

Silva Gabreta	vol. 26	p. 1–14	Vimperk, 2020
---------------	---------	---------	---------------

Koprofágní vrubounovití (Scarabaeidae) a chrobákovití (Geotrupidae) brouci na vybraných lokalitách Šumavy a jejich odpověď na aplikaci antiparazitik u hospodářských zvířat II.

Dung beetles (Scarabaeidae & Geotrupidae) and their response to antiparasitic treatment of livestock in selected localities of the Bohemian Forest II.

Lucie Ambrožová^{1,2,*}, František X. J. Sládeček^{1,2}, Romana Roučková³,
Vladimír Dvořák³ & Lukáš Čížek¹

¹ Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Entomologický ústav, Branišovská 1160/31,
CZ-37005 České Budějovice, Česká republika

² Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita, Branišovská 1760, CZ-37005 České Budějovice,
Česká republika

³ Národní park Šumava, 1. máje 260, CZ-38502 Vimperk, Česká republika

* L.Ambrozova@seznam.cz

Abstract

Herein, we report results of dung beetle survey conducted at 23 sites in the central and western part of the Šumava National Park. This was the second year of investigations aimed at assessing richness and distribution of dung beetles in the park and their response to antiparasitic medication in livestock. In each of the 23 pastures, all dung beetles from 10 cattle or 20 sheep dung pats were collected three times (spring, summer, autumn) in 2019. In total, we recorded 4 species of Geotrupidae and 28 species of Scarabaeidae, including 2 red-listed species, 4 faunistically interesting species, and one individual of red-listed rove beetle *Emus hirtus* (Staphylinidae). The diversity of dung beetles was lower at sites where the livestock was treated with antiparasitics. The lowest diversity was recorded on recently treated pastures.

Key words: Dung beetles, conservation, Bohemian Forest, antiparasitics

Úvod

Koprofágní brouci jsou významnou součástí pastevních ekosystémů a zajišťují hned několik ekosystémových služeb. Hrají klíčovou roli v první fázi odbourávání trusu, který svou aktivitou zpřístupňují dalším dekompozitorům – žížalám (HOLTER 1977), houbám a bakteriím (LUSSENHOP et al. 1980). Zároveň obohacují půdu o organickou složku, podporují uhlíkový cyklus a redukují infekční stadia parazitů hospodářských zvířat, která jsou vylučována s trusem a zamořující pastviny (NICHOLS et al. 2008). Dle způsobu hnízdění dělíme koprofágní brouky do tří ekologických skupin, z nichž každá přispívá k degradaci trusu jiným

způsobem (HANSKI & CAMBEFORT 1991). Štolaři (angl. tunnellers) hloubí v půdě pod trusem tunely, do kterých zatahují čerstvý trus a zásobují jím hnízdní komůrky sloužící k vývoji larev. Obývači (angl. dwellers) mají koprofágní dospělce i larvy, které se vyvíjí přímo v hroudě trusu, anebo na rozhraní trusu a podkladu. Zvláštní podskupinou obývačů jsou generalisté, kteří se žijí trusem pouze jako dospělci, ale jejich larvy se vyvíjí mimo trus na zahrabávané rostlinné hmotě. Poslední skupina válečů (angl. rollers) si z trusu tvoří kuličky, které pak odvaluje a zahrabává do tunelů dále od zdroje. Váleči se však ve sledovaném území nevyskytují.

Mezi hmyzem vázaným na agroekosystémy jsou koprofágní brouci jednou ze skupin nejvíce postižených změnami hospodaření a využitím krajiny (HUTTON & GILLER 2003). Zanikání pastvin v minulém století vedlo k dramatickému propadu v počtech koprofágů a k lokálnímu vymírání některých druhů. V současnosti sice celková plocha pastvin opět narůstá, ale kvůli častému a plošnému odčervování dobytka se stavy koprofágů příliš nezlepšují (METERA et al. 2010, LUMARET et al. 2012).

Některé antiparazitární přípravky, které dobytek vylučuje v trusu, jsou toxické pro koprofilní organismy. Nejčastěji používaná antiparazitika jsou přípravky na bázi makrocyklických laktonů (např. ivermektin, moxidectin) a benzimidazolů (např. albendazol, fenbendazol). V případě makrocyklických laktonů jsou v trusu vylučovány jejich stále aktivní rezidua, která negativně ovlivňují koprofágní hmyz (nedokončený vývoj larev, špatná sensorika a motorika dospělců) až po dobu několika týdnů od aplikace (LUMARET et al. 2012). U benzimidazolů nebyl negativní vliv na koprofágní hmyz prokázán (LUMARET & ERROUSSI 2002). Díky citlivosti na kvalitu pastvin a způsob hospodaření koprofágní brouci často slouží jako indikační skupina při biomonitorních šetřeních (NICHOLS & GARDNER 2011).

Monitoring koprofágů na území Národního parku Šumava (dále jen NPŠ) odstartoval průzkum jižní části v roce 2018 (AMBROŽOVÁ et al. 2019). V roce 2019 jsme navázali na pilotní průzkum s cílem doplnit znalosti o rozšíření koprofágů i ze střední a západní části parku. Podobně jako v předchozím roce, i tentokrát prezentujeme výsledky monitoringu v kontextu odčervování hospodářských zvířat, které může mít negativní dopad na diverzitu a množství hmyzu rozkládajícího trus.

MATERIÁL A METODY

Lokalita

Ve spolupráci se Správou NPŠ jsme vytypovali každoročně pasené lokality vhodné pro dlouhodobý monitoring koprofágů. Lokality byly navštíveny na jaře, v létě a na podzim, pokud byly v té době paseny (seznam lokalit, měsíce sběru i odčervení jsou uvedeny v Tabulce 1). Konkrétní datum sběru se vždy odvíjelo od aktuálního počasí a vývoje sezóny koprofágů. Lokality z vyšších nadmořských výšek byly poprvé navštíveny až na přelomu května a června, kvůli pozdějšímu termínu vyhnání zvířat na pastvu.

Zpracování vzorků a dat

Vzhledem k rozsahu projektu byly na sběr koprofágů zaškoleny dvě brigádnické skupiny. Při každé návštěvě bylo na kravských pastvinách standardně sebráno 10 kusů 2–4 dny starého trusu a z něj byli ve vědru s vodou vyplaveni koprofágové. Na ovčích pastvinách jsme standardně

sbírali 20 kusů trusu, brouci z něj byli vybírání ručně tvrdou pinzetou. Brouci pak byli determinováni na Entomologickém ústavu AV ČR v Českých Budějovicích, kde jsou uloženy i dokladové exempláře. Nomenklatura brouků je sjednocena podle monografie LÖBL & LÖBL (2016).

Vliv odčervení na diverzitu koprofágů (Simpsonův index diverzity, SIMPSON 1949) jsme testovali pomocí lineárních modelů se smíšenými efekty. Počet druhů, celkovou abundanci, a zastoupení tří ekologických skupin koprofágů jsme testovali pomocí zobecněných lineárních modelů se smíšenými efekty (obojí pomocí knihovny “lme4”, BATES et al. 2015). V modelech jsme zohledňovali jako faktor s pevným efektem i druh herbivora a sezónu sběru, a lokalitu jako faktor s náhodným efektem. Modely jsme pak validovali pomocí knihovny DHARMA (HARTIG 2020). Do analýz vstupovaly pouze lokality, u kterých byla známá odčervovací látka. Vyřazeny byly čtyři lokality, kde se způsob odčervení nepodařilo zjistit a dvě lokality, kde byla antiparazitika aplikována formou lizu.

Zjišťovali jsme rozdíl mezi dvěma nejčastějšími typy přípravků na odčervení – léky na bázi makrocyclických laktónů (ivermektin) a léky na bázi benzimidazolů (fenbendazol a albendazol). Mimo to nás zajímal také efekt doby uplynulé od odčervení, proto jsme rozdělili odčervené lokality do dvou kategorií – odčerveno méně než 8 týdnů před sběrem (rezidua přípravků stále detekovatelná a mohou mít stále vliv na koprofaunu; GOKBULUT et al. 2006, FERNANDEZ et al. 2009), odčerveno více než 8 týdnů před sběrem (bez měřitelných reziduí, efekt na koprofaunu se nepředpokládá) a srovnávali jsme je se stavem neodčervěných pastvin. Rozdíl mezi nimi jsme pak testovali pomocí mnohonásobných porovnání (knihovna “multcomp”, HOTHORN et al. 2008). Všechny analýzy byly provedeny v programu R verze 3.6.1 (R CORE TEAM 2019).

VÝSLEDKY A DISKUZE

V sezóně 2019 byli koprofágové sbírání na 23 lokalitách v NPŠ v době pastvy skotu anebo ovcí. Celkem jsme zde zaznamenali 32 druhů brouků, z toho 4 druhy z čeledi chrobákovití (Geotrupidae) a 28 z čeledi vrubounovití (Scarabaeidae). Seznam druhů je uveden v Příloze 1. Nejpočetnější byli jarní a podzimní hnojníci *Melinopterus sphaelatus*, *M. prodromus* a *Nimbus contaminatus*. Ze vzácnějších druhů jsme zaznamenali *Agrilinus convexus*, *Limarus maculatus*, *Parammoecius corvinus*, *Planolinus fasciatus*, a zároveň dva druhy Červeného seznamu bezobratlých (KRÁL & BEZDĚK 2017) – *Euorodalus coenosus* (zranitelný) a *Rhodaphodius foetens* (ohrožený). Mimo cílovou skupinu koprofágů jsme zjistili na pastvině v Horním Cazově u Českých Žlebů jednoho drabčíka huňatého (*Emus hirtus*; zákonem chráněný jako ohrožený druh, v Červeném seznamu veden jako zranitelný, VÁVRA et al. 2017).

Druhově nejbohatší lokalitou byla ovčí pastvina u bývalé obce Silnice s 24 druhy koprofágů, zároveň také hostila nejvíce vzácných druhů. Druhově bohatší byly i další lokality, kde sběr proběhl třikrát za sezónu. Na lokalitách, kde se nepáslo a tím pádem ani nesbíralo celou sezónu, je pochopitelně počet zaznamenaných druhů nižší, a proto v tomto případě není pouhé srovnání počtu druhů zcela objektivním měřítkem kvality pastvin.

Tato studie volně navázala na průzkum z roku 2018 (AMBROŽOVÁ et al. 2019), kde bylo stejnou metodikou prozkoumáno 6 lokalit na Stožecku a Novopecku s pastvou skotu, ovcí a koní, a ve které jsme zaznamenali 24 druhů koprofágů. Nejbohatší lokalitou tehdy byla pastvina s neodčervovanými býky ve Stožci.

Tabulka 1. Seznam prozkoumaných lokalit

Table 1. The list of surveyed localities. Ovce = sheep, skot = cattle, nic = no antiparasitic treatment.

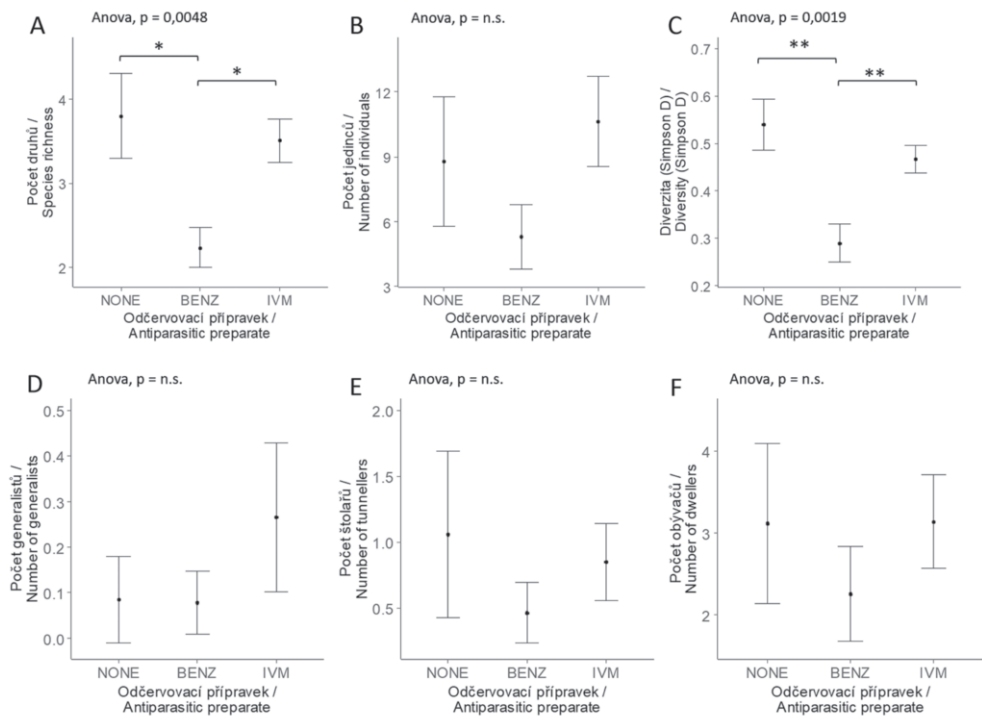
Lokalita/ Site	Herbivor/ Herbivore	Sběr (měsíc)/ Sampling (month)	Nadmořská výška (m n. m.) /Altitude (m a.s.l.)	GPS	Odčervování (měsíc)/ Antiparasitic treatment (month)	Počet druhů/ Species richness	Počet jedinců/ Abundance
České Žleby	ovce	V, VII	900	48.8782208 N, 13.7781411 E	albendazol (IV)	14	206
České Žleby – Dolní Cázov	skot	VII, IX	850	48.8857644 N, 13.7396561 E	ivermektin + closantel (I)	13	602
České Žleby – Horní Cázov	skot	VI	930	48.8802433 N, 13.7654475 E	ivermektin + closantel (I)	10	69
České Žleby – Radvanovice	skot	V, IX	850	48.8952411 N, 13.7576808 E	ivermektin + closantel (III)	16	1142
Filipova Huť	ovce	VI, IX	1100	49.0308792 N, 13.5216064 E	albendazol (V)	14	349
Horská Kvilda	ovce	VI, VIII, X	1070	49.0566719 N, 13.5586797 E	fenbendazol (VI)	18	284
Jelení Vrchy	ovce	V, VII, IX	800	48.8038381 N, 13.8871925 E	albendazol (IV)	17	764
Kepelské Zhůří	skot	VII, X	900	49.1768819 N, 13.3342219 E	nic	11	123
Knižecí Pláně	ovce	VII, IX	1000	48.9572394 N, 13.6143647 E	?	14	1042
Knižecí Pláně	skot	VII, IX	1000	48.9504461 N, 13.6266694 E	nic	11	610
Kozí Hřbety	skot	VI, VIII, X	800	49.1167797 N, 13.5171647 E	ivermektin (V)	12	314
Kvilda	skot	VI, VII, IX	1070	49.0299142 N, 13.5769403 E	ivermektin (IV)	14	1281

Tabulka 1. Pokračování /Table 1. Continued

Lokalita/ Site	Herbivor/ Herbivore	Sběr (měsíc)/ Sampling (month)	Nadmořská výška (m n. m.) /Altitude (m a.s.l.)	GPS	Odčervování (měsíc)/ Antiparasitic treatment (month)	Počet druhů/ Species richness	Počet jedinců/ Abundance
Na Vinici	ovce	V	730	49.1446053 N, 13.5242394 E	?	13	257
Nová Hůrka	ovce	V	900	49.1443275 N, 13.3240508 E	?	15	278
Nový Svět	skot	V	925	49.0007117 N, 13.6730056 E	?	14	1928
Prášily	ovce	V, VII, X	910	49.1067231 N, 13.3754206 E	ivermektin (IV, VIII)	20	643
Silnice	ovce	VI, VII, IX	870	48.8828806 N, 13.7036989 E	ivermektin (IV)	24	613
Skelná	skot	V, VIII, X	870	49.1575906 N, 13.3878661 E	ivermektin (IV)	18	1163
Srní – Sedlo	skot	V	880	49.0993303 N, 13.4716261 E	liz (I)	13	337
Srní – Sedlo	ovce	VII, X	840	49.1028917 N, 13.4696092 E	liz (I)	17	299
Stodůlky	skot	V, X	820	49.1207119 N, 13.4298319 E	nic	15	194
Svoje	skot	VI	770	49.1165817 N, 13.5086192 E	ivermektin (V)	13	478
Velký Bor	ovce	VIII, X	830	49.1050408 N, 13.4237111 E	albendazol (IV)	11	118
Zadní Paště	skot	VIII	890	49.1119800 N, 13.4612833 E	nic	11	129
Zadní Zvonková	skot	V, VII	790	48.7236164 N, 13.9878203 E	ivermektin (IV)	11	1208

Odčervovací látky

Zjistili jsme, že typ odčervovacího přípravku má významný vliv na počet druhů ($\chi^2 = 10,678$, $df = 2$, $P = 0,005$) a diverzitu ($\chi^2 = 12,506$, $df = 2$, $P = 0,002$) koprofágů, zatímco na celkovou abundanci, ani počty jedinců jednotlivých ekologických skupin, přípravek vliv nemá. Lokality odčervené přípravky na bázi benzimidazolů (albendazol a fenbendazol) byly průkazně chudší co do počtu druhů (estimate = $-0,531$, z value = $-2,792$, $P = 0,015$) i diverzity (estimate = $-0,251$, z value = $-3,303$, $P = 0,003$), ve srovnání s pastvinami neodčervovanými (Obr. 1). Tento výsledek je v rozporu s většinou dosavadních ekologických a farmakokinetických studií, dle kterých by benzimidazoly neměly mít žádný nebo pouze zanedbatelně negativní vliv (např. STRONG et al. 1996, WARDHAUGH et al. 2001, LUMARET & ERROUISSI 2002). Naopak poměrně dobře známý negativní vliv makrocyclických laktonů (ivermektin, VERDU et al. 2018)



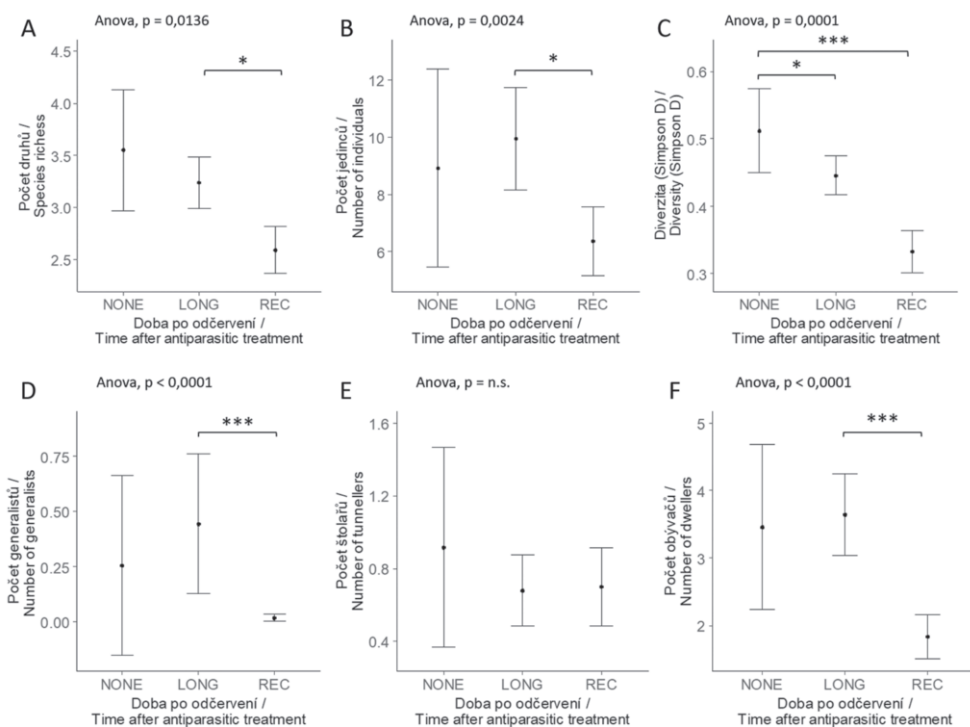
Obr. 1. Vliv odčervovacích přípravků na vybrané charakteristiky společenstev koprofágních brouků. Jednotlivé panely zobrazují výsledky vlivu odčervovacího přípravku na počet druhů (A), počet jedinců (B), diverzitu (C), počet generalistů (D), počet štolářů (E) a počet obyvatelů (F). Legenda: bez odčervení (NONE), přípravek na bázi benzimidazolů (BENZ), přípravek na bázi makrocyclických laktonů (IVM), $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**), nesignifikanční výsledek (n.s.).

Fig. 1. The effect of type of antiparasitic drugs on selected characteristics of dung beetle communities. Panels represent results of the effect of antiparasitic prepare on species richness (A), abundance (B), diversity (C), number of generalists (D), number of tunnellers (E), and number of dwellers (F). Legend: without anthelmintic treatment (NONE), prepare based on benzimidazoles (BENZ), prepare based on macrocyclic lactones (IVM), $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**), not significant result (n.s.).

se v naší studii neprokázal. Námi pozorovaný stav je pravděpodobně způsoben nevyvážeností počtu odčervovaných a neodčervovaných pastvin, anebo může mít ještě jiné příčiny, kterým jsme se v této práci nevěnovali (např. rozdílná doba trvání pastvy na lokalitě, výkyvy počasí, izolovanost, historie odčervování na konkrétních lokalitách, apod.).

Doba po odčervení

Doba po odčervení měla významný vliv na počet druhů ($\chi^2 = 8,593$, $df = 2$, $P = 0,014$), celkovou abundanci ($\chi^2 = 12,011$, $df = 2$, $P = 0,002$), diverzitu ($\chi^2 = 17,324$, $df = 2$, $P < 0,001$), počet generalistů ($\chi^2 = 28,616$, $df = 2$, $P < 0,0001$) a počet obývačů ($\chi^2 = 26,284$, $df = 2$, $P < 0,001$). Nedávno odčervené pastviny (prvních 8 týdnů po podání přípravku) měly nižší diverzitu než pastviny neodčervené (estimate = $-0,179$, z value = $2,534$, $P = 0,027$).



Obr. 2. Vliv doby po odčervení na vybrané charakteristiky společenstev koprofágních brouků. Jednotlivé panely zobrazují výsledky vlivu doby uplynulé od odčervení na počet druhů (A), počet jedinců (B), diverzitu (C), počet generalistů (D), počet štolářů (E) a počet obývačů (F). Legenda: bez odčervení (NONE), odčerveno >8 týdnů před sběrem (LONG), odčerveno ≤8 týdnů před sběrem (REC), $p < 0,05$ (*), $p < 0,001$ (***), nesignifikanční výsledek (n.s.).

Fig. 2. The effect of type of time after antiparasitic treatment on selected characteristics of dung beetle communities. Panels represent results of the effect of time after antiparasitic treatment on species richness (A), abundance (B), diversity (C), number of generalists (D), number of tunnellers (E), and number of dwellers (F). Legend: without anthelmintic treatment (NONE), herbivores treated >8 weeks before sampling (LONG), herbivores treated ≤8 weeks before sampling (REC), $p < 0.05$ (*), $p < 0.001$ (***), not significant result (n.s.).

Rozdíl mezi odčervovanými a neodčervovanými pastvinami v počtu druhů, celkové abundanci brouků ani zastoupení ekologických skupin porovnání neukázala, patrně kvůli nedostatku pozorování na neodčervovaných pastvinách (71 ze 606 vzorků). Významně nižší byly počty druhů (estimate = -0,224, z value = -2,868, P = 0,010), abundance (estimate = -0,446, z value = -3,456, P = 0,001), diverzita (estimate = -0,113, z value = -0,975, P < 0,001), počet generalistů (estimate = -3,151, z value = -5,300, P < 0,001) a počet obývačů (estimate = -0,686, z value = -5,127, P < 0,001) na lokalitách čerstvě odčervovaných ve srovnání s dávno odčervovanými (Obr. 2). Nízké počty obývačů a generalistů v čerstvě odčervovaném trusu mohly být způsobeny menší atraktivitou pro hmyz právě díky reziduím antiparazitik (HOLTER et al. 1993). Většina moderních prací však ale ukazuje, že makrocyclické laktony působí na koprofágní brouky spíše jako atraktant (např. FLOATE 2007, ERROUISSI & LUMARET 2010). V kombinaci se značnou toxicitou reziduí, zejména pro larvy koprofágů (O'HEA et al. 2010), může při dlouhodobém odčervování postupně dojít k ochuzení daného společenstva do takové míry, že už nebude schopné efektivně odstraňovat nahromaděný trus (KAVANAUGH & MANNING 2020).

ZÁVĚR

V roce 2019 bylo prozkoumáno 23 lokalit na území NP Šumava, kde jsme zjistili 26 běžných a 6 vzácnějších druhů koprofágních brouků čeledi Scarabaeidae a Geotrupidae. Lokality, kde se pásala odčervená zvířata, měly menší diverzitu koprofágů. Pro potřeby ochrany přírody by proto bylo vhodné vyvarovat se využití čerstvě odčervovaných zvířat pro údržbu biologicky hodnotných lokalit, aby nedocházelo k ochuzování společenstev koprofágů a zároveň hromadění nerozloženého trusu.

Poděkování. Průzkum vznikl za podpory Správy NP Šumava. Za revizi determinací patří poděkování A. Bezděkovi z Entomologického ústavu BC AV ČR. Recenzentům patří poděkování za věcné komentáře a bystré oko.

LITERATURA

- AMBROŽOVÁ L., SLÁDEČEK F.X.J. & ČÍZEK L., 2019: Koprofágní vrubounovití (Scarabaeidae) a chrobákovití (Geotrupidae) brouci na vybraných lokalitách Šumavy a jejich odpověď na aplikaci antiparazitik u hospodářských zvířat [Dung beetles (Scarabaeidae & Geotrupidae) and their response to antiparasitic treatment of livestock in selected localities of the Bohemian Forest]. *Silva Gabreta*, 25: 15–24 (in Czech).
- BATES D., MAECHLER M., BOLKER B. & WALKER S., 2015: Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1): 1–48.
- ERROUISSI F. & LUMARET J.P., 2010: Field effects of faecal residues from ivermectin slow release boluses on the attractiveness of cattle dung to dung beetles. *Medical and Veterinary Entomology*, 24(4): 433–440.
- FERNANDEZ C., ANDRES M.S., PORCEL M.A., RODRIGUEZ C., ALONSO A. & TARAZONA J.V., 2009: Pharmacokinetic Profile of Ivermectin in Cattle Dung Excretion, and its Associated Environmental Hazard. *Soil & Sediment Contamination*, 18 (5): 564–575.
- FLOATE K.D., 2007: Endectocide residues affect insect attraction to dung from treated cattle: implications for toxicity tests. *Medical and Veterinary Entomology*, 21(4): 312–322.
- GOKBULUT C., AKAR F. & MCKELLAR Q.A., 2006: Plasma disposition and faecal excretion of oxfendazole, fenbendazole and albendazole following oral administration to donkeys. *Veterinary Journal*, 172(1): 166–172.
- HANSKI I. & CAMBEFORT Y., 1991: Species richness. In: *Dung beetle ecology*, HANSKI I. & CAMBEFORT Y. (eds.). Princeton University Press, 350–365.
- HARTIG F., 2020: DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models. R package version 0.2.7.

- HOLTER P., 1977: An experiment on dung removal by *Aphodius* larvae (Scarabaeidae) and earthworms. *Oikos*, 28: 130–136.
- HOLTER P., SOMMER C., GRØNVOLD J. & MADSEN M., 1993: Effects of ivermectin treatment on the attraction of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae and Hydrophilidae) to cow pats. *Bulletin of Entomological Research*, 83(1): 53–58.
- HOTHORN T., BRETZ F. & WESTFALL P., 2008: Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal*, 50(3): 346–363.
- HUTTON S.A. & GILLER P.S., 2003: The effects of the intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities. *Journal of Applied Ecology*, 40(6): 994–1007.
- KAVANAUGH B., & MANNING P., 2020: Ivermectin residues in cattle dung impair insect mediated dung removal but not organic matter decomposition. *Ecological Entomology*, 45(3): 671–678.
- KRÁL D. & BEZDĚK A., 2017: Scarabaeoidea (vrubounovití). In: *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí [Red List of threatened species of the Czech Republic. Invertebrates]*, HEJDA R., FARKAČ J. & CHOBOT K. (eds) *Příroda*, Praha, 36: 409–413 (in Czech).
- LÖBL I. & LÖBL D. (eds.), 2016: *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 3. Revised and Updated Edition. Scarabaeoidea – Scirtoidea – Dascilloidea – Buprestoidea – Byrrhoidea*. Brill, 983 pp.
- LUMARET J.P. & ERROUSSI F., 2002: Use of anthelmintics in herbivores and evaluation of risks for the non target fauna of pastures. *Veterinary Research*, 33(5): 547–562.
- LUMARET J.P., ERROUSSI F., FLOATE K., ROMBKE J. & WARDHAUGH K., 2012: A review on the toxicity and non-target effects of macrocyclic lactones in terrestrial and aquatic environments. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 13(6): 1004–1060.
- LUSSENHOP J., KUMAR R., WICKLOW D.T. & LLOYD J.E., 1980: Insect effects on bacteria and fungi in cattle dung. *Oikos*, 34: 54–58.
- METERA E., SAKOWSKI T., SŁONIEWSKI K. & ROMANOWICZ B., 2010: Grazing as a tool to maintain biodiversity of grassland—a review. *Animal Science Papers and Reports*, 28(4): 315–334.
- NICHOLS E.S. & GARDNER T.A., 2011: Dung Beetles as a Candidate Study Taxon in Applied Biodiversity Conservation Research. In: *Ecology and Evolution of Dung Beetles*, SIMMONS L.W. & RIDSDILL-SMITH T.J. (eds), Blackwell Publishing Ltd, 267–291.
- NICHOLS E., SPECTOR S., LOUZADA J., LARSEN T., AMEZQUITA S. & FAVILA M.E., 2008: Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6): 1461–1474.
- O’HEA N.M., KIRWAN L., GILLER P.S. & FINN J.A., 2010: Lethal and sub-lethal effects of ivermectin on north temperate dung beetles, *Aphodius ater* and *Aphodius rufipes* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Insect Conservation and Diversity*, 3(1): 24–33.
- R CORE TEAM, 2019: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- SIMPSON E.H., 1949: Measurement of diversity, *Nature*, 163(4148): 688.
- STRONG L., WALL R., WOOLFORD A. & DJEDDOUR D., 1996: The effect of faecally excreted ivermectin and fenbendazole on the insect colonisation of cattle dung following the oral administration of sustained-release boluses. *Veterinary Parasitology*, 62(3–4): 253–266.
- VÁVRA J.CH., JANÁK J. & ŠÍMA A., 2017: Staphylinidae (drabčikoviti). In: *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí [Red List of threatened species of the Czech Republic. Invertebrates]*, HEJDA R., FARKAČ J. & CHOBOT K. (eds) *Příroda*, Praha, 36: 421–442 (in Czech).
- VERDU J.R., LOBO J.M., SANCHEZ-PINERO F., GALLEGO B., NUMA C., LUMARET J.P., CORTEZ V., ORTIZ A.J., TONELLI M., GARCIA-TEBA J.P., REY A., RODRIGUEZ A. & DURAN J., 2018: Ivermectin residues disrupt dung beetle diversity, soil properties and ecosystem functioning: An interdisciplinary field study. *Science of the Total Environment*, 618: 219–228.
- WARDHAUGH K.G., HOLTER P. & LONGSTAFF B., 2001: The development and survival of three species of coprophagous insect after feeding on the faeces of sheep treated with controlled-release formulations of ivermectin or albendazole. *Australian Veterinary Journal*, 79(2): 125–132.

Received: 6 April 2020
Accepted: 19 May 2020

Příloha 1. Seznam druhů zaznamenaných na studovaných lokalitách. Stupeň ohrožení převzat dle KRÁL & BEZDĚK 2017 (NT = téměř ohrožený, VU = zranitelný).

Annex 1. The list of species recorded on surveyed localities. Conservation status according to KRÁL & BEZDĚK 2017 (NT = near threatened, VU = vulnerable).

Čeleď / Family	Druh (status) / Species (status)	České Žleby	České Žleby – Dolní Čazov	České Žleby – Horní Čazov	České Žleby – Radvanovice	Filipova Huť	Horská Kvilda	Jelení Vrchy	Kepelské Zhůří	Knížecí Planě	Kozí Hrbčty	Kvilda	Na Vinici	Nová Hůrka	Nový Svět	Prášíly	Slhice	Sklena	Srní – Sedlo	Stodůlky	Svojsě	Velký Bor	Zadní Paště	Zadní Zvonková	CELKEM / TOTAL
Geotrupidae																									
	<i>Anoplotrupes stercorosus</i> (Scriba, 1791)	1	9	4	15	10	8	48	8	303	17	9	2	6	3	16	16	331	61	8		41	15	2	933
	<i>Geotrupes spiniger</i> (Marshall, 1802)							2	2	7						4	2	1				1			19
	<i>Geotrupes stercorarius</i> (Linnaeus, 1758)	2	21	1	31	4	1		2	75		7		1	33	3	14	5	24	2		3	2	3	234
	<i>Trypocopris vernalis</i> (Linnaeus, 1758)							3					1						2			5	10		21
Scarabaeidae																									
	<i>Acrossus depressus</i> (Kugelann, 1792)	19	1	11	9	51	22	14	1	3	2	26	44	90	41	32	52	118	35	26	20	1	1	2	621
	<i>Acrossus luridus</i> (Fabricius, 1775)														2	4									6
	<i>Acrossus rufipes</i> (Linnaeus, 1758)	5	11				19		1	376	21	30				2	1	142	3			7	26		644

Příloha 1. Pokračování /Annex 1. Continued

Čeleď / Family	Druh (status) / Species (status)	České Žleby	České Žleby – Dolní Cázov	České Žleby – Horní Cázov	České Žleby – Radvanovice	Filipova Huť	Horská Kvilda	Jelení Vrchy	Kepelské Záhří	Knižecí Pláně	Kozi Hrbety	Kvilda	Na Vinici	Nová Hůrka	Nový Svět	Práštily	Silnice	Sklená	Srní – Sedlo	Stodůlky	Svojske	Velký Bor	Zadní Paště	Zadní Zvonková	CELKEM / TOTAL
<i>Agrilus ater</i> (De Geer, 1774)		13		34	2	5	18				1	16	31	3	4	35	1	6	3					44	216
<i>Agrilus convexus</i> (Erichson, 1848)			2			2									1										5
<i>Aphodius pedellus</i> (De Geer, 1774)		3	87	4	170	11	22	68	22	76	48	12	18	77	52	17	119	23	78	85	22	1	61	1087	
<i>Bodilopsis rufa</i> (Moll, 1782)			42		19	1	7	8	108		84				30	2	191	4	17					576	
<i>Calamosternus granarius</i> (Linnaeus, 1767)				2		16					2		6	5	28		54	2	2	2			1	120	
<i>Colobopterus erraticus</i> (Linnaeus, 1758)		36		4	3	1	4	21	32				3	26	9	62	47	12	289	4	143	2	3	703	
<i>Esymus pusillus pusillus</i> (Herbst, 1789)				1		2	3		1	21			72	40	5	70	74	4	20	5	26		5	349	
<i>Euorodolus coenosus</i> (Panzer, 1798) (VU)		1																						1	
<i>Eupleurus subterraneus</i> (Linnaeus, 1758)						1										2				2	1			6	

Příloha 1. Pokračování /Annex 1. Continued

Čeleď / Family	Druh (status) / Species (status)	České Žleby	České Žleby – Dolní Čazov	České Žleby – Horní Čazov	České Žleby – Radvanovice	Filipova Huť	Horská Kvilda	Jelení Vrchy	Kepelské Záhři	Knížecí Planě	Kozi Hrbety	Kvilda	Na Vinici	Nová Hůrka	Nový Svět	Práštily	Silnice	Sklená	Srní – Sedlo	Stodůlky	Svojske	Velký Bor	Zadní Paště	Zadní Zvonkova	CELKEM / TOTAL	
<i>Chilothorax distinctus</i> (O.F. Müller, 1776)				1				1									1									
<i>Limarus maculatus</i> (Sturm, 1800)																	1									
<i>Melinopterus prodromus</i> (Brahm, 1790)		67	235	8	330	163	16	106		1	4	229	7	10	907	135	99	1	10	3	1			882	3214	
<i>Melinopterus sphaelatus</i> (Panzer, 1798)		19	38	15	470	9		38			12	35	9	2	671	39	7		10	2	3			114	1493	
<i>Nimbus contaminatus</i> (Herbst, 1783)			93		39	89		8	4	559	2	684					64		2						1544	
<i>Onthophagus joannae</i> (Göjlan, 1953)								50								12	1								63	
<i>Onthophagus (Palaeonthophagus) fracticornis</i> (Preyssl, 1790)			3	1			1	354			2		4	1		4	30	6	47	1		1			456	

Příloha 1. Pokračování /Annex 1. Continued

Čeľad' / Family	Druh (status) / Species (status)	České Žleby	České Žleby – Dolní Čazov	České Žleby – Horní Čazov	České Žleby – Radvanovice	Filipova Huť	Horská Kvilda	Jelení Vrchy	Kepelské Záhří	Knížecí Planě	Kozi Hrbety	Kvilda	Na Vinici	Nová Hůrka	Nový Svět	Prášily	Silnice	Sklená	Srní – Sedlo	Stodálky	Svojsě	Velký Bor	Zadní Paště	Zadní Zvonkova	CELKEM / TOTAL
<i>Onthophagus</i> (<i>Palaeonthophagus</i>) <i>nuchicornis</i> (Linnaeus, 1758)																2									2
<i>Onthophagus</i> (<i>Palaeonthophagus</i>) <i>similis</i> (Scriba, 1790)				1			1	88						1		8	7	8	43						150
<i>Otophorus</i> <i>haemorrhoidalis</i> (Linnaeus, 1758)		10	1				154		2	148	78	13		26	21	15	78	95	1	35	130	18	7		832
<i>Oxyomus sylvestris</i> (Scopoli, 1763)		1											3								3				7
<i>Parammoecius corvinus</i> (Erichson, 1848)								1																	1
<i>Planolimus fasciatus</i> (Olivier, 1789)			10		8	2	1			12							1								34
<i>Rhodaphodius foetens</i> (Fabricius, 1787) (NT)										12							1								13

Příloha 1. Pokračování /Annex 1. Continued

Čeleď / Family	Druh (status) / Species (status)	České Zleby	České Zleby – Dolní Cázov	České Zleby – Horní Cázov	České Zleby – Radvanovice	Filipova Huť	Horská Kvilda	Jelení Vrchy	Kepelské Záhří	Knížecí Pláně	Kozí Hřbety	Kvilda	Na Viniči	Nová Hůrka	Nový Svět	Prášíly	Silnice	Sklená	Srní – Sedlo	Stodůlky	Svojsě	Velký Bor	Zadní Paště	Zadní Zvonkova	CELKEM / TOTAL
<i>Teuchestes fossor</i> (Linnaeus, 1758)		1	32	17	1	2	19		6	25	47	109	1	4	147	2	4	76	45	14	60		1	91	704
<i>Vólinus sícticus</i> (Panzer, 1798)		28	20	4	9	2		1				4	83	16	4	123	55	3	14	6	1				373
CELKEM / TOTAL		206	602	69	1142	349	284	764	123	1652	314	1281	257	278	1928	643	613	1163	636	194	478	118	129	1208	14 431
CELKEM DRUHŮ / TOTAL SPECIES		14	13	10	16	14	18	17	11	14	12	14	13	15	14	20	24	18	19	15	13	11	11	32	