

**Załącznik nr 2**

(dot.: wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego)

**AUTOREFERAT**

Informacje o dorobku i osiągnięciach naukowych

**Wpływ polichlorowanych bifenyli (PCBs) na wybrane aspekty rozrodu karpia (*Cyprinus carpio* L.) i karasia srebrzystego (*Carassius gibelio* B.)**

**dr inż. Magdalena Socha**

**Katedra Ichtiologii i Rybactwa  
Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie  
ul. Prof. T. Spiczakowa 6  
30-199 Kraków**

Kraków, styczeń 2014

## 1. Imię i Nazwisko

**Magdalena Katarzyna Socha**

## 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

**1996** – magister inżynier zootechniki, temat pracy magisterskiej „Wpływ preparatów gonadotropowych na wzrost *in vitro* komórek ziarnistych pęcherzyków jajnikowych krów i jałówek”, Katedra Hodowli Owiec i Kóz Wydziału Zootechnicznego (od 1998 roku Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt), Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, pod kierunkiem Prof. dr hab. Edwarda Wierzchosia.

**2001** – doktor inżynier nauk rolniczych w zakresie zootechniki, temat pracy doktorskiej „Wpływ endogennych peptydów opioidowych na uwalnianie gonadotropiny dojrzewania (GTH II) u karpia (*Cyprinus carpio* L.)”, Katedra Ichtiobiologii i Rybactwa, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, promotor: Prof. dr hab. Mirosława Sokołowska-Mikołajczyk, recenzenci: Prof. dr hab. Stanisława Stokłosowa, Prof. dr hab. Krystyna Pierzchała-Koziec

## 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

**8 stycznia do 30 kwietnia 2001** - rozpoczęłam pracę na etacie asystenta naukowo-dydaktycznego w Katedrze Ichtiobiologii i Rybactwa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie,

**1 maja 2001 – 30 czerwca 2013** - adiunkt naukowo-dydaktyczny, Katedra Ichtiobiologii i Rybactwa, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**1 lipca 2013 – obecnie** – asystent naukowo-dydaktyczny, Katedra Ichtiobiologii i Rybactwa, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):**

**a) Tytuł osiągnięcia naukowego**

Najważniejszym osiągnięciem naukowym, będącym podstawą złożonego przeze mnie wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego jest cykl publikacji z lat 2008-2013, przedstawionych pod wspólnym tytułem „**Wpływ polichlorowanych bifenyli (PCBs) na wybrane aspekty rozrodu karpia (*Cyprinus carpio* L.) i karasia srebrzystego (*Carassius gibelio* B.)**”.

**b) Lista publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe** (autorzy, rok wydania, tytuły publikacji naukowych, nazwa wydawnictwa, liczba cytacji wg Web of Science oraz Scopus; *Impact Factor* pisma w roku publikacji, liczba punktów MNiSW wg aktualnej listy czasopism z dnia 17 grudnia 2013 roku).

1. **Socha M.**, Sokołowska-Mikołajczyk M., Szczerbik P., Chyb J., Dietrich G., Kowalski R., Grabcic R., Epler P. (2008). The influence of polychlorinated biphenyls (PCBs) on computer analysed sperm motility of common carp (*Cyprinus carpio* L.) *in vitro*. *Cybium*, 32(2): 197.

**cyt. WoS = 4, Scopus = 3, IF = 0,403, MNiSW = 15 pkt**

**Wkład M. Socha: 70%**; pomysł i przygotowanie koncepcji pracy, współudział w wykonaniu doświadczenia, opracowanie statystyczne danych oraz przygotowanie wykresów, napisanie całości tekstu, przeprowadzenie manuskryptu przez korektę po recenzjach

2. **Socha M.**, Sokołowska-Mikołajczyk M., Szczerbik P., Chyb J., Mikołajczyk T., Epler P. (2012). The effect of polychlorinated biphenyls mixture (Aroclor 1254) on the embryonic development and hatching of Prussian carp, *Carassius gibelio*, and common carp, *Cyprinus carpio* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae). *Acta Ichthyol. Piscat.* 42 (1): 31–35.

**cyt. WoS = 3, Scopus = 2, IF = 0.606, MNiSW = 15 pkt**

**Wkład M. Socha: 80%**; pomysł i koncepcja pracy, współudział w wykonaniu doświadczenia, opracowanie statystyczne danych, wykonanie wykresów, napisanie całości tekstu, przeprowadzenie manuskryptu przez korektę po recenzjach.

3. **Socha M.**, Sokołowska-Mikołajczyk M., Szczerbik P., Chyb J. and Epler P. (2013a). The effects of Aroclor 1254 on LH and 17,20 $\beta$ -P secretion in female Prussian carp (*Carassius gibelio* Bloch) in the spawning season. Czech J. Anim. Sci. 58 (8): 375-380.

**IF = 1,0, MNiSW = 25 pkt**

**Wkład M. Socha: 80%**; pomysł i koncepcja pracy, współudział w wykonaniu doświadczenia, opracowanie statystyczne danych, wykonanie wykresów, napisanie całości tekstu, przeprowadzenie manuskryptu przez korektę po recenzjach.

4. **Socha M.**, Sokołowska-Mikołajczyk M., Szczerbik P., Chyb J. and Gosiewski G. (2013b). The effects of highly chlorinated biphenyl - Delor 106 on the in vivo and in vitro luteinizing hormone secretion in female Prussian carp, *Carassius gibelio* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae). Acta Ichthyol. Piscat. 43 (3): 195-200.

**IF = 0.606, MNiSW = 15 pkt**

**Wkład M. Socha: 80%**; pomysł i koncepcja pracy, współudział w wykonaniu doświadczenia, opracowanie statystyczne danych, wykonanie wykresów, napisanie całości tekstu, przeprowadzenie manuskryptu przez korektę po recenzjach.

- Sumaryczny *Impact Factor* powyższych publikacji: **IF = 2,615**
- Sumaryczna liczba punktów wg MNiSW powyższych publikacji: **70 pkt**
- Sumaryczna liczba cytowań powyższych publikacji: **7 cyt. (WoS), 5 cyt. (Scopus)**

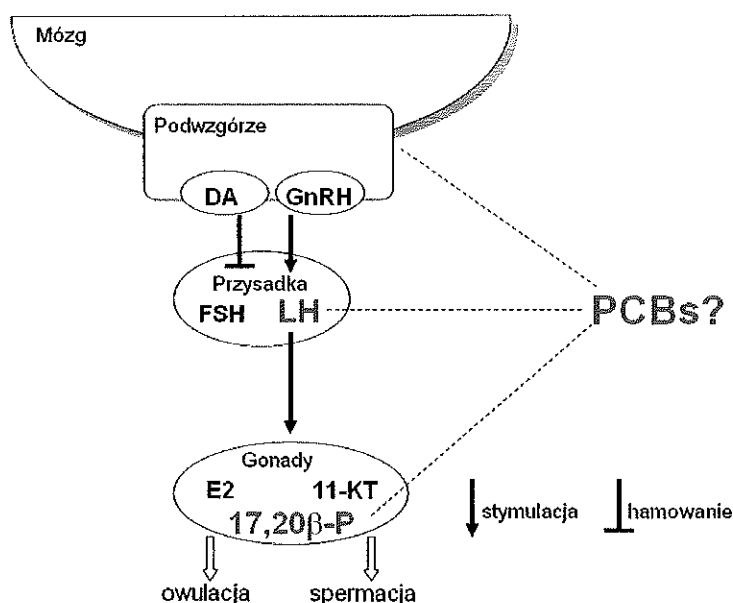
- b) Omówienie celu naukowego wymieniowych prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

### Wstęp

Od początku pracy naukowej moje zainteresowania naukowe dotyczą m.in. poznawania procesów hormonalnej regulacji rozrodu ryb na osi podwzgórze – przysadka – mózgowa – gonady. Tą tematyką badawczą zajmuję się do chwili obecnej. Oprócz czynników endogennych (peptydy opioidowe, GABA, grelina, prolaktyna, steroidy płciowe) kontrolujących hormonalną regulację układu rozrodczego ryb, interesują mnie czynniki zewnętrzne, zaliczane do grupy ksenobiotyków hormonalnie czynnych (endocrine disrupting chemicals - EDCs), a wśród nich: **polichlorowane bifenylole (PCBs)**, ftalany oraz metale ciężkie. Wciąż obserwuje się duże zainteresowanie związkami hormonalnie aktywnymi, które nie tylko jako wyjątkowo trwałe mogą ulegać bioakumulacji w organizmach żywych, ale przede wszystkim przez zdolność do łączenia się ze specyficznymi receptorami, naśladują endogenne hormony, bądź antagonizują ich działanie. Zaburzają tym samym syntezę i metabolizm oraz funkcjonowanie naturalnych hormonów. Obecność w środowisku wodnym związków endokrynnie aktywnych powoduje wiele anomalii, najczęściej w bardzo wrażliwym układzie rozrodczym zarówno samic jak i samców ryb, a w szczególności, poprzez zdolność imitowania naturalnych hormonów steroidowych, zaburzenia w systemie wydzielania wewnętrznego na osi podwzgórze – przysadka mózgowa – gonady. Jak wiadomo, u ryb naturalne hormony steroidowe mogą oddziaływać bezpośrednio na komórki gonadotropowe przysadki mózgowej, jak również na syntezę i sekrecję gonadotropin poprzez neurohormony centralnego układu nerwowego, takie jak: GnRH, system dopaminergiczny (DA) czy GABAergiczny. U ryb przysadka mózgowa produkuje i wydzielają 2 gonadotropiny: FSH i LH, najważniejsze czynniki odpowiedzialne za dojrzewanie płciowe. FSH i LH to heterodimeryczne glikoproteiny zbudowane z 2 podjednostek: wspólnej podjednostki  $\alpha$  oraz specyficznej podjednostki  $\beta$ . Każda z podjednostek  $\alpha$  oraz FSH $\beta$  i LH $\beta$  jest kodowana przez odrębne geny. Obydwie gonadotropiny oddziałują poprzez odpowiednie receptory (FSH-R i LH-R) na gonady (jajniki i jądra), stymulując zarówno syntezę i sekrecję steroidów płciowych jak również gametogenezę. I tak, u samic gonadotropiny stymulują m. in. wydzielanie 17 $\beta$ -estradiolu (E2), odpowiedzialnego za proliferację oogonii i witellogenezę oraz 17,20 $\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-onu (17,20 $\beta$ -P), który inicjuje podziały mejotyczne jądra

komórkowego oraz finalne procesy dojrzewania oocytów prowadzące do owulacji. U samców tymi najważniejszymi steroidami są androgeny, głównie 11-ketotestosteron (11KT), który reguluje spermatogenezę, jak również progestagen - 17,20 $\beta$ -P, który inicjuje podziały meiotyczne spermatogonii oraz kontroluje dojrzewanie spermatocytów i finalnie spermację (Rys. 1).

Z kolei działanie steroidów na sekrecję gonadotropin może odbywać się na zasadzie dodatniego lub ujemnego sprzężenia zwrotnego. U ryb niedojrzałych płciowo, czy u ryb mających gonady w stanie regresji, steroidy płciowe stymulują sekrecję gonadotropiny dojrzewania (LH). Natomiast u ryb dojrzałych płciowo obserwuje się ujemne sprzężenie zwrotne, w największym stopniu steroidy hamują uwalnianie LH.



Rys. 1. Ogólny schemat hormonalnej regulacji na osi podwzgórze – przysadka mózgowa – gonady u ryb karpowatych oraz możliwe oddziaływanie PCBs.

Zanieczyszczenie środowiska wodnego przez polichlorowane bifenyle, związki wykazujące właściwości hormonopodobne, najczęściej podobne do działania ważnych hormonów steroidowych, może oddziaływać na oś podwzgórze – przysadka mózgowa – gonady u ryb karpowatych, wpływając tym samym na prawidłowy przebieg owulacji, czy spermacji (Rys. 1). W konsekwencji takiego oddziaływania PCBs mogą przyczyniać się do zmniejszania ilości potomstwa, a nawet całych populacji, co udowodniono już na wielu gatunkach innych kręgowców.

Same polichlorowane bifenyle, zaliczane do halogenowych węglowodorów aromatycznych, są syntetycznymi związkami chemicznymi, po raz pierwszy wytworzonymi około roku 1929 w Stanach Zjednoczonych. Ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne znalazły liczne zastosowania w wielu gałęziach przemysłu, głównie w przemyśle elektrotechnicznym, jako płyny dielektryczne w transformatorach i materiały izolacyjne w kondensatorach dużej mocy oraz jako plastyfikatory i impregnaty, płyny hydrauliczne i smary odporne na wysoką temperaturę. Ponadto PCBs używano do wyrobu opakowań, jako składniki farb drukarskich, klejów, tworzyw sztucznych oraz jako dodatki w preparatach owadobójczych. Tak powszechne ich zastosowanie spowodowało, iż były produkowane w olbrzymich ilościach, głównie w USA, Niemczech oraz Francji. Już w latach 60-tych okazało się, że polichlorowane bifenyle nie tylko przynoszą wiele korzyści, lecz również są poważnym zagrożeniem dla środowiska naturalnego, gdyż jako substancje odporne chemicznie i trudno ulegające biodegradacji, po przedostaniu się do środowiska, powodują szereg skutków ubocznych w wielu organizmach żywych. Z racji swoich właściwości chemicznych, przede wszystkim słabej rozpuszczalności oraz małej reaktywności, ich okres półtrwania w środowisku jest bardzo długi. Ponadto polichlorowane bifenyle dzięki doskonałej rozpuszczalności w tłuszczach oraz wspomnianej ogromnej trwałości wykazują zdolność do bioakumulacji w organizmach żywych, do których najczęściej dostają się wraz z pokarmem, a także z wodą i powietrzem. Warto także dodać, iż istnieje około 209 kongenerów PCBs, ponieważ atomy chloru mogą zajmować różne pozycje w cząsteczce bifenylu, a sama budowa chemiczna decyduje także o ich toksyczności. Im więcej atomów chloru w cząsteczce tym większa lipofilność oraz dłuższy okres rozpadu i większa zdolność akumulacji w tkankach organizmów żywych. Na szczególną uwagę zasługują PCBs o płaskiej budowie (koplanarnej) z atomami chloru w pozycji non-orto lub też mono-orto, które zaliczono do tzw. dioksynopodobnych PCBs. Grupa tych 12 związków wykazuje toksyczność zbliżoną do dioksyn. Ponadto wykazano, iż dioksynopodobne PCBs, jak i same polichlorowane dibenzodioksyny oraz polichlorowane dibenzofurany, działają w organizmach jak agoniści receptorów aryłowęglowodorowych (AhR), zakłócając tym samym gospodarkę hormonalną. Pozostałe PCBs mogą także oddziaływać na regulację hormonalną poprzez receptory estrogenowe (ER) aktywując (estrogenopodobne działanie) lub całkowicie blokując, bądź ograniczając (antyestrogeniczne działanie) ich aktywność.

Polichlorowane bifenyle, pomimo stopniowego ograniczania ich wykorzystania oraz nacisków na właściwą utylizację, są wciąż powszechnym kontaminantem środowiska naturalnego i wykrywane są w tkankach wielu organizmów lądowych i wodnych. Stąd też

moje zainteresowanie PCBs, zaliczonymi do grupy związków endokrynnie aktywnych i prowadzone badania w systemie *in vivo* oraz *in vitro*, dotyczące ich oddziaływania na wrażliwy układ rozrodczy wybranych 2 gatunków ryb karpiowatych: karpia (*Cyprinus carpio* L.) oraz karasia srebrzystego (*Carassius gibelio*).

Prowadzone badania miały dać odpowiedź czy wybrane mieszaniny polichlorowanych bifenyli (Aroclor 1254, Delor 103, Delor 106) wpłyną na układ rozrodczy ryb, a w szczególności, czy polichlorowane bifenyle mogą oddziaływać na regulację hormonalną związaną z uwalnianiem bardzo ważnej gonadotropiny dojrzewania u samic karasia w okresie okołotarłowym. Jak wiadomo sekrecja LH zależy m.in. od poziomu hormonów steroidowych (sekrecja estrogenozależna), zatem obecność w organizmie związków endokrynnie aktywnych, w tym wykazujących działanie estrogeniczne lub antyestrogeniczne może skutkować zmianami w uwalnianiu LH. Podjęłam zatem badania polegające na krótko- i długoterminowej ekspozycji na nisko- i wysokochlorowane bifenyle (Delor 103, Delor 106) dodane do wody i określałam ich wpływ na spontaniczną sekrecję LH (załącznik nr 3: część A: 4 oraz część B: 22) u samic karasia srebrzystego, w okresie naturalnego tarła. Biorąc pod uwagę fakt, iż najważniejszym szlakiem przenikania PCBs jest układ pokarmowy, w doświadczeniach *in vivo* zastosowałam, oprócz imersji oraz iniekcji dootrzewnowych, także dojelitowe podanie, charakteryzujące się dużym wchłanianiem ksenobiotyków. Podając Aroclor 1254 w formie iniekcji dootrzewnowych oraz podania rektalnego (załącznik nr 3: część A: 3) testowany był wpływ Arochloru 1254 na spontaniczne i stymulowane uwalnianie LH u samic *Carassius gibelio*. Dane literaturowe wskazują, że u wielu gatunków kręgowców wykazano wpływ PCBs także na steroidogenezę gonad (testosteron, estradiol, progesteron), dlatego ciekawym było także sprawdzenie, po 3 dniowej intoksykacji PCBs, u samic karasia srebrzystego w okresie naturalnego tarła poziomu uwalniania 17,20 $\beta$ -P. Krótka ekspozycja na Aroclor 1254 spowodowała u samic tego gatunku istotny spadek tego ważnego steroidu, odgrywającego kluczową rolę w finalnych procesach dojrzewania oocytów.

Obserwowane zmiany w uwalnianiu LH u ryb poddanych ekspozycji na testowane mieszaniny PCBs we wszystkich doświadczeniach *in vivo* nie dały jednoznacznej odpowiedzi, co do miejsca oddziaływania tego rodzaju ksenobiotyków. Mogło to być oddziaływanie bezpośrednie na przysadkę mózgową, pośrednie na komórki gonadotropowe poprzez podwzgórzowe czynniki (GnRH, DA), ale i nie wykluczono oddziaływania na poziomie gonad, szczególnie na uwalnianie steroidów płciowych. Stąd kolejne prowadzone badania w systemie statycznej hodowli *in vitro*, polegające na inkubacji zdyspergowanych komórek przysadki mózgowej samic karasia srebrzystego, mające wyjaśnić ewentualny



bezpośredni wpływ PCBs na poziomie tego ważnego gruczołu ednokrynnego (załącznik nr 3: część A: 4). Zmiany w sekrecji LH spowodowane dodaniem do medium inkubacyjnego Deloru 106 (mieszanina wysokochlorowanych PCBs) faktycznie potwierdziły możliwość bezpośredniego oddziaływania PCBs na poziomie przysadki mózgowej ryb.

Niekorzystne zmiany w sekrecji bardzo ważnych hormonów kontrolujących układ rozrodczy mogą prowadzić do nieprawidłowego lub nawet całkowitego braku dojrzewania gamet, co w konsekwencji może skutkować uzyskaniem mniejszej liczby potomstwa. Oprócz zmian w wydzielaniu LH i  $17,20\beta$ -P, testowałam także wpływ nisko- i wysokochlorowanych bifenyli (Delor 103 oraz 106) obecnych w wodzie na jakość nasienia samców karpia (*Cyprinus carpio* L.), mierzoną odpowiednimi parametrami ruchliwości plemników metodą CASA (komputer - assisted sperm analysis). Analizę parametrów ruchliwości plemników wykonano w Instytucie Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN Olsztyn, Polska. Przeprowadzone badania wykazały, że już niewielkie ilości PCBs obecne w wodzie, statystycznie istotnie obniżają badane parametry ruchliwości plemników, co może przyczyniać się do zmniejszania ilości uzyskiwanego potomstwa w środowisku zanieczyszczonym (załącznik nr 3: część A: 1). Ponieważ wykazano negatywny wpływ PCBs na dojrzałe płciowo samce oraz samice ryb, ciekawym było także zbadanie ewentualnego wpływu tych ksenobiotyków na wczesne stadia rozwojowe karpia i karasia srebrzystego. Inkubacja zapłodnionej (karp) lub aktywowanej (karaś srebrzysty) ikry w wodzie z dodatkiem PCBs wykazała, że związki te mogą wpływać niekorzystnie na wczesne stadia rozwojowe niektórych gatunków ryb, powodując zwiększoną ilość powstających deformacji. W badaniach z użyciem Arochloru 1254 (mieszanina polichlorowanych bifenyli o zawartości 54% chloru w cząsteczce) wykazałam bowiem zwiększoną liczbę zdeformowanych larw u karpia. Natomiast u karasia srebrzystego zastosowanie podobnych koncentracji Arochloru 1254 ( $10 \text{ ng mL}^{-1}$ ) nie spowodowało zwiększonej ilości zmian teratogennych u wyklutych larw, co wskazuje na większą odporność tego gatunku na badaną mieszaninę PCBs (załącznik nr 3: część A: 2).

Badania związane z zanieczyszczeniem środowiska wodnego przez polichlorowane bifenyly oraz ich wpływem na układ rozrodczy ryb rozpoczęłam kilka lat po uzyskaniu stopnia naukowego doktora i kontynuuję tę tematykę badawczą do chwili obecnej. Badania z tego zakresu prowadziłam w ramach grantu MNiSW nr **N311 032 32/2322** p.t. "Wpływ polichlorowanych bifenyli na uwalnianie LH, steroidów gonad, dojrzewanie oocytów i owulację oraz na wczesne stadia rozwojowe karasia i karpia", którego byłam kierownikiem w latach 2007-2010. To właśnie część wyników badań z tego zakresu, opublikowanych w

recenzowanych czasopismach w latach 2008-2013, przedstawiam jako moje główne osiągnięcie naukowe, które w kolejności chronologicznej streszczam w następnym podrozdziale. Pozostałe wyniki dotyczące wpływu PCBs na regulację hormonalną układu rozrodczego ryb (karasia srebrzystego i karpia) były prezentowane na wielu konferencjach naukowych (załącznik 3 część D: 6, 7, 11, 13, 16, 17, 20, 23, 29), a część jest w przygotowaniu do wydania w 2014 oraz 2015 roku (załącznik 3 część F: 3-6).

### Cele naukowe

Podjmując badania dotyczące wpływu polichlorowanych bifenyle na układ rozrodczy karasia srebrzystego (*Carassius gibelio*) oraz karpia (*Cyprinus carpio*) starałam się wyjaśnić:

- Czy wysoko- i niskochlorowane mieszaniny PCBs mogą wpływać na jakość gamet karpia mierzoną ruchliwością plemników?
- Czy krótko- oraz długotrwała ekspozycja samic karasia srebrzystego na PCBs zmienia spontaniczną oraz stymulowaną analogiem GnRH sekrecję LH?
- Czy krótkotrwała intoksykacja PCBs wpływa na sekrecję 17,20 $\beta$ -P u samic karasia srebrzystego w okresie okołotarłowym?
- Czy sposób podania (dootrzewnowe lub rektalne podanie) testowanego PCBs ma wpływ na uwalnianie ważnych hormonów (LH oraz 17,20 $\beta$ -P) regulujących rozród ryb?
- Czy polichlorowane bifenyle oddziałują bezpośrednio na przysadkę mózgową ryb (badania in vitro) i jak zmieniają wydzielanie gonadotropiny dojrzewania?
- Czy mieszaniny PCBs mogą być niebezpieczne dla rozwijających się embrionów karasia srebrzystego (*Carassius gibelio*) oraz karpia (*Cyprinus carpio*)?

## Streszczenie wyników uzyskanych w publikacjach stanowiących osiągnięcie naukowe

### **Wpływ polichlorowanych bifenyli (PCB) na ruchliwość plemników karpia (*Cyprinus carpio* L.) analizowaną komputerowo.**

Socha M., Sokołowska-Mikołajczyk M., Szczerbik P., Chyb J., Dietrich G., Kowalski R., Grabic R., Epler P. (2008). The influence of polychlorinated biphenyls (PCBs) on computer analysed sperm motility of common carp (*Cyprinus carpio* L.) *in vitro*. *Cybium*, 32 (2): 197.

Zasadniczym celem pracy było wykazanie wpływu zanieczyszczenia wody przez polichlorowane bifenyle na jakość nasienia karpia. PCBs, syntetyczne związki chemiczne zaliczane są do związków zakłócających pracę gruczołów endokrynych, które w zależności od budowy przestrzennej oraz stopnia chlorowania cząsteczki bifenylu mogą działać jak estrogeny lub jak antagoniści estrogenów, wpływając na regulację hormonalną układu rozrodczego wielu kręgowców, w tym ryb. Mimo zakazu produkcji kilkadziesiąt lat temu, PCBs wciąż są obecne w środowisku naturalnym ze względu na ich dużą trwałość oraz zdolność do bioakumulacji. W niniejszej pracy testowano czy dwie różne nisko- oraz wysokochlorowane mieszaniny polichlorowanych bifenyli (odpowiednio Delor 103 oraz Delor 106) mogą negatywnie wpłynąć na rozród ryb, zmniejszając skuteczność zapłodnienia przez obniżenie jakości nasienia. Nasienie pobrane od 8 samców karpia rozcieńczono dwustopniowo i następnie po dodaniu różnych koncentracji (1, 5, 10 oraz 50 ng ml<sup>-1</sup>) Deloru 103 oraz Deloru 106 rejestrowano ruch plemników, po czym komputerowo analizowano (Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN Olsztyn, Polska) wybrane parametry ruchliwości plemników. Sprawdzano prędkość ruchu prostoliniowego (VSL – straight line velocity), prędkość ruchu krzywoliniowego (VCL – curvilinear velocity) oraz iloraz uśrednionej drogi przebytej przez plemnik (VAP – average path velocity). Po przeprowadzeniu analizy statystycznej uzyskanych wyników wykazano, iż Delor 103 we wszystkich testowanych koncentracjach obniżył parametry ruchliwości VCL oraz VSL. Analiza parametru VAP wykazała statystycznie istotne różnice jedynie przy najwyższej zastosowanej koncentracji Deloru 103. W przypadku wysokochlorowanego bifenylu – Deloru 106 koncentracje 5, 10 oraz 50 ng mL<sup>-1</sup> statystycznie istotnie obniżyły wszystkie testowane parametry ruchliwości plemników (VAP, VSL, VCL).

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, iż obecność polichlorowanych bifenyli w środowisku wodnym, podobnie jak innych ksenobiotyków (np. metale ciężkie) może mieć negatywny wpływ na ruchliwość plemników karpia (*Cyprinus carpio* L.), zakłócając tym samym proces zaplemnienia i zapłodnienia, co w konsekwencji prowadzić może do zmniejszenia ilości uzyskanego narybku.

**Wpływ mieszaniny polichlorowanych bifenyli (Aroclor 1254) na rozwój embrionalny i dynamikę wylęgu karasia srebrzystego, *Carassius gibelio*, oraz karpia *Cyprinus carpio* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae).**

**Socha M.,** Sokołowska-Mikołajczyk M., Szczerbik P., Chyb J., Mikołajczyk T., Epler P. (2012). The effect of polychlorinated biphenyls mixture (Aroclor 1254) on the embryonic development and hatching of Prussian carp, *Carassius gibelio*, and common carp, *Cyprinus carpio* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae). *Acta Ichthyol. Piscat.* 42 (1): 31–35.

Polichlorowane bifenylole obecne w środowisku wodnym mogą wpływać na regulację hormonalną układu rozrodczego dojrzałych płciowo ryb na osi podwzgórze – przysadka mózgowia - gonady. Ponadto wyniki poprzedniej pracy wskazują, iż PCBs obniżają jakość nasienia ryb. Ciekawym było także sprawdzenie, czy polichlorowane bifenylole, oprócz negatywnego oddziaływania na dojrzałe samce i samice ryb, mogą wpływać także na najwcześniejsze etapy życia ryb – na rozwijający się zarodek. Celem niniejszej pracy było zatem określenie wpływu Arocloru 1254 (mieszanina polichlorowanych bifenyli o zawartości chloru ok. 54 %) na embriony karasia srebrzystego (*Carassius gibelio*) i karpia *Cyprinus carpio*. Ikrę uzyskaną od 4 samic (od każdego gatunku) inkubowano po zapłodnieniu (karp) lub po aktywacji (karaś srebrzysty) nasieniem karpia w wodzie z dodatkiem Arocloru 1254 (1 lub 10 ng mL<sup>-1</sup>) przez około 4 dni. Podkreślić należy, iż sam proces zaplemnienia/zapłodnienia wykonywano w wodzie bez dodatku PCBs, wiedząc iż obecność tych związków zakłóca prawidłową zdolność poruszania się plemników, zatem świadomie wyeliminowano ten negatywny czynnik. W trakcie kilkudniowej inkubacji obserwowano śmiertelność, dynamikę wykluwania, jak również liczbę wyklutych oraz liczbę zdeformowanych larw. Po 24 godzinach inkubacji jaj karasia srebrzystego i karpia nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy procentem żywych jaj w grupach

inkubowanych z dodatkiem Aroclor 1254, a odpowiednią grupą kontrolną. Wzrost liczby wykluć larw karasia srebrzystego stwierdzono w 75 godzinie inkubacji z dodatkiem 1 ng mL<sup>-1</sup> PCB. W przypadku larw karpia stwierdzono statystycznie istotnie większy procent larw zdeformowanych w grupie inkubowanej z Aroclorem 1254 w ilości 10 ng mL<sup>-1</sup>.

Podsumowując uzyskane wyniki można stwierdzić, iż Aroclor 1254 (w testowanych koncentracjach) nie jest szkodliwy dla rozwijających się, aktywowanych jaj karasia srebrzystego, natomiast w przypadku embryonów karpia Aroclor 1254 działa teratogennie, zwiększając liczbę larw zdeformowanych.

### **Wpływ Arocloru 1254 na sekrecję LH i 17,20β-P u samic karasia srebrzystego (*Carassius gibelio* Bloch) w okresie okołotartłowym.**

**Socha M., Sokołowska-Mikołajczyk M., Szczerbik P., Chyb J. and Epler P. (2013).** The effects of Aroclor 1254 on LH and 17,20β-P secretion in female Prussian carp (*Carassius gibelio* Bloch) in the spawning season. Czech J. Anim. Sci. 58 (8): 375-380.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu popularnej mieszaniny PCBs - Arocloru 1254 - na sekrecję hormonu luteinizującego (LH) oraz steroidu 17,20β-dihydroxy-4-pregnen-3-onu (17,20β-P) u samic karasia srebrzystego (*Carassius gibelio* Bloch) w okresie naturalnego tarła. Aroclor 1254 w dawkach 0.01, 0.1 oraz 1 mg kg<sup>-1</sup> masy ciała został rozcieńczony w 500 μl oleju słonecznikowego i podawany był trzykrotnie dootrzewnowo lub rektalnie samicom karasia srebrzystego co 24 godziny przez 3 dni. Próbkę krwi pobrano po 3 dniowej intoksykacji Aroclorem 1254 w celu oznaczenia stężenia LH oraz 17,20β-P metodą ELISA. Kolejne próbki krwi pobrano po 6, 12 oraz 24 h po iniekcji analogu gonadoliberyny - GnRH-A - w celu określenia stymulowanego uwalniania LH. Zarówno podanie Arocloru 1254 (0.1 and 1 mg kg<sup>-1</sup>) dootrzewnowe, jak i rektalne (0.01 and 1 mg kg<sup>-1</sup>), spowodowało istotny wzrost spontanicznej sekrecji LH. Warto także zaznaczyć, że najniższa koncentracja PCBs (0.01 mg kg<sup>-1</sup>) podana rektalnie spowodowała wzrost uwalniania LH w porównaniu do grupy kontrolnej oraz w porównaniu do identycznej dawki podanej dootrzewnowo. Być może właśnie rektalne podanie najniższej dawki Arocloru ma silniejszy wpływ na wydzielanie LH. W przypadku sekrecji LH stymulowanej przez GnRH-A stwierdzono, że jedynie podanie dootrzewnowe Arocloru 1254 (0.1 oraz 1 mg kg<sup>-1</sup>) spowodowało statystycznie istotny spadek

w uwalnianiu gonadotropiny. Ponadto dootrzewnowe iniekcje najniższej testowanej koncentracji Arocloru 1254 spowodowały także statystycznie istotne obniżenie sekrecji 17,20 $\beta$ -P, niezmiernie ważnego steroidu odpowiedzialnego za finalne etapy dojrzewania oocytów.

Uzyskane wyniki wskazują, że Aroclor 1254 może wpływać na układ rozrodczy samic karasia srebrzystego przez wywoływanie zmian w sekrecji dwóch bardzo ważnych hormonów: LH oraz 17,20 $\beta$ -P w okresie okołotarłowym.

### **Wpływ wysokochlorowanego bifenyli – Deloru 106 na wydzielanie hormonu luteinizującego u samic karasia srebrzystego (*Carassius gibelio*) in vivo oraz in vitro.**

Socha M., Sokołowska-Mikołajczyk M., Szczerbik P., Chyb J. and Gosiewski G. (2013). The effects of highly chlorinated biphenyl - Delor 106 on the in vivo and in vitro luteinizing hormone secretion in female Prussian carp, *Carassius gibelio* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae). Acta Ichthyol. Piscat. 43 (3): 195-200.

Jak wykazały badania, polichlorowane bifenyli, w zależności od budowy przestrzennej oraz stopnia chlorowania cząsteczki, mogą działać estrogenopodobnie lub też mogą wykazywać działanie przeciwne - antyestrogeniczne. W niniejszej pracy użyto mieszaniny wysokochlorowanych bifenyli – Deloru 106 (składającego się z ok. 52,9% hexa-, 19,4% hepta- oraz 15% penta chlorobifenyli) o prawdopodobnym działaniu antyestrogenicznym i określano jej wpływ na uwalnianie in vivo oraz in vitro hormonu luteinizującego (LH) z przysadki mózgowej samic karasia srebrzystego *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) w okresie naturalnego tarła. W doświadczeniu in vivo testowano ekspozycję na Delor 106: krótkotrwałą (tydzień w koncentracji 700 ng L<sup>-1</sup>) oraz chroniczną (5 tygodni w wzrastającej co tydzień koncentracji od 140 do 700 ng L<sup>-1</sup>). Próbki krwi od wszystkich samic pobrano przed intoksykacją (tydzień 0), a następnie co tydzień (1-5 tydzień), aż do końca eksperymentu. W doświadczeniu in vitro enzymatycznie rozproszone komórki przysadki uzyskane od dojrzałych płciowo samic karasia srebrzystego inkubowano w obecności Deloru 106 (1, 5, 10, 50 lub 100 ng mL<sup>-1</sup> medium) przez 5 lub 24 godziny. I tak w doświadczeniu in vivo wykazano, iż długoterminowa (3-4 tygodnie) ekspozycja na Delor 106 dodawany do wody stopniowo spowodowała u samic karasia srebrzystego istotny wzrost spontanicznego wydzielania LH. Obserwowana stymulacja nie dała jednak jednoznacznej odpowiedzi co do

miejsca oddziaływania testowanej mieszaniny PCBs. Mógł to być bezpośredni wpływ na poziomie przysadki mózgowej na komórki gonadotropowe lub też pośrednie działanie, na neurony podwzgórzowe np. GnRH, które w konsekwencji doprowadziło do wzrostu uwalniania LH. W przypadku inkubacji komórek przysadki mózgowej z dodatkiem Deloru 106 (od 10 do 100 ng mL<sup>-1</sup>) do medium także zaobserwowano statystycznie istotny wzrost spontanicznej sekrecji LH, po 5 i 24 godzinach inkubacji. Zatem wyniki przeprowadzonych doświadczeń wskazują, że chroniczna ekspozycja na wysokochlorowany bifenyl – Delor 106 powoduje wzrost uwalniania LH u samic *Carassius gibelio* w okresie okołotarlaowym oraz że Delor 106 stymuluje sekrecję LH oddziałując, przynajmniej częściowo, bezpośrednio na poziomie przysadki mózgowej.

#### Podsumowanie cyklu publikacji – osiągnięcia naukowego

Uzyskane wyniki cyklu publikacji stanowiący osiągnięcie naukowe, mają przede wszystkim znaczenie poznawcze i mogą stanowić oryginalny wkład w poszerzenie wiedzy z dziedziny biologii rozrodu i endokrynologii układu rozrodczego ryb oraz ekotoksykologii.

Podsumowując, przeprowadzone eksperymenty wykazały, że:

- Polichlorowane bifenyle zakłócają prawidłowe funkcjonowanie układu rozrodczego karpia (*Cyprinus carpio* L.) oraz karasia srebrzystego (*Carassius gibelio*).
- Zarówno nisko- jak i wysokochlorowane bifenyle obecne w wodzie wpływają na jakość nasienia, obniżając parametry ruchliwości plemników karpia.
- Polichlorowane bifenyle wpływają na sekrecję gonadotropiny dojrzewania samic karasia srebrzystego, zarówno w warunkach in vivo, jak i in vitro.
- Zastosowane mieszaniny PCBs (Delor 106, Aroclor 1254) stymulują spontaniczne uwalnianie LH u samic karasia srebrzystego w okresie naturalnego tarła.
- PCBs hamują stymulowaną analogiem GnRH sekrecję LH u samic karasia srebrzystego w okresie okołotarlaowym.
- Polichlorowane bifenyle mają bezpośredni, stymulujący wpływ na sekrecję LH z komórek przysadki mózgowej karasia srebrzystego, w hodowlach in vitro.

- PCBs niekorzystnie wpływają na przebieg steroidogenezy u samic karasia srebrzystego obniżając sekrecję  $17,20\beta\text{-P}$  w okresie okołotartłowym.
- PCBs mają także negatywny wpływ na rozwój embrionalny karpia – poprzez wzrost odsetka larw zdeformowanych.
- PCBs nie mają negatywnego wpływu na rozwój embrionalny karasia srebrzystego, co wskazuje na różnice gatunkowe w odporności rozwijających się embrionów na działanie polichlorowanych bifenyli.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Opisane powyżej publikacje z lat 2008-2013 zakwalifikowałam jako moje główne osiągnięcie naukowe po doktoracie. Jednakże początek mojej działalności naukowej przypada na rok 1996, kiedy to rozpoczęłam pierwsze prowadzone przeze mnie badania w Katedrze Ichtiobiologii i Rybactwa UR w Krakowie, mające na celu określenie wpływu endogennych peptydów opioidowych na uwalnianie gonadotropiny dojrzewania (LH) u karpia (*Cyprinus carpio* L.), jak również wyjaśnienie ewentualnego współdziałania tych peptydów z gonadoliberyną (GnRH) i dopaminą (DA) - najważniejszymi czynnikami kontrolującymi sekrecję LH u ryb doskonałokostnych. Badania prowadzone w ramach grantu **KBN 5 P06D01317** z zastosowaniem antagonisty receptorów opioidowych – naltreksonu, analogu łososiowego GnRH, oraz antagonisty receptorów dopaminowych – pimozydu, stały się podstawą mojej rozprawy doktorskiej pt. "Wpływ endogennych peptydów opioidowych na uwalnianie gonadotropiny dojrzewania (GTH II) u karpia (*Cyprinus carpio* L.)" (obrona 31 stycznia 2001 r.), której promotorem była **Prof. dr hab. Mirosława Sokołowska-Mikołajczyk**. Wyniki tej rozprawy zostały opublikowane w postaci 4 oryginalnych prac (załącznik nr 3 część B: 5, 6, 7, oraz część C: 50) i 4 doniesień na zjazdach krajowych i międzynarodowych (załącznik nr 3 część D: 1, 5 oraz część E: 37, 39).

Od 8 stycznia 2001 roku rozpoczęłam pracę w Katedrze Ichtiobiologii i Rybactwa Akademii Rolniczej w Krakowie na etacie naukowo-dydaktycznym, początkowo jako asystent, a od 1 maja tego samego roku jako adiunkt. W tym okresie moje zainteresowania naukowe dotyczyły dalszych badań związanych z endokrynną regulacją układu rozrodczego



ryb. Pierwsza część badań dotyczyła bezpośredniego wpływu peptydów opioidowych, na poziomie przysadki mózgowej, na uwalnianie LH u karpia (załącznik nr 3 część B: 7 oraz 23). W prowadzonych badaniach *in vitro* oprócz naltreksonu użyto również morfiny (agonisty receptorów opioidowych typu  $\mu$ ) i wykazano po raz pierwszy u ryb, że modulujący wpływ peptydów opioidowych na uwalnianie LH z komórek gonadotropowych karpia odbywa się poprzez receptory opioidowe typu  $\mu$  (załącznik nr 3 część B: 23). Ponadto szczególną uwagę zwrócono na zależność pomiędzy oddziaływaniem peptydów opioidowych na uwalnianie LH, a poziomem steroidów płciowych (załącznik nr 3 część B: 21, 23 oraz 39). Różnice uzyskane w eksperymentach *in vitro* na zdyspersowanych komórkach przysadki mózgowej samców i samic karpia wykazały, że modulujący wpływ peptydów opioidowych na sekrecję LH najprawdopodobniej związany jest z aktualnym poziomem steroidów płciowych, zatem zależy od płci badanych zwierząt, jak i od okresu cyklu płciowego, w którym wykonywane są badania (załącznik nr 3 część B: 21, 23). Ponadto doświadczenia wykonane na komórkach przysadki mózgowej niedojrzałych płciowo karpia z użyciem steroidów płciowych (testosteron, estradiol) oraz naltreksonu i/lub morfiny potwierdziły, iż odpowiedź komórek przysadki na działanie opioidów zależy od poziomu steroidów płciowych. Wykazano ponadto po raz pierwszy, iż u niedojrzałych płciowo karpia system opioidowy jest aktywny w kontrolowaniu sekrecji gonadotropiny dojrzewania, co może wskazywać na fakt, że endogenne peptydy opioidowe uczestniczą już w tym procesie we wczesnych etapach dojrzewania płciowego ryb (załącznik nr 3 część B: 39).

Kolejne prace związane z neuroendokrynną regulacją wydzielania gonadotropiny dojrzewania u ryb dotyczyły interakcji opioidów oraz greliny - hormonu peptydowego regulującego przede wszystkim gospodarkę energetyczną organizmu (załącznik nr 3 część B: 38 oraz 41). Uzyskane wyniki wskazują na synergistyczne działanie opioidów i greliny na sekrecję LH, najprawdopodobniej poprzez podobny typ receptorów. Ponadto wykazano, że grelina stymuluje wydzielanie LH u karpia w sposób bardzo zbliżony do działania samej gonadoliberyny - GnRH (załącznik nr 3 część B: 38).

We wrześniu 1997 roku odbyłam miesięczny staż naukowy w Laboratorium Fizjologii Ryb INRA w Rennes we Francji. W trakcie trwania stażu zapoznałam się między innymi z metodą radioimmunologicznego (RIA) oznaczania hormonów oraz technikami hodowli *in vitro* komórek przysadki mózgowej pstrąga. Techniki hodowli *in vitro*, po niewielkich modyfikacjach, wykorzystałam do przeprowadzania szeregu badań na gatunkach karpiowatych (karp, karaś srebrzysty) nad bezpośrednim oddziaływaniem na poziomie

przysadki mózgowej wielu czynników, zarówno endo – (peptydy opioidowe, grelina, steroidy), jak i egzogennych (głównie różne mieszaniny PCBs).

W marcu 2001 roku uczestniczyłam w międzynarodowym kursie zorganizowanym w Shefayim w Izraelu, dotyczącym intensywnego chowu ryb („Intesive aquaculture farming”). Podczas miesięcznego szkolenia zebrałam częściowo materiały do prowadzonego przeze mnie przedmiotu „Akwakultura w Polsce i na świecie”, w którym omawiam nowoczesne technologie stosowane w hodowli organizmów wodnych (np. karpia, czy tilapii) przy znaczących niedoborach wody słodkiej.

W październiku 2002 roku odbyłam miesięczną misję naukową w Rennes we Francji, w ramach dwustronnej współpracy naukowej pomiędzy Laboratorium Fizjologii Ryb SCRIBE Narodowego Instytutu Badań Rolniczych (INRA) i Katedrą Ichtiobiologii i Rybactwa. Wynikiem przeprowadzonych badań było sklonowanie genu kodującego cyklinę B karpia (czynnika uczestniczącego w procesie ostatecznego dojrzewania oocytów) na podstawie dostępnych danych dotyczących sekwencji nukleotydowej tego czynnika u innych gatunków ryb. Pomyślnie sklonowanie cykliny B pozwoliło na przeprowadzenie wstępnych pomiarów ilości mRNA kodującego cyklinę B u karpia, które uległy owulacji oraz u ryb, które nie były do niej zdolne. Powyższe eksperymenty stanowiły część prowadzonych badań przez Katedrę Ichtiobiologii i Rybactwa we współpracy ze SCRIBE INRA w Rennes, dotyczących poznania mechanizmów odpowiedzialnych za owulację oocytów u ryb karpiowatych oraz badań wykonywanych w ramach grantu **KBN 6P06D 038 21** pt. „Udział GnRH i niesteroidowych czynników gonadowych w regulacji syntezy i uwalniania hormonów gonadowych u karpia”, w którym byłam współwykonawcą (załącznik nr 3 część B: 36, oraz część D: 9).

W latach 2006-2009 uczestniczyłam (jako główny wykonawca) w badaniach prowadzonych w ramach grantu **MNiSW nr N311 010 31/2567** p.t. „Wpływ wybranych ftalanów na sekrecję LH, owulację, parametry ruchu plemników oraz wczesne stadia rozwojowe karasia srebrzystego i karpia” kierowanym przez dr inż. Pawła Szczerbika, które wykazały, że badane ftalany (DEHP, DBP):

- wpływają na funkcjonowanie osi podwzgórze – przysadka - gonady u samic karpia i karasia srebrzystego.
- obecne w wodzie są w stanie zaburzać sekrecję LH u samic karasia srebrzystego, co przede wszystkim objawia się słabszą reakcją na stymulujące działanie analogu GnRH, lub analogu w kombinacji z pimozydem (antagonistą receptorów dopaminowych).

- wpływają na poziomie jajnika hamując ostatnie etapy dojrzewania oocytów i owulację (zmniejszenie liczby owulujących ryb pomimo wysokiego poziomu LH).
- stymulują sekrecję LH z komórek przysadki mózgowej karpia w hodowlach in vitro.
- w związku z zaskakująco wysokimi poziomami LH, obserwowanymi w przypadku komórek inkubowanych w medium zawierającym ftalany (szczególnie DBP), istnieje przypuszczenie, że efekt ten może wynikać także z ich cytotoksycznego działania na komórki gonadotropowe przysadki.
- mają negatywny wpływ na rozwój embrionalny karasia srebrzystego i karpia, powodując zmniejszenie liczby wylęgłych larw i zwiększenie procentu larw zdeformowanych.
- powodują także pogorszenie parametrów ruchliwości plemników, a zatem ich obecność w wodzie może negatywnie wpływać na tarło, zarówno w warunkach hodowlanych, jak i w przypadku ryb dziko żyjących.

Wyniki tych badań były prezentowane na wielu konferencjach międzynarodowych (załącznik nr 3 część D: 12, 14, 19, 21) oraz opublikowane w jednej pracy oryginalnej (załącznik nr część B: 35).

W latach 2007-2010 uczestniczyłam, jako wykonawca w badaniach prowadzonych w ramach grantu MNiSW nr **N303 2750 33** pt. „Rola prolaktyny w rozrodzie ryb karpiowatych: badania nad syntezą prolaktyny i jej wpływem na uwalnianie LH oraz steroidów płciowych, dojrzewanie oocytów i owulację u karasia srebrzystego” kierowanego przez dr hab. Jarosława Chyba. Przeprowadzone badania wykazały, że:

- prolaktyna może wpływać na rozród ryb oddziałując na hormony steroidowe gonad
- prolaktyna wpływa stymulująco na sekrecję  $17\beta$ -estradiolu
- prolaktyna nie wpływa na sekrecję  $17\alpha 20\beta$ -dihydroksyprogesteronu
- GnRH wpływa stymulująco na syntezę PRL u karasia srebrzystego
- dopamina jest czynnikiem hamującym syntezę PRL u karasia srebrzystego a jej działanie najprawdopodobniej zależy od fazy cyklu płciowego, bowiem jej ujemny wpływ jest silniejszy przed owulacją niż w okresie odbudowy gonad
- istnieje korelacja pomiędzy syntezą prolaktyny a rozrodem ryb

Wyniki tych badań były prezentowane na 1 konferencji (6<sup>th</sup> International Symposium of Fish Endocrinology, Calgary, czerwiec 2008, Kanada) i jednej oryginalnej pracy naukowej (załącznik nr 3 część B: 46, część D: 15)

Ponadto, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora uczestniczyłam w badaniach ichtiofaunistycznych wybranych rzek południowej Polski. Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły na określenie ilościowego i jakościowego rybostanu oraz pomogły ustalić gatunki dominujące i zagrożone. Wyniki przeprowadzonych badań zostały opublikowane w kilkunastu pracach naukowych, które zamieściłam w załączniku nr 3 (część B: 10-16, 20, 24-29, 31, 34, 42) oraz w kilku raportach monitoringowych ichtiofauny wybranych rzek południowej Polski, wykonanych na zlecenie PZW.

Mój łączny dorobek naukowy obejmuje 91 pozycji, w tym 52 oryginalne prace naukowe (47 po doktoracie) i 39 doniesień na Zjazdy i Konferencje (35 po doktoracie). Z 52 oryginalnych prac 32 opublikowanych jest w języku angielskim, w następujących czasopismach: *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, *Archiwum Rybactwa Polskiego*, *Aquaculture*, *Acta Scient. Pol. Pisc.*, *Aquatic Toxicology*, *Comparative Biochemistry and Physiology*, *Cybiurn*, *Czech Journal of Animal Science*, *Fish Physiology and Biochemistry*, *General and Comparative Endocrinology*, *Reproductive Biology*, *Scientific Messenger Lviv Academy of Veterinary Medicine*, *Environmental Science and Pollution Research*, *Rev. Fish Biol. Fisheries*.

**Wyniki prowadzonych dotychczas badań prezentowałam na wielu konferencjach w kraju i zagranicą m.in.:**

- 4<sup>th</sup> Symposium of the Society for Biology of Reproduction and Joint Polish-Japanese Seminar, Kraków, wrzesień 2005, Polska.
- 8<sup>th</sup> International Symposium on Reproductive Physiology of Fish, St Malo, czerwiec 2007, Francja.
- V Jubileuszowy Zjazd Towarzystwa Biologii Rozrodu, Wrocław, wrzesień 2008, Polska.
- 6<sup>th</sup> International Symposium of Fish Endocrinology, Calgary, czerwiec 2008, Kanada.
- XIII<sup>th</sup> European Congress of Ichthyology, Klaipeda, wrzesień 2009, Litwa.
- „Ekologiczne dni”, Stara Lesna, wrzesień 2009, Słowacja.
- XII Ceska Ichtiologicka Konferencje, Vodniany, maj 2010, Czech Republic.
- Diversification in Inland Finfish Aquaculture, Pisek, maj 2011, Czech Republic.

**Prowadząc badania współpracowałam z następującymi ośrodkami naukowymi:**

- Pracownia Endokrynologii i Hodowli Tkanek, Zakład Fizjologii Zwierząt, Instytutu Zoologii UJ
- Laboratorium Fizjologii Ryb SCRIBE Narodowego Instytutu Badań Rolniczych (INRA), Rennes, Francja
- District Public Health Department, Frydek-Mistek (załącznik nr 3 część A: 1, 4 oraz część B: 22, oraz część D: 6, 7, 11)
- University of South Bohemia in Ceskie Budejovice (załącznik nr 3 część B: 40, 43, 44 oraz doniesienia na konferencje część D: 25, 30)

**Nagrody**

W 2004 roku – nagroda III<sup>o</sup> JM Rektora Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie za osiągnięcia naukowo-badawcze

W 2008 roku – nagroda III<sup>o</sup> JM Rektora Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie za osiągnięcia naukowo-badawcze

W 2011 roku – nagroda III<sup>o</sup> JM Rektora Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie za osiągnięcia organizacyjne

W 2012 roku otrzymałam od JM Rektora Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie roczne stypendium za osiągnięcia w dziedzinie działalności naukowej wykazane w ramach okresowej oceny nauczycieli akademickich w 2012 roku.

W 2013 roku otrzymałam nagrodę II<sup>o</sup> za wybitne osiągnięcia w dziedzinie naukowej od JM Rektora Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

## Informacja o działalności dydaktyczno-organizacyjnej

### **Działalność dydaktyczna**

Od 1997 do 2009 roku prowadziłam ćwiczenia z przedmiotu „Rybackstwo stawowe” dla studentów stacjonarnych i niestacjonarnych Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt (WHiBZ). W latach 2002 do 2005 prowadziłam wykłady z przedmiotu „Toksykologia ryb” dla specjalności Rybackstwo i ochrona wód (kierunek Zootechnika na WHiBZ) oraz dla Biotechnologii (Kierunek Międzywydziałowy UR).

Aktualnie prowadzone przeze mnie przedmioty na **Kierunku – Rybackstwo** realizowanym na Wydziale Hodowli i Biologii Zwierząt.

**Studia I stopnia** (inżynierskie) – specjalność *Ichtiobiologia, gospodarka rybacka i ochrona wód*:

Wykłady i ćwiczenia:

„Toksykologia wodna”

„Toksykologia układu rozrodczego ryb”

Ćwiczenia

„Wybrane zagadnienia z fizjologii ryb” oraz „Pokarm naturalny ryb”

**Studia II stopnia** (magisterskie)– specjalność *Akwakultura i ochrona środowiska wodnego*

Wykłady i ćwiczenia:

„Akwakultura w Polsce i na świecie”

„Akwakultura bezkręgowców”

„Związki hormonopodobne w środowisku wodnym”

„Naturalne substancje toksyczne w wodzie”

oraz następujące ćwiczenia dla **Kierunku Biologia Stosowana** realizowanym na Wydziale Hodowli i Biologii Zwierząt:

„Ichtiobiologia”

„Fizjologia i rozród ryb”

„Hydrobiologia”

### Seminaria

„Hodowla in vitro komórek ryb” – seminarium dla Międzywydziałowego kierunku Biotechnologia UR.

Endokryna regulacja układu rozrodczego ryb – wykład w ramach przedmiotu „Endokrynologia porównawcza rozrodu kręgowców”, Zakład Fizjologii Zwierząt, Uniwersytet Jagielloński.

W latach 2005-2013 byłam promotorem **31** prac magisterskich oraz **9** prac inżynierskich. Obecnie pod moim kierunkiem wykonywane są **3** prace magisterskie oraz **2** inżynierskie.

### Działalność organizacyjna

Od 2005 roku jestem członkiem Towarzystwa Biologii Rozrodu (TBR)

Od 2010 roku jestem członkiem Zespołu do Spraw Promocji Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt UR w Krakowie

W 2011 roku byłam członkiem Rady Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt UR w Krakowie.

Od 2010 do 2012 roku byłam sekretarzem Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej dla studentów starających się o wyjazd w ramach programu ERASMUS.

W latach 2005-2008 aktywnie uczestniczyłam w Festiwalu Nauki poprzez udział w pracach organizacyjnych oraz realizacji wykładów.

W latach 2009, 2010 oraz 2011 organizowałam oraz aktywnie uczestniczyłam w wykładach na Małopolskiej Nocy Naukowców.

Od 2010 roku jestem opiekunem Sekcji toksykologicznej - Koła Naukowego Rybaków UR w Krakowie.

Od 2012 roku jestem członkiem Komisji do Spraw Nagród i Odznaczeń Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt UR w Krakowie.

## Informacje bibliometryczne

### Indeks Hirscha (wg Web of Science)

**H = 5**

### Sumaryczny *Impact Factor* publikacji (wg JCR)

Osiągnięcie naukowe:	<b>IF = 2,615</b>
Pozostałe prace po doktoracie:	<b>IF = 27,638</b>
Prace przed doktoratem:	<b>IF = 1,5</b>
Razem:	<b>IF = 31,754</b>

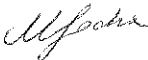
### Liczba pkt MNiSW (wg aktualnej listy czasopism punktowanych z dnia 17 grudnia 2013 r.)

Osiągnięcie naukowe:	<b>70 pkt</b>
Pozostałe prace po doktoracie:	<b>598 pkt</b>
Prace przed doktoratem:	<b>39 pkt</b>
Razem:	<b>707 pkt</b>

### Liczba cytowań publikacji (wg Web of Science oraz Scopus)

	<b>WoS</b>	<b>Scopus</b>
Osiągnięcie naukowe:	7 cyt.	5 cyt.
Pozostałe prace po doktoracie:	63 cyt	69 cyt
Prace przed doktoratem:	---	---
Razem:	70 cyt	74 cyt

Kraków, styczeń 2014 roku

  
Magdalena Socha