



Metale ciężkie w Minogu Rzecznym *Lampetra fluviatilis* (L. 1758)

Mikołaj Protasowicki, Artur Ciemniak, Magdalena Mamińska
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

1. Wstęp

Chociaż minogi jako bezszczękowce nie należą formalnie do ryb to jednak jak podaje Załachowski [19] są przedmiotem zainteresowania ichtiologów z uwagi na wiele podobieństw w ich biologii. Minóg rzeczny jest zaliczany do zwierząt dwuśrodowiskowych. Tarło odbywa w rzekach, a po przeobrażeniu się larw (stadium larwalne może trwać nawet kilkanaście lat) spływają do morza, skąd po osiągnięciu dojrzałości płciowej wracają na tarło do rzek. Minogi są pasożytami, odżywiają się krwią i płynami tkankowymi ryb, do których przysysają się otworem gębowym. Nie zawsze jednak prowadzi to do śmierci gospodarza [19].

Obecnie gatunek ten jest objęty ścisłą ochroną [7] jednak wcześniej, przed rokiem 2004, był on chroniony tylko w stadium larwalnym [6]. Jednak jak podaje Bartel [2] w okresie międzywojennym połowy minoga w Polsce sięgały nawet 50 ton dziennie. Wysokie połowy do 80 ton rocznie osiągnęto jeszcze do końca lat 1970-tych. Z końcem następnej dekady spadły one do ok. 900 kg w skali roku. Do tej pory w wielu krajach nadbałtyckich minogi są cenione ze względu na wartości odżywcze

ich mięsa, które charakteryzuje się dużą zawartością białka (do 16%) i tłuszczu (do 30%), a w porównaniu z rybami zawiera więcej witaminy A i B₁₂ [8].

Jak dotąd wiele uwagi poświęcono badaniom zawartości metali ciężkich w rybach [10, 14÷16]. Minogi są jedną z rzadziej badanych grup zwierząt wodnych i tylko nieliczne opublikowane prace dotyczyły poziomu zawartości metali ciężkich w ich tkankach [11, 17, 18].

Celem niniejszej pracy było określenie zawartości wybranych metali ciężkich (Hg, Cd, Pb, Cu i Zn) w minogu rzecznym (*Lampetra fluviatilis*), porównanie zawartości metali w zależności od miejsca połowu i płci oraz wykazanie, które spośród badanych narządów kumulują je w największych ilościach.

2. Materiał i metody

Do badań pobrano po 20 minogów odłowionych przez rybaków w obszarach ujściowych Wisły (11 samców, 9 samic) i Odry (8 samców, 12 samic) w październiku 2000 r. Badane zwierzęta były zbliżone pod względem wielkości, chociaż nieco większe były minogi z ujścia Odry. Masa ciała mieściła się w zakresie 61÷198 gram, a długość całkowita 313÷482 mm. Z każdego osobnika do badań pobrano mięśnie, gonady i worki skrzelowe.

Analizy zawartości rtęci wykonano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z zastosowaniem techniki zimnych par (CV AAS) po mineralizacji próbek wg metody Adriana [1]. Kadm, ołów, miedź i cynk analizowano po zmineralizowaniu próbek w stężonym kwasie azotowym techniką mikrofalową, przy czym Cd i Pb oznaczono metodą GF AAS, a Cu i Zn metodą ICP-AES. Granica oznaczalności poszczególnych metali wynosiła 0,001 $\mu\text{g g}^{-1}$ dla Hg i Cd oraz 0,01 $\mu\text{g g}^{-1}$ dla pozostałych metali.

3. Wyniki i dyskusja

Zakresy zawartości oznaczanych metali, wyrażone w $\mu\text{g g}^{-1}$ masy mokrej, zestawiono w tabeli 1.

Z przedstawionych w tabeli danych wynika, że zawartość rtęci w badanych narządach mieściła się w przedziale od 0,007 do 0,170, kadmu – od 0 do 0,540, ołowiu – od 0 do 2,48, miedzi – od 1,14 do 6,98 i cynku – od 9,65 do 100,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ mokrej masy. Wynika stąd, że

w niektórych próbkach nie notowano obecności kadmu i ołowiu w stężeniach pozwalających na ich oznaczenie. Najwyższe zawartości rtęci stwierdzono w mięśniach minogów z Wisły, zaś kadmu, ołowiu, miedzi i cynku w workach skrzelowych minogów z Odry. Pomimo pewnych widocznych różnic między średnimi stężeniami metali w narządach minogów z Wisły i Odry analiza statystyczna (test t-Studenta) potwierdziła istotność tych różnic tylko w przypadku zawartości rtęci i cynku w gonadach oraz kadmu i ołowiu w workach skrzelowych, więcej wymienionych metali zawierały narządy minogów z Odry. Należy podkreślić, że poziom zawartości Hg, Cd, Pb, Cu i Zn w mięśniach minogów z Wisły i Odry był jednakowy. Wynika stąd, że miejsce bytowania miało pewien wpływ na zawartość niektórych metali tylko w gonadach i workach skrzelowych tych zwierząt, nie wpływało natomiast na ich poziom w mięśniach.

Z uwagi na zbyt małą liczbę prac dotyczących obecności metali ciężkich w minogach wyniki niniejszych badań można odnieść tylko do publikacji na temat ryb. W badaniach notowano zarówno brak różnic w zawartości metali [16] jak i ich występowanie [10, 14] w przypadku gdy ryby pochodziły z różnych akwenów. Poza wpływem stopnia zanieczyszczenia wody, wskazywano też, że istotny wpływ na poziom metali w narządach ryb może mieć zawartość ich frakcji wymiennej w osadach [3, 4].

Stężenia oznaczanych pierwiastków w minogach wykazywały znaczne podobieństwo do poziomu ich zawartości w rybach słodkowodnych Polski [10, 14÷16]. Niestety jak wspomniano wcześniej niewiele jest prac poświęconych badaniu zawartości metali ciężkich w minogu rzecznym. Renaud i in. [17] analizowali metale (Cu, Fe, Ni, Pb) w muzealnych preparatach minogów, stąd ich wyniki nie stanowią materiału porównawczego. W minogach z dopływów rzeki Świętego Wawrzyńca, w porównaniu z wynikami niniejszych badań, notowano bardzo wysokie stężenia rtęci, od 1,748 do 6,793 $\mu\text{g g}^{-1}$ m.m. [18]. Natomiast Merivirta [11] w minogach rzecznych (51 osobników) złowionych w 9 rzekach i 5 obszarach ujściowych do Zatoki Botnickiej wykazał podobne, do stwierdzonych w niniejszej pracy, stężenia rtęci (79 $\mu\text{g g}^{-1}$) i kadmu (43 $\mu\text{g g}^{-1}$). Obecność ołowiu stwierdził on tylko w jednej próbce w ilości 0,064 $\mu\text{g g}^{-1}$, jednak jak podaje granica wykrywalności Pb wynosiła 0,040 $\mu\text{g g}^{-1}$.

Tabela 1. Zawartości metali ciężkich* ($\mu\text{g g}^{-1}$ m.m.) w mięśniach, gonadach i workach skrzelowych minoga rzeczynego (*Lampetra fluviatilis*) z Wisły i Odry

Table 1. Heavy metals content* ($\mu\text{g g}^{-1}$ w.w.) in muscles, gonads and branchial sacks of the riverine lamprey (*Lampetra fluviatilis*) from the Vistula and Odra rivers

Narząd Organ	Miejsce połowu Place of fishing	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn
Mięśnie Muscle	Wisła N=20	0,107 ±0,021 (0,073 – 0,170)	0,027 ±0,008 (0,013 – 0,040)	0,05 ± 0,03 (0,00 – 0,15)	1,56 ±0,51 (1,25 – 2,00)	20,49 ±5,78 (12,48 – 34,79)
	Odra N=20	0,098 ±0,031 (0,058 – 0,162)	0,028 ±0,025 (0,003 – 0,113)	0,03 ±0,04 (0,00 – 0,12)	1,59 ±0,30 (1,08 – 2,20)	23,61 ±8,85 (9,65 – 53,24)
Gonady Gonads	Wisła N=20	0,017 ±0,006 ^a (0,007 – 0,030)	0,090 ±0,114 (0,015 – 0,533)	0,08 ±0,20 (0,00 – 0,90)	2,17 ±0,82 (1,13 – 4,28)	53,07 ±12,43 ^a (32,48 – 93,58)
	Odra N=20	0,022 ±0,011 ^b (0,009 – 0,047)	0,102 ±0,082 (0,027 – 0,360)	0,02 ±0,06 (0,00 – 0,25)	2,30 ±0,72 (1,28 – 3,91)	68,33 ±14,77 ^b (43,73 – 90,73)
Worki skrzelowe Gill sacks	Wisła N=20	0,046 ±0,028 (0,014 – 0,143)	0,073 ±0,047 ^a (0,027 – 0,196)	0,14 ±0,24 ^a (0,00 – 1,04)	3,08 ±0,94 (1,69 – 4,95)	33,03 ±7,64 (24,55 – 56,06)
	Odra N=20	0,045 ±0,028 (0,018 – 0,102)	0,154 ±0,139 ^b (0,000 – 0,540)	0,83 ±0,65 ^b (0,02 – 2,48)	3,39 ±1,57 (1,14 – 6,98)	40,59 ±7,64 (17,66 – 100,7)

* podano średnią i odchylenie standardowe oraz w nawiasie minimum i maksimum; N – liczebność; a, b – litery oznaczają, że średnie różnią się statystycznie istotnie $p \geq 95$; mean and SD, in parentheses minimum and maximum are given; N – number of samples; a, b – the letters indicate that the average differ significantly $p \geq 95$

Badania porównawcze odnośnie do zawartości metali ciężkich w rybach w zależności od płci były podejmowane już w drugiej połowie ubiegłego wieku. Zazwyczaj nie stwierdzano różnic w przypadku mięśni, wykazywano natomiast, że różniła się zawartość metali w narządach, zwłaszcza było to wyraźnie widoczne w gonadach [12÷14]. Zawartości metali w narządach samic i samców badanych minogów zestawiono w tabeli 2.

Przeprowadzone porównanie wykazało, że jedynie w przypadku cynku zawartość wykazywała statystycznie istotną zależność od płci. Podobnie jak w badaniach wcześniejszych więcej tego metalu zawierały gonady żeńskie [12÷14]. Poziom zawartości pozostałych metali w badanych narządach obu płci był porównywalny.

Badane samice i samce minogów różniły się nieco pod względem masy i długości całkowitej ciała. Jak podano masa ciała badanych zwierząt mieściła się w zakresie 61÷198 gram, a długość całkowita 313÷482 mm. Masa ciała samic wynosiła od 80 do 198 gram (średnio 126 ±35), a samców od 61 do 189 gram (średnio 103 ±34). Długość całkowita ciała samic mieściła się natomiast w zakresie od 336 do 482 mm (średnio 393 ±35), a samców od 313 do 446 mm (średnio 370 ±35). Wynika stąd, że samce były nieco mniejsze od samic, co znalazło też potwierdzenie w analizie statystycznej. Jednak jak wykazała przeprowadzona analiza korelacji, wymiary ciała nie miały istotnego wpływu na poziom zawartości metali w narządach, wyliczone współczynniki korelacji były statystycznie nieistotne ($r < 0,365$). Również nie wydaje się aby zależał od nich poziom cynku w gonadach, w tym przypadku raczej istotne było znaczenie tego pierwiastka dla rozwoju produktów płciowych, a później dla rozwoju początkowego larw. Chociaż pewne znaczenie mogła mieć masa gonad. Wyliczony współczynnik korelacji ($r = 0,453$) wydaje się wskazywać na pewną niewielką zależność między zawartością cynku a masą gonad (w odniesieniu do pozostałych pierwiastków współczynniki były statystycznie nieistotne). Masa gonad samic wynosiła od 3,3 do 23 gram (średnio 10,6 ±4,2), a samców od 2,1 do 7,1 gram (średnio 3,7 ±1,3), a więc była prawie trzykrotnie większa.

Tabela 2. Porównanie średnich zawartości metali ciężkich* ($\mu\text{g g}^{-1}$ m.m.) w mięśniach, gonadach i workach skrzelowych samic i samców minoga rzecznoego (*Lampetra fluviatilis*) z Wisły i Odry

Table 2. Comparison of mean heavy metals content* ($\mu\text{g g}^{-1}$ w.w.) in muscle, gonads and gill sacks of male and female of the riverine lamprey (*Lampetra fluviatilis*) from the Vistula and Oder rivers

Narząd Organ	Płeć Sex	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn
Mięśnie Muscle	samice female N=21	0,104 ±0,028 (0,058-0,162)	0,024 ±0,013 (0,003-0,060)	0,04 ±0,03 (0,00-0,12)	1,61 ±0,26 (1,15-2,20)	20,52 ±5,51 (12,48-32,20)
	samce male N=19	0,101 ±0,026 (0,062-0,170)	0,032 ±0,023 (0,013-0,113)	0,04 ±0,04 (0,00-0,15)	1,53 ±0,24 (1,08-1,96)	24,12 ±9,44 (9,65-53,24)
Gonady Gonads	samice female N=21	0,018 ±0,009 (0,007-0,047)	0,076 ±0,072 (0,015-0,360)	0,02 ±0,05 (0,00-0,25)	2,82 ±3,45 (1,13-18,25)	69,43 ±13,79 ^b (46,61-93,58)
	samce male N=19	0,022 ±0,008 (0,009-0,042)	0,123 ±0,122 (0,030-0,533)	0,09 ±0,21 (0,00-0,90)	2,34 ±0,77 (1,23-4,28)	48,88 ±8,29 ^a (32,48-65,24)
Worki skrzelowe Gill sacks	samice female N=21	0,050 ±0,027 (0,026-0,143)	0,112 ±0,116 (0,027-0,540)	0,053 ±0,66 (0,00-2,48)	3,39 ±1,31 (1,14-6,94)	35,53 ±17,19 (17,66-100,72)
	samce male N=19	0,040 ±0,021 (0,014-0,102)	0,116 ±0,106 (0,000-0,331)	0,042 ±0,51 (0,02-1,43)	3,02 ±1,25 (2,06-6,98)	38,61 ±15,26 (27,48-88,03)

* podano średnią i odchylenie standardowe oraz w nawiasie minimum i maksimum; N – liczebność; a, b – litery oznaczają, że średnie różnią się statystycznie istotnie $p \geq 95$ (dotyczy danego narządu); mean and SD, in parentheses minimum and maximum are given; a, b – the letters indicate that the average differ significantly $p \geq 95$ (relates to the organ)

Wielu autorów zwracało też uwagę, że zawartość metali w poszczególnych narządach ryb jest zróżnicowana i zależy od ich funkcji [5, 14]. Podobne różnice notuje się także w przypadku zwierząt lądowych [9]. Porównanie zawartości metali ciężkich w narządach minogów wskazuje na znaczne różnice między poszczególnymi narządami (tabela 3).

Zawartość metali w narządach była wyraźnie różna, co potwierdziła analiza statystyczna. Pod względem średniej zawartości metali narządy można uszeregować następująco: Hg – mięśnie > worki skrzelowe > gonady, Cd – worki skrzelowe ≥ gonady > mięśnie, Pb – worki skrzelowe > gonady ≥ mięśnie, Cu – worki skrzelowe > gonady > mięśnie i Zn – gonady > worki skrzelowe > mięśnie. Porównanie wskazuje, że zasadniczo najmniej metali, za wyjątkiem rtęci, zawierały mięśnie, natomiast dużo kumulowało się w układzie oddechowym, który jest odpowiedzialny za bezpośrednie pobieranie pierwiastków z wody. Wysoki poziom cynku w gonadach jest związany prawdopodobnie z jego zapotrzebowaniem w procesach rozrodu.

Tabela 3. Porównanie średnich zawartości metali ciężkich* ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ m.m.) w mięśniach, gonadach i workach skrzelowych minoga rzeczno (*Lampetra fluviatilis*)

Table 3. Comparison of mean heavy metals content* ($\mu\text{g g}^{-1}$ w.w.) in muscle, gonads and gill sacks of the riverine lamprey (*Lampetra fluviatilis*)

Narząd Organ	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn
Mięśnie Muscle N=40	0,056 ±0,027 ^c	0,028 ±0,018 ^a	0,04 ± 0,04 ^a	1,58 ±0,25 ^a	22,05 ±7,55 ^a
Gonady Gonads N=40	0,020 ±0,009 ^a	0,096 ±0,098 ^b	0,05 ±0,15 ^a	2,24 ±0,77 ^b	60,70 ±15,53 ^c
Worki skrzelowe Gill sacks N=40	0,045 ±0,025 ^b	0,113 ±0,111 ^b	0,49 ±0,60 ^b	3,24 ±1,28 ^c	36,81 ±16,26 ^b

* podano średnią i odchylenie standardowe; N – liczebność; a, b, c – litery oznaczają, że średnie różnią się statystycznie istotnie $p \geq 95$; mean and SD; N – number of samples; a, b, c – the letters indicate that the average differ significantly $p \geq 95$

4. Wnioski

1. Miejsce bytowania miało pewien wpływ na zawartość niektórych metali w gonadach (Hg, Zn) i workach skrzelowych (Cd, Pb) minogów, jednak nie wpływało w istotny sposób na ich poziom w mięśniach. W przypadku potwierdzonych statystycznie różnic nieco więcej metali zawierały narządy zwierząt odłowionych w Odrze.
2. W wyniku przeprowadzonej analizy wykazano, że gonady samic zawierały więcej cynku niż gonady samców, pozostałe różnice okazały się statystycznie nieistotne. Poziom zawartości cynku w gonadach obu płci w niewielkim stopniu ($r = 0.453$) zależał od masy tego narządu.
3. Generalnie najmniej metali, za wyjątkiem rtęci, zawierały mięśnie, dużo kumulowało się w układzie oddechowym odpowiedzialnym za bezpośrednie pobieranie pierwiastków z wody. Wysoki poziom cynku w gonadach jest związany prawdopodobnie z jego rolą w procesach rozrodu.
4. Nie wykazano statystycznie istotnej zależności między poziomem analizowanych metali w narządach, a masą ciała i długością całkowitą minogów (współczynniki korelacji $r < 0,365$).

Literatura

1. **Adrian W.:** *A new digestion method for biological material utilizing pressure*. At. Absorpt. Newsl., 10(4): 96. 1971.
2. **Bartel R.:** *Ryby anadromiczne w ichtiofaunie Polski*. Komunikaty Rybackie, 2: 22÷25. 1992.
3. **Bochenek I., Protasowicki M., Brucka-Jastrzębska E.:** *Concentrations of Cd, Pb, Zn, and Cu in roach, Rutilus rutilus (L.) from the lower reaches of the Oder River, and their correlation with concentrations of heavy metals in bottom sediments collected in the same area*. Archives of Polish Fisheries, 16(1): 21÷36. 2008.
4. **Bochenek I., Protasowicki M., Brucka-Jastrzębska E.:** *Studies on the bioavailability of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Zn) from bottom sediments for guppies (Poecilia reticulata Peters)*. Archives of Polish Fisheries, 16(2): 155÷166. 2008.
5. **Durrieu G., Maury-Brachet R., Girardin M., Rochard E., Boudou A.:** *Contamination by heavy metals (Cd, Zn, Cu and Hg) of eight fish species in the Gironde Estuary (France)*. Estuaries, 28(4): 581÷591. 2005.

6. Dziennik Ustaw, Rozporządzenie Ministra Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 6 stycznia 1995 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt. Nr 13, poz. 61, 1995.
7. Dziennik Ustaw, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 września 2004 r. w sprawie gatunków dziko wstępujących zwierząt objętych ochroną. Nr 220, poz. 2237. 2004.
8. **Filipiak J., Raczyński M.:** *Minogi*. Magazyn Przemysłu Rybnego, 2(10): 36÷38. 1999.
9. **Kucharczak E., Jopek Z., Moryl A.:** *Wpływ środowiska na zawartość wybranych metali (Pb, Cd, Zn, Cu) w tkankach saren i dzików*. Acta Sci. Pol. Med. Vet., 2(2): 37÷47. 2003.
10. **Luczyńska J., Markiewicz K., Jaworski J.:** *Interspecific differences in the contents of macro- and microelements in the muscle of six species from lakes of the Olsztyn Lake District (North-East of Poland)*. Pol. J. Food Nutr. Sci., 56: 29÷35. 2006.
11. **Merivirta L.O.:** *Cadmium, mercury and lead content of river lamprey caught in finnish rivers*. Arciv für Lebensmittelhygiene, 52(3): 69÷71. 2001.
12. **Protasowicki M., Morsy G.:** *Preliminary studies on heavy metal contents in aquatic organisms from the Hornsund area, with a particular reference to the Arctic charr [Salvelinus alpinus (L.)]*. Acta Ichthyol. et Piscat. suppl., 23: 115÷132. 1993.
13. **Protasowicki M.:** *Sex effects on Cd, Pb, Cu, and Zn contents in selected fish organs*. Baltic Sea Environment Proc., 19: 433÷441. 1986.
14. **Protasowicki M.:** *Wybrane metale ciężkie w rybach Bałtyku Południowego*. Rozprawy AR Szczec., 110, 78s. 1987.
15. **Protasowicki M., Chodyniecki A., Ociepa A.:** *Heavy metals in the fish caught in 1976÷1980*. Zesz. Nauk. AR Szczec. Ryb. Mor., 103: 181÷197. 1983.
16. **Rajkowska M., Wechreowicz Z., Lidwin-Każmierkiewicz M., Pokorska K., Protasowicki M.:** *Accumulation of selected metals in roach (Rutilus rutilus L.) from West Pomeranian lakes*. Ecological Chemistry and Engineering, 15(1-2), 119÷123. 2008.
17. **Renaud C.B., Nriagu J.O., Wong H.K.T.:** *Trace metals in fluid-preserved museum fish specimens*. Sci. Total Environ., 159: 1÷7. 1995.
18. **Renaud C.B., Wong H.K.T., Metcalfe J.I.:** *Trace metal levels in benthic biota from four tributaries to the St. Lawrence River, Quebec*. Water Quality Research Journal of Canada, 33(4): 595÷610. 1998.
19. **Zalachowski W.:** *Zwierzęta świata. Ryby*. Wyd. Naukowe PWN. Warszawa. 600 s. 1992.

Heavy Metals in the Riverine Lamprey *Lampetra fluviatilis* (L. 1758)

Abstract

Despite numerous studies of metals in ichthyofauna, research lampreys which, as Agnatha, not belong formally to the fish, although they are of interest to ichthyologists are still very few.

The purpose of this study was to determine the content of selected heavy metals (Hg, Cd, Pb, Cu and Zn) in the riverine lamprey (*Lampetra fluviatilis*), the comparison of metal content depending on the location of catches and sex, and to demonstrate which of the examined organs accumulate them in the largest quantities.

The study included females and males from the river Odra and the Vistula, weighing from 61 to 198 grams and total length from 313 to 482 mm. For analysis muscles, gonads and gill bags were collected.

Samples for the determination of mercury were wet mineralized in a mixture of concentrated nitric and perchloric acids, and for analysis of other metals in nitric acid by microwave technique. Analyse of Hg content was performed by CV AAS, Cd and Pb by GF AAS method, and Cu and Zn by ICP-AES.

It has been shown that the gonads of the Odra river lampreys contained more mercury and zinc, gill bags more of cadmium and lead, than those organs of lampreys from the Vistula. Metal content in the other cases was the same. Female gonads also contained more zinc than the male gonads, and the levels of this element in both sexes slightly correlated ($r = 0.453$) with the mass of the gonads. High levels of zinc in the gonads is probably associated with its role in the processes of reproduction.

Generally, the lowest metal concentration, except mercury, contained muscle, a lot was accumulated in the respiratory system responsible for direct downloading of the elements from the water.

There were no statistically significant relationship between the level of the analyzed metals in the organs, and body weight and total length of lampreys (correlation coefficients of $r < 0.365$).