

Acta fytotechnica et zootechnica 1
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2009, s. 13–16

KONCENTRÁCIE ŤAŽKÝCH KOVŮ V SVALOVINE RÝB A DNOVÝCH SEDIMENTOCH RYBNÍKA MALÉ ZÁLUŽIE

HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN FISH MUSCLE AND BOTTOM SEDIMENTS FROM THE MALÉ ZÁLUŽIE POND

Jaroslav ANDREJI, Ivan STRÁŇAI, Tomáš TÓTH

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

This study deals with heavy metals contamination rate in fish muscle and bottom sediments from the Malé Zálužie pond. The samples of fish (*Cyprinus carpio*) and bottom sediments were collected in October 2004, analyzed by AAS and subsequently evaluated in mg.kg⁻¹ of dry weight. Concentrations of heavy metals in the fish muscle and sediments were as follows: Zn 16.19–33.52, 46.3–122.0; Cu 1.50–4.90, 14.0–30.1; Co 0.46–1.05, 14.2–31.7; Ni 0.39–0.79, 23.0–48.2; Cr 0.31–1.65, 13.4–97.2; Pb 0.67–3.71, 12.7–37.4 and Cd 0.15–2.00 mg.kg⁻¹ dry weight. Statistically significant differences in the relationship between heavy metals concentration in muscle and sediments were not confirmed. On average, the order of metal concentrations was: in fish muscle Zn > Cu > Pb > Co > Cd > Ni > Cr; in bottom sediments Zn > Cr > Ni > Pb > Co > Cu > Cd.

Key words: heavy metals, fish, sediments, pond, *Cyprinus carpio*, bioconcentration factor

Ťažké kovy patria medzi znečisťujúce látky, ktoré sa sledujú v rôznych zložkách životného prostredia, vodu nevnímajú. Zúčastňujú sa kolobehu látok, čím sa dostávajú do potravinového reťazca a môžu tak predstavovať potenciálne zdravotné riziko pre konzumenta. Ťažké kovy sa do vodného prostredia dostávajú hlavne odpadovými vodami a splachmi z okolitých pozemkov. Väčšina kovov je však vo vodnom prostredí nestabilná a preto sa pomocou fyzikálno-chemických reakcií viažu na dno, odkiaľ sú prostredníctvom biochemických reakcií transportované do jednotlivých úrovní potravinovej pyramídy. Do akej miery sa deje tento prenos prostredníctvom biochemických reakcií sme sa snažili zistiť aj v našej práci.

Materiál a metódy

Za účelom posúdenia stavu kontaminácie rýb a dnových sedimentov vo vodnej nádrži Malé Zálužie sa z nej v októbri 2004 odobrali ryby a dnové sedimenty. Z rýb (kapor rybníčný – *Cyprinus carpio*) sa sekciou odobrala vzorka svaloviny z oblasti chrbta s hmotnosťou 2–3 g. Dnové sedimenty sa odobrali z hĺbky 0,0–0,1 m v množstve 0,9–1,0 kg z rôznych miest dna rybníka. Celkový obsah jednotlivých ťažkých kovov v svalovine rýb a dnových sedimentov sa stanovil plameňovou metódou atómovej absorpčnej spektrofotometrie za predchádzajúceho totálneho rozkladu vzoriek. Dnové sedimenty sa rozkladali mokrou cestou za použitia zmesi kyselín HF – HNO₃ – HClO₄,

ryby sa rozkladali suchou cestou za použitia HNO₃ (1 : 3). Prezentované hodnoty koncentrácií jednotlivých ťažkých kovov sú uvádzané v miligramoch na kilogram sušiny. Biokoncentračný faktor (BCF) medzi zistenými koncentraciami kovov v svalovine rýb a dnových sedimentoch sa vypočítal podľa metodiky Veith et al. (1979) a Wiener and Giesy (1979). Získané výsledky sa štatisticky spracovali lineárnou metódou regresnej analýzy a porovnali t-testom rozšíreným o Kolmogorov-Smirnov test v programe Statgraphic Plus verzia 5.1.

Výsledky a diskusia

Základná charakteristika analyzovaných rýb je uvedená v tabuľke 1. Zistené koncentrácie jednotlivých ťažkých kovov (v mg.kg⁻¹ sušiny) v svalovine rýb ($n = 20$) a dnových sedimentoch ($n = 10$) sú uvedené v tabuľke 2. Závislosti sledovaných ťažkých kovov v svalovine rýb, dnových sedimentoch, resp. interakcie medzi koncentráciou ťažkých kovov v svalovine a dnových sedimentoch sú uvedené v tabuľkách 3–5. Pre porovnanie výsledkov s ostatnými autormi, sú hodnoty koncentrácií transformované zo sušiny na čerstvú hmotu v pomere 1 : 5 (Chen a Chen, 2001). Keďže sa nepotvrtili štatisticky významné rozdiely medzi jednotlivými vekovými skupinami rýb, t. j. medzi 2–3-ročnými rybami, v práci uvádzame výsledky za celú skupinu, tzn. bez ohľadu na vek analyzovaných rýb.

Tabuľka 1 Charakteristika analyzovaných rýb – kapor rybníčný (*Cyprinus carpio*)

Vek (1)	n v ks	Dĺžka tela v mm (3)		Hmotnosť v g (4)	
		priemer ± SD (5)	rozpätie (6)	priemer ± SD (5)	rozpätie (6)
2	10	325 ± 25,65	287–350	920,4 ± 183,38	645–1 148
3	10	377,5 ± 14,61	362–414	1 356,8 ± 114,94	1 162–1 478

Table 1 Characteristic of analyzed fish – common carp (*Cyprinus carpio*)
(1) age, (2) count (pcs), (3) standard length, (4) weight, (5) mean ± standard deviation, (6) range

Zn – v svalovine sa zinok kumuloval v koncentráciách 16,19–33,52 mg.kg⁻¹ sušiny, s priemerom 23,75 mg.kg⁻¹. Podobné koncentrácie zinku v svalovine kapra rybníčaného z farmových chovov uvádza vo svojej práci Andreji et al. (2006). V sedimentoch boli zistené štatisticky vyššie koncentrácie, ktoré sa pohybovali v rozpätí 46,3–122,0 mg.kg⁻¹ s priemerom 75,2 mg.kg⁻¹ (tabuľka 2). Nižšie hodnoty obsahu zinku uvádzajú van Aardt a Erdmann (2004) z troch priehrad na rieke Mooi v Južnej Afrike, ako aj Mansour and Sidky (2003) z troch jazier v Egypte. Zinok v svalovine vykazoval prevažne pozitívne korelácie k ostatným sledovaným kovom (Cu, Co a Ni štatisticky preukazné – $P < 0,05$) až na chróm, pri ktorom bola zistená negatívna korelácia (tabuľka 3). V sedimentoch vykazoval zinok pozitívnu koreláciu len pri medi ($P < 0,01$), kobaľte a nikle (tabuľka 4). V prípade interakcií medzi celkovým obsahom zinku v svalovine a sedimentoch sa zistila pozitívna korelácia, ale bez štatisticky významných rozdielov. Biokoncentračný faktor dosiahol pri zinku najvyššiu hodnotu (0,32), čo potvrdzuje pomerne vysokú mieru využitia zinku vo vzťahu sediment – svalovina (tabuľka 5).

Cu – sa v svalovine akumulovala približne v 10-násobne nižších koncentráciách ako zinok. Zistené hodnoty sa pohybovali v rozpätí 1,50–4,90 mg.kg⁻¹ s priemerom 2,62 mg.kg⁻¹ (tabuľka 2). Podstatne nižšie hodnoty v svalovine kapra uvádza Svobodová et al. (2002) z piatich českých rybníkov. Zhruba 10-násobne vyššie hodnoty sa zistili v sedimentoch (14,0–30,1 mg.kg⁻¹, v priemere 22,2 mg.kg⁻¹). Približne rovnaké koncentrácie medi v dnových sedimentoch prezentujú Karadede a Unlu (2000) z dvoch priehrad v Turecku. Oveľa nižšie hodnoty (1,11–4,06 ppm) zaznamenali Mansour and Sidky (2003). Med v svalovine podobne ako zinok vykazovala prevažne pozitívne korelácie k ostatným sledovaným kovom (Zn, Co, Ni a Cd štatisticky preukazné – $P < 0,05$) až na chróm, pri ktorom bola zistená negatívna korelácia (tabuľka 3). Aj v sedimentoch sa med správala podobne ako zinok – pozitívne korelácie boli zistené

len pri zinku ($P < 0,01$), kobaľte a kadmiu (tabuľka 4). Vzájomná interakcia medzi koncentráciou v svalovine a sedimentoch mala pozitívnu koreláciu a biokoncentračný faktor dosiahol hodnotu 0,12 (tabuľka 5).

Co – sa v svalovine kumuluje v malých koncentráciách (0,46–1,05 mg.kg⁻¹, v priemere 0,68 mg.kg⁻¹), čo však nemožno povedať o dnových sedimentoch (tabuľka 2), kde koncentrácie dosahujú rádovo desiatky mg.kg⁻¹ a pohybujú sa v rozpätí 14,2–31,7 mg.kg⁻¹ (priemere 24,5 mg.kg⁻¹). Vyššie hodnoty kobaľtu v svalovine zistili Stráňai a Andreji (2005) a Andreji a Stráňai (2005) v svalovine kapra rybníčaného z voľných vôd. Oveľa nižšie hodnoty z egyptských jazier uvádzajú Mansour and Sidky (2003). Pri akumulácii v svalovine i sedimentoch vykazoval kobaľt pozitívne korelácie okrem chrómu, kde sa znamenala negatívna závislosť (tabuľky 3–4). Štatisticky významná korelačná závislosť sa potvrdila v svalovine medzi Co–Zn, Co–Cu, Co–Ni a Co–Cd; v sedimentoch medzi Co–Pb. Závislosť medzi obsahom kobaľtu v svalovine a v sedimentoch mala negatívnu závislosť (tabuľka 5) a biokoncentračný faktor bol taktiež nízky (0,03).

Ni – sa podobne ako kobaľt kumuloval v nízkych koncentráciách v svalovine (tabuľka 2), ktoré dosahovali rádovo desiatiny miligramu (0,39–0,79 mg.kg⁻¹) a v oveľa vyšších koncentráciách v sedimentoch (23,0–48,2 mg.kg⁻¹). Identické priemerné koncentrácie niklu v svalovine kapra uvádzajú vo svojich prácach Stráňai a Andreji (2005), Andreji a Stráňai (2005) a Andreji et al. (2006). Hodnoty 7,7 až 63,1 mg.kg⁻¹ sušiny v dnových sedimentoch uvádza Svobodová et al. (2002). Naproti tomu Karadede and Unlu (2000) uvádzajú hodnoty niklu v sedimentoch pod hranicou detekčného limitu. V svalovine vykazoval nikel, podobne ako predchádzajúce kovy, pozitívne korelačné závislosti, okrem chrómu, pri ktorom sa zistila negatívna korelačná závislosť. V sedimentoch chróm naopak vykazoval pozitívnu koreláciu a navyše aj štatisticky preukaznú. Negatívna korelácia sa zistila pri medi a kadmiu, avšak bez štatistickej významnosti

Tabuľka 2 Zistené koncentrácie jednotlivých ťažkých kovov v mg.kg⁻¹ sušiny

	Zn	Cu	Co	Ni	Cr	Pb	Cd
Ryby (1)							
Priemer ± SD (3)	23,75 ± 4,84	2,62 ± 0,99	0,68 ± 0,17	0,56 ± 0,11	0,50 ± 0,30	1,52 ± 0,81	0,60 ± 0,55
min–max (4)	16,19–33,52	1,50–4,90	0,46–1,05	0,39–0,79	0,31–1,65	0,67–3,71	0,15–2,00
Sedimenty (2)							
Priemer ± SD (3)	75,2 ± 20,53	22,2 ± 5,10	24,5 ± 5,58	38,2 ± 8,44	43,9 ± 22,54	30,9 ± 8,23	2,2 ± 0,34
min–max (4)	46,3–122,0	14,0–30,1	14,2–31,7	23,0–48,2	13,4–97,2	12,7–37,4	1,54–2,53

Table 2 Heavy metal concentrations in mg.kg⁻¹ of dry mater
(1) fish, (2) sediments, (3) mean ± standard deviation, (4) minimum–maximum

Tabuľka 3 Korelačné koeficienty závislostí koncentrácií jednotlivých kovov v svalovine rýb

	Zn	Cu	Co	Ni	Cr	Pb	Cd
Zn	–						
Cu	0,779**	–					
Co	0,739*	0,948***	–				
Ni	0,741*	0,939***	0,993***	–			
Cr	-0,228	-0,238	-0,139	-0,191	–		
Pb	0,480	0,566	0,609	0,613	0,088	–	
Cd	0,612	0,732*	0,845**	0,886***	-0,160	0,650*	–

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$

Table 3 Correlation coefficients among individual metals in fish muscle

Tabuľka 4 Korelačné koeficienty závislostí koncentrácií jednotlivých kovov v dnových sedimentoch

	Zn	Cu	Co	Ni	Cr	Pb	Cd
Zn	–						
Cu	0,679**	–					
Co	0,190	0,023	–				
Ni	0,103	-0,100	0,250	–			
Cr	-0,112	-0,228	-0,136	0,526*	–		
Pb	-0,015	-0,049	0,505*	0,075	-0,043	–	
Cd	-0,028	0,134	0,113	-0,283	-0,167	0,480*	–

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$ **Table 4** Correlation coefficients among individual metals in bottom sediments**Tabuľka 5** Korelačné koeficienty (r) a biokoncentračné faktory (BCF) závislostí koncentrácií jednotlivých kovov medzi svalovinou a dnovými sedimentmi

	Zn	Cu	Co	Ni	Cr	Pb	Cd
r	0,151	0,306	-0,143	-0,072	-0,435	-0,343	0,150
BCF	0,32	0,12	0,03	0,01	0,01	0,05	0,28

Table 5 Correlation coefficients (r) and bioconcentration factors (BCF) of relationships between individual heavy metals concentration in fish muscle and bottom sediment

(tabuľka 3–4). Závislosť medzi obsahom niklu v svalovine a sedimentoch mala miernu negatívnu koreláciu. Biokoncentračný faktor v prípade niklu dosiahol najnižšiu hodnotu a to len 0,01 (tabuľka 5).

Cr – je z pohľadu akumulácie veľmi zaujímavý prvok plný paradoxov, ktorý sa v svalovine nachádza v najnižších koncentráciách rádovo v desiatkách miligramov (v priemere $0,50 \text{ mg.kg}^{-1}$), zatiaľ čo v sedimentoch je na popredných miestach spomedzi všetkých sledovaných kovov, s koncentraciami v desiatkach miligramov (v priemere $43,9 \text{ mg.kg}^{-1}$). Podobné hodnoty z farmových chovov aj voľných vôd zistili Stráňai a Andreji (2002), Stráňai a Andreji (2005), Andreji a Stráňai (2005), Andreji et al. (2006). Hodnoty $10,3\text{--}149,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny v dnových sedimentoch piatich českých rybníkov uvádza Svobodová et al. (2002). Podstatne nižšie hodnoty chrómu v sedimentoch ($1,78\text{--}2,90 \text{ ppm}$) prezentujú Mansour and Sidky (2003) z troch jazier v Egypte. S väčšinou kovov v svalovine aj sedimentoch vykazuje negatívne korelácie; pozitívna sa zistila len pri olove v svalovine a nikle v sedimentoch (tabuľka 3–4). Závislosť medzi akumuláciou v svalovine a sedimentoch vykazuje výraznú negatívnu koreláciu, avšak bez štatistickej významnosti. Biokoncentračný faktor je jedným z najnižších a dosiahol hodnotu 0,01.

Pb – sme v svalovine zistili v pomerne vysokých koncentráciách. Zistené hodnoty sa pohybovali v rozpätí $0,67\text{--}3,71 \text{ mg.kg}^{-1}$, s priemerom $1,52 \text{ mg.kg}^{-1}$. Zo všetkých analyzovaných vzoriek až 17 (88 %) prekročilo normu uvedenú v Potravinovom kódexe. O niečo nižšie hodnoty avšak v rámci normy prezentovali Andreji et al. (2006) z dvoch rybníkov juhozápadného Slovenska. V prípade sedimentov sme prekročenie normy nezaznamenali. Namerané hodnoty sa pohybovali v rozpätí $12,7\text{--}37,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ s priemerom $30,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tabuľka 2). Príbližne rovnaké hodnoty zistila Svobodová et al. (2002) v sedimentoch piatich českých rybníkov. Nižšie hodnoty pohybujúce sa na úrovni $0,15\text{--}0,70 \text{ ppm}$ uvádzajú Mansour and Sidky (2003) z troch jazier v Egypte. V svalovine vykazuje olovo pozitívnu koreláciu k ostatným kovom, pričom vo vzťahu Pb–Cd sme zistili štatisticky významnú závislosť. V sedimentoch sme pozitívnu korelačnú závislosť zistili len pri nikle, kobalte a kadmii, pričom pri posledných dvoch sa potvrdili štatisticky významné rozdiely (tabuľky 3–4). Závislosť medzi akumuláciou

v svalovine a sedimentoch vykazuje podobne ako pri chróme výraznú negatívnu koreláciu, ale tiež bez štatistickej významnosti. Biokoncentračný faktor je nízky a dosiahol hodnotu 0,05.

Cd – bolo podobne ako olovo zaznamenané v svalovine vo vyšších koncentráciách ako pripúšťa norma (Potravinový kódex SR). Zo všetkých analyzovaných vzoriek až 65 % prekročilo túto normu. Zistené koncentrácie sa pohybovali od $0,15\text{--}2,00 \text{ mg.kg}^{-1}$ (priemerne $0,60 \text{ mg.kg}^{-1}$) a prekročenie normy dosiahlo $1,3\text{--}40,0$ násobok (v priemere 3,3-násobne). Podstatne nižšie hodnoty obsahu kadmia v svalovine kapra rybníčného z farmových chovov uvádzajú Andreji et al. (2006) z dvoch fariem na juhozápadnom Slovensku, ako i Svobodová et al. (2002) z piatich českých rybníkov. V prípade sedimentov norma prekročená nebola a zistené koncentrácie kadmia sa pohybovali od $1,54$ do $2,53 \text{ mg.kg}^{-1}$, s priemerom $2,2 \text{ mg.kg}^{-1}$. Nižšie koncentrácie kadmia v dnových sedimentoch boli zaznamenané v piatich českých rybníkoch (Svobodová et al. 2002). Naopak priemerné koncentrácie na úrovni $60 \mu\text{g.g}^{-1}$ uvádzajú van Aardt and Erdmann (2004) z troch priehrad v Južnej Afrike. Korelačné koeficienty medzi jednotlivými kovmi v svalovine vykazovali pozitívnu závislosť až na chróm, kde sa potvrdila negatívna závislosť. Pri sedimentoch sme pozitívnu korelačnú závislosť zaznamenali len pri medi, kobalte a olove (tabuľka 3–4). Závislosť medzi obsahom kadmia v svalovine a sedimentoch má pozitívny charakter, ale bez štatistickej významnosti. Biokoncentračný faktor je druhý najvyšší a má hodnotu 0,28.

Záver

Sledované ťažké kovy sa v svalovine a sedimentoch kumulovali v rôznych koncentráciách, pričom rozdiely v niektorých prípadoch dosahovali až 100-násobok. Z jednotlivých kovov sa zinok kumuloval v najväčšej miere v svalovine i sedimentoch. Ostatné kovy mali spravidla opačnú tendenciu, t. j. pokiaľ sa kumulovali vo svalovine vo vyššej miere, v sedimentoch sa kumulovali v nižšej a naopak. Je to spôsobené rozdielnou schopnosťou jednotlivých ťažkých kovov viazať sa na anorganický, resp. organický materiál, ako aj vzájomnými interakciami. Miera, resp. poradie akumulácie jednotlivých ťažkých kovov bolo nasledovné:

- sval: Zn > Cu > Pb > Co > Cd > Ni > Cr

- sedimenty: Zn > Cr > Ni > Pb > Co > Cu > Cd

Z hľadiska medzných hodnôt koncentrácií ťažkých kovov v dnových sedimentoch podľa súčasnej platnej legislatívy (zákon č. 188/2003 Z. z.) norma nebola porušená. Iná situácia však bola zaznamenaná pri obsahu ťažkých kovov v svalovine rýb. V prípade olova a kadmia sa zistilo prekročenie najvyššieho prípustného množstva. Pri olove sa toto prekročenie zistilo pri 17 vzorkách (88 %) a prekročenie nad normu dosiahlo 1,1–3,7-násobok. Pri kadmiu sa prekročenie zistilo pri 13 vzorkách (65 %) s násobkom prekročenia 1,3–40,0, čo môžeme považovať za vysoké prekročenie legislatívnej normy, čo by v prípade konzumácie týchto rýb mohlo mať negatívny vplyv na zdravotný stav konzumenta.

Súhrn

Skúmala sa úroveň kontaminácie svaloviny rýb a dnových sedimentov rybníka Malé Zálužie. Vzorky rýb – kapra rybníčného (*Cyprinus carpio*) a dnových sedimentov boli odobrané v októbri 2004, analyzované metódou AAS a výsledky sú uvádzané v mg.kg⁻¹ sušiny. Zistené koncentrácie ťažkých kovov v svalovine a dnových sedimentoch boli nasledovné podľa poradia: Zn 16,19–33,52; 46,3–122,0; Cu 1,50–4,90; 14,0–30,1; Co 0,46–1,05; 14,2–31,7; Ni 0,39–0,79; 23,0–48,2; Cr 0,31–1,65; 13,4–97,2; Pb 0,67–3,71; 12,7–37,4 a Cd 0,15–2,00 mg.kg⁻¹ sušiny. Štatisticky významné rozdiely závislosti medzi zistenými koncentraciami kovov v svalovine a sedimentoch sa nepotvrdili. V priemere, poradie akumulácie jednotlivých kovov bolo nasledovné: v svalovine Zn>Cu>Pb>Co>Cd>Ni>Cr; v dnových sedimentoch Zn > Cr > Ni > Pb > Co > Cu > Cd.

Kľúčové slová: ťažké kovy, ryby, sedimenty, rybník, *Cyprinus carpio*, biokoncentračný faktor

Podakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka finančnej podpore projektu GA MŠ SR VEGA č. 1/0696/08 a VEGA č. 1/0074/08.

Literatúra

ANDREJI, J. – STRÁŇAI, I. 2005. Obsah niektorých ťažkých kovov v svalovine rýb z vodnej nádrže Branovo (okr. Nové Zámky). In: Zborník vedeckých prác z 5. medzinárodnej vedeckej konferencie „Rizikové faktory potravinového reťazca“. Nitra : SPU, 2005, s. 9–12. ISBN 80-8069-594-6.

ANDREJI, J. – STRÁŇAI, I. – KAČÁNIOVÁ, M. – MASSÁNYI, P. – VALENT, M. 2006. Heavy metals content and microbiological quality of carp (*Cyprinus carpio*) muscle from two southwestern

slovak fish farm. In: Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering, vol. 41, 2006, no. 6.

CHEN, Y. C. – CHEN, M. H. 2001. Heavy metal concentrations in nine species of fishes caught in coastal waters of Ann-Ping, S.W. Taiwan. In: J. Food Drug Anal., vol. 9, 2001, p. 107–114.

KARADEDE, H. – UNLU, E. 2000. Concentration of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. In: Chemosphere, vol. 41, 2000, p. 1371–1376.

MANSOUR, S. A. – SIDKY, M. M. 2003. Ecotoxicological Studies. 6. The first comparative study between Lake Quarum and El-Rayan wetland (Egypt), with respect to contamination of their major components. In: Food Chemistry, vol. 82, 2003, p. 181–189.

POTRAVINOVÝ kódex SR. 2003. Výnos MP SR a MZ SR z 13. februára 2003 č. 414/2003–100, ktorým sa vydáva hlava Potravinového kódexu Slovenskej republiky upravujúca cudzorodé látky v potravinách. In: Vestník MP SR, 2003, roč. 35, čiastka 8.

STRÁŇAI, I. – ANDREJI, J. 2002. Kontaminácia tkanív rýb ľavoberežných vnútrozemských voľných vôd v oblasti vodného diela Kráľová. In: Zborník prác z medzinárodnej vedeckej konferencie „Rizikové faktory potravinového reťazca“. Nitra : SPU, 2002, s. 126–129. ISBN 80-8069-076-6.

STRÁŇAI, I. – ANDREJI, J. 2005. Obsah niektorých ťažkých kovov v svalovine rýb z Kurzweilovho jazera (okr. Nové Zámky). In: Zborník vedeckých prác z 5. medzinárodnej vedeckej konferencie „Rizikové faktory potravinového reťazca“. Nitra : SPU, 2005, s. 290–293. ISBN 80-8069-594-6.

SVOBODOVÁ, Z. – ŽLÁBEK, L. – ČELECHOVSKÁ, O. et al. 2002. Content of metals in tissues of marketable common carp and in bottom sediments of selected ponds of South and West Bohemia. In: Czech. J. Anim. Sci., vol. 47, 2002, no. 8, p. 339–350.

VAN AARDT, W. J. – ERDMANN, R. 2004. Heavy metals (Cd, Pb, Cu, Zn) in mudfish and sediments from three hard-water dams of the Mooi River catchment, South Africa. In: Water SA, vol. 30, 2004, no. 2, p. 211–218.

VEITH, G. D. – DEFOE, D. L. – BERGSTEDT, B. V. 1979. Measuring and estimating the bioconcentration factor of chemicals in fish. In: Journal of the Fisheries Research Board of Canada, vol. 36, 1979, p. 1040–1048.

WIENER, J. G. – GIESY, J. P. 1979. Concentrations of Cd, Cu, Mn, Pb and Zn in fishes in a highly organic softwater pond. In: Journal of the Fisheries Research Board of Canada, vol. 36, 1979, p. 270–279.

Zákon č. 188/2003 o aplikácii čistiarenskeho kalu a dnových sedimentov do pôdy a o doplnení zákona č. 223/2001 o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.

Kontaktná adresa:

Ing. Jaroslav Andreji, PhD., Katedra hydriárstva a malých hospodárskych zvierat, FABZ, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, tel.: 037 641 47 00, e-mail: Jaroslav.Andreji@uniag.sk