

Załącznik nr 2a

(dot.: wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego)

Autoreferat

wraz z informacjami o dorobku naukowym, aktywności popularyzującej naukę
oraz osiągnięciach dydaktycznych i organizacyjnych

Allometryczne wzorce wzrostu w badaniach wczesnej ontogenezy wybranych gatunków ryb

Krzysztof Rafał Kupren

Olsztyn, kwiecień 2016 r.

1. Dane osobowe

- Imię i nazwisko: Krzysztof Rafał Kupren
- Miejsce pracy: Katedra Turystyki, Rekreacji i Ekologii,
Wydział Nauk o Środowisku,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie ul. Oczapowskiego 5,
10-719 Olsztyn
e:mail: krzysztof.kupren@uwm.edu.pl

2. Stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania, tytuł rozprawy doktorskiej oraz posiadane dyplomy

- **tytuł zawodowy magistra inżyniera rybactwa**, specjalność biotechnologia w hodowli zwierząt, uzyskany w 2000 roku na Wydziale Ochrony Środowiska i Rybactwa Śródlądowego Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie; tytuł pracy magisterskiej: „Biotechnologia rozrodu jelca *Leuciscus leuciscus* (L.) w warunkach kontrolowanych”;
- **stopień naukowy doktora nauk rolniczych w dyscyplinie rybactwo** uzyskany w 2005 roku na Wydziale Ochrony Środowiska i Rybactwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie; tytuł rozprawy doktorskiej: „Termiczne uwarunkowania rozwoju embrionalnego ryb z rodzaju *Leuciscus*”;
- **dyplom ukończenia studiów podyplomowych „Menadżer Jakości”** uzyskany w 2014 roku na Wydziale Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- **1.10.2000 – 30.09.2005** – studia doktoranckie na Wydziale Ochrony Środowiska i Rybactwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie;
- **01.02.2006 - 31.01.2007** – asystent w Katedrze Rybactwa Jeziorowego i Rzecznego Wydziału Ochrony Środowiska i Rybactwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie;
- **01.02.2007- 10.2014** – adiunkt w Katedrze Rybactwa Jeziorowego i Rzecznego Wydziału Ochrony Środowiska i Rybactwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie;
- **1.11.2014 – do chwili obecnej** – adiunkt w Katedrze Turystyki, Rekreacji i Ekologii, Wydział Nauk o Środowisku, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.

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. nr 65, poz. 595 ze zm.)

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym będącym podstawą wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego jest cykl publikacji przedstawionych pod wspólnym tytułem:

„Allometryczne wzorce wzrostu w badaniach wczesnej ontogenezy wybranych gatunków ryb”

4.2. Lista publikacji stanowiących wskazane osiągnięcie naukowe (autorzy, rok wydania, tytuł publikacji naukowej, nazwa czasopisma, wolumin, strony; Impact Factor czasopisma w roku publikacji, liczba punktów MNiSW wg aktualnej listy czasopism z dnia 23 grudnia 2015 roku, liczba cytacji wg Web of Science)

a) Kupren, K., Rams I, Żarski, D., Kucharczyk, D. 2016. Early development and allometric growth patterns of rheophilic cyprinid common dace *Leuciscus leuciscus* (Cyprinidae: Leuciscinae). Ichthyological Research. DOI 10.1007/s10228-016-0508-9.

IF₂₀₁₅=0,810; MNiSW₂₀₁₅=15 pkt; cytowania WoS=0

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu pomysłu i koncepcji badań; nadzorze i współdziale nad częścią doświadczalną (rozmród i podchów ryb), wykonaniu dokumentacji fotograficznej, opracowaniu danych, ich analizie statystycznej oraz przygotowaniu wykresów/tabel, napisaniu całości tekstu, przeprowadzeniu manuskryptu przez korektę po recenzjach. Wnioskodawca jest również autorem korespondencyjnym publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

b) Kupren, K., Nowosad, J., Żarski, D., Targońska, K., Hakuć-Błażowska, A., Kucharczyk, D. 2015. Early development and allometric growth in laboratory-reared European Chub *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 15: 391-398. doi: 10.4194/1303-2712-v15_2_24

IF₂₀₁₅=0,566; MNiSW₂₀₁₅=15 pkt; cytowania WoS=0

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu pomysłu i koncepcji badań; nadzorze i współdziale nad częścią doświadczalną (rozmród i podchów ryb), wykonaniu dokumentacji fotograficznej, opracowaniu danych, ich analizie statystycznej oraz przygotowaniu wykresów/tabel, napisaniu całości tekstu, przeprowadzeniu manuskryptu

przez korektę po recenzjach. Wnioskodawca jest również autorem korespondencyjnym publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

c) Kupren, K., Zarski, D., Kucharczyk, D. 2015. Early development and allometric growth patterns in ide *Leuciscus idus* (Linnaeus 1758). Journal of Applied Ichthyology, 31(3): 509-517. doi: 10.1111/jai.12747.

IF₂₀₁₅=0,867; MNiSW₂₀₁₅=20 pkt; cytowania WoS=1

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu pomysłu i koncepcji badań; nadzorze nad częścią doświadczalną (rozmród i podchów ryb), współudziale w wykonaniu dokumentacji fotograficznej, opracowaniu danych, ich analizie statystycznej oraz przygotowaniu wykresów/tabel, napisaniu całości tekstu, przeprowadzeniu manuskryptu przez korektę po recenzjach. Wnioskodawca jest również autorem korespondencyjnym publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

d) Kupren, K., Prusińska, M., Żarski, D., Krejszeff, S., Kucharczyk, D. 2014. Early development and allometric growth in *Nannacara anomala* Regan, 1905 (Perciformes: Cichlidae) under laboratory conditions. Neotropical Ichthyology, 12(3): 659-665. doi: 10.1590/1982-0224-20130104.

IF₂₀₁₄=0,802; MNiSW₂₀₁₄=25 pkt; cytowania WoS=3

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu pomysłu i koncepcji badań; nadzorze i współudziale nad częścią doświadczalną (rozmród i podchów ryb), współudziale w wykonaniu dokumentacji fotograficznej, opracowaniu danych, ich analizie statystycznej oraz przygotowaniu wykresów/tabel, napisaniu całości tekstu, przeprowadzeniu manuskryptu przez korektę po recenzjach. Wnioskodawca jest również autorem korespondencyjnym publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

e) Kupren, K., Trąbska, I., Żarski, D., Krejszeff, S., Palińska-Żarska, K., Kucharczyk, D. 2014. Early development and allometric growth patterns in burbot *Lota lota* L. Aquaculture International, 22: 29-39. doi: 10.1007/s10499-013-9680-3.

IF₂₀₁₄=0,984; MNiSW₂₀₁₄=20 pkt; cytowania WoS=4

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu pomysłu i koncepcji badań; nadzorze i współudziale nad częścią doświadczalną (rozmród i podchów ryb), współudziale w wykonaniu dokumentacji fotograficznej, opracowaniu danych, ich analizie statystycznej oraz przygotowaniu wykresów/tabel, napisaniu całości tekstu, przeprowadzeniu manuskryptu przez korektę po recenzjach. Wnioskodawca jest również autorem korespondencyjnym publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

Oświadczenia współautorów określające ich indywidualny wkład w powstanie poszczególnych publikacji zamieszczono w Załączniku nr 4.

4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

4.3.a Omówienie problemu badawczego

Większość autorów akceptuje podział ontogenezy ryb na 5 okresów: embrionalny, larwalny, narybkowy, dorosły i starzenia się, jednakże charakterystyczne i „decydujące” symptomy rozdzielające poszczególne etapy są nieco odmienne w zależności od używanej terminologii (np. Rass, 1946; Balon, 1971; Lange i in., 1972; Snyder, 1976; Ahlström i in., 1976; Kendall i in. 1984; Balon, 1990; Peñaż, 2001; Urho, 2002). Istniejące rozbieżności nie są do końca oczywiste. Z jednej strony wynikają z tego, że oparto je na różnych cechach morfologicznych bądź funkcjonalnych, z drugiej są efektem stosowania ich u niewłaściwych gatunków (tzn. innych niż dla tych, którym były pierwotnie przeznaczone). Najlepszym przykładem istniejącego „bałaganu” w nomenklaturze jest fakt zamiennego stosowania przez różnych badaczy takich pojęć jak: stadium, okres czy faza rozwoju. Niespójności w największym stopniu dotyczą najwcześniejszych etapów życia. Takie pojęcia jak okres larwalny czy też larwa w literaturze przedmiotu są nieco odmienne rozumiane. Przykładowo organizm w okresie pomiędzy wykluciem, a momentem w którym następuje finalizacja resorpcji woreczka żółtkowego, podczas którego ryba osiąga poziom rozwoju umożliwiający na swobodne pływanie i zdobywanie pokarmu, określany jest jako larwa z woreczkiem żółtkowym (yolk sac larva) (Kendall i in., 1984), wolnopływający embryon (free embryo) (Balon, 1990; Peñaż i in., 2001) czy prolarwa (Hubbs, 1943). Brak powszechnie akceptowanych stadiów rozwojowych bardzo często utrudnia komunikację i porównywanie niezależnych wyników. W ostatnich latach pojawiły się co prawda próby ujednoczenia nomenklatury (Snyder i in., 2005; Korwin-Kossakowski 2008) jednak póki co, jak się wydaje głównie z powodu silnych przyzwyczajęń, nie zyskały one szerszej akceptacji.

Podobne lub nawet większe niejasności można napotkać również, gdy próbuje się określić dokładnie moment rozgraniczający okres larwalny i narybkowy. Dzieje się tak z powodu braku szczegółowych informacji dotyczących rozwoju larwalnego i narybkowego dużej części gatunków (Copp i Kováč, 1996; Urho, 2002). W literaturze, w której autorzy określają zawansowanie rozwojowe organizmu, moment zakończenia rozwoju w larwalnego opiera się najczęściej na pojedynczych, łatwych do zaobserwowania atrybutach morfologicznych. Są nimi najczęściej zanik fałdu embrionalnego czy też pojawienie się

pełnego, charakterystycznego dla gatunku zestawu promieni w płetwach (Kendall i in. 1984; Gozlan i in. 1999a; b; Urho, 2002). Jednak oznak sygnalizujących postępującą metamorfozę, rozumianą jako serię zmian w ontogenezie nakierowanych na przystosowanie się młodego organizmu do nowych warunków życia (Kendal et al., 1984; Urho, 2002) oraz tych wskazujących na jej zakończenie jest dużo więcej. Poza atrybutami morfologicznymi mogą to być zmiany fizjologiczne, ekologiczne czy też behawioralne i nawet dzisiaj nie jest ustalone które z nich są decydujące (Copp i in., 1999; Peñáz, 2001; Snyder i in., 2005; Urho, 2002). W związku z trudnościami w jednoznacznym określeniu atrybutów rozgraniczających okresy rozwoju w ostatnich latach coraz częściej podejmuje się w tym względzie wysiłki stosowania podejść o charakterze bardziej holistycznym. Dokumentując możliwie wiele oznak i aspektów metamorfozy przybliżamy się bowiem do pełniejszego określenia definicji życia larwalnego w stosunku do tego co zawierają „theory of saltatory ontogeny” i „life-history model” (Balon, 1986; 1990; 1999).

Z perspektywy strukturalnej i funkcjonalnej jakie pełni organizm, morfogeneza wiąże się ze zmianami kształtu ciała, którym towarzyszą nagłe lub stopniowe zmiany wielu cech morfologicznych. Z ekologicznego punktu widzenia jej najbardziej znaczącym aspektem jest zmiana niszy, kiedy to larwy zmieniają swój status troficzny i siedliskowy (Urho, 2002). Rozwój ten regulowany ekspresją genów oraz wpływem środowiska przejawia się różnymi fenotypami o zróżnicowanych tempach wzrostu, określanymi pojęciem allometrii (van Snick i in., 1997; Gisbert i in., 2014). Punkty w których tempo wzrostu poszczególnych części ciała ulega zmianie (punkty przełamania/inflexion points) mogą być cennym wskaźnikiem zmian ekologicznych i tym samym przyczyniać się do określenia przejść między okresami ontogenezy (Khemis i in., 2014; Gisbert i in., 2014).

Należy w tym miejscu podkreślić, że kompleksowe analizy, zawierające allometryczne wzorce wzrostu, dotyczące najwcześniejszych etapów ontogenezy ryb do chwili obecnej objęły stosunkowo niewielką grupę gatunków. Powodem takiego stanu rzeczy są bez wątpienia pracochłonność i trudność ich wykonania wynikająca głównie z tego, że obiektem badań są najmniejsze i najdelikatniejsze formy kręgowców.

4.3.b Cel naukowy osiągnięcia oraz wyniki badań wraz z omówieniem ich wykorzystania

Główną ideą przyświecającą wnioskodawcy przy planowaniu badań przedstawionych w pięciu pracach stanowiących opisywane osiągnięcie naukowe była chęć zrozumienia wielkościowo zależnych przystosowań jako wskaźników priorytetów podczas wczesnego rozwoju i tym samym zapewnienie wglądu w biologię, zachowania i ekologię gatunków ryb, u których ten etap życia był stosunkowo słabo zbadany. Wybrane do badań gatunki tj. miętus *Lota lota* L., akarka paskowana *Nannacara anomala* Regan, 1905, jelec *Leuciscus leuciscus* (L.), jaź *Leuciscus idus* (L.) oraz kleń *Leuciscus cephalus* (L.) różni wiele aspektów biologii, w tym istotne z punktu widzenia tematu niniejszego opracowania strategie zachowawcze podczas okresu larwalnego. Za element łączący można uznać środowisko życia, którym są wody płynące.

Aby zrealizować postawiony cel, podjęto próbę wielowymiarowej analizy rozwoju larwalnego wybranych gatunków, której podstawę stanowiło ustalenie wzorców wzrostu wybranych części ciała związanych z odżywianiem i poruszaniem się. Analizę zmian kształtów ciała wsparto badaniem przebiegu rozwoju morfologicznego (tj. ustaleniem kolejności stadiów rozwojowych, określeniem długości ciała na poszczególnych etapach rozwoju) oraz sposobu zachowania się ryb. Dodatkowo sprawdzono czy funkcjonujące w literaturze terminologie opisujące rozwój larwalny są właściwe dla opisu rozwoju badanych gatunków. Uzyskane wyniki i na ich podstawie sformułowane wnioski, oprócz uzupełnienia wiedzy dotyczącej wczesnego rozwoju tych gatunków, dałyby możliwość odniesienia się do istniejących w literaturze wzorców wzrostu umożliwiając osiągnięcie pełniejszego obrazu priorytetów podczas wczesnego rozwoju ryb.

Materiały i metody

W przypadku wszystkich przeprowadzonych eksperymentów przedmiotem badań były wyklute osobniki uzyskane w wyniku zastosowania różnorodnych technik kontrolowanego rozrodu. Podchowevano je w zbiornikach pracujących w zamkniętym systemie obiegu wody, zapewniając możliwie optymalne i stabilne dla danego gatunku warunki środowiskowe. Ryby do analiz pobierano w regularnych odstępach czasu do jednoznacznego momentu zaniku morfologicznych cech larwalnych (zanik fałdu płetwowego). Po wcześniejszym uśpieniu ryby umieszczano pod mikroskopem stereoskopowym i za pomocą kamery cyfrowej wykonywano serię zdjęć o zróżnicowanym powiększeniu. Po wykonaniu dokumentacji fotograficznej ryby konserwowano dla potrzeb dalszych szczegółowych obserwacji. Każde zarchiwizowane zdjęcie było następnie

analizowane przy zastosowaniu systemu analizy obrazu (ProgRes_CapturePro 2.5, Olympus DP-Soft). Bazując na istotnych z punktu widzenia różnych terminologii wczesnego rozwoju kryteriach morfologicznych tj. kluczowych, łatwo rozróżnialnych stadiach rozwojowych (charakterystycznych momentach rozwoju), takich jak przykładowo moment otwarcia pyska, rozpoczęcie i zakończenie procesu zaginania końcowego odcinka struny grzbietowej, pojawienie się promieni w płetwach czy też zanik fałdu embrionalnego, rozgraniczono poszczególne fazy życia larwalnego. Kryteria morfologiczne (takie same dla wszystkich badanych gatunków) zostały dodatkowo wsparte przez opisanie zachowań ryb oraz wskaźniki allometryczne wybranych części ciała związanych z odżywianiem i poruszaniem się (Gisbert i in., 2002; Khemis i in. 2013). Wzrost allometryczny każdej z badanych długości i ewentualnie masy ciała-określono za pomocą funkcji potęgowej $Y = ax^b$ (Fuiman, 1983), gdzie y jest zmienną zależną (mierzona cecha), x zmienną niezależną (TL), a b współczynnikiem wzrostu. W przypadku gdy $b=1$ mamy do czynienia ze wzrostem izometrycznym badanej długości (w przypadku masy $b=3$). W sytuacji gdy współczynnik b jest $>$ lub $<$ od 1 mamy do czynienia odpowiednio z pozytywnym lub negatywnym wzrostem allometrycznym. Poza tym z godnie z metodyką przedstawioną w pracy van Snik i in. (1997) wyznaczono punkty, w których wskaźniki wzrostu uległy zmianie (punkty przełamania/inflexion points).

Wyniki i dyskusja

Trzy chronologicznie najmłodsze prace zaliczone w skład osiągnięcia naukowego poświęcone zostały 3 krajowym gatunkom karpiowatych ryb reofilnych tj. jelicowi, kleniowi i jaziowi (**pozycja 4.2 a-c: Kupren, K., Rams I, Żarski, D., Kucharczyk, D. 2016. Early development and allometric growth patterns of rheophilic cyprinid common dace *Leuciscus leuciscus* (Cyprinidae: Leuciscinae), Kupren, K., Nowosad, J., Żarski, D., Targońska, K., Hakuć-Błazowska, A., Kucharczyk, D. 2015. Early development and allometric growth in laboratory-reared European Chub *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758), Kupren, K., Zarski, D., Kucharczyk, D. 2015. Early development and allometric growth patterns in ide *Leuciscus idus* (Linnaeus 1758)**). Podjęte badania dotyczące okresu larwalnego tych gatunków stanowiły kontynuację i niejako uzupełnienie badań z początków mojej pracy naukowej, którym poświęciłem rozprawę doktorską, a w których doszukiwałem się podobieństw w różnych aspektach okresu embrionalnego tych gatunków. Do niedawna były to gatunki uważane za blisko spokrewnione i zaliczane je do

jednego rodzaju. W ostatnich latach pojawiają się jednak głosy podważające tak bliskie pokrewieństwo klenia z pozostałymi dwoma gatunkami (Kottelat i Freyhof, 2007; Boroń i in., 2009). Pomimo istniejących dylematów taksonomicznych są to gatunki, które w trakcie trwania rozwoju larwalnego i narybkowego charakteryzują się zbliżoną morfologią oraz wykazują podobne preferencje względem miejsca występowania. Istotnymi cechami, które umożliwiają w tym okresie życia odróżnienie tych gatunków od siebie jest różny poziom zaawansowania rozwojowego w momencie wyklucia oraz odmienny sposób zachowania się podczas pierwszych dni życia (Kupren, i in. 2008; 2011). Najmniejsze rozmiary i najniższy stopień rozwoju klenia miały odzwierciedlanie w wyższych wartościach współczynników wzrostu większości analizowanych części ciała, a szczególnie głowy i ogona, niż dało się to zaobserwować w przypadku jazia i jelca. Pomimo tych różnic tendencje zmian i charakter wzrostu były u wszystkich trzech gatunków identyczne. Podobnie jak w przypadku większości przebadanych do tej pory gatunków (Osse i van den Boogart, 2004) zauważono, że priorytet wzrostu mający swoje odzwierciedlenie w wyraźnym dodatnim wzroście allometrycznym dotyczy części głowowej i ogonowej. Jest to związane bez wątpienia z potrzebą uzyskania umiejętności pozyskania pokarmu (rozwój systemu nerwowego, pokarmowego i oddechowego) oraz pływania (rozwój mięśni, płetw oraz trzonu ogonowego). Zaobserwowane wzorce wzrostu części głowowej i ogonowej oraz te charakteryzujące wygrzbiecienie tułowia można powiązać również z potrzebą uzyskania opływowego wrzecionowatego kształtu ciała, który pozwala ograniczyć opory wody, a który początkowo zapewnia fałd embrionalny. Podobna tendencja zmian występuje u gatunków, których przetrwanie zależy od dobrych zdolności pływackich (Koumoundouros i in., 1999; Peña i Dumas, 2009). U larw mniej aktywnych, przebywających na dnie lub dryfujących w toni zmiany w proporcjach ciała pozwalające na redukcję oporu wody również występują lecz są zwykle mniej intensywne (Gisbert, 1999; Gisbert et al., 2002; 2014; Gisbert i Doroshov, 2006). U wszystkich trzech badanych gatunków ryb karpiowatych zaobserwowano również, że redukcja wzrostu badanych części ciała nastąpiła stosunkowo późno, wyraźnie po rozpoczęciu procesu fleksji notochordu i była obserwowana w szerokim zakresie długości ciała (była również wyraźnie rozciągnięta w czasie). Wydaje się to być specyficzne dla gatunków które w czasie swojego rozwoju nie przechodzą gwałtownych zmian w zachowaniu i zajmowanym siedlisku. Moment zaniku fałdu embrionalnego, uważanego za jeden ze sygnałów rozpoczęcia okresu narybkowego nastąpił zarówno u jelca, jazia jak i klenia przy zbliżonej długości ciała zawierającej się pomiędzy 20 a 21 mm długości całkowitej. Do tego

momentu wzrost allometryczny badanych części ciała został wyraźnie zredukowany, choć nie we wszystkich przypadkach osiągnął pełną izometrię.

W przypadku tych trzech gatunków do opisu przebiegu rozwoju wykorzystano system opracowanym przez Penaz'a (1983; 2001), który to okazał się odpowiedni dla określenia poszczególnych okresów, faz i stadiów rozwojowych wczesnej ontogenezy, potwierdzając tym samym stosunkowo jednolity schemat rozwoju gatunków karpiowatych.

Nowe informacje odnośnie priorytetów wzrostu podczas wczesnej ontogenezy wnosi również praca poświęcona niewielkiej pielęgnicy substratowej – pielęgnicze paskowanej *Nannacara anomala* (pozycja 4.2d; Kupren, K., Prusińska, M., Żarski, D., Krejszeff, S., Kucharczyk, D. 2014. **Early development and allometric growth in *Nannacara anomala* Regan, 1905 (Perciformes: Cichlidae) under laboratory conditions**). Jest to gatunek naturalnie występujący w rzekach Ameryki Południowej o specyficznej, zupełnie odmiennej strategii rozrodczej niż obserwowana u pozostałych, omawianych tu ryb. Samica składa stosunkowo niewielką porcję jaj (ok. 300 szt.) i przez znaczną część rozwoju larwalnego strzeże swoje potomstwo. W przypadku tego gatunku zaobserwowano, że większość najważniejszych zmian rozwojowych nastąpiło w krótkim czasie od wyklucia, podczas trwania odżywiania endogennego. Na koniec tego okresu tj. ok 4 dnia po opuszczeniu osłonek jajowych młode pielęgnice były zdolne do samodzielnego pływania i skutecznego pobierania pokarmu egzogennego. Tak szybki rozwój miał swoje odzwierciedlenie w tempie wzrostu poszczególnych części ciała. Początkowe parametry wzrostu niemal wszystkich badanych segmentów, poza odcinkiem brzuszny, wykazywały silną dodatnią allometrię, by niemal jednocześnie w bardzo wąskim zakresie długości całkowitej (4.03 - 4.84 mm) istotnie obniżyć swoją dynamikę. Również pojawienie się morfologicznych cech kojarzonych z początkiem okresu larwalnego nastąpiło bardzo szybko u tego gatunku. Osiemnastodniowe osobniki o średniej długości całkowitej ciała wynoszącej 9.60 mm miały wykształcone wszystkie płetwy i proporcje ciała zbliżone do osobników dorosłych (poza nieco mniejszą wysokością ciała szczególnie na granicy odcinka tułowiowego i ogonowego). Tak szybki rozwój można bez wątpliwości powiązać ze sposobem życia, w którym bardzo istotny jest moment zaprzestania opieki rodzicielskiej, zmuszający larwy do usamodzielnienia się.

W przypadku tego gatunku wystąpiły trudności w opisie poszczególnych faz rozwoju larwalnego za pomocą funkcjonujących nomenklatur wczesnego rozwoju. Wynikła to z tego, iż w przypadku tej grupy ryb (pielęgnice substratowe) kluczowe stadium rozwoju – moment zagięcia urostylu, występuje dużo wcześniej niż w przypadku gatunków należących do

pozostałych grup rozrodczych (Balon, 1975) tj. wyraźnie przed końcem resorpcji woreczka. W przypadku akarki ten charakterystyczny moment rozwoju stwierdzono już w momencie wyklucia, a pojawienie się pierwszych promieni w płetwie ogonowej zaobserwowano już na początku kolejnego dnia życia.

Dopełnienie dzieła stanowi doniesienie dotyczące rozwoju larwalnego miętusa *Lota lota* L. – jedyne słodkowodnego reprezentanta rodziny dorszowatych (**pozycja 4.2e; Kupren, K., Trąbska, I., Żarski, D., Krejszeff, S., Palińska-Żarska, K., Kucharczyk, D. 2014. Early development and allometric growth patterns in burbot *Lota lota* L.**). Gatunku zagrożonego wyginięciem, a jednocześnie obiecującego kandydata dla produkcji akwakulturowej. Na podstawie wyników trwającego 50 dni podchowu stwierdzono, że wczesny rozwój miętusa (kolejność poszczególnych stadiów rozwojowych) przebiega analogicznie jak w przypadku innych gatunków dorszowatych, a sekwencja najbardziej istotnych zmian zarówno morfologicznych jak i tych związanych z zachowaniami jest zbieżna z obserwacjami poczynionymi u osobników żyjących w warunkach naturalnych. Dla opisu poszczególnych faz życia larwalnego zastosowano jedną z najpopularniejszych terminologii wczesnego rozwoju zaproponowaną przez Alhstroma i in. (1976), a opartą na procesie zaginania się notochordu u ryb. W oparciu o te cechy wyróżniono 4 następujące po sobie etapy larwalne: yolk sac larva (larwa z woreczkiem żółtkowym) - pomiędzy 0, a 8 dniem po wykluciu (3.92–4.37 mm długości całkowitej); preflexion larva (larwa przed rozpoczęciem zaginania notochordu) - pomiędzy 9, a 26 dniem po wykluciu (4.57–12.06 mm TL); flexion larva (larwa w okresie zaginania notochordu) - 28–34 dzień po wykluciu (14.00–16.34 mm TL) oraz postflexion larva/juvenile (larwa/narybek z zakończonym procesem zaginania notochordu) 36–50 dzień po wykluciu (18.20–29.27 mm TL). Na podstawie poczynionych obserwacji wskazano, że charakterystycznym elementem rozwoju miętusa nie jest następowanie zaginania notochordu (notochord flexion) jak to się obserwuje w przypadku zdecydowanej większości gatunków kostnoszkieletowych lecz jego skrócenie i zastąpienie promieniami w płetwie ogonowej. Poza tym wykazano, że organogeneza i różnicowanie larw miętusa były szybsze i bardziej kompleksowe podczas trwania dwóch pierwszych etapów rozwoju larwalnego, gdy larwy rozwijały większość systemów związanych z odbieraniem bodźców, pobieraniem pokarmu, oddychaniem i pływaniem oraz po degradacji notochordu, kiedy to większość morfologicznych zmian związana była ze stopniową transformacją pelagicznej larwy do prowadzącego przydenny sposób życia narybkowi. Należy również podkreślić, że wszystkie znaczące i raptowne zmiany proporcji ciała dotyczyły głównie

odcinka głowowego. Pozostałe części ciała wykazywały wzrost jednofazowy. Brak punktów przełamania między 11.76 mm, a 25.10 mm długości całkowitej (tj. pomiędzy 24, a 44 dniem rozwoju) oraz prawie izometryczny wzrost większości pozostałych części ciała podczas tego okresu najprawdopodobniej odzwierciedla długo trwający pelagiczny okres życia oraz rozciągnięty w czasie okres transformacji (pomiędzy okresem larwalnym, a narybkowym) związany z ze stopniową zmianą zajmowanego siedliska.

Bardzo ciekawym zjawiskiem, który zaobserwowano u miętusa podczas wczesnych etapów życia był nietypowy wzorzec wzrostu odcinka ogonowego, który charakteryzował się jednofazowym niemal izometrycznym wzrostem podczas całego okresu obserwacji. U większości innych gatunków, także tych omówionych uprzednio, wczesny etapy życia charakteryzują się szybkim rozwojem tej części ciała (pozytywny wzrost allometryczny. Jest to związane z potrzebą szybkiego uzyskania umiejętności pływania, które warunkuje przeżycie (umożliwia ucieczkę przed drapieżnikami oraz zdobywanie pokarmu). Niemal izometryczny lub negatywnie allometryczny wzrost mogą wskazywać na to, że funkcje tego odcinka są dobrze rozwinięte już na początku życia larwalnego i wraz z innymi przystosowaniami w budowie ciała (np. kroplą tłuszczu w woreczku żółtkowym zapewniającą wyporność) umożliwiają dobrą pływalność wyklutym osobnikom, które przez większy okres życia larwalnego przebywają w toni wody (Ryder i Pesendorfer, 1992; Ghan i Sprules, 1993; Donner i Eckermann, 2011).

Podsumowanie

Intensywna morfogeneza występująca podczas wczesnych stadiów życia larw badanych gatunków miała odzwierciedlenie w zróżnicowanych wzorcach wzrostu poszczególnych części ciała. W momencie wyklucia systemy funkcjonalne badanych gatunków były w większości nie wykształcone. Podobnie z resztą jak u większości innych ryb kostnoszkieletowych (van Snik i in., 1997; Gisbert, 1999; Osse i van den Boogart, 2004; Khemis i in., 2014). Wyzwania przed którymi stają ryby podczas wczesnych etapów życia są szczególnie trudne, ponieważ ich relatywnie małe rozmiary ograniczają możliwość unikania drapieżników, chwytania zdobyczy czy przetrzymywania okresu głodu. By temu zapobiec ich systemy funkcjonalne muszą się rozwijać w tempie dopasowanym do ich specyficznych potrzeb (Gisbert, 1999). U badanych gatunków podobnie jak u większości innych kostnoszkieletowych proces wczesnego przeobrażania wiązał się z pozytywną allometrią wielu cech morfologicznych. U starszych larw i u narybku (stadiów juvenilnych) ich

współczynniki wzrostu zbliżały się do 1. Ta zmiana ku izometrii obserwowana szczególnie w przedniej i tylnych regionach ciała uważana jest za naturalną zmianę w priorytetach wzrostu, ponieważ podstawowe funkcje, takie jak pobieranie pokarmu i pływanie zostały zrealizowane w okresie wczesnego rozwoju (Fuiman 1983). Różnice pomiędzy badanymi gatunkami w obserwowanych zmianach rozwojowych można przypisać ich genetycznie zdeterminowanym cechom biologicznym przejawiającym się między innymi w zróżnicowanym stopniu zaawansowania rozwojowego po wykluciu, zróżnicowanym zachwianiu, odmiennym sposobie pobierania pokarmu czy różnym wymaganiom ekologicznym larw.

Analiza wzorców wzrostu w połączeniu z obserwowanymi zmianami morfologicznymi i behawioralnymi dostarczą cennych informacji o zmianach w wymaganiach funkcjonalnych podczas ontogenezy. Modele te mogą być przydatne zarówno dla badań porównawczych przebiegu rozwoju pomiędzy gatunkami, a także dla zastosowań akwakulturowych poprzez wyznaczenie optymalnych i charakterystycznych w danych warunkach wzorców wzrostu poszczególnych gatunków, umożliwiając jednocześnie określenie jakości larw. Poza tym mogą przyczynić się do poprawy wyników hodowlanych poprzez możliwość lepszego dopasowania warunków podchowowych dla specyficznych wymagań poszczególnych stadiów rozwojowych.

4.3c. Literatura

1. Ahlström, E.H., Butler, J.L., Sumida, B.Y., 1976: Pelagic stromateoid fishes (Pisces, Perciformes) of the eastern Pacific: kinds, distributions, and early life histories and observations on five of these from northwest Atlantic. *Bull. Mar. Sci.*, 26: 285–402.
2. Balon, E.K. 1971: The intervals of early fish development and their terminology. *Věst. âesk. Spol. Zool.*, 35: 1–8.
3. Balon, E.K. 1975b. Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32: 821–864.
4. Balon, E.K. 1986: Saltatory ontogeny and evolution. *Riv. Biol. – Biol. Forum*, 79(2): 151–190.
5. Balon, E.K. 1990: Epigenesis of an epigeneticist: the development of some alternative concepts on the early ontogeny and evolution of fishes. *Guelph Ichthyol. Rev.*, 1: 1–42.
6. Balon, E.K. 1999: Alternative ways to become a juvenile or a definitive phenotype (and some persisting linguistic offenses). *Environ. Biol. Fish.*, 56: 17–38.
7. Boroń, A., Porycka, K., Ito, D., Abe, S., Kirtiklis, L. 2009. Comparative molecular cytogenetic analysis of three *Leuciscus* species (Pisces, Cyprinidae) using chromosome banding and FISH with rDNA. *Genetica* 135: 199–207.
8. Copp, G.H., Kovač, V., 1996. When do fish with indirect development become juveniles? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53: 746–752.

9. Copp, G.H., Kováč, V. & Hensel, K. 1999. When do fishes become juveniles – beyond metamorphosis to juvenile development. *Developments in the Environmental Biology of Fishes*, vol. 19, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 289 pp.
10. Donner, M.T., Eckmann, R. 2011. Diel vertical migration of larval and early-juvenile burbot optimizes survival and growth in a deep, pre-alpine lake. *Freshw. Biol.* 56:916–925.
11. Fuiman, L.A., 1983. Growth gradients in fish larvae. *J. Fish Biol.*, 23: 117–123.
12. Ghan, D., Sprules, W.G 1993. Diet, prey selection, and growth of larval and juvenile burbot *Lota lota* (L.). *J Fish Biol* 42:47–64
13. Gilbert, S.F., Bolker J.A. 2003. Ecological developmental biology:preface to the symposium. *Evol Dev* 5:3–8
14. Gisbert, E., 1999. Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance. *J. Fish Biol.* 54: 852–862.
15. Gisbert, E., Merino, G.E., Mugeut, J.B., Bush, D., Piedrahita, R.H., Conklin, D.E. 2002. Morphological development and allometric growth patterns in hatchery-reared California halibut larvae. *J. Fish Biol.* 61: 1217–1229.
16. Gisbert, E., Doroshov, S I. 2006. Allometric growth in green sturgeon larvae. *J. Appl. Ichthyol.* 22, 202–207.
17. Gisbert, E, Asgari, R., Rafiee. Gh., Agh, N., Eagderi, S., Eshaghzadeh, H., Alcaraz, C. 2014. Early development and allometric growth patterns of beluga *Huso huso* (Linnaeus, 1758). *J Appl Ichtyol* 30:1264–1272
18. Gozlan, R.E., Copp, G.H.; Tourenq, J.N. 1999a. Early development of the sofie, *Chondrostoma toxostoma*. *Environ. Biol. Fishes* 56: 67–77.
19. Gozlan, R.E., Copp, G.H.; Tourenq, J.N. 1999b. Comparison of growth plasticity in the laboratory and field, and implications for the onset of juvenile development in sofie, *Chondrostoma toxostoma*. *Environ. Biol. Fish.*, 56: 153–165.
20. Hubbs, C.L., 1943. Terminology of early stages of fishes. *Copeia*, 1943, 4: 260.
21. Kendall, A.W. Jr., Ahlström., E.H., Moser, H.G., 1984: Early life history stages of fishes and their characters. In: Moser, H.G., Richards, W.J., Cohen, D.M., Fahay, M.P., Kendall, A.W.Jr. & Richardson, S.L.(eds), *Ontogeny and Systematics of Fishes*. (Based on an International Symposium dedicated to the memory of Albert Halvor Ahlström. The Symposium was held on August 15–18, 1983, La Jolla, California). *American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication, USA 1984, no.1: 11–22*
22. Khemis, B.I., Gisbert, E., Alcaraz, C., Zouiten, D., Besbes, R., Zouiten, A., Masmoudi, A.S., Cahu, C. 2013. Allometric growth patterns and development in larvae and juveniles of thick-lipped grey mullet *Chelon labrosus* reared in mesocosm conditions. *Aquac. Res.* 44: 1872–1888
23. Korwin-Kossakowski, M. 2008. The influence of temperature during the embryonic period on larval growth and development in carp, *Cyprinus carpio* L., and grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.): theoretical and practical aspects. *Arch Pol Fish* 16:231–314
24. Kottelat, M., Freyhof, J. 2007. *Handbook of European freshwater fishes*. Publications Kottelat, Cornol.
25. Koumoundouros, G., Divanach, P., Kentouri, M. 1999. Ontogeny and allometric plasticity of *Dentex dentex* (Osteichthyes: sparidae) in rearing conditions. *Mar. Biol.* 135, 561–572.
26. Kupren, K, Mamcarz A, Kucharczyk, D, Prusińska, M. 2008. Changes in morphometric parameters in selected early stages of three fish species from the genus *Leuciscus* (Teleostei, Cyprinidae). *Arch. Pol. Fish.* 16:421–436.
27. Kupren, K, Mamcarz, A, Kucharczyk, D. 2011. Effect of variable and constant thermal conditions on embryonic and early larval development of fish from the genus *Leuciscus* (Cyprinidae, Teleostei). *Czech. J. Anim. Sci.* 56:70–80
28. Lange, N., Dmitrieva, E.N., Smirnova, E.N., 1972. Methods of studying the morphological and ecological peculiarities of fish development during the embryonic, larval and juvenile periods. In: *Methods of Investigating the Productivity of Fish Species Within Their Areas*. Proceedings of the II Conference on the Studies of the Biology and Fisheries of Fishes Within the Area,

- Vilnius, 4–6 October, 1972. Academy of Sciences of the Lithuanian SSR, Institute of Zoology and Parasitology, Vilnius 1972: 140–148.
29. Osse, J.W.M., van den Boogaart, J.G.M. 2004. Allometric growth in fish larvae: timing and function. In: Govoni J (ed) The development of form and function in fishes and the question of larval adaptation., American Fisheries Society Symposium, Bethesda, pp 167–194
 30. Peña, R., Dumas, S. 2009. Development and allometric growth patterns during early larval stages of the spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: Serranidae). *Sci Mar*, 73S1:183–189
 31. Peňáz, M., Prokeš, M., Kouril, J., Hamačkova, J. 1983. Early development of the carp, *Cyprinus carpio*. *Acta Sci. Natur. Brno* 17:1–39
 32. Peňáz, M. 2001. A general framework of fish ontogeny: a review of the ongoing debate. *Folia Zool.*, 50(4): 241–256.
 33. Rass, T.S. 1946. Phases and stages in the ontogenesis of teleostean fishes. *Zool. Zhurnal*, 25: 137–148 (in Russian, with a summary in English).
 34. Ryder, R.A., Pesendorfer, J. 1992. Food, growth, habitat, and community interactions of young-of-the-year burbot, *Lota lota* L., in a Precambrian shield lake. *Hydrobiologia* 243/244:211–227
 35. Snyder, D.E. 1976. Terminologies for intervals of larval fish development. In: Boreman, J. (ed.), Great Lakes Fish Egg and Larvae Identification. Proceedings of a Workshop, National Power Team, Ann. Arbor.: 41–58.
 36. Snyder, D.E., Bestgen, K.R., Seal, S.C. 2005. Native cypriniform fish larvae of the Gila River Basin – morphological descriptions, comparisons, and computer-interactive keys. Final report of Colorado State University Larval Fish Laboratory to U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, Phoenix, Arizona. Available at: [ftp://ftp.cnr.colostate.edu/pub/lfl/pdf-doc , select distribution file Snyder et al. 2005-Gila Guide Final Report-r.pdf](ftp://ftp.cnr.colostate.edu/pub/lfl/pdf-doc_select_distribution_file/Snyder_et_al._2005-Gila_Guide_Final_Report-r.pdf)
 37. Urho, L. 2002. Characters of larvae – what are they? *Folia Zool.* 51: 161–186.
 38. van Snik, G.M.J., van den Boogaart, J.G., M., Osse, W.M. 1997. Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold. *J. Fish Biol.* 50: 1339–1352.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Opisane powyżej publikacje z lat 2014-2016 zakwalifikowałam jako moje główne, ściśle powiązanie tematycznie osiągnięcie naukowe po doktoracie. Jednakże początek mojej działalności naukowej przypada na rok 1998, kiedy jako student 3 roku rozpocząłem badania w Katedrze Rybactwa Jeziorowego i Rzecznego Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego uwieńczone powstaniem pracy magisterskiej poświęconej biotechnologii rozrodu jelca. Były to badania przeprowadzone pod opieką ówczesnego doktora a obecnie prof. dr hab. Dariusza Kucharczyka, który wpisywały się w profil badawczy katedry obejmujący przede wszystkim zagadnienia dotyczące rozrodu i wstępnego podchowu krajowych gatunków ryb. Uzyskane wówczas wyniki posłużyły do przygotowania moich pierwszych publikacji naukowych opublikowanych w monografii wydanej w związku z odbywającą się corocznie konferencją naukowo – praktyczną „Wylęgarnia” organizowaną przez Instytut Rybactwa Śródlądowego (załącznik nr 5 część IIC: 39, 40). Kontynuowana w kolejnych latach współpraca z pracownikami Katedry Rybactwa Jeziorowego i Rzecznego, wsparta finansowo

grantem promotorskim KBN (załącznik nr 5 część IIG: 5) zaowocowała powstaniem mojej rozprawy doktorskiej pt. „Termiczne uwarunkowania rozwoju embrionalnego ryb z rodzaju *Leuciscus*”, której promotorem był prof. dr hab. Andrzej Mamcarz. Praca została wyróżniona nagrodą JM Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, a wyniki tej rozprawy zostały opublikowane w postaci 3 oryginalnych prac (załącznik nr 5 część IIA: 12, C: 12, 14). W marcu 2006 roku otrzymałem etat w Katedrze Rybactwa Jeziorowego i Rzecznego Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie obejmując stanowisko asystenta, a rok później adiunkta. Badania podejmowane w kolejnych latach dotyczyły różnych etapów i aspektów rozrodu i podchowu, a więc starały się rozwiązywać możliwie kompleksowo zaistniałe trudności i ograniczenia, umożliwiając opracowanie skutecznych protokołów produkcji akwakulturowej, przyczyniając się w efekcie do podniesienia efektywności zabiegów hodowlanych.

W zakresie omawianej działalności naukowej obiekt moich badań stanowiły przede wszystkim gatunki ryb reprezentujących rodzinną ichtiofaunę uważane za cenne z punktu widzenia gospodarczego (okoń *Perca fluviatilis* L., sandacz *Sander lucioperca* (L.), leszcz *Abramis brama* (L.)) jak i przyrodniczego (miętus, karaś pospolity *Carassius carassius* (L.), karpiołate reofilne: jelec, boleń *Aspius aspius* (L.), jaz, kleń brzana *Barbus barbus* (L.), świnka *Chondrostoma nasus* (L.)). Istotną część moich dociekań naukowych poświęciłem również gatunkom-pochodzące z innych stref klimatycznych (piełęgnicowate, kęsaczowate).

Podejmowane w ciągu kolejnych lat wysiłki badawcze zaowocowały szeregiem publikacji, które tematycznie można przypisać następującym obszarom kontrolowanego rozrodu i podchowu:

1. Ocena stopnia dojrzałości tarlaków i określenie momentu owulacji i spermacji,
2. Hormonalna i środowiskowa stymulacja cyklu rozrodczego, owulacji,
3. Jakość i biologia gamet (określenie wskaźników jakości, rozpoznanie czynników warunkujących jakość, biologiczne aspekty aktywacji jaj i zapłodnienia)
4. Inkubacji ikry (sposoby usuwania kleistości jaj, określenie optymalnych parametrów fizykochemicznych wody podczas rozwoju embrionalnego),
5. Larwikultura (optymalizacja i standaryzacja podchowu, żywienie larw)
6. Biologiczne aspekty wczesnej ontogenezy ryb,
7. Efektywność ekonomiczna kontrolowanego rozrodu i podchowu

Ad.1. W ramach tego zagadnienia brałem udział w wypracowanie systemu oceny stopnia dojrzałości przedowulacyjnych oocytów sandacza i okonia opartego na dwóch morfologicznych wskaźnikach: położenia jądra komórkowego i fragmentacji kropli tłuszczu (załącznik nr 5 część IIA: 8, 10). Podjętym badaniom przyświecał cel uzyskania lepszej synchronizacji rozrodu poprzez wskazanie właściwego momentu iniekcji hormonalnej. W rezultacie opracowano siedmiostopniową skalę (I-VII) dojrzałości oocytów. W przypadku okonia badania oparto dodatkowo na analizach histologicznych oraz składu chemicznego gonad i owulowanych jaj znajdujących się w poszczególnych stadiach dojrzałości. Uzyskane rezultaty wykazały, że proces witelogenezy ulega zakończeniu w trakcie trwania dwóch pierwszych stadiów dojrzałości (I i II), a właściwy proces finalnego dojrzewania oocytów ma miejsce pomiędzy stadium III a VII (owulacja). Dodatkowo stwierdzono że oocyty okonia ulegają uwodnieniu tuż przed owulacją.

Ad.2. Do najważniejszych osiągnięć naukowych w tym zakresie, należą prace związane z określeniem wpływu rodzaju stymulacji hormonalnej tarlaków takich gatunków jak świnka, brzana, sandacz, jelec, jaź i kleń na podstawowe wskaźniki rozrodowe (indukcję finalnego dojrzewania oocytów, odsetek owulacji, czas latencji, przeżywalność embrionów) (załącznik nr 5 część IIA: 1, 6, 10, 14, 16, 19, część C:5, 22). Do badań wykorzystano całą paletę dostępnych na rynku środków hormonalnych, oddziaływujących na różnych poziomach osi podwzgórze – przysadka – mózgowa – gonady. Dokonując hormonalnej stymulacji cyklu rozrodczego stosowane również różne warunki termiczne i żywieniowe.

Poza badaniami w warunkach kontrolowanych warto w tym miejscu wspomnieć o podjętej próbie określenia wpływu temperatury na rozród oraz na inkubację ikry leszcza w warunkach naturalnych i kontrolowanych (Załącznik nr 5, cz. IIA: 5). W wyniku czteroletnich terenowych obserwacji oraz serii eksperymentów laboratoryjnych wykazano, że wahania temperatury wody podczas sezonu rozrodczego leszcza zwiększają istotnie śmiertelność embrionów ograniczając naturalną rekrutację kolejnych pokoleń.

W ramach badań wpisujących się tę grupę tematyczną określono również ogólne warunki rozrodu dla ryb pochodzących z okołorównikowej strefy klimatycznej, będących popularnymi rybami akwariowymi tj. zwinnika ogonoprekiego *Hyphessobrycon anisitsi* (Eigenmann, 1907) i neona Inessa *Paracheirodon innesi* (Myers, 1936) (Załącznik nr 5, cz. IIC: 7, 15). Stwierdzono, że tarlaki tych gatunku oddają żywotne gamety tylko przez kilka (5–6) tafeł. Później, pomimo tego, że przystępują do rozrodu, nie można uzyskać od nich

żywotnego potomstwa. Z hodowlanego punktu widzenia ryby tego gatunku powinny być rozradzane ponownie w niedługim czasie po odbytych tarle (5–20 dni). Zbyt długie przetrzymywanie ryb w okresie pomiędzy kolejnymi tarłami powoduje znaczny spadek jakości otrzymanych gamet, wyrażający się obniżoną ilością otrzymanego wylęgu. Wykazano, że przed tarłem osobniki obu płci powinny być przetrzymywane w wodzie o temperaturze 22°C. Odnotowano nasilenie się negatywnego efektu przetrzymywania ryb w temperaturze 25°C.

Ad.3. Do najważniejszych osiągnięć naukowych w tym zakresie, należą prace związane z próbą określenia jakości jaj okonia, na podstawie morfologii kropeł tłuszczu w owulowanych jajach (kategorie I-IV) (Załącznik nr 5, cz. IIA: 11). Określając przeżywalność i żywotność wylutych embrionów wskazano, że do dalszych etapów produkcji nadają się jedynie oocyty zakwalifikowane do dwóch pierwszych kategorii. Wskazano również, że zaprezentowana kategoryzacja może być użyta w jajach nie aktywowanych. Podczas badań poświęconych sandaczowi zauważono, że wyznacznikiem jakości jaj może być również przebieg reakcji korowej (Załącznik nr 5, cz. IIA: 9). Uzyskane rezultaty wykazały, że w oocytach dobrej jakości przebieg reakcji korowej u sandacza jest dosyć gwałtowny powodując widoczne deformacje jaj między 3, a 5 minutą po aktywacji. Zaobserwowano również, że proces hydratacji jaja nie jest uzależniony od obecności plemników oraz temperatury wody.

W ramach tego zagadnienia uczestniczyłem również w badaniach, w których analizowano wpływ jakości nasienia na wyniki rozrodu czterech gatunków ryb słodkowodnych tj. miętusa, jazia, okonia i złotej rybki *Carassius auratus auratus* (L.) (Załącznik nr 5, cz. IIC: 11). W wyniku-poczynionych obserwacji określono wpływ indywidualnych parametrów ruchliwości plemników (% ruchliwości, czas ruchu) na przeżywalność embrionów do stadium zaoczkowania.

Ad.4. W pierwszej kolejności należy w tym miejscu wspomnieć o najwcześniejszych chronologicznie badaniach określających zakres temperatur optymalnych i letalnych dla rozwoju embrionalnego jelca, jazia i klenia (załącznik nr 5 część IIA: 12, IIC: 12). Przeprowadzone w stałych i zmiennych warunkach termicznych eksperymenty pozwoliły precyzyjnie określić wpływ temperatury na czas trwania rozwoju (czas trwania inkubacji, długość okresu wykluwania się larw) oraz efektywność inkubacji (przeżywalność, oraz jakość larw obejmującą odsetek deformacji rozwojowych i cechy morfologiczne wylutych

embrionów). Na podstawie uzyskanych wyników możliwe było wskazanie różnic występujących między poszczególnymi gatunkami jak i populacjami pochodzącymi z różnych części kraju.

Za istotne osiągnięcie naukowe dotyczące tego zagadnienia, o silnym wymiarze praktycznym uważam również badania, w których wypracowano pierwszą skuteczną procedurę rozklejania ikry sandacza z użyciem kwasu taninowego (załącznik nr 5 część IIA: 3). Dla realizacji tego celu podjęto się obserwacji procesu pęcznienia/hydratacji jaj oraz określenia wpływu temperatury na jego tempo. W rezultacie stwierdzono, że najlepsze rezultaty rozdzielania ziaren można osiągnąć po maksymalnie dwuminutowym płukaniu roztworem taniny o stężeniu 0.75 g/l przeprowadzonemu 30 minut po aktywacji jaja.

Ad.5. Eksperymenty zaliczone do tego zagadnienia pozwoliły na ocenę efektywności podchowów w zależności od temperatury wody, zagęszczenia obsad i stosowanych wariantów żywienia. Określono między innymi protokoły żywieniowe dla larw szeregu gatunków ryb (tj. jazia, klenia, jelca, karasia pospolitego) oparte na kombinacji podawania żywego pokarmu i sztucznie komponowanych pasz komercyjnych. Wskazano właściwy moment zamiany pokarmu żywego na pasze dla larw jazia, klenia, jelca (załącznik nr 5 część IIC: 19) oraz karasia pospolitego (załącznik nr 5 część IIA: 18). W przypadku miętusa określono optymalny poziom żywienia artemią podczas pierwszych dwóch miesięcy podchowu (załącznik nr 5 część IIA: 2).

Poza tym stwierdzono, że wysokie zagęszczenie obsady nie zawsze musi mieć istotny negatywny wpływ na wzrost i przeżywalność larw podczas wstępnego podchowu (załącznik nr 5 część IIA: 13, 15, 18, cz. IIC: 4, 16), a przyczynia się do znacznego zwiększenia skali produkcji materiału zarybieniowego/obsadowego. W przypadku świnki (załącznik nr 5 część IIC: 4) stosowane obsady wynosiły od 2500 do 6250 osobn. m⁻², a w przypadku pozostałych badanych gatunków (jelec jaź, boleń, kleń zwinnik ogonopregi, karaś pospolity, brzana) od 50 do 600 osobników L⁻¹. Warunkiem niezbędnym utrzymania wysokiej dynamiki wzrostu i przeżywalności w dużych zagęszczeniach było utrzymanie dobrych warunków środowiskowych podchowów. Przeprowadzenie badań poświęconych tej tematyce było możliwe dzięki specjalnie dla tego celu skonstruowanemu eksperymentalnemu systemowi zbiorników, pracującemu w zamkniętym obiegu wody (załącznik nr 5 część IIC: 8). Eksperymenty te przyczyniły się również do wypracowania procedur określających sposoby przyżyciowego ważenia i usypiania larw (załącznik nr 5 część IIA: 7, cz. IIC: 26).

Jednym z najistotniejszych czynników limitującym skalę produkcji w systemach z zamkniętym obiegiem wody są związki azotu. Brałem udział w badaniach dotyczących toksyczności amoniaku na organizmy klenia i jazia w różnych momentach życia larwalnego (załącznik nr 5 część IIA: 4, 17). W wyniku przeprowadzonych prac doświadczalnych stwierdzono, że wrażliwość badanych gatunków na toksyczne działanie amoniaku zmniejszała się liniowo wraz z wiekiem i poziomem zaawansowania rozwojowego. Związane jest to najprawdopodobniej ze wzrostem efektywności fizjologicznej organizmu jak i również zdolnością mięśni do magazynowania glutaminy. Krytyczny poziom amoniaku niezjonizowanego dla larw klenia i jazia, wyznaczono odpowiednio na poziomie $0,49 \text{ mg L}^{-1}$ i $0,21 \text{ mg L}^{-1}$. Uzyskane wyniki wskazują na istotną wagę skutecznego usuwania amoniaku w stosowanych procedurach pochodowowych. Podczas pierwszych dni podchowu jego postać niezjonizowana nie powinna przekraczać wartości $0,01 \text{ mg L}^{-1}$.

Ad.6. Przy okazji prowadzonych badań zwianych z inkubacją ikry i podchowami zwracano uwagę na różne biologiczne aspekty najwcześniejszych etapów ontogenezy tj rozwoju embrionalnego i larwalnego. Oprócz wcześniej omówionych prac zakwalifikowanych jako osiągnięcie naukowe będących podstawą wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego (item 4.2 a-e) czy też tych dotyczących tempa rozwoju larwalnego ryb z rodzaju *Leuciscus* (załącznik nr 5 część IIA: 12, IIC: 12) są w moim dorobku prace opisujące cechy morfologiczne ikry i embrionów. Część z nich uzupełnia wiedzę dotyczącą biologii jelca, jazia i klenia (załącznik nr 5 część IIA: 12, IIC: 14, 30) inne natomiast dotyczą gatunków bardziej egzotycznych. Warto w tym miejscu wspomnieć o pracy opisującej ikrę i wyklute osobniki endemicznego pyszcza z jeziora Malawii *Tropheus Moorii* Boulenger, 1898., w której wskazano i omówiono również niektóre kluczowe momenty jego rozwoju. (załącznik nr 5 część IIC: 13)

Ad.7. Niektóre spośród wypracowanych na przestrzeni lat protokołów hodowlanych zostały ocenione pod kątem opłacalności ich stosowania. Brałem udział w ocenie opłacalności stosowania różnych preparatów hormonalnych do stymulacji rozrodu brzany (zarówno jej formy hodowlanej jak i dzikiej), bolenia, jazia i świnki (załącznik nr 5 część IIC: 5, 9, 10). Podjąłem się również próby określania efektywności ekonomicznej wstępnych podchowów niektórych z tych gatunków. Na podstawie wyników hodowlanych oraz analizy kosztów związanych z przeprowadzonymi czynnościami wskazano podstawowe wskaźniki

opłacalności takie jak próg rentowności, cena minimalna czy też margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia (załącznik nr 5 część IIC:20, 21).

Uzyskane przeze mnie na przestrzeni lat doświadczenie w skutecznym prowadzeniu zabiegów podchowowych oraz poczynione obserwacje biologiczne, wsparte danymi literaturowymi oraz wiedzą współpracowników zaowocowały pracami o szerszym, bardziej całościowym spojrzeniu na poszczególne procedury, gatunki i sposoby gospodarowania nimi. Zakwalifikować tu można kilka prac o charakterze rozdziału w monografii, monografii lub poradnika (załącznik nr 5 część IIC: 23, 27, 29, 36, 37, 38). Natomiast nabyte doświadczenie i kontakty z hodowcami pociągnęły za sobą rozwiązania technologiczne, które uzyskały wzory użytkowe. Uczestniczyłem w konstruowaniu i testach urządzeń do inkubacji ikry, hodowli larw różnych gatunków oraz urządzeń umożliwiających utrzymanie właściwych warunków środowiskowych w zbiornikach podchowowych (Załącznik nr 5, część IIB: 1-4).

W trakcie swojej działalności badawczej zaangażowany byłem w prace zespołów realizujących projekty naukowe, które finansowane były przez Komitet Badań Naukowych, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju czy pochodzące z Europejskiego Funduszu Rybackiego (Załącznik nr 5, część IIG: 1-5). W trakcie ich realizacji miałem przyjemność współpracować z pracownikami renomowanych krajowych i zagranicznych jednostek naukowo-badawczych. Poza osobami z mojego macierzystego wydziału oraz innych jednostek UWM byli to najlepsi specjaliści pochodzący m.in. Zakładu Biologii Gamet i Zarodka, Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie, Instytutu Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie, Wydziału Akwakultury Uniwersytetu w Godollo na Węgrzech, Uniwersytetu Namur w Belgii czy Uniwersytetu de Lorraine w Nancy, we Francji.

Podsumowując, mój dotychczasowy dorobek naukowy zawiera 114 pozycji w tym: 24 oryginalnych publikacji w czasopismach znajdujących się w wykazie MNiSW na liście A z dnia 23 grudnia 2015 roku (Aquaculture International, Aquaculture Research, Czech Journal of Animal Science, Ichthyological research, Italian Journal of Animal Science, Journal of Applied Ichthyology, Journal of Fish Biology, Journal of Thermal Biology, Neotropical Ichthyology, North American Journal of Aquaculture, Reproductive Biology, Reproduction Fertility and Development, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science); 22 publikacji w czasopismach znajdujących się w wykazie MNiSW na liście B z dnia 23 grudnia 2015 roku lub innych recenzowanych periodykach naukowych (Archiwum Rybactwa Polskiego, Acta Scientiarum Polonorum, Polish Journal of Natural Science, Wulfenia Journal); 18 publikacji

będących monografiami lub rozdziałami w monografiach naukowych; 14 artykułów popularno-naukowych oraz 36 doniesień na konferencjach krajowych i zagranicznych. Sumaryczny Impact Factor publikacji, których jestem współautorem, wynosi 24,64 liczba cytowań tych publikacji według bazy Web of Science = 260. Indeks Hirsha zgodnie z bazą Web of Science dla tych publikacji wynosi 10. Sumaryczna liczba punktów MNiSW publikacji liczonych według roku wydania wynosi 747.

W trakcie swojej pracy zawodowej byłem recenzentem publikacji w czasopiśmie naukowych takich jak: *Aquaculture International*, *Aquaculture Research*, *Archiwum Rybactwa Polskiego*, *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, *Ichthyological Research*, *International Journal of Ichthyology*, *Journal of Applied Ichthyology*, *Journal of Fish Biology*, *Neotropical Ichthyology*, *Revista de Biología Tropical*, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*.

6. Omówienie działalności dydaktycznej

Od chwili zatrudnienia w roku 2007 na stanowisku adiunkta na Wydziale Nauk o Środowisku Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie prowadzę wykłady i ćwiczenia dla studentów na kierunkach *Rybactwo* i *Ochrona środowiska*. Od 2011 są to również zajęcia na nowo powstałym kierunku kształcenia - *Turystyka i rekreacja*. Część spośród prowadzonych przeze mnie przedmiotów dotyczy praktycznych aspektów produkcji akwakulturowej (tj. technologii produkcji, efektywności ekonomicznej przedsięwzięć). Pozostałe zajęcia dydaktyczne można wpisać w dość szeroki obszar wiedzy, który można określić wspólnym hasłem: Prawne, ekonomiczne i przestrzenne aspekty rozwoju rybactwa (w tym wędkarstwa), turystyki, gospodarki wodnej i ochrony środowiska. Przyjęte przeze mnie zobowiązania dydaktyczne wiązały się z przygotowaniem programów prowadzonych przedmiotów opartych. Musiały również zyskać oparcie w wykazywanej aktywności badawczej. Dorobek naukowy dotyczący pierwszego zagadnienia (hodowli ryb) został już dosyć szczegółowo omówiony we wcześniejszych rozdziałach autoreferatu. Natomiast ten dotyczący pozostałego zakresu tematycznego zamieszczony został w Załączniku nr 5, cz. IIC: 1, 2, 3, 24, 25, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35.

Realizowane przedmioty:

Kierunek Rybactwo Studia I stopnia (inżynierskie)

- Podstawy ekonomiki rybackiej – ćwiczenia
- Ekonomia rybacka – wykłady i ćwiczenia
- Wylęgarnictwo i podchów ryb – ćwiczenia
- Prawo i zarządzanie w rybactwie – wykłady i ćwiczenia

Kierunek Rybactwo Studia II stopnia (magisterskie)

- Zarządzanie i planowanie w akwakulturze – wykłady i ćwiczenia
- Marketing i technologie informacyjne w akwakulturze – ćwiczenia
- Akwakultura ryb morskich – ćwiczenia

Kierunek Turystyka i Rekreacja Studia I stopnia (licencjackie)

- Zarządzanie – ćwiczenia
- Turystyka w dokumentach UE – wykłady i ćwiczenia

Kierunek Turystyka i Rekreacja Studia II stopnia (magisterskie)

- Zarządzanie przedsiębiorstwem turystycznym – ćwiczenia

Kierunek Ochrona środowiska Studia I stopnia (inżynierskie)

- Prawo i zarządzanie w ochronie środowiska – wykłady i ćwiczenia

W latach 2009 –11 zaangażowany byłem również w prowadzenie zajęć (wykłady i ćwiczenia) z przedmiotu: „Podstawy wyceny wód”, które realizowane były na Studiach Podyplomowych-organizowanych przez Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu oraz Wyższą Szkołę Bankową w Toruniu.

W celu podniesienia kwalifikacji zawodowych, związanych z realizacją dydaktyki na macierzystym Wydziale, w 2014 roku ukończyłem studia podyplomowe na Wydziale Nauk Ekonomicznych UWM i zdobyłem certyfikaty w zakresie zarządzania jakością w przedsiębiorstwach.

Do osiągnięć w zakresie popularyzowania nauki oprócz licznych artykułów popularno-naukowych (załącznik 5 IIIIF: 1-15) zaliczam także udział w organizacji i przeprowadzeniu kilkunastu szkoleń dotyczących różnych aspektów produkcji akwakulturowej, rozwoju rybactwa czy też wędkarstwa skierowanych zarówno do hodowców, jak i pracowników administracji publicznej (załącznik 5 cz. IIIIF: 16-19)

W latach 2014-15 byłem promotorem 11 prac licencjackich (Załącznik nr 5, cz. IIIIG). Obecnie pod moim kierunkiem wykonywane są 4 prace licencjackie i 5 magisterskich.

7. Działalność organizacyjna

Działalność na rzecz Wydziału:

2007 – 2010 – Członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej Wydziału Nauk o Środowisku (dawniej Wydziału Ochrony Środowiska i Rybactwa)

2011 – 2012 – Członek komisji ds. Promocji kierunku Rybactwo

2012 – obecnie – Wydziałowy Społeczny Inspektor

2012 – obecnie – przedstawiciel rektora w Wydziałowej Komisji ds. Przeglądów Warunków Pracy

2012 – obecnie – Członek kierunkowego Zespołu ds. Jakości i Programów Kształcenia na kierunku Rybactwo

2013 – 2015 – Członek Wydziałowego Zespołu ds. Strony Internetowej

2014 – obecnie – Członek komisji egzaminacyjnej na kierunku Turystyka i Rekreacja

2014 – obecnie – Członek kierunkowego Zespołu ds. Jakości i Programów Kształcenia na kierunku Turystyka i Rekreacja

2011 – 2013 – Opiekun roku studentów II stopnia kierunku Rybactwo

2015 – obecnie – Opiekun studentów I stopnia Turystyki i Rekreacji

2015 – obecnie – Opiekun praktyk studenckich na kierunku Turystyka i Rekreacja

Ponadto biorę czynny udział w organizacji corocznych Olsztyńskich Dniach Nauki i Sztuki. Od 2015 współpracuję również z Warmińsko-Mazurskim urzędem Marszałkowskim wspierając samorząd w pracach mających na celu ustalenie strategii rozwoju turystyki w regionie.

