Glagoljaška 8, 6000 Koper; anaja.banic@gmail.com

<sup>2</sup> Visoka šola za varstvo okolja, Trg mladosti 7, 3320 Velenje

<sup>3</sup> Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

### Izvleček

Avtoceste zelo vplivajo na naravno okolje, ki jih obdaja. Za številne živali so težko prehodne ovire. Pri gradnji avtocestnega (AC) odseka Vrhnika–Postojna ni bil zgrajen noben namenski objekt za prehajanje večjih vrst prostoživečih živali, ki pa avtocesto lahko v omejenem obsegu prehajajo skozi manjše podvoze ali čez nadvoze. Za pridobivanje podatkov o možnostih in intenzivnosti prehajanja velikih sesalcev čez odsek AC Vrhnika–Postojna ter določitve primernosti/uporabnosti že obstoječih objektov smo v raziskavi ugotavljali prisotnost živalskih vrst v bližini morebitnih prehodov ter pogostost njihovih prehodov čez izbrane objekte. Podatke smo pridobili s pomočjo fotopasti, ki so bile nameščene na štirih objektih (podvoz Drnulca, nadvoz Velika jama, nadvoz Suhi vrh, podvoz Unec 2). Z monitoringom smo v kratkem časovnem obdobju (junij in julij 2020) ugotovili dokaj pogoste nočne prehode srednje velikih sesalcev (zlasti lisic). Čeprav smo v neposredni bližini prehodov pogosto zabeležili prisotnost več vrst velikih sesalcev (evropska srna, navadni jelen, gams, divji prašič, evrazijski šakal), v proučevanem obdobju nismo mogli potrditi uspešnih prehodov teh vrst (nekaj pa jih je bilo verjetnih). Glede na

rezultate raziskave potrjujemo primernost nekaterih že prej predlaganih ukrepov za večjo funkcionalnost obstoječih objektov, kot sta postavitev protisvetlobnih/protihrupnih ograj na nadvozih in nočna omejitev prometa na makadamski cesti, ki prečka AC. Predlagamo tudi dlje trajajočo raziskavo oz. monitoring obstoječih prehodov, da bi na osnovi novih oz. obsežnejših podatkov potrdili potrebo po izgradnji ustreznejšega prehoda (tj. velikega ekodukta) za živali na omenjenem avtocestnem odseku.

**Ključne besede:** selitveni koridorji, prehodi živali, veliki sesalci, nadhodi/podhodi, fotopasti

### Abstract

*Roads, and particularly highways, have a major impact on the environment that surrounds them. For example, they present a hardly passable barrier for many wildlife species. During the construction of the highway section Vrhnika–Postojna, no special passage for large mammals was built that would enable them to cross the highway. Therefore, animals can cross the highway only through a few smaller underpasses and*

### Izvirni znanstveni članek

*overpasses. To obtain data on current crossing possibilities and to determine the function and usefulness of existing passages for wildlife crossings at the highway section Vrhnika–Postojna, we tried to determine which animal species use existing structures for highway crossing as well as the frequency of passing through selected passages. We used camera traps that were installed on four selected structures (i.e., Drnulca underpass, Velika jama overpass, Suhu vrh overpass and Unec 2 underpass). With short-term monitoring (in June and July 2020), we registered frequent nocturnal crossings of medium-sized mammals (especially red fox). However, although we recorded frequent presence of large mammals (European roe deer, red deer, chamois, wild boar, Eurasian jackal) near the passages, we did not confirm successful crossings of these species (although in some events their crossings seemed to happen). Based on our results, we verify the suitability of measures that had been previously suggested to improve the functionality of the existing structures, e.g. installation of anti-light / anti-noise fences and night traffic restriction on the gravel road that crosses the highway. We also propose more detailed and long-term monitoring of the existing passages, aiming to justify the need for construction of a more suitable passage (i.e., large ecoduct) on this section of the highway.*

**Keywords:** migration corridors, animal passages, large mammals, overpasses/underpasses, camera trapping

## 1 Uvod

Širjenje avtocestnega (AC) omrežja po svetu je ena večjih groženj za povezljivost populacij, genski pretok in ohranitev (genetske) pestrosti prostoživečih živali; prekinjeni so namreč stiki med populacijami oz. njihovimi posameznimi deli. Ceste kot prostorski element imajo

za populacije prostoživečih živali številne negativne vplive: (i) uničujejo in fragmentirajo habitate, (ii) otežujejo dnevne in sezonske selitve, (iii) zmanjšujejo genetsko pestrost, (iv) slabšajo življenjski prostor živalim zaradi hrupa, (v) so pogosti vzrok za izumrtje ogroženih vrst, (vi) vplivajo na povečano smrtnost živalskih vrst (Alexander in Waters, 2000, Huber, 2008; cit. v Kranjc, 2012). Z gradnjo (ograjenih) avtocest se prekinejo ustaljene večstoletne selitvene poti in selitveni koridorji, ki so jih pred tem redno uporabljale različne vrste prostoživečih živali (Poličnik in Pokorný, 2011). Da bi ohranili povezanost populacij in zadovoljevanje osnovnih življenjskih potreb živali, kot so dostop do prehranskih virov, iskanje partnerjev itn., jim je treba omogočiti varno prehajanje čez avtoceste z ene strani na drugo (Poličnik in Pokorný, 2011, Alagić in sod., 2019).

Avtoceste manj vplivajo na srednje velike sesalce, saj imajo bistveno več možnosti za varno prečkanje avtocest, npr. čez manjše prepuste, ki jih velike živali ne morejo uporabljati. Prav tako so populacije manjših sesalcev, ki živijo v bližini avtocest, številne in je posledično vpliv cest nanje manj očiten (Potočnik in sod., 2019a). Veliki sesalci pa imajo mnogo večji življenjski okoliš in so precej bolj mobilni: selijo se na precej daljše razdalje in razpršeno, stalno se premikajo tudi znotraj njihovega domačega okoliša. Posledično so bolj izpostavljeni grožnjam, kot so ceste in promet (Adamič in sod., 2012). Avtoceste so torej težava zlasti za populacije velikih sesalcev, npr. velikih zveri (Potočnik in sod., 2019a). Negativne vplive prometne infrastrukture in še posebno avtocest na prostoživeče živali lahko zmanjšamo z gradnjo namenskih (namenjenih predvsem prehajanju živali) ali večnamenskih (poleg prehajanja živali imajo tudi druge namene) prehodov, če so le-ti premišljeno umeščeni v prostor in so primerno zgrajeni (Poličnik in Pokorný, 2011, Langbein in sod., 2011).

### Izvirni znanstveni članek

Cilj izgradnje prehodov je povezovanje dveh, s cesto ločenih območij in omogočanje živalim varno prehajanje čez cestišče. Potreba po izgradnji t. i. »zelenih mostov« oz. ekoduktov (velikih namenskih objektov, namenjenih predvsem prehajanju živali) čez avtoceste in železniške proge je velika (Žák in Florian, 2013, Smith in sod., 2015, Plaschke in sod., 2021), a se pojavljajo tudi pomisleni, ali je gradnja dragih namenskih ekoduktov sploh nujna, še posebno na že obstoječi infrastrukturi, kjer so investicije in organizacija dela zaradi potekajočega prometa bistveno zahtevnejše. Za doseganje ustreznih povezljivosti prostora je pogosto bolje namesto enega ali dveh velikih ekoduktov urediti več manjših funkcionalnih podhodov oz. nadhodov, ki so primerno razporejeni vzdolž avtoceste (Langbein in sod., 2011, Grilc, 2011, Poličnik in Pokorný, 2011, Kranjc, 2012). Zaradi racionalizacije in večjega učinka je lahko namesto novogradnje bolj smiselna ureditev oz. povečanje funkcionalnosti že obstoječih prehodov ter ureditev prometa na njih (Al Sayegh-Petkovšek in sod., 2019); v tem primeru govorimo o prilagojenih, večnamenskih premostitvenih objektih – nadhodih in podhodih (Poličnik in Pokorný, 2011). Le-ti so sicer primarno zgrajeni zaradi potreb lokalnega prebivalstva in/ali za izvedbo del vzdolž prometnice, a hkrati omogočajo tudi prostorske premike živalim (Alagić in sod., 2019).

Nadhodi so zgrajeni nad avtocesto in so zasajeni z vegetacijo, ki živalim zakriva pogled nanjo. Najustreznejši so za selitve velikih sesalcev, zlasti navadnega jelena/jelenjadi (*Cervus elaphus*), evropske srne/srnjadi (*Capreolus capreolus*), rjavega medveda (*Ursus arctos*) in risa (*Lynx lynx*). Podhodi so suhe površine pod mostovi in drugimi objekti; primerni so za male sesalce, prav tako tudi za srednje velike vrste, npr. za lisice (*Vulpes vulpes*), jazbece (*Meles meles*) in kune (*Martes sp.*), ter dvoživke. Tako kot za nadhode je tudi

za podhode potrebna ustrezena vegetacija na obeh straneh AC (Adamič in sod., 2012). Za funkcionalnost takih objektov so poleg položaja v krajini in ustrezne poraščenosti pomembne tudi tehnične lastnosti: ne smejo biti predolgi, potrebno je ustrezeno razmerje med širino in dolžino (v primeru podhodov tudi višino), podlaga pa mora biti čim bolj naravna (zbrano v Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019, Potočnik in sod., 2019a). Veliki rastlinojedi, tj. parkljarji, pogosteje uporabljajo preglednejše in večje objekte, praviloma pogosteje podhode kot nadhode, pri čemer npr. jelenjad in divji prašiči (*Sus scrofa*) pogosteje uporabljajo nadhode kot srnjad (zbrano v Langbein in sod., 2011). Da pa živali sploh uporabljajo nadhode in podhode, je potrebna zaščitna ograja, ki preprečuje prehod živali na poljubnem mestu ceste oz. jih usmerja v take objekte (Sawyer in sod., 2012). V Sloveniji je ograjevanje avtocest sicer splošna praksa; nasprotno nekatere druge evropske države, kot so Velika Britanija, skandinavske države, del Nemčije, avtocest nimajo ograjenih (Poličnik in Pokorný, 2011).

Odsek AC Vrhnika–Postojna sekata življenjski prostor oz. prekinja selitvene koridorje prostoživečim živalim med Menišijo in Logaško planoto (med Verdom in Uncem) oz. med Hrušico in Javorniki (med Uncem in Postojno). Ta AC-odsek torej ne vpliva le na lokalno povezljivost populacij, temveč tudi na povezljivosti na makronivoju, tj. med Dinaridi in Alpami (Adamič in sod., 2000). Prehajanje živali pa ni povsem onemogočeno, saj je na odseku več premostitvenih objektov, tj. pet viaduktov, 13 podvozov in 11 nadvozov (slika 1); čeprav jih večina za prehajanje živali ni primernih, pa nekateri vendarle imajo tudi to možnost (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019). Za usmerjanje velikih sesalcev v take objekte in predvsem za zmanjšanje povoza živali je bilo v preteklosti na omenjenem odseku izvedenih več tehničnih ukrepov: (i) na najbolj problematičnih mestih je bila postavljena električna ograja, in sicer v sklopu LIFE DinAlpBear

## Izvirni znanstveni članek

projekta (Potočnik in sod., 2019a); konec leta 2018 so bile na vse avtocestne priključke nameščene zvočne odvračalne naprave, ki naj bi zmanjševale nevarnost zahajanja velikih sesalcev v ograjeni avtocestni koridor, hkrati pa skupaj z električnim pastirjem usmerjajo živali k objektom, ki omogočajo varno prehajanje avtoceste (Al Sayegh Petkovšek in Pavšek, 2018). Zato je ta AC-odsek izjemen primer za ugotavljanje prehajanja živali čez obstoječe objekte oz. njihove funkcionalnosti. Tudi zato, ker so na samem AC-odseku in ob njem potekajočih drugih prometnicah (železniška proga in regionalna cesta) pogosti trki z velikimi sesalcji, kar potrjuje tako njihovo pogostnost v raziskovalnem območju kot tudi potrebo po stalnem prehajjanju čez tod prisotne linijske infrastrukture, vključno z avtocesto. Tako so bili v obdobju od 1. 1. 2015 do 28. 2. 2019 na odseku AC Vrhnika–Postojna povoženi trije medvedi, osem pa jih je bilo povoženih na železniški proggi. V istem obdobju so bili na AC-odseku povoženi tudi en osebek jelenjadi (na železnici 22, na regionalni cesti pa pet), en osebek srnjadi (železnica: 4; regionalna cesta: 19) in en divji prašič (železnica dva); na železniški proggi sta bila povožena tudi po en volk (*Canis lupus*) in evrazijski šakal (*Canis aureus*) (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019).

V pričujoči raziskavi smo skušali pridobiti nove podatke o prehajjanju velikih sesalcev čez AC- odsek Vrhnika–Postojna, in sicer v skladu z usmeritvami strokovnih podlag za ustvaritev ustreznegata selitvenega koridorja čez ta AC-odsek (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019). Zanimalo nas je prehajanje velikih sesalcev (vrste, pogostnost prehajjanja, čas) čez štiri objekte, ki so bili kot verjetni prehodi prepoznani že v preteklosti (Adamič, 1998, Adamič in sod., 2000, Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019). Poleg tega nas je zanimalo tudi, kako pogoste so v okolici proučevanih objektov antropogene motnje in kako časovno sovpadajo z aktivnostjo prostozivečih živali.

## 2 Metode dela

### 2.1 Območje in obdobje raziskave

Spremljanje prisotnosti in prehajanja živali prek AC-odseka Vrhnika–Postojna smo izvajali v obdobju od 17. 6. do 11. 7. 2020 na štirih lokacijah oz. objektih: podvozu Drnulca, nadvozu Velika jama in nadvozu Suhi vrh na pododseku Vrhnika–Unec ter podvozu Unec 2 na pododseku Unec–Postojna (slika 1). Za te objekte je bil predhodno prepoznan znaten potencial za prehajanje velikih sesalcev (zbrano v Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019).

### 2.2 Fotomonitoring

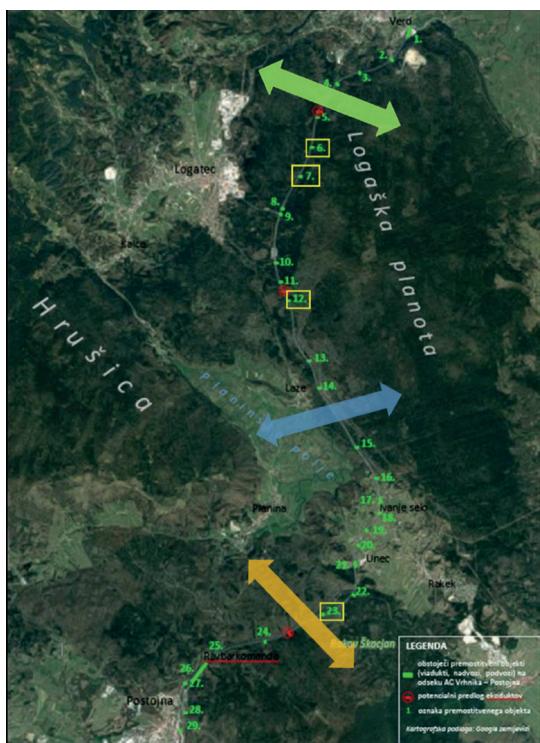
Za snemanje prisotnosti in prehajanja živali smo uporabili fotopasti oz. senzorsko prožene kamere BolyGuard MG984G-36M. Namestili smo jih diskretno na drevesa in usmerili proti prehodu. Vse moteče dejavnike (veje dreves, višje podrastje), ki bi lahko motili aktivacijo kamere in jo po nepotrebnem sprožale, smo odstranili.

Fotokamere so se senzorsko sprožale ob premikih živali. Vključili smo možnost fotografije in videoposnetka. Slike/posnetke smo za vsak dogodek avtomatsko prejemali v oblak (aplikacija Molnus) s pomočjo kartice za internet. 60-sekundne filme, ki jih je posnela kamera, smo zajemali na SD-kartice (32 GB). Na terenu smo baterije menjali na štiri do pet dni, odvisno od intenzivnosti aktivnosti živali na določeni lokaciji, in posnetke s SD-kartic prenesli neposredno na prenosni računalnik.

### 2.3 Analiza in obdelava podatkov

Vse posnetke smo pregledali, obdelali in analizirali, da bi ugotovili, katere vrste živali, kako pogosto in ob katerem času so uporabljale opazovane objekte za prehajanje čez/pod avtocesto. Osredotočili smo se na določanje in opazovanje srednje velikih in velikih sesalcev. Aktivnosti živali ob izbranih

Izvirni znanstveni članek



Slika 1: AC-odsek Vrhnika–Postojna s položajem premostitvenih objektov in opredeljenimi selitvenimi koridorji (puščice: zelena – severni; modra – centralni; rumena – južni selitveni koridor); rdečo so označene lokacije, ki bi bile potencialno primerne za izgradnjo ekodukta (po Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019). Z rumenimi kvadratki so označeni nadvozi/podvozi, na katerih smo izvajali fotomonitoring prehodov živali, in sicer: 6 – podvoz Drnulca, 7 – nadvoz Velika jama, 12 – nadvoz Suh vrh, 23 – podvoz Uneč 2 (vir: Banič, 2020).

Figure 1: Highway section Vrhnika–Postojna with position of passaging structures and recognized migration corridors (arrows: green – northern; blue – central; yellow – southern migration corridor); locations that would be potentially suitable for the construction of an ecoduct are marked in red (sensu Al Sayegh Petkovšek et al. 2019). Yellow squares indicate the overpasses/underpasses on which photo monitoring of animal crossings was performed: 6 – Drnulca underpass, 7 – Velika jama overpass, 12 – Suh vrh overpass, 23 – Uneč 2 underpass (source: Banič 2020).

objektih smo razdelili v tri skupine: (i) zanesljiv prehod – viden je prehod živali; žival je zanesljivo uporabila podhod ali nadhod čez AC; (ii) verjeten prehod – kamera je žival ujela prepozno in zato prehoda ni bilo posnetega, a je verjetno bil, kar kažeta položaj in smer gibanja živali na posnetku; (iii) ni potrjenega prehoda – žival ni bila posneta pri prehajjanju čez AC, v okolini se je prehranjevala ali pa je območje snemanja le prečkala oz. se je gibala vzdolž AC.

### 3 Rezultati

V času od 17. 6. do 11. 7. 2020 smo na vseh štirih opazovanih prehodih skupaj zabeležili 52 zanesljivih in verjetnih prehodov prostoživečih živali, in sicer največkrat lisic (n=30; 57,7 % vseh prehodov), sledili so jazbeci (13; 25,0 %) in kune (6; 13,5 %), zabeležili pa smo tudi posamezne prehode srnjadi, jelenjadi in divjega prašiča (preglednica 1).

Poleg dogodkov, ko so živali prešle nek objekt oz. so prečkale avtocesto, smo večkrat zabeležili osebke različnih vrst v neposredni bližini objektov, vendar pa objekta niso prešli oz. nismo mogli potrditi uspešnega prehoda. Podatki o takšnih osebkih/dogodkih so zbrani v preglednici 2.

Največ, tj. 26 prehodov (10 zanesljivih, 16 verjetnih) prostoživečih živali je bilo registriranih v podvozu Drnulca, ki so ga najpogosteje uporabljale lisice, zaznali smo tudi prehode kun (nismo mogli določiti, ali so bile kune belice (*M. foina*) ali zlatice (*M. martes*)) in jazbecev. V neposredni bližini tega prehoda so se prostoživeči parkljarji (srnjad, jelenjad in divji prašiči) sicer zadrževali, a njihovega prečkanja AC na tem mestu nismo potrdili. Aktivnost živali v okolini podvoza se je začela ob 21.41 (najzgodnejša ura posnetih živali ob podvozu) in je trajala do 6.58, živali pa čez dan ni bilo nikoli posnetih. Živali so

*Izvirni znanstveni članek*

Preglednica 1: Število registriranih prehodov (zanesljivih in verjetnih) čez vse štiri spremeljane prehode glede na živalsko vrsto (vir: Banič, 2020).

Table 1: Number of registered crossings (confirmed and with high probability) through all four monitored passages per animal species (source: Banič, 2020).

| Vrsta živali                       | Število zanesljivih + verjetnih prehodov |                    |               |                 | Skupaj | Delež (%) |
|------------------------------------|--|--------------------|---------------|-----------------|--------|-----------|
|                                    | Podvoz Drnulca                           | Nadvoz Velika jama | Podvoz Unec 2 | Nadvoz Suhi vrh |        |           |
| Lisica ( <i>Vulpes vulpes</i> )    | 15                                       | 9                  | 6             | 0               | 30     | 57,7      |
|                                    | 5  | 1                  | 1             | 0               | 7      | 13,5      |
| Jazbec ( <i>Meles meles</i> )      | 6  | 6                  | 1             | 0               | 13     | 25,0      |
|                                    | 0  | 1                  | 0             | 0               | 1      | 1,9       |
| Divji prašič ( <i>Sus scrofa</i> ) | 0  | 1                  | 0             | 0               | 1      | 1,9       |
| Skupaj                             | 26                                       | 18                 | 8             | 0               | 52     | 100       |

Preglednica 2: Število osebkov posameznih vrst v neposredni bližini vseh štirih spremeljanih prehodov, za katere prehoda nismo potrdili; podano je število dogodkov, če pa je bilo v enem dogodku posnetih več osebkov, je to navedeno v oklepaju (vir: Banič, 2020).

Table 2: Number of individuals of different animal species in close proximity to all four monitored passages, for which we did not manage to confirm crossing; figures represent number of events, but in cases where more than one individual was registered in a single event, this is indicated in the parenthesis (source: Banič, 2020).

| Vrsta živali                             | Število dogodkov (osebkov) v bližini objekta |                    |               |                 | Skupaj | Delež (%) |
|--|--|--------------------|---------------|-----------------|--------|-----------|
|  | Podvoz Drnulca                               | Nadvoz Velika jama | Podvoz Unec 2 | Nadvoz Suhi vrh |        |           |
| Lisica ( <i>Vulpes vulpes</i> )          | 7  | 15                 | 0             | 0               | 22     | 20,0      |
| Kuna ( <i>Martes</i> sp.)                | 0  | 4                  | 1             | 0               | 5      | 4,5       |
| Jazbec ( <i>Meles meles</i> )            | 0  | 1                  | 0             | 0               | 1      | 0,9       |
| Evrazijski šakal ( <i>Canis aureus</i> ) | 0  | 1                  | 0             | 0               | 1      | 0,9       |
| Srnjad ( <i>Capreolus capreolus</i> )    | 5  | 5                  | 8             | 31              | 49     | 44,5      |
| Jelenjad ( <i>Cervus elaphus</i> )       | 2  | 16 (7+9*2)         | 0             | 10 (9+1*2)      | 28     | 25,5      |
| Gams ( <i>Rupicapra rupicapra</i> )      | 0  | 1                  | 0             | 0               | 1      | 0,9       |
| Divji prašič ( <i>Sus scrofa</i> )       | 1 (1*3)                                      | 2                  | 0             | 0               | 3      | 2,7       |
| Skupaj                                   | 16 (18)                                      | 45 (54)            | 9             | 41 (42)         | 110    | 100       |

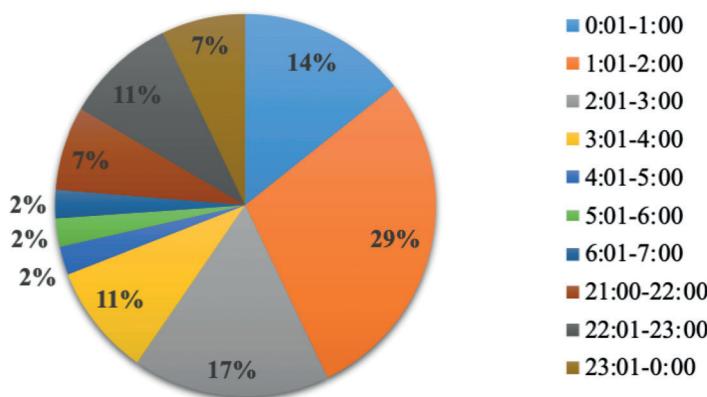
Izvirni znanstveni članek

bile najbolj aktivne od 1.00 do 2.00 (29 % vseh posnetkov s prisotnostjo živali), kar 60 % vseh dogodkov s prisotnostjo živali je bilo posnetih od 0.00 do 3.00 (slika 2). Nasprotno z aktivnostjo živali so se motnje zaradi prisotnosti ljudi oz. zaradi prometa na območju podvoza Drnulca začele okoli 6.00 in končale okoli 20.00. Vseh zabeleženih motenj je bilo 149, in sicer jih je bilo največ na posamezni dan 13, najmanj pa ena; največ je bilo motoriziranega prometa (99 zabeleženih dogodkov), veliko manj je bilo motenj zaradi kolesarjev (22) in pešev (28).

Na nadvozu Velika jama smo registrirali 18 prehodov živali (sedem zanesljivih, enajst verjetnih). Tudi ta objekt so največkrat uporabile srednje velike zveri (lisice in jazbeci), po enkrat je bil registriran prehod kune, divjega pravičnika in koštute navadnega jelena. Jelenjad je bila sicer mnogokrat posnetna v neposredni bližini tega prehoda; ob njem smo večkrat posneli tudi srnjad, zelo presenetljivo (še posebno, ker je bilo to na vzhodni strani AC) pa tudi gamsa (slika 3a) in evrazijskega šakala (slika 3b). Največja aktivnost živali je bila tudi na tej lokaciji v nočnih urah; od 21.00 do 5.00

je nastalo 87 % vseh posnetkov s prisotnostjo živali, a je bila zabeležena tudi dokaj pogosta dnevna aktivnost: srnjaka (20. 6. ob 10.17), koštute s teletom (21. 6. ob 13.53), gamsa (5. 7. ob 9.53), kune (9. 7. ob 15.00) in šakala (10. 7. ob 6.39). Na tej lokaciji smo zabeležili 73 antropogenih motenj: največ je bilo motoriziranega (49 dogodkov) in kolesarskega prometa (13), manj pa sprehajalcev (11). Antropogene motnje so se začele okoli 7.00 in končale ob 22.45.

V času monitoringa so živali zelo redko uporabljale prehod Unec 2 – zabeležili smo le šest prehodov lisic (po tri zanesljive in verjetne) ter po en verjeten prehod jazbeca in srnjadi; slednja se je ob samem podhodu sicer večkrat pasla (osem opažanj). Aktivnost živali je bila na območju tega podvoza zaznana med 0.00 in 12.00 ter 18.00 in 19.00 uro. V popoldanskih urah ni bilo aktivnosti živali, tedaj je bilo največ antropogenih motenj (tudi več kot deset na dan), daleč največ motoriziranega prometa (120 dogodkov), nekaj je bilo tudi motenj zaradi sprehajalcev (14) in kolesarskega prometa (4).



Slika 2: Dnevna aktivnost živali na območju podvoza Drnulca (vir: Banič, 2020).

Figure 2: Daily activity of wildlife near the Drnulca underpass (source: Banič, 2020).

Izvirni znanstveni članek



Slika 3: Gams (*Rupicapra rupicapra*) in evrazijski šakal (*Canis aureus*), posneta na vzhodni strani nadvoza Velika jama v neposredni bližini AC-izvoza Logatec.

Figure 3: Chamois (*Rupicapra rupicapra*) and golden jackal (*Canis aureus*), filmed on the east side of the Velika jama overpass, i.e. in close proximity to the AC exit Logatec.



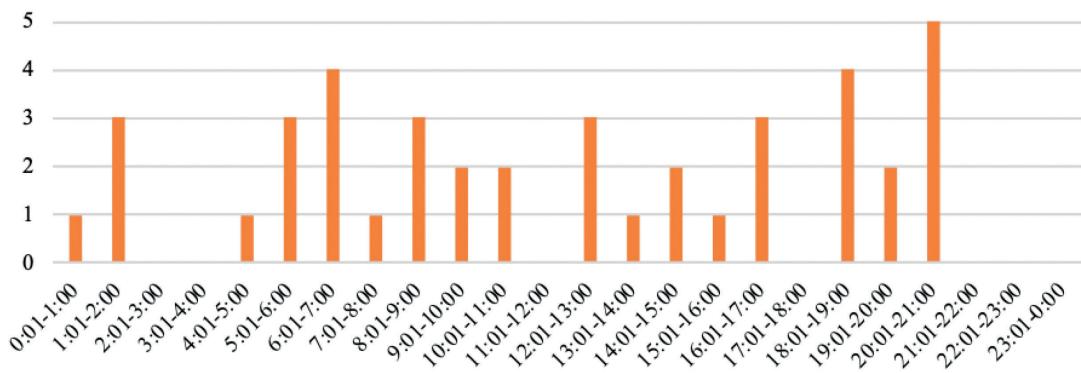
Slika 4: Srnjak (*Capreolus capreolus*) in navadni jelen (*Cervus elaphus*), posneta ob nadvozu Suhi vrh.

Figure 4: Roe deer (*Capreolus capreolus*) and red deer (*Cervus elaphus*), filmed near the Suhi vrh overpass.

Na nadvozu Suhi vrh nismo zabeležili nobenega prehoda živali, čeprav je bilo v njegovi neposredni bližini zabeleženih kar 41 pojavljaj velikih sesalcev, in sicer zelo pogosto srnjadi (večkrat posnet isti odrasel srnjak, nekajkrat pa tudi srna oz. srna z mladičem), večkrat pa tudi jelenjadi (vedno ista dva mlajša jelena, enkrat tudi oba skupaj) (slika 4). Živali so bližino prehoda uporabljale sredi dneva in tudi

ponoči; večja aktivnost je bila med jutranjimi in popoldanskimi urami kot v nočnem času (slika 5). V okolini tega objekta v primerjavi z drugimi ni bilo veliko antropogenih motenj, praviloma so bile na dan do štiri (največ šest) motnje, skoraj vedno zaradi motoriziranega prometa (skupaj 71 dogodkov) in zelo izje-moma zaradi pešcev (dve) oz. kolesarjev (ena) (podrobnosti v Banič, 2020).

Izvirni znanstveni članek



Slika 5: Dnevna aktivnost živali (srnjadi in jelenjadi) v neposredni bližini nadvoza Suhi vrh (vir: Banič, 2020).

Figure 5: Daily activity of wildlife (roe deer and red deer) near the Suhi vrh overpass (source: Banič, 2020).

## 4 Razprava

Podatki o povoženih velikih sesalcih na treh glavnih prometnicah (avtocesti, železniški progi in regionalni cesti) med Vrhniko in Postojno kažejo, da sta avtocesta in železniška proga pomembni oviri, ki ne omogočata varnega prehajanja prostozivečih živali med Menišijo, Logaško planoto in snežniško-javorniškim masivom na eni strani ter Škofjeloškim hribovjem, Hrušico in Nanosom na drugi (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019). V Sloveniji se večina trkov vozil z velikimi sesalci zgodi na magistralnih, regionalnih in občinskih cestah ter na železniških progah (Oslis, 2021), vendar pa v raziskovalnem območju ni zanemarljiv niti povoz živali na avtocestah (slika 6). Slednje so v Sloveniji sicer ograjene, kar pri nas (Poličnik in Pokorný, 2011) in tudi druge v svetu pomembno zmanjšuje tveganje za trke (npr. Clevenger in sod., 2001, Jaeger in Fahrig, 2004), vendar je zato zelo izrazit barierni učinek. Dolgolinijske ograle namreč zelo otežujejo prostorske premike živali in genski pretok, kar velja tako za ograle vzdolž avtocest (Epps in sod., 2005, Frantz in sod., 2012) kot tudi vzdolž državnih mej (Kowalczyk in sod., 2012, Linnell in sod., 2016a, 2016b, Safner in sod., 2021).

Barierni učinek avtocest na prostorske premike velikih sesalcev v Sloveniji je še posebno problematičen na AC-odseku Vrhnika–Postojna, saj prekinja povezljivost med dvema makrogeografskima regijama (Dinaridi in Alpami). Pri tem je še posebno pomembno, da je bil ta odsek zgrajen pred več desetletji, tj. v času, ko se o povezljivosti prostora ni razmišljalo, zato na njem tudi niso bili zgrajeni večji (namenski) objekti, namenjeni prehajanju živali. Zato je bilo v preteklosti opravljenih več študij oz. pripravljenih strokovnih podlag, namenjenih povečanju povezljivosti prostora oz. vzpostavitev novih selitvenih koridorjev čez omenjeni AC-odsek (Adamič, 1998, Adamič in sod., 2000, Al Sayegh-Petkovšek in sod., 2019). Na štirih premostitvenih objektih, ki so jih avtorji strokovnih podlag prepoznali kot potencialno pomembne za prehajanje velikih sesalcev, smo v sicer zelo omejenem časovnem obdobju zabeležili dokaj pogoste prehode malih zveri (lisic, jazbecev in kun) ter prehode posameznih osebkov srnjadi, jelenjadi in divjih prasičev. Čeprav nista nastala med uspešnim prehodom, pa sta izredno zanimiva dnevna posnetka gamsa in evrazijskega šakala (slika 3) v neposredni bližini nadhoda Velika jama (ob izvozu Logatec). Gams (domnevno dveletni

*Izvirni znanstveni članek*


Slika 6: Lokacije povozov velikih zveri in prostoživečih parkljarjev na območju AC-odseka Vrhnika–Postojna v obdobju od 1. 1. 2015 do 28. 2. 2019. Z rdečim krogom so označene živali, povožene na AC; podatki v legendi veljajo za vse ceste, ne le za AC (vir: Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019).

Figure 6: Locations of collision with large carnivores and wild ungulates on the highway section Vrhnika–Postojna in the period 1 Jan 2015 – 28 Feb 2019. Red circles indicate animals killed on the highway; the data in the legend apply to all roads, not just a highway (source: Al Sayegh Petkovšek et al., 2019).

kozel) je bil posnet na vzhodni strani AC, torej na drugi strani na tamkajšnjem območju edine znane populacije na Nanosu, kar kaže, da je – če ne na tistem mestu, pa nekje drugje – uspešno prečkal AC. Mlad šakal je sredi belega dne celo nameraval prečkati (z jugovzhodne na severozahodno stran) AC, a ga je na sredini nadvoza zelo očitno zmotil promet na AC (dokumentirano v Banič, 2020), s čimer smo potrdili moteč vpliv gostega prometa za prehajanje (posameznih osebkov) te vrste, ki sicer ograjene avtoceste (domnevno prav prek nadvozov) na splošno prečka brez težav (Potočnik in sod., 2019b).

Vzpostavitev funkcionalnega selitvenega koridorja za velike sesalce je na tamkajšnjem območju zelo pomembna z vidika varstva velikih zveri oz. omogočanja njihove poselitve Alp iz populacijskih jedor v Dinaridih (Jonozovič, 1995, Adamič, 1998, Adamič in sod., 2000, Al Sayegh-Petkovšek in sod., 2019). V času naše raziskave sicer nismo zabeležili nobenega osebka velikih zveri, vendar

pa na podlagi dobljenih rezultatov ne moremo trditi, da ne uporabljajo obstoječih objektov. Za natančno določitev dejanske uporabe prehodov bi bilo namreč treba bistveno podaljšati obdobje fotomonitoringa.

Avtorji strokovnih podlag za vzpostavitev selitvenega koridorja čez AC Vrhnika–Postojna so na celotnem odseku prepoznali tri pomembne koridorje (Al Sayegh-Petkovšek in sod., 2019): severni (med Vrhniko/Verdom in izvozom Logatec omogoča povezljivost Menišije in Logaške planote s Škofjeloškim hribovjem) je pomemben predvsem za prehajanje prostoživečih parkljarjev, centralni (med izvozoma Logatec in Unec; povezuje Menišijo na vzhodu in Hrušico na zahodu) in južni (med izvozoma Unec in Ravbarkomando; povezuje snežniško-javorniški masiv s Hrušico in Nanosom) pa sta pomembna tudi za prehajanje velikih zveri, zlasti rjavega medveda. V centralnem koridorju sta izmed obstoječih premostitvenih objektov za prehajanje velikih sesalcev najbolj

### Izvirni znanstveni članek

zanimiva Mali viadukt (čez železniško progo, ki smo ga zaradi zelo velike pogostosti vlakov po nekaj dneh snemanja izključili iz raziskave; Banič, 2020) in nadvoz Suhu vrh, ki bi ga bilo po prejšnjih predlogih smiselno preurediti oz. na njegovem mestu zgraditi manjši ekodukt (Adamič in sod., 2000). Čeprav na omenjenem območju v kratkotrajnem obdobju raziskave nismo potrdili nobenega prehoda velikih sesalcev, se je v njegovi neposredni bližini (tudi sredi belega dne) pogosto pojavljalo več osebkov srnjadi in jelenjadi. To kaže, da je lokacija primerena za vzpostavitev večjega oz. funkcionalnega prehoda, med drugim tudi zato, ker so tod majhne antropogene motnje. Vendar bi bil nujen daljši monitoring, ki bi zagotovil dovolj informacij za ustrezno odločitev o smiselnosti gradnje morebitnega ekodukta na omenjeni lokaciji.

Za povezljivost med Dinaridi in Alpami je najpomembnejši južni selitveni koridor, ki povezuje snežniško-javorniškega masiv, tj. največji predel strnjениh gozdov v Sloveniji, s Hrušico in Nanosom. Tam se lahko vzpostavi najbolj funkcionalen stik dinarskih populacij s severozahodnimi (alpskim, predalpskim delom), kar lahko v primeru rjavega medveda pomembno vpliva na ohranitveni status vrste na evropski ravni (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019). Podvoz Unec 2 smo v raziskavo vključili zato, ker je bil zanj v preteklosti ocenjen znaten potencial za prehod velikih zveri (Adamič in sod., 2000), zanj naj bi bilo značilnih malo antropogenih motenj (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019). Vendar naši rezultati kažejo, da živali malo uporabljajo ta prehodi, zaznali pa smo številne in stalne antropogene motnje. Objekt je namreč viden z vzporedne regionalne ceste, prehod skozi sicer slepi podvoz (namenjen predvsem spravilu lesa) pa ni označen s prometnim znakom, ki označuje konec ceste. Zato so se vsi vozniki, ki so podhod uporabili, hitro vračali na regionalno cesto.

Upoštevaje pomen južnega selitvenega koridorja je v strokovnih podlagah (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019) predvidena izgradnja velikega, >120 m širokega namenskega prehoda oz. ekodukta na območju Turkove skale, tj. približno 2 km severno

od Ravbarkomande. V severnem in centralnem selitvenem koridorju pa naj bi bilo smiselno povezljivost povečati predvsem z nekaterimi preprostejšimi ukrepi, kot je tehnična prilagoditev obstoječih objektov in predvsem zmanjšanje antropogenih motenj (ponoči). Potrdili smo, da ljudje (motorizirana vozila, kolesarji, pešci) pogosto uporabljajo vse potencialno primerne prehode za živali na spremajanem AC-odseku in so pomembna motnja, marsikdaj tudi povsem brez potrebe (npr. različne aktivnosti in rekreacija v nočnem času, zahajanje v slepi podvoz Unec 2 zaradi manjkajoče prometne signalizacije). Ugotovili smo tudi očitno obratno soodvisnost aktivnosti živali od pogostosti motenj: manj, kot je bilo ob/na nekem objektu slednjih, večja je bila tam aktivnost živali (tudi podnevi). To jasno potrjuje, da je za povečanje povezljivosti prostora oz. za pogosteje prehajanje živali čez AC smiseln ukrep omejitve prometa v nočnem času na vseh makadamskih cestah ob avtocesti, ki niso pomembne za prometne povezave med posameznimi kraji (*ibid.*).

Pomembna je tudi ugotovitev, da živali spremeljanih objektov čez dan niso prehajale (četudi so bile ob njih aktivne), domnevno zaradi velikega prometa oz. hrupa na avtocesti, saj na nadvozih ni nobenih protihrupnih ali protisvetlobnih ograj, ki bi zakrivale pogled na AC. Moteč vpliv prometa najlepše ponazarja neuspešen poskus prečkanja šakala z vzhodne strani na zahodno stran avtoceste na nadvozu Velika jama, ko se je osebek sredi prečkanja zaradi trenutnega povečanega prometa zaustavil in se vrnil v smer prihoda. Zelo podobno smo na istem objektu ugotovili tudi ponoči, ko je AC poskusila prečkatli lisica in jo je v poskusu prečkanja očitno zmotil in onemogočil v tistem trenutku povečan promet (dokumentirano v Banič, 2020). Iz takšnih dogodkov je očitno, da živali sicer uporabljajo obstoječe prehode, a so pri tem zelo previdne. Posnetki obnašanja živali nazorno kažejo, da sta živali pri dejanju prečkanja zmotila hrup in svetloba. Zato so zelo smiselna priporočila, navedena v strokovnih podlagah, da je za povečanje prehajanja živali čez obstoječe objekte smiselno le-te tehnično adaptirati, in sicer z

### Izvirni znanstveni članek

izgradnjo protihrupnih in protisvetlobnih ograj ter zasaditvijo obrobij vhodov na vseh tistih nadvozih, kjer je večja možnost za prehajanje velikih sesalcev (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019).

Za celovitejši vpogled v (z)možnost prehajanja velikih sesalcev čez obstoječe objekte (podvoze, nadvoze) na obravnavanem AC-odseku bi bil potreben dlje časa trajajoč monitoring prehajanja živali z uporabo fotopasti na izbranih prehodih. Zelo smiselno bi bilo narediti tudi genotipizacijo neinvazivnih vzorcev, npr. iztrebkov, zbranih v neposredni bližini obstoječih premostitvenih objektov na obeh straneh avtoceste. Tako bi – poleg vpliva avtoceste na populacijsko genetsko strukturo – neposredno potrdili prehajanje osebkov čez avtocesto, z ugotavljanjem ožjih sorodstvenih razmerij pa bi lahko potrdili tudi uspešen pretok genov med osebki z obeh strani prepreke.

## 5 Zaključki

Zaradi potrditve pomena obstoječih premostitvenih objektov za prehajanje živali čez AC-odsek Vrhnika–Postojna smo žeeli ugotoviti, ali širje podvozi/nadvozi, ki so bili v preteklosti izpostavljeni kot objekti z večjim povezovalnim potencialom, služijo kot prehodi za velike sesalce in kako pogosto jih le-ti uporabljajo. Ugotovili smo, da živali AC prehajajo zlasti ponoči, ko je manj antropogenih motenj na avtocesti in njeni neposredni bližini, torej ko je manj prometa in hrupa. Spremljane prehode uporabljajo predvsem srednje velike oz. male zveri (lisice, jazbeci in kune), zabeležili smo tudi nekaj verjetnih prehodov srnjadi, jelenjadi in divjih prašičev. Menimo, da bi bili ti objekti za prehajanje prostoživečih živali mnogo bolj uporabni, če bi bili prilagojeni z izvedbo preprostih tehničnih ukrepov, ki bi zmanjšali motnje (npr. postavitev protisvetlobnih in protihrupnih ograj na nadvozih). Z našimi ugotovitvami podpiramo predhodne predloge za povečanje uporabnosti

obstoječih prehodov čez AC, ki poleg postavitve ograj na objektih vključujejo tudi zmanjšanje antropogenih motenj s prepovedjo prometa na vzporedno potekajoči makadamski cesti ponoči, ko je aktivnost živali največja. Za pridobitev še pomembnejših podatkov pa bi bil potreben časovno daljši fotomonitoring prehajanja živali čez AC. Zelo smiselne bi bile tudi molekularne analize neinvazivnih vzorcev (iztrebkov), zbranih na obeh straneh avtoceste, kar bi neposredno potrdilo prehajajo različnih osebkov oz. genski pretok čez omenjeni avtocestni odsek. Predlagane raziskave (uporaba fotopasti in molekularne analize iztrebkov) bi bilo za spremeljanje bariernega učinka dolgolinijskih ograj smiselno kot sistematičen monitoring vpeljati povsod, kjer (lahko) ograje vplivajo na povezljivost populacij, tj. tako vzdolž avtocest kot tudi ob novodobno postavljenih ograjah ob državnih mejah.

## 6 Povzetek

Pri gradnji avtocestnega (AC) odseka Vrhnika–Postojna ni bil zgrajen noben namenski prehod za prehajanje prostoživečih živali, a je bilo zgrajenih več premostitvenih objektov (pet viaduktov, 13 podvozov in 11 nadvozov), prek katerih lahko živali vendarle v omejenem obsegu prehajajo avtocesto. Za potrditev njihovega tovrstnega pomena smo skušali pridobiti podatke o intenzivnosti prehajanja velikih sesalcev prek širih že obstoječih objektov, ki so bili v preteklosti izpostavljeni kot objekti z večjimi povezovalnimi možnostmi. Raziskavo smo izvajali v juniju in juliju 2020, in sicer s fotopastmi, nameščenimi na podvozu Drnulca, nadvozu Velika jama (objekta v t. i. severnem selitvenem koridorju), nadvozu Suhi vrh (centralni koridor) in podvozu Unec 2 (južni koridor). Potrdili smo dokaj pogoste nočne prehode srednje velikih oz. malih zveri (zlasti lisic, tudi jazbecev in kun), zabeležili smo tudi nekaj verjetnih prehodov srnjadi, jelenjadi in divjih prašičev. Zelo zanimiva je potrjena prisotnost po enega osebka gamsa

### Izvirni znanstveni članek

in evrazijskega šakala na vzhodni strani AC, ob nadvozu Velika jama (v bližini izvoza Logatec). Na podlagi dobljenih rezultatov (tj. značilnosti prehajanja velikih sesalcev čez ta AC odsek, vpliv prometa in drugih antropogenih motenj na pogostnost in uspešnost prehajanja živali) potrjujemo primernost v preteklosti že predlaganih ukrepov za večjo uporabnost obstoječih objektov: postavitev protisvetlobnih/protihrupnih ograj in nočna omejitve prometa na makadamski cesti, ki poteka vzdolž avtoceste oz. jo prečka na več mestih. Vendar bi bil za pridobitev še ustreznejših podatkov potreben časovno daljši fotomonitoring prehajanja živali čez avtocesto. Zelo smiselne bi bile tudi molekularne analize neinvazivnih vzorcev (iztrebkov), zbranih na obeh straneh avtoceste, kar bi neposredno potrdilo prehajaje različnih osebkov oz. genski pretok čez te pomembne prepreke v krajini

## 7 Summary

*During the construction of the highway section Vrhnika–Postojna, no dedicated crossings for wild animals were built. On this highway section, there are several bridging structures (5 viaducts, 13 underpasses and 11 overpasses) that were built, through which animals can cross the highway to a limited extent. To confirm their importance, we tried to obtain data on the intensity of passages of large mammals through fours already existing objects, which were in the past rated with greater connecting potential. The survey was carried out in June and July 2020, using photo traps that were installed on the Drnulca underpass, the Velika jama overpass (facility in the so-called northern migration corridor), the Suhi vrh overpass (central corridor), and the Unec 2 underpass (southern corridor). We confirmed frequent night crossings of medium-sized or small carnivores (especially foxes, also badgers and martens). We also recorded some probable passages of roe deer, red deer, and wild boar. There was a*

*confirmed presence of one individual of chamois and one individual of golden jackal on the eastern side of the highway, next to the Velika jama overpass (near the Logatec exit), which was very interesting. Based on the obtained results (i.e., characteristics of the passage of large mammals through this highway section, the impact of traffic and other anthropogenic disturbances on the frequency and success of animal passage), we confirmed the suitability of previously proposed measures for greater functionality of existing facilities: installation of anti-light / noise barriers and night restriction of traffic on the macadam road that runs along the highway or crosses it in several places. However, obtaining even more relevant data would require longer monitoring of animals crossing the highway; it would also be beneficial to perform molecular analyses of non-invasive samples (faeces) collected on both sides of the highway, which would directly confirm the crossings of different individuals or gene flow across this important barrier in the landscape.*

## 8 Zahvala

Raziskava je nastala kot nadgradnja ekspertize *Strokovne podlage za zagotovitev ustreznih selitvenih koridorjev velikih zveri in drugih vrst velikih sesalcev na AC-odseku Vrhnika–Postojna*, katere izdelavo je naročila Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji. Zahvaljujemo se sodelavcem pri projektu, doc. dr. Samar Al Sayegh Petkovšek in Klemnu Kotniku, za pomoč pri pridobivanju podatkov in pripravi kartografskega gradiva. Članek sovpada z nameni ciljnega raziskovalnega projekta (CRP) *Divjad v naseljih, na cestah in drugih nelovnih površinah: težave, izzivi in rešitve* (V4–1825), ki sta ga financirala Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKG) ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost (ARRS).

Izvirni znanstveni članek

## 9 Viri

Adamič, M., 1998. Izdelava strokovnih izhodišč za gradnjo premostitvenega projekta – ekodukta za prehajanje rjavega medveda in drugih velikih sesalcev preko odseka avtoceste Vrhnika–Razdrto. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

Adamič, M., Berce, T., Gregorc, T., Nekrep, I., Šmerl, M., 2012. Živali in promet. Ljubljana: Lutra, Inštitut za ohranjanje naravne dediščine.

Adamič, M., Kobler, A., Jerina, K., 2000. Strokovna izhodišča za gradnjo ekoduktov za prehajanje rjavega medveda (*Ursus arctos*) in drugih velikih sesalcev preko avtocestnih odsekov Vrhnika–Razdrto–Čebulovica. Končno poročilo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

Al Sayegh Petkovšek, S., Pavšek, Z., 2018. Odvračanje divjadi na priklučkih AC na dolenjskem avtocestnem odseku. Končno poročilo. Velenje: Eurofins ERICo Slovenija.

Al Sayegh-Petkovšek, S., Kotnik, K., Bužan, E., Pokorný, B., 2019. Strokovne podlage za zagotovitev ustreznih migracijskih koridorjev velikih zveri in drugih vrst velikih sesalcev na AC odseku Vrhnika–Postojna. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja.

Alagić, A., Pokorný, B., Ferreira, A., Kozamernik, E., 2019. Projektna naloga: Biokoridor. Končno poročilo. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije.

Alexander, S. M., Waters, N., 2000. GIS-T and the effects of highway transportation corridors on wildlife. Transportation Research. Part C, 8: 307–320.

Banič, D. A., 2020. Prehajanja velikih sesalcev prek obstoječih prehodov na AC odseku Vrhnika–Postojna. Diplomsko delo. Koper: Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije.

Grilc, J., 2011. Zeleni nadhodi za divjad preko avtocest – še z drugega zornega kota. Lovec, 94: 305–306.

Huber, P. R., 2008. The effects of spatial and temporal scale on conservation planning and ecological networks in the Central Valley, California. Davis, California: University of California: 138 str.

Jonozovič, M., 1995. Vplivi avtoceste Ljubljana - Razdrto na prostoživeče živali. Diplomska naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 84 str.

Krajnc, M., 2012. Ugotavljanje učinkovitosti izvedenih omilitvenih ukrepov za prehajanje prostoživečih živali na avtocestnem odseku Lendava - Pince. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo.

Izvirni znanstveni članek

Langbein, J., Putman, R. J., Pokorný, B., 2011. Road traffic collisions involving deer and other ungulates in Europe and available measures for mitigation. V: Apollonio, M., Andersen, R., Putman, R. J. (ur.). European Ungulates and their Management in the 21st century. Cambridge: Cambridge University Press, str. 215–259.

Oslis, 2021. Osrednji slovenski lovsko-informacijski sistem. <http://oslis.gozdis.si> (31. 8. 2021).

Plaschke, M., Bhardwaj, M., König, H. J., Wenz E., Doiášk Ford A.T., 2021. Green bridges in a re-colonizing landscape: Wolves (*Canis lupus*) in Brandenburg, Germany, Conservation Science and Practice; 3:e00364, <https://doi.org/10.1111/csp2.364>.

Poličnik, H., Pokorný, B., 2011. Uporabnost večnamenskih podhodov/nadhodov za prehajanje divjadi preko avtocest. Lovec, 94: 430-434.

Potočnik, H., Al Sayegh-Petkovšek, S., De Angelis, D., Huber, D., Jerina, K., Kusak, J., Mavec, M., Pokorný, B., Reljic, S., Rodriguez Recio, M., Skrbinšek, T., Vivoda, B., Jelenko Turinek, I., Hlačer, J., Črtalič, J., 2019a. Priročnik za vključevanje povezljivosti in primernosti prostora za medveda v prostorsko načrtovanje: pripravljeno v okviru projekta Life Dinalp Bear (Issue april). Ljubljana: Univerza v Ljubljani.

Potočnik, H., Pokorný, B., Flajšman, K., Kos, I., 2019b. Šakal, opremljen z GPS-ovratnico, se je iz Slovenije (Krasa) napotil proti Hrvaškemu primorju. Lovec, 102: 224–226.

Safner, T., Gracanin, A., Gligora, I., Pokorný, B., Flajšman, K., Apollonio, M., Šprem, N., 2021. State border fences as a threat to habitat connectivity: a case study from South-Eastern Europe. Sumarski list, 145: 269–278.

Sawyer, H., Lebeau, C., Hart, T., 2012. Mitigating roadway impacts to migratory mule deer - a case study with underpasses and continuous fencing. Wildlife Society Bulletin, 36: 492–498.

Smith, D.J., van der Ree, R., Rosell, C., 2015. Wildlife crossing structures: an effective strategy to restore or maintain wildlife connectivity across roads. V: Van der Ree, R., Smith, D. J., Grilo, C. (Eds.). Handbook of Road Ecology. John Wiley & Sons, str. 172-183.

Žák, J., Florian, A., 2013. Green bridges and their migration potential. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Civil and Environmental Engineering, 7: 10.

## GREGOR MAROLT

Gregor Marolt je leta 2020 diplomiral na Biotehniški fakulteti v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire pod mentorstvom prof. dr. Jurija Diacija na temo Vpliv reliefa na objedenost mladja drevesnih vrst zaradi velikih rastlinojedih parkljarjev. Nato je nadaljeval študij na magistrskemu študiju Gozdarstvo in upravljanje gozdnih ekosistemov, kjer trenutno obiskuje drugi letnik. V času študija je leta 2018 kot študent sodeloval pri projektu LIFE DINALP BEAR. Je član Lovske družine Velike Lašče.

## DEJAN GAVEZ

Sem Dejan Gavez, magister inženir gozdarstva, rojen avgusta leta 1991 v Celju. Otroštvo sem preživiljal v Velenju. Po opravljeni osnovni šoli smo se preselili v Gornji Grad, kjer živim še danes. Po opravljeni splošni gimnaziji v Velenju sem se leta 2010 vpisal na univerzitetni študij gozdarstva in obnovljivih gozdnih virov. Leta 2013 sem opravil lovsko pripravnštvo v LD Gornji Grad, kjer sem član lovске družine že osem let. Po opravljenem univerzitetnem študiju sem se vpisal na 2. stopnjo bolonjskega študija. Lovska tematika me je skozi celoten študij zelo zanimala zato sem tudi za magistrsko nalogu izbral lovsko temo. Trenutno sem že tri leta zaposlen kot revirni gozdar na Zavodu za gozdove RS na krajevni enoti Gornji Grad. Poleg dela revirnega gozdarja sem pooblaščenec za ocenjevanje škod po zavarovanih vrstah in sodelujem pri sestavi lovsko upravljavskih načrtov.

## LAN HOČEVAR

Lan Hočvar je leta 2019 zaključil magistrski študij Gozdarstva in upravljanja gozdnih ekosistemov, kjer je magistriral pod mentorstvom doc. dr. Mihe Krofta. Trenutno je zaposlen kot raziskovalec na Katedri za zdravje gozda in upravljanje prostoživečih živali na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta na Univerzi v Ljubljani. Ukvarja se z raziskovanjem velikih zveri, predvsem z evrazijskim risom v okviru projekta LIFE Lynx ter divjo mačko v okviru projekta InterMuc. V prostem času se ukvarja s fotografijo divjih živali, gorskim kolesarstvom in pohodništvom

## LUKA CAPUDER

Luka Capuder se je po končani maturi na Gimnaziji Vič vpisal na Biotehniško fakulteto v Ljubljani, kjer je diplomiral na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire pod mentorstvom prof. dr. Klemna Jerine. Od leta 2020 študij nadaljuje na magistrskem programu Gozdarstvo in upravljanje gozdnih ekosistemov, kjer trenutno pripravlja magistrsko nalogu pod mentorstvom doc. dr. Tineta Hauptmana na področju gozdne entomologije. Je prejemnik štipendije Pahernikove ustanove v šolskem letu 2020/21 in 2021/22. Leta 2018 je bil izbran za najboljšega študenta 2. letnika dodiplomskega študija Gozdarstvo in obnovljivi gozdnici viri. Med študijem opravlja delo pri podjetju Slovenski državni gozdovi. V okviru oddelka za gozdarstvo je sodeloval na raziskovalnem področju in pri promociji gozdarskega študija po slovenskih gimnazijah in srednjih šolah. Ob študiju se ukvarja s tekom in udeležuje tekaških tekmovanj in dogodkov. Poleg tega je udeleženec vojaškega tabora 2021.

## POLONA RUPNIK

Polona Rupnik je leta 2010 začela s študijem Ekologije z naravovarstvom na Fakulteti za naravoslovje in matematiko v Mariboru. Diplomirala je leta 2014 ter nadaljevala študij na poddiplomskem programu Biologija in ekologija z naravovarstvom. Magistrsko nalogu z naslovom Variabilnost spodnje čeljustnice navadnega jelena *Cervus elaphus* v Sloveniji; ontogenetski razvoj, spolni dimorfizem in geografska raznolikost je opravila pod mentorstvom doc. dr. Tine Klenovšek in somentorstvom prof. dr. Boštjana Pokornya. Med študijem si je znanje in izkušnje pridobivala v Društvu študentov biologije, Društvu študentov naravoslovja, Centru za obiskovalce in okrevanje beloglavih jastrebov (otok Cres, Hrvaška) ter ostalih projektih (različne akcije za ohranjanje dvoživk,

popis in kartiranje invazivnih rastlin v Občini Maribor in sodelovanje na delavnicah 24 ur za reko Muro). Po končanem študiju se je zaposlila na Geodetskem zavodu Celje d.o.o., kjer sodeluje pri različnih projektih, kot so kontrola kmetijskih subvencij, kontrola z dalinjskim zaznavanjem, zajem dejanske rabe tal v Sloveniji, sodelovanje pri prijavi na projekte okoljskega pomena.

## DHYAN ANAJA BANIČ

Dhyan Anaja Banič je po končani maturi na gimnaziji leta 2016 pričela s študijem na Fakulteti za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije (FAMNIT), na oddelku za biodiverzitet v Kopru, katerega (prvo stopnjo) je zaključila leta 2020. Zaključna naloga je potekala v sklopu raziskovalnega projekta Divjad v naseljih, na cestah in drugih nelovnih površinah, spomladsi leta 2021 pa je sodelovala pri projektu Spomladanskega monitoringa dvoživk. Poleg študija je nabirala praktične izkušnje na Veterinarski postaji Koper ter leta 2020 uspešno končala še šolanje na Srednji veterinarski šoli v Ljubljani. Občasno je delovala tudi v Živalskem vrtu Ljubljana in v različnih zavetniščih za živali v Afriki, na Tajskem, ter Angliji. Tako pridobljene izkušnje in spoznanja je ob različnih priložnostih posredovala študentom na ljubljanski Biotehniški fakulteti, kot tudi gimnazijskim dijakom. Že več let je aktivna članica v Društvu za dobrobit živali Noetova šola. Trenutno obiskuje zadnji letnik magistrskega študija Varstva narave na FAMNIT-u.

## **POVABILO ZA OBJAVO V ZLATOROGOVEM ZBORNIKU**

Zlatorogov zbornik je znanstveno glasilo Lovske zveze Slovenije, ki izhaja periodično. V glasilu sta objavljeni dve vrsti prispevkov: izvirni znanstveni/strokovni prispevki in pregledni znanstveni/strokovni prispevki. Prispevki se nanašajo na široko paleto področij, povezanih z biologijo in ohranjanjem prostoživečih živali, upravljanjem populacije in lovstvom.

---

### **Odgovorni urednik**

Odgovorni urednik glasila je prof. dr. Ivan Kos.

---

### **Sestava izvirnega znanstvenega/strokovnega prispevka**

Izvirni znanstveni/strokovni prispevek ima obliko standardnega formata tovrstnih del in praviloma vsebuje naslednja poglavja:

- Naslov (slo, ang)
- Podnaslov (slo, ang)
- Izvleček (slo, ang) s ključnimi besedami
- Uvod
- Materiali in metode
- Rezultati
- Razprava
- Zaključki
- Povzetek (slo, ang)
- Viri

---

### **Struktura preglednega znanstvenega/strokovnega prispevka**

Članek naj sledi strukturi preglednega znanstvenega članka in naj praviloma obsega naslednja poglavja:

- Naslov (slo, ang)
- Podnaslov (slo, ang)
- Izvleček (slo, ang)
- Uvod
- Podpoglavlja
- Zaključki
- Povzetek (slo, ang)
- Viri

---

### **Naslov**

Naslov naj bo v slovenščini in v angleščini.

---

### **Podnaslov**

Podnaslov naj vsebuje podatke o avtorju prispevka ter naslov (naslov pošte in e-naslov).

---

### **Izvleček**

Izvleček naj bo v slovenščini in angleščini; predlagana dolžina je 1500 znakov s presledki.

---

### **Prispevek**

Prispevek naj bo napisan v pisavi Times New Roman, velikosti črk 12, z razmikom 1,5 in naj ne bo daljši od 8 strani.

---

### **Rok za oddajo prispevkov**

Prispevke je treba oddati po pošti na naslov Lovska zveza Slovenije, Župančičeva ulica 9, 1000 Ljubljana ali na e-naslov lzs@lovska-zveza.si.

Prof. dr. Ivan Kos,  
glavni in odgovorni urednik Zlatorogovega zbornika



## **INVITATION TO PUBLISH IN THE GOLDHORN BULLETIN**

*The Goldhorn Bulletin is a scientific journal of the Hunters Association of Slovenia that comes out periodically. Two types of articles are published: original scientific papers and scientific review papers. The articles refer to a wide range of fields related to wildlife biology and conservation, population management and hunting..*

### ***Editor-in-Chief***

*The Editor-in-Chief of the bulletin is Prof. Dr. Ivan Kos.*

### ***The composition of an original scientific paper***

*An original scientific article follows the standard form of such articles and generally contains the following sections:*

- Title (Slo, Eng)
- Subtitle (Slo, Eng)
- Abstract (Slo, Eng) with key words
- Introduction
- Materials and methods
- Results
- Discussion
- Conclusions
- Summary (Slo, Eng)

### ***The structure of a scientific review paper***

*An article follows the structure of a scientific review article and shall generally contain the following sections:*

- Title (Slo, Eng)
- Subtitle (Slo, Eng)
- Abstract (Slo, Eng)
- Introduction
- Subsections
- Conclusions
- Summary (Slo, Eng)

### ***Title***

*The title shall be in Slovenian and English.*

### ***Subtitle***

*The subtitle shall contain data on the author of the article and their contact information (postal address and e-mail address).*

### ***Abstract***

*The abstract shall be in Slovenian and English; the proposed length is 1500 characters including spacing.*

### ***Article***

*The article shall be written in Times New Roman, font size 12 and 1.5 line spacing; the article shall not be longer than 8 pages.*

### ***Closing date for the submission of articles***

*The articles must be sent by post to the address: Lovska zveza Slovenije, Župančičeva ulica 9, 1000 Ljubljana, or by e-mail to the address: lzs@lovska-zveza.si.*

*Prof. Dr. Ivan Kos  
Editor-in-Chief of the Goldhorn Bulletin*



## Vsebina/Contents

### Uvodnik/*Editorial*

Ob izidu osme številke Zlatorogovega zbornika/  
*Upon the release of the eight issue of the  
Zlatorogov zbornik/Goldhorn Bulletin*  
prof. dr. Ivan Kos

### Izvirni znanstveni članek/ *Original scientific paper*

3–11 Vpliv reliefa na objedenost drevesnega mladja v jelovo-bukovih gozdovih na Kočevskem/  
*The influence of relief on tree browsing in fir-beech forest stands in the Kočevsko region*  
Gregor MAROLT, Jurij DIACI

12–23 Vpliv lastništva lovnih pravic divjadi na stanje velikih zveri v Evropi/  
*Impact of hunting right regulations on large carnivores' status in Europe*  
Dejan GAVEZ, Klemen JERINA

24–32 Izbira dnevnih počivališč evrazijskega risa (*Lynx lynx*) v dinarskih gozdovih Slovenije/  
*Selection of resting sites by the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in the Slovenian Dinaric Mountains*  
Lan HOČEVAR

33–44 Pregled rodnosti populacij rjavih medvedov (*Ursus arctos L.*) v Evropi/  
*Overview of relative natality in brown bear populations (*Ursus arctos L.*) in Europe*  
Luka CAPUDER, Klemen JERINA

45–58 Variabilnost spodnje čeljustnice navadnega jelena (*Cervus elaphus*) v Sloveniji: ontogenetski razvoj in geografska raznolikost/  
*Mandible variability of red deer (*Cervus elaphus*) in Slovenia: ontogenetic development, and geographic differences*  
Polona RUPNIK, Tina KLENOVŠEK, Boštjan POKORNY

59–73 Prehajanje sesalcev čez avtoceste na primeru odseka AC Vrhnika–Postojna/  
*Crossings of mammals over highways – case study on highway section Vrhnika–Postojna*  
Dhyana Anaja BANIČ, Elena BUŽAN, Boštjan POKORNY