

**Elżbieta Kalisińska\*, Halina Budis\*, Aleksandra Wilk\*,  
Natalia Łanocha\*, Andrzej Jackowski\*\***

**OŁÓW I KADM W NERCE I WĄTROBIE NOCNYCH I DZIENNYCH  
PTAKÓW DRAPIEŻNYCH**

**LEAD AND CADMIUM IN KIDNEY AND LIVER OF NOCTURNAL  
AND DIURNAL RAPTORS**

**Słowa kluczowe:** ołów, kadm, wątroba, nerka, *Falconiformes*, *Strigiformes*.

**Key words:** lead, cadmium, liver, kidney, *Falconiformes*, *Strigiformes*.

*In bioindication-oriented research on trace element environmental pollution, a major role is played by top predators, including birds of prey. Although Poland belongs to the largest Baltic emitters of heavy metals (including cadmium and lead), ecotoxicological studies involving owls (Strigiformes) and falconiforms (Falconiformes) are scarce, the white-tailed eagle being the only species featuring prominently in the research. This paper discusses data on two toxic heavy metals, cadmium and lead, assayed in liver and kidneys of 26 individuals representing a total of 7 species (2 strigiforms and 5 falconiforms) of nocturnal and diurnal raptors. The birds were obtained in North-Western Poland (n=8) and in the Czech Republic (n=18). The highest numbers of individuals represented buzzard (n=9) and kestrel (n=11). Metal concentrations were determined for each species and for all the individuals examined. Lead concentrations in the kidney and liver of the raptors were found to range within 0.050–2.376 and 0.052–2.291 mg/kg d.w., respectively. Kidney cadmium concentrations reached almost 16.50 mg/kg, the liver concentrations being much lower (the maximum values did not exceed 3 mg Cd/kg d.w.). Buzzard and kestrel differed significantly in terms of their liver lead and cadmium concentrations, higher concentrations of both metals being recorded in*

---

\* *Prof. dr hab. Elżbieta Kalisińska, mgr inż. Halina Budis, mgr Aleksandra Wilk, mgr Natalia Łanocha – Katedra i Zakład Biologii Medycznej i Parazytologii, Pomorska Akademia Medyczna w Szczecinie, al. Powstańców Wielkopolskich 72, 70-111 Szczecin; tel.: 91 466 16 72; e-mail: ekalist@pam.szczecin.pl*

\*\* *Mgr inż. Andrzej Jackowski – Katedra Zoologii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin; tel.: 91 449 67 30; e-mail: andrzej.jackowski@zut.edu.pl*

*buzzard. In addition, certain differences in lead concentrations were observed between the birds collected in Poland and in the Czech Republic. Kidney and liver lead concentrations in the raptors obtained in Poland were distinctly higher than those in the falconiforms collected in the Czech Republic.*

## 1. WPROWADZENIE

Kadm i ołów są (obok rtęci) zaliczane do tzw. metali śmierci. Przedostając się do organizmów stałocieplnych kręgowców, powodują u nich rozmaite, zwykle chroniczne schorzenia, niekiedy jednak prowadzą do śmiertelnych zatruc [Seńczuk 2006; Thompson i Bannigan 2008]. Negatywny wpływ kadmu (Cd) i ołowiu (Pb) nasila się i jest niebezpieczny dla zdrowia zarówno zwierząt, jak i ludzi, zwłaszcza na obszarach o znacznym i/lub długotrwałym oddziaływaniu wymienionych metali na środowisko. Głównymi antropogenicznymi źródłami kadmu i ołowiu są przemysły metalurgiczny, elektrotechniczny, chemiczny, a nade wszystko energetyka, głównie ta oparta na węglu [HELCOM 2007]. Wśród krajów nadbałtyckich Polska należy do ścisłej czołówki pod względem emisji kadmu i ołowiu, a w roku 2004 wprowadziła do atmosfery w tej części Europy odpowiednio 42% i 49% ogólnej ilości tych metali [HELCOM 2007]. W roku 2007 całkowite emisje kadmu i ołowiu w naszym kraju oszacowano na 39,6 i 573,4 t [Dębski i in. 2009]. Wiele ksenobiotyków znajdujących się w środowisku ma tendencje do kumulowania się w różnych częściach ciała kręgowców. W badaniach ekotoksykologicznych ważną rolę odgrywają organizmy z końcowych ogniw łańcuchów pokarmowych, do których zalicza się dzienne i nocne ptaki drapieżne, reprezentujące rzędy *Falconiformes* i *Strigiformes* [Garcia-Fernandez i in. 1995; Pain i in. 1995; Battaglia i in. 2005; Alleva i in. 2006; Pérez-López i in. 2008; Mateo 2009]. W Polsce wszystkie gatunki należące do tych rzędów objęte są ochroną prawną [Dz.U. 2004, nr 220, poz. 2237], a pozyskanie od nich materiałów do badań jest utrudnione, głównie z powodu na ogół nielicznego ich występowania w naszym kraju i jedynie sporadycznego przekazywania znalezionych okazów do specjalistycznych placówek naukowych. Populacje niektórych gatunków z tych rzędów w unijnej części Europy szacuje się na kilka, kilkanaście, czy kilkadziesiąt tysięcy, a innych na przeszło milion osobników. Na przykład według BirdLife International [2009] liczebność par lęgowych największej europejskiej sowy – puchacza – ocenia się na 19–38 tysięcy, a kobuza z grupy sokołów na 340–450 tysięcy, przy czym w Polsce liczby par lęgowych tych gatunków wynoszą odpowiednio 250–270 i 2500–10 000. Do studiów ekotoksykologicznych pobiera się od martwych okazów znajdujących w terenie najczęściej wątrobę i nerki, ze względu na detoksykacyjne funkcje tych narządów i odkładanie się w nich różnych ksenobiotyków, w tym kadmu i ołowiu, na stosunkowo długi okres [Esselink i in. 1995; Jager i in. 1996; Kenntner i in. 2003; Naccari i in. 2009]. Tego typu dane z jednej strony umożliwiają pośrednią ocenę stopnia skażenia środowiska,

a z drugiej – pozwalają na oszacowanie wielkości intoksykacji metalami ciężkimi samych organizmów wykorzystywanych jako bioindykatory, co określane jest mianem autointoksykacji [Esselink i in. 1995; Jager i in. 1996; Alleva i in. 2006; Kalisińska i in. 2006b]. W Polsce bardzo rzadko, w porównaniu do innych krajów europejskich są podejmowane badania toksycznego oddziaływania metali ciężkich, w których obiektami są ptaki drapieżne i sowy, a jedynym wyjątkiem wśród nich jest bielik [Falandysz i in. 2001; Kalisińska i in. 2006a]. Celem niniejszej pracy było określenie stężeń dwóch wybitnie toksycznych metali, jakimi są kadm i ołów, w nerce i wątrobie kilku gatunków dziennych i nocnych ptaków drapieżnych.

## 2. MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły nerki i wątroby pozyskane w latach 1999–2007 od dwóch nocnych drapieżników – sów *Strigiformes* (puszczyk *Strix aluco* n=1, puchacz *Bubo bubo* n=1) oraz 24 dziennych ptaków drapieżnych *Falconiformes* (jastrząb *Accipiter gentilis* n=1, krogulec *Accipiter nisus* n=2, kobuz *Falco subbuteo* n=1, pustułka *Falco tinnunculus* n=11, myszołów *Buteo buteo* n=9). Spośród 26 zbadanych okazów 16 to ptaki młode (*immaturus*), które nie osiągnęły dojrzałości płciowej, jeden myszołów był prawie dorosły (*subadultus*), 7 innych ptaków zaliczono do grupy dorosłych (*adultus*), a w dwóch przypadkach nie udało się określić kategorii wiekowej. Większość pustulek (n=10) i myszołowów (n=8) pochodziła z Czech (Muzeum Przyrodnicze w Přeřově), a pozostałe okazy z północno-zachodniej Polski. Materiał pobrano od martwych ptaków, które znaleziono w terenie lub od osobników, które uśpiono w lecznicy weterynaryjnej w Přeřově, ponieważ ich uratowanie okazało się niemożliwe. Na pobieranie próbek materiałów biologicznych od gatunków chronionych Katedra Zoologii Akademii Rolniczej w Szczecinie (obecnie Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny) posiadała stosowne zezwolenia Ministra Środowiska. Wszystkie wymienione ptaki znajdują się na światowej liście gatunków zagrożonych wyginięciem, ale ich status jest określany jako bezpieczny i dlatego nadano im niską kategorię – LC, Least Concern [IUCN 2009]. Spośród 7 badanych gatunków tylko puchacz wymieniony jest w „Polskiej czerwonej księdze zwierząt. Kręgowce” [Głowaciński 2001] i jest on zaliczany do zwierząt bliskich zagrożenia – NT, Near Threatened. W próbkach wysuszonych w temperaturze 105° C do stałej masy oznaczono ołów i kadm metodą ICP AES (w Katedrze Ptaków użytkowych i Ozdobnych Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie) zgodnie z procedurą opisaną przez Kalisińską i in. [2004, 2007]. Stężenia wyrażono w mg/kg suchej masy (s.m.).

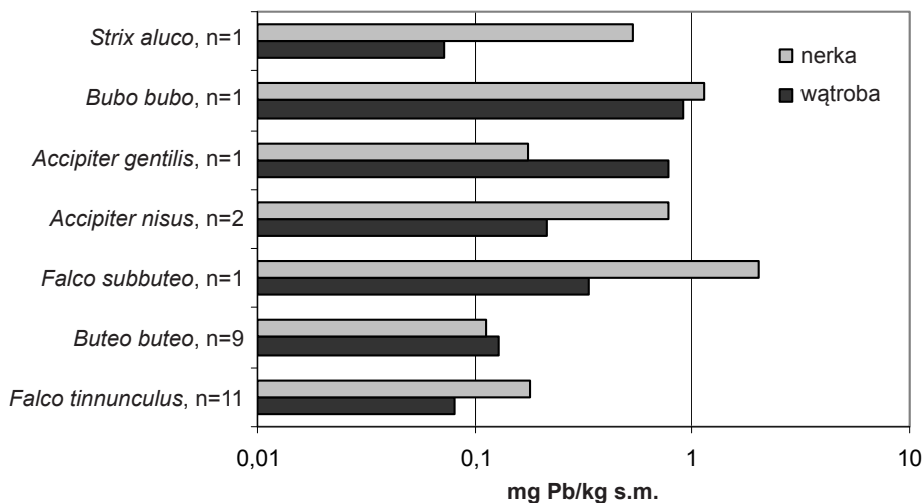
Ołów i kadm oznaczono również w materiale certyfikowanym (n=4) SRM Bovine Liver 1577b (National Institute of Standards and Technology, USA).

Analiza statystyczna dotycząca stężeń metali obejmowała ustalenie średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego ( $A \pm SD$ ), średniej geometrycznej ( $G$ ) dla określonych

gatunków (przy  $n > 5$ ) oraz wszystkich zgromadzonych osobników zgodnie z propozycjami Pain i Amiard-Triquet [1993] oraz Garcia-Fernandez i in. [1995]. Ponadto u dwóch najliczniej reprezentowanych gatunków – myszołowa i pustułki – dokonano wewnątrzgatunkowych porównań stężeń ołowiu i kadmu w wątrobie i w nerce, a także porównań międzygatunkowych w analogicznym zakresie, stosując nieparametryczny test U Manna-Whitneya, toksyczne metale bowiem mają zwykle rozkład danych odbiegający od oczekiwanego rozkładu normalnego. Ustalono również związki między ołowiem i kadmem w badanych nierzędach myszołowa i pustułki, a także współczynniki korelacji Spearmana ( $r_s$ ) dla relacji między tymi samymi pierwiastkami występującymi w wątrobie i nerce wymienionych gatunków.

### 3. WYNIKI I DYSKUSJA

Stężenia ołowiu (Pb) i kadmu (Cd) w materiale certyfikowanym według jego producenta wynoszą odpowiednio  $0,129 \pm 0,004$  i  $0,50 \pm 0,03$  mg/kg s.m. Wyniki oznaczeń w badaniach autorów przedstawiają się następująco: ołów  $0,128 \pm 0,018$  i kadm  $0,49 \pm 0,02$  mg/kg s.m. i pokrywają się odpowiednio w 99,2% i 98,0% z wartościami podanymi przez producenta SRM Bovine Liver 1577b. Stężenia ołowiu w nerce i wątrobie badanych dziennych i nocnych ptaków drapieżnych wahały się odpowiednio od 0,050 do 2,376 mg/kg oraz od 0,052 do 2,291 mg/kg. Największe stężenie ołowiu ( $> 1$  mg/kg) odnotowano w nerkach korbuzza i puchacza, pochodzących z północno-zachodniej Polski (rys. 1).



**Rys. 1.** Stężenia ołowiu w nerce i wątrobie nocnych i dziennych ptaków drapieżnych

**Fig. 1.** Concentrations of lead in kidney and liver of nocturnal and diurnal raptors

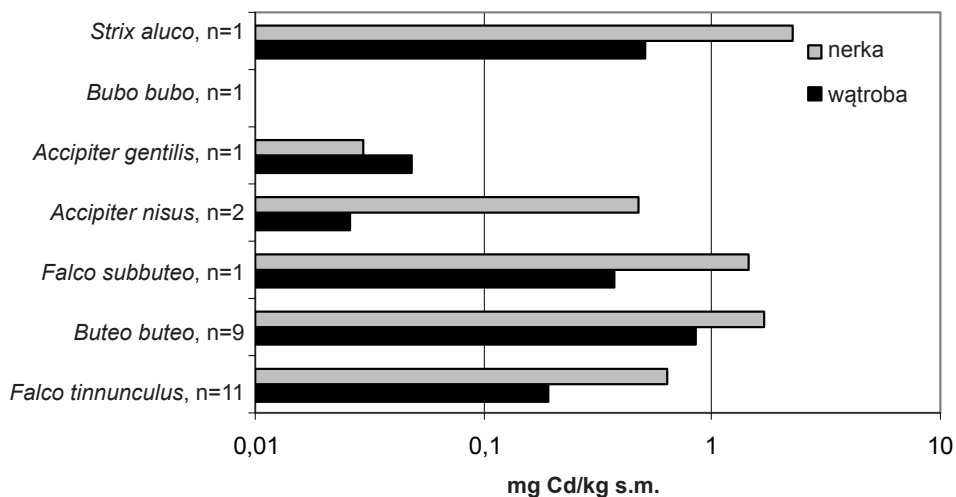
Stężenie ołowiu w nerce  $A \pm SD$  i  $G$  wszystkich okazów ( $n=26$ ) wynosi odpowiednio  $0,420 \pm 0,616$  oraz  $0,218$  mg/kg, a analogiczne wartości dotyczące ołowiu w wątrobie wynoszą  $0,256 \pm 0,466$  oraz  $0,129$  mg/kg.

Koncentracje kadmu w nerce analizowanych ptaków zawierały się w przedziale od  $0,030$  do  $16,470$  mg/kg, a w wątrobie od  $0,021$  do  $2,574$  mg/kg, przy czym w nerce i wątrobie puchacza w ogóle nie wykryto tego metalu. Odpowiednie wartości ( $G$ ) dla poszczególnych gatunków zaznaczono na rys. 2. W wielogatunkowej grupie ptaków stężenia kadmu w nerce i wątrobie wynoszą odpowiednio:

- w nerce  $A \pm SD$ :  $1,912 \pm 3,403$ , a  $G$ :  $0,832$  mg/kg;
- w wątrobie  $A \pm SD$ :  $0,535 \pm 0,630$ , a  $G$ :  $0,280$  mg/kg.

W nerkach 11 okazów, w tym 8 z Czech (4 pustułki i 4 myszołowy) i trzech z Polski północno-zachodniej (kobuz, puszczyk, myszołów) stwierdzono stężenie kadmu  $>1$  mg/kg. Takie wartości koncentracji kadmu odnotowano także w wątrobach 4 myszołowów (trzy pochodziły z Czech, a jeden z Polski).

Z porównania ze sobą kilkugatunkowych grup ptaków z Polski i Czech okazało się, że istotnie różnią się one między sobą stężeniami ołowiu w nerkach i wątrobie ( $p < 0,01$ ) – większe koncentracje tego metalu mają ptaki z Polski. Takich różnic nie stwierdzono natomiast, jeżeli chodzi o kadm. Spośród dwóch najliczniej reprezentowanych w niniejszych badaniach gatunków (*F. tinnunculus* i *B. buteo*) tylko u pustułki stwierdzono statystycznie istotne różnice ( $p < 0,01$ ) między stężeniami ołowiu i kadmu w nerce i wątrobie – w przypadku obu metali ich stężenia były wyraźnie większe w nerce w porównaniu do wątroby (rys. 1 i 2).



**Rys. 2.** Stężenia kadmu w nerce i wątrobie nocnych i dziennych ptaków drapieżnych

**Fig. 2.** Concentrations of cadmium in kidney and liver of nocturnal and diurnal raptors

Ponadto u pustułki wykryto dodatnią korelację między stężeniami kadmu występującego w nerce i wątrobie ( $r_s=0,988$ ;  $p<0,001$ ), a w przypadku myszołowa tego typu korelację odnotowano zarówno dla kadmu ( $r_s=0,786$ ;  $p<0,05$ ), jak i ołowiu ( $r_s=0,714$ ;  $p<0,05$ ), a także ujawniono związek między ołowiem i kadmem w wątrobie ( $r_s=0,683$ ;  $p<0,05$ ).

W Polsce i Czechach populacje myszołowa i pustułki są oceniane odpowiednio na 50–80 tys. i 10–13 tys., a w całej Europie na 710–1200 tys. i 330–500 tys. par lęgowych [BirdLife International 2009]. Ze względu na ich dość duże liczebności, są dla nich dostępne również dane dotyczące stężeń metali ciężkich w ich narządach, głównie w wątrobie (tab. 1). Te szeroko rozsiadane i stosunkowo pospolite ptaki drapieżne często wykorzystywane są jako bioindykatory [Jager i in. 1996; Naccari i in. 2009]. Pain i Amiard-Triquet [1993] sugerują, że za podwyższone stężenie ołowiu w wątrobie ptaków drapieżnych przyjęć należy wartości większe niż 6 mg/kg s.m. W wątrobie żadnego spośród badanych osobników z Polski i Czech nie stwierdzono takiego stężenia ołowiu. Należy jednak dodać, że pustułka znaleziona w centrum Szczecina, miała  $>2,29$  mg Pb/kg w wątrobie i nerce, a u czeskich okazów tego gatunku maksymalna koncentracja ołowiu w narządach mięsnych była wielokrotnie mniejsza i wynosiła 0,25 mg/kg s.m.

W porównaniu do stężeń ołowiu w wątrobie myszołowów z Włoch i Sycylii [Battaglia i in. 2005; Naccari i in. 2009] ptaki tego gatunku z Polski i Czech oraz innych części Europy mają niewielkie – o jeden lub dwa rzędy wielkości – mniejsze koncentracje tego metalu (rys. 1, tab. 1). Mediany stężeń ołowiu w wątrobie dla dziennych ( $n=157$ ) i nocnych ( $n=57$ ) wielogatunkowych grup drapieżnych ptaków określone przez Pain i Amiard-Triquet [1993] są niewielkie i wynoszą odpowiednio 0,56 i 0,32 mg Pb/kg s.m. Analogiczną medianę dla dużej grupy przedstawicieli *Strigiformes* i *Falconiformes* ( $n= 424$ ) z Wielkiej Brytanii ustalili również Pain i in. [1995] i według nich wartość ta wynosi 0,56 mg Pb/kg. Wszystkie te przytoczone stężenia są nieco większe niż ustalona średnia koncentracja ołowiu w nerce i wątrobie (0,218 i 0,129 mg/kg s.m.) ptaków pochodzących z Polski i Czech.

Kadm (Cd), nazywany nefrotoksyną, odkłada się w największej ilości w nerkach, a następnie w wątrobie [Seńczuk 2006]. Na ogół przyjmuje się, że stężenie kadmu większe niż mg/kg s.m. w wątrobie sygnalizuje wzrost narażenia środowiskowego na ten metal [Pérez-López i in. 2008]. Wśród europejskich ptaków drapieżnych (tab. 1) największe stężenia kadmu w wątrobie ( $>5,5$  mg/kg s.m.) odnotowano u puszczyka z Hiszpanii [Pérez-López i in. 2008], a w nerkach u myszołowów z Holandii i Włoch [Jager i in. 1996; Battaglia i in. 2005] – odpowiednio ponad 7 i 12 mg/kg s.m. Wśród badanych przez nas okazów tego gatunku stężenia kadmu w nerkach większe niż 5 mg/kg s.m. stwierdzono tylko u dwóch osobników pozyskanych w Czechach.

Biorąc pod uwagę powyższe informacje można przyjąć, że w analizowanych przez nas ptakach stężenia ołowiu i kadmu odzwierciedlały najprawdopodobniej tło geochemiczne. Jednak jednocześnie należy dodać, że w większości były to okazy młode, u których proces kumulacji toksyn środowiskowych dopiero się rozpoczął.

**Tabela 1.** Stężenia ołowiu i kadmu (mg/kg) w nerce i wątrobie dziennych (*Falconiformes*) i nocnych (*Strigiformes*) ptaków drapieżnych z różnych części Europy**Table 1.** Concentration of cadmium and lead (mg/kg) in kidney and liver of diurnal (*Falconiformes*) and nocturnal (*Strigiformes*) raptors from various parts of Europe

Gatunek	n	Nerka		Wątroba		Źródło
		Pb	Cd	Pb	Cd	
<i>Falconiformes</i>						
<i>Buteo buteo</i> *	80	2,60±0,30	7,41±0,90	3,30±0,50	1,78±0,22	1
<i>B. buteo</i> *	18	10,8±0,94	12,12±0,59	47,70±3,82	2,02±0,04	2
<i>B. buteo</i> *	85	.	.	0,71	.	3
<i>B. buteo</i> *	56	.	.	1,34	.	4
<i>B. buteo</i> *	44	.	.	4,17±3,12	1,39±0,87	5
<i>B. buteo</i> **	5	0,15±0,07	0,07±0,04	0,11±0,06	0,03±0,02	6
<i>B. buteo</i> **	12	0,40±0,14	0,55±0,14	14,53±3,75	0,21±0,06	7
<i>Falco tinnunculus</i> **	13	0,29±0,20	0,43±0,58	0,20±0,13	0,12±0,11	6
<i>F. tinnunculus</i> *	32	.	.	0,69	.	4
<i>F. tinnunculus</i> *	21	.	.	0,30	.	3
<i>F. tinnunculus</i> *	3	.	.	6,64±5,25	1,24±0,75	5
<i>F. subbuteo</i> *	4	.	.	0,32	.	3
<i>F. subbuteo</i> *	63	.	.	<0,10	.	4
<i>F. subbuteo</i> **	5	.	.	0,11	-	8
<i>Accipiter nisus</i> **	3	0,39	0,25	0,26	0,09	6
<i>A. nisus</i> *	150	.	.	0,55	.	4
<i>A. nisus</i> *	30	.	.	0,52	.	3
<i>A. nisus</i> *	8	.	.	3,03±2,91	0,60±0,57	5
<i>A. gentilis</i> *	6	.	.	1,21	.	4
<i>A. gentilis</i> *	3	.	.	3,92±2,51	1,45±1,27	5
<i>A. gentilis</i> **	61	0,13	0,12	0,13	0,03	9
<i>Strigiformes</i>						
<i>Bubo bubo</i> **	7	0,32±0,23	0,21±0,19	0,22±0,15	0,14±0,14	6
<i>B. bubo</i> *	5	.	.	0,34	.	3
<i>Strix aluco</i> *	8	.	.	0,37	.	3
<i>S. aluco</i> *	17	.	.	2,75±2,65	5,52±8,33	5

**Objaśnienia:** \*w suchej masie; \*\*w mokrej masie;

1 – Jager i in. 1996; 2 – Battaglia i in. 2005; 3 – Pain i Amiard-Triquet 1993; 4 – Pain i in. 1995;

5 – Pérez-López i in. 2008; 6 – Garcia-Fernandez i in. 1995; 7 – Naccari i in. 2009; 8 – Alleva i in. 2006;

9 – Kenntner i in. 2003.

**Za udostępnienie materiału do badań pochodzącego z terenu Czech dziękujemy dr. J. Sítka z Muzeum Przyrodniczego w Přerov.**



## PIŚMIENNICTWO

- ALLEVA E., FRANCIA N., PANDOLFI M., DE MARINIS A.M., CHIAROTTI F., SANTUCCI D. 2006. Organochlorine and heavy-metal contaminants in wild mammals and birds of Urbino-Pesaro province, Italy: an analytic overview for potential bioindicators. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 51:123–134.
- BATTAGLIA A., GHIDINI S., CAMPANINI G., SPAGGIARI R. 2005. Heavy metal contamination in little owl (*Athene noctua*) and common buzzard (*Buteo buteo*) from northern Italy. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60: 61–66.
- BirdLife International** 2009. Species factsheet (<http://birdlife.org>).
- DĘBSKI B., OLENDRZYŃSKI K., CIEŚLIŃSKA J., KARGULEWICZ I., SKOŚKIEWICZ J., OLECKA A. KANIA K. 2009. Inwentaryzacja emisji do powietrza SO, NO, NH, pyłów, metali ciężkich, NMLZO i TZO w Polsce za rok 2007. KASHUE, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- ESSELINK H., VAN DER GELD F.M., JAGER L.P., POSTHUMA-TRUMPIE G.A., ZOUN P.E.F., BAARS A.J. 1995. Biomonitoring heavy metals using the barn owl (*Tyto alba guttata*): sources of variation especially relating to body condition. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 28: 471–486.
- FALANDYSZ J., ICHIHASHI H., SZYM CZYK K., JAMASAKI S., MIZERA T. 2001. Metallic elements and metal poisoning among white-tailed sea eagles from the Baltic South coast. *Marine Pollution Bulletin* 42: 1190–1193.
- GARCIA-FERNANDEZ A.J., SANCHEZ-GARCIA J. A., JIMENEZ-MONTALBAN P., LUNA A. 1995. Lead and cadmium in wild birds in southeastern Spain. *Environmental Toxicology and Chemistry* 14: 2049–2058.
- Heavy Pollution to the Baltic Sea in 2004**. 2007. HELCOM Baltic Sea Environment Proceedings No 108: 33.
- IUCN Red List of Threatened Species**. 2009. Version 2009.1 ([www://iucnredlist.org](http://www://iucnredlist.org)).
- JAGER L.P., RIJNIERSE V.J., ESSELINK H., BAARS A.J. 1996. Biomonitoring with the buzzard *Buteo buteo* in the Netherlands: heavy metals and sources of variation. *Journal für Ornithologie* 137: 295–318.
- KALISIŃSKA E., SALICKI W., JACKOWSKI A., KALISIŃSKI M. 2006b. Polskie bieliki w badaniach ekotoksykologicznych. W: Nowakowski J.J., Tryjanowski P., Indykiewicz P. (red.) *Ornitologia polska na progu XXI stulecia – dokonania i perspektywy*. Wydawnictwo UWM, Olsztyn: 159–172.
- KALISIŃSKA E., SALICKI W., JACKOWSKI A. 2006a. Six trace metals in white-tailed eagle from northwestern Poland. *Polish Journal of Environmental Studies* 15: 727–737.
- KALISIŃSKA E., SALICKI W., MYSŁEK P., KAVETSKA K.M., JACKOWSKI A. 2004. Using the mallard to biomonitor heavy metal contamination of wetlands in north-western Poland. *Science of the Total Environment* 320: 145–161.



- KALISIŃSKA E., SALICKI W., KAVETSKA K.M., LIGOCKI M. 2007. Trace metal concentrations are higher in cartilage than in bones of scaup and pochard wintering in Poland. *Science of the Total Environment* 388: 90–103.
- KENNTNER N., KRONE O., ALTENKAMP R., TATARUCH F. 2003. Environmental contaminants in liver and kidney of free-ranging northern goshawks (*Accipiter gentilis*) from three regions of Germany. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 45:128–135.
- MATEO R. 2009. Lead poisoning in wild birds in Europe and the regulations adopted by different countries. In: Watson R.T., Fuller M., Pokras M., Hunt W.G. (eds.) *Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implication for Wildlife and Human*. The Peregrine Fund, Boise, Idaho USA: 71–98.
- NACCARI C., CRISTANI M., CIMINO F., ARCORACI T., TROMBETTA D. 2009. Common buzzards (*Buteo buteo*) bio-indicator of heavy metals pollution in Sicily (Italy). *Environmental International* 35: 594–598.
- PAIN D.J., AMIRAD-TRIQUET C. 1993. Lead poisoning of raptors in France and elsewhere. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 25: 183–192.
- PAIN D.J., SEARS J., NEWTON I. 1995. Lead concentrations in birds of prey in Britain. *Environmental Pollution* 87: 173–180.
- PÉREZ-LÓPEZ M., HERMOSO DE MENDOZA M., BECEIRO A.L., RODRIGUEZ F.S. 2008. Heavy metal (Cd, Pb, Zn) and metalloid (As) content in raptor species from Galicia (NW Spain). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70:154–162.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie gatunków dziko występujących zwierząt objętych ochroną.** Dz.U. 2004, nr 220, poz. 2237.
- SEŃCZUK W. 2006. *Toksykologia współczesna*. Wyd. PZWL, Warszawa.
- THOMPSON J., BANNIGAN J. 2008. Cadmium: toxic effects on the reproductive system and the embryo. *Reproductive Toxicology* 25: 304–315.