

## Ekološke značilnosti habitatov in potencialna razširjenost izbranih kvalifikacijskih gozdnih vrst hroščev (Coleoptera) v okviru omrežja Natura 2000 v Sloveniji: prvi pristop z modeliranjem

*Ecological characteristics of habitats and potential distribution of selected qualification species of beetles (Coleoptera) in the scope of Natura 2000 network in Slovenia: the first modelling approach*

Al VREZEC<sup>1</sup>, Maarten de GROOT<sup>2</sup>, Andrej KOBLER<sup>3</sup>, Špela AMBROŽIČ<sup>4</sup>, Andrej KAPLA<sup>5</sup>

### Izveček:

Vrezec, A., de Groot, M., Kobler, A., Ambrožič, Š., Kapla, A.: Ekološke značilnosti habitatov in potencialna razširjenost izbranih kvalifikacijskih gozdnih vrst hroščev (Coleoptera) v okviru omrežja Natura 2000 v Sloveniji: prvi pristop z modeliranjem. *Gozdarski vestnik*, 72/2014, št. 10. V slovenščini z izvečkom in povzetkom in angleščini, cit. lit. 53. Prevod avtorji, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

V članku je predstavljen prvi poskus velikoprostorskega vrednotenja habitata štirih gozdnih vrst hroščev evropskega varstvenega pomena: alpskega kozlička (*Rosalia alpina*), bukovega kozlička (*Morimus funereus*), škrlatnega kukuja (*Cucujus cinnaberinus*) in rogača (*Lucanus cervus*). Na podlagi obstoječih velikoprostorskih baz podatkov je bil analiziran izbor habitata izbranih vrst in izdelane so bile karte potencialne primernosti habitatov vrst z uporabo strojnega učenja. Pri večini vrst se je kot eden ključnih parametrov habitata izkazala količina odmrle lesne mase v gozdu. Na podlagi dodatnih ciljnih terenskih vzorčenj se je izkazal za dokaj zanesljivega le prostorski model za alpskega kozlička, manj pa za preostale vrste. Analiza trenutne vključenosti potencialnega območja razširjenosti obravnavanih vrst je pokazala pomanjkljivosti v trenutnem omrežju Natura 2000 za izbrane vrste. To so prvi tovrstni modeli, ki jih bo treba v nadaljnjih raziskavah z bolj usmerjenim in ciljnim terenskim delom še nadgraditi glede povečanja zanesljivosti in razširitve še na druge vrste.

**Ključne besede:** Natura 2000, prostorski model, habitat, alpski kozliček, *Rosalia alpina*, bukov kozliček, *Morimus funereus*, škrlatni kukuj, *Cucujus cinnaberinus*, rogač, *Lucanus cervus*, Slovenija

### Abstract:

Vrezec, A., de Groot, M., Kobler, A., Ambrožič, Š., Kapla, A.: Ecological characteristics of habitats and potential distribution of selected qualification species of beetles (Coleoptera) in the scope of Natura 2000 network in Slovenia: the first modelling approach. *Gozdarski vestnik*, 72/2014, No. 10. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 53. Translated by authors, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

In this paper the first attempt of large scale habitat evaluation in Slovenia is given for four forest beetle species of European conservation concern: *Rosalia alpina*, *Morimus funereus*, *Cucujus cinnaberinus*, and *Lucanus cervus*. From selected large-scale databases the habitat selection characteristics were analysed and maps of potential forest habitat suitability were developed. The maps were validated in the field. From this turn out only the spatial model for *Rosalia alpina* appeared to be acceptable. The analysis of proportion of inclusion of potential areal of selected beetle species into current Natura 2000 network revealed some deficiencies. The present first models developed for Natura 2000 species are presented should be improved by supplementation of data and improvement of more targeted samplings in future studies. It is advised to use the same method for other Natura 2000 qualification species as well.

**Key words:** Natura 2000, spatial model, habitat, *Rosalia alpina*, *Morimus funereus*, *Cucujus cinnaberinus*, *Lucanus cervus*, Slovenia

<sup>1</sup> Doc. dr. A. V., univ. dipl. biol., Nacionalni inštitut za biologijo, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana, e-naslov: al.vrezec@nib.si

<sup>2</sup> Dr. M. de G., univ. dipl. biol., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, e-naslov: maarten.degroot@gozdis.si

<sup>3</sup> Dr. A. K., univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, e-naslov: andrej.kobler@gozdis.si

<sup>4</sup> Š. A., prof. kem. in biol., Nacionalni inštitut za biologijo, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana, e-naslov: spela.ambrozic@nib.si

<sup>5</sup> A. K., Nacionalni inštitut za biologijo, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana, e-naslov: andrej.kapla@nib.si

## 1 UVOD

V Sloveniji se dejansko ali vsaj potencialno pojavlja po oceni kar dvajset vrst hroščev evropskega varstvenega pomena (Vrezec s sod., 2011a), ki jih navaja Habitatna Direktiva EU (Direktiva Sveta, 92/43/EGS), od tega je na gozdni prostor oziroma na drevesne sestoje vezanih trinajst vrst. Pri tem gre večji del za stenotopne, torej specializirane vrste, ki veljajo večinoma za pragozdne relikte ali so vezane na specifične mikrohabitate v gozdnem prostoru (Koch, 1989). Gospodarjenje z gozdom na različne vrste vpliva različno in glede na navedbe v literaturi ter raziskave iz Slovenije vplive gospodarjenja z gozdom na hrošče evropskega varstvenega lahko v grobem razdelimo na sedem dejavnikov:

(1) količina odmrle lesne mase: po nemški študiji iz Bavarskega gozda naj bi bila mejna vrednost ustrezne količine odmrle lesne mase v gozdu, ki bi zagotavljala raznoliko združbo saproksilnih vrst hroščev, 30–60 m<sup>3</sup>/ha (Müller s sod., 2010). Na odmrlo lesno maso je vezana tudi večina gozdnih vrst hroščev evropskega varstvenega pomena (Mühle, 1981; Koch, 1989; 1992; Bussler s sod., 2005; Hyvärinen s sod., 2006; Russo s sod., 2010; Harvey s sod., 2011; Horak s sod., 2012; Lachat s sod., 2013),

(2) stari gozdni sestoji: nekatere vrste hroščev evropskega varstvenega pomena so specifično vezane na starejše razvojne faze gozda in posledica zmanjševanje le-teh je v Evropi izginjanje t.i. pragozdnih reliktnih vrst (Bussler, 2002; Müller s sod., 2005; Kubisz, 2010),

(3) tip gozda: nekatere vrste hroščev so specializirane le na izbrane drevesne vrste, zato je njihovo pojavljanje specifično vezano na nekatere gozdne združbe oziroma na listnat ali iglast gozd (Mikšič in Georgijević, 1973; Mühle, 1981; Koch, 1989; Vignon in Orabi, 2003; Dodds s sod., 2004; Harvey s sod., 2011),

(4) razdrobljenost: vpliv razdrobljenosti gozdnega prostora se je izkazal pomemben pri nekaterih slabše mobilnih vrstah, pereč pa je predvsem v nižinskih gozdnih sestojih (Ranius in Hedin, 2001; Matern s sod., 2007; Harvey s sod., 2011),

(5) drevesna dupla: specifičen mikrohabitat nekaterih vrst, ki ga najdemo predvsem na starej-

šem drevju. Za te vrste navadno celotna struktura gozdnega sestoja ni toliko pomembna, pač pa je ključna predvsem prisotnost specifičnih habitatnih struktur, ki so lahko omejene le na manjši delež dreves v sestoji (Zach, 2003; Ranius s sod., 2005; Škropik in Mourek, 2006),

(6) način spravila lesa: pri tem je ključni predvsem čas spravila sveže požaganega lesa, pereč pa je predvsem za vrste, ki zalegajo jajčeca v sveže poškodovan les, zato je sveže požagan les, namenjen nadaljnji predelavi in kurjavi v gozdu, v času njihovega rojenja zanje ekološka past (Duelli in Wermelinger, 2005; Vrezec s sod., 2010a; Chiari s sod., 2013). Po drugi strani pa je z neustreznim načinom spravila lesa mogoče uničiti ključne mikrohabitate v gozdnem prostoru; na primer posegi v manjša vodna telesa z vlakami ali podobnimi posegi, kar lahko prizadene populacije specializiranih vrst (Vrezec s sod., 2011b),

(7) sklep krošenj: Müller s sod. (2010) navajajo ta parameter kot ključni pri strukturi in pestrosti združbe saproksilnih hroščev, kjer je mejna vrednost sklepa 20 % ali več, vrzelast sklep pa je bil dokazan kot pomemben tudi za nekatere kvalifikacijske vrste (Buse s sod., 2007; Russo s sod., 2010; Horak s sod., 2012).

V nadaljevanju smo analizirali stanje v Sloveniji za štiri izbrane vrste hroščev (slika 1), ki jih lahko štejemo kot reprezentativne, izbrane pa so predvsem vrste, za katere je bilo v prejšnjih raziskavah zbranih dovolj terenskih podatkov, ki omogočajo zanesljivejše sklepanje o habitatu in prostorski razporejenosti v Sloveniji.

Območja Natura 2000 za kvalifikacijske vrste so bila določena na podlagi strokovnih podlag, v katerih je bilo zbrano dotedanje vedenje o razširjenosti izbranih kvalifikacijskih vrst (Drovenik in Pirnat, 2003). Vendar pa so kasneje biogeografski seminarji za alpsko (2005, Kranjska Gora) in celinsko regijo (2006, Darova) ter dodatne raziskave teh vrst v okviru študij in programov monitoringa, ki jih je financiralo Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, razkrili, da je poznavanje razširjenosti in biologije teh vrst še vedno po večini slabo in je zato tudi omrežje Natura 2000 nezadostno, posledično pa so se pomanjkljivosti pokazale tudi pri upravljanju s temi območji. Glede na biogeografske seminarje je bilo več kot



Slika 1: Na gozd vezane obravnavane kvalifikacijske vrste hroščev evropskega varstvenega pomena v Sloveniji: (a) alpski kozliček (*Rosalia alpina*), (b) bukov kozliček (*Morimus funereus*), (c) škrlatni kukuj (*Cucujus cinnaberinus*) in (d) rogač (*Lucanus cervus*). (foto: Al Vrezec)

Figure 1: Selected forest qualification beetle species listed at Habitat Directive: (a) *Rosalia alpina*, (b) *Morimus funereus*, (c) *Cucujus cinnaberinus* and (d) *Lucanus cervus*. (photo: Al Vrezec)

polovica vseh kvalifikacijskih vrst, ki jih navaja Habitatna direktiva, nezadostno vključenih z opredeljenim omrežjem Natura 2000 v Sloveniji, pri čemer je to razmerje, upošteva le hrošče, še slabše (preglednica 1).

V pričujočem prispevku smo vzpostavili nov pristop k reševanju te problematike, in sicer z modeliranjem potencialne razširjenosti izbranih vrst na temelju doslej zbranih podatkov o njihovem pojavljanju, bodisi ciljno zbranih bodisi naključno. Na tak način smo skušali razviti orodja in načine, s katerimi bi lahko zanesljiveje ugotavljali razširjenost izbranih kvalifikacijskih vrst na podlagi obstoječih velikoprostorskih kartografskih podlag, s čimer bi bilo mogoče ovrednotiti tako zadostnost omrežja Natura 2000 kot specifične habitatske zahteve vrst.

## 2 METODE

### 2.1 Baze podatkov

Za štiri obravnavane kvalifikacijske vrste hroščev smo za potrebe analiz zbrali skupno 35.880 konkretnih terenskih podatkov o pojavljanju, pri čemer gre tako za naključno kot ciljno zbrane podatke (preglednica 2). Pri slednjih smo upoštevali tudi podatke s preverjeno, a nepotrjeno prisotnostjo vrste. Podatke smo zbrali iz podatkovnih baz Nacionalnega inštituta za biologijo, ki so bili pridobljeni v okviru nacionalnega monitoringa hroščev (Vrezec s sod., 2008; 2009; 2010a; 2011b). Za ovrednotenje prostorskih modelov smo dodatno na podlagi izdelanih kart razširjenosti na terenu zbrali še dodatnih 5.565 podatkov (preglednica 2).

Točke opažanja izbranih vrst so bile skupaj z razpoložljivimi okoljskimi podatki (preglednica 3) podlaga za prostorsko modeliranje primernosti

**Preglednica 1:** Pregled zadostne vključenosti in raziskanosti skupno vseh kvalifikacijskih vrst in ločeno hroščev po Habitatni direktivi in okviru omrežja Natura 2000 v Sloveniji glede na alpski (2005) in celinski biogeografski seminar (2006).

**Table 1:** Overview of sufficiency of inclusion of qualification species populations into Natura 2000 network in Slovenia according to Alpine (2005) and Continental biogeographic seminars (2006). The totals for all species and separately for beetles are shown.

Koda Code	Pomen Meaning	Alpska regija [% vrst] Alpine region [%species]		Celinska regija [% vrst] Continental region [%species]	
		vse vrste (N = 81 vrst)	hrošči (N = 9 vrst)	vse vrste (N = 99 vrst)	hrošči (N = 9 vrst)
SUF	zadovoljivo	48 %	22 %	29 %	11 %
IN MIN	manjša dopolnila	23 %	44 %	12 %	44 %
IN MOD	znatna dopolnila	15 %	11 %	38 %	11 %
IN MAJOR	nezadostno	1 %	0 %	4 %	11 %
Sci Res	znanstveni zadržek	12 %	44 %	11 %	56 %
CD	popravek podatkov	1 %	0 %	5 %	0 %

**Preglednica 2:** Število zbranih podatkov za izbrane vrste hroščev za potrebe prostorskega modeliranja in analize izbora habitata.

**Table 2:** Overview of the quantity of data for selected species used in this study.

Vrsta Species	Število podatkov za analizo habitata in razvoj prostorskih modelov primernosti habitata No. of data for modelling	Število podatkov, zbranih za ovrednotenje modelov No. of data for model verification
Alpski kozliček ( <i>Rosalia alpina</i> )	3490	2576
Bukov kozliček ( <i>Morimus funereus</i> )	9368	1907
Škrlatni kukuj ( <i>Cucujus cinnaberinus</i> )	944	866
Rogač ( <i>Lucanus cervus</i> )	1956	216

habitata, kjer smo s strojnimi učenjem za vsako vrsto izdelali ansambelski napovedovalni model. Uporabili smo naslednje velikoprostorske baze podatkov za Slovenijo: sestojna karta gozdov (Zavod za gozdove Slovenije - ZGS; 2008), raba tal (Ministrstvo za kmetijstvo in okolje - MKO; 2011) in digitalni model višin (Geodetska uprava Republike Slovenije - GURS; 2006). Iz kartografskih podlag so bili za vsako vrsto zbrani podatki za izbrane parametre, in sicer v polmeru 200 m (alpski kozliček), 300 m (bukov kozliček, rogač) in 500 m (škrlatni kukuj).

Pri analizi izbora habitata je bila posebna pozornost namenjena količini odmrle lesne mase, ki se je izkazala za ključno pri večini obravnavanih vrst hroščev. Ker parameter (glede na pridobljene podatke ZGS) ni bil sistematično merjen v slo-

venskih gozdovih, smo uporabili podatke stalnih ploskev na mreži 4 x 4 km, ki jih popisuje GIS. Kot približek stanja na lokaciji s podatkom o prisotnosti ali odsotnosti obravnavanih vrst smo v obravnavo vzeli vrednosti iz najbližje ploskve. Zaradi takega pristopa lahko rezultate o odmrli lesni masi obravnavamo kot približek stanja, saj bi bili za zanesljivejše sklepanje potrebni podatki o dejanski količini odmrle lesne mase na lokacijah pojavljanja izbranih vrst hroščev.

## 2.2 Terensko popisovanje

Za verifikacijo modelov smo opravili nekaj ciljnih terenskih popisov v letu 2013. Pri tem smo glede na izdelane prostorske modele potencialne primernosti habitata za popise izbrali tako območja s slabšim kot boljšim potencialom.



**Preglednica 3:** Izbor parametrov za analizo izbora habitata pri izbranih kvalifikacijskih vrstah hroščev

*Table 3: Overview of selected habitat parameters by species used in this study.*

<b>Parameter Parameter</b>	<b>Alpski kozliček (<i>Rosalia alpina</i>)</b>	<b>Bukov kozliček (<i>Morimus funereus</i>)</b>	<b>Škrlatni kukuj (<i>Cucujus cinnaberinus</i>)</b>	<b>Rogač (<i>Lucanus cervus</i>)</b>
Nadmorska višina	X	X	X	X
Naklon	X	X	X	X
Lega	X	X	X	X
Tip tal (FAO)	X	X	X	X
Oddaljenost od kmetijske površine	X	X		X
Oddaljenost od naselja	X	X		X
Prisotnost naselja 500 m od lokacije popisa vrste	X			
Oddaljenost od gozda	X	X		X
Površina sestoja	X		X	X
Razvojna faza	X	X	X	X
Površina pomlajevanja	X	X		X
Količina odmrle lesne mase	X	X	X	X
Sklep krošenj	X	X		X
Lesna zaloga iglavcev	X	X	X	X
Lesna zaloga borov ( <i>Pinus</i> spp.)	X	X		X
Lesna zaloga smreke ( <i>Picea abies</i> )	X	X		X
Lesna zaloga jelke ( <i>Abies alba</i> )	X			X
Lesna zaloga macesna ( <i>Larix decidua</i> )	X			X
Lesna zaloga listavcev	X	X	X	X
Lesna zaloga brestov ( <i>Ulmus</i> spp.)	X			
Lesna zaloga bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> )	X	X		X
Lesna zaloga hrastov ( <i>Quercus</i> spp.)	X	X		X
Lesna zaloga javorjev ( <i>Acer</i> spp.)	X			
Lesna zaloga jelš ( <i>Alnus</i> spp.)	X			
Lesna zaloga lip ( <i>Tilia</i> spp.)		X		
Lesna zaloga malega jesena ( <i>Fraxinus ornus</i> )	X			
Lesna zaloga oreha ( <i>Juglans regia</i> )	X	X		
Lesna zaloga pravega kostanja ( <i>Castanea sativa</i> )	X			
Lesna zaloga robinije ( <i>Robinia pseudacacia</i> )		X		
Lesna zaloga velikega jesena ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	X			
Lesna zaloga vrb ( <i>Salix</i> spp.)	X			
Lesna zaloga potencialnih gostiteljskih drevesnih vrst	X			
Skupna lesna zaloga dreves	X	X		
Prirastek iglavcev	X			X
Prirastek listavcev	X			X
Prirastek bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> )	X			
Skupni etat	X			
Zasnova	X			X

Ker gre za vrstno specifične popise, smo sledili uveljavljenim metodološkim protokolom, ki se uporabljajo za monitoring obravnavanih vrst (Vrezec s sod., 2012a):

- škrlatni kukuj – iskanje ličink pod lubjem odmrlega drevja,
- bukov in alpski kozliček – dnevni pregled sveže požagane hlodovine in štorov.

Naboru teh podatkov smo dodali še podatke, zbrane v okviru drugih javno financiranih projektov v letih 2012 in 2013 (npr. Vrezec s sod., 2012b; 2013a; 2013b), še zlasti za rogača, za katerega se podatki o opažanjih zbirajo v okviru popularizacijske akcije Sporoči vrsto, ki jo izvaja Zavod RS za varstvo narave (Vernik, 2014).

## 2.3 Analiza podatkov

Na podlagi obstoječih velikoprostorskih kart smo iskali ključne okoljske dejavnike, ki določajo izbor habitata izbranih vrst z uporabo posplošenega linearnega modela (GLM) ali posplošenega linearnega mešanega modela (GLMM) (Zuur s sod., 2009). Pri dejavnikih, ki so se v izboru habitata obravnavanih vrst izkazali z značilnim vzorcem zastopanosti glede na prisotnost izbrane vrste, smo skušali opisati tudi odvisnost pojavljanja vrste glede na gradient vrednosti posameznega okoljskega dejavnika. S temi povezavami smo lahko opisali smer in velikost vplivov posameznega dejavnika na izbor habitata izbrane živalske vrste.

Za vse vrste so bili iz kartografskih podlag na podlagi podatkov o sistematičnih vzorčenjih zbrani relevantni parametri okolja (abiotski in biotski). Na podlagi teh podatkov so bili s strojnim učenjem izdelani ansambelski modeli, sestavljeni iz po sto regresijskih dreves. Modeli so bili uporabljeni za napovedovanje potencialne primernosti habitatov omenjenih vrst. Na podlagi teh modelov smo izdelali serijo kart Slovenije, ki prikazujejo stopnje primernosti habitata (vrednosti med 0, povsem neprimeren habitat, in 1, povsem primeren habitat).

Na podlagi ciljnih popisov, ki so bili opravljeni na območjih z – glede na modele – veliko in majhno verjetnostjo pojavljanja in dodatno zbranih podatkov, smo ugotavljali, v kolikšni meri izdelane karte modelne primernosti habitata za

izbrane vrste odražajo dejansko stanje v naravi. To smo ugotavljali z uporabo pristopa površine pod krivuljo (Area Under the Curve – AUC), ki jo izračunamo iz ROC (Receiver Operating Characteristic). ROC je pravzaprav grafični prikaz odnosa na različnih mejnih vrednostih med potrjeno pozitivnimi točkami (true positive rate), torej točke, na katerih smo vrsto pričakovali in jo s terenskimi podatki tudi potrdili, in napačno negativnimi točkami (false negative rate), torej točke, na katerih vrste po modelu nismo pričakovali, pa smo jo s terenskimi raziskavami vseeno potrdili (Fielding in Bell, 1997). Vrednost AUC = 0,5 pomeni, da je razporeditev točk naključna in da model nima moči za razlago v tem primeru razširjenosti vrste, medtem ko pri vrednosti AUC = 1 model najbolje napove v našem primeru vzorec razširjenosti vrste.

Ko smo pretvarjali karte primernosti habitata, kjer vrednosti segajo od 0 (povsem neprimerno) do 1 (povsem primerno), v karte potencialne razširjenosti, smo kot prag primernosti privzeli 50-ti percentil vrednosti habitatne primernosti iz preseka točk opažanj s karto primernosti habitata. Strožje merilo za primernost habitata smo izbrali predvsem zato, ker gre pri hroščih za habitatsko dokaj omejene vrste in se zato napake napačnega umeščanja v prostor lahko odrazijo bolj kot pri nekaterih večjih in bolj mobilnih vrstah, na primer pticah. S strožjim merilom izbora podatkov smo skušali zagotoviti večjo zanesljivost karte potencialne razširjenosti, ki je bila nadalje podlaga za oceno deleža vključenosti potencialne razširjenosti izbranih kvalifikacijskih vrst hroščev na Posebnih ohranitvenih območjih (SAC – Special Areas of Conservation) v obstoječe omrežje Natura 2000 v Sloveniji (preglednica 4).

## 3 REZULTATI IN RAZPRAVA

### 3.1 Alpski kozliček (*Rosalia alpina*)

Alpski kozliček je pretežno v južnem delu Evrope razširjena vrsta, ki so jo uvrstili v skupino t.i. pragozdnih reliktoev, torej vrst, vezanih na gozdne sestoje z značajem pragozda (Müller s sod., 2005). Po Habitatni direktivi je alpski kozliček varstveno prednostna vrsta. Vrsta se pojavlja predvsem v sredogorskih gozdovih predvsem na

**Preglednica 4:** Pregled Posebnih ohranitvenih območij (SAC, pSCI) v omrežju Natura 2000 v Sloveniji, na katerih so bile izbrane vrste hroščev določene kot kvalifikacijske (Uradni list RS, št. 33/2013).

**Table 3:** Special Areas of Conservation (SAC, pSCI) within Natura 2000 network in Slovenia declared for conservation of selected qualification beetle species (Uradni list RS, št. 33/2013).

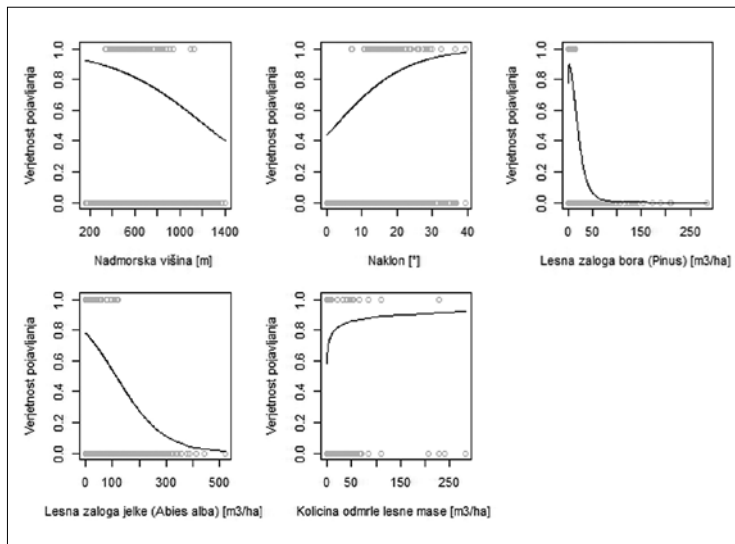
ID območja Site ID	Posebno ohranitveno območje (SAC, pSCI) Special Area of Conservation	Alpski kozliček ( <i>Rosalia alpina</i> )	Bukov kozliček ( <i>Morimus funereus</i> )	Škrlatni kukuj ( <i>Cucujus cinnaberinus</i> )	Rogač ( <i>Lucanus cervus</i> )
SI3000118	Boč - Haloze - Donačka gora	X	X	X	X
SI3000120	Šmarna gora				X
SI3000181	Kum	X	X		
SI3000212	Slovenska Istra				X
SI3000214	Ličenca pri Poljčanah				X
SI3000215	Mura			X	X
SI3000220	Drava			X	
SI3000221	Goričko			X	X
SI3000225	dolina Branice		X		X
SI3000226	dolina Vipave				X
SI3000229	Vrhe nad Rašo		X		X
SI3000231	Javorniki – Snežnik	X	X		
SI3000232	Notranjski trikotnik		X		
SI3000233	Matarsko podolje		X		
SI3000234	Vrbina			X	X
SI3000253	Julijske Alpe	X	X		
SI3000255	Trnovski gozd - Nanos	X	X		
SI3000256	Krimsko hribovje - Menišija		X		X
SI3000261	Menina	X			
SI3000263	Kočevsko	X	X	X	X
SI3000267	Gorjanci – Radoha	X	X		
SI3000268	Dobrava – Jovsi				X
SI3000270	Pohorje	X			
SI3000273	Orlica	X	X		X
SI3000274	Bohor	X	X		
SI3000275	Rašica				X
SI3000276	Kras		X		X
SI3000285	Karavanke	X			
SI3000303	Sotla s pritoki				X
SI3000306	Dravinja s pritoki				X

sredogorske gozdove v Sloveniji od 400 do 600 m nad morjem (Vrezec s sod., 2009), našli pa so jo tudi do višine 1540 m (Brelj s sod., 2006). Čprav je odmrta lesna masa v gozdu za vrsto ključnega pomena (Lachat s sod., 2013), ni edini pogoj za njeno pojavljanje. V nedavni italijanski študiji so pokazali na velik pomen preostalih parametrov, še posebno na večjo izpostavljenost

gnezditvenih dreves soncu, kar je mogoče le v sestojih z manj tesnim sklepom krošenj, vrsta pa je izbirala tudi gnezditvena drevesa z debelejšim lubjem (Russo s sod., 2010). Poleg tega se je za problematično izkazalo tudi spravilo požagane hlodovine v času rojenja vrste, to je med julijem in avgustom (Vrezec, 2008), saj naj bi samice pri zaleganju jajc izbirale predvsem odmrta

**Slika 2:** Pregled vpliva parametrov habitata, ki so v analizi izkazali značilni vpliv na verjetnost pojavljanja alpskega kozlička (*Rosalia alpina*) v Sloveniji.

**Figure 2:** The probability of occurrence of *Rosalia alpina* in the gradient of significant habitat parameters.



ali odmirajoča debla večjih debelin (Duelli in Wermelinger, 2005).

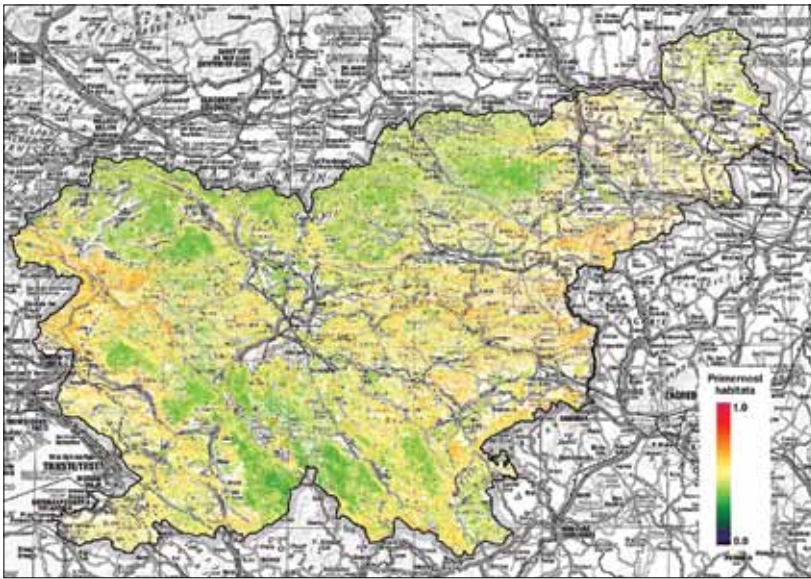
V pričujoči študiji smo na podlagi podatkov intenzivnih terenskih vzorčenj v gorskih bukovih gozdovih v Sloveniji, izvedenih med letoma 2007 in 2011, in podatkov obstoječih velikoprostorskih kartografskih podlag gozdne sestojne karte, rabe tal in digitalnega modela višin, analizirali značilnosti habitata vrste z uporabo posplošenega linearnega modela (GLM). Izmed izbranih parametrov je na prisotnost alpskega kozlička vplivalo pet dejavnikov, in sicer pozitivno dva (naklon in količina odmrle lesne mase) ter negativno trije (nadmorska višina in lesna zaloga bora ter jelke).

Rezultati kažejo, da količina odmrle lesne mase bistveno prispeva k verjetnosti pojavljanja alpskega kozlička v gorskih bukovih gozdovih, in sicer se s povečevanjem količine odmrle lesne mase povečuje tudi verjetnost pojavljanja vrste (slika 2). Vendar je dejanski vpliv povečevanja odmrle lesne mase v gozdovih, kot kaže, omejen, saj se verjetnost pojavljanja povečuje le do neke meje, naprej pa je povečevanje zanemarljivo. Glede na razpoložljive podatke o odmrli masi v gozdovih niso mogoči natančnejši sklepi, vsekakor pa smo potrdili velik pomen tega parametra v gozdovih, kateremu bo treba v prihodnosti nameniti več pozornosti pri upravljanju z gozdovi za ohranjanje biotske pestrosti. Verjetnost pojavljanja vrste je večja tudi na bolj strmih legah (slika 2), kar lahko

povezujemo z dejstvom manjše intenzivnosti gospodarjenja po eni strani in večje osončenosti dreves po drugi, saj naj bi bila prav osončenost dreves eden ključnih mikrohabitatnih dejavnikov za vrsto (Russo s sod., 2010). Glede na italijansko študijo, ki so jo opravili Russo s sod. (2010), naj nadmorska višina ne bi bila vsaj lokalno bistveni dejavnik za pojavljanje alpskega kozlička. Vendar pa naša študija, narejena na podatkih s precej širšega prostora, kaže, da se verjetnost pojavljanja vrste na višjih nadmorskih višinah zmanjšuje (slika 2), kar nekako potrjuje prejšnje domneve starejših avtorjev (npr. Mikšič in Georgijević, 1973). Alpski kozliček velja za stenotopno vrsto bukovih, torej listnatih gozdov, zato se je v naši študiji, ki je temeljila predvsem na podatkih iz različnih asociacij bukovih gozdov, izkazal negativen vpliv deleža bora in jelke v gozdovih (slika 2). Vsekakor rezultati dajejo prvi uvid v pomen posameznih parametrov stanja gozda za vrsto s stališča gospodarjenja, pa tudi lokalnih prostorskih usmeritev gospodarjenja. Slednje smo skušali še posebej ovrednotiti tudi v prostorskem modeliranju razširjenosti vrste v Sloveniji.

Na podlagi karte modelne primernosti habitata alpskega kozlička (*Rosalia alpina*) (slika 2) smo v sezonah 2012 in 2013 izvedli ciljna terenska vzorčenja za verifikacijo modela. Podatke smo zbrali na 32 območjih po Sloveniji z različno verjetnostjo pojavljanja vrste glede na model;





Slika 3: Karta modelne primernosti habitata za alpskega kozlička (*Rosalia alpina*) v Sloveniji. Primernost habitata je podana na intervalu od 0 (povsem neprimerno-modro) do 1 (popolnoma primerno-rdeče) in zajema le gozdno masko.

Figure 3: The model map of forest habitat suitability for *Rosalia alpina* in Slovenia. The habitat suitability is shown in interval between 0 (totally unsuitable – blue) to 1 (totally suitable – red) within forest mask.

območja so bila: Boč, Brkini, Julijske Alpe, Mirna gora, Stojna, Rožnik in Šišenski hrib, Kras, Krška ravan, Krim, Kum, Menina, Orlica, Pohorje, Raduljsko hribovje, Savinjska ravan, Savska ravan, Slovenske gorice, Srednjegotolsko gričevje, Trnovski gozd, Velikolaščanska pokrajina, Vipavska dolina, Voglajnsko in Zgornjegotolsko gričevje, Dolina Kolpe, Dolsko - Litija, Jelovica, Jezersko, Konjiška gora, Koprška brda, Krakovski gozd, Poljanska gora, Rudnica, Suha krajina. Na podlagi teh podatkov se je izkazala karta modelne primernosti habitata za alpskega kozlička v Sloveniji dokaj zanesljiva ( $AUC = 0,76 \pm 0,02$ ). Kot najprimernejša so se izkazala južna obrobja večjih gorskih masivov, zlasti Julijskih Alp s Posočjem, južno obrobje Kočevskega ob Kolpi, Gorjanci, Posavsko hribovje in Kozjansko, Konjiška gora in Boč s Halozami (slika 3).

### 3.2 Bukov kozliček (*Morimus funereus*)

Bukov kozliček je pretežno jugovzhodno evropska vrsta, ki je termofilna polifagna in se pojavlja v listnatih in mešanih gozdovih (Mikšič in Korpič, 1985). Še posebno se bukovi kozlički v času rojenja, zlasti med majem in junijem (Vrezec, 2008), zbirajo na sveže požaganih deblih (Chiari s sod., 2013). V Sloveniji je bilo ugotovljeno, da se pojavlja na širokem višinskem razponu od 150 do 1250 m, najbolj pa ga privlačijo odmrle debela hrastov

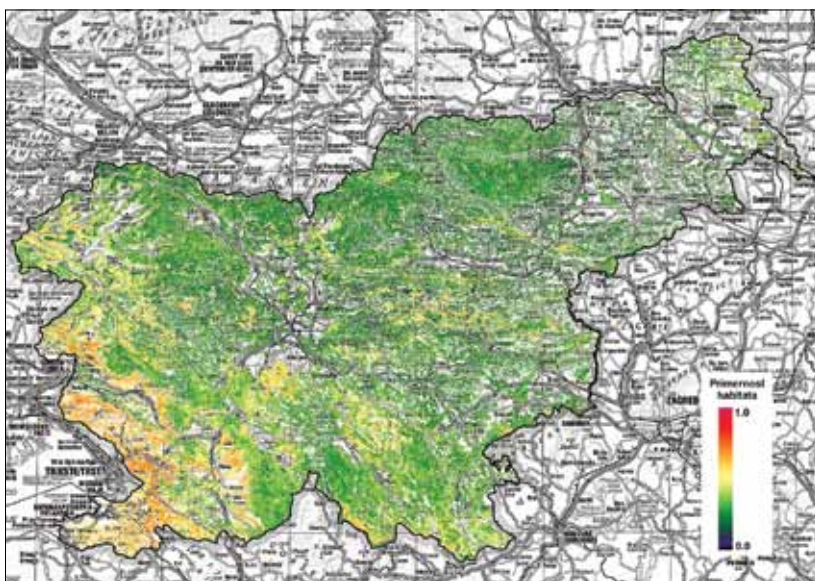
(*Quercus*) in jelke (*Abies*), večje preference glede na laboratorijske raziskave pa kaže tudi do drugih drevesnih vrst, ki se pri nas pojavljajo v manjšem deležu: bezeg (*Sambucus*), oreh (*Juglans*), jelša (*Alnus*), topol (*Populus*) in lipa (*Tilia*) (Vrezec s sod., 2010b). Po zbranih podatkih naj bi bil večji del populacije bukovega kozlička v JZ Sloveniji s posameznimi omejenimi populacijami tudi na vzhodu (Drovenik in Pirnat, 2003).

Čeprav smo v pričujočo študijo vključili širok nabor podatkov intenzivnih terenskih vzorčenj po Sloveniji, opravljenih med letoma 2008 in 2011 v okviru nacionalnega monitoringa hroščev (Vrezec s sod., 2008; 2009; 2010a; 2011b), iz podatkov obstoječih velikoprostorskih kartografskih podlag z uporabo posplošenega linearnega mešanega modela (GLMM) nismo ugotovili nobenih značilnih povezav med uporabljenimi dejavniki in verjetnostjo pojavljanja bukovega kozlička. Domnevamo, da v obstoječih velikoprostorskih podatkih niso zajeti parametri, ki bi lahko dovolj dobro in natančno opisali habitat vrste, zato bodo za natančnejše določanje habitatskih zahtev vrste potrebni ciljni terenski popisi habitata.

Tudi karta modelne primernosti habitata bukovega kozlička (*Morimus funereus*) (slika 3) se je glede na zbrane terenske verifikacijske podatke izkazala za nezanesljivo ( $AUC = 0,52 \pm 0,03$ ). Podatke za verifikacijo modela smo med

**Slika 4:** Karta modelne primernosti habitata za bukovega kozlička (*Morimus funereus*) v Sloveniji. Primernost habitata je podana na intervalu od 0 (povsem neprimerno-modro) do 1 (popolnoma primerno-rdeče) in zajema le gozdno masko.

**Figure 4:** The model map of forest habitat suitability for *Morimus funereus* in Slovenia. The habitat suitability is shown in interval between 0 (totally unsuitable – blue) to 1 (totally suitable – red) within forest mask.



letoma 2012 in 2013 sicer zbrali na dvajsetih območjih po Sloveniji: Bela krajina, Bloke, Boč, Goriška brda, Javorniki, Julijske Alpe, Kambreško, Velika gora, Rožnik in Šišenski hrib, Kras, Krim, Kum, Ložniško in Hudinjsko gričevje, Mala gora, Pohorje, Savinjska ravan, Srednjesotelsko gričevje, Trnovski gozd, Velikolaščanska pokrajina, Vzhodne Karavanke. Glede na izdelano karto je vrsta v večji meri razširjena predvsem v gozdovih JV Slovenije, na vzhodnem obrobju Javornikov in Snežnika, na Krimu in južnem obrobju Kočevskega ob Kolpi ter Male gore (slika 4).

### 3.3 Škrlatni kukuj (*Cucujus cinnaberinus*)

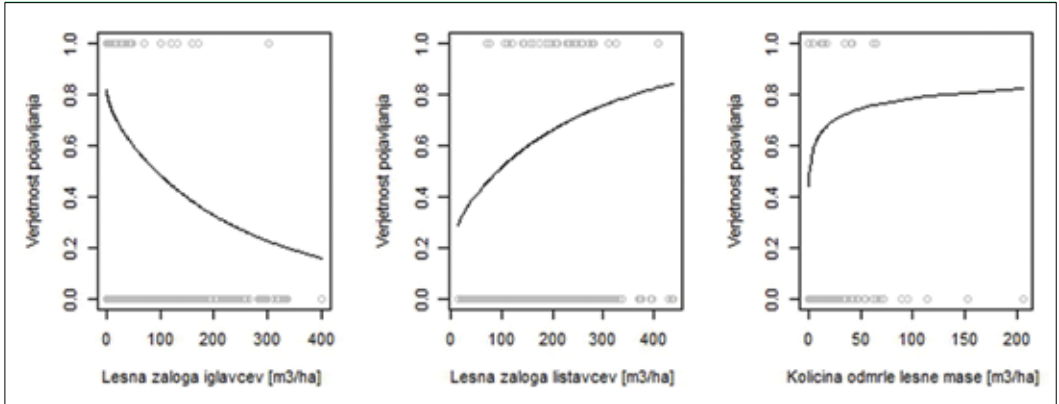
Škrlatni kukuj je vrsta starejših gozdnih sestojev in odrasli in ličinke živijo pod lubjem odmrlih debel različnih vrst, zlasti listnatih dreves (slika 5), čeprav je bil najden tudi pod lubjem jelke (Starka, 2006). Večje gostote ličink in odraslih hroščev vrsta doseže v odmrlih deblih večjega debelinskega razreda s premerom več kot 70 cm (Bussler, 2002). Sicer pa vrsta izbira odmrle drevesna debela na srednji stopnji razgradnje, izredno pomembna pa je tudi izpostavljenost debel soncu

**Slika 5:** Ličinke škrlatnega kukuja (*Cucujus cinnaberinus*) (na fotografiji v sredini) živijo pod lubjem odmrlih dreves, zlasti listavcev, kjer si življenjski prostor delijo z mnogimi drugimi saproksilnimi hrošči; na fotografiji z ličinkama dveh vrst ognjenih hroščev, *Pyrochroa coccinea* (levo) in *Schizotus pectinicornis* (desno). (foto: Al Vrezec)

**Figure 5:** Larvae of *Cucujus cinnaberinus* (at photo in the middle) live under the bark of dead trees, especially of deciduous trees, where they share their habitat with other saproxylic beetles, at photo for examples with larvae of *Pyrochroa coccinea* (left) and *Schizotus pectinicornis* (right). (photo: Al Vrezec)







Slika 6: Pregled vpliva parametrov habitata, ki so v analizi izkazali značilen vpliv na verjetnost pojavljanja škrlatnega kukuja (*Cucujus cinnaberinus*) v Sloveniji.

Figure 6: The probability of occurrence of *Cucujus cinnaberinus* in the gradient of significant habitat parameters.

(Horak s sod., 2012). Horak s sod., (2012) celo opozarjajo, da sta tesen sklep krošenj v gospodarskih gozdovih in zasenčenost sicer primernih odmrlih debel glavna razloga za upadanje vrste. Škrlatni kukuj je bil leta 1763 opisan po primerkih iz zahodne Slovenije (Scopoli, 1763), vendar v tem delu Slovenije vrsta velja za izjemno redko (Vrezec s sod., 2009).

V pričujoči študiji smo zbrali vse doslej znane podatke o pojavljanju vrste med letoma 2002 in 2011, ki so bili zbrani v sklopu različnih študij kvalifikacijskih vrst v omrežju Natura 2000 (Drovenik in Pirnat, 2003; Vrezec s sod., 2009; 2011b) in podatkov obstoječih velikoprostorskih kartografskih podlag gozdne sestojne karte, rabe tal in digitalnega modela višin analizirali značilnosti habitata vrste z uporabo posplošenega linearnega modela (GLM). Izmed izbranih parametrov so na prisotnost škrlatnega kukuja izkazovali značilen vpliv trije dejavniki: lesna zaloga iglavcev v sestojih z negativnim vplivom ter lesna zaloga listavcev v sestojih in količina odmrle lesne mase s pozitivnim vplivom (slika 6).

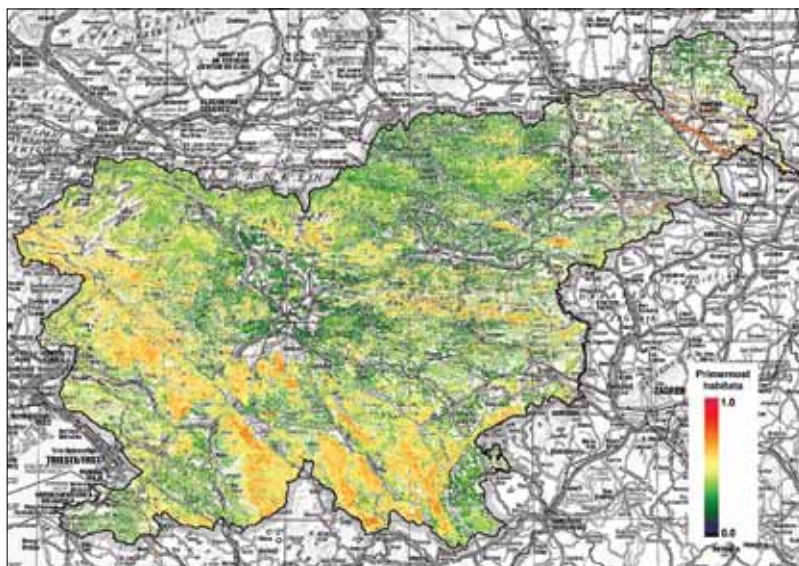
Zbrani podatki o škrlatnem kukuju se nanašajo na gorske in nižinske gozdove, vrsta pa naj bi dosegala večje gostote predvsem v nižini (Kapla s sod., 2010). Čeprav so bile ličinke najdene v listavcih in iglavcih, pa, kot kažejo rezultati te študije, je vrsta vendarle pogostejša v sestojih z večjim deležem listavcev (slika 6). Kot zelo pomemben dejavnik, ki vpliva na verjetnost pojavljanja škrlatnega kukuja, se je izkazala tudi odmrta lesna masa, ki

pa – podobno kot pri alpskem kozličku – izkazuje izredno stopenjski vpliv (slika 6).

Na podlagi karte modelne primernosti habitata škrlatnega kukuja (*Cucujus cinnaberinus*) (slika 7) smo v sezonah 2012 in 2013 opravili ciljna terenska vzorčenja za verifikacijo modela. Vzorčenja smo usmerili predvsem v zahodni del države, kjer je malo konkretnih navedb o pojavljanju škrlatnega kukuja, poleg Scopolijevega opisa iz leta 1769 le še ena recentna najdba (Drovenik in Pirnat, 2003). Podatke smo zbrali na 32 lokacijah po Sloveniji z – glede na model – različno verjetnostjo pojavljanja vrste: Belca, Cerkljansko, Čičarija, Dolnji Lakoš, Dovje, Gorjanci, Gornja Bistrica, Hlaponci, Hrušica, Idrijsko hribovje, Javorniki, Kapca, Krim, Drava, Mrzlica, Mura, Rateče, Senožeče, Snežnik, Straža, Štanjel, Rožnik in Šišenski hrib, Zasavje. V zahodnem delu Slovenije smo vrsto potrdili le na pobočju Snežnika, drugod pa ne, niti na območju klasičnega nahajališča v okolici Idrije. Kljub temu se je karta modelne primernosti habitata škrlatnega kukuja v Sloveniji izkazala za zmerno zanesljivo ( $AUC = 0,62 \pm 0,04$ ). Območja z največjo verjetnostjo pojavljanja (več kot 0,70) v Sloveniji pa so ob reki Muri, spodnja Drava, Boč, Bohor, spodnja Sava, Gorjanci, Kočevsko, Javorniki in Nanos (slika 7). Model daje zato dobro podlago za nadaljnje bolj usmerjene raziskave vrste v Sloveniji.

**Slika 7:** Karta modelne primernosti habitata za škrlatnega kukuja (*Cucujus cinnaberinus*) v Sloveniji. Primernost habitata je podana na intervalu od 0 (povsem neprimerno-modro) do 1 (popolnoma primerno-rdeče) in zajema le gozdno masko.

**Figure 7:** The model map of forest habitat suitability for *Cucujus cinnaberinus* in Slovenia. The habitat suitability is shown in interval between 0 (totally unsuitable – blue) to 1 (totally suitable – red) within forest mask.

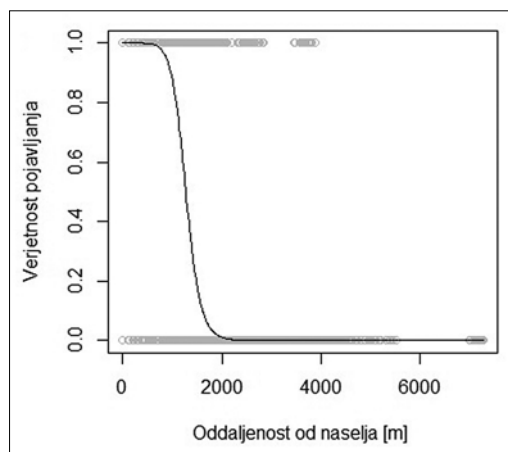


### 3.4 Rogač (*Lucanus cervus*)

Čeprav je rogač razširjen po večjem delu Evrope, pa je v nekaterih deli Zahodne Evrope že izumrl (Harvey s sod., 2011). Sicer je to vrsta starejših gozdnih oziroma drevesnih sestojev, ki se pojavlja tudi v urbanih okoljih, v parkih in mestnih gozdovih (Napier, 2003; Vignon in Orabi, 2003; Harvey s sod., 2011); pri nas na primer tudi v ljubljanskem mestnem parku Tivoli (Vrezec s sod., 2013b). Ličinka živi predvsem v odmrlih podzemnih delih listavcev, zlasti hrastov (Harvey s sod., 2011). Hrošči sicer letijo, a le na kratke razdalje, in je razdrobljenost gozdnega prostora lahko pomemben dejavnik ogrožanja (Sprecher, 2003). V Sloveniji je rogač sicer pogosta in splošno razširjena vrsta, večji del populacije pa naj bi bil omejen na JZ Slovenijo (Vrezec s sod., 2007).

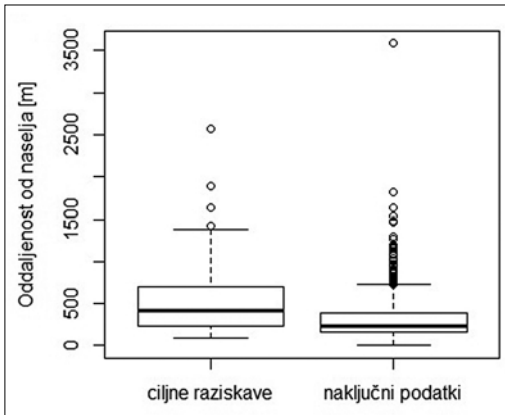
V pričujočo študijo smo vključili ciljno in naključno zbrane podatke od leta 2000 naprej, ki so bili zbrani v okviru nacionalnega monitoringa hroščev (Vrezec s sod., 2007; 2012b) in na podlagi podatkov iz obstoječih velikoprostorskih kartografskih podlag analizirali značilnosti habitata vrste z uporabo posplošenega linearnega mešanega modela (GLMM). Izmed izbranih parametrov sta se le dva izkazala kot značilna, in sicer nadmorska višina in oddaljenost od naselij. Rogač je pretežno nižinska vrsta, ki je številna zlasti do višine 500 m, na višjih legah pa se verjetnost pojavljanja

vrste zelo zmanjša. V analizi smo ugotovili tudi zelo pozitiven vpliv bližine naselij na pojavljanje vrste (slika 8). Čeprav so se urbani gozdovi, v katerih prevladujejo starejša drevesa, izkazali kot pomembni pri ohranjanju rogača in drugih saproksilnih vrst hroščev že v več študijah (Carpaneto s sod., 2010; Harvey s sod., 2011), pa lahko velika navezanost rogača na bližino naselij, ugotovljena v tej študiji, vendarle nakazuje tudi na pristran-



**Slika 8:** Vpliv oddaljenosti od naselja na verjetnost pojavljanja rogača (*Lucanus cervus*) glede na uporabljene velikoprostorske podatke

**Figure 8:** The probability of occurrence of *Lucanus cervus* according to the distance from the settlement based on used large-scale data.



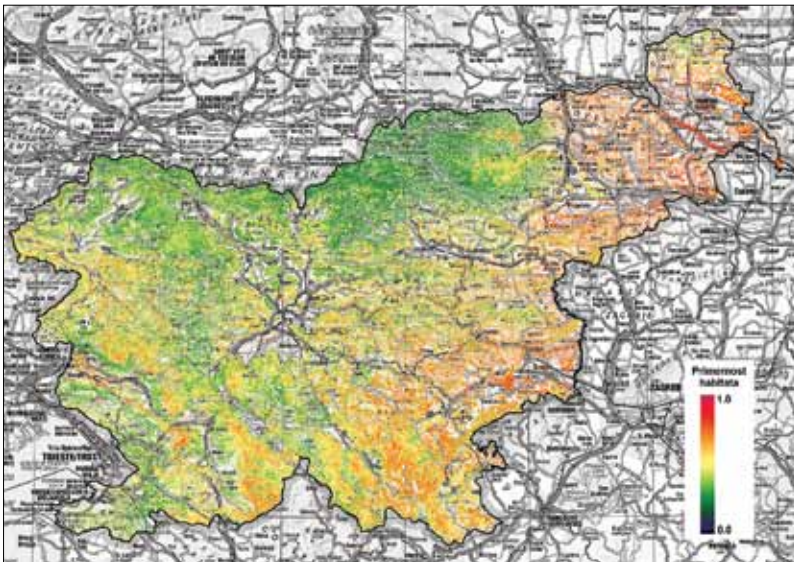
Slika 9: Primerjava oddaljenosti od naselja med podatki naključnih opazovanj in ciljno zbranimi terenskimi podatki za rogača (*Lucanus cervus*) v Sloveniji ( $t = -8,06$ ,  $p < 0,001$ )

Figure 9: Difference in parameter distance from the settlement between data of occasional finds (citizen science) and data of targeted sampling of *Lucanus cervus* in Slovenia as bias evaluation ( $t = -8.06$ ,  $p < 0.001$ ).

skost podatkov o prisotnosti vrste. Uporabljeni nabor podatkov o pojavljanju rogača pri nas je bil sestavljen iz podatkov, pridobljenih s ciljnim vzorčenjem, in podatkov o naključnih opažanjih ljudi, ki so zaradi uspešne popularizacijske akcije zbiranja podatkov o hroščih Zavoda RS za varstvo narave (ZRSVN; Vernik, 2014) in karizmatičnosti vrste predstavljali večino v uporabljenem naboru podatkov (74 %). Ravno tovrstno neciljno zbrani

podatki pa so lahko zelo podvrženi pristranskosti s povečano frekvenco opazovanj v bližini bivališč opazovalcev (Dennis in Thomas, 2000), torej naselij. Možnost pristranskih napak pri sklepanju o habitatu vrste na podlagi z naključnimi opazovanji zbranimi podatki smo na primeru rogača testirali s primerjavo oddaljenosti rogača od naselij med ciljnim in naključno zbranimi podatki. Izkazalo se je, da je bil vzorec naključno zbranih podatkov značilno bližje naseljem kot pa ciljno zbrani podatki (slika 9). Rezultat kaže, da naključno zbrani podatki kljub izboljšanjem predstav o razširjenosti vrste niso primerni za podrobnejše analize značilnosti habitata, saj zelo verjetno celotne populacije vrste ne zajamejo oziroma jo zajamejo pristransko z večjim poudarkom na lokacijah v bližini naselij. To je še zlasti problematično pri lahko prepoznavnih karizmatičnih in široko razširjenih vrstah, kakršna je rogač, pri katerih so lahko večinski nabor podatkov prav podatki naključnih opazovanj. Zato so za analizo ključni ciljno zbrani raziskovalni podatki, ki z nepristranskim vzorčenjem lahko edini zagotavljajo nepristranske in verodostojne informacije tudi v zahtevnejših analizah habitata in določanja dejavnikov ogrožanja vrst, ki so pomembne za pripravo ukrepov upravljanja z območji s ciljem ohranjanja populacij izbranih vrst.

Za verifikacijo karte modelne primernosti habitata rogača (*Lucanus cervus*) (slika 10) smo



Slika 10: Karta modelne primernosti habitata za rogača (*Lucanus cervus*) v Sloveniji. Primernost habitata je podana na intervalu od 0 (popolnoma primer-no-modro) do 1 (popolnoma primer-no-rdeče) in zajema le gozdno masko.

Figure 10: The model map of forest habitat suitability for *Lucanus cervus* in Slovenia. The habitat suitability is shown in interval between 0 (totally unsuitable – blue) to 1 (totally suitable – red) within forest mask.

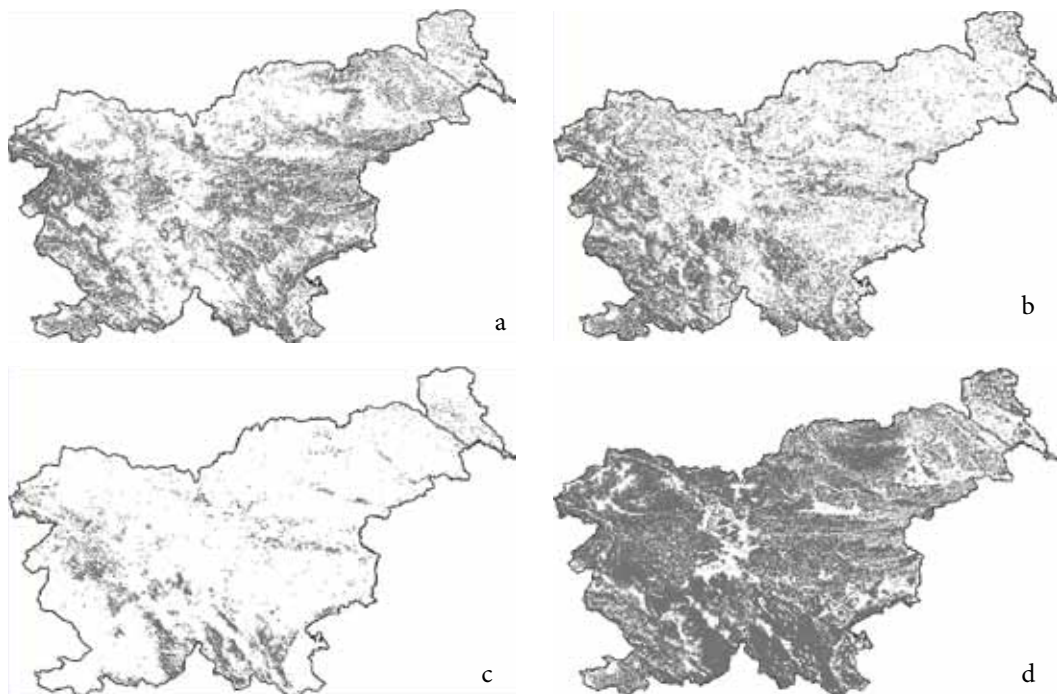


uporabili podatke večinoma naključnih opazovanj, zbranih v sezonah 2012 in 2013 v okviru nacionalnega monitoringa hroščev, v katerega so vključeni tudi podatki, zbrani v okviru popularizacijske akcije ZRSVN (Vrezec s sod., 2012b; 2013a; Vernik, 2014). Kljub velikemu naboru podatkov in splošni razširjenosti vrste karta modelne primernosti habitata rogača v Sloveniji ni pokazala velike zanesljivosti ( $AUC = 0,59 \pm 0,12$ ). Razlog temu so lahko zgrešene napovedi kot posledica pomanjkanja ključnih parametrov habitata vrste v obstoječih velikoprostorskih kartografskih podlagah ali pa v pristranskem naboru izhodiščnih podatkov zaradi prevladujočih podatkov naključnih opazovanj oziroma neciljnih registracij vrste. Prostorski model razširjenosti sicer nakazuje splošno razširjenost vrste, ki manjka le v višjih legah alpskega prostora, kot manj primernege pa se je izkazalo tudi območje Krasa, kjer pa je vrsta po doslej zbranih podatkih dokaj številna (Vrezec s sod., 2007).

### 3.5 Modeli potencialne razširjenosti hroščev in omrežje Natura 2000

Za izpeljavo kart potencialne razširjenosti izbranih vrst hroščev v Sloveniji iz kart modelne primernosti habitata smo uporabili kriterij 50. percentila podatkov o prisotnosti vrst (slika 11). Glede na to merilo smo kot meje upoštevali naslednje stopnje primernosti habitata: za alpskega kozlička 0,49 ( $N = 193$  terenskih podatkov s potrjeno prisotnostjo vrste), za bukovega kozlička 0,38 ( $N = 318$  terenskih podatkov s potrjeno prisotnostjo vrste), za škrlatnega kukuja 0,59 ( $N = 86$  terenskih podatkov s potrjeno prisotnostjo vrste) in za rogača 0,01 ( $N = 920$  terenskih podatkov s potrjeno prisotnostjo vrste).

Po metodologiji opredeljevanja območij Natura 2000 se kot zadostno vključene kvalifikacijske vrste štejejo tiste, pri katerih je v omrežje vključene 60 % populacije oziroma 80 % populacije pri prednostnih vrstah (Skoberne, 2003a). Vendar pa



Slika 11: Iz modelnih kart primernosti habitata izpeljane karte potencialne razširjenosti izbranih kvalifikacijskih vrst hroščev v Sloveniji: (a) alpski kozliček (*Rosalia alpina*), (b) bukov kozliček (*Morimus funereus*), (c) škrlatni kukuj (*Cucujus cinnaberinus*), (d) rogač (*Lucanus cervus*).

Figure 11: Potential distribution maps for selected qualification bird species in Slovenia derived from model maps of forest habitat suitability: (a) *Rosalia alpina*, (b) *Morimus funereus*, (c) *Cucujus cinnaberinus*, (d) *Lucanus cervus*.

za vrste, katerih areal se razteza prek več kot 5 % državnega ozemlja, lahko s soglasjem Evropske komisije veljajo nekoliko prilagojena pravila. Potencialna razširjenost izbranih vrst, izdelana v tej študiji, predstavlja največjo razširjenost, saj karta vključuje poleg dejansko z vrsto zasedenih območij tudi taka, ki so za vrsto sicer primerna, a jih ta zaradi takšnih ali drugačnih razlogov ne zaseda. V tem pogledu ima med obravnavanimi vrstami najmanjši areal škrlatni kukuj, katerega potencialni areal po naših izračunih komaj presega 5 % ozemlja Slovenije (preglednica 6), dejanski areal pa je najverjetneje še nekoliko manjši. Za vrsto bi bilo treba torej v omrežje Natura 2000 vključiti 60 % populacije, s stališča površine areala pa ga je trenutno v omrežje vključenega manj kot 30 % (preglednica 5), kar morda kaže, da je trenutno omrežje za škrlatnega kukuja verjetno še vedno opredeljeno nezadostno.

Preostale tri vrste so, kot kažejo modeli, v Sloveniji bolj razširjene in njihovi areali presegajo 20 % ozemlja države, vendar je zanesljivost modelov med vrstami zelo različna (preglednica 5). Pri širše razširjenih vrstah velja načelo t.i. 60/40 smernice, po katerem zadostnost opredeljenih območij določamo po treh merilih (Skoberne, 2003b): (1) pri vrstah s 60 % areala/populacije

vključenega v omrežje Natura 2000 se šteje, da se zagotavlja ugodno stanje ohranjenosti, (2) pri vrstah z 20–60 % areala/populacije, vključene v omrežje Natura 2000, je potrebna obravnava posameznih primerov z možnostjo vključitve v preostala obstoječa območja in (3) pri vrstah z manj kot 20 % areala/populacije, vključene v omrežje Natura 2000, pa je treba preveriti vzrok za tako majhen delež in v večini primerov ta delež povečati. Pri varstveno prednostnih vrstah so merila še nekoliko strožja. Med obravnavanimi vrstami je varstveno prednostna vrsta le alpski kozliček, katerega vključenost potencialnega areala v Natura 2000 po naših modelih ne presega 20 % (preglednica 5). Ker se je model za alpskega kozlička izkazal za dokaj zanesljivega, je ugotovljena pomanjkljivost obstoječega omrežja Natura 2000 toliko verjetnejša. Območja Natura 2000 so sicer določena kot zadostna na podlagi populacijskih ocen in ne na podlagi pokritosti areala vrste, vendar model potencialne primernosti habitata kaže, da je vrsta v Sloveniji razširjena bolj, kot je to mogoče sklepati iz doslej zbranih podatkov. To pomeni, da je glede na novo vedenje o razširjenosti alpskega kozlička pri nas treba dopolniti tudi populacijske ocene. Kot primer so bile v času študije odkrite večje populacijske zgoščitve vrste

**Preglednica 5:** Modelni izračuni velikosti potencialnega areala izbranih vrst hroščev v Sloveniji in ocena deleža vključenosti le-tega v obstoječe omrežje Natura 2000.

*Table 5: Model calculations of the range area size and overview of population estimates of selected qualification beetle species in Slovenia with estimation of proportion of areal and population size inclusion within Natura 2000 network.*

Vrsta Species	Zanesljivost modela Model accuracy	Potencialni areal vrste v Sloveniji <sup>1</sup> Potential species areal in Slovenia [km <sup>2</sup> ]	Delež ozemlja Slovenije <sup>2</sup> Proportion of Slovenia [%]	Natura 2000 <sup>3</sup> [%]
Alpski kozliček ( <i>Rosalia alpina</i> )	dokaj zanesljiv	4790,73	23,6	17,6
Bukov kozliček ( <i>Morimus funereus</i> )	nezanesljiv	4202,50	20,7	35,3
Škrlatni kukuj ( <i>Cucujus cinnaberinus</i> )	zmerno zanesljiv	1160,66	5,7	29,6
Rogač ( <i>Lucanus cervus</i> )	nezanesljiv	11637,23	57,4	16,3

<sup>1</sup>skupna površina izpeljane potencialne razširjenosti vrste v Sloveniji po modelu potencialne primernosti habitata (slika 11)/total species areal size in Slovenia according to the model of potential habitat suitability (Figure 11)

<sup>2</sup>delež potencialnega areala vrste glede na celotno površino Slovenije (20256 km<sup>2</sup>)/proportion of species potential areal in Slovenia (20256 km<sup>2</sup>)

<sup>3</sup>delež potencialne površine razširjenosti vrste, zajet v kvalifikacijska območja za vrsto znotraj omrežja Natura 2000 v Sloveniji/proportion of potential areal included in Natura 2000 network

na območjih, na katerih je bila vrsta poprej ni bila znana oziroma je bila znana le iz starejših navedb ali na podlagi naključnih opazovanj, denimo na Konjiški gori, Rudnici, Krimu, Poljanski gori in na Kočevskem ob zgornjem toku reke Kolpe. Modeli pri bukovem kozličku in rogaču so bili manj zanesljivi, zato so ugotovljene ocene le informativne narave.

Modele potencialne primernosti habitata obravnavanih vrst bi bilo treba za zanesljivejša sklepanja še dopolniti, zlasti z vključitvijo trenutno v modelih neupoštevanih parametrov habitata ali z upoštevanjem zgolj ciljno zbranih podatkov. Vendar pa dajejo modeli zelo dobro izhodišče za bolj usmerjene terenske raziskave za dopolnitev dejanske podobe o razširjenosti obravnavanih vrst v Sloveniji. Območja Natura 2000 je namreč mogoče zanesljivo dopolnjevati zgolj s konkretnimi podatki in ne z modelnimi, a z modeli je lahko njihovo zbiranje precej učinkovitejše, zato so pričujoči modeli dobra podlaga za prihodnje raziskave.

#### 4 ZAKLJUČEK

Predstavljeni rezultati študije, v katerih smo skušali povezati obstoječe velikoprostorske kartografske podlage in doslej zbrane podatke o izbranih kvalifikacijskih vrstah, so na eni strani nakazali na prednost takšnega pristopa pri opredeljevanju razširjenosti (nove lokacije pojavljanja) in habitatnih potreb vrst, po drugi pa tudi omejenosti zaradi pomanjkljivosti obstoječih kartografskih podlag za namene modeliranja prostorske razporejenosti biotske raznovrstnosti. Gre za prve tovrstne modele, ki jih bo treba v nadaljnjih raziskavah z bolj usmerjenim in ciljnim terenskim delom nadgraditi in razširiti še na druge vrste. Prostorsko modeliranje namreč omogoča načrtovanje jasnejšega prostorskega upravljanja z območji, pa tudi pomena območij zlasti za manj znane vrste in tiste, ki jih je težko odkriti. Načini velikoprostorskih analiz v pomenu ugotavljanja ključnih okoljskih dejavnikov, ki opredeljujejo habitatske zahteve vrst, in v pomenu prostorskega modeliranja razširjenosti vrst dajejo kljub posploševanju jasnejšo in predvsem celotno podobo o stanju vrst pri nas. Ta je zato precej manj odvisna

od sklepanj na podlagi zgolj terenskih izkustvenih podatkov, kar je bil doslej edini način vrednotenja populacij in razširjenosti vrst. S predstavljenim pristopom bo mogoče vrednost zbranih terenskih podatkov povečati z nepristransko razširitvijo na širši prostor. Za vrste hroščev, ki jih je večinoma dokaj težko odkriti, je neciljno in široko pridobivanje terenskih podatkov dokaj drago in zamudno, s pristopi modeliranja pa bo mogoče ob kritični presoji modelov načrtovati raziskovalne in varstvene aktivnosti bolj usmerjeno. Izdelani modeli z veliko zanesljivostjo lahko služijo kot ključno vodilo pri nadaljnjem naravovarstvenem načrtovanju, monitoringu in upravljanju. Z usmerjenimi popisi glede na modele bo z novimi podatki mogoče razviti zanesljivejše modele, ki bodo uporabni pri nepristranskem določanju varstvenih usmeritev in conaciji območij, ki so ključne iz stališča ohranjanja biotske raznovrstnosti in gospodarskega izkoriščanja gozda.

Pri analizah izbora habitata se je pri večini obravnavanih vrst izkazala kot pomembna količina odmrle lesne mase v gozdnem prostoru, ki se je za saproksilne vrste izkazala ključnega pomena tudi drugod, kjer se navaja količina 30 m<sup>3</sup>/ha kot mejna za ohranjanje biotske pestrosti saproksilnih vrst hroščev v gozdovih (Müller s sod., 2010). Vendar pa obstoječe velikoprostorske baze podatkov, s katerimi razpolagamo v Sloveniji, niso dovolj za natančno sklepanje o potrebnih količinah odmrle lesne mase v gozdovih za ohranjanje populacij izbranih kvalifikacijskih saproksilnih vrst hroščev. Zato bo treba temu parametru nameniti v prihodnosti več pozornosti, da bomo lahko določili mejne vrednosti potrebnih količin odmrle lesne mase v slovenskih gozdovih, s katerimi bo mogoče sonaravno upravljanje z gozdovi in ohranjanje populacij ogroženih vrst, zlasti na območjih Natura 2000.

#### 5 POVZETEK

Obstoječe baze velikoprostorskih podatkov, zlasti o gozdnem prostoru, dajejo možnosti celostne obravnave habitatov izbranih gozdnih vrst v modelih za potrebe sonaravnega upravljanja z gozdom in varstvenih ukrepov za ohranjanje populacij ogroženih vrst. V pričujoči študiji smo

skušali prvikrat z modeli pokazati na značilnosti in prostorsko razporejenost potencialnega habitata izbranih ogroženih vrst gozdnih hroščev, ki so po Habitatni direktivi kvalifikacijski za območja Natura 2000 v Sloveniji: alpski kozliček (*Rosalia alpina*), bukov kozliček (*Morimus funereus*), škrlatni kujuk (*Cucujus cinnaberinus*) in rogač (*Lucanus cervus*). Pri modeliranju smo uporabili obstoječe velikoprostorske baze podatkov, relevantne za vrednotenje gozdnega prostora: sestojna karta gozdov, raba tal in digitalni model višin. Na izbor habitata alpskega kozlička ključno pozitivno vplivata strmina naklona in količina odmrle lesne mase, negativno pa nadmorska višina ter lesna zaloga bora (*Pinus* spp.) in jelke (*Abies alba*), kar je zaradi skoraj izključno na bukev (*Fagus sylvatica*) vezane vrste, pravzaprav razumljivo. Model potencialne primernosti habitata je bil za alpskega kozlička dokaj zanesljiv, kot najprimernejša območja za vrsto pa so se izkazala južna obrobja večjih gorskih masivov, zlasti Julijskih Alp s Posočjem, južno obrobje Kočevskega ob Kolpi, Gorjanci, Posavsko hribovje in Kozjansko, Konjiška gora in Boč s Halozami. Kot kažejo podatki razvitih prostorskih modelov, pa je v omrežje Natura 2000 vključenega manj kot 20 % areala alpskega kozlička. Količina odmrle lesne mase in lesna zaloga listavcev ključno pozitivno vplivata na škrlatnega kukuja, medtem ko naj bi se vrsta izogibala sestojem z večjo zalogo iglavcev. Model potencialne primernosti habitata je sicer pokazal manjšo zanesljivost, glede na izvedeno karto potencialne razširjenosti pa se kaže, da areal vrste v Sloveniji obsega zgolj okoli 5 % ozemlja države. Uporabljeni pristop modeliranja z obstoječimi velikoprostorskimi podatki se je izkazal za neučinkovitega pri bukovem kozličku. To kaže, da ključni parametri habitata vrste niso zajeti v obstoječih prostorskih bazah podatkov. Pri rogaču pa se je kot problematičen izkazal vir podatkov o naključnih najdbah, ki zaradi pristranske registracije te vrste, pogoste pri nas, kaže težišče populacije v okolici naselij, kar pa verjetno ni res. Zato so vseh pri vrstah ključne ciljne terenske raziskave z nepristranskim modelom vzorčenja. Raziskava je pokazala na velike razlike med vrstami glede možnosti uporabe velikoprostorskih baz podatkov in morebitnih napak. Gre za prve tovrstne

modele, ki jih bo treba v nadaljnjih raziskavah z bolj usmerjenim in ciljnim terenskim delom še nadgraditi in izboljšati zanesljivost ter razširiti še na druge vrste. Kot eden ključnih parametrov habitata se je pri večini vrst izkazala količina odmrle lesne mase, kateri bo v prihodnje treba nameniti več raziskovalne pozornosti za določitev mejnih vrednosti, potrebnih za ohranjanje populacij ogroženih saproksilnih vrst hroščev v gospodarskih gozdovih znotraj omrežja Natura 2000.

## 7 SUMMARY

Existing large-scale databases of forests give many possibilities for comprehensive evaluation of habitats of forest species. These models can be used for sustainable forest management and for conservation of populations of endangered species. For the first time we have tried to model the habitat selection and the potential spatial distribution of selected Habitat directive beetle species in Slovenia. The selected species were *Rosalia alpina*, *Morimus funereus*, *Cucujus cinnaberinus*, and *Lucanus cervus*. The following large-scale databases were used: forest stands map, land use and digital terrain model. The main habitat parameters for which affected the presence of *Rosalia alpina* positively were slope and dead wood mass quantity, and altitude and wood stock of Pine (*Pinus* spp.) and Silver Fir (*Abies alba*) affected the presence negatively. The negative correlation with Pine and Silver Fir was expected since *R. alpina* is a species specialized to Beech (*Fagus sylvatica*). The model of potential forest habitat suitability appeared to be relatively reliable. The areas with south facing mountain slopes (for example Julian Alps, southern slopes of Kočevsko by Kolpa, Gorjanci, Posavsko hribovje and Kozjansko, Konjiška gora and Boč with Haloze) showed the highest habitat suitability for the species. According to our models we estimated that less than 20 % of the species potential areal is currently included in into the Natura 2000 network in Slovenia. For *Cucujus cinnaberinus* the dead wood mass quantity and wood stock of deciduous trees have been shown to have key positive effect on the species occurrence, with wood stock of coniferous trees appeared to have



opposite effect. The model of potential forest habitat suitability appeared to have low forecasting power for species occurrence. Currently estimated areal size of *C. cinnaberinus* in Slovenia is small and probably does not exceed 5 % of the country surface. Modelling with large-scale databases seemed not to be good approach to model habitat selection and the potential distribution in *Morimus funereus*, since key habitat parameters are likely lacking from existing databases. On the other hand, the Stag Beetle (*Lucanus cervus*) as a widespread lowland species in Slovenia showed population to be concentrated around human settlements, what could be only a bias due to prevalence of citizen science records in the database. It is therefore crucial to use in such analysis only data from targeted sampling designs without including occasional finds in to the datasets. The study revealed great differences between the selected species according to possibilities in using existing large-scale spatial databases for habitat selection modelling. The presented first models should be supplemented and improved with more targeted samplings in future studies especially in the sense of higher reliability. It is advised also use the same methods for other Habitat directive species. As one of the key habitat features for most of the species the dead wood mass quantity in forest stands was shown to be important. The needed thresholds of dead wood quantity in forest stands should be more studied in the future for efficient conservation of endangered saproxylic beetles in managed forests within Natura 2000 network.

## 6 ZAHVALA

Članek je nastal v okviru projekta CRP V4-1143 Kazalci ohranitvenega stanja in ukrepi za zagotavljanje ugodnega stanja ohranjenosti vrst in habitatnih tipov v gozdnih Nature 2000 (nosilec dr. Marko Kovač). Del podatkov za verifikacijo modelov v letih 2012 in 2013 je bil zbran tudi v okviru drugih projektov, ki sta jih financirala Ministrstvo za kmetijstvo in okolje in Mestna občina Ljubljana, ter v okviru projekta Life+LIVEDRAVA. Zahvaljujemo se tudi Zavodu za gozdove Slovenije za podatke iz gozdne sestojne

karte, ki so bili podlaga za modeliranje. Za koristne napotke pri oblikovanju članka se zahvaljujemo Martinu Verniku.

## 6 LITERATURA

- Direktiva Sveta 92/43/EGS (Direktiva o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst), 1992.
- Breljih, S., Drovenik B., Pirnat, A., 2006. Gradivo za favno hroščev (Coleoptera) Slovenije. 2. prispevek: Polyphaga: Chrysomeloidea (= Phytophaga): Cerambycidae. Scopolia, 58, 1-442.
- Buse, J., Schröder, B., Assmann, T., 2007. Modelling habitat and spatial distribution of an endangered longhorn beetle – A case study for saproxylic insect conservation. Biological Conservation, 137, 372–381.
- Bussler, H., 2002. Untersuchungen zur Faunistik und Ökologie von *Cucujus cinnaberinus* (Scop., 1763) in Bayern. NachrBl. bayer. Ent., 51, 42–60.
- Bussler, H., Müller, J., Dorka, V., 2005. European natural heritage: the saproxylic beetles in the proposed Parc national Defileul Jiului. Analele ICAS, 48, 55–71.
- Carpaneto, G. M., Mazziotta, A., Coletti, G., Luiselli, L., Audisio, P., 2010. Conflict between insect conservation and public safety: the case study of a saproxylic beetle (*Osmoderma eremita*) in urban parks. Journal of Insect Conservation, 14, 555–565.
- Chiari, S., Bardiani, M., Zauli, A., Hardersen, S., Mason, F., Spada, L., Campanaro, A., 2013. Monitoring of the saproxylic beetle *Morimus asper* (Sulzer, 1776) (Coleoptera: Cerambycidae) with freshly cut log piles. Journal of Insect Conservation, 17, 1255–1265.
- Dennis, R. L. H., Thomas, C. D., 2000. Bias in butterfly distribution maps: the influence of hot spot and recorder's home range. Journal of Insect Conservation, 4, 72–77.
- Dodds, K. J., Gilmore, D. W., Seybold, S. J. 2004. Ecological Risk Assessments for Insect Species Emerged from Western Larch Imported to Northern Minnesota. St. Paul, Staff Paper Series No. 174. University of Minnesota.
- Drovenik, B., Pirnat, A., 2003. Strokovna izhodišča za vzpostavljanje omrežja Natura 2000, Hrošči (Coleoptera). Ljubljana, Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU.
- Duelli, P., Wermelinger, B., 2005. *Rosalia alpina* L. – Un Cerambicide raro ed emblematico. Sherwood, 114, 19–25.
- Fielding, A. H., Bell, J. F., 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. Environ. Conserv., 24, 38–49.
- Harvey, D. J., Gange, A. C., Hawes, C. J., Rink, M., Abdehalden, M., Fulaj, N. A., Asp, T., Ballerio, A., Bartolozzi, L., Brustel, H., Cammaerts, R., Carpaneto, G. M., Cederberg, B., Chobot, K., Cianferoni, F., Drumont, A., Ellwanger, G., Ferreira, S., Grosso-Silva



- J. M., Gueorguiev, B., Harvey, W., Hendriks, P., Istrate, P., Jansson, N., Šerić Jelaska, L., Jendek, E., Jović, M., Kervyn, T., Krenn, H. W., Kretschmer, K., Legakis, A., Lelo, S., Moretti, M., Merkl, O., Palma, R. M., Neculiseanu, Z., Rabitsch, W., Rodriguez, S. M., Smit, J. T., Smith, M., Sprecher-Uebersax, E., Telnov, D., Thomaes, A., Thomsen, P. F., Tykarski, P., Vrezec, A., Werner, S., Zach, P., 2011. Bionomics and distribution of the stag beetle, *Lucanus cervus* (L.) across Europe. *Insect Conservation and Diversity*, 4, 23–38.
- Horak, J., Chumanova, E., Hilszczanski, J., 2012. Saproxylic beetle thrives on the openness in management: a case study on the ecological requirements of *Cucujus cinnaberinus* from Central Europe. *Insect Conservation and Diversity*, 5, 403–413.
- Hyvärinen, E., Kouki, J., Martikainen, P., 2006. A comparison of three trapping methods used to survey forest-dwelling Coleoptera. *Eur. J. Entomol.*, 103, 397–407.
- Kapla, A., Ambrožič, Š., Vrezec, A., 2010. Status and seasonal dynamic of *Cucujus cinnaberinus* (Scopoli, 1763) in Slovenia. V: 6th European symposium and workshop on conservation of saproxylic beetles. Jurc M., Repe A., Meterc G., Borkovič D. (ur.). Ljubljana, June 15–17 2010, 23–24.
- Koch, K., 1989. Die Käfer Mitteleuropas, Ökologie, Band 1. Krefeld, Goecke & Evers.
- Koch, K., 1992. Die Käfer Mitteleuropas, Ökologie, Band 3. Krefeld, Goecke & Evers.
- Kubisz, D., 2010. 4021 *Phryganophilus ruficollis* (Fabricius, 1798) – konarek tajgowy. (internetni vir: [http://natura2000.gdos.gov.pl/natura2000/pl/poradnik/Tom\\_6\\_Gatunki\\_zwierzat\\_z\\_wyjatkami\\_ptakow/1\\_Bezkregowce/4021\\_Konarek\\_tajgowy.pdf](http://natura2000.gdos.gov.pl/natura2000/pl/poradnik/Tom_6_Gatunki_zwierzat_z_wyjatkami_ptakow/1_Bezkregowce/4021_Konarek_tajgowy.pdf))
- Lachat, T., Ecker, K., Duelli, P., Wermelinger, B., 2013. Population trends of *Rosalia alpina* (L.) in Switzerland: a lasting turnaround? *Journal of Insect Conservation*, 17, 653–662.
- Matern, A., Drees, C., Meyer, H., Assmann, T., 2007. Population ecology of the rare carabid beetle *Carabus variolosus* (Coleoptera: Carabidae) in north-west Germany. *J. Insect. Conserv.*, doi 10.1007/s10841-007-9096-3.
- Mikšič, R., Georgijević, E., 1973. Cerambycidae Jugoslavije. II. dio. Djela, Knjiga XLV, Odjeljenje prirodnih in matematičkih nauka, knjiga 4. Sarajevo, Akademija nauka in umjetnosti Bosne i Hercegovine.
- Mikšič, R., Korpić, M., 1985. Cerambycidae Jugoslavije. III. dio. Djela, Knjiga LXII, Odjeljenje prirodnih in matematičkih nauka, knjiga 4. Sarajevo, Akademija nauka in umjetnosti Bosne i Hercegovine.
- Mühle, H., 1981. Relikt – Arten (Coleoptera, Buprestidae). *Entomofauna, Zeitschrift für Entomologie*, 25, 303–306.
- Müller, J., Bußler, H., Bense, U., Brustel, H., Flechtner, G., Fowles, A., Kahlen, M., Möller, G., Mühle, H., Schmidl, J., Zabransky, P., 2005. Urwald relict species – Saproxylic beetles indicating structural qualities and habitat tradition. *Waldökologie online*, 2, 106–113.
- Müller, J., Noss, R. F., Bussler, H., Brandl, R., 2010. Learning from a „benign neglect strategy“ in a national park: Response of saproxylic beetles to dead wood accumulation. *Biological Conservation*, 143, 2559–2569.
- Napier, D., 2003. The Great Stag Hunt – methods and findings of the 1998 National Stag Beetle Survey. Proceedings of the second pan-European conference on Saproxylic Beetles. London, People's Trust for Endangered Species.
- Ranius, T., Aguado, L. O., Antonsson, K., Audisio, P., Balleri, A., Carpaneto, G. M., Chobot, K., Gjurašin, B., Hanssen, O., Huijbregts, H., Lakatos, F., Martin, O., Neculiseanu, Z., Nikitsky, N. B., Paill, W., Pirnat, A., Rizun, V., Ruicănescu, A., Stegner, J., Süda, I., Szwalko, P., Tamutis, V., Telnov, D., Tsinkevich, V., Versteirt, V., Vignon, V., Vögeli, M., Zach, P., 2005. *Osmoderma eremita* (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae) in Europe. *Animal Biodiversity and Conservation*, 28, 1–44.
- Ranius, T., Hedin, J., 2001. The dispersal rate of a beetle, *Osmoderma eremita*, living in tree hollows. *Oecologia*, 126, 363–370.
- Russo, D., Cistrone, L., Garonna, A. P., 2011. Habitat selection by the highly endangered long-horned beetle *Rosalia alpina* in Southern Europe: a multiple spatial scale assessment. *Journal of Insect Conservation*, 15, 685–693.
- Scopoli, I. A., 1763. *Entomologia Carniolica*. Vindobonae, Typis Ioannis Thomae Trattner.
- Skoberne, P., 2003a. Metoda opredeljevanja potencialnih območij narave ekološkega omrežja NATURA 2000 v Sloveniji. Inačica 2.1 (januar 2003). Ljubljana, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija za varstvo okolja: 44 str.
- Skoberne, P., 2003b. NATURA 2000 – del vseevropskega ekološkega omrežja. V: *Gozdarska politika zavarovanih območij, zbornik ob posvetovanju*. Krajčič D. (ur.). Ljubljana, Gospodarska zbornica Slovenije, Združenje za gozdarstvo: 10 str.
- Sprecher, E., 2003. The status of *Lucanus cervus* in Switzerland. Proceedings of the second pan-European conference on Saproxylic Beetles. London, People's Trust for Endangered Species.
- Straka, U., 2006. Zur Verbreitung und Ökologie des Scharlachkäfers *Cucujus cinnaberinus* (Scopoli, 1763) in den Donauauen des Tullner Feldes (Niederösterreich). *Beiträge zur Entomofaunistik*, 7, 3–20.
- Škropík, M., Mourek, J., 2006. Metodika monitoringu evropsky významného druhu kovařík fialový (*Limoniscus violaceus*). Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny České Republiky. (Internetni vir: [http://www.nature.cz/publik\\_syst2/files08/Methodika-Limoniscus-violaceus.pdf](http://www.nature.cz/publik_syst2/files08/Methodika-Limoniscus-violaceus.pdf))
- Uradni list RS, št. 33/2013: Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o posebnih varstvenih območjih

- (območjih Natura 2000), str. 4033.
- Vernik, M., 2014. Zbiranje podatkov o razširjenosti nekaterih vrst hroščev (Coleoptera) po Natura 2000 v Sloveniji - spletni portal [www.sporocivrsto.si](http://www.sporocivrsto.si). V: Knjiga povzetkov 4. slovenskega entomološkega simpozija z mednarodno udeležbo. Klokočovnik V., Podlesnik J. (ur.). Maribor, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru: 47.
- Vignon, V., Orabi, P., 2003. Exploring the hedgerows network in the west France for the conservation of saproxylic beetles (*Osmoderma eremita*, *Gnoriumus variabilis*, *Lucanus cervus*, *Cerambyx cerdo*). Proceedings of the second pan-European conference on Saproxylic Beetles. London, People's Trust for Endangered Species.
- Vrezec, A., 2008. Fenološka ocena pojavljanja imagov štirih vrst varstveno pomembnih saproksilnih hroščev v Sloveniji: *Lucanus cervus*, *Cerambyx cerdo*, *Rosalia alpina*, *Morinus funereus* (Coleoptera: Lucanidae, Cerambycidae). Acta entomologica slovenica, 16, 117–126.
- Vrezec, A., Polak, S., Kapla, A., Pirnat, A., Šalamun, A., 2007. Monitoring populacij izbranih ciljnih vrst hroščev – *Carabus variolosus*, *Leptodirus hohenwartii*, *Lucanus cervus* in *Morinus funereus*, *Rosalia alpina*. Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo.
- Vrezec, A., Pirnat, A., Kapla, A., Denac, D., 2008. Zasnova spremljanja stanja populacij izbranih ciljnih vrst hroščev vključno z dopolnitvijo predloga območij za vključitev v omrežje NATURA 2000. *Morinus funereus*, *Rosalia alpina*, *Cerambyx cerdo*, *Osmoderma eremita*, *Limoniscus violaceus*, *Graphoderus bilineatus*. Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo.
- Vrezec, A., Ambrožič, Š., Polak, S., Pirnat, A., Kapla, A., Denac, D., 2009. Izvajanje spremljanja stanja populacij izbranih ciljnih vrst hroščev v letu 2008 in 2009 in zasnova spremljanja stanja populacij izbranih ciljnih vrst hroščev. *Carabus variolosus*, *Leptodirus hohenwartii*, *Lucanus cervus*, *Morinus funereus*, *Rosalia alpina*, *Bolbelasmus unicornis*, *Stephanopachys substriatus*, *Cucujus cinnaberinus*, *Rhysodes sulcatus*. Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo.
- Vrezec, A., Kapla, A., Denac, D., 2010a. Dodatne raziskave kvalifikacijskih vrst Natura 2000 ter izvajanje spremljanja stanja populacij izbranih ciljnih vrst hroščev v letih 2010 in 2011. Drugo vmesno poročilo. Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo.
- Vrezec, A., Ambrožič, Š., Kapla, A., 2010b. Biology and ecology of flightless cerambycid *Morinus funereus* (Mulsant, 1862) as a background for monitoring application: laboratory and large-scale field study. V: European symposium and workshop on conservation of saproxylic beetles. Jurc M., Repe A., Meterc G., Borkovič D. (ur.), 6th, June 15–17, 2010, Ljubljana: 20.
- Vrezec, A., Pirnat, A., Kapla, A., Polak, S., Vernik, M., Brelih, S., Droveni, B., 2011a. Pregled statusa in raziskanosti hroščev (Coleoptera) evropskega varstvenega pomena v Sloveniji s predlogom slovenskega poimenovanja. Acta entomologica slovenica, 19, 81–138.
- Vrezec, A., Ambrožič, Š., Kapla, A., 2011b. Dodatne raziskave kvalifikacijskih vrst Natura 2000 ter izvajanje spremljanja stanja populacij izbranih ciljnih vrst hroščev v letih 2010 in 2011. *Carabus variolosus*, *Lucanus cervus*, *Rosalia alpina*, *Morinus funereus*, *Cucujus cinnaberinus*, *Cerambyx cerdo*, *Graphoderus bilineatus*. Končno poročilo. – Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo.
- Vrezec, A., Ambrožič, Š., Kapla, A., 2012a. An overview of sampling methods tests for monitoring schemes of saproxylic beetles in the scope of Natura 2000 in Slovenia. V: Saproxylic beetles in Europe: monitoring, biology and conservation. Jurc M. (ur.). Ljubljana, Studia forestalia, strokovna in znanstvena dela 137, Slovenian Forestry Institute, Sliva Slovenica: 73–90.
- Vrezec, A., Ambrožič, Š., Kapla, A., 2012b. Dodatne raziskave kvalifikacijskih vrst Natura 2000 ter izvajanje spremljanja stanja populacij izbranih ciljnih vrst hroščev v letu 2012: *Carabus variolosus*, *Lucanus cervus*, *Rosalia alpina*, *Morinus funereus*, *Graphoderus bilineatus*. Končno poročilo. Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo.
- Vrezec, A., Ambrožič, Š., Kapla, A., 2013a. Izvajanje spremljanja stanja populacij izbranih ciljnih vrst hroščev v letu 2013 in 2014. Poročilo za sklop 1. Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo.
- Vrezec, A., Ambrožič, Š., Kapla, A., 2013b. Favna hroščev evropskega varstvenega pomena v krajinskem parku Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib, končno poročilo. Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo.
- Zach, P., 2003. The occurrence and conservation status of *Limoniscus violaceus* and *Ampedus quadrisignatus* (Coleoptera, Elateridae) in Central Slovakia. London, Proceedings of the second pan-European conference on Saproxylic Beetles.
- Zuur, A., Ieno, E., Walker, N., Savelie, A., Smith, G., 2009. Mixed effect models and extensions in ecology with R. New York, Springer Verlag: 574 str.