

**Załącznik nr 2** do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

**AUTOREFERAT**

Informacje o dorobku i osiągnięciach naukowych

**dr inż. Rafał Kamiński**

Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie

Zakład Rybactwa Stawowego w Żabieńcu

Żabieniec, 2018

**Spis treści**

<b>1. Dane osobowe</b>	<b>3</b>
<b>2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe</b>	<b>3</b>
<b>3. Informacje o zatrudnieniu w jednostkach naukowych</b>	<b>3</b>
<b>4. Wskazanie osiągnięcia</b>	<b>3</b>
4 A. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe	4
4 B. Omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	6
4 B 1. Wprowadzenie	6
4 B 2. Cel pracy	10
4 B 3. Wybór obiektu badań	10
4 B 4. Procedura badawcza	12
4 B 5. Osiągnięte rezultaty	14
4 B 6. Podsumowanie	17
4 B 7. Piśmiennictwo	18
<b>5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo–badawczych</b>	<b>22</b>
5 A. Przebieg pracy naukowo badawczej przed uzyskaniem stopnia doktora	22
5 A 1. Badania nad zastosowaniem 2-fenoksyetanolu do znieczulenia ogólnego ryb karpiowatych	23
5 A 2. Opracowanie i doskonalenie metod podchowu w warunkach kontrolowanych wczesnych stadiów rozwojowych ryb karpiowatych oraz gatunków nowych w akwakulturze	24
5 A 3. Poznanie metod wychowu stada podstawowego, sztucznego rozrodu i inkubacji ikry nowych w akwakulturze gatunków ryb karpiowatych w warunkach kontrolowanych	25
5 A 4. Opracowanie kompleksowej metody produkcji w warunkach kontrolowanych materiału zarybieniowego strzebli błotnej dla potrzeb jej aktywnej ochrony	25
5 B. Przebieg pracy naukowo badawczej po uzyskaniu stopnia doktora	26
5 B 1. Opracowanie kompleksowej metody produkcji w warunkach kontrolowanych materiału zarybieniowego strzebli błotnej dla potrzeb jej aktywnej ochrony	26
5 B 2. Doskonalenie metod podchowu wczesnych stadiów rozwojowych ryb karpiowatych w warunkach kontrolowanych	27

## **1. Dane osobowe**

1. Imię i nazwisko: **Rafał Kamiński**

## **2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe**

**1994 - tytuł zawodowy magistra inżyniera** – Akademia Rolniczo-Techniczna w Olsztynie, Wydział Ochrony Wód i Rybactwa Śródlądowego, kierunek rybactwo śródlądowe. Tytuł pracy: „Biochemiczna charakterystyka genetyczna jazia *Leuciscus idus* (L.)”. Promotorem był dr Paweł Brzuzan.

**2006 - stopień doktora nauk rolniczych** – Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie. Tytuł rozprawy doktorskiej: „Biotechnika produkcji materiału zarybieniowego strzebli błotnej *Eupallasella percnurus* (Pallas, 1814)”. Promotorem był prof. dr hab. Zdzisław Zakęś. Praca została wyróżniona nagrodą przez Dyrektora Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie.

## **3. Informacje o zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

**1994-1998:** Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie, stanowisko: specjalista inżynieryjno-techniczny;

**1998-2006:** Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie, Zakład Rybactwa Stawowego, stanowisko: asystent;

**2006-obecnie:** Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie, Zakład Rybactwa Stawowego, stanowisko: adiunkt.

## **4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311)**

Osiągnięciem naukowym jest cykl czterech powiązanych tematycznie prac naukowych, dołączony jako załącznik nr 7 do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego. Cykl objęto tytułem:

**„Znaczenie temperatury wody dla efektywności wykorzystania pokarmu na wzrost i częstości występowania deformacji ciała u młodocianych ryb karpowatych w warunkach kontrolowanych”**

**4 A. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe**, o którym mowa w art. 16 ust. 2 Ustawy (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

**1. Kamiński R.**, Kamler E., Wolnicki J., Sikorska J., Wałowski J. 2010 – Condition, growth and food conversion in barbel, *Barbus barbus* (L.) juveniles under different temperature/diet combinations – **Journal of Thermal Biology** 35: 422-427.

**(IF<sub>2010</sub> = 1,273; liczba cytowań wg WoS<sub>(All Databases)</sub> = 6, WoS<sub>(Core Collection)</sub> = 6; pkt MNiSW\* = 30)**

Mój udział szacuję na **40 %** (autorstwo koncepcji naukowej, główny udział w przeprowadzeniu doświadczenia, główny udział w zbieraniu i opracowaniu wyników, współudział w analizie danych, współudział w redagowaniu tekstu).

**2.** Kamler E., **Kamiński R.**, Wolnicki J., Sikorska J., Wałowski J. 2012 – Effects of diet and temperature on condition, proximate composition and three major macro elements, Ca, P and Mg, in barbel *Barbus barbus* juveniles – **Reviews in Fish Biology and Fisheries** 22: 767-777.

**(IF<sub>2012</sub> = 2,270; liczba cytowań wg WoS<sub>(All Databases)</sub> = 4, WoS<sub>(Core Collection)</sub> = 4; pkt MNiSW\* = 45)**

Mój udział szacuję na **30 %** (autorstwo koncepcji naukowej, główny udział w przeprowadzeniu doświadczenia, główny udział w zbieraniu i opracowaniu

---

\* Punktacja aktualna, wg wykazu czasopism naukowych opublikowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 26.01.2017 r.

wyników, współudział w analizie danych, współudział w redagowaniu tekstu, autor korespondencyjny).

3. **Kamiński R.**, Sikorska J., Wolnicki J. 2017 – Diet and water temperature affect growth and body deformities in juvenile tench *Tinca tinca* (L.) reared under controlled conditions – **Aquaculture Research** 48: 1327-1337.

**(IF<sub>2016</sub> = 1,475; liczba cytowań wg WoS<sub>(All Databases)</sub> = 2, WoS<sub>(Core Collection)</sub> = 2; pkt MNiSW\* = 30)**

Mój udział szacuję na **50 %** (autorstwo koncepcji naukowej, główny udział w przeprowadzeniu doświadczenia, główny udział w zbieraniu i opracowaniu wyników, główny udział w analizie danych, główny udział w redagowaniu tekstu, autor korespondencyjny).

4. **Kamiński R.**, Sikorska J., Polak-Juszczak L., Wolnicki J. 2017 – Effects of temperature on body chemical composition and incidence of deformities in juvenile tench, *Tinca tinca* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae), fed a commercial dry diet and/or natural food – **Acta Ichthyologica et Piscatoria** 47: 63-71.

**(IF<sub>2016</sub> = 0,708, liczba cytowań wg WoS<sub>(All Databases)</sub> = 0; pkt MNiSW\* = 20)**

Mój udział szacuję na **50 %** (autorstwo koncepcji naukowej, główny udział w przeprowadzeniu doświadczenia, główny udział w zbieraniu i opracowaniu wyników, główny udział w analizie danych, główny udział w redagowaniu tekstu, autor korespondencyjny).

Wszystkie prace zostały opublikowane w czasopiśmie z listy JCR. Sumaryczny współczynnik wpływu (**IF**) zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **5,726 (wg Web of Science Core Collection)**, suma **pkt MNiSW** za ww. publikacje wynosi **125**. Oświadczenia współautorów znajdują się w załączniku nr 6.

**Wszystkie publikacje powstały w wyniku realizacji projektów badawczych, którymi kierowałem:**

1. Projekt badawczy finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N N311 297535 pt. „Wykorzystanie pokarmu naturalnego i temperatury wody do zapobiegania deformacjom szkieletu u młodocianych ryb karpowatych w warunkach kontrolowanych” realizowany w latach 2008-2011.
2. Statutowy temat badawczy Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie nr S-001 pt. „Optymalizacja metod chowu i hodowli ryb karpowatych w warunkach kontrolowanych” realizowany w latach 2014-2018.

#### **4 B. Omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.**

##### **4 B 1. Wprowadzenie**

Akwakultura jest obecnie, i według prognoz FAO pozostanie przez wiele lat, jedną z najszybciej rozwijających się gałęzi produkcji żywności na świecie (FAO 2016). Systematycznie rośnie też jej rola w czynnej ochronie zwierząt zagrożonych wyginięciem i/lub intensywnie eksploatowanych rybacko. W Polsce dotyczy to m.in. brzany *Barbus barbus*, certy *Vimba vimba*, jesiotra ostronosego *Acipenser oxyrinchus*, łososia atlantyckiego *Salmo salar*, różanki *Rhodeus sericeus*, strzebli błotnej *Eupallasella (Rhynchocypris) percunurus*, raka szlachetnego *Astacus astacus*, raka błotnego *Astacus (Pontastacus) leptodactylus*.

Akwakultura, we współczesnym znaczeniu tego pojęcia wprowadzonym przez FAO w 1988 roku, oznacza produkcję organizmów wodnych, w czasie której podejmuje się działania optymalizujące proces ich wychowu dla zwiększenia jego efektywności. Jej historia liczy co najmniej 25 stuleci, jednak dopiero w ostatnim czasie stała się ona ważnym globalnie źródłem żywności. Zdecydował o tym m. in. przełom technologiczny, jaki nastąpił w połowie XX w. Wówczas opracowano pierwsze granulowane pasze suche dla ryb. Stopniowo zastąpiły one drogie oraz trudne do pozyskania i przechowywania pokarmy naturalne i ich zamienniki (np. odpady rzeźne). Współczesna akwakultura w znacznej części jest już technologicznie

uzależniona od stosowania komercyjnych pasz suchych, zwłaszcza akwakultura ryb drapieżnych (Deutsch i in. 2007). Jednak obserwowany jest też wzrost użycia pasz w produkcji ryb karpiowatych, do żywienia których jeszcze pod koniec XX w. były one stosowane sporadycznie (Tacon i Metian 2008).

Rosnące zapotrzebowanie na pasze doprowadziło do zwiększonego zapotrzebowania na ich główne komponenty, tj. mączkę rybną i olej. Składniki te pochodzą głównie z połówów i przetwórstwa dziko żyjących ryb morskich. Ich naturalne zasoby są jednak eksploatowane w coraz większym stopniu, w wielu wypadkach nadmiernie (Naylor i in. 2009, FAO 2016). Dlatego w najbliższym czasie spodziewać się należy stopniowego wzrostu cen pasz dla ryb. Szacuje się, że obecnie w hodowli ryb koszt pasz stanowi aż 40-50% całkowitych kosztów produkcji (Craig 2009). Dlatego optymalizacja wykorzystania pasz w akwakulturze ma kluczowe znaczenie dla jej dalszego rozwoju i efektywności gospodarowania światowymi zasobami żywności.

### **Problem deformacji ciała ryb żywionych paszami komercyjnymi**

Optymalizacja użycia pokarmu w akwakulturze dotychczas koncentrowała się głównie na zwiększaniu efektywności jej wykorzystywania na wzrost produkowanych organizmów. Jednak nie zawsze takie podejście jest właściwe. Pasz przemysłowe przeznaczone do żywienia ryb są w większości produktami, które w założeniu powinny zaspokajać całość ich potrzeb pokarmowych. W warunkach kontrolowanych, jak systemy z recyrkulacją wody (RAS, Recirculating Aquaculture System), pasza jest często jedynym ich pokarmem w czasie całego życia. Długi okres stosowania jednorodnej diety sprawia jednak, że jej niedoskonałości mogą obniżyć jakość biologiczną hodowanych ryb. Często ujawniają się u nich deformacje ciała, co drastycznie zmniejsza ich wartość rynkową. Od wielu lat stanowi to poważny problem w intensywnych systemach chowu i hodowli ryb (Divanach i in. 1996). Zjawisko to ma zasadnicze znaczenie ekonomiczne, ale także stanowi zagrożenie dla dobrostanu ryb (Huntingford i in. 2006), którego zachowanie podyktowane jest obecnie nie tylko

wymogami etycznymi, ale także prawnymi. Dlatego częstość występowania deformacji ciała u ryb, tak jak i tempo ich wzrostu, ma fundamentalne znaczenie w ocenie efektywności wykorzystania pasz do żywienia ryb w warunkach kontrolowanych.

### **Deformacje ciała w akwakulturze ryb karpiovatych**

Problem deformacji ciała szczególnie często dotyka wychowywanych w warunkach kontrolowanych młodocianych ryb karpiovatych (Kamler i Wolnicki 2006). Dla światowej akwakultury ma to znaczenie niebagatelne. W 2015 roku produkcja ryb karpiovatych (ponad 44 mln ton) stanowiła niemal 85% całej produkcji ryb w akwakulturze (<http://www.fao.org/faostat/>). U podłoża tego szczególnego zagrożenia deformacjami leży słabe dostosowanie współcześnie produkowanych pasz do specyfiki trawienia pokarmu przez ryby karpiovate. Przez ostatnie dziesięciolecia rozwój technologiczny produkcji pasz komercyjnych skoncentrowany był głównie na dostosowaniu ich parametrów do wymogów najpowszechniej spotykanych w intensywnych systemach chowu ryb łososiowatych (Salmonidae) i morskich. Za sprawą wprowadzenia niewielkich ich modyfikacji powstawały pasze dla innych grup gatunków. W wypadku wielu z nich, takie postępowanie okazało się wystarczające, jednak ryby karpiovate (Cyprinidae), jak większość karpiokształtnych (Cypriniformes), w toku ewolucji utraciły żołądek i zdolność do trawienia pokarmu w środowisku kwaśnym. Nie jest to cecha rzadka wśród kręgowców związanych ze środowiskiem wodnym, a całkiem częsta u ryb doskonałokostnych (Teleostei), gdyż dotyczy około 25% gatunków z tej podgromady (Wilson i Castro 2010). Obecnie uznaje się, że przyczyną tego zjawiska było przystosowanie do diety zawierającej mało białka i/lub znaczne ilości węglanu wapnia (muszle mięczaków), neutralizującego kwasy żołądkowe i zasadniczo ograniczającego efektywność trawienia żołądkowego (Castro i in. 2014). Brak tego narządu nie wpływa negatywnie na zdolność trawienia przez ryby głównych składników pokarmu naturalnego. Problemem staje się jednak niska skuteczność przyswajania substancji mineralnych z pasz suchych. Szczególnie dotyczy



to fosforu, pierwiastka kluczowego dla budowy szkieletu (Watanabe i in. 1988, Lall 2002). W konsekwencji często następuje jego niedobór i wtedy u wielu osobników (nawet ponad 96%, Wolnicki i in. 2006) mogą pojawić się deformacje ciała.

W związku z tym, że deformacje ciała praktycznie nie występują u ryb karpiowatych żywionych pokarmem naturalnym, potencjalnie dobrym praktycznym rozwiązaniem mogło by się wydawać karmienie ryb komercyjnie dostępnymi pokarmami naturalnymi jako jedynym ich pokarmem lub jako suplementem pasz. Jednak ze względu na wysoką cenę pokarmu naturalnego i jego wysoki współczynnik pokarmowy (FCR) rozwiązanie to rzadko może być traktowane jako ekonomicznie uzasadnione (Kamiński i in. 2004).

Efektywność wykorzystania przez ryby pokarmu na wzrost, a także ich jakość biologiczna, zależą jednak nie tylko od jakości diety, lecz wielu innych czynników, które można w znacznym zakresie optymalizować w systemach hodowlanych, jak sposób żywienia ryb i parametry fizykochemiczne wody (Craig 2009). Przykładowo, badania Kamler i in. (2006) wykazały, że problem deformacji ciała u lina może być ograniczony przez obniżenie intensywności żywienia ryb paszą. Wiedza na temat wpływu różnych czynników na efektywność wykorzystania przez ryby pokarmu oraz ich jakość biologiczną jest jednak fragmentaryczna. Słabo zbadane jej obszary dotyczą między innymi czynnika, który w sposób nieunikniony i wszechstronny reguluje funkcjonowanie organizmu ryby, czyli temperatury wody. Temperatura jest głównym czynnikiem wpływającym na tempo metabolizmu ryb, pozyskiwanie i wydatkowanie energii i materii, tempo ich rozwoju i wzrostu. Tempo metabolizmu ryb wzrasta wykładniczo wraz ze wzrostem temperatury ich środowiska. Zasoby dostępne dla wzrostu ryb determinuje zaś różnica między energią uzyskiwaną przez ryby z pokarmu a zużyciem energii na potrzeby metabolizmu (Brett i Groves 1979). Temperatura wody znajdowała się jednak dotychczas poza głównymi nurtami badań nad doskonaleniem metod żywienia ryb, a dotyczące tego czynnika doświadczenia koncentrowały się głównie na dostosowaniu do niego intensywności karmienia. Dlatego badania nad wpływem temperatury wody na efektywność wykorzystania

przez ryby pokarmu i ich jakość biologiczną wnoszą wiedzę unikalną i cenną dla optymalizacji warunków chowu i hodowli ryb.

#### **4 B 2. Cel pracy**

Celem badań zawartych w opisywanym cyklu publikacji było określenie wpływu temperatury wody na efektywność żywienia młodocianych ryb karpowatych paszą komercyjną i/lub pokarmem naturalnym w warunkach kontrolowanych na podstawie analizy tempa wzrostu ryb oraz częstości występowania deformacji ciała.

#### **Jako szczegółowe cele badań przyjęto:**

1. Weryfikację hipotezy zakładającej, że u młodocianych ryb karpowatych temperatura wody optymalna dla ich wzrostu jest wyższa niż temperatura optymalna dla wykorzystania przez nie pokarmu na wzrost.
  - 1.1. Oszacowanie wartości temperatur optymalnych dla wzrostu brzany i lina w młodocianym okresie życia.
  - 1.2. Znalezienie temperatur optymalnych dla współczynnika pokarmowego różnych diet u brzany i lina w młodocianym okresie życia.
2. Zbadanie współdziałania temperatury wody i rodzaju pokarmu jako czynników determinujących tempo wzrostu ryb, efektywność wykorzystania przez nie pokarmu i częstość występowania deformacji ciała.
3. Identyfikację wczesnych symptomów nieprawidłowości rozwoju powstających u młodocianych ryb karpowatych pod wpływem diety komercyjnej.

#### **4 B 3. Wybór obiektu badań**

Długotrwały chów ryb karpowatych w warunkach kontrolowanych nadal jest rzadkością ze względu na wysoki koszt. Dlatego najczęściej wykorzystuje się je do podchowrywania ryb cennych i/lub szczególnie wymagających w okresie larwalnym i

wczesnym młodocianym. Jako pokarm dla ryb karpiovatych w larwalnym okresie życia zaleca się stosowanie naupliusów solowca *Artemia* sp. W tym krótkim, trwającym w warunkach kontrolowanych zwykle około trzech tygodni okresie, w pełni zaspokajają one potrzeby pokarmowe larw ryb, zapewniając wysokie tempo ich wzrostu i bardzo wysoką przeżywalność (Wolnicki 2005). Wysoka jakość i stosunkowo niewielkie zużycie tego pokarmu podczas krótkotrwałego podchowu larw ryb karpiovatych sprawiają, że jego wysoka cena jest akceptowalna. Jednak długotrwałe żywienie ryb młodocianych wyłącznie pokarmem naturalnym staje się już bardzo kosztowne (Kamiński i in. 2004). Całkowite zastąpienie go paszą może w ciągu zaledwie trzech tygodni doprowadzić do pojawienia się u ryb deformacji ciała. W czasie metamorfozy i we wczesnym okresie młodocianym u ryb zachodzą bowiem procesy zakładania szaty łuskowej i rozwoju szkieletu, czemu towarzyszy zwiększone zapotrzebowanie na kluczowe dla mineralizacji szkieletu makropierwiastki: fosfor, wapń i magnez. O ile jednak wapń i magnez mogą być efektywnie asymilowane przez ryby z wody, która zawiera często znaczne ich ilości, to głównym źródłem fosforu jest zawsze pokarm (Lall 2002). Można więc wnioskować, że we wczesnym okresie młodocianym ryby mają szczególne trudności z zaspokojeniem zapotrzebowania na fosfor, w związku z czym są też szczególnie podatne na deformacje ciała spowodowane jego deficytem. Ten fakt jest przyczyną przeprowadzenia doświadczeń prezentowanych w ramach opisywanego **cyklu** na młodocianych rybach karpiovatych.

Materiałem badawczym były młodociane osobniki dwóch gatunków ryb karpiovatych, które łączy potrzeba wychowu materiału zarybieniowego/obsadowego w warunkach kontrolowanych, a różni podatność na deformacje wywołane przez intensywne żywienie paszą. Cechy te znaleziono u następujących gatunków:

- brzany, *Barbus barbus* (L.) – materiał zarybieniowy tej ryby jest poszukiwany i powszechnie stosowany przez Polski Związek Wędkarski do zarybień rzek (Kamiński i in. 2010); wymaga wykorzystywania warunków kontrolowanych ze względu na bardzo słabą przeżywalność w stawach; należy do grupy gatunków

ryb karpowatych o wysokiej odporności na powstawanie deformacji ciała pod wpływem diety komercyjnej (Sikorska 2012)

- lina, *Tinca tinca* (L.) – gatunek perspektywiczny o rosnącym znaczeniu w światowej akwakulturze; wymaga wykorzystania warunków kontrolowanych ze względu na bardzo niskie tempo wzrostu i słabą przeżywalność w stawach; należy do grupy gatunków ryb karpowatych o dość niskiej odporności na powstawanie deformacji ciała pod wpływem diety komercyjnej (Sikorska 2012)

#### 4 B 4. Procedura badawcza

Osiągnięcie założonych celów badawczych wymagało niekonwencjonalnego podejścia, bowiem szeroki i wielowymiarowy wpływ temperatury na ryby sprawia, że czynnik ten jest pod względem metodycznym trudny do badania. Przykładowo porównywanie ogólnego składu chemicznego ryb przy użyciu powszechnie stosowanej w naukach przyrodniczych i medycznych analizy wariancji (ANOVA) jest możliwe tylko dla ryb o jednakowej wielkości i będących na tym samym etapie cyklu życiowego. Jeśli warunki te nie są spełnione, konieczne staje się zastosowanie metod allometrycznych (Shearer 1994). Metody te można jednak stosować jedynie do badań parametrów zależnych od wielkości organizmu. Ignorują one np. różnice w wieku fizjologicznym ryb, jeśli parametr ten nie jest ściśle powiązany z ich wielkością. Łatwo zauważyć, że zastosowanie tych metod do porównywania niektórych wskaźników jakościowych, takich jak częstość występowania deformacji ciała, nie jest właściwe. Dowodzą tego dane zaprezentowane w **publikacji 3**, gdzie w grupach nie różniących się istotnie pod względem średniej masy ciała odnotowano znaczne różnice w częstości występowania deformacji.

Przypuszczalnie właśnie ze względu na poważne trudności metodyczne, liczne dotychczasowe badania ryb skupiały się jedynie na określeniu wpływu temperatury wody na ich tempo wzrostu lub efektywność wykorzystania przez nie pokarmu. Powszechną praktyką jest porównywanie tych parametrów w różnych temperaturach wody w jednakowym dla wszystkich badanych grup czasie doświadczenia. Takie

podejście dostarcza użytecznych informacji praktycznych, jednak prowadzi do sytuacji, w której porównuje się organizmy o tym samym wieku kalendarzowym, ale różnym wieku fizjologicznym, co może prowadzić do niewłaściwych wniosków. Dla ograniczenia tego problemu konieczne jest wyskalowanie kluczowych parametrów doświadczenia (np. czas trwania, intensywność żywienia) względem temperatury w poszczególnych grupach.

Obecnie istnieje kilka metod określania wieku fizjologicznego ryb w zależności od temperatury wody. Można go szacunkowo określić używając skali stopniodni ( $D^\circ$ ), efektywnych stopniodni ( $D^\circ_{\text{eff}}$ ) lub zależności tempa metabolizmu standardowego (SMR) od temperatury. Skala  $D^\circ_{\text{eff}}$  jest obecnie uważana za najbardziej precyzyjny wskaźnik tempa rozwoju ryb w różnej temperaturze (Weltzien i in. 1999). Wartość  $D^\circ_{\text{eff}}$  jest jednak obliczana na podstawie specyficznej gatunkowo temperatury „zera fizjologicznego”, która musi być określona doświadczalnie. Ponadto metoda ta nie została dotychczas przetestowana na rybach młodocianych i starszych. Z tej przyczyny w prezentowanym **cyklu** publikacji zastosowano bardziej uniwersalną metodę, opartą na wartości SMR ryb w zależności od temperatury wody, przedstawianą przez krzywą normalną Krogha (Winberg 1956).

Znaczące ograniczenie stosowania skali metabolicznej może pojawić się jednak w wypadku wysokiej temperatury wody, zbliżonej do optymalnej dla wzrostu (optimum growth temperature, OGT). Tempo wzrostu ryb wzrasta wraz z temperaturą osiągając wartość maksymalną w OGT. Powyżej tej temperatury tempo wzrostu jest niższe. W takich warunkach także konsumpcja pokarmu może znacznie odbiegać od wartości oczekiwanych, co ma kluczowe znaczenie dla właściwego dostosowania intensywności żywienia ryb do temperatury wody. Dlatego w opisywanych w **cyklu** publikacji badaniach, maksymalna temperatura wody została ustalona na 25°C w wypadku brzany i 26°C dla lina. Wartości te znajdują się nieco poniżej OGT dla tych gatunków w młodocianym okresie życia (na podstawie danych, Wolnicki 2005).

W **publikacji 4** wykazano, że zastosowana procedura badawcza pozwoliła zmniejszyć różnice pod względem wieku fizjologicznego między grupami ryb wychowanych w wodzie o różnej temperaturze.

#### **4 B 5. Osiągnięte rezultaty**

**Cel 1.** Najwyższe tempo wzrostu brzany stwierdzono w temperaturze 25°C, natomiast temperaturę optymalną dla efektywności wykorzystania pokarmu na wzrost oszacowano na 22,0-23,6°C (**publikacja 1**). Także w wypadku lina najwyższe tempo wzrostu ryby osiągnęły w najwyższej badanej temperaturze 26°C, natomiast wykorzystanie pokarmu na wzrost było najlepsze w temperaturze 23 i 26°C (**publikacja 3**). Wyniki te potwierdziły, że u młodocianych ryb karpiowatych temperatura wody optymalna dla efektywności wykorzystania pokarmu na wzrost jest nieco niższa niż temperatura optymalna dla ich wzrostu. Podobne zjawisko obserwowano także u innych gatunków ryb (Jobling 1994, Björnsson and Tryggvadóttir 1996, Björnsson i in. 2001, Imsland i in. 2006), co sugeruje jego wysoką uniwersalność.

**Cel 2.** W badaniach przedstawionych w **cyklu nie potwierdzono u brzany ani lina istotnej dla tempa wzrostu długości całkowitej interakcji między temperaturą wody a rodzajem diety (publikacje 1 i 3)**. U lina taka interakcja była statystycznie istotna w wypadku wpływu tych czynników na tempo wzrostu masy ciała ryb (**publikacja 3**). Jednak wyniki te nie były bezpośrednio powiązane ze wzrostem somatycznym, ale z procesem nadmiernego odkładania tłuszczów w ciele ryb. Zjawisko to dowodzi poważnych ułomności parametrów wzrostu opartych na analizie masy ciała ryb. Temat ten poddano szerszej dyskusji w **publikacji 3**.

U żadnego z badanych gatunków **nie potwierdzono istnienia, istotnej dla efektywności wykorzystania pokarmu, interakcji między temperaturą wody a rodzajem diety**. Podobne wnioski w wypadku łosia atlantyckiego *Salmo salar* wyciągnęli Ng i in. (2004). W **publikacjach 3 i 4** potwierdzono jednak, że między

czynnikami temperatury wody i rodzaju diety istnieje interakcja w wypadku ich wpływu na częstość występowania osobników z widocznymi deformacjami ciała. Interakcję odnotowano jedynie w wypadku lina, gdyż u brzany deformacje ciała nie wystąpiły. W **publikacji 3** wykazano ponadto, że **deformacje były wywołane przez paszę komercyjną, natomiast temperatura była czynnikiem silnie modyfikującym częstość ich występowania.**

**Cel 3.** W badaniach przedstawionych w prezentowanym **cyklu** publikacji przeprowadzono analizę dziewięciu potencjalnych wczesnych wskaźników nieprawidłowości rozwoju powstających u młodocianych ryb karpowatych pod wpływem diety komercyjnej. Spośród nich najbardziej wiarygodne okazały się wskaźnik kondycji K oraz trzy parametry chemiczne ciała ryb: zawartość popiołu i proporcje zawartości Ca/P oraz Mg/P. Pozostałe badane parametry – zawartość lipidów, P, Ca, Mg i stosunek zawartości Ca/Mg w ciele ryb – nie zawsze wykazywały nieprawidłowości w grupach, w których wystąpiły deformacje. Warto też zaznaczyć, że najbardziej wiarygodne wskaźniki pozwoliły odnotować stan zagrożenia deformacjami u młodocianej brzany, u której jeszcze się one nie ujawniły (**publikacje 1 i 2**). Wskazuje to, że brzana nie jest całkowicie odporna na szkodliwe działanie niewłaściwej diety, ubogiej w łatwo przyswajalny fosfor, a obserwowane u niej konsekwencje niedoboru tego pierwiastka są podobne jak u lina, jedynie rozwijają się wolniej.

Podwyższona wartość wskaźnika kondycji już we wcześniejszych badaniach była wiązana z obniżoną jakością biologiczną ryb wychowanych w warunkach kontrolowanych (Wexler i in. 2003, Kamiński i in. 2005). Wysoką wartość tego wskaźnika słusznie łączono ze zjawiskiem nadmiernego odkładania tłuszczu w organizmie ryby. Jego przyczyny upatrywano w zbyt niskiej dostępności, zawartości i/lub przyswajalności fosforu w diecie ryb (Sigiura i in. 2004) lub w zbyt wysokiej zawartości tłuszczów w paszach komercyjnych (Wolnicki 2005, Kamler i Wolnicki 2006). Badania przedstawione w prezentowanym **cyklu** publikacji wskazują, że

patologiczne podwyższenie zawartości tłuszczów w ciele ryb wynika z ograniczenia ich wzrostu somatycznego w wyniku niedostatecznej przyswajalności fosforu zawartego w paszach komercyjnych. Źródłem fosforu w tych paszach jest głównie mączka rybna. Zawiera ona znaczne ilości fosforu, jednak w słabo przyswajalnych przez ryby karpiołate postaciach, fosforanu dwuwapniowego i trójwapniowego (Hua i Bureau 2010). Brak możliwości trawienia pokarmu w środowisku kwaśnym sprawia, że pasza jako źródło fosforu jest dla nich niemal bezużyteczna. W konsekwencji mamy do czynienia z deficytem fosforu w organizmie pomimo jego bardzo wysokiej zawartości w paszy, a fosforany zawarte w diecie bardziej niż do wzrostu ryb przyczyniają się do zanieczyszczenia środowiska naturalnego (Jahan i in. 2001). W konsekwencji niedoboru fosforu następuje hamowanie procesu fosforylacji oksydacyjnej, a organizm ryby nie jest w stanie efektywnie zużywać składników pokarmowych na wzrost somatyczny. W efekcie tłuszcz zawarty w diecie jest w znacznie większym stopniu akumulowany w organizmie ryby (Sugiura i in. 2011).

Podwyższona wartość wskaźnika kondycji jest też prawdopodobnie spowodowana deformacjami szkieletu, wynikającymi z niedoboru fosforu w organizmie. Deformacje te obejmują zmiany w różnych częściach szkieletu: czaszce, kręgosłupie, promieniach płetw i in. W badaniach Fjelldala i in. (2009) wykazano, że zmiany wywoływane w obrębie kręgosłupa, często powodują jego patologiczne skrócenie, co oczywiście wpływa na wzrost wartości wskaźnika kondycji, obliczanego na podstawie pomiarów długości i masy ciała ryby.

Zawartość popiołu w ciele ryb również okazała się wiarygodnym wskaźnikiem deficytu fosforu w ich organizmie zarówno w badaniach w prezentowanym **cyklu**, jak i innych (Hardy i Dong 1997). Shearer (1994) stwierdził jednak na przykładzie łososia atlantyckiego, że zawartość popiołu w organizmie ryb znajduje się w stanie homeostazy i jest modyfikowana jedynie przez czynniki wewnętrzne: genetyczne i okres ich rozwoju. Badania przedstawione w ramach **prezentowanego cyklu** zaprzeczają tej tezie. Wykazały one, że pomimo pozostawania w stanie względnej homeostazy, zawartość popiołu w ciele ryb cierpiących na niedobór fosforu ulega



istotnemu obniżeniu (**publikacja 4**). Zaskakujące natomiast może się wydawać, że u młodocianego lina nie stwierdzono bezpośredniego związku między zawartością fosforu w całym ciele ryb, a występowaniem u nich deformacji. W grupach ryb w których deformacje wystąpiły, stwierdzono jednak istotne zaburzenie we wzajemnym stosunku zawartości w ciele głównych makropierwiastków biorących udział w mineralizacji szkieletu, Ca/P oraz Mg/P.

Brak istotnych różnic w zawartości P w całym ciele lina między grupami, w których w różnych temperaturach obserwowano różny odsetek ryb z deformacjami ciała, może wynikać z maskującego efektu zróżnicowanego zapotrzebowania ryb na fosfor w zależności od temperatury wody. Wskazują na to dane Woodsa i in. (2003), którzy stwierdzili, że podwyższone tempo wzrostu ryb w wysokiej temperaturze wiąże się ze znacznie wyższym zapotrzebowaniem na bogate w fosfor substancje aktywne w biosyntezie komórkowej. W efekcie, deficyt fosforu występujący w szkielecie może być maskowany przez zwiększoną zawartość fosforu w tkankach miękkich. Dla pełnego zrozumienia tego mechanizmu, konieczne są jednak dalsze badania zróżnicowania zapotrzebowania ryb na fosfor w zależności od tempa ich metabolizmu.

#### **4 B 6. Podsumowanie**

##### **Najważniejsze osiągnięcia cyklu publikacji to:**

1. Opracowanie procedury badawczej, umożliwiającej porównanie u organizmów zmiennocieplnych wpływu temperatury wody na niezależne od wielkości organizmu wskaźniki jakościowe, takie jak np. udział osobników z deformacjami ciała.
2. Wykazanie, że temperatura optymalna dla wykorzystania pokarmu na wzrost u młodocianych ryb karpiovatych jest nieco niższa niż temperatura optymalna dla ich wzrostu.

3. Wykazanie istotnej interakcji między wpływem temperatury wody i rodzaju diety na występowanie deformacji ciała u lina – gatunku podatnego na deformacje. W wypadku żywienia ryb paszą, które prowadziło do powstawania deformacji ciała, w niższej temperaturze deformacje występowały rzadziej, ale pogorszeniu ulegała efektywność wykorzystania pokarmu na wzrost.
4. Stwierdzenie, że młodociana brzana, gatunek o wysokiej odporności na deformacje ciała, reaguje na niedoskonałą paszę, ubogą w przyswajalne dla ryb karpiovatych źródła fosforu, podobnie jak lin, jednak niekorzystne zmiany przebiegają u niej znacznie wolniej.
5. Ustalenie, że wskaźnik kondycji K oraz trzy parametry chemiczne ciała ryb – zawartość popiołu oraz proporcje zawartości Ca/P i Mg/P – są najbardziej wiarygodnymi wczesnymi wskaźnikami nieprawidłowości rozwoju młodocianych ryb karpiovatych, powstających pod wpływem niedoboru fosforu.

#### **4 B 7. Piśmiennictwo**

- Björnsson B., Tryggvadóttir S.V. 1996 – Effects of size on optimal temperature for growth and growth efficiency of immature Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) – Aquaculture 142: 33–42.
- Björnsson B., Steinarsson A., Oddgeirsson M. 2001 – Effects of size on optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.) – ICES J. Mar. Sci. 58: 29-38.
- Brett J.R., Groves T.D.D. 1979 – Physiological energetics – Fish Physiol. 8: 279–352.
- Castro L.F., Gonçalves O., Mazan S., Tay B.H., Venkatesh B., Wilson J.M. 2014 – Recurrent gene loss correlates with the evolution of stomach phenotypes in gnathostome history – Proc. Biol. Sci. 281: doi: 10.1098/rspb.2013.2669.
- Craig S. 2009 – Understanding fish nutrition, feeds, and feeding – Virginia Cooperative Extension, Publication 420-256, 4 ss.

- Deutsch L., Gräslund S., Folke C., Troell M., Huitric M., Kautsky N., Lebel L. 2007 – Feeding aquaculture growth through globalization: exploitation of marine ecosystems for fishmeal – *Glob. Environ. Chang.* 17: 238-249
- Divanach P., Boglione C., Menu B., Koumoundouros G., Kentouri M., Cataudella S. 1996 – Abnormalities in finfish mariculture: An overview of the problem, causes and solutions – W: B. Chatain, M. Saroglia, J. Sweetman, P. Lavens (red.) *Handbook of contributions and short communications presented at the International Workshop on 'Seabass and Seabream Culture: Problems and Prospects'*. European Aquaculture Society, Ostenda: 45-66.
- FAO 2016 – The state of world fisheries and aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all – FAO, Rzym.
- Fjellidal P.G., van der Meeren T., Jørstad K.E., Hansen T.J. 2009 – A radiological study on vertebral deformities in cultured and wild Atlantic cod (*Gadus morhua*, L.) – *Aquaculture* 289: 6-12.
- Hardy R.W., Dong F.M. 1997 – Salmonid nutrition: constraints and quality standards – W: Feed Ingredients Asia '97. Uxbridge, Turret-RAI, 9 ss.
- Hua K., Buremu D. 2010 – Quantification of differences in digestibility of phosphorus among cyprinids, cichlids, and salmonids through a mathematical modelling approach – *Aquaculture* 308: 152–158.
- Huntingford F.A., Adams C., Braithwaite V.A., Kadri S., Pottinger T.G., Sandøe P., Turnbull J.F. 2006 – Current issues in fish welfare – *J. Fish. Biol.* 68: 332-372.
- Imsland A.K., Foss A., Sparboe L.O., Sigurdsson S. 2006 – The effect of temperature and fish size on growth and feed efficiency ratio of juvenile spotted wolffish *Anarhichas minor* – *J. Fish Biol.* 68: 1107-1122.
- Jahan P., Watanabe T., Satoh S., Kiron V. 2001 – Formulation of low phosphorus loading diets for carp (*Cyprinus carpio* L.) – *Aquacult. Res.* 32: 361-368.
- Jobling M. 1994 – Respiration and metabolism – W: M. Jobling (red.) *Fish Bioenergetics*. Chapman and Hall, London, UK: 121-145.

- Kamiński R., Wolnicki J., Kwiatkowski S. 2004 – Wpływ intensywności karmienia pokarmem naturalnym i paszą na wzrost, jakość i koszt produkcji materiału zarybieniowego lina *Tinca tinca* (L.) w warunkach kontrolowanych – W: M. Mickiewicz, A. Wołos (red.) *Stan i uwarunkowania funkcjonowania rybactwa w 2003 roku*. Wydawnictwo IRS, Olsztyn: 65-69.
- Kamiński R., Korwin-Kossakowski M., Kuszniarz J., Myszkowski L., Stanny L.A., Wolnicki J. 2005 - Response of a juvenile cyprinid, lake minnow *Eupallasella perenurus* (Pallas), to different diets – *Aquacult. Int.* 13: 479-486.
- Kamiński R., Kamler E., Wolnicki J., Sikorska J., Wałowski J. 2010 – Condition, growth and food conversion in barbel, *Barbus barbus* (L.) juveniles under different temperature/diet combinations – *J. Therm. Biol.* 35: 422-427.
- Kamler E., Myszkowski L., Kamiński R., Korwin-Kossakowski M., Wolnicki J. 2006 – Does overfeeding affect tench *Tinca tinca* (L.) juveniles? – *Aquacult. Int.* 14: 99-111.
- Kamler E., Wolnicki J. 2006 – The biological background for the production of stocking material of 11 European rheophilic cyprinids. A review – *Large Rivers* 16: 667-687.
- Lall S.P. 2002 – Mineral Nutrition – W: J.E. Halver, R.W. Hardy (red.) *Fish nutrition*. Academic Press, San Diego, USA: 260-308.
- Naylor R.L., Hardy R.W., Bureau D.P., Chiu A., Elliott M., Farrell A.P., Forster I., Gatlin D.M., Goldberg R.J., Hua K. 2009 – Feeding aquaculture in an era of finite resources – *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 106: 15103-15110.
- Ng W., Sigholt T., Gordon Bell J. 2004 – The influence of environmental temperature on the apparent nutrient and fatty acid digestibility in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed finishing diets containing different blends of fish oil, rapeseed oil and palm oil – *Aquacult. Res.* 35: 1228-1237.
- Sugiura S.H., Hardy R.W., Roberts R.J. 2004 – The pathology of phosphorus deficiency in fish—A review. *J. Fish Dis.* 27: 255-265.

- Sugiura S., Higashitani A., Sasaki T. 2011 – Effects of dietary phosphorus restriction on fillet fat deposition and hepatic lipid metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and crucian carp (*Carassius auratus grandoculis*) – *Aquacult. Sci.* 59: 109-122.
- Sikorska J. 2012 – Zróżnicowana reakcja młodocianych ryb karpiowatych na intensywne żywienie paszą w warunkach kontrolowanych – W: Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska. (red.) *Wylęgarnictwo organizmów wodnych – osiągnięcia, wyzwania i perspektywy*. Wydawnictwo IRS, Olsztyn: 179-185.
- Shearer K.D. 1994 – Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids – *Aquaculture* 119: 63-88.
- Tacon A.G.J., Metian M. 2008 – Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects – *Aquaculture* 285: 146-158.
- Watanabe T., Satoh S., Takeuchi T. 1988 – Availability of minerals in fishmeal to fish – *Asian Fish. Sci.* 1: 175-195.
- Weltzien F.A., Planas M., Fyhn H.J. 1999 – Temperature dependency of early growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) and its implications for measuring developmental progress – *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 242: 201-210.
- Wexler J.B., Scholey V.P., Olson R.J., Margulies D., Nakazawa A., Suter J.M. 2003 – Tank culture of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*: developing a spawning population for research purposes – *Aquaculture* 220: 327-353.
- Wilson J.M., Castro L.F.C. 2010 – Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes – W: Grosell M., Farrell A., Brauner C.J., (red.) *Fish Physiology: The Multifunctional Gut of Fish*, Academic Press. 2010: 1–55.
- Winberg G.G. 1956 – Rate of metabolism and food requirements of fishes. *Nauchnye Trudy Belorusskovo Gosudarstvennovo Universiteta imeni V. I. Lenina, Minsk, USSR*. Translated from Russian: Fisheries Research Board of Canada, Translation Series 194, Ottawa.

- Wolnicki J. 2005 – Intensive rearing of larval stages of cyprinid fish under controlled conditions – Arch. Pol. Fish. 13: 5–87.
- Wolnicki J., Myszkowski L., Korwin-Kossakowski, Kamiński R., Stanny L.A. 2006 – Effects of different diets on juvenile tench, *Tinca tinca* (L.) reared under controlled conditions – Aquacult. Int. 14: 89-98.
- Woods H.A., Makino W., Cotner J.B., Hobbie S.E., Harrison J.F., Acharya K., Elser J.J. 2003 – Temperature and the chemical composition of poikilothermic organisms – Funct. Ecol. 17: 237-245.

## **5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych**

### **5 A. Przebieg pracy naukowo badawczej przed uzyskaniem stopnia doktora**

Studia wyższe ukończyłem w 1994 roku na wydziale Ochrony Wód i Rybactwa Śródlądowego, kierunku Rybactwo Śródlądowe, Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie (obecnie Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie). W ramach pracy magisterskiej prowadziłem badania dotyczące biochemicznej charakterystyki genetycznej jazia (*Leuciscus idus*). Wyniki pracy zostały opublikowane w czasopiśmie Komunikaty Rybackie (Załącznik 4 pkt III I 8). Bezpośrednio po zakończeniu studiów rozpocząłem pracę w Instytucie Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie. W latach 1994-1997 byłem zatrudniony na stanowisku technicznym. W 1997 roku zostałem oddelegowany na pięć miesięcy na staż naukowy do Gan Shmuel Fish Breeding Center w Izraelu. W tym czasie, dzięki współpracy z dr. Shmuelem Rothbardem i dr. Zeevem Kulikovskim znacząco poszerzyłem swoją wiedzę teoretyczną i praktyczną w zakresie biotechnik rozrodu i podchowu ryb karpiowatych w warunkach kontrolowanych. Dzięki temu po powrocie ze stażu rozpocząłem pracę naukową w Zakładzie Rybactwa Stawowego Instytutu, a 01.01.1998 r. roku powołano mnie na stanowisko asystenta. Od tego momentu moja aktywność badawcza skupiała się na czterech głównych wątkach: 1) poszerzeniu wiedzy na temat praktycznych warunków stosowania 2-fenoksyetanolu do znieczulenia ogólnego ryb karpiowatych, 2) doskonaleniu metod

podchowu w warunkach kontrolowanych wczesnych stadiów rozwojowych ryb karpiovatych oraz gatunków nowych w akwakulturze, 3) poznaniu metod sztucznego rozrodu nowych w akwakulturze gatunków ryb karpiovatych, 4) opracowaniu kompleksowej metody produkcji w warunkach kontrolowanych materiału zarybieniowego strzebli błotnej – gatunku w Polsce krytycznie zagrożonego wyginięciem dla potrzeb jej aktywnej ochrony.

W tym okresie działalności naukowej współpracowałem głównie z innymi pracownikami Zakładu Rybactwa Stawowego IRS w Żabieńcu, dr. Jackiem Wolnickim, dr. Leszkiem Myszkowskim i dr. inż. Michałem Korwin-Kossakowskim. Współpraca z tymi doświadczonymi już wówczas naukowcami pozwoliła mi stopniowo wzbogacać i doskonalić swój warsztat naukowy w zakresie podstaw działalności badawczej oraz specyfiki biologii i akwakultury ryb karpiovatych.

### **5 A 1. Badania nad zastosowaniem 2-fenoksyetanolu do znieczulenia ogólnego ryb karpiovatych**

Sztuczny rozród ryb w warunkach kontrolowanych, a także wiele innych zabiegów technicznych w akwakulturze i działalności badawczej indukuje reakcję stresową i może niekorzystnie wpływać na ryby. Powszechnie stosowanym sposobem przeciwdziałania negatywnym skutkom stresu jest zastosowanie znieczulenia ogólnego. Na przełomie wieków XX i XXI 2-fenoksyetanol był powszechnie stosowanym w polskich wylęgarniach ryb karpiovatych preparatem znieczulającym. Jednak wiedza naukowa dotycząca stosowania tego preparatu była fragmentaryczna. Podjąłem więc, wraz z grupą pracowników Zakładu Rybactwa Stawowego IRS w Żabieńcu, badania nad systematycznym poszerzeniem wiedzy na temat zasad stosowania tego preparatu do znieczulenia ryb karpiovatych. Doświadczenia prowadzono w latach 1998-2002. Dotyczyły one określenia warunków bezpiecznego i skutecznego stosowania tego anestetyku do znieczulenia różnych gatunków ryb karpiovatych. Określono też jak temperatura, wielkość, wiek i kondycja ryb wpływają na reakcję ryb na 2-fenoksyetanol. Efektem tych badań były często cytowane

publikacje naukowe (Zał. 4 pkt II A 1, D 41), a także rozdziały w monografiach (Zał. 4 pkt II D 4, D 9) artykuły popularnonaukowe (Zał. 4 pkt III I 12-13, 16-19, 22-23) i doniesienia na wielu konferencjach krajowych i jednej międzynarodowej (Zał. 4 pkt II K 1, K 3; pkt III B 3, 13-15).

## **5 A 2. Opracowanie i doskonalenie metod podchowu w warunkach kontrolowanych wczesnych stadiów rozwojowych ryb karpowatych oraz gatunków nowych w akwakulturze**

Opracowanie i doskonalenie metod wychowu materiału zarybieniowego i obsadowego różnych gatunków ryb w warunkach kontrolowanych ma kluczowe znaczenie dla dywersyfikacji produkcji akwakultury. Dlatego od początku kariery naukowej zajmowałem się badaniami poświęconymi temu zagadnieniu. Ich inicjatorem był doktor Jacek Wolnicki. Dzięki wieloletniemu kreatywnemu uczestniczeniu w tych badaniach mam znaczący wkład w opracowanie biotechniki podchowu w warunkach kontrolowanych wczesnych stadiów rozwojowych wielu gatunków ryb.

Do najważniejszych osiągnięć zaliczam:

1. przetestowanie w skali produkcyjnej metody podchowu szczupaka *Esox lucius* przeniesionej z USA na grunt europejski przez dr. Wojciecha Górniego i dr. Jacka Wolnickiego (Zał. 4 pkt III B 1);
2. współudział w opracowaniu podstaw metody podchowu larw sumy europejskiego *Silurus glanis* w warunkach kontrolowanych w skali produkcyjnej (Zał. 4 pkt II D 42, D 44; pkt III B 2, I 9);
3. udział w opracowaniu metody podchowu larw i stadiów młodocianych miętusa *Lota lota* w warunkach kontrolowanych (Zał. 4 pkt III I 15);
4. udział w udoskonalaniu metody podchowu larw i osobników młodocianych lina w warunkach kontrolowanych, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu jakości pokarmu i metod żywienia na tempo wzrostu i przeżywalność ryb (Zał. 4 pkt II A 2-3, A 6, A 8, D 5, D 13, D 15, K 9; pkt III B 17, B 21, B 25-26, B 28, I 25-26);



5. współdziałal w opracowaniu metod podchowu wczesnych stadiów rozwojowych karpowatych ryb reofilnych w warunkach kontrolowanych, będący odpowiedzią na rosnące zapotrzebowanie na materiał zarybieniowy tych gatunków ze strony Polskiego Związku Wędkarskiego i planowanego wówczas rozpoczęcia programu aktywnej ochrony certy, „Rozpoczęcie programu restytucji certy (*Vimba vimba* L.) i jesiotra ostronosego (*Acipenser oxyrhynchus* M.) w zlewni Odry i Wisły” (Zał. 4 pkt II K 8; pkt III B 18-19, B 29, I 11, I 21, I 32).

### **5 A 3. Poznanie metod wychowu stada podstawowego, sztucznego rozrodu i inkubacji ikry nowych w akwakulturze gatunków ryb karpowatych w warunkach kontrolowanych**

Ważnym nurtem moich zainteresowań badawczych w okresie przed uzyskaniem stopnia doktora były prace nad opracowaniem biologicznych podstaw metod kontrolowanego wychowu stada podstawowego, sztucznego rozrodu i inkubacji ikry nowych w akwakulturze gatunków karpowatych ryb reofilnych: brzany, certy, klenia i świnki. Dzięki tym badaniom opracowano metody przyspieszonego wychowu stad podstawowych karpowatych ryb reofilnych w warunkach kontrolowanych i określono możliwości długotrwałego utrzymywania gotowości rozrodczej u samców brzany i klenia (Zał. 4 pkt II D 10-11, K 4; pkt III B 4, B 16, B 18, B 20, B 23, B 27, I 20).

### **5 A 4. Opracowanie kompleksowej metody produkcji w warunkach kontrolowanych materiału zarybieniowego strzebli błotnej dla potrzeb jej aktywnej ochrony**

Moje zainteresowania badawcze stopniowo ewoluowały w kierunku zastosowania technik akwakultury do aktywnej ochrony gatunków ryb zagrożonych wyginięciem. W efekcie rozpocząłem wraz z dr. Jackiem Wolnickim badania nad opracowaniem metod hodowli w warunkach kontrolowanych strzebli błotnej (*Eupallasella percunurus*), gatunku krytycznie zagrożonego wyginięciem w naszym kraju, znajdującego się w grupie gatunków priorytetowych Europejskiej sieci obszarów chronionych Natura 2000. Przeprowadzone badania miały na celu

opracowanie metod sztucznego rozrodu, inkubacji ikry i podchowu stadiów larwalnych i młodocianych. Efektem tych prac były liczne publikacje (Zał. 4 pkt II A 4-5, A 7, A 9, D 7-8, D 45, K 5-6; pkt III B 5, B 7, I 28, I 30-31). Badania te stały się także podstawą mojej rozprawy doktorskiej zatytułowanej „Biotechnika produkcji materiału zarybieniowego strzebli błotnej *Eupallasella percnurus* (Pallas, 1814)” wykonanej w Zakładzie Rybactwa Stawowego IRS w Żabieńcu pod kierunkiem prof. dr. hab. Zdzisława Zakęsia. Praca ta została obroniona z wyróżnieniem.

### **5 B. Przebieg pracy naukowo badawczej po uzyskaniu stopnia doktora**

Po obronieniu pracy doktorskiej podejmowane przeze mnie przedsięwzięcia naukowe koncentrowały się na rozwijaniu dwóch głównych kierunków wcześniejszych badań, 1) rozszerzaniu metod aktywnej ochrony strzebli błotnej w Polsce i 2) doskonaleniu metod podchowu wczesnych stadiów rozwojowych ryb karpowatych w warunkach kontrolowanych. Z dniem 01.11.2006 r. zostałem powołany na stanowisko adiunkta. W 2007 roku rozpocząłem realizację nowego statutowego tematu badawczego Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie (S-001) jako kierownik projektu (Zał. 4 pkt III 2). Od tej pory funkcję tę pełnię nieprzerwanie. Niebagatelny wpływ na mój dalszy rozwój naukowy miała współpraca z prof. dr hab. Ewą Kamler. Pozwoliła mi ona na rozszerzenie swoich umiejętności i zainteresowań naukowych, szczególnie w dziedzinach bioenergetyki i wczesnego rozwoju ryb karpowatych.

#### **5 B 1. Rozszerzanie i doskonalenie metod aktywnej ochrony strzebli błotnej w Polsce**

Na podstawie prac badawczych prowadzonych z moim udziałem możliwe stało się rozpoczęcie aktywnej ochrony strzebli błotnej w Polsce. Inicjatorem i liderem tych działań pozostaje prof. dr hab. Jacek Wolnicki. Mój wkład w tę inicjatywę dotyczy jednak nadal zarówno aktywności w praktycznej realizacji działań ochronnych, jak i

poszerzania wiedzy na temat jej racjonalizacji. Główne dokonania naukowe osiągnięte z moim udziałem to:

1. określenie aktualnego stanu występowania i zagrożeń dla polskich populacji strzebli błotnej (Zał. 4 pkt II D 25, D 46, D 49, D 55, D 57-58; pkt III B 35, B 37, B 39-40, B 43, I 40-41);
2. określenie krytycznych parametrów fizycznych i chemicznych wody ograniczających jej możliwości reprodukcyjne (Zał. 4 pkt II D 54, K 14);
3. przeprowadzenie programu jej aktywnej ochrony w województwie mazowieckim i zbadaniu efektów jego realizacji (Zał. 4 pkt II D 30, D 50-51, D 56; pkt III A 2, B 45);
4. określenie warunków długotrwałego przetrzymywania stada podstawowego strzebli błotnej w warunkach kontrolowanych (Zał. 4 pkt II D 33; pkt III B 47-48);
5. zbadanie przebiegu gonadogenezy i rocznego cyklu rozrodczego w warunkach naturalnych i kontrolowanych (Zał. 4 pkt II A 20, D 53; pkt III B 42);
6. badania nasienia i możliwości jego kriokonserwacji (Zał. 4 pkt II A 16-17, D 28, D 34, D 52; pkt III B 41, B 50);
7. współudział w zapoczątkowaniu tworzenia banku genów strzebli błotnej (Zał. 4 pkt II D 37-38; pkt III B 53).

## **5 B 2. Doskonalenie metod podchowu wczesnych stadiów rozwojowych ryb karpioatych w warunkach kontrolowanych**

Podchów ryb karpioatych w warunkach kontrolowanych jest trudny, dlatego badania nad jego doskonaleniem nadal stanowią poważne wyzwanie dla naukowców. W okresie larwalnym ryby karpioate bardzo słabo przyswajają pasze suche. Podstawą ich żywienia musi być więc pokarm naturalny, na przykład larwy solowca *Artemia*. W późniejszym okresie życia kluczowym problemem okazuje się niedostosowanie dostępnych na rynku pasz przemysłowych do specyfiki trawienia pokarmu przez ryby karpioate.

Prace badawcze w których uczestniczyłem koncentrowały się głównie na optymalizacji diety ryb, metod ich żywienia i temperatury podchowu. Ich celem było

osiągnięcie w warunkach kontrolowanych możliwie najszybszego wzrostu ryb przy zachowaniu wysokiej przeżywalności oraz nienagannej jakości biologicznej. Główne osiągnięcia stanowią:

1. wykazanie możliwości i ograniczeń stosowania paszy suchej do żywienia ryb karpowatych (brzana, lin, wzdręga) w larwalnym i młodocianym okresie życia (Zał. 4 pkt II A 13, D 16, D 19, D 59, K 10; pkt III B 33);
2. znalezienie temperatury optymalnej dla wzrostu larw brzany w warunkach kontrolowanych (Zał. 4 pkt II A 15, D 26; pkt III I 44);
3. określenie zależności temperatury optymalnej dla wzrostu larw lina w warunkach kontrolowanych od różnego dobowego okresu dostępności pokarmu (Zał. 4 pkt II A 19, D 31, K 18; pkt III B 44);
4. ustalenie wpływu zasolenia wody na wzrost i przeżywalność larw ryb karpowatych w warunkach kontrolowanych (Zał. 4 pkt II D 36, K 19);
5. wykazanie związku między ujawnianiem się deformacji u młodocianych ryb karpowatych (certa, karaś pospolity, lin, wzdręga) i intensywnością ich żywienia paszami komercyjnymi (Zał. 4 pkt II A 6, D 48; pkt III B 31-32, B 34);
6. sprawdzenie możliwości zastosowania metod podchowu brzany do podchowu brzanki *Barbus carpathicus* w warunkach kontrolowanych (Zał. 4 pkt II D 24);
7. opracowanie prostej praktycznej metody wczesnego wykrywania deformacji ciała u młodocianych ryb karpowatych (Zał. 4 pkt II A 18);
8. określenie wartości młodocianych ryb karpowatych wychowanych w warunkach kontrolowanych (karaś pospolity, wzdręga) jako materiału obsadowego stawów ziemnych (Zał. 4 pkt II D 32).

