

PŮVODNÍ A METODICKÉ PRÁCE

BIOKUMULÁCIA MEDI, ŽELEZA A ZINKU U VOĽNE ŽIJÚCICH PREŽÚVAVCOV V REGIÓNE STREDNÉHO GEMERA

VLADIMÍR HISIRA^a, MARIÁN KADAŠI^a,
RÓBERT KLEIN^a, LÝDIA MESARČOVÁ^b
a JÁN POŠIVÁK^a

^a Klinika prežúvavcov, ^b Katedra hygieny, technológie a zdravotnej bezpečnosti potravín
Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice, Slovensko
lydia.mesarcova@uvlf.sk

Došlo 4.4.22, prijaté 25.5.22.

Kľúčové slová: parenchymatózne orgány, sval, voľne žijúce prežúvavce, stopové prvky

• <https://doi.org/10.54779/chl20220543>

Úvod

Kontaminácia životného prostredia predstavuje v súčasnosti závažný celosvetový problém. Príroda je kontaminovaná predovšetkým antropogénnou činnosťou (priemyselná, banká, vojenská, poľnohospodárska činnosť a doprava)¹. Medzi bežné kontaminanty spôsobujúce environmentálnu záťaž patria aj ťažké kovy. Niektoré ako kadmium (Cd) a olovo (Pb) nie sú pre živé organizmy esenciálne, iné ako meď (Cu), zinok (Zn), železo (Fe) alebo selén (Se) patria do skupiny takzvaných esenciálnych stopových kovov. V stopových koncentráciách sú pre živočíchy nevyhnutné a podieľajú sa na mnohých procesoch v organizme. Stopové prvky sú základnou zložkou potravy zvierat a sú potrebné pre celý rad metabolických a fyziologických procesov. Majú aktívnu úlohu v syntéze hormónov a v štruktúre niektorých enzýmov. Nielen v deficitných množstvách negatívne pôsobia na organizmus, ale aj opačne v prípadoch, kedy koncentrácie týchto prvkov niekoľkonásobne presiahnu fyziologické referenčné rozmedzie, spôsobujú intoxikácie organizmov^{2,3}. Medzi najviac znečistené regióny patria územia s rozsiahlou baníckou a hutníckou produkciou. Územie stredného Gemera (GPS N48°68'48" E20°11'07") nielen v minulosti, ale aj v súčasnosti predstavuje významný banícky región. V minulosti počas niekoľkých storočí sa tu intenzívne ťažila v prevažnej miere železná ruda, neskôr aj ortuťová

ruda a magnezit. Ťažba magnezitu sa vykonáva v tomto priestore aj v tomto období. Pôda stredného Gemera aj v dnešných časoch je bohatá na rudy mnohých kovov⁴. V prevažnej miere sa jedná o železnú rudu a magnezit. Preto aj divožijúca zver je vhodným indikátorom nielen kontaminácie, ale aj odrazom bohatých minerálnych zdrojov v tejto oblasti.

Cieľom tohto sledovania je stanoviť a zhodnotiť koncentrácie medi, železa a zinku v rôznych orgánoch u voľne žijúcich prežúvavcov (jelenia a srnčia zver) a porovnať koncentrácie týchto kovov medzi jednotlivými vekovými kategóriami a pohlavím u tejto zveri.

Materiál a metodika

Sledovanie koncentrácií vybraných stopových prvkov sme robili v niekoľkých poľovných revíroch v regióne stredného Gemera na strednom Slovensku, ktorý je považovaný za významný banícky región. V minulosti sa tu počas niekoľkých storočí ťažila a spracovávala v prevažnej miere železná ruda. V súčasnosti je táto oblasť environmentálne zaťažená podnikmi, ktoré ťažia a spracovávajú magnezit (Magnezitové závody v Lubeníku a Jelšave).

Vzorky orgánov (oblička, pečeň, svalové tkanivo) jelenej a srnčej zveri rôznych vekových kategórií boli odobraté poľovníkmi po ulovení voľne žijúcich prežúvavcov (jelenia zver $n=23$ a srnčia zver $n=25$) počas poľovníckej sezóny od septembra do konca januára v rokoch 2012 až 2015. Počas odberu bol zaevidovaný vek a pohlavie ulovenej zveri. Vzorky tkanív boli odobraté a skladované pri mraziarenskej teplote ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) až do ďalšieho spracovania, ktoré prebehlo do mesiaca po odbere.

V laboratóriu boli tieto vzorky spracované pomocou mokrej mineralizácie v laboratórnom systéme Multiwave Laboratory System Milestone (Microwave Digestion System with MDR Technology, MLS-1200 Mega, Module P.N. 34100, Italia 1992). Návažka vzoriek jednotlivých orgánov (oblička, pečeň a sval) dosahovala hodnoty od 1,3 g do 1,8 g. Po prenesení tkanív do patróny bolo pridané 6 ml HNO_3 (1:1; 65% pro analýzu, Merck KGaH, Nemecko) a 2 ml H_2O_2 (peroxid vodíka p.a. 30%, Micro-Chem, Slovensko). Táto zmes bola mineralizovaná v mineralizačnej peckve pri maximálnom tlaku 2 bary, maximálna interná teplota $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, maximálna externá teplota $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a ventilácia počas 1 min v programe: 1. 250 W 1 min, 2. 0 W 30 s, 3. 300 W 5 min, 4. 600 W 5 min, 5. 0 W 30 s. Zmineralizované vzorky boli preliate do 25ml odmernej banky a doplnené vodou do objemu 25 ml. Každá vzorka bola mineralizovaná jedenkrát.

Koncentrácie Cu, Fe a Zn boli stanovené pomocou plameňovej atómovej absorpčnej spektroskopie (FAAS) na prístroji AAnalyst (Perkin Elmer, USA) pri vlnovej dĺžke (λ): Cu 328 nm, Fe 247,7 nm a Zn 213,9 nm. Pri

analýzách bol použitý štandardný horák Perkin-Elmer (10 cm, N040-0103) pre zmes plynov. Ako spaľovací plyn prístroj využíva acetylén a ako oxidačné činidlo vzduch dodávaný kompresorom. Bola použitá externá kalibrácia zmesným štandardom Cu-Fe-Zn o koncentrácii 0,20 ppm (Copper standard for AAS, Fluka Analytical, Sigma-Aldrich, Švajčiarsko; Iron standard for AAS, Fluka Analytical, Sigma-Aldrich, Švajčiarsko; Zinc standard for AAS, Fluka Analytical, Sigma-Aldrich, Švajčiarsko). Každá vzorka bola stanovená dvakrát. Pre Cu LOD, LOQ, CV a R^2 bolo 0,02931 mg l⁻¹, 0,08793 mg l⁻¹, 2,27 % a 0,9992; pre Fe 0,06022 mg l⁻¹, 0,18066 mg l⁻¹, 5,03 % a 0,9986 a pre Zn 0,03615 mg l⁻¹, 0,10845 mg l⁻¹, 2,95 %, 0,9994.

Štatistická analýza bola urobená pomocou štatistického softwaru Microsoft Excel (2000 Edition, Microsoft®, Inc., USA). Stanovené hodnoty boli rozdelené do skupín podľa orgánov, vekových kategórií a pohlavia. Porovnanie medzi koncentraciami týchto kovov medzi orgánmi a vekovými kategóriami bolo vykonané použitím testu ANOVA a medzi pohlaviami použitím nepárového Studentov t-testu.

Výsledky a diskusia

V obličkách jelenej zveri sme stanovili priemernú koncentráciu Cu 4,36 mg kg⁻¹, Fe 72,5 mg kg⁻¹ a Zn 27,77 mg kg⁻¹ (tab. I). V pečeni bola detegovaná priemerná koncentrácia Cu 19,65 mg kg⁻¹, Fe 131,9 mg kg⁻¹ a Zn 30,22 mg kg⁻¹ a vo svaloch Cu 1,96 mg kg⁻¹, Fe 45,09 mg kg⁻¹ a Zn 29,58 mg kg⁻¹ (tab. I). V koncentráciách dvoch ťažkých kovov (Cu a Fe) medzi jednotlivými orgánmi sme zaznamenali štatistické odchýlky ($P < 0,05$ a $P < 0,001$; tab. I). Pri porovnaní koncentrácií Cu, Fe a Zn medzi jednotlivými vekovými kategóriami priemerné hodnoty rástli s vekom, avšak štatisticky významné rozdiely neboli zaznamenané (tab. II–IV). U jednotlivých pohlaví sme v daných orgánoch detegovali takmer zhodné výsledky bez významných odchýlok (tab. II–IV).

V tomto monitoringu sme u srnčej zveri detegovali najvyššiu priemernú koncentráciu medi v pečeni 26,4 mg kg⁻¹. V obličkách priemerná koncentrácia medi

dosahovala hodnotu 4,83 mg kg⁻¹ a vo svalovom tkanive bola najnižšia, kde priemerná hodnota bola 2,1 mg kg⁻¹ (tab. I). Rovnako ako pri medi sme najvyššiu priemernú hladinu pri železe namerali v pečeni 122,83 mg kg⁻¹. V obličkách sme zaznamenali priemernú koncentráciu na úrovni 66,69 mg kg⁻¹ a vo svalovom tkanive 49,07 mg kg⁻¹ (tab. I). Pri Zn sme namerali najvyššiu priemernú koncentráciu zhodne v pečeni (29,76 mg kg⁻¹) a najnižšiu opäť vo svaloch (24,37 mg kg⁻¹; tab. I). Štatistické odchýlky boli zaznamenané iba pri koncentráciách dvoch ťažkých kovov, a to Cu a Fe, kde dosahovali hodnotu $P < 0,001$ (tab. I). Pri porovnaní koncentrácií Cu a Fe medzi jednotlivými vekovými kategóriami priemerné hodnoty rástli s pribúdajúcim vekom, avšak štatisticky významné rozdiely neboli zaznamenané (tab. II a III). Pri koncentráciách zinku sme detegovali najvyššiu koncentráciu u najmladšej vekovej skupiny so štatistickými odchýlkami, kde $P < 0,01$ (tab. IV).

Podobný monitoring vybraných ťažkých kovov sa vykonával aj u jelenej zveri ulovenej na západnom Slovensku v okrese Topoľčany, pri ktorom sa sledovali koncentrácie vybraných kovov, medzi nimi aj Cu a Zn. Priemerné hodnoty Cu dosahovali v pečeni 13,34 mg kg⁻¹, v obličkách 4,93 mg kg⁻¹ a vo svalovom tkanive 2,49 mg kg⁻¹. V prípade pečene a obličiek boli nižšie a vo svalstve naopak vyššie v porovnaní s nami získanými výsledkami. Pri Zn zaznamenali v pečeni 26,24 mg kg⁻¹, v obličkách 31,12 mg kg⁻¹ a vo svalovom tkanive 54,76 mg kg⁻¹ (cit.⁵). Koncentrácie Zn sa zhodovali s našimi výsledkami. V ďalšej štúdii zo severovýchodnej časti Poľska sa priemerná koncentrácia Cu v pečeni jelenej zveri pohybovala v rozmedzí 6,7–8,6 mg kg⁻¹. V obličkách boli namerané priemerné hodnoty 5,0–6,5 mg kg⁻¹ a vo svalstve 1,6–1,7 mg kg⁻¹. Pri koncentráciách železa u jelenej zveri detegovali výrazné rozdiely v skúmaných orgánoch, kde priemerné hladiny Fe sa pohybovali v obličkách 64–68 mg kg⁻¹, v pečeni 25–51 mg kg⁻¹ a u srnčej zveri 82–87 mg kg⁻¹ a 26–64 mg kg⁻¹ (cit.⁶). Vo svaloch boli tieto hodnoty približne zhodné u všetkých sledovaných druhov. Priemerné koncentrácie Zn, ktoré boli detegované v poľskom monitoringu u jeleňov, sa podobali našim nameraným koncentraciám. Priemerná koncentrácia Zn vo svalovom tkanive sa

Tabuľka I

Koncentrácie ťažkých kovov u raticovej zveri v regióne stredného Gemera (mg kg⁻¹)

Kov	Vzorka	Koncentrácia ± smerodajná odchýlka [mg kg ⁻¹]		
		oblička	pečeň	sval
Cu	jelenia zver	4,36 ± 1,99 ^a	19,65 ± 16,09 ^{a,b}	1,96 ± 1,52 ^b
	srnčia zver	4,83 ± 2,29 ^a	26,40 ± 17,08 ^{a,b}	2,10 ± 1,54 ^b
Fe	jelenia zver	72,50 ± 30,87 ^{c,e}	131,90 ± 44,39 ^{c,d}	45,09 ± 16,50 ^{d,e}
	srnčia zver	66,69 ± 41,00 ^c	122,83 ± 73,61 ^{c,d}	49,07 ± 16,85 ^d
Zn	jelenia zver	27,77 ± 8,88	30,22 ± 5,65	29,58 ± 12,32
	srnčia zver	27,34 ± 8,47	29,76 ± 9,52	24,37 ± 12,35

P – signifikantné odchýlky priemerných hodnôt: ^{a,b,c,d} $P < 0,001$; ^e $P < 0,05$

Tabuľka II

Koncentrácie Cu u raticovej zveri – delenie podľa vekových kategórií a pohlavia (mg kg^{-1})

Vzorka		Koncentrácia \pm smerodajná odchýlka [mg kg^{-1}]				
		vekové skupiny jelenej zveri			pohlavie	
		do 1 roka	2–3 roky	nad 3 roky	samec	samica
Oblička	jelenia zver	3,66 \pm 1,69	4,13 \pm 2,39	5,50 \pm 1,86	4,45 \pm 2,20	4,40 \pm 1,66
	srnčia zver	4,18 \pm 2,58	4,71 \pm 1,88	4,85 \pm 2,09	5,05 \pm 2,51	4,17 \pm 1,42
Pečeň	jelenia zver	17,36 \pm 13,30	19,06 \pm 19,67	22,27 \pm 15,81	22,88 \pm 17,31	15,05 \pm 14,37
	srnčia zver	19,63 \pm 16,41	26,98 \pm 15,86	28,52 \pm 21,04	26,32 \pm 17,92	29,99 \pm 15,06
Sval	jelenia zver	1,43 \pm 1,14	1,80 \pm 1,21	2,55 \pm 0,55	1,89 \pm 1,37	1,44 \pm 0,88
	srnčia zver	1,29 \pm 1,15	2,08 \pm 1,51	3,31 \pm 0,69	2,21 \pm 1,67	2,10 \pm 0,97

Tabuľka III

Koncentrácie Fe u raticovej zveri – delenie podľa vekových kategórií a pohlavia (mg kg^{-1})

Vzorka		Koncentrácia \pm smerodajná odchýlka [mg kg^{-1}]				
		vekové skupiny jelenej zveri			pohlavie	
		do 1 roka	2–3 roky	nad 3 roky	samec	samica
Oblička	jelenia zver	53,53 \pm 19,00	69,70 \pm 21,36	92,36 \pm 39,92	76,61 \pm 29,01	70,30 \pm 32,30
	srnčia zver	55,58 \pm 16,83	57,25 \pm 20,79	73,61 \pm 54,07	70,98 \pm 37,02	45,36 \pm 21,73
Pečeň	jelenia zver	100,79 \pm 28,51	128,68 \pm 41,04	162,14 \pm 43,33	136,45 \pm 31,72	125,85 \pm 59,99
	srnčia zver	117,24 \pm 54,21	100,99 \pm 22,51	161,13 \pm 101,61	103,42 \pm 39,85	104,45 \pm 29,18
Sval	jelenia zver	40,37 \pm 11,96	41,37 \pm 14,66	53,93 \pm 20,32	45,22 \pm 15,62	39,47 \pm 13,83
	srnčia zver	49,68 \pm 4,60	51,78 \pm 12,49	57,16 \pm 19,87	52,19 \pm 14,68	48,93 \pm 9,49

pohybovala v rozmedzí 30–45 mg kg^{-1} , v pečeni 23–38 mg kg^{-1} , v obličkách 37–42 mg kg^{-1} (cit.⁶). V ďalšej práci z roku 2005 z rovnakej lokality v Poľsku (Krajina veľkých jazier) boli stanovené koncentrácie Cu v pečeni, v obličkách a vo svalovom tkanive jelenej zveri, ktoré sa pohybovali v rozmedzí 6,4–29 mg kg^{-1} , 3,3–7,2 mg kg^{-1} a 1,9–6,4 mg kg^{-1} . Koncentrácie Zn dosahovali hodnoty v pečeni 19–43 mg kg^{-1} , v obličkách 17–41 mg kg^{-1} a vo svaloch 19–64 mg kg^{-1} (cit.⁷). V štúdiu z Nórska, kde sa stanovovala koncentrácia medi u niekoľkých voľne žijúcich prežúvavcov (los, jelenia a srnčia zver a sob), sa zistili výrazne vyššie priemerné hodnoty v porovnaní s diviackou zverou^{8,9}. Detekcia sa vykonávala v pečeni tejto zveri (2001–2003). V štúdiu, ktorú vykonali v roku 2001 v Nórsku sa stanovovali koncentrácie medi u jelenej zveri počas poľovačiek, kde priemerná koncentrácia medi v pečeni bola 20 mg kg^{-1} a najvyššia hodnota koncentrácií dosahovala 103 mg kg^{-1} . Podľa týchto nórske autorov patria koncentrácie Cu u losa a srnčej zveri medzi najvyššie v Európe. Voľne žijúce losy mali podstatne vyššiu priemernú koncentráciu Cu v pečeni 222 mg g^{-1} sušiny ako srnčia zver 112 mg g^{-1} sušiny a soby 105 mg g^{-1} sušiny⁹. V ďalšom monitoringu vo východnej časti Chorvátska sa analyzovali koncentrácie esenciálnych kovov (Cu, Zn a Fe) v obličkách jelenej zveri. Priemerná koncentrácia Cu bola 5,20 mg kg^{-1} , Zn 35,1 mg kg^{-1} a Fe 108 mg kg^{-1}

(cit.¹⁰). V slovinskej štúdiu v pečeni danielnej zveri sa zistili nasledovné koncentrácie Cu 31,0 \pm 21,9 mg kg^{-1} , Zn 31,3 \pm 10,8 mg kg^{-1} a Fe 141 \pm 65 mg kg^{-1} (cit.¹¹).

V práci zo západného Nemecka najvyššia koncentrácia medi u srnčej zveri bola zaznamenaná v pečeni 24 mg kg^{-1} , čo sa zhoduje s našim sledovaním. Avšak v obličkách namerali 15 mg kg^{-1} , čo bolo trikrát vyššie ako v našej práci¹². Podobné zistenia zaznamenali aj v štúdiu, kde sa stanovovala koncentrácia medi u voľne žijúcich prežúvavcov (los, jelenia a srnčia zver a sob) v Nórsku, kde na základe tohto monitoringu zistili, že koncentrácie Cu v srnčej zveri v Nórsku patri medzi najvyššie v Európe a dosahujú priemernú hodnotu 112 mg g^{-1} sušiny⁸. V kanadskej štúdiu monitorovali koncentrácie stopových prvkov u jelenčekov bielochoštych, kde koncentrácie Cu dosahovali vyššiu hodnotu 122 mg g^{-1} sušiny a Zn 79,9 mg g^{-1} sušiny¹³. Priemerné koncentrácie zinku u srnčej zveri, ktoré boli stanovené v Poľsku, boli najvyššie v obličkách 45–49 mg kg^{-1} , vo svaloch 28–37 mg kg^{-1} a najnižšie v pečeni 27–36 mg kg^{-1} . Priemerné hladiny Fe sa pohybovali v obličkách srnčej zveri 82–87 mg kg^{-1} a v pečeni 26–64 mg kg^{-1} . Vo svaloch boli tieto hodnoty približne zhodné u všetkých sledovaných druhov⁶. Tieto priemerné koncentrácie Fe boli v obličkách vyššie a v pečeni nižšie v porovnaní s našimi výsledkami. Počas monitoringu zo severného Slovinska u srnčej zveri bola

Tabuľka IV

Koncentrácie Zn u raticovej zveri – delenie podľa vekových kategórií a pohlavia (mg kg⁻¹)

Vzorka		Koncentrácia ± smerodajná odchýlka [mg kg ⁻¹]				
		vekové skupiny jelenej zveri			pohlavie	
		do 1 roka	2–3 roky	nad 3 roky	samec	samica
Oblička	jelenia zver	24,72 ± 3,59	26,08 ± 7,84	32,57 ± 9,92	32,07 ± 10,41	26,14 ± 4,08
	srnčia zver	29,75 ± 11,11	25,46 ± 7,32	29,33 ± 8,51	28,42 ± 8,83	24,08 ± 6,95
Pečeň	jelenia zver	27,77 ± 4,97	29,52 ± 6,15	32,86 ± 14,22	29,59 ± 5,25	31,43 ± 5,67
	srnčia zver	26,31 ± 9,33	30,82 ± 10,42	32,05 ± 7,82	28,81 ± 9,47	32,60 ± 9,96
Sval	jelenia zver	25,58 ± 6,63	27,01 ± 11,90	36,32 ± 14,59	30,79 ± 11,66	30,85 ± 15,66
	srnčia zver	39,11 ± 16,45 ^{e,f}	20,68 ± 6,93 ^e	16,48 ± 2,25 ^f	25,17 ± 13,45	22,13 ± 9,16

P – signifikatné odchýlky priemerných hodnôt: ^{e,f} P < 0,01

najvyššia koncentrácia Zn stanovená vo svaloch (51,6 mg kg⁻¹), nižšia v obličkách (47,1 mg kg⁻¹) a najnižšia v pečeni 32,6 mg kg⁻¹ (cit. ¹⁴).

V ďalšom monitoringu vo východnej časti Chorvátska boli detegované esenciálne kovy (Cu, Zn a Fe) v obličkách jelenej zveri. Priemerná koncentrácia Cu bola 5,20 mg kg⁻¹, Zn 35,1 mg kg⁻¹ a Fe 108 mg kg⁻¹ (cit. ¹⁰). V inej štúdií zo západného Ruska v pečeni sobov koncentrácia medi dosahovala priemernú hodnotu 98 mg kg⁻¹ a Zn 37 mg kg⁻¹ (cit. ¹⁵).

Záver

Na základe zistených výsledkov sme dospeli k záveru, že napriek rozvinutej priemyselnej výrobe (výroba magnezitu a v minulosti ťažba a spracovanie železnej rudy) región stredného Gemeru nie je nadmerne kontaminovaný sledovanými kovmi. Prezentované výsledky poukazujú na najvyššiu koncentráciu všetkých sledovaných kovov (Cu, Fe, Zn) v pečeni. Kontaminácia vonkajšieho životného prostredia týmito ťažkými kovmi na sledovanom území nebola potvrdená, ale aj napriek tomu je potrebné pokračovať v monitorovaní tunajšieho životného prostredia aj naďalej.

LITERATÚRA

1. <https://www.enviroportal.sk/environmentalne-temy/environmentalne-zataze>, stiahnuté 23. 11. 2017.
2. Kováč G., v knihe: *Choroby prežívavcov: Nedostatok mikroprvkov*, str. 481. Vydavateľstvo M&M, Prešov 2001.
3. Legát J., v knihe: *Choroby prežívavcov: Prehľad niektorých intoxikácií*, str. 736. Vydavateľstvo M&M, Prešov 2001.
4. https://www.enviroportal.sk/uploads/2011/09/article/environmentalna-regionali/ERSR_2008_TEXT.pdf, stiahnuté 21. 11. 2017.
5. Gašparík J., Massányi P., Slamečka J., Fabiš M., Jur-

čík R.: *Proceeding of 3rd. International Conference „Risk factors of food chain“*, (Massányi P., Toman, R., Lukáč, N. ed.) str. 27. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra 2003.

6. Falandysz J.: *Sci. Total Environ.* 141, 59 (1994).
7. Falandysz J., Szyczyk-Kobrzyńska K., Brzostowski A., Zalewski K., Zasadowski A.: *Food Addit. Contam.* 22, 141 (2005).
8. Vikøren T., Bernhoft A., Waaler T., Handelan K.: *J. Wildl. Dis.* 41, 225 (2005).
9. Vikøren T., Kristoffersen A. B., Lierhagen S., Handelan K.: *J. Wildl. Dis.* 47, 661 (2011).
10. Lazarus, M., Vicković I., Šoštarić B., Blanuša M.: *Arh. Hig. Rada Toksikol.* 56, 233 (2005).
11. Vengušt G., Vengušt A.: *Eur. J. Wildl. Res.* 50, 59 (2004).
12. Holm J., Brehmer R. D., Müller S., Wester D.: *Fleischwirtschaft* 67, 1145 (1987).
13. Pollock B.: *Trace elements status of white-tailed deer (Odocoileus virginianus) and moose (Alces alces) in Nova Scotia*. Report prepared for the Nova Scotia Department of Natural Resources and the Canadian Cooperative Wildlife Health Centre, Nova Scotia 2006.
14. Pokorny B., Ribaric-Lasnik C.: *Bull. Environ. Contamin. Toxicol.* 64, 20 (2000).
15. Bernhoft A., Waaler T., Mathiesen S. D., Flåøyen A.: *Rangifer* 22, 67 (2002).

V. Hisira, M. Kadaši, R. Klein, L. Mesarčová, and J. Pošivák (Clinic of Ruminants, University of Veterinary Medicine and Pharmacy in Košice, Slovakia): Bioaccumulation of Cu, Fe and Zn in Wild Ruminants in Middle Gemer Region

The aim of this study was to monitor trace metals (copper, iron and zinc) concentrations in parenchymatous organs and muscle tissue of red deer ($n=23$) and roe deer ($n=25$) that were hunted down in the middle Gemer region

in south central Slovakia. Being expressed in mg kg^{-1} in all cases, these concentrations assumed the following values: mean renal copper concentration in red deer was 4.36, hepatic 19.65, muscle 1.96; renal iron concentration was 72.5, hepatic 131.9, muscle 45.09; mean zinc concentration in kidney was 27.77, in liver 30.22 and in muscle 29.58, respectively. In roe deer, mean level of copper in kidney was 4.83, in the liver 26.4, in muscle tissue 2.1; mean concentration of iron in kidney was 66.69, in liver 122.83, in muscle tissue 49.07; mean concentration of zinc in kidney was 27.34, in liver 29.76, and in muscle tissue 24.37, respectively. Concentration of metals under study in different age groups showed that the values rose proportionally with age except for zinc concentration, where the highest Zn concentrations were detected in muscle of

young animals. In other trace metal levels no significant differences were detected between age groups, males or females. Based on the given results, the Revuca district does not show itself as the most polluted region considering surveyed heavy metals, but nevertheless the presented results document that the presence of heavy metals in the tissues of game is still an interesting object for the next studies.

Keywords: parenchymatous organs, muscle, wild ruminants, trace elements

- Hisira V., Kadaši M., Klein R., Mesarčová L., Pošivák J.: Chem. Listy 116, 543–547 (2022).
- <https://doi.org/10.54779/chl20220543>