

GDK 181.7:149.6Capreolus capreolus L.(497.4.)(045)=163.6

## Vplivi okoljskih dejavnikov na prostorsko razporeditev evropske srne (srnjadi) (*Capreolus capreolus* L.) v Gorenjskem lovskoupravljalnem območju

*Impacts of Environmental Factors on Spatial Distribution of Roe Deer (Capreolus capreolus L.) in Gorenjsko Hunting Management District*

Miran HAFNER<sup>1</sup>, Blaž ČERNE<sup>2</sup>

### Izvleček:

Hafner, M., Černe, B.: Vplivi okoljskih dejavnikov na prostorsko razporeditev evropske srne (srnjadi) (*Capreolus capreolus* L.) v Gorenjskem lovskoupravljalnem območju; Gozdarski vestnik, 75/2017, št. 10. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 53. Prevod Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

V raziskavi smo proučili, kateri dejavniki vplivajo na prostorsko razporeditev evropske srne (*Capreolus capreolus* L.) v Gorenjskem lovskoupravljalnem območju. Raziskava temelji na vzorcu N = 2.196 georeferenciranih lokacij odvzema N = 42.468 živali in GIS-podatkovnih plasteh 21 okoljskih spremenljivk. Logistična regresija napoveduje, da je primernost prostora za habitat srne pogojena z vrednostmi trinajstih okoljskih spremenljivk: spremenljivke zgradbe prostora (delež kmetijskih površin, delež nedostopnih površin, dolžina javnih cest, dolžina gozdnega roba, ekspozicija), podnebne spremenljivke (količina padavin, količina sončnega sevanja poleti, srednja letna temperatura), spremenljivke zgradbe gozdnih sestojev (delež sestojev v obnovi, delež mladovij, lesna zaloga sestojev, indeks gozdnih združb, dolžina gozdnih cest). Z drugim modelom smo odkrili tudi negativen vpliv oddaljenosti do najbližje gozdne in kmetijske površine. Med kmetijskimi površinami na primernost prostora za habitat srne najbolj vplivata delež travnikov in delež njiv ter vrtov.

**Glavne besede:** evropska srna (srnjad), *Capreolus capreolus*, habitat, Gorenjsko lovskoupravljalno območje, Slovenija

### Abstract:

Hafner, M., Černe, B.: Impacts of Environmental Factors on Spatial Distribution of Roe Deer (*Capreolus capreolus* L.) in Gorenjsko Hunting Management District; Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 75/2017, vol 10. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 53. Translated by Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

In our research we studied which factors affect spatial distribution of roe deer (*Capreolus capreolus* L.) in Gorenjsko hunting management district. The research is based on the sample of N = 2.196 georeferenced harvest locations of N = 42.468 animals and GIS-data layers of 21 environmental variables. Logistic regression predicts, that the adequacy of the space for roe deer habitat is conditioned by the values of thirteen environmental variables: variables of space structure (share of agricultural land, share of inaccessible areas, length of public roads, length of forest margin, exposition), climatic variables (amount of precipitation, amount of sun exposure in the summer, mean annual temperature), variables of forest stands structure (share of stands in regeneration, share of young forest, growing stock of stands, indicator of forest associations, length of forest roads). With another model we also discovered a negative impact by the distance to the first forest and agricultural area. Among the agricultural areas, the adequacy of the space for roe deer habitat is most affected by the share of meadows and share of fields and gardens.

**Key words:** roe deer, *Capreolus capreolus*, habitat, Gorenjsko hunting management, Slovenija

<sup>1</sup> M. H., spec., univ. dipl. inž. gozd., Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Kranj, Staneta Žagarja 27b, 4000 Kranj, Slovenija miran.hafner@zgs.si

<sup>2</sup> B. Č., univ. dipl. inž. gozd., Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Bled, Ljubljanska c. 19, 4260 Bled, Slovenija blaz.cerne@zgs.si

## 1 UVOD

### 1 INTRODUCTION

Evropska srna (*Capreolus capreolus* L.) (v nadaljevanju srnjad) je najbolj razširjena vrsta rastlinojedih parkljarjev v Evropi, kjer je poselila različne habitate (Linnell in sod., 1998). Pri tem izkazuje visoko raven ekološke prilagodljivosti in uspeha, tudi v prilagoditvi na motnje, ki jih povzroča človek (Hewison in sod., 2001; Bonnot in sod., 2013). Gozdna vrsta (Mysterud, 1999; Nilsen in sod., 2004) poseljuje tudi travnike, pašnike in močvirja (Hewison in sod., 2001, Bonnot in sod., 2013). Živali se odzivajo na okoljske razmere, ki se v območju aktivnosti populacije spreminjajo v prostoru in času in pri tem oblikujejo različne vzorce rabe prostora (Hewison in sod., 1998; Hewison in sod., 2001). V gorskem okolju, še posebno pozimi, kaže srnjad veliko spremenljivost rabe prostora v povezavi z dostopnostjo prehranskih virov in pokritostjo s snegom (Mysterud, 1999; Lamberti in sod., 2004), pri tem so gibanja daljša spomladi in poleti ter krajša jeseni in pozimi (Gaudry in sod., 2015). V agrikulturni krajini kažejo živali variabilnost v socialnem obnašanju in rabi prostora tudi glede na aktivnosti ljudi in razdrobljenost gozdov (Hewison in sod., 1998). Ključni dejavnik, ki ostaja relativno konstanten v vseh populacijah, je velika navezanost srnjadi na gozdno krajino. Velika razdrobljenost gozdov in majhne zaplate gozdnih ostankov so običajno povezane z večjimi velikostmi skupinskih in posameznih območij aktivnosti (Hewison in sod., 2001; Cargnelutti in sod., 2002).

Izbor habitata je definiran kot večplastni proces, v katerem žival izbira različne vire (Johnson, 1980) in je posledica vpliva številnih dejavnikov, ki vključujejo potrebe po hrani in kritju za izogibanje plenilcem ali neugodnim vremenskim razmeram (Langvatn in Hanley, 1993; Hirzel in Le Lay, 2008). Izbor habitatov je rezultat kompromisov med stroški in koristmi v njem (Lima in Dill, 1990) in se spreminja v prostoru in času (Johnson, 1980; Hirzel in Le Lay, 2008). Dostop živali do kakovostnih habitatov vpliva na njeno kondicijo (Nilsen in sod., 2004), preživetje in razmnoževalni uspeh (Mysterud in Østbye, 2006). S kakovostjo okolja in njegovo raznolikostjo so povezane spremembe

v življenjskih značilnostih (dinamika rasti, razvoj, spolna zrelost) med živalmi (Pettorelli in sod., 2001; Focardi in sod., 2001) in posledično tudi spremembe v njihovem razmnoževalnem uspehu (Clutton-Brock in sod., 1982). Tako posledično okoljske razmere vplivajo na porazdelitev živali v prostoru in populacijsko dinamiko (Mysterud in Østbye, 2006; Gaillard in sod., 2010).

Z raziskavo smo želeli ugotoviti vpliv okoljskih spremenljivk na rabo prostora srnjadi v Gorenjskem lovskoupravljavskem območju. V Sloveniji živi srnjad v širokem razponu okoljskih dejavnikov, udeležena pa je tudi v različnih specifičnih medvrstnih povezavah. Zato ugotovitve tujih raziskav in tudi domačih iz drugih območij ne kaže nekritično prenašati drugam. Obstoj in pojavljanje nekega osebk je zaradi prostorskega spreminjanja ravni temeljnih ekoloških dejavnikov ponekod lahko omejen z enim dejavnikom, drugod z drugim, zaradi česar se lahko v prostoru spreminja tudi osebkova preferenca do posameznega dejavnika (Jerina, 2006a). Iz raziskav drugih vrst velike parkljaste divjadi (zbrano v Jerina, 2006b) je razvidno, da se ugotovljeni vpliv posameznega dejavnika ob hkratnem upoštevanju drugih dejavnikov lahko spremeni zaradi njihove medsebojne soodvisnosti. Ugotoviti in določiti dejavnike, ki vplivajo na rabo prostora živali, je že samo po sebi pomemben ekološki izziv in je pomemben prispevek k poznavanju odnosov med živalmi in njihovim okoljem. Celostne analize in poznavanje vplivov okoljskih spremenljivk na prostorsko razporeditev živali pa so pomembne tudi z vidika populacijske dinamike in upravljanja z obravnavanimi vrstami. V obdobju 2002–2015 se je odvzem srnjadi v Gorenjskem lovskoupravljavskem območju značilno zmanjševal (Lovskoupravljavski načrt za Gorenjsko LUO za leto 2016). Tako ocenjujemo, da bi se lahko zmanjševala tudi številčnost (gostota) (sub)populacije. Ker nekatere od obravnavanih okoljskih dejavnikov lahko oblikujemo v sklopu upravljanja s (sub)populacijo in njenim življenjskim okoljem (prostorsko načrtovanje, gozdarstvo, kmetijstvo), je poznavanje spremenljivk (ki vplivajo na prisotnost srnjadi) in določanje njihovega vpliva pomembno tudi z vidika vplivov na gostoto njene (sub)populacije.

## 2 METODE

## 2 METHODS

### 2.1 Zbiranje in priprava podatkov o odvzemu srnjadi in zgradbi prostora

#### 2.1 Collection and preparation of data on roe deer harvest and environmental characteristics

Gorenjsko lovskoupravljavsko območje leži na skrajnem severozahodnem delu Slovenije in obsega alpski in predalpski svet dela Julijskih Alp, Karavank, Kamniško-Savinjskih Alp, severozahodni ravninski del Ljubljanske kotline, Polhograjsko hribovje, Škofjeloško hribovje in Jelovico. V primerjavi z večino drugih območij Slovenije je po svojih krajinskih značilnostih izredno pestro s širokim razponom različnih okoljskih spremenljivk. Na majhnem prostoru se menjavajo različni krajinski tipi: od izrazito gorske in gorske gozdnate krajine z velikim deležem teže dostopnih površin in strmimi nagibi, preko gozdne krajine sredogorja do nižinske kmetijske in urbane krajine. Pestre naravne danosti območja zagotavljajo ugodno življenjsko okolje populacijam številnih živalskih vrst. Med parkljarji ima srnjad (*Capreolus capreolus* L.) največje območje aktivnosti (sub)populacije. Srnjadi glede gostote in prostorske razširjenosti sledita navadni jelen (*Cervus elaphus* L.) in gams (*Rupicapra rupicapra* L.), nato divji prašič (*Sus scrofa* L.) in muflon (*Ovis ammon* (*aries*) *musimon* Schrabert).

Za raziskavo prostorske razširjenosti in ugotavljanje značilnih habitatov srnjadi v proučevanem območju smo izbrali metodo beleženja podatkov iz lovišč odvzetih (odstrel, ugotovljene izgube) živali in razvrščanja lokacij odvzema v kvadrante velikosti 100 ha (velikosti 1 x 1 km). Mesta, na katerih so bili izločeni posamezni osebk, se po enotni metodologiji v vsej Sloveniji določa na temelju kart z vrisanimi kilometrskimi kvadranti in pripadajočim šifrantom. Podatke beležijo upravljavci lovišč in lovišč s posebnim namenom od leta 2005 naprej. V raziskavo smo vključili podatke odvzete srnjadi v obdobju 2006–2015, pri pridobivanju podatkov smo uporabljali računalniško aplikacijo x-lov. Z raziskavo smo želeli čim bolj celovito proučiti značilnosti življenjskega

prostora srnjadi na omenjenem območju, zato smo ob 42.468 odvzetih živalih v 2.196 različnih kvadratnih vključili številne okoljske dejavnike, ki bi prek različnih elementov zgradbe prostora lahko vplivali na prostorsko razporeditev živali (preglednica 1). Pri izboru spremenljivk smo se oprli na druge avtorje, ki so proučevali srnjad (Mysterud in sod., 1997; Hewison in sod., 2001; Ratikainen in sod., 2007; Coulon in sod., 2008; Jiang in sod., 2009; Jerina, 2010; Bonnot in sod., 2013; Ewald in sod., 2014; Gaudry in sod., 2015; Mancinelli in sod., 2015 in drugi).

Podatke o zgradbi prostora in drugih obravnavanih okoljskih spremenljivkah smo pripravili na podlagi lastnih podatkovnih baz, vanje pa smo vključili tudi druge javno dostopne podatkovne baze (preglednica 1). Lastne podatkovne baze smo izdelali s prekrivanjem kilometrskih kvadrantov s stranicami 1 x 1 kilometer (100 ha) s kartnimi podlagami odsekov (baza podatkov o gozdovih) in uvrščanjem odsekov v ustrezne kvadrante. Izdelali smo podatkovne plasti neodvisnih spremenljivk, kjer vsak kvadrant obsega njihovo povprečno zgradbo. Javno dostopne podatke smo obdelali tako, da smo podatke različnih slojev aplicirali na nivo kvadrantov. Prostorska enota je tako enaka prostorski enoti zbiranja podatkov iz lovišč odvzete srnjadi.

### 2.2 Statistične analize

#### 2.2 Statistical analyses

S prekrivanjem podatkovnih plasti zgradbe prostora in plasti odvzema srnjadi smo pridobili podatkovne nize odvisne spremenljivke in neodvisnih spremenljivk za nadaljnje statistične analize. Pri tem smo kvadrante z evidentiranim pojavljanjem (odvzemom) srnjadi privzeli kot pozitivne primere (habitat), vse preostale celice proučevanega območja pa kot negativne (nehabitat). Skupno je bilo v raziskavi upoštevanih 2.196 kvadrantov, od katerih jih je bilo pozitivnih primerov 1.999 in 197 negativnih. Med negativnimi primeri prevladujejo težko dostopne površine s strmimi nagibi in velikimi deleži skalovitosti površja. Vsem podatkovnim nizom smo najprej pripisali vrednost odvisne spremenljivke 0, nato smo jim dodali še podatkovne nize za celice, kjer je bil zabeležen odvzem srnjadi in v katerih smo odvisni spremenljivki pripisali vrednost 1.

Preglednica 1: Seznam, šifre in viri analiziranih okoljskih spremenljivk

Table 1: List, codes and sources of analyzed environmental variables

Št.	Opis neodvisne spremenljivke	Koda spremenljivke	Enota	Vir podatkov
No.	Description of undependent variable	Variable code	Unit	Source of data
1	Nadmorska višina	NADMV	m	ZGS
2	Lega (ekspozicija)	LEGA		ZGS
3	Nagib	NAGIB	%	ZGS
4	Kamnitost in skalnatost	KAMNI_SKAL	%	ZGS
5	Delež nedostopnih površin (šifre 3000, 4000, 5000, 6000, 7000)	NEDOST	%	MKGP
6	Delež kmetijskih površin (šifra 1000)	KMET	%	MKGP
7	Delež gozdov (šifra 2000)	GOZD	%	MKGP
8	Delež njiv in vrtov (šifra 1100)	NJIVE	%	MKGP
9	Delež travnikov (šifra 1300, 1321)	TRAVN	%	MKGP
10	Hmeljišča, vinogradi, sadovnjaki (šifre 1160, 1211, 1212, 1222)	SADOVN	%	MKGP
11	Druge kmetijske površine (šifre 1410 do 1800)	DRUKMET	%	MKGP
12	Delež mladovij	MLAD	%	ZGS
13	Delež drogovnjakov	DROG		
14	Delež debeljakov	DEB	%	ZGS
15	Delež sestojev v obnovi	POMLAJ	%	ZGS
16	Delež dvoslojnih sestojev, raznomernih, prebiralnih, grmišč, panjevcev (ostale rf)	GOZDOST	%	ZGS
17	Indeks pestrosti gozdnih združb v kvadrantu	INDGZD		ZGS
18	Delež listavcev v lesni zalogi	IGL	%	ZGS
19	Delež buke v lesni zalogi	BU	%	ZGS
20	Lesna zaloga/ha	LZSKUHA	m <sup>3</sup>	ZGS
21	Dolžina gozdnega roba (linije na stiku gozdnih in negozdnih površin, vključno z upoštevanjem gozdnih cest)	GOROB	m/ha	ZGS
22	Dolžina gozdnih cest/ha	GCEST	m/ha	ZGS
23	Dolžina javnih cest/ha	JCEST	m/ha	ZGS
24	Razdalja od središča kvadranta do najbližjega gozdnega roba	RAZGORO	m	ZGS
25	Razdalja od središča kvadranta do najbližje gozdne ceste	RAZGC	m	ZGS
26	Razdalja od središča kvadranta do najbližje javne ceste	RAZJC	m	ZGS
27	Razdalja od središča kvadranta do najbližje gozdne površine	RAZGOZ	m	ZGS
28	Razdalja od središča kvadranta do najbližje kmetijske površine	RAZKMET	m	ZGS
29	Povprečna letna temperatura zraka	TEMP	°C	ARSO
30	Povprečna letna višina korigiranih padavin	PADAV	mm	ARSO
31	Povprečno trajanje sončnega obsevanja poleti	SONCEP	Ura	ARSO
32	Povprečno trajanje sončnega obsevanja pozimi	SONCEZ	Ura	ARSO

Vsem podatkovnim nizom z vrednostjo odvisne spremenljivke 0 smo pripisali utež vrednosti 1, nizom z vrednostjo odvisne spremenljivke 1 pa smo pripisali uteži enake višini odvzema v pripadajočem kvadrantu.

Prostorsko razporeditev srnjadi glede na okoljske dejavnike smo analizirali z binarno logistično regresijo v programskem paketu STATISTICA 8 z uporabo algoritma stepwise forward. Pri vseh parih neodvisnih spremenljivk smo najprej preverili multikolinearnost in kjer je korelacijski koeficient med dvema neodvisnima spremenljivkama presegal 0,45 (Mayer in sod., 2005; Ficko in sod., 2008), smo iz analize izključili eno izmed spremenljivk v paru. Pri tem smo obdržali

spremenljivko, ki je močnejše korelirala z odvisno spremenljivko. Zaradi neizpolnjenega pogoja linearnosti med posamezno neodvisno spremenljivko in logaritmom obojetov (logit) odvisne spremenljivke smo štiri zvezne spremenljivke kategorizirali (Garson, 2008). V modelih smo tako proučevali skupno 21 spremenljivk, od tega devet kategorialnih (primerjalni razred je vedno zadnji) in dvanajst zveznih (preglednica 2). V prvi model smo vključili petnajst spremenljivk (sedem zveznih in osem kategorialnih), v drugi model pa dvajset spremenljivk (dvanajst zveznih in osem kategorialnih). Zaradi velikega števila razredov pri kategorialnih spremenljivkah v logistično regresijo nismo ponudili povezav neodvisnih spremenljivk.

**Preglednica 2:** Priprava spremenljivk za logistično regresijo  
*Table 2: Preparation of variables for logistic regression*

Št.	Spremenljivka	Prvi model	Drugi model	Odziv odvisne spremenljivke na spreminjanje neodvisne spremenljivke	Število in meje (v oklepaju) ustvarjenih razredov pri kategorizaciji spremenljivke
No.	Variable	First model	Second model	Response of the dependent variable on variation of independent variable	Number and borders (in parenthesis) of created classes in variable discretization
1	KMET	*		Nelinearen / Non-linear	4 (3,00; 15,55; 34,75)
2	NJIVE		*	Linearen / Linear	
3	TRAVN		*	Linearen / Linear	
4	SADOVN		*	Linearen / Linear	
5	DRUKMET		*	Nelinearen / Non-linear	2 (0,40)
6	NEDOST	*	*	Linearen / Linear	
7	MLAD	*	*	Linearen / Linear	
8	POMLAJ	*	*	Linearen / Linear	
9	LEGA	*	*	Diskretna spremenljivka	
10	INDGZD	*	*	Nelinearen / Non-linear	4 (0,62; 0,96; 1,24))
11	LZ	*	*	Linearen / Linear	
12	LIST	*	*	Linearen / Linear	
13	GCEST	*	*	Linearen / Linear	
14	JCEST	*	*	Nelinearen / Non-linear	3 (2,16; 23,23)
15	GOROB	*	*	Linearen / Linear	
16	RAZGOZ		*	Linearen / Linear	
17	RAZKMET		*	Linearen / Linear	
18	TEMP	*	*	Diskretna spremenljivka	
19	PADAV	*	*	Diskretna spremenljivka	
20	SONCEP	*	*	Diskretna spremenljivka	
21	SONCEZ	*	*	Diskretna spremenljivka	

### 3 REZULTATI

#### 3 RESULTS

Odziv odvisne spremenljivke na spreminjanje neodvisne spremenljivke je bil pri dvanajstih neodvisnih spremenljivkah približno linearen pri štirih analiziranih spremenljivkah pa nelinearen. Vse slednje smo kategorizirali v razrede (preglednica 2, zadnji stolpec) in jih kot kategorialne spremenljivke vključili v binarno logistično regresijo.

Logistična regresija v prvem modelu napoveduje, da je primernost nekega prostora za habitat srnjadi v proučevanem območju pogojena z vrednostmi 12 (če upoštevamo tudi  $p = 0,058$  – nekoliko nad mejo statistične značilnosti – pri MLAD, potem z vrednostmi 13) okoljskih spremenljivk (preglednica 3).

#### **Kakovost habitata se povečuje:**

- s pretežno toplimi legami (LEGA),
- z večjimi deleži mladja (MLAD),
- z večjimi deleži sestojev v obnovi (POMLAJ),
- z večjo lesno zalogo sestojev (LZ),
- z večjo dolžino gozdnih cest (GCEST),
- z večjo dolžino gozdnega roba (GOROB).

#### **Kakovost habitata se zmanjšuje:**

- s povečevanjem deleža nedostopnih površin (NEDOST) (površine ki so v osnovi neprimeren habitat za srnjad (naselja, skalovja ipd.)).

Na prostorsko razporeditev srnjadi vplivajo tudi kmetijske površine (KMET), količina padavin, (PADAV), dolžina javnih cest (JCEST), indeks gozdnih združb (INDGZD), količina sončnega sevanja poleti (SONCEP) in srednja letna temperatura (TEMP), vendar se njihov vpliv vzdolž gradienta lastnih vrednosti ponekod značilno spreminja, drugje pa neznačilno nemonotono (preglednica 3). Z večanjem deleža kmetijskih površin se verjetnost rabe prostora najprej povečuje. V razredu do 3,00 % je 7,2-krat manjša kot v razredu nad 34,75 %, v razredu 3,01–15,55 % 1,4-krat večja in v razredu 15,56–34,75 % 2,6-krat večja kot v najvišjem razredu (nad 34,75 %), v zadnjem razredu se verjetnost rabe zmanjša. Podobno se z večjo količino padavin verjetnost rabe najprej povečuje, v razredu 1300–1600 mm je 14,7-krat manjša kot v razredu nad 2600 mm. V razredu 1600–1800 mm je 1,5-krat večja, v razredu 1800–2000 pa 3,1-krat večja kot v razredu nad

2000 mm (v tem zadnjem razredu se verjetnost rabe prostora zmanjša). Pri majhnih dolžinah javnih cest (razred do 2,16 m/ha) je verjetnost rabe 1,3-krat manjša kot v razredu nad 23,23 m/ha. V razredu 2,16–23,23 m/ha je verjetnost rabe 2,6 krat večja kot v zadnjem razredu (nad 23,23 m/ha), v zadnjem razredu pa se zmanjša. Podobno ugotavljamo tudi za indeks gozdnih združb. V razredu z indeksom do 0,62 je verjetnost rabe 1,5-krat manjša kot v najvišjem razredu (indeks nad 1,24), v obeh naslednjih razredih (0,63–0,96 in 0,97–1,24) pa je večja (1,3-krat in 1,1-krat) v primerjavi z najvišjim razredom. Pri količini sončnega obsevanja poleti je v prvem (najnižjem) razredu (580–700 ur) verjetnost rabe 2,6-krat manjša, v razredu 700–740 ur pa je verjetnost rabe 1,4-krat večja kot v najvišjem razredu (nad 740 ur). Pri srednji letni temperaturi je verjetnost rabe v najnižjem razredu (0–6 stopinj) 1,2-krat, v razredu 6–8 stopinj pa 1,6-krat manjša kot v najvišjem razredu (8–10 stopinj).

Po jakosti vplivov glede habitatne primernosti prostora za srnjad (glede na Waldovo statistiko) si spremenljivke v logističnem modelu padajoče (od spremenljivke z najmočnejšim vplivom do spremenljivke z najšibkejšim vplivom) sledijo v naslednjem vrstnem redu: delež kmetijskih površin, delež nedostopnih površin, dolžina javnih cest, dolžina gozdnega roba, količina padavin, delež sestojev v obnovi, količina sončnega sevanja poleti, indeks gozdnih združb, srednja letna temperatura, lesna zaloga sestojev, lega, dolžina gozdnih cest, delež mladovij.

V drugem modelu smo izločili spremenljivko delež kmetijskih površin in namesto nje vključili kmetijske površine po sestavi, in sicer delež njiv in vrtov (NJIVE), delež travnikov (TRAVN), delež sadovnjakov (SADOVN) in delež drugih kmetijskih površin (DRUKMET). Prav tako smo vključili razdaljo od središča kvadranta do najbližje gozdne (RAZGOZ) in razdaljo do najbližje kmetijske površine (RAZKMET). Logistična regresija v drugem modelu napoveduje, da se primernost habitata za srnjad veča z večjimi deleži njiv, travnikov in sadovnjakov (vpliva deleža preostalih kmetijskih površin nismo odkrili) in se manjša z večjimi oddaljenostmi do prvih gozdnih in kmetijskih površin. Podrobnejših podatkov drugega dela

**Preglednica 3:** Spremenljivke in koeficienti v modelu habitata srnjadi, izdelanega z logistično regresijo  
**Table 3:** Variables and estimated coefficients of the fitted logistic regression model of roe deer habitat

	Ocena parametra	St. napaka	Waldova statistika	Df	p-vrednost	Razmerje obetov
	Parameter estimate	St. error	Wald statistic	Df	p-value	Odds ratio (Exp (B))
<b>Konstanta/Intercept</b>	4,312	0,445	93,730	1	0,000	
<b>*KMET</b>			91,990	3	0,000	
1	-1,971	0,208	89,689	1	0,000	0,139
2	-0,327	0,200	2,674	1	0,102	0,721
3	0,949	0,281	11,381	1	0,001	2,583
<b>*TEMP</b>			6,365	2	0,041	
1	-0,221	0,489	6,236	1	0,013	0,802
2	-0,477	0,405	1,389	1	0,239	0,621
<b>*PADAV</b>			12,317	3	0,006	
1	-2,693	0,800	11,336	1	0,001	0,068
2	0,461	0,356	1,679	1	0,195	1,586
3	1,126	0,334	11,358	1	0,001	3,083
<b>*SONCEP</b>			9,634	2	0,008	
1	-0,955	0,313	9,327	1	0,002	0,385
2	0,309	0,236	1,721	1	0,190	1,362
<b>*LEGA</b>			5,326	1	0,021	
1	0,192	0,083	5,326		0,021	1,212
<b>*JCEST</b>			22,750	2	0,000	
1	-0,290	0,183	2,531	1	0,112	0,748
2	0,965	0,203	22,584	1	0,000	2,625
<b>*INDGZD</b>			9,430	3	0,024	
1	-0,384	0,138	7,757	1	0,005	0,681
2	0,264	0,144	3,386	1	0,066	1,302
3	0,017	0,147	0,013	1	0,908	1,017
<b>**NEDOST</b>	-0,024	0,004	29,086	1	0,000	0,976
<b>**MLAD</b>	0,030	0,016	3,585	1	0,058	1,030
<b>**POMLAJ</b>	0,027	0,009	10,158	1	0,001	1,027
<b>**LZ</b>	0,002	0,001	5,431	1	0,020	1,002
<b>**GCEST</b>	0,026	0,012	4,585	1	0,032	1,026
<b>**GOROB</b>	0,009	0,002	15,372	1	0,000	1,009
<b>Scale</b>		1,000	0,000			

\* Kategorialna spremenljivka; primerjalni razred je vselej zadnji razred.

\* Discrete variable; reference class is always the last class

\*\* Za zvezne (nekategorialne) spremenljivke so podana razmerja obetov pri spremembi spremenljivke iz njenega 5. v 95. percentil ( $X_{0,05} \rightarrow X_{0,95}$ ).

\*\* For continuous (non-discrete) variables, the odds ratio for the change of the variable from its 5<sup>th</sup> to 95<sup>th</sup> percentile ( $X_{0,05} \rightarrow X_{0,95}$ ) are given

analize ne prikazujemo, navajamo zgolj vrstni red jakosti vplivov glede habitatne primernosti za srnjad (glede na Waldovo statistiko) z upadajočim vrstnim redom: delež travnikov, razdalja do najbližje gozdne površine, dolžina javnih cest, razdalja do najbližje kmetijske površine, delež njiv in vrtov, indeks gozdnih združb, delež sadovnjakov, količina padavin, dolžina gozdnih cest, delež sestojev v obnovi, lega, količina sončnega sevanja poleti, srednja letna temperatura, lesna zaloga sestojev, dolžina gozdnega roba, delež mladovij.

#### 4 RAZPRAVA

#### 4 DISCUSSION

V prehranskem pogledu je srnjad parkljar izbiralnega tipa (Hofmann, 1989), kar pomeni, da za hrano izbira rastlinske dele, bogate s hranili. V večini primerov so to popki, mladi poganjki in mladi listi mladja, gozdnega drevja in grmovja, mladi listi in poganjki zelišč in trav ter cvetovi dvokaličnic. Srnjad daje prednost gozdnim habitatom (Mysterud in sod., 1999; Nilsen in sod., 2004), poseljuje pa tudi negozdne površine (travnike, pašnike, njive, močvirja), še posebno v okolju z majhnim deležem gozdov in nizko stopnjo vznemirjanja (Hewison in sod., 2001; Bonnot in sod., 2013). Vrsta je postala tipičen prebivalec prostora, v katerem se mozaično prepletajo gozdovi in gozdiči, travniki, pašniki in njivske površine z dolgim gozdnim robom. Tudi v naši raziskavi smo ugotovili, da na habitate srnjadi najbolj vpliva zgradba prostora. Najpomembnejši dejavnik je delež kmetijskih površin, na drugem mestu pa delež nedostopnih površin. Pri deležu kmetijskih površin se verjetnost rabe prostora najprej monotono večja, v zadnjem razredu (nad 34,75 %) pa zmanjša. Hafner in Černe (2012) za del istega proučevanega območja ob tem, da prepletenost gozdov z obdelanimi kmetijskimi površinami pozitivno vpliva na telesne mase srnjadi, ugotavljata, da pa je vpliv velikega deleža obdelanih površin na telesne mase srnjadi negativen. Velik delež obdelanih površin je v proučevanem območju značilen za nižinski prostor tudi v bližini mest in večjih naselij. V teh primerih je značilna visoka stopnja motenj v večjem delu leta, zato poraba energije lahko izniči pozitiven vpliv kakovostne hrane (Houston in sod., 2012) (in s tem primernosti in priljubljenosti

prostora za habitat srnjadi) na velikih kmetijskih (in z ljudmi poseljenih) površinah. V spremenljivki nedostopne površine so združene površine, ki so v osnovi neprimeren habitat za srnjad (naselja, skalovja ipd). Ugotovitve so podobne rezultatom raziskave na ravni Slovenije (Jerina, 2010), kjer je bil na verjetnost rabe prostora srnjadi ugotovljen največji vpliv deleža nedostopnih površin, na drugem mestu pa je delež gozda. Avtor ugotavlja, da se pri deležu gozda habitatna primernost prostora za srnjad z večanjem njegovega deleža monotono večja do razreda 31–40 %, z njegovim nadaljnjim večanjem deleža pa se monotono zmanjšuje. V naši raziskavi smo se zaradi kolinearnosti med deležem gozda in deležem kmetijskih površin odločili za delež kmetijskih površin, ker je spremenljivka bolj korelirala z odvisno spremenljivko. V drugem delu analize smo odkrili pozitivni vpliv skoraj vseh vrst kmetijskih površin na verjetnost rabe prostora srnjadi; po jakosti vplivov je delež travnikov na prvem mestu, delež njiv in vrtov na petem in delež sadovnjakov na sedmem mestu. Značilnega vpliva drugih kmetijskih površin (pretežno zemljišča v zaraščanju) nismo odkrili. Vzrok je verjetno v velikem deležu ( $M = 68\%$ ) gozda v proučevanem območju, pa vpliva majhnega obsega kmetijskih površin v zaraščanju ( $Me = 0,4$  ha) na habitatno primernost prostora za srnjad analiza ni zaznala. Primernost prostora za habitat srnjadi v območju se zmanjšuje z oddaljenostjo od najbližje kmetijske in gozdne površine, kar kaže, da na Gorenjskem srnjad ni naklonjena velikim predelom gozdnih ali kmetijskih površin. Tudi Jerina (2010) za raven celotne Slovenije ugotavlja, da se primernost prostora za habitat srnjadi povečuje z manjšanjem velikosti največje gozdne zaplate. Z drobljenjem gozdnih površin oziroma prepletenostjo površin različne rabe (predvsem gozdnih in kmetijskih) je povezana dolžina gozdnega roba; po nekaterih raziskavah je (gozdni rob) najpomembnejši dejavnik, ki določa gostoto srnjadi oziroma velikost teritorijev (Borkowski in Ukalska, 2008). Tudi v naši raziskavi smo ugotovili, da večja dolžina gozdnega roba povečuje verjetnost rabe prostora srnjadi. Jerina (2010) pa za raven celotne Slovenije (kjer so tudi zelo razdrobljene gozdne površine v agrarni in urbani krajini) ugotavlja, da se z večanjem dolžine gozdnega roba habitatna primernost prostora za



srnjad monotono večja do razreda 2001–4000 m, z nadaljnjim večanjem dolžine pa se nekoliko zmanjša. Hewison in sod. (2001) ugotavljajo, da v prostoru s pogostimi in razprostranjenimi gozdnimi ostanki srnjad ohrani do njih močne povezave, v prostoru, kjer jih je malo, z malo gozdnega roba, se prilagodi na odprto pokrajino in ohranja razdaljo do gozdnih ostankov.

V povezavi z zgradbo prostora je tudi dolžina javnih cest, verjetnost rabe prostora se z večanjem njihove dolžine najprej naglo večja, v zadnjem razredu (nad 23,23 m/ha) pa naglo zmanjša. Dolžina javnih cest je povezana s poseljenostjo in intenzivnostjo rabe prostora, kar vodi k večjim motnjam v območjih, v katerih se prekrivajo območja (rekreacije) ljudi in habitati srnjadi. Jerina (2010) za raven celotne Slovenije ugotavlja zmanjševanje verjetnosti rabe prostora srnjadi z oddaljenostjo od cest, kar je le navidezno, saj je posledica metode zbiranja podatkov odvzema. Odstrel je zaradi lažje dostopnosti bistveno intenzivnejši v bližini cest kot v predelih lovišč, bolj oddaljenih od njih. Drugi avtorji ugotavljajo, da se srnjad na splošno izogiba cestam (Jiang in sod., 2009), še posebno podnevi (Imfeld, 1996, Bonnot in sod., 2013), in v krajini z majhnim deležem gozdov (Bonnot in sod., 2013) ali blizu naselij (Coulon in sod., 2008). Podobno velja za izogibanje naseljem (Coulon in sod., 2008; Mysterud in sod., 1999). Jerina (2010) na ravni celotne Slovenije ugotavlja, da se primernost prostora za srnjad povečuje z manjšanjem mediane naklonskih razredov. V naši raziskavi nismo proučevali vpliva naklona terena na primernost prostora za habitat srnjadi. Primerjava z deležem kmetijskih površin pokaže njuno značilno negativno povezanost ( $R_s = -0,68$ ,  $p < 0,05$ ). Kot smo že navedli, je habitatna primernost prostora za srnjad večja v okolju z večjimi (vendar ne največjimi) deleži kmetijskih površin, s tem pa v okolju z manjšimi vrednostmi naklonov terena. Mancinelli in sod. (2015) za srnjad v alpskem okolju ugotavlja, da topografske spremenljivke niso bile značilne napovedovalke izbire njenih poletnih habitatov. Gaudry in sod. (2015) pa nasprotno, tudi za gorsko okolje, ugotavlja, da srnjad pri visokih nadmorskih višinah daje prednost okolju z majhnimi nagibi, kjer je vegetacija dostopnejša. Imfeld (1996) ugotavlja, da se srnjad lahko umakne na bolj strme nagibe

čez dan, lahko pa poveča tudi aktivnost ponoči (Guthörl, 1994); oboje kot posledica izogibanja ljudem. Dobre življenjske razmere v prej navedenem razdrobljenem okolju našega proučevanega območja z zmernimi deleži kmetijskih površin in blagimi nagibi verjetno pozitivno vplivajo na dobro počutje, telesno razvitost, kondicijo in zdravstveno stanje živali, kar je najverjetnejši vzrok boljših demografskih značilnosti (sub)populacij v boljših življenjskih okoljih. Hafner in Černe (2012) za del istega proučevanega območja namreč ugotavljata negativni vpliv deleža gozda in nagiba terena na telesne mase srnjadi. Pozitivni vpliv stopnje razdrobljenosti habitatov na telesne mase srnjadi ugotavljajo tudi drugi avtorji (npr. Hewison in sod., 2009). Največje telesne mase srnjadi Hewison in sod. (2009) ugotavljajo v najbolj odprtih okoljih, najmanjše v skoraj nerazdrobljenem gozdnem okolju. Razlike med obema ekstremoma so bile največje pri mladih živalih in so znašale okoli 20 % njihove skupne telesne mase. Tudi pri odraslih živalih so bile ob enaki velikosti značilne razlike v telesnih masah, kar kaže, da srnjadi v fragmentirani krajini dostop do kakovostne hrane omogoča kopičenje maščobnih rezerv.

Na habitatno primernost prostora, s tem pa posledično na telesne mase, demografijo in populacijsko dinamiko rastlinojedih parkljarjev v zmerenem podnebnju pomembno vplivajo tudi podnebne značilnosti (temperatura, padavine, osončenost ...) tako na lokalnem nivoju (Langvatn in sod., 1996; Mysterud in Østbye, 2006) kot tudi na globalnem (npr. severnoatlantske oscilacije) (Mysterud in sod., 2001). Navedene spremenljivke vplivajo na fenologijo rastlin, nastanek rastlinske biomase in njeno kakovost (v prehranskem pomenu), kar vpliva na nosilno zmogljivost habitatov (Mysterud in sod., 2001; Post in Stenseth, 1999). Ker prehranska vrednost in prebavljivost rastlinja vplivata na zauživanje hrane ter rast živali, se vremenske značilnosti okolja preko rastlinja odražajo tako na prisotnosti živali v določenem okolju kot tudi na njihovih življenjskih značilnostih (dinamika rasti, razvoj, spolna zrelost, razmnoževalni uspeh ...) mladih živali (Langvatn in sod., 1996) in s tem na njihovih demografskih trendih. Podnebne značilnosti vplivajo na populacijsko gostoto in dinamiko tudi neposredno preko izgube telesnih mas in preživetja, še posebno mladih

in ostarelih živali (Mysterud in Østbye, 2006). Pri tem se mehanizmi, preko katerih podnebne razmere delujejo na populacije, razlikujejo med regijami in živalskimi vrstami (Mysterud in sod., 2003). V okolju s hladnejšim podnebjem, npr. snežene zime, vodijo k večji porabi energije zaradi gibanja v visokem snegu in težjega dostopa do hrane (Parker in sod., 1984), kar je pomembno tudi v povezavi z mrazom, še posebno pri manjših vrstah iz družine jelenov (Cervidae), med katere spada tudi srnjad (Holand in sod., 1998). V naši raziskavi smo odkrili vpliv treh podnebnih dejavnikov na habitatno primernost prostora za srnjad (padavine, sončno sevanje poleti in srednja letna temperatura) (preglednica 3). Negativen vpliv majhne količine padavin in pozitivni vpliv srednje velikih količin padavin, negativen vpliv majhne količine sončnega obsevanja poleti in pozitiven vpliv višjih letnih temperatur najverjetneje vplivajo na primernost življenjskega prostora srnjadi preko energetske bilance živali. Hafner in Černe (2012) za del proučevanega območja (Jelovica z obrobjem) namreč ugotavljata, da količina padavin vpliva negativno na telesne mase srnjadi, količina sončnega sevanja poleti pa pozitivno. Ocenjujemo, da manjša količina padavin lahko vpliva na slabšo rast vegetacije. V takih primerih je vegetacija manj kakovostna v primerjavi z okolji, kjer je količina padavin večja. To lahko vpliva na manjšo prisotnost (manjše gostote) živali, lahko tudi preko počasnejše dinamike rasti mladičev, manjših telesnih mas odraslih živali, večji dovzetnosti za bolezni in posledično večji smrtnosti in/ali manjšega prirastka. Nasprotno večji obseg sončnega obsevanja poleti in višje srednje letne temperature verjetno prispevajo k večjim telesnim masam, večjemu razmnoževalnemu uspehu in posledično boljšim demografskim trendom v takšnih območjih. Tudi Jerina (2010) na ravni celotne Slovenije ugotavlja pozitiven vpliv jakosti sončnega obsevanja in povprečne letne temperature na primernost prostora za habitat srnjadi. V nasprotju z našimi ugotovitvami Jerina (2010) ugotavlja, da se habitatna primernost prostora za srnjad na ravni celotne Slovenije povečuje z manjšanjem povprečne letne količine padavin. V povezavi z energetsko bilanco živali navajamo tudi večjo habitatno primernost prostora za srnjad v okolju s pretežno toplimi legami, po jakosti vpliva pa je spremenljivka na enajstem

mestu. Tudi Jerina (2010) na ravni celotne Slovenije ugotavlja pozitiven vpliv deleža toplih leg na habitatno primernost za srnjad, ki je podobno kot v naši raziskavi po jakosti vplivov med proučevanimi spremenljivkami na enem od zadnjih mest. V naši raziskavi nismo proučevali vpliva povezav dveh ali več spremenljivk na habitatno primernost prostora za srnjad. Jerina (2010) pa na ravni celotne Slovenije ugotavlja negativen vpliv povezave (interakcije) med jakostjo sončnega obsevanja in povprečno letno temperaturo, kar pomeni, da srnjad v okolju z nižjimi temperaturami (npr. na večjih nadmorskih višinah) raje izbira lokacije z večjo jakostjo sončnega obsevanja in obratno. Podobno Jerina (2010) ugotavlja tudi pozitiven vpliv povezave med količino padavin in višino temperature na habitatno primernost za srnjad. V območjih z večjo količino padavin srnjad izbira toplejše predele. V povezavi s podnebnimi spremenljivkami Mysterud in sod. (1999) in Ratikainen in sod. (2007) navajajo, da srnjad pozimi raje izbira gozdove iglavcev. Ewald in sod. (2014) ugotavljajo, da srnjad z manjšo temperaturo in višino snega preko 0,6 m raje poseljuje gozdove s tesnejšim sklepom krošenj. Podobno navajajo tudi Ratikainen in sod., (2007). Srnjad pozimi raje poseljuje odrasle sestoje (Herbold, 1995; Mysterud in sod., 1999). Mysterud in sod. (1997) ugotavljajo, da je bila višina snega pomemben dejavnik, ki je določal rabo prostora srnjadi predvsem v treh smereh. Od začetka proti koncu zime, ko se je večala višina snega, se je manjšal delež višjih nadmorskih višin, večja je bila raba odraslih sestojev v primerjavi z odprtimi habitati, raba odraslih sestojev je bila v primerjavi z odprtimi habitati večja v višjih nadmorskih višinah v primerjavi z nižjimi. Za alpsko okolje Mancinelli in sod. (2015) ugotavljajo, da srnjad tudi v toplih poletnih dneh izbira sestoje s tesnim sklepom krošenj, verjetno zaradi izogibanja vročinskemu stresu.

Na habitatno primernost prostora za srnjad vpliva tudi zgradba gozdov. Le-ti so kritje pred vremenskimi vplivi (navedbe v zgornjem odstavku), pa tudi dobro kritje živalim pred vznemirjanjem, še posebno sestoji z gostejšo talno vegetacijo v okoljih, kjer je velika stopnja motenj (Herbold, 1995; Mysterud in sod., 1999) ali ob poleganju (Bongi in sod., 2008). V prehranskem pogledu pa so revnejši v primerjavi z okoljem z večjim deležem obdelanih

površin. Čeprav srnjad lahko poseljuje različne tipe gozdov (Ratikainen in sod., 2007; Pellerin in sod., 2010; Ewald in sod., 2014), ima raje sestoje z majhno vidljivostjo (gostejše sestoje) (Tufto in sod., 1996; Borkowski in Ukalska, 2008), veliko količino hrane (Tufto in sod., 1996; Pellerin in sod., 2010) in njeno visoko kakovostjo (Moser in sod., 2006; Pellerin in sod., 2010). V naši raziskavi smo ugotovili pozitiven vpliv deleža sestojev v obnovi, (indeksa) pestrosti gozdnih združb, lesne zaloge sestojev, dolžine gozdnih cest in deleža mladovij na prisotnost srnjadi (preglednica 3). Pozitiven vpliv gozdov z večjo pestrostjo gozdnih združb na habitatno primernost za srnjad ugotavlja tudi Jerina (2010) za raven celotne Slovenije; izražen je lahko preko večje pestrosti vegetacije na kakovost, kondicijo in zdravje živali in s tem na njihovo ugodno (sub) populacijsko demografijo. Mancinelli in sod. (2015) za alpsko okolje ugotavljajo, da je izbira habitatov srnjadi v tesni povezavi s fenologijo vegetacije; živali izbirajo rastline, ki so v najbolj hranljivem fenološkem stadiju. Da kakovost območja domovanja pozitivno vpliva na telesne mase živali, s tem pa ugodno na njihovo (sub)populacijsko dinamiko, ugotavljajo tudi Pettorelli in sod. (2002) ter Nilsen in sod. (2004). Pettorelli in sod. (2003) ugotavljajo, da je prostorska spremenljivost telesnih mas v gozdu podobno pomembna kot časovna ter da je porazdelitev rastlinskih vrst, ki jih živali aktivno izbirajo za prehrano spomladi in poleti, pomembna determinanta prostorske spremenljivosti telesnih mas mladičev v zimskem obdobju. V nasprotju z našo raziskavo Jerina (2010) ugotavlja, da se kakovost habitatov za srnjad povečuje z manjšanjem deleža gozdov s prisotnimi mladimi razvojnimi fazami gozda. Pomlajene površine in površine mladovij so priljubljene prehranske krpe, obenem pa za srnjad priljubljena mesta kritja. Glede na velik delež gozdov v našem proučevanem območju (in s tem nizek delež kmetijskih površin) v primerjavi z drugimi deli Slovenije, je za kakovost živali in njihovo ugodno (sub)populacijsko demografijo v gozdnem okolju verjetno pomemben delež takšnih površin. Nekateri avtorji navajajo pozitivne odvisnosti telesnih mas od deleža iglastih sestojev (Czyzowski in sod. 2010) oziroma navajajo pomembnost iglastih gozdov pozimi za termalno kritje in ugodne prehranske razmere (Mysterud in Østbye, 1995;

Mysterud in sod., 1999), v naši raziskavi pa vpliva deleža listavcev na primernost habitatov za srnjad nismo odkrili. Glede na ekološke (in morfološke) značilnosti srnjadi bi pričakovali negativen vpliv večje lesne zaloge sestojev na habitatno primernost za srnjad. V gozdnih z velikimi lesnimi zalogami je verjetno prav zaradi večjega poseka večji delež površin z mladovji in pomlajenimi površinami, s tem pa tudi daljši notranji gozdni rob. To povečuje primernost habitatov v primerjavi s sestoji z manjšo lesno zalogo, torej sestoji, v katerih prevladujejo drogovnjaki in debeljaki in v katerih se še ne uvaja pomlajevanje. Hafner in Černe (2012) sta v delu istega proučevanega območja (Jelovica z obrobjem) odkrila negativen vpliv deleža drogovnjakov v sestojih na telesne mase srnjadi, ugotovitev pa pojasnjujeta z majhno količino hrane v odraščajočih sestojih. V povezavi z intenzivnostjo gospodarjenja z gozdovi je tudi večanje habitatne primernosti prostora za srnjad z večjo gostoto gozdnih cest. V sicer zaprtih, slabo pomlajenih gozdnih gradnja gozdnih cest poveča intenzivnost gospodarjenja z njimi, s tem pa povečuje delež mladih razvojnih faz gozda – prehranskih krp za srnjad.

## 5 POVZETEK

Srnjad je najbolj razširjena vrsta rastlinojedih parkljarjev v Evropi, kjer je poselila številne različne habitate, kar vpliva tudi na sestavo in vedenjske značilnosti populacij. Gozdna vrsta poseljuje tudi travnike, pašnike in močvirja, v zadnjih desetletjih je poselila tudi agrarno krajino. Živali se odzivajo na okoljske razmere, ki se v območju aktivnosti populacije spreminjajo v prostoru in času in pri tem oblikujejo različne vzorce rabe prostora. Izbor habitata je posledica vpliva številnih dejavnikov, ki vključujejo potrebe po hrani in kritju za izogibanje plenilcem ali neugodnim vremenskim razmeram in je rezultat kompromisov med stroški ter koristmi v njem. Kakovost habitatov vpliva na kondicijo živali, preživetje in njen razmnoževalni uspeh, s čimer posledično okoljske razmere vplivajo na porazdelitev živali v prostoru in populacijsko dinamiko. Ugotoviti in določiti dejavnike, ki vplivajo na rabo prostora živali, je pomemben prispevek k poznavanju odnosov med živalmi in njihovim okoljem, pomembno pa je tudi s stališča upravljanja z obravnavano vrsto.

Raziskava temelji na analizah odvzema srnjadi ( $N = 42.468$  živali) v prostoru Gorenjskega lovskoupravljavskega območja s površino okoli 230.000 ha ( $N = 2.196$  georeferenciranih lokacij odvzema). Podatke o zgradbi prostora in drugih obravnavanih okoljskih spremenljivkah smo pripravili na podlagi lastnih podatkovnih baz, ki vključujejo tudi druge javno dostopne podatkovne baze. V raziskavo smo vključili  $N = 32$  okoljskih spremenljivk, ki bi preko določanja habitatne primernosti lahko vplivale na prostorsko razporeditev srnjadi. Pri analizah smo uporabili binarno logistično regresijo. Neodvisne spremenljivke, katerih vpliv na odvisno je bil nelinearen, smo kategorizirali pred vključitvijo v logistični model. V prvi model smo vključili petnajst neodvisnih spremenljivk, v drugi pa dvajset. Binarna logistična regresija v prvem modelu kaže, da je verjetnost rabe prostora srnjadi multivariatno določena z vrednostmi trinajstih neodvisnih okoljskih spremenljivk, v drugem modelu pa z vrednostmi šestnajstih. Vse spremenljivke, ki sodeč po rezultatih logistične regresije vplivajo na prostorsko razporeditev srnjadi, je mogoče združiti v tri skupine: zgradba prostora, podnebne spremenljivke, zgradba gozdnih sestojev.

Najpomembnejša dejavnika zgradbe prostora sta delež kmetijskih površin in delež nedostopnih površin. V spremenljivki nedostopne površine so združene površine, ki so v osnovi nehabitat za srnjad (naselja, skalovja ipd.). Z njihovim večjim deležem se zmanjšuje raba prostora. Tudi z velikim deležem obdelanih površin se zmanjša raba prostora srnjadi, kar je značilno za nižinski prostor tudi v bližini mest in večjih naselij z večjo gostoto cest in visoko stopnjo motenj v večjem delu leta. V takih območjih poraba energije pri živalih lahko izniči pozitiven vpliv kakovostne hrane. Skoraj vse vrste kmetijskih površin pozitivno vplivajo na verjetnost rabe prostora srnjadi; po jakosti vplivov sta najpomembnejša delež travnikov in delež njiv ter vrtov. Srnjad na Gorenjskem ni naklonjena večjim predelom (zaplatam) gozdnih površin, niti kmetijskih, verjetnost rabe prostora povečuje njihova prepletenost z večjo dolžino gozdnega roba. Vpliva naklona terena na primernost prostora za habitat srnjadi nismo proučevali, primerjava z deležem kmetijskih površin pa pokaže njuno značilno negativno povezanost. Habitatna primernost prostora za srnjad je večja

v okolju z večjimi (vendar ne največjimi) deleži kmetijskih površin, s tem pa v okolju z manjšimi vrednostmi naklonov terena.

V zmernem podnebnju na habitatno primernost prostora, s tem pa posledično na telesne mase, demografijo in populacijsko dinamiko rastlinojedih parkljarjev, pomembno vplivajo tudi podnebne značilnosti. V naši raziskavi smo odkrili vpliv treh podnebnih dejavnikov na habitatno primernost prostora za srnjad. Negativen vpliv majhne količine padavin in pozitiven vpliv srednje velikih količin padavin, negativen vpliv majhne količine sončnega obsevanja poleti in pozitiven vpliv višjih letnih temperatur najverjetneje vplivajo na primernost življenjskega prostora srnjadi preko energetske bilance živali. Na populacijsko gostoto in dinamiko lahko vplivajo preko prehranske kakovosti in zmogljivosti habitatov, lahko pa tudi neposredno preko izgube telesnih mas in preživetja, še posebno pri mladih in ostarelih živalih. V povezavi z energetsko bilanco živali navajamo tudi večjo habitatno primernost prostora za srnjad v okolju s pretežno toplimi legami.

Na primernost prostora za srnjad vpliva tudi zgradba gozdov. Le-ti so lahko dobro kritje srnjadi tako pred vremenskimi vplivi kot pred vznemirjanjem, in sicer še posebno sestoji z gostejšo talno vegetacijo v okoljih, kjer je stopnja motenj velika, v prehranskem pogledu pa so revnejši v primerjavi z okoljem z večjim deležem obdelanih površin. Čeprav srnjad lahko poseljuje različne tipe gozdov, ima raje gostejše sestoj z visoko količino hrane in njeno visoko kakovostjo. V raziskavi smo ugotovili pozitiven vpliv deleža sestojev v obnovi, (indeksa) pestrosti gozdnih združb, lesne zaloge sestojev, dolžine gozdnih cest in deleža mladovij na prisotnost srnjadi. Pozitiven vpliv gozdov z večjo pestrostjo gozdnih združb je lahko izražen preko večje pestrosti vegetacije na kakovost, kondicijo in zdravje živali in s tem na njihovo ugodno (sub) populacijsko demografijo. Pomlajene površine in površine mladovij so priljubljene prehranske površine, obenem pa za srnjad priljubljena mesta kritja. Glede na velik delež gozdov v območju je za kakovost živali in njihovo ugodno demografijo v gozdnem okolju verjetno pomemben delež takšnih površin. Vpliva deleža listavcev na primernost habitatov za srnjad nismo odkrili. Glede na ekološke (in morfološke) značilnosti srnjadi bi pričakovali

negativen vpliv večje lesne zaloge sestojev na habitatsko primernost za srnjad. V gozdovih z velikimi lesnimi zalogami pa je verjetno zaradi večjega poseka večji delež površin z mladovi in pomlajenimi površinami, s tem pa tudi daljši notranji gozdni rob. To povečuje primernost habitatov za srnjad v primerjavi s sestoji z manjšo lesno zalogo, v kateri prevladujejo drogovnjaki in debeljaki in v katerih se pomlajevanje še ne uvaja. V povezavi z intenzivnostjo gospodarjenja z gozdovi je tudi večanje habitatske primernosti prostora za srnjad z večjo gostoto gozdnih cest. V sicer zaprtih, slabo pomlajenih gozdovih gradnja gozdnih cest pomeni povečanje intenzivnosti gospodarjenja z njimi, s tem pa povečanje deležev mladih razvojnih faz gozda – prehranskih krp za srnjad.

## 5 SUMMARY

Roe deer is the most widespread species of herbivorous hoof game in Europe, since they colonized numerous diverse habitats, which also affects the structure and behavioral characteristics of populations. Forest species inhabits meadows, pastures, and marshes, in the recent decades it has also colonized agricultural land. The animals respond to environmental conditions, which change in the area of population's activity in space and time and thereby form diverse patterns of space usage. Selection of the habitat is a consequence of impact of numerous factors, which include needs for food and cover for avoiding predators or unfavorable weather conditions and is the result of compromises between costs and benefits in it. Quality of habitats affects the condition of animals, their survival and proliferation success, through which the environmental conditions affect the distribution of animals in the space and population dynamics. To discover and determine the factors affecting the space usage by the animals is an important contribution to the knowledge about the relation between animals and their environment, however, it is also important from the viewpoint of management of the studied species.

The research is based on analyses of roe deer harvest (N = 42.468 animals) in the area of Gorenjsko hunting management district with an area of about 230.000 ha (N = 2.196 georeferenced harvest locations). The data about space structure

and other studied environmental variables were prepared on the basis of our own databases, which incorporate also other publicly accessible databases. In our research, we included N = 32 environmental variables, which could affect the spatial distribution of the roe deer through the determination of habitat adequacy. In our analyses, we applied binary logistic regression and independent variables, whose impact on the dependent one was non-linear, were categorized before incorporated into the logistic model. We included fifteen independent variables in the first model and twenty in the second one. Binary logistic regression in the first model shows, that the probability of roe deer space usage is in multi-variant way determined by the values of thirteen independent environmental variables and in the second model by the value of sixteen ones. All variables which, according to the results of logistic regression affect spatial distribution of roe deer, can be combined into three groups: structure of space, climatic variables, structure of forest stands.

The most important two factors of space structure are the share of agricultural areas and the share of inaccessible areas. The variable "inaccessible areas" combines the areas, which are basically a non-habitat for roe deer (settlements, rocks, etc.). Their increased share decreases space usage. Also a large share of agricultural land the space usage of roe deer decreases, which is characteristic for lowland areas, also close to the cities and larger settlements with an increased road density and high level of disturbances during the larger part of the year. In such areas, the energy consumption by animals can cancel out the positive impact of quality food. Almost all kinds of agricultural areas positively affect the probability of space usage by roe deer; according to the intensity of impacts, the most important are the share of meadows and the share of fields and gardens. Roe deer in Gorenjska do not favor larger complexes (patches) of forest or agricultural areas; the probability of the space usage is increased by their intertwining providing a major length of forest margin. We did not study the impact of the terrain slope on the roe deer habitat, but the comparison with the share of agricultural areas shows their typically negative connection. Habitat adequacy of space for roe deer is larger in

the environment with larger (but not the largest) shares of agricultural areas and, hence, in the environment with smaller values of terrain slopes.

In temperate climates, habitat adequacy of space and thereby body masses, demography, and population dynamics of herbivorous hoof game are also significantly affected by climatic characteristics. In our research, we discovered the impact of three climatic factors to the habitat adequacy of space for roe deer. The negative impact of minor amounts of precipitation and the positive impact of medium amounts of precipitation, the negative impact of low sun radiation in the summer and positive impact of higher annual temperatures most probably affect the adequacy of roe deer habitat through the energy balance of the animals. Population density and dynamics can be affected through the food quality and habitat capacity, but also directly through the loss of body masses and survival, above all in young and aged animals. In connection with the energy balance of animals we also list a better habitat adequacy of space for roe deer in the environment with predominantly warm locations.

The adequacy of space for roe deer is also affected by the structure of forests. They can give a good cover to the roe deer, both from weather effects and disturbances, above all stands with denser ground vegetation in environments, where the disturbance level is high, however they are poorer than the environment with a larger share of cultivated areas in the nutritional point of view. Although roe deer can inhabit diverse forest types, they prefer denser stands with high amount of food and its high quality. In our research, we found a positive impact on the share of stands in regeneration, (index) diversity of forest association, growing stock of the stands, length of forest roads and the share of young forest on the presence of roe deer. The positive impact of forests with a major diversity of forest associations can, through a major vegetation diversity, affect the quality, condition, and health of the animals and thus their favorable (sub)population demography. Regenerated areas and young forest areas are favorite foraging areas and at the same time favorite covers for roe deer. Regarding a large share of forests in the area, quality of the animals and their favorable demography in the forest environment a share

of such areas is probably important. Impact of deciduous trees share on the adequacy of habitats for roe deer was not detected. With regard to the ecological (and morphological) characteristics of roe deer we would expect a negative impact of a major growing stock of the stands on the habitat adequacy for roe deer. In the forests with major growing stocks, however there is, probably due to larger felling, a larger share of young forest and regeneration areas and thereby also a longer inner forest margin. This increases the adequacy of roe deer habitats compared to the stand with a lesser growing stock with prevailing poles and old timber, where the regeneration has not been introduced yet. Intensity of management and the increasing habitat adequacy of the space for roe deer are also connected with a higher density of forest roads. In the otherwise closed, poorly regenerated forests the forest road construction increases the intensity of their management and thereby the increase of the share of young development phases of the forest – foraging patches for the roe deer.

## 6 ZAHVALA

## 6 ACKNOWLEDGEMENT

Za nasvete pri statistični obdelavi podatkov in predstavitvi rezultatov se zahvaljujemo prof. dr. Klemenu Jerini.

## 7 VIRI

## 7 REFERENCES

- Bongi P., Ciuti S., Grignolio S., Del Frate M., Simi S., Gandelli D., Apollonio M. 2008. Anti-predator behaviour, space use and habitat selection in female roe deer during the fawning season in a wolf area. *Journal of Zoology*, 276: 242–251.
- Bonnot N., Morellet N., Verheyden H., Cargnelutti B., Lourtet B., Klein F., Hewison A.J.M. 2013. Habitat use under predation risk: hunting, roads and human dwellings influence the spatial behaviour of roe deer. *European Journal of Wildlife Research*, 59(2): 185–193.
- Borkowski J., Ukalska J. 2008. Winter habitat use by red and roe deer in pine-dominated forest. *Forest Ecology and Management*, 255(3-4): 468-475.
- Cargnelutti B., Reby D., Desneux L., Angibault J. M., Joachim J., Hewison A. J. M. 2002. Space use by roe deer in a fragmented landscape some preliminary. *Revue d'Écologie*, 57: 29–37.

- Clutton-Brock T. H., Guines F. E., Albon S. D. 1982. Red deer, behavior and ecology of two sexes, The university of Chicago, Edinburgh University Press, p. 333.
- Coulon A., Morellet N., Goulard M., Cargnelutti B., Angibault J. M., Hewison A.J.M. 2008. Inferring the effects of landscape structure on roe deer (*Capreolus capreolus*) movements using a step selection function. *Landscape Ecology*, 23(5): 603–614.
- Czyzowski P., Karpinski M., Rachfalowski R. 2010. Evaluating the environmental factors influences on body mass of wild ungulates obtained in Lublin region. *Annales universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin – Polonia*, 28(2): 1–7.
- Ewald M., Dupke C., Heurich M., Mueller J., Reineking B. 2014. LiDAR remote sensing of forest structure and GPS telemetry data provide insights on winter habitat selection of European roe deer. *Forests*, 5(6): 1374–1390.
- Ficko A., Klopčič M., Matijašič D., Poljanec A., Bončina A. 2008. Razširjenost bukve in strukturne značilnosti bukovih sestojev v Sloveniji. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 87: 45–60.
- Focardi S., Pellicioni E. R., Petrucco R., Toso S. 2001. Spatial patterns and density dependence in the dynamics of a roe deer (*Capreolus capreolus*) population in Central Italy. *Oecologia*, 130: 411–419.
- Gaillard J., Hebblewhite M., Loison A., Fuller M., Powell R., Basille M., Van Moorter B. 2010. Habitat-performance relationships: finding the right metric at a given spatial scale. *Philosophical Transactions B*, 365: 2255–2265.
- Garson G. D., 2008. »Logistic regression«, from *Statnotes: Topics in Multivariate Analysis*. Retrieved 09/14/2010 from <http://www2.chass.ncsu.edu/garson/pa765/statnote.htm>
- Gaudry W., Saïd S., Gaillard J.M., Chevrier T., Loison A., Maillard D., Bonenfant C. 2015. Partial Migration or Just Habitat Selection? Seasonal Movements of Roe Deer in an Alpine Population. *Journal of Mammalogy*, 96, 3: 502–510.
- Guthörl V. 1994. Aktivitätsmuster von Rehen (*Capreolus capreolus* Linné, 1758) in einem Stadtwald mit starkem Erholungsverker. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, 40(4): 241–252
- Hafner M., Černe B. 2012. Vplivi ekoloških dejavnikov na telesno maso srnjadi (*Capreolus capreolus* L.) na Jelovici z obrobjem. *Gozdarski vestnik*, 70, 7/8: 291–306.
- Herbold H. 1995. Anthropogener Einfluss auf die Raumnutzung von Rehwild (*Capreolus capreolus*). *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, 41(1): 13–23.
- Hewison A. J. M., Vincent J. P., Reby D. 1998. Social organization of European roe deer. V: Andersen R., Duncan P., Linnell J. D. C. (Ur.) *The European roe deer: the biology of success*. Scandinavian University Press, Oslo: 189–219.
- Hewison A. J. M., Vincent J. P., Joachim J., Angibault J. M., Cargnelutti B., Cibien C. 2001. The effects of woodland fragmentation and human activity on roe deer distribution in agricultural landscapes. *Canadian Journal of Zoology*, 79, 4: 679–689.
- Hewison A. J. M., Morellet N., Verheyden H., Daufresne T., Angibault J. M., Cargnelutti B., Merlet J., Picot D., Rames J. L., Joachim J., Lourtet B., Serrano E., Bideau E., Cebe N. 2009. Landscape fragmentation influences winter body mass of roe deer. *Ecography*, 32, 6: 1062–1070.
- Hirzel A. H., Le Lay G. 2008. Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology*. 45: 1372–1381.
- Hofmann R. R., 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78: 443–457.
- Holand Ø., Mysterud A., Wannag A., Linnell J. D. C. 1998. Roe deer in northern environments: physiology and behaviour. V: Andersen, R., Duncan, P., Linnell, J.D.C. (Ur.); *The European roe deer: The biology of success*. Scandinavian University Press, Oslo: 117–137.
- Houston A. I., Prosser E., Sans E. 2012. The cost of disturbance: a waste of time and energy? *Oikos*, 121(4): 597–604.
- Imfeld S. 1996. Tages- und jahreszeitliche Verteilungsmuster des Rehs *Capreolus* im Sihlwald. Abteilung Ethologie und Wildforschung. Zurich, Universität Zurich. Diplomarbeit. 61 s.
- Jerina K. 2006a. Vplivi okoljskih dejavnikov na prostorsko razporeditev divjega prašiča (*Sus scrofa* L.) v Sloveniji. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 81: 3–20.
- Jerina K., 2006b. Prostorska razporeditev, območja aktivnosti in telesna masa jelenjadi (*Cervus elaphus* L.) glede na okoljske dejavnike. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 172 s.
- Jerina K. 2010. Prostorska razširjenost, vitalnost in populacijska dinamika prostoživečih vrst parkljarjev v Sloveniji: preučevanje vplivov okoljskih in vrstnospecifičnih dejavnikov ter napovedovanje razvojnih trendov. Zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela na projektu v okviru ciljnega raziskovalnega programa (CRP) »Konkurenčnost Slovenije 2006–2013. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 43 s.
- Jiang G., Ma J., Zhang M., Stott P. 2009. Effects of human activities on the spatial distribution of eastern roe deer *Capreolus pygargus bedfordi* in the Lesser Khingan

- Mountains, northeastern China. *Acta Theriologica*, 54(1): 61–76.
- Johnson D. H. 1980. The Comparison of Usage and Availability Measurements for Evaluating Resource Preference. *Ecology*, 61(1): 65–71.
- Lamberti P., Mauri L., Apollonio M. 2004. Two distinct patterns of spatial behaviour of female roe deer (*Capreolus capreolus*) in a mountainous habitat. *Ethology Ecology & Evolution*, 16: 41–53.
- Langvatn R., Hanley T. 1993. Feeding-patch choice by red deer in relation to foraging efficiency: an experiment. *Oecologia*, 95: 164–170.
- Langvatn R., Albon S. D., Burkey T., Clutton-Brock T. H., 1996. Climate, plant phenology and variation in age at first reproduction in a temperate herbivore. *Journal of Animal Ecology*, 65: 653–670.
- Lima S. L., Dill L. M. 1990. Behavioral decisions made under the risk of predation – a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology*, 68: 619–640.
- Linnell J. D. C., Duncan P., Andersen R. 1998. The European roe deer: a portrait of a successful species. V: Andersen R., Duncan P., Linnell J. D. C. (Ur.) *The European roe deer: the biology of success*. Scandinavian University Press, Oslo: 11–22.
- Lovsko upravljavski načrt za II. Gorenjsko LUO za leto 2016.
- Mayer P., Brang P., Dobbertin M., Hallenbarter D., Renaud J. P., Walthert L., Zimmermann S. 2005. Forest storm damage is more frequent on acidic soils. *Annals of Forest Science*, 62: 303–311.
- Mancinelli S., Peters W., Boitani L., Hebblewhite M., Cagnacci F. 2015. Roe deer summer habitat selection at multiple spatio-temporal scales in an Alpine environment. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 26 (2): 132–140.
- Moser B., Schuetz M., Hindenlang K. E. 2006. Importance of alternative food resources for browsing by roe deer on deciduous trees: The role of food availability and species quality. *Forest Ecology and Management*, 226(1-3): 248–255.
- Mysterud A., Bjørnsen B. H., Østbye E. 1997. Effects of snow depth on food and habitat selection by roe deer *Capreolus capreolus* along an altitudinal gradient in south-central Norway. *Wildlife Biology*, 3: 27–33.
- Mysterud A. 1999. Seasonal migration pattern and home range of roe deer (*Capreolus capreolus*) in an altitudinal gradient in Southern Norway. *Journal of Zoology*, 247: 479–486.
- Mysterud A., Larsen P.K., Ims R.A., Ostbye E. 1999. Habitat selection by roe deer and sheep: does habitat ranking reflect resource availability? *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie*, 77(5): 776–783.
- Mysterud A., Stenseth N.C., Yoccoz N.G., Langvatn R., Steinheim G. 2001. Nonlinear effects of large-scale climatic variability on wild and domestic herbivores. *Nature*, 410: 1096–1099.
- Mysterud A., Østbye E. 2006. Effect of climate and density on individual and population growth of roe deer *Capreolus capreolus* at northern latitudes: the Lier valley, Norway. *Wildlife Biology*, 12: 321–329.
- Mysterud A., Stenseth N. C., Yoccoz N. G., Ottersen G., Langvatn R. 2003. The response of terrestrial ecosystems to climate variability associated with the North Atlantic Oscillation. V: Hurrell J. W., Kushnir Y., Ottersen G., Visbeck M. (Ur.) *The North Atlantic Oscillation*. American Geophysical Union, Washington, D. C.: 235–262.
- Nilsen E. B., Linnell J. D. C., Andersen R. 2004. Individual access to preferred habitat affects fitness components in female roe deer *Capreolus capreolus*. *Journal of Animal Ecology*, 73: 44–50.
- Parker K. L., Robbins C. T., Hanley T. A. 1984. Energy expenditure for locomotion by mule deer and elk. *Journal of Wildlife Management*, 48: 474–488.
- Pellerin M., Calenge C., Said S., Gaillard J. M., Fritz H., Duncan P., Van Laere G. 2010. Habitat use by female western roe deer (*Capreolus capreolus*): influence of resource availability on habitat selection in two contrasting years. *Canadian Journal of Zoology*, 88(11): 1052–1062.
- Pettorelli N., Gaillard J. M., Duncan P., Ouellet J. P., Van Laere G. 2001. Population density and small-scale variation in habitat quality affect phenotypic quality in roe deer. *Oecologia*, 128: 400–405.
- Pettorelli N., Gaillard J. M., Van Laere G., Duncan P., Kjellander P., Liberg O., Delorme D., Maillard D. 2002. Variations in adult body mass in roe deer: the effects of population density at birth and of habitat quality. *Proceedings of the Royal Society B*, 269: 747–753.
- Pettorelli N., Dray S., Gaillard J. M., Chessel D., Duncan P., Illius A., Guillon N., Klein F., Van Laere G. 2003. Spatial variation in springtime food resources influences the winter body mass of roe deer fawns. *Oecologia*, 137: 363–369.
- Post E., Stenseth N. C. 1999. Climatic Variability, Plant Phenology, and Northern Ungulates. *Ecology*, 80(4): 1322–1339.
- Ratikainen I. I., Panzacchi M., Mysterud A., Odden J., Linnell J. Andersen R. 2007. Use of winter habitat by roe deer at a northern latitude where Eurasian lynx are present. *Journal of Zoology*, 273(2): 192–199.
- Tufto J., Andersen R., Linnell J. D. C. 1996. Habitat use and ecological correlates of home range size in a small cervid: The roe deer. *Journal of Animal Ecology*, 65(6): 715–724.