

Biuletyn

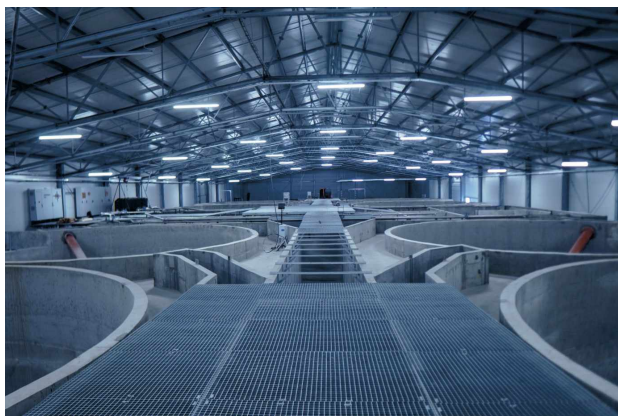
Aktualności i trendy
w nowoczesnej
akwakulturze

Operacja współfinansowana przez Unię Europejską ze środków finansowych Europejskiego Funduszu Morskiego i Rybackiego PROGRAM OPERACYJNY „RYBACTWO I MORZE 2014-2020”

2.2 Usługi z zakresu zarządzania, zastępstw i doradztwa dla gospodarstw akwakultury
Umowa o dofinansowanie nr 00002-6521.2-OR1600002/20

BIULETYN

Aktualności i trendy w nowoczesnej akwakulturze



Opracowano w ramach projektu doradczego:
„System doradztwa spersonalizowanego w oparciu o stosowanie innowacyjnych praktyk produkcyjnych, rozwój technologiczny i zastosowanie najnowocześniejszych rozwiązań zarządzania w gospodarstwach rybackich ze szczególnym uwzględnieniem hodowli ryb łososiowatych”

Szczecin 2023

WSTĘP

W ostatnich latach światowa produkcja rybołówstwa i akwakultury osiągnęła rekordowy poziom 214 mln ton, w tym 178 mln ton zwierząt wodnych i 36 mln ton alg, głównie dzięki rozwojowi akwakultury. Wzrost produkcji dotyczy, w szczególności akwakultury w Chile, Chinach i Norwegii, jakkolwiek globalna produkcja akwakultury wzrosła we wszystkich regionach. W podziale na regiony w latach 2020-2023 w światowej akwakulturze dominowała Azja, wytwarzając około 90-92% produktów akwakultury. W Unii Europejskiej wielkość sprzedaży produktów akwakultury wyniosła 1,2 mln ton i przyniosła obrót około 3,9 mld euro. Aż 67% produkcji akwakultury w UE koncentruje się w czterech krajach: Francji, Grecji, Hiszpanii i Włoszech. Ponad połowa całkowitej wielkości produkcji akwakultury dotyczy hodowli skorupiaków podczas, gdy ryby morskie i słodkowodne stanowią odpowiednio około 21% oraz 28% całkowitej produkcji. Szacuje się, że w tym sektorze zatrudnionych jest 58,5 mln osób. Obecnie spożycie organizmów wodnych wynosi około 20,2 kg na mieszkańca, co jest wartością ponad 2 krotnie wyższą niż w 1960 r. Globalne spożycie żywności wodnej (z wyłączeniem alg) wzrastało w średnim rocznym tempie 3,0% od 1961 r.

Zrównoważony rozwój akwakultury jest jednym z głównych celów wspólnej polityki rybołówstwa. Produkcja akwakultury jest również uznawana przez europejski tzw. „Zielony Łód” jako źródło „nisko węglowego”, bardzo cennego białka. Stąd akwakultura ma nadal kluczowe znaczenie dla zaspokojenia rosnącego popytu na żywność pochodzenia wodnego. Przewiduje się, że rosnące dochody i urbanizacja, stosowanie dobrych praktyk w akwakulturze i zmiany w trendach żywieniowych przyczynią się do kontynuacji wzrostu spożycia organizmów wodnych na świecie. Niestety w wielu rozwijających się krajach rozwój akwakultury często odbywa się kosztem środowiska. W Unii Europejskiej produkcja akwakultury podlega procedurom licencjonowania i monitorowania, musi spełniać surowe wymogi zgodnie z prawodawstwem UE i usta-

wodnictwem krajowym, aby zapewnić poszanowanie zdrowia ludzi i zwierząt oraz środowiska. Najważniejsze aspekty pod względem zrównoważenia środowiskowego akwakultury w UE odnoszą się do oddziaływania na środowisko, zwłaszcza w odniesieniu do składników odżywczych i substancji organicznych pochodzących z gospodarstw akwakultury, wykorzystania gatunków obcych w akwakulturze, nowoczesnych konfekcjonowanych pokarmów spełniających wymogi środowiskowe oraz innowacyjnych metod produkcji o niskim wpływie na środowisko.

W poszczególnych rozdziałach niniejszego biuletynu przedstawiono najważniejsze aktualne informacje z zakresu akwakultury w kontekście prawodawstwa rybackiego, znaczenia jakości wody i małej retencji, projektowania i budowy innowacyjnych systemów do produkcji ryb. Nie zabrakło również zagadnień związanych, z rozrodem, wyżywieniem i certyfikacją ryb oraz z zagrożeniami chorobotwórczymi, z którymi muszą sobie radzić hodowcy. Ponadto przedstawiono także możliwości sfinansowania inwestycji akwakultury, a także aspekty ekonomiczne prowadzonej działalności. Zawartość merytoryczna poszczególnych rozdziałów biuletynu, których autorami są przedstawiciele świata nauki z różnych ośrodków badawczych w Polsce, a także reprezentanci jednostek samorządu terytorialnego i innych podmiotów państwowych prowadzących działalność w zakresie gospodarowania wodami, wpisuje się w trend zrównoważonej i bezpiecznej środowiskowo akwakultury. Mamy nadzieję, że przedstawione materiały przyczynią się do dalszego rozwoju branży akwakultury i rybactwa w Polsce.

Redaktor Biuletynu
dr hab. inż. Przemysław Czerniejewski, prof. ZUT

Kierownik Projektu i Redaktor
prof. dr hab. inż. Krzysztof Formicki

8. SPIS TREŚCI

1. Aktualności z kraju i ze świata

Wpływ wojny na Ukrainie na polski sektor rybołówstwa i akwakultury	7
Strategiczne wytyczne dotyczące zrównoważonej i konkurencyjnej akwakultury w UE na latach 2021-2030	8
Transformacja energetyczna w rybołówstwie UE i w sektorze akwakultury	10
Akwakultura na ratunek afrykańskiemu ekosystemowi jeziora Wiktorii	12
Czy akwakultura może mieć kluczowe znaczenie w walce ze zmianą klimatu i zanieczyszczeniami?	14
Władze norweskie zatwierdziły genetycznie zmodyfikowany olej rzepakowy do stosowania w paszach dla ryb	15

2. Prawo w akwakulturze

Wybrane pojęcia z zakresu prawa cywilnego w ustawie o rybactwie śródlądowym	18
Nowoczesna akwakultura: perspektywy i wyzwania dla polskiego sektora rybackiego w kontekście Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie	24
Plany gospodarowania wodami	28

3. Dobrostan i certyfikacja ryb w akwakulturze

Dobrostan zwierząt w akwakulturze, jako ważna zasada zrównoważonego rozwoju	31
Certyfikacja w akwakulturze	34
Zalecenia Głównego Lekarza Weterynarii w sprawie dobrostanu ryb	38

4. Ekonomiczne aspekty produkcji rybackiej	
Ekonomika rybacka a rozwój akwakultury – dziś i w przyszłości	41
Hodowla raków jako dodatkowy przychód w akwakulturze	47
5. Dotacje dla producentów ryb	
Uregulowania prawne dotyczące wsparcia gospodarstw rybackich z funduszy pochodzących z UE	51
Doświadczenia i spostrzeżenia dotyczące projektów unijnych z zakresu akwakultury środowiskowej realizowanych w latach 2004–2020.....	56
Możliwość pozyskiwania środków w sektorze akwakultury z Lokalnych Strategii Rozwoju	61
6. Produkcja ryb a zanieczyszczenia środowiska wodnego	
Znaczenie jakości wody w akwakulturze.....	65
Skuteczność oczyszczania ścieków pochodzących z hodowli ryb łososiowatych w innowacyjnych hydrofitowych systemach, ze szczególnym uwzględnieniem utylizacji związków azotu	69
7. Biologiczne i technologiczne podstawy produkcji rybackiej w obiektach akwakultury	
Pokarm ryb w warunkach naturalnych.....	81
Czy w walce z saprolegniozą jesteśmy bezbronni?	85
Zagrożenia pasożytnicze związane z konsumpcją ryb.....	90
Zagrożenia mikrobiologiczne i korzyści płynące z wykorzystania mikroorganizmów w akwakulturze.....	95
Czy można poprawić vitalność materiału zarybieniowego produkowanego w obiektach intensywnej akwakultury?	99
Tarło pneumatyczne troci wędrownej (<i>Salmo trutta trutta</i> , L. 1758).....	109
Projektowanie i budowa recyrkulacyjnych systemów akwakulturowych (RAS) do produkcji ryb.....	115
Akwakultura i jej rola w systemie małej retencji wody.....	125
Autorzy prac zamieszczonych w biuletynie.....	131

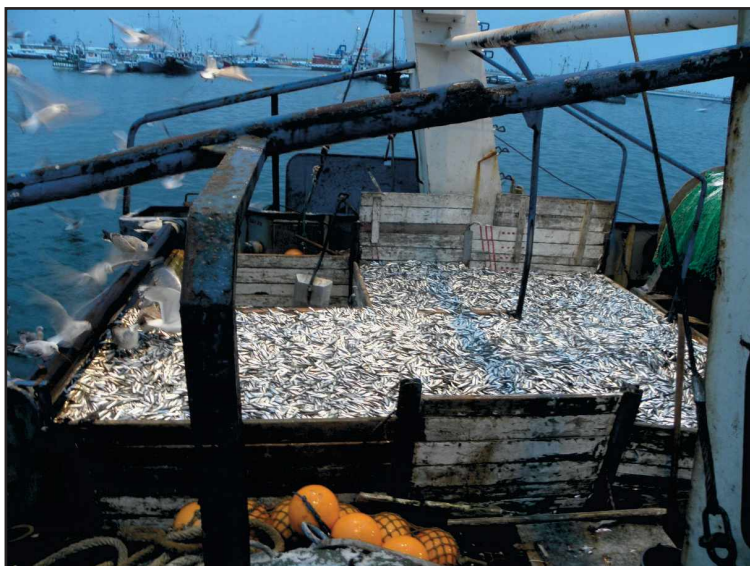
1. AKTUALNOŚCI Z KRAJU I ZE ŚWIATA

WPŁYW WOJNY NA UKRAINIE NA POLSKI SEKTOR RYBOŁÓWSTWA I AKWAKULTURY

*PRZEMYSŁAW CZERNIEJEWSKI, KRZYSZTOF FORMICKI,
AGATA KORZELECKA-ORKISZ, ADAM TAŃSKI, JAROSŁAW ŁOJKO*

Pandemia Covid-19 spowodowała liczne problemy w sektorze akwakultury i rybołówstwa w Polsce, które zostały pogłębione wojną na Ukrainie. Skutkiem tego było zakłócenie łańcuchów dostaw zarówno na Ukrainie, jak i w Rosji, co spowodowało trudności dla firm eksportujących swoje produkty na Wschód i spowodowało konieczność poszukiwania nowych rynków zbytu. Ponadto wzrosły ceny paliw, a tym samym koszty ponoszone przez akwakulturę. Innym efektem rosyjskiej agresji jest wzrost kosztów płac dla pracodawców, którzy przed wybuchem wojny zatrudniali obywatele Ukrainy, a także brak pracowników (w szczególności mężczyzn). Ponadto oba państwa biorące udział w wojnie należą do wiodących na świecie producentów zbóż i olejów roślinnych, stanowiących główny składnik pasz dla zwierząt. W akwakulturze koszt zakupu lub produkcji paszy dla ryb jest głównym czynnikiem wpływającym na koszty operacyjne. Ponadto polskie organizacje rybackie przekazały Ukrainie znaczne ilości skrzynek na ryby, które są przydatne w operacjach logistycznych, a także sieci rybackich, które są wykorzystywane do produkcji siatek kamuflażowych.

W przypadku akwakultury skutki wojny połączyły się ze skutkami pandemii Covid-19. Na przykład ceny tlenu wzrosły o 20% w porównaniu z cenami sprzed pandemii, co wynika ze wzrostu cen energii, której koszt stanowi 70% kosztów produkcji tlenu. Tlen jest niezbędny w akwakulturze, ponieważ służy między innymi do natleniania stawów, co powoduje wzrost kosztów produkcji.



Fot. 1. Połowy ryb na Bałtyku (fot. P. Czerniejewski)

Biorąc pod uwagę negatywny wpływ wojny w Ukrainie, w oparciu o przepisy Unii Europejskiej, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi opracowało system odszkodowań wojennych dla sektora rybołówstwa. W ramach tego programu o pomoc mogą ubiegać się właściciele morskich jednostek rybackich, przetwórcy ryb, hodowcy ryb oraz przedstawiciele rybołówstwa śródlądowego.

STRATEGICZNE WYTYCZNE DOTYCZĄCE ZRÓWNOWAŻONEJ I KONKURENCYJNEJ AKWAKULTURY W UE NA LATACH 2021-2030

*PRZEMYSŁAW CZERNIEJEWSKI, KRZYSZTOF FORMICKI,
AGATA KORZELECKA-ORKISZ, ADAM TAŃSKI, JAROSŁAW ŁOJKO*

W propozycji Europejskiego Zielonego Ładu i w strategii „od pola do stołu” podkreślono potencjał produktów akwakultury jako źródła białka do produkcji żywności i pasz o niskim śladzie węglowym, które mają do odegrania ważną rolę we wspieraniu budowy zrównoważonego systemu żywnościowego. Akwakultura stwarza miejsca pracy i możliwości rozwoju gospodarczego w społecznościach przybrzeżnych i wiejskich UE. Sektor ten może również pomóc w dekarboni-

zacji gospodarki, w walce ze zmianą klimatu i łagodzeniu jej skutków, ograniczeniu zanieczyszczenia, zapewnieniu lepszej ochrony ekosystemów (zgodnie z celami strategii na rzecz bioróżnorodności i strategii „zero zanieczyszczeń” na rzecz nietoksycznego środowiska) oraz włączyć się w zarządzanie zasobami o bardziej zamkniętym obiegu. W szczególności, że produkty akwakultury ogółem (w tym przywóz) stanowią 25% unijnej konsumpcji żywności pochodzenia morskiego, natomiast unijne produkty akwakultury stanowią 10% konsumpcji w UE. Akwakultura UE stanowi około 2% światowej produkcji akwakultury.



Fot. 2. Produkcja pstrąga tęczowego w stawach betonowych (fot. P. Czerniejewski)

Europejski Zielony Ład jest nową strategią UE i ma na celu pobudzenie gospodarki i tworzenie miejsc pracy przy jednoczesnym przyspieszeniu transformacji ekologicznej w sposób efektywny pod względem kosztów. Strategiczne wytyczne określone w niniejszym komunikacie mają na celu przedstawienie państwom członkowskim UE i wszystkim zainteresowanym stronom wspólnej wizji dalszego rozwoju akwakultury w UE w sposób, który przyczyni się do realizacji tej strategii. W szczególności wytyczne te mają pomóc w budowaniu sektora akwakultury UE, który: (i) jest konkurencyjny i odporny; (ii) zapewnia zaopatrzenie w zdrową i bogatą w składniki odżywcze żywność; (iii) ogranicza zależność UE od przywozu żywności pochodzenia morskiego; (iv) tworzy możliwości gospodarcze i miejsca pracy; oraz (v) staje się światowym punktem odniesienia dla zrównoważonego rozwoju. Wytyczne powinny również pomóc konsumentom w UE w dokonywaniu świadomych wyborów produktów zrównoważonej akwakultury oraz zapewnić równe warunki konkurencji dla produktów akwakultury wprowadzanych do obrotu w UE.

Osiągnięcie tej wizji będzie wymagało sprostania różnym wyzwaniom i wykorzystania możliwości w sektorze akwakultury w UE, aby osiągnąć następujące powiązane ze sobą cele:

- 1) wzmacnianie odporności i konkurencyjności;
- 2) udział w transformacji ekologicznej;
- 3) zapewnianie akceptacji społecznej i informacji dla konsumentów oraz
- 4) poszerzanie wiedzy i zwiększanie innowacyjności.

Aby wdrożyć przedmiotowe wytyczne, konieczne jest również wspieranie transformacji sektora akwakultury w stronę modelu zrównoważonego poprzez zapewnienie skutecznego i wydajnego wykorzystania funduszy publicznych oraz przyciągnięcie inwestycji prywatnych. Komisja zachęca w szczególności państwa członkowskie UE do uwzględnienia priorytetów określonych w niniejszych wytycznych w zakresie przydzielania wsparcia dla sektora w ramach funduszy unijnych i krajowych. Komisja ustanowi unijny mechanizm pomocy dla akwakultury, aby wesprzeć wdrażanie niniejszych wytycznych przez wszystkie zainteresowane strony. Mechanizm ten powinien służyć Komisji, państwom członkowskim UE, przemysłowi i innym zainteresowanym stronom jako narzędzie do opracowania dalszych wytycznych i konsolidacji najlepszych praktyk. Będzie także wspierać wdrażanie tych wytycznych i najlepszych praktyk. Mechanizm ten powinien obejmować platformę internetową z dostępną bazą wiedzy dla wszystkich zainteresowanych stron (np. przewodnik po finansowaniu unijnym i bazę danych dotyczącą projektów finansowanych ze środków UE w sektorze).

TRANSFORMACJA ENERGETYCZNA W RYBOŁÓWSTWIE UE I W SEKTORZE AKWAKULTURY

*PRZEMYSŁAW CZERNIEJEWSKI, KRZYSZTOF FORMICKI,
AGATA KORZELECKA-ORKISZ, ADAM TAŃSKI, JAROSŁAW ŁOJKO*

Energia jest główną pozycją kosztową w rybołówstwie i akwakulturze UE. Niedawny kryzys energetyczny mocno uderzył w sektor rybołówstwa i akwakultury, zwłaszcza z powodu wzrostu cen oleju napędowego, ujawniając jedną z głównych słabości tego sektora - jego dużą zależność od paliw kopalnych. Przejście na alternatywne źródła energii nie tylko rozwiązałoby ten słaby punkt w działalności, ale także przyczyniłoby się do

realizacji celów Europejskiego Zielonego Ładu i ambicji UE, by stać się neutralną dla klimatu. 21 lutego 2023 r. Komisja Europejska opublikowała pakiet dotyczący rybołówstwa i oceanów, który obejmuje plan działania na rzecz dekarbonizacji rybołówstwa i akwakultury w UE. Plan nakreśla zmiany związane ze zwiększeniem efektywności energetycznej w perspektywie krótko- i średnioterminowej, przy jednoczesnym stopniowym przechodzeniu z paliw kopalnych na odnawialne i niskoemisyjne źródła energii. Ważnym sposobem na zwiększenie efektywności energetycznej w rybołówstwie są zmiany w narzędziach i konstrukcji statków rybackich oraz metod połowów ryb. W komunikacie UE w tym zakresie wymieniono kilka przykładów:

- instalowanie układów napędowych o lepszej efektywności energetycznej lub niższych emisjach CO₂;
- zamontowanie śmigieł oszczędzających paliwo;
- optymalizacja hydrodynamiczna form kadłubów statków;
- doposażenie w dziób zmniejszający opór na wodzie;
- zainstalowanie zintegrowanego systemu mostkowego w celu poprawy nawigacji lub sterowania silnikami;
- stosowanie narzędzi połowowych o niższym oporze (np. cieńsze sieci i lżejsze wrota);
- przejście na bardziej energooszczędne techniki połowów;
- bardziej efektywne wybieranie tras i łowisk;
- zmniejszenie zapotrzebowania na energię urządzeń pokładowych.

Ustalono orientacyjny cel dla rybołówstwa, a mianowicie zmniejszenie wykorzystania paliw kopalnych (w litrach na kilogram wyładowanego produktu) o co najmniej 15% w latach 2019–2030. Ostatecznym celem jest osiągnięcie neutralnego pod względem emisji CO₂ śladu do 2050 r. Aby przyspieszyć transformację energetyki, plan działania obejmuje inicjatywy mające na celu stymulowanie badań naukowych i innowacji, rozwijanie wymaganych umiejętności zawodowych oraz poprawę otoczenia biznesowego, w tym możliwości finansowania ich ze środków UE. W dniu 16 czerwca 2023 r. Komisja rozpocznie „Partnerstwo na rzecz transformacji energetycznej dla rybołówstwa i akwakultury UE”, aby ukierunkować ten proces z udziałem wszystkich zainteresowanych stron. Komisja przedstawiła plan działania Komisji Rybołówstwa Parlamentu Europejskiego (PECH) w dniu 1 marca 2023 r., a właściwy komisarz UE przedstawił dodatkowe wyjaśnienia na posiedzeniu PECH w dniu 26 kwietnia 2023 r.

Literatura

- Scholaert F., 2023: Energy transition in the EU fisheries and aquaculture sector. EPRS European Parliamentary Research Service.
- Scholaert F., Russia's war on Ukraine: Support for the fishing, aquaculture and fish -processing sectors, EPRS, European Parliament, April 2022.
- Scholaert F. and Jacobs K., EU action on ocean governance and achieving SDG 14, EPRS, European Parliament, June 2022.
- Soon J., Sustainable maritime fuels – 'Fit for 55' package: The FuelEU Maritime proposal, EPRS, European Parliament, May 2023

AKWAKULTURA NA RATUNEK AFRYKAŃSKIEMU EKOSYSTEMOWI JEZIORA WIKTORIA

*PRZEMYSŁAW CZERNIEJEWSKI, KRZYSZTOF FORMICKI,
AGATA KORZELECKA-ORKISZ, ADAM TAŃSKI, JAROSŁAW ŁOJKO*

Jezioro Wiktorii położone w Afryce południowej od wielu lat jest intensywnie wykorzystywane w gospodarce człowieka jako rezerwuuar wody, a także do rybołówstwa. Niestety obecnie liczne zagrożenia związane z wyczerpującymi się zasobami ryb i problemami z zaopatrzeniem w wodę okolicznych miejscowości powodują zwrócenie uwagi publicznej tym wielkim zbiornikiem. Wzrost połowów ryb, którego przyczyn należy upatrywać we wzroście popytu na żywność, powoduje przełowienia stad, a wzrost wielkości przetwórstwa rybnego w okolicach jeziora, jednocześnie zwiększa ilość zanieczyszczeń tych wód. Ponadto nadmierne nawożenie pól podnosi poziom azotu i fosforu w wodzie, co powoduje nadmierne stężenia biogenów, których efektem jest między innymi szybkie rozprzestrzenianie się hiacyntu wodnego (wysoce inwazyjnej rośliny), która pokrywa duże powierzchnie jeziora, utrudniając statkom i łodziom rybackim poruszanie się po tym akwenie. Z kolei niewystarczające oczyszczanie ścieków komunalnych i przemysłowych oraz ich bezpośrednie odprowadzanie do jeziora doprowadziło do tego, że coraz więcej żywych organizmów konkuruje z rybami o tlen, co dodatkowo zmniejsza zasoby ryb. Wydaje się, że odpowiedzią na rosnące zapotrzebowanie ludności na białko rybne w tym rejonie, może być nowoczesna akwakultura. Mimo, iż tradycyjna

hodowla ryb w stawach wymaga dużej ilości wody, to produkcja ryb w recyrkulacyjnych systemach akwakultury (RAS), wymaga małej ilości wody do produkcji takiej samej ilości ryb.



Fot. 3. Produkcja alg u wybrzeży afrykańskich (fot. P. Czerniejewski)

W związku z tym w 2023r. rozpoczęto realizację projektu VicInAqua, który ma za zadanie zintegrować system RAS z domowym systemem uzdatniania wody dla potrzeb mieszkańców rejonu jeziora Wiktorii. Jak tłumaczy koordynator projektu Jan Hoinkis z Uniwersytetu Nauk Stosowanych w Karlsruhe, „pilotażowy obiekt, wybudowany w kenijskim Kisumu, obejmuje recyrkulacyjny system akwakultury wraz z nowatorskim bioreaktorem membranowym wykorzystującym ogólnodostępne oraz specjalnie dopasowane membrany przeciwporostowe”. Zastosowany tam system RAS, umieszczony obok stawu stabilizującego ścieki, jest w stanie ponownie wykorzystać 90–95% wody. Bioreaktor i system RAS są zintegrowane z inteligentnymi technologiami do kontroli hodowli, a także z zasilaniem z odnawialnego źródła energii. Woda uzdatniana w reaktorze jest wykorzystywana do nawadniania upraw różnych lokalnych warzyw, a naturalne produkty uboczne procesu oczyszczania trafiają na pola jako nawóz. Co więcej, lokalna społeczność postrzega taki system jako mniej niebezpieczny niż tradycyjne połowy. Oznacza to także, że systemy tego typu mogą być powszechnie stosowane i zmniejszyć wpływ eksploatacji

rybackiej na zasoby ryb jeziora Wiktorii i jednocześnie umożliwić zarobek lokalnej społeczności. Obecnie dzięki partnerstwu z Departamentem Rolnictwa, Irygacji, Zwierząt Gospodarskich i Rybołówstwa hrabstwa Kisumu, w Kenii, obiekt pilotażowy będzie działać jako ośrodek szkoleniowo-demonstracyjny.

CZY AKWAKULTURA MOŻE MIEĆ KLUCZOWE ZNACZENIE W WALCE ZE ZMIANĄ KLIMATU I ZANIECZYSZCZENIAMI?

*PRZEMYSŁAW CZERNIEJEWSKI, KRZYSZTOF FORMICKI,
AGATA KORZELECKA-ORKISZ, ADAM TAŃSKI, JAROSŁAW ŁOJKO*

Przez tysiące lat ludzie wykorzystywali akwakulturę do hodowli zwierząt wodnych i roślin. Przekazy ustne datują akwakulturę na 4000 lat p.n.e., a pierwsza znana pisemna wzmianka o akwakulturze pochodzi z V wieku p.n.e. Od tego czasu wprowadzono nowe gatunki, technologie i metody produkcji organizmów wodnych. Przykładowo w latach 1987-1997 produkcja ryb hodowlanych wzrosła z 10 milionów ton rocznie do 29 milionów ton, przy czym na całym świecie produkowano około 300 gatunków zwierząt, roślin i alg. Do 2017 roku liczba ta wzrosła do około 80 milionów ton ryb i skorupiaków oraz 32 milionów ton wodorostów, z produkcją ponad 425 gatunków. Ta tendencja wzrostu produkcji wskazuje, iż produkcja akwakultury może pomóc zwiększyć światowe zaopatrzenie w żywność przy niskiej emisji gazów cieplarnianych. Postępy w branży sprawiły, że akwakultura stała się znacznie bardziej zrównoważona i wydajna. Wydaje się, że powinna odgrywać ważną rolę ze względu na odporność na niezwykle zjawiska pogodowe na lądzie i mniejsze ilości generowanych emisji w porównaniu z tradycyjną hodowlą zwierząt lądowych. Zauważono, że hodowla bydła i innych zwierząt lądowych jako pożywienia zużywa znacznie więcej zasobów wodnych niż nowoczesna akwakultura i wytwarza większe ilości gazów cieplarnianych oraz ma większy ślad węglowy. Ponadto produkty akwakultury zastosowane w produkcji pasz dla zwierząt lądowych mogą zmniejszyć negatywny wpływ hodowli tych zwierząt na środowisko. Przykładowo według amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (EPA) pojedyncza krowa produkuje od 154 do 264 funtów metanu rocznie. Mieszanie niektórych rodzajów alg z paszą dla krów znacznie obniża produkcję metanu pochodzącego od tych zwierząt. Dodatek

około 0,2% czerwonych alg dziennie do pasz może obniżyć emisję metanu nawet o 98% u bydła. Liczne badania wykazują, że inne rodzaje alg obniżają emisję metanu bydła o 67% przy zaledwie 1% dodatku tych wodorostów do paszy. Innym pozytywnym aspektem akwakultury jest hodowla małży, które jako filtratory wody, usuwają zawiesinę, nadmiar substancji odżywczych oraz innych zanieczyszczeń z wody.

Te badania prowadzone na całym świecie wykazują nie tylko duże zainteresowanie nowoczesną akwakulturą, ale przede wszystkim znaczeniem tego sektora w walce ze zmianą klimatu i zanieczyszczeniami.

Literatura

Naylor, R.L., Hardy, R.W., Buschmann, A.H. et al. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature* 591, 551–563 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>

<https://www.epa.gov/snep/agriculture-and-aquaculture-food-thought>

https://www.denverwater.org/tap/whats-beef-water?size=n_21_n

MacLeod, M.J., Hasan, M.R., Robb, D.H.F. et al. Quantifying greenhouse gas emissions from global aquaculture. *Sci Rep* 10, 11679 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68231-8>

Shaughnessy, B. K., Almada A., Thompson K., Marvier M., Kareiva P. 2023: Are all benefits equal? An exploratory analysis of coastal perspectives of seafood farming expansion in the United States. *J World Aquac. Soc.* 1–16.

WŁADZE NORWESKIE ZATWIERDZIŁY GENETYCZNIE ZMODYFIKOWANY OLEJ RZEPAKOWY DO STOSOWANIA W PASZACH DLA RYB

*PRZEMYSŁAW CZERNIEJEWSKI, KRZYSZTOF FORMICKI,
AGATA KORZELECKA-ORKISZ, ADAM TAŃSKI, JAROSŁAW ŁOJKO*

Jednym z najważniejszych elementów technologii intensywnego chowu ryb jest ich żywienie, paszami o odpowiednim składzie zapewniającymi szybki wzrost hodowanych ryb oraz walory żywieniowe i smakowe produkowanych

ryb. Odpowiedni dobór surowców o zbilansowanym profilu aminokwasów oraz wysoka strawność sprawiają, że w paszach dla ryb łososiowatych wykorzystywane są surowce pochodzenia morskiego, co powoduje znaczny spadek ich zasobów. Norweski Urząd bezpieczeństwa Żywności (NFSA) zatwierdził olej omega – 3 Aquaterra australijskiej firmy Nuseed – olej wytwarzany z genetycznie zmodyfikowanego rzepaku (GM) - do stosowania w paszach dla ryb.



Fot. 4. Pelety paszowe dla ryb hodowlanych (fot. P. Czerniejewski)

Rzepak został genetycznie zmodyfikowany w celu wytworzenia długociągłych kwasów tłuszczowych omega-3, które są zwykle ekstrahowane z organizmów morskich. Rzepak (o unikalnym kodzie NS-B5Ø27-4) został opracowany jako lądowa alternatywa dla morskich kwasów tłuszczowych, głównie DHA. Olej może być stosowany wyłącznie do karmienia ryb i jest oceniany jako bezpieczny dla zdrowia i środowiska. Zarówno olej, jak i pasze muszą być oznaczone jako genetycznie zmodyfikowane. W ocenie NFSA stwierdza się, że wymóg, zgodnie z którym pasza musi być bezpieczna i nie może być szkodliwa dla zdrowia ludzi lub zwierząt, ani sprawiać, że żywność pochodzenia zwierzęcego nie nadaje się do spożycia przez ludzi, jest spełniony. Ponadto spełniony jest również wymóg, zgodnie z którym pasza nie może mieć negatywnego wpływu na środowisko (pełna informacja jest na stronie

www.mattilsnet.no). Według producenta zgoda jest ogromnym krokiem naprzód w uznaniu innowacji żywieniowych w rolnictwie. Dyrektor generalny firmy Nufarm Greg Hunt dodaje, że produkt jest nowatorskim i bardzo potrzebnym źródłem długołańcuchowych kwasów tłuszczowych omega-3. Wynika to z faktu, iż dzikie ryby są obecnie głównym źródłem tych składników odżywczych, ale rosnący popyt i zmiany klimatu zagrażają stabilności łańcucha dostaw, a również zasobom tych ryb.

Norwegia jest światowym liderem w produkcji łososia hodowanego, produkując ponad 1,6 miliona ton rocznie. Oleje omega-3 są niezbędne dla zdrowia i dobrostanu łososia hodowanego, więc ograniczona podaż oleju rybiego ogranicza rozwój przemysłu. Jeden do dwóch hektarów rzepaku Nuseed Omega-3 może wytworzyć tyle DHA, co 10 000 kilogramów dzikich ryb.

2. PRAWO W AKWAKULTURZE

WYBRANE POJĘCIA Z ZAKRESU PRAWA CYWILNEGO W USTAWIE O RYBACTWIE ŚRÓDLĄDOWYM

KINGA FLAGA-GIERUSZYŃSKA

Wstęp

Współczesne rybactwo śródlądowe jest nie tylko działalnością gospodarczą i ekologiczną, ale również obszarem, w którym przenikają się różne aspekty prawne, w tym z zakresu prawa cywilnego. Ustawa o rybactwie śródlądowym, regulująca zarówno zarządzanie zasobami rybnymi, jak i użytkowanie zbiorników wodnych, jest przykładem, jak prawo cywilne wpływa na działalność w tym sektorze. Niniejsza analiza ma na celu pokazanie na przykładach, w jaki sposób pojęcia prawa cywilnego, takie jak prawo własności, umowy, odpowiedzialność cywilna, czy prawo do użytkowania wód, które ma charakter cywilnoprawny, znajdują swoje odzwierciedlenie w ustawie o rybactwie śródlądowym.

W tym akcie prawnym szczególną uwagę poświęcono prawu własności zbiorników wodnych oraz prawom do eksploatacji zasobów rybnych, które są mają charakter cywilnoprawny, niezależnie od elementów administracyjno-prawnych, co jest kluczowe dla zrozumienia prawnych podstaw zarządzania rybstanem. Podobnie analiza umów w kontekście rybactwa śródlądowego, obejmująca zarówno dzierżawę terenów wodnych, jak i umowy sprzedaży ryb, pozwala na zrozumienie, jak prawo cywilne kształtuje relacje między różnymi podmiotami działającymi w tej branży. Podobnie odpowiedzialność cywilna w rybactwie śródlądowym, zwłaszcza w kontekście ochrony środowiska i przestrzegania przepisów dotyczących połowu, stanowi kolejny ważny element wpływu norm cywilnoprawnych na ten sektor gospodarki.

Ponadto prawo do użytkowania wód, a także uprawnienie do uzyskania zezwolenia na połów, są istotne dla zrozumienia, jak prawo cywilne reguluje dostęp do zasobów naturalnych i ich wykorzystanie. Rozważania te prowadzą również do kwestii dziedziczenia tych uprawnień oraz rozstrzygania sporów cywilnych w ramach rybactwa śródlądowego, co podkreśla złożoność i wielowymiarowość cywilnoprawnych aspektów tej działalności. Przez analizę tych kluczowych pojęć, praca ta ma na celu nie tylko wskazanie, jak prawo cywilne wpływa na rybactwo śródlądowe, ale również ukazanie, jak te regulacje wspierają zarówno ochronę praw jednostki, jak i ochronę środowiska naturalnego.

Pożytki

Zgodnie z art. 1 ust. 3 ustawy o rybactwie śródlądowym ryby i inne organizmy wodne żyjące w wodzie stanowią jej pożytki. W przepisie nie wskazano komu przysługują pożytki. Z tego względu znajdują tu zastosowanie postanowienia art. 263 ust. 2 Prawa wodnego, zgodnie z którym, do pobierania pożytków z wód w urządzeniu wodnym przeznaczonym do chowu lub hodowli ryb i usytuowanym na śródlądowych wodach płynących jest uprawniony jego właściciel (K. Gruszecki, Komentarz do art. 1 ustawy o rybactwie śródlądowym, Rybactwo śródlądowe. Komentarz, Warszawa 2020, Lex).

Jak stanowi art. 53 § 1 Kodeksu cywilnego pożytkami naturalnymi rzeczy są jej plody i inne odłączone od niej części składowe, o ile według zasad prawidłowej gospodarki stanowią normalny dochód z rzeczy. Natomiast pożytkami cywilnymi rzeczy są dochody, które rzecz przynosi na podstawie stosunku prawnego (art. 53 § 2 Kodeksu cywilnego). Z kolei pożytkami prawa są dochody, które prawo to przynosi zgodnie ze swym społeczno-gospodarczym przeznaczeniem (art. 54 Kodeksu cywilnego). W ustawie o rybactwie śródlądowym mowa o pożytkach naturalnych.

Plody rzeczy to kategoria odłączonych od niej części składowych, które są produktem wytworzonym przez rzecz bez uszczerbku dla substancji rzeczy macierzystej. Są to plody gruntu wytwarzane przez grunt za pomocą rośliny (np. drewno z lasu, owoce) oraz plody zwierząt (np. wełna, mleko, przychówek). Z kolei „inne odłączone części składowe”, np. kopaliny (np. glina, piasek, kamień). Ich pobieranie, w odróżnieniu od plodów rzeczy, wiąże się zwykle z naruszeniem substancji rzeczy macierzystej poprzez odłączanie jej części, często aż do wyczerpania. O pożytkach rzeczy można mówić dopiero wtedy, gdy są one normalnym dochodem z rzeczy (wyrok SN z dnia 31 marca 1987 r., I CR 287/86, LEX nr 936454). Dochód normalny to taki, który ma charakter stałych lub okre-

sowych przychodów, jakie rzecz przynosi według zasad prawidłowej gospodarki, chociażby nawet z uszczupleniem substancji rzeczy: owoce, płody rolne, jaja, mleko, przychówek inwentarza żywego czy kamień z kamieniołomu (orzeczenie SN z dnia 28 listopada 1950 r., C 355/50, OSN 1951/II, poz. 50).

Płody rzeczy i jej części składowe określa się jako pożytki dopiero po ich odłączeniu, gdyż dopiero z chwilą odłączenia zyskują status rzeczy mogących stanowić samodzielny przedmiot prawa (*fructus percepti*). Do momentu gdy np. owoce dojrzewają na drzewach lub piasek nie został odłączony od gruntu (*fructus percipiendi*), stanowią część składową, która dzieli los prawny rzeczy (art. 47 § 1 Kodeksu cywilnego) (S. Rudnicki, Komentarz do art. 53 Kodeksu cywilnego, teza nr 3 [w:] S. Dmowski, S. Rudnicki, Komentarz do Kodeksu cywilnego. Księga pierwsza. Część ogólna, wyd. X, Warszawa 2011, Lex). Pożytki w rozumieniu wymienionego przepisu nie oznaczają dochodu z prowadzonej na nieruchomości działalności gospodarczej. Podkreślić przy tym należy, że oceniając występujące w powołanym przepisie Kodeksu Cywilnego kryterium prawidłowej gospodarki warunkujące zaliczenie określonych dochodów do pożytków naturalnych pamiętać trzeba, że aspekt obiektywny winien być uzupełniony o element subiektywny, odnoszący się do poglądów i decyzji właściciela rzeczy. Ma on bowiem uprawnienie do decydowania o sposobie korzystania z rzeczy, w tym o zmianie jej przeznaczenia. W sytuacji, gdy zmiana charakteru korzystania z nieruchomości wynika z dopuszczonej prawem decyzji właściciela, to nie można mu zarzucić prowadzenia nieprawidłowej gospodarki, a tylko wówczas możliwa byłaby odmowa zaliczenia dochodów do pożytków w rozumieniu art. 53 § 1 Kodeksu cywilnego (wyrok NSA z dnia 9 grudnia 2021 r., I OSK 698/21, LEX nr 3344646).

Pojęcia „władający” i „posiadacz”

Zgodnie z art. 4 ust. 1 pkt 1 lit. a ustawy o rybactwie śródlądowym do chowu, hodowli lub połowu ryb uprawniony jest władający wodami w sztucznym zbiorniku wodnym przeznaczonym do chowu lub hodowli ryb i usytuowanym na publicznych śródlądowych wodach płynących. W myśl art. 4 ust. 1 pkt 1 lit. a ustawy o rybactwie śródlądowym do chowu, hodowli lub połowu ryb uprawniony jest właściciel albo posiadacz gruntów pod wodami stojącymi lub gruntów pod wodami, do których stosuje się odpowiednio art. 23 ust. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. - Prawo wodne, a także właściciel albo posiadacz gruntów pod stawami rybnymi lub innymi urządzeniami w gospodarstwie rolnym przeznaczonymi do chowu lub hodowli ryb.

Stosownie do art. 336 Kodeksu cywilnego posiadaczem rzeczy jest zarówno ten, kto nią faktycznie włada jak właściciel (posiadacz samoistny), jak i ten, kto nią faktycznie włada jak użytkownik, zastawnik, najemca, dzierżawca lub mający inne prawo, z którym łączy się określone władztwo nad cudzą rzeczą (posiadacz zależny). Władający (gospodarujący) gruntami będącymi własnością Skarbu Państwa lub samorządu terytorialnego ujawniani są obok właściciela na podstawie tytułu do władania. W polskim systemie prawnym przewiduje następujące rodzaje tytułów do władania: użytkowanie wieczyste, trwałe zarząd, zarząd, użytkowanie oraz tzw. inny rodzaj władania. Osobną kategorią są władający na zasadach posiadacza samoistnego.

Posiadanie w rozumieniu przepisów Kodeksu cywilnego jest szczególnym, pozostającym pod ochroną prawa, stanem faktycznym, z którym prawo wiąże wiele doniosłych skutków prawnych o zróżnicowanym charakterze, takich jak: nabycie prawa przez upływ czasu (zasiedzenie), nabycie roszczenia o przeniesienie własności zajętego pod budowę gruntu, nabycie roszczeń z tytułu posiadania rzeczy i inne (Gudowski Jacek (red.), Kodeks cywilny. Komentarz. Tom II. Własność i inne prawa rzeczowe, wyd. II, Warszawa 2016, Lex). Posiadanie polega na faktycznym władztwie, przez które rozumie się samą możliwość władania rzeczą. W konsekwencji skuteczne w sensie gospodarczym korzystanie z rzeczy (nieruchomości) nie jest konieczną przesłanką posiadania; dla istnienia posiadania bowiem nie jest konieczne rzeczywiste korzystanie z rzeczy, lecz sama możliwość takiego korzystania (wyrok SN z dnia 3 czerwca 1966 r., III CR 108/66, OSPiKA 1967, z. 10, poz. 234, z glosą A. Kunickiego).

Treścią posiadania jest władztwo nad rzeczą. Termin „władztwo” oznacza relację między człowiekiem a rzeczą, która polega na sprawowaniu kontroli nad tą rzeczą. W ujęciu ustawowym chodzi tu jednak o sposób władania rzeczą, który odpowiada uprawnieniom właściciela bądź innej osoby mającej, na podstawie stosunku cywilnoprawnego, inne prawo, z którym łączy się uprawnienie do władania rzeczą (B. Szolc-Nartowski, Komentarz do art. 336 Kodeksu cywilnego, teza nr 1 [w:] Balwicka-Szczyrba M. (red.), Sylwestrzak A. (red.), Kodeks cywilny. Komentarz aktualizowany, Warszawa 2023, Lex). W zależności od rodzaju woli (*animus*) posiadanie może być samoistne lub zależne. Posiadanie samoistne uprawnia posiadacza do wykonywania treści prawa własności zgodnie z art. 140 Kodeksu cywilnego. Posiadanie zależne zaś powinno być wykonywane zgodnie z treścią stosunku prawnego, który je ukonstytuował, zgodnie ze społeczno-gospodarczym przeznaczeniem rzeczy, a także zgodnie z zasadami współżycia społecznego. Podstawę posiadania zależnego najczęściej stanowi czynność prawna,

np. umowa najmu, użyczenia, dzierżawy, zastawu, ale też posiadanie może być efektem czynności sprzecznej z prawem, np. kradzież (złodziej jest też posiadaczem) (B. Sitek, Komentarz do 336 Kodeksu cywilnego, teza nr 7 [w:] Ciszewski J. (red.), Nazaruk P. (red.), Kodeks cywilny. Komentarz, Warszawa 2019, Lex).

Szkoda – podstawowa definicja

W ustawie o rybactwie śródlądowym ustawodawca posługuje się również pojęciami „szkoda” oraz „odszkodowanie”. W braku odmiennego przepisu ustawy lub postanowienia umowy, naprawienie szkody obejmuje straty, które poszkodowany poniósł, oraz korzyści, które mógłby osiągnąć, gdyby mu szkody nie wyrządzono (art. 361 § 2 Kodeksu cywilnego). Szkodą jest każdy uszczerbek w dobrach prawnie chronionych, z którym ustawa wiąże powstanie odpowiedzialności odszkodowawczej. Może on przybrać postać straty, którą poszkodowany poniósł w wyniku zdarzenia szkodzącego (*damnum emergens*) oraz utraconych korzyści (*lucrum cessans*). Strata wyraża się w zmianie stanu majątkowego poszkodowanego i może polegać na zmniejszeniu się jego aktywów przez utratę, ubytek lub zniszczenie poszczególnych składników majątku albo ich uszkodzenie lub utratę wartości, a także na zwiększeniu pasywów przez powstanie nowych zobowiązań lub zwiększenie już istniejących. Z kolei utrata korzyści polega na niepowiększeniu się majątku poszkodowanego, które nastąpiłoby, gdyby nie zaistniało zdarzenie wyrządzające szkodę. W orzecznictwie i w doktrynie przyjmuje się, że szkoda polegająca na nieuzyskaniu pożytków naturalnych i cywilnych, które rzecz przynosi, stanowi *lucrum cessans*. Jeżeli natomiast pobranie pożytków spowodowało zmniejszenie wartości rzeczy, wchodzi również w grę rzeczywisty uszczerbek, czyli *damnum emergens* (wyrok SN z dnia 10 października 2014 r., III CSK 238/13, OSNC 2015, nr 10, poz. 117). Utratą korzyści jest w szczególności szkoda polegająca na nieuzyskaniu pożytków naturalnych i cywilnych, które rzecz przynosi. Jeżeli na skutek pobrania pożytków wartość rzeczy ulegnie zmniejszeniu (np. na skutek pobrania piasku zmniejszy się wartość nieruchomości), stanowi to stratę poniesioną przez poszkodowanego (wyrok SN z dnia 31 marca 1987 r., I CR 287/86, LEX nr 936454). Ustalenie szkody w postaci utraconych korzyści ma charakter hipotetyczny i polega na przyjęciu na podstawie okoliczności, które wystąpiły po okresie spodziewanego zysku, że zysk w okresie poprzednim zostałby osiągnięty. Istotne znaczenie ma zatem zbadanie zachowania się poszkodowanego tak przed, jak i po nastąpieniu zdarzenia szkodzącego. Szkada taka musi być przez poszkodowanego wykazana z tak dużym prawdopodobieństwem, że uzasadnia ono w świetle doświadczenia

życiowego przyjęcie, że utrata korzyści rzeczywiście nastąpiła. Spodziewany zysk musi pozostawać w normalnym związku przyczynowym, czyli ma być bezpośrednim skutkiem zdarzenia powodującego szkodę (wyrok Sądu Najwyższego z dnia 8 listopada 2023 r., II CSKP 1413/22, LEX nr 3625148).

Zobowiązany do odszkodowania ponosi odpowiedzialność tylko za normalne następstwa działania lub zaniechania, z którego szkoda wynikła (art. 361 § 1 Kodeksu cywilnego). Związek przyczynowy między zdarzeniem wyrządzającym szkodę a szkodą określany jest mianem przyczynowości adekwatnej. O tym czy określone zdarzenia pozostają w wymaganym przez art. 361 § 1 k.c. normalnym związku przyczynowym decydują takie okoliczności, jak: wiedza dostępna o tych zdarzeniach w chwili orzekania przez sąd i zobiektywizowane kryteria wynikające z doświadczenia życiowego oraz zdobyczy nauki. Za normalne następstwa danego zdarzenia uważa się taki skutek, który „zazwyczaj”, „w zwykłym porządku rzeczy” jest konsekwencją tego zdarzenia, a zatem, jeżeli zdarzenie to „ogólnie sprzyja” jego wystąpieniu (wyrok Sądu Apelacyjnego w Krakowie z dnia 15 lipca 2015 r., I ACa 483/15, Lex).

Ustalenia istnienia i wielkości szkody dokonuje się za pomocą metody dyferencyjnej (różnicowej), która nakazuje przyjąć za szkodę różnicę między rzeczywistym stanem dóbr poszkodowanego z chwili dokonywania ustaleń a stanem hipotetycznym, jaki istniałby, gdyby do zdarzenia sprawczego nie doszło. Jej cechą charakterystyczną jest uwzględnienie wszelkich następstw określonego zdarzenia dla majątku poszkodowanego, a więc nie tylko bezpośrednich skutków dla poszczególnych dóbr, ale i dalszych konsekwencji dla wszelkich dóbr składających się na majątek poszkodowanego. Z kolei ustalenie uszczerbku w postaci *lucrum cessans* wymaga wykazania w konkretnym przypadku wysokiego stopnia prawdopodobieństwa utraty korzyści, chociaż nie jest konieczny dowód pewności wystąpienia (wyrok Sądu Apelacyjnego w Krakowie z dnia 15 lipca 2015 r., I ACa 483/15, Lex).

Podsumowanie

Podsumowując, analiza zastosowania pojęć prawa cywilnego w ustawie o rybactwie śródlądowym ujawnia znaczące powiązania między Kodeksem cywilnym a sektorem rybactwa. Pojęcie „pożytków”, odnoszące się do korzyści, jakie można uzyskać z rzeczy lub prawa, jest kluczowe w kontekście eksploatacji zasobów rybnych. Przykładowo, prawo do korzystania z zasobów wodnych i uzyskiwania z nich pożytków, takich jak ryby, jest ściśle regulowane, co odzwierciedla zasady prawa cywilnego dotyczące własności i użytkowa-

nia. Z kolei pojęcie „władającego”, odnoszące się do osoby faktycznie zarządzającej daną rzeczą lub prawem, znalazło swoje zastosowanie w określaniu, kto ma prawo do zarządzania zbiornikami wodnymi i zasobami ryb. To odniesienie ma kluczowe znaczenie dla ustalenia odpowiedzialności oraz uprawnień w kontekście zarządzania zasobami rybactwa śródlądowego. Natomiast „posiadacz” jako osoba faktycznie sprawująca władzę nad rzeczą, często pojawia się w kontekście praktycznego zarządzania obszarami rybackimi. W rybactwie śródlądowym posiadanie może odnosić się do faktycznego zarządzania obszarem połowowym lub zbiornikiem wodnym, co jest istotne dla egzekwowania wskazanych regulacji prawnych.

Te odniesienia do pojęć prawa cywilnego w ustawie o rybactwie śródlądowym podkreślają, jak integralną rolę prawo cywilne odgrywa w regulowaniu i zarządzaniu sektorem rybactwa śródlądowego. Wykazują one, że efektywne i zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych w rybactwie śródlądowym wymaga nie tylko znajomości specyficznych regulacji branżowych, ale również głębokiego zrozumienia i stosowania ogólnych zasad prawa cywilnego.

NOWOCZESNA AKWAKULTURA: PERSPEKTYWY I WYZWANIA DLA POLSKIEGO SEKTORA RYBACKIEGO W KONTEKŚCIE PAŃSTWOWEGO GOSPODARSTWA WODNEGO WODY POLSKIE

SZYMON SROCZYŃSKI

Sektor akwakultury, rybołówstwa i hodowli ryb w Polsce stanowi istotny element gospodarki, a zarządzanie zasobami wodnymi przez Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskiej (PGWWP) ma kluczowe znaczenie dla jego rozwoju. W niniejszym artykule przeanalizowano uwarunkowania prawne, środowiskowe, ekonomiczne i społeczne, które wpływają na te sektory oraz jaką rolę odgrywa PGWWP w kształtowaniu tych czynników.

Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskiej (PGWWP) jest kluczowym podmiotem zarządzającym zasobami wodnymi w Polsce. Jego rola obejmuje ochronę i gospodarowanie wodami, w tym również wód przeznaczonych do akwakultury. Prawo reguluje wiele aspektów akwakultury, rybołówstwa i hodowli ryb, od zasad hodowli po standardy bezpieczeństwa żywności. W Polsce kluczowym aktem prawnym regulującym sektor rybny jest ustawa

o Rybactwie Śródlądowym oraz ustawa Prawo Wodne. PGWWP, jako organ odpowiedzialny za zarządzanie zasobami wodnymi, jest zobowiązane do przestrzegania tych regulacji oraz do wspierania ich egzekwowania, co wpływa na sposób prowadzenia akwakultury i rybołówstwa w kraju. Ustawa Prawo Wodne ma bezpośrednie znaczenie dla sektora akwakultury, ponieważ reguluje ona korzystanie z zasobów wodnych, które są niezbędne do prowadzenia hodowli ryb i innych organizmów wodnych. Poniżej przedstawiam kilka kluczowych zależności pomiędzy Ustawą Prawo Wodne a akwakulturą:

- 1) Zezwolenia na korzystanie z zasobów wodnych: Zgodnie z Ustawą Prawo Wodne, prowadzenie akwakultury wymaga uzyskania odpowiednich zezwoleń na korzystanie z zasobów wodnych. Hodowla ryb często wymaga wykorzystania jezior, stawów, rzek czy zbiorników wodnych, a ich legalne użytkowanie regulowane jest przez przepisy prawa wodnego.
- 2) Ochrona jakości wód: Ustawa Prawo Wodne nakłada obowiązek ochrony jakości wód, co ma istotne znaczenie dla akwakultury. Hodowla ryb wymaga odpowiednich warunków środowiskowych, w tym czystości wody i odpowiedniego składu chemicznego. Działania zapobiegające zanieczyszczeniom oraz monitorowanie jakości wód mają kluczowe znaczenie dla zapewnienia zdrowia i wzrostu hodowanych ryb.
- 3) Ustalanie opłat za korzystanie z zasobów wodnych: Ustawa Prawo Wodne reguluje także kwestie finansowe związane z korzystaniem z zasobów wodnych, w tym określanie opłat za korzystanie z nich. Akwakultura często wiąże się z wykorzystaniem dużych ilości wody, dlatego też opłaty za jej użytkowanie mogą mieć istotny wpływ na ekonomiczną rentowność hodowli ryb.
- 4) Zarządzanie zasobami wodnymi: Ustawa Prawo Wodne określa zasady zarządzania zasobami wodnymi, co ma istotne znaczenie dla planowania przestrzennego oraz zrównoważonego wykorzystania wód w kontekście akwakultury. Działania te mogą wpływać na dostępność zasobów wodnych dla hodowli ryb oraz na możliwości rozwoju sektora akwakultury w poszczególnych regionach kraju.
- 5) Kontrola jakości wody i środowiska: Ustawa Prawo Wodne nakłada również obowiązek monitorowania jakości wody i środowiska wodnego, co ma kluczowe znaczenie dla utrzymania odpowiednich warunków hodowli ryb. Hodowla ryb jest wrażliwa na zmiany środowiskowe, dlatego też regularne badania i kontrola jakości wód są niezbędne dla zapewnienia zdrowia i wzrostu hodowanych ryb.



Fot. 5. Produkcja ryb łososiowatych (fot. P. Czerniejewski)

Środowisko wodne stanowi naturalne siedlisko dla hodowanych ryb, dlatego też jego jakość i zrównoważenie mają kluczowe znaczenie dla rozwoju sektora rybnego. PGWWP odpowiada za monitorowanie jakości wód oraz ochronę ekosystemów wodnych, co wpływa na możliwości hodowli ryb oraz rybołówstwa. Działania takie jak ochrona siedlisk naturalnych i zapobieganie zanieczyszczeniom mają istotny wpływ na długoterminowy rozwój sektora.

Aspekty ekonomiczne odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu sektora rybnego. PGWWP ma wpływ na ekonomiczną rentowność akwakultury i rybołówstwa poprzez zarządzanie opłatami za korzystanie z zasobów wodnych oraz przez promowanie innowacji technologicznych, które mogą zwiększyć efektywność produkcji rybnej. Ponadto, dostępność zasobów wodnych i warunki finansowe dla przedsiębiorców mają istotny wpływ na rozwój hodowli ryb i rybołówstwa.

Spółeczne akceptowanie sektora rybnego oraz jego rozwój zależą od wielu czynników, takich jak kultura, tradycja rybacka, czy świadomość społeczna. PGWWP spełnia zasadniczą rolę w edukacji społeczeństwa na temat roli akwakultury i rybołówstwa w zapewnianiu bezpieczeństwa żywnościowego oraz ochronie środowiska. Ponadto, dialog między sektorem rybnym a społecznością lokalną jest kluczowy dla zrozumienia potrzeb i obaw oraz budowania zrównoważonego rozwoju sektora.

Oto kilka kluczowych właściwości PGWWP, istotnych dla sektora akwakultury:

- 1) Czystość Wód: PGWWP monitoruje jakość wód, zapewniając, że są one odpowiednie do hodowli ryb i innych organizmów wodnych. Regularne kontrole zapobiegają zanieczyszczeniom i utrzymują wysoką jakość wody.

- 2) Dostępność Wód: Polska ma znaczne zasoby wód śródlądowych i morskich, które mogą być wykorzystane do akwakultury. PGWWP zarządza tymi zasobami, zapewniając równy dostęp dla hodowców ryb.
- 3) Zrównoważone Gospodarowanie: PGWWP promuje zrównoważone gospodarowanie zasobami wodnymi, co obejmuje również akwakulturę. Dbałość o równowagę ekosystemów wodnych jest kluczowa dla długoterminowego rozwoju sektora.

Wzrastające zapotrzebowanie na ryby i owoce morza oraz zmiany klimatyczne stawiają przed sektorem rybackim i akwakulturą nowe wyzwania i możliwości rozwoju. Oto najważniejsze aspekty rozwoju akwakultury w Polsce:

- 1) Zróżnicowanie gatunków: Polska może skorzystać z bogactwa różnorodnych gatunków ryb hodowlanych. Ograniczenie się do tradycyjnych gatunków, takich jak karp czy pstrąg, nie wyczerpuje potencjału sektora. Wprowadzenie nowych, eksperymentalnych gatunków może otworzyć nowe rynki i zwiększyć konkurencyjność.
- 2) Innowacje technologiczne: Wykorzystanie nowoczesnych technologii, takich jak automatyzacja, monitoring zdalny czy recykulacja wody, może zwiększyć efektywność i zrównoważona produkcja rybna. Inwestycje w badania i rozwój technologiczny są kluczowe dla przyszłego rozwoju sektora.
- 3) Współpraca międzynarodowa: Współpraca z innymi krajami, zwłaszcza tymi o rozwiniętych sektorach akwakultury, może przyczynić się do wymiany know-how, technologii i najlepszych praktyk. Partnerstwa międzynarodowe mogą przyspieszyć rozwój sektora i umożliwić eksport polskich produktów rybnych na nowe rynki.

Uwarunkowania prawne, środowiskowe, ekonomiczne i społeczne mają istotny wpływ na rozwój sektora akwakultury, rybołówstwa i hodowli ryb w Polsce. Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu tych czynników poprzez zarządzanie zasobami wodnymi, egzekwowanie przepisów prawnych, promowanie innowacji technologicznych oraz edukację społeczeństwa. Współpraca między sektorem rybnym a PGWWP jest kluczowa dla zapewnienia zrównoważonego rozwoju sektora oraz utrzymania równowagi między ekonomicznymi, społecznymi a środowiskowymi aspektami działalności rybnej. Akwakultura ma ogromny potencjał jako źródło wysokiej jakości, zrównoważonej żywności, zwłaszcza w kontekście rosnącego zapotrzebowania na ryby i owoce morza. Polska, dzięki bogatym zasobom wód i zaangażowaniu Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskiej, ma wyjątkową szansę na rozwój sektora akwakultury. Jednak-

że, aby w pełni wykorzystać ten potencjał, konieczne są inwestycje w innowacje technologiczne, zrównoważone gospodarowanie zasobami wodnymi oraz współpracę międzynarodową. Działania te pozwolą Polsce stać się liderem w produkcji rybnej i przyczynią się do wzrostu gospodarczego oraz zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego.

PLANY GOSPODAROWANIA WODAMI

SZYMON SROCZYŃSKI

Plany gospodarowania wodami to dokumenty, w których na podstawie przeprowadzonych analiz i obserwacji dokonano diagnozy stanu środowiska wodnego w Polsce. Stanowią one podsumowanie kilku lat pracy analitycznej, w ramach której szukano wszystkich informacji dotyczących wód i tego, jak działalność człowieka, sytuacja ekonomiczna kraju oraz zachodzące procesy gospodarcze i społeczne wpływają na ich stan. Punktem wyjścia do opracowania planów gospodarowania wodami jest charakterystyka sytuacji obecnej oraz analiza procesów społecznych, ekonomicznych i perspektyw rozwoju kraju.

Plany gospodarowania wodami to podsumowanie ogólnej oceny stanu środowiska wodnego z perspektywą na kolejne 6 lat. Plany są więc dokumentami, w których pokazano, jak ten obraz będzie się zmieniał w tym właśnie okresie. Podpowiadają, jakie działania należy podjąć, żeby stan środowiska wodnego poprawił się, bądź nie pogorszył, jeśli jest dobry.

Projekt opracowuje Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, natomiast nadanie tym dokumentom ostatecznego kształtu należy do ministra właściwego do spraw gospodarki wodnej, obecnie Ministra Infrastruktury. Plany gospodarowania wodami są przyjmowane w drodze rozporządzenia Ministra. Zgodnie z zapisami Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW) i ustawy Prawo wodne, plany gospodarowania wodami są poddawane przeglądowi i aktualizacji cyklicznie, co 6 lat.

Przygotowanie planów gospodarowania wodami wynika z RDW, przyjętej w 2000 roku przez państwa członkowskie Unii Europejskiej. Uznano, że gospodarowanie wodami i ochrona środowiska wodnego są tymi zagadnieniami, które muszą być organizowane na gruncie współpracy międzynarodowej, w oparciu o jednakowe wymagania. Ustalono, że woda jest na tyle cennym zasobem, że trzeba o nią zadbać dla kolejnych pokoleń oraz że działania na

rzecz ochrony wód będą skuteczne tylko wtedy, kiedy decyzje ich dotyczące będą podejmowane wspólnie przez wszystkie państwa członkowskie UE. Ten wspólny cel, jakim jest doprowadzenie wód wszystkich kategorii do zdefiniowanego w Dyrektywie dobrego stanu, musi być realizowany w oparciu o odpowiednie, wspólne zasady. Plany gospodarowania wodami są dokumentami, które z jednej strony pokazują, jaki państwo ma pomysł na dojście do tego celu, a z drugiej służą Komisji Europejskiej do weryfikacji, czy wdrażanie dyrektywy przebiega poprawnie.

Po raz pierwszy plany gospodarowania wodami zostały opracowane zgodnie z wymogami RDW w 2009 r. i przyjęte uchwałą Rady Ministrów 22 lutego 2011 r.

Aktualizacja PGW to nie tylko wypełnienie zapisów RDW i ustawy Prawo wodne, to przede wszystkim dążenie do:

- osiągnięcia lub utrzymania co najmniej dobrego stanu wód i ekosystemów od nich zależnych,
- poprawy stanu zasobów wodnych,
- poprawy możliwości korzystania z wód,
- zmniejszenia presji antropogenicznych i ich wpływu na stan wód,
- poprawy ochrony przeciwpowodziowej.

Pierwsza aktualizacja dokumentów (I aPGW, 2 cykl planistyczny) była prowadzona w latach 2010-2015. Za opracowanie dokumentów odpowiedzialny był Prezes Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej. Po opracowaniu, projekty dokumentów zostały poddane procedurze strategicznej oceny oddziaływania na środowisko i półrocznym konsultacjom społecznym.

18 października 2016 r. Rada Ministrów przyjęła aktualizację PGW w formie rozporządzeń.

W 2020 r. rozpoczęły się prace nad drugą aktualizacją planów gospodarowania wodami dla następujących obszarów:

- obszar dorzecza Wisły obejmujący, oprócz dorzecza Wisły znajdującego się na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, również dorzecza Słupi, Łupawy, Łeby, Redy oraz pozostałych rzek uchodzących bezpośrednio do Morza Bałtyckiego na wschód od ujścia Słupi, a także wpadających do Zalewu Wiślanego;
- obszar dorzecza Odry obejmujący, oprócz dorzecza Odry znajdującego się na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, także dorzecza Regi, Parsęty, Wieprzy, Ücker oraz pozostałych rzek uchodzących bezpośrednio do Morza Bałtyckiego na zachód od ujścia Słupi, a także wpadających do Zalewu Szczecińskiego
- obszar dorzecza Dniestru;

- obszar dorzecza Dunaju;
- obszar dorzecza Banówki;
- obszar dorzecza Łaby;
- obszar dorzecza Niemna;
- obszar dorzecza Pregoly,
- obszar dorzecza Świeżej.

Projekty dokumentów zostały poddane procedurze strategicznej oceny oddziaływania na środowisko, zgodnie z ustawą z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko. Podlegały także półrocznym konsultacjom społecznym (od 14 kwietnia do 14 października 2021 roku). 16 listopada 2022 r. Minister Infrastruktury przyjął II aktualizację planów gospodarowania wodami.

3. DOBROSTAN I CERTYFIKACJA RYB W AKWAKULTURZE

DOBROSTAN ZWIERZĄT W AKWAKULTURZE, JAKO WAŻNA ZASADA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

*PRZEMYSŁAW CZERNIEJEWSKI, KRZYSZTOF FORMICKI,
AGATA KORZELECKA-ORKISZ, ADAM TAŃSKI, JAROSŁAW ŁOJKO*

Intensywne systemy produkcji zwierzęcej, mogą skutkować problemami zdrowotnymi, wybuchami chorób oraz powszechnym stosowaniem antybiotyków i degradacją ekosystemów. Holistyczny plan rozwoju akwakultury podkreśla, że dobrostan zwierząt ma ogromne znaczenie dla ochrony ludzi i zwierząt w skali międzynarodowej. Wiedza w tym zakresie stale rośnie (m.in. ryb łososiowatych, karpia i tilapii), jednakże dla wielu gatunków nasza wiedza dotycząca dobrostanu innych hodowlanych zwierząt wodnych (m.in. krewek, krabów, raków) jest niewielka. Dobrostan ryb w akwakulturze jest przedmiotem coraz większego zainteresowania opinii publicznej w Europie, a tym samym coraz większego znaczenia dla hodowców ryb. Chociaż temat można uznać za kontrowersyjny, w szczególności ze względu na brak dostępnej wiedzy, istnieje jednak pilna potrzeba opracowania przez hodowców ryb, władze i naukowców kryteriów, podejść i praktyk w celu monitorowania i ochrony dobrostanu hodowanych ryb. W raporcie dla FAO (FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1189. Budapest) autorstwa: Segner, H., Reiser, S., Ruane, N., Rösch, R., Steinhagen, D. and Vehanen, T. 2019 pod tytułem „Welfare of fishes in aquaculture”, autorzy przedstawili opinię instytucji członkowskich EIFAAC – jako organu referencyjnego w dziedzinie rybołówstwa śródlądowego i akwakultury – na temat tego, w jaki sposób, biorąc pod uwagę obecny stan wie-

dzy naukowej, kwestie dobrostanu ryb mogą zostać włączone do wytycznych dotyczących najlepszych praktyk w akwakulturze. Sprawozdanie to, podobnie jak liczne krajowe wytyczne koncentrują się na kwestiach dobrostanu dorosłych ryb, poświęcając niewiele uwagi larwom i narybkowi. Jednakże wskazuje również najważniejsze zasady stanowiące podstawę racjonalnej akwakultury obejmującej przede wszystkim dobrostan ryb.



Fot. 6. Zagęszczenie ryb w basenie hodowlanym (fot. P. Czerniejewski)

Ważnym element tego systemu akwakultury stanowi ocena i monitorowanie dobrostanu ryb. W skład tego systemu wchodzi przede wszystkim szkolenie, z zakresu odpowiedniej wiedzy i doświadczenia personelu odpowiedzialnego za prowadzenie działalności związanej z akwakulturą. Bez doświadczonego i dobrze wyszkolonego personelu, nieodpowiednie dobrostan ryb może pozostać niewykryty lub może zostać wykryty zbyt późno. Obejmuje to również systemy alarmowe oparte na automatycznym monitoringu specyficznym dla obiektu oraz warunków środowiska wodnego, w którym odbywa się produkcja ryb. Ze względu na dużą liczbę gatunków ryb hodowanych w wodach słodkich i szeroko stosowanych różnych systemów akwakultury, w raporcie podano ogólne zalecenia, które mogą stanowić wytyczne dla dobrostanu ryb zarówno w warunkach dużych obiektów hodowlanych, ale również szereg parametrów fizjologicznych lub molekularnych może nadawać się do oceny dobrostanu ryb w warunkach laboratoryjnych. Mogą one jednak mieć mniejsze zastosowanie dla praktycznych warunków gospodarskich. Trwają badania nad rozwojem operacyjnych wskaźników dobrostanu (OWI) do monitorowania dobrostanu ryb, do użytku przez rolników lub lekarzy weterynarii. OWI są zdefiniowane jako wskaźniki, które

oceniają jakość środowiska chowu, stanowią ważne odzwierciedlenie dobrostanu i powinny być powtarzalne i porównywalne oraz stosunkowo niedrogie i łatwe do zmierzenia w gospodarstwie. Parametry jakości wody, takie jak temperatura, stężenie tlenu i całkowita zawartość amoniaku, mogą być używane jako wskaźniki OWI. Obserwacje behawioralne, takie jak spożycie paszy, aktywność przy pływaniu i zachowania ryb, również mogą być pomocne, ale trudniejsze do oszacowania. Wygląd zewnętrzny, taki jak kolor (nietypowe zmiany barwy ryb), wychudzenie (smukłość) lub karłowatość, zewnętrzne zmiany chorobowe i nadżerki płetw (wskaźnik płetw) mogą również być używane jako OWI. Dalsze wskaźniki mogą obejmować parametry produkcyjne, takie jak śmiertelność, tempo wzrostu i nieprawidłowości rozwojowe pojawiające się podczas chowu oraz jednorodność wzrostu. Co ważne, nie istnieje jedna skończona lista OWI, ale parametry te są specyficzne dla gatunków i systemów hodowlanych, a lista ta rozwija się wraz z rosnącym zrozumieniem potrzeb środowiskowych ryb i wymagań dotyczących dobrostanu. Oczywiście jest, że monitorowanie i ocena dobrostanu hodowanych ryb nie może opierać się na obserwacji pojedynczego parametru, ale wymaga integracji wielu parametrów. W praktyce hodowlanej, należy zastosować zestaw OWI, który łączy w sobie kilka aspektów środowiska chowu w gospodarstwie rybackim. W ostatnich latach kilka projektów badawczych wykazało, że kombinacje różnych wskaźników ma zasadnicze znaczenie dla monitorowania dobrostanu ryb hodowlanych. Obecnie trwają prace nad wykorzystaniem modeli komputerowych do integrowania różnych parametrów OWI do pracy ciągłej w systemach hodowlanych.

Literatura

- Segner, H., Reiser, S., Ruane, N., Rösch, R., Steinhagen, D. and Vehanen, T. 2019. Welfare of fishes in aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1189. Budapest, FAO.
- Ashley, P.J. 2007. Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science* 104, 199-235.
- Broom, D.M. 1986. Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal*, 142, p. 524.
- EFSA 2009. General approach to fish welfare and to the concept of sentience in fish1 Scientific. Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare. *The EFSA Journal* 954, 1-27.

CERTYFIKACJA W AKWAKULTURZE

BEATA WIĘCASZEK

Akwakultura odgrywa znaczącą rolę w światowym zaopatrzeniu w białko pochodzenia wodnego, dzięki rozwojowi technologii i przetwórstwa. Jej rola w wyżywieniu ludzkości tym bardziej będzie wzrastała, im mniej białka będzie pozyskiwane z naturalnych łowisk w oceanach i w wodach słodkich. Większość łowisk dzikich ryb jest już całkowicie wyeksploatowana, a dużą część nowego popytu zaspokaja właśnie akwakultura. Według FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 47% wszystkich ryb przeznaczonych do konsumpcji pochodzi obecnie z akwakultury. Spożycie ryb i bezkręgowców wzrasta, zarówno w Europie jak i na świecie. Głównym elementem rosnącej podaży są mięczaki i skorupiaki, które nadają się do hodowli oraz ryby słodkowodne z różnych kontynentów. Przewidywany wzrost populacji wraz z podnoszeniem się standardów życia spowoduje wzrost popytu na ryby i ich produkty. W celu uzyskania pewności, że ryby są hodowane w sposób odpowiedzialny, nie zagrażający środowisku, proces hodowli należy poddać procesowi certyfikacji.

Bardzo ceniony jest certyfikat ASC (Aquaculture Stewardship Council). ASC to międzynarodowy program certyfikacji środowiskowej dla hodowli ryb i skorupiaków. Aby produkt z ryb lub skorupiaków mógł być sprzedawany konsumentom z etykietą (green eco-label) ASC. Wszystkie firmy w łańcuchu dostaw muszą być certyfikowane przez niezależną jednostkę certyfikującą. Certyfikacja gwarantuje, że ryby są hodowane w sposób odpowiedzialny i umożliwia prześledzenie pochodzenia produktu od miejsca hodowli.

W zależności od gatunku ryb lub skorupiaków, lokalizacji i metody hodowli, certyfikacja ASC obejmuje różne kryteria. Kryteria te obejmują:

- sposób uzdatniania wody przed jej spuszczeniem z hodowli ryb,
- pasze dla ryb pochodzące z odpowiedzialnych źródeł,
- ochronę różnorodności biologicznej,
- ograniczenie stosowania antybiotyków.

Aby uzyskać certyfikat, należy prześledzić drogę ryb do ich źródła i wykazać, że metody hodowli są wysokiej jakości. Ponadto Marine Stewardship Council (MSC) — oznakowanie ekologiczne dla dzikich ryb i skorupiaków

— jest uważane za podstawowy wymóg certyfikacji ASC. Uzyskanie certyfikatu ASC to dowód zaangażowania firmy w odpowiedzialną i zrównoważoną hodowlę ryb. Umożliwia również wymaganą obecnie identyfikowalność produktu na rynku rybnym. W Polsce działają profesjonalne Biura Certyfikacji i Inspekcji Rolno-Spożywczych w celu usług dla przedsiębiorców prowadzących hodowlę ryb.



Fot. 7. Stawy ziemne do produkcji ryb w Goleniowie (P. Czerniejewski)

Nowością ostatnich lat jest coraz ściślejsza współpraca ASC i MSC. Organizacje MSC (Marine Stewardship Council) oraz ASC (Aquaculture Stewardship Council) opracowały wspólny standard dotyczący certyfikacji alg morskich. Standard ASC-MSC dotyczący alg morskich jest pierwszym z dwóch programów certyfikacji, łączących doświadczenie z zakresu zrównoważonego rybołówstwa i odpowiedzialnej akwakultury. Algi morskie to potoczna nazwa wodorostów – prostych roślin wodnych o miękkich ciałach. Do wodorostów najczęściej zaliczane są głównie duże glony (łac. algae, takie jak brunatnice, krasnorosty, watkowe i ramienice) czasem określane jako makroglony lub makroalgi. Komercyjnie zaliczane są również tzw. mikroalgi i cyjanobakterie, znane głównie jako suplementy diety, np. spirulina, chlorella. Algi morskie są coraz istotniejszym produktem na świecie. Stworzenie standardu promującego najlepsze praktyki firm z tego sektora, jest ważnym krokiem w kierunku ograniczenia ich wpływu na środowisko naturalne i zapewnienia, że pracownicy oraz społeczności lokalne zyskają na szybkim i odpowiedzialnym wzroście branży. Algi morskie możemy odnaleźć w szerokiej gamie produktów, włączając w to żywność, kosmetyki, leki i nawozy. Jest to cenny zasób dla przybrzeż-

nych społeczności rybackich, który jednocześnie wpływa na rosnący przemysł globalny. Algi morskie pochłaniają również znaczne ilości CO₂, pomagając regulować nasz klimat, a także są niezbędnym elementem siedlisk dla innych organizmów morskich i jednocześnie są naturalną ochroną wybrzeża przed erozją. Dlatego tak istotne jest, aby algi morskie były zbierane w sposób, który służy zarówno lokalnym społecznościom, jak i środowisku naturalnemu. Nowy standard oferuje odpowiedzialnym producentom alg szansę zdobycia międzynarodowego uznania za ich wysiłki. Koncentruje się on na minimalizacji ekologicznych i społecznych skutków działań związanych z produkcją alg. Pod względem środowiskowym firmy muszą wykazać, że utrzymują dzikie populacje alg morskich na stabilnym poziomie oraz aktywnie minimalizują swój wpływ na ekosystemy morskie. Jeśli chodzi o czynnik społeczny, firmy te muszą być zarządzane w skuteczny i społecznie odpowiedzialny sposób, dbać o swoich pracowników, współpracować z lokalną społecznością, będąc dobrymi i sumiennymi sąsiadami.

Standard ustanawia solidne i skuteczne ramy certyfikacji alg morskich w oparciu o naukową wiedzę i najlepsze praktyki branżowe. Ma on zastosowanie zarówno w nawiązaniu do dzikich zbiorów, jak i akwakultury alg morskich na całym świecie niezależnie od ich wielkości. Wypracowany standard dostarcza narzędzi do porównywania najlepszych praktyk oraz zachęca do wprowadzania ulepszeń.

Global G.A.P. Akwakultura obejmuje zarządzanie produkcją akwakultury koncentrując się na następujących kwestiach:

- ochrona środowiska i zrównoważony rozwój
- dobrostan ryb i gatunków morskich
- identyfikowalność paszy, narybku i stada lęgowego
- bezpieczeństwo i higiena pracy pracowników
- zdrowie i bezpieczeństwo wyrobów gotowych

Standard kontroli GLOBAL G.A.P. zapewnia producentom akwakultury wysoki poziom przejrzystości i uczciwości poprzez identyfikację statusu produktu w całym łańcuchu produkcji i dostaw, od gospodarstwa do sprzedawcy detalicznego. Standard akwakultury GLOBAL G.A.P. dotyczy różnorodnych ryb, skorupiaków i mięczaków oraz obejmuje wszystkie gatunki hodowlane. System ten obejmuje cały łańcuch produkcyjny, od rozrodu po hodowlę, zbiór i przetwarzanie. Właścicielem certyfikatu mogą być producenci indywidualni i grupy producentów. Certyfikat Global G.A.P. jest ważny przez 1 rok. W celu odnowienia certyfikatu producent powinien co roku złożyć do jednostki wnio-

sek aplikacyjny. Więcej informacji i wymagań standardu oraz dokumentację znajduje się na stronie internetowej administratora systemu: GLOBALG.A.P.: <http://www.globalgap.org/> (https://www.globalgap.org/uk_en/for-producers/globalg.a.p./integrated-farm-assurance-ifa/aquaculture/index.html)

Ważnym certyfikatem dla akwakultury dla rybołówstwa i akwakultury jest ISO TC 234. Został opracowany przez ISO i w 2007 opublikowany przez Komitet Techniczny ISO w celu poprawy standaryzacji rybołówstwa i akwakultury. Zakres obejmuje warunki fizyczne, chemiczne i biologiczne, monitorowanie środowiska, raportowanie danych i identyfikowalność.

Seria certyfikatów ISO TC 234 Standard obejmuje wiele standardów lat. Do tej pory opublikowano standardy:

- ISO 12875: 2011 - możliwość śledzenia od źródła do konsumpcji,
- ISO 12877: 2011 - weryfikacja identyfikowalności od źródła do konsumpcji,
- ISO 12878: 2012 - środowiskowy monitoring efektów hodowli ryb morskich z miękkim dnem

Naturalne dzikie połowy są standardem. Ryby żebrowane.

Główne cele ISO TC 234, to promowanie zrównoważonego rozwoju sektorów rybołówstwa i akwakultury; poprawa specyfikacji sprzętu technicznego dostosowanego do lokalnego środowiska; poprawa nadzoru i zarządzania zasobami morskimi; zwiększenie bezpieczeństwa pracowników.

Ważnym elementem certyfikacji jest utrzymywanie dobrostanu zwierząt. Ryby utrzymywane w gospodarstwie rybackim są istotami czującymi (Ustawa o Ochronie Zwierząt z 2009 roku), a ich hodowla wiąże się z etyczną odpowiedzialnością za zapewnienie ich dobrostanu. Kwestia traktowania ryb jest wyjątkowo ważna w tym roku (2024), kiedy Komisja Europejska dokonuje przeglądu legislacji dla zwierząt tzw. hodowlanych i pojawia się możliwość wprowadzenia zmian i zapisów dla ryb. O ryby należy dbać za pomocą odpowiednich środków zapobiegawczych i wspomagających, w pełni uwzględniając potrzeby danego gatunku ryb. Należy zapobiegać bólowi, niepokojowi, cierpieniu, występowaniu chorób, śmierci, stresowi, agresji i zaburzeniom zachowań oraz je minimalizować, jednocześnie możliwie jak najbardziej zwiększając skalę naturalnych zachowań i pozytywnego dobrostanu. Opracowany i wdrożony w 2015 r. Kodeks Dobrej Praktyki Rybackiej w Chowie i Hodowli Ryb, w ciągu ośmiu lat funkcjonowania dobrze przysłużył się popularyzacji idei wdrażania dobrych praktyk w sektorze akwakultury. Obejmuje on przede wszystkim zagadnienia ochrony zdrowia ryb. Bardzo istotnym elementem nadzoru nad stanem zdrowia ryb jest regularne prowadzenie badań klinicz-

nych przez lekarza weterynarii.. Każde gospodarstwo rybackie zajmujące się chowem ryb podlega nadzorowi ze strony powiatowego lekarza weterynarii, a tym samym kontrolom spełniania wymagań weterynaryjnych. Hodowcy ryb mają także właścicielski obowiązek prowadzenia nadzoru stanu zdrowia ryb. Ponadto, bardzo istotne są jakość wody i czynności wykonywane wobec ryb, w kontekście dobrostanu ryb na wszystkich etapach życia i praktyk hodowlanych. Innymi czynnikami istotnymi w kontekście dobrostanu ryb i prawidłowej hodowli ryb są również np. transport, ubój, systemy karmienia, warunki utrzymywania i systemy hodowli.

Wytyczne dotyczące jakości wody i czynności wykonywanych wobec ryb są przydatne dla podmiotów sektora akwakultury oraz właściwych organów. Uwzględniono w nich czynniki i parametry, które są wspólne dla wszystkich gatunków. Część poświęcona każdemu z nich zawiera:

- sekcję zawierającą powiązane postanowienia zawarte w zaleceniu Rady Europy dotyczącym ryb hodowlanych; zalecenie przyjął w dniu 5 grudnia 2005 Stały Komitet Europejskiej konwencji o ochronie zwierząt hodowlanych i gospodarskich i weszło ono w życie w dniu 5 czerwca 2006;
- sekcję zawierającą wytyczne dotyczące dobrych praktyk w zakresie dobrostanu zwierząt, opracowane przez dobrowolną grupę ds. ryb utworzoną z własnej inicjatywy. Wytyczne opracowała w 2020 dobrowolna grupa ds. ryb utworzona z własnej inicjatywy w ramach unijnej platformy ds. dobrostanu zwierząt ustanowionej decyzją Komisji 2017/C 31/12 (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej C 31).

ZALECENIA GŁÓWNEGO LEKARZA WETERYNARII W SPRAWIE DOBROSTANU RYB

*PRZEMYSŁAW CZERNIEJEWSKI, KRZYSZTOF FORMICKI,
AGATA KORZELECKA-ORKISZ, ADAM TAŃSKI, JAROSŁAW ŁOJKO*

Traktat o funkcjonowaniu Unii Europejskiej uznaje ryby za istoty zdolne do odczuwania i stanowi, że tworząc i wdrażając swoje strategie polityczne dotyczące rybołówstwa, Unia i jej państwa członkowskie w pełni uwzględniają wymogi w zakresie dobrostanu zwierząt. Środki służące rozwojowi zrównoważonej akwakultury muszą brać pod uwagę potrzebę ograniczenia do minimum poziomu stresu spowodowanego intensywnością hodowli lub transportem.

Powinny także poszukiwać mniej brutalnych metod uboju, jak również ogólnie sprzyjać dobrostanowi ryb. W związku z tym Główny Lekarz Weterynarii wydał zalecenia dotyczące dobrostanu ryb:

Zalecenia dotyczące uśmiercania ryb w punktach sprzedaży detalicznej

Uśmiercanie ryb powinno odbywać się w sposób humanitarny, uwzględniający specyfikę tej gromady kręgowców. Zgodnie z raportem EFSA (Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności) do humanitarnych metod ogłuszenia ryb należą metody mechaniczna i elektryczna. Zalecaną metodą jest **uderzenie w część czołową czaszki lub poddanie działaniu prądu elektrycznego powodujące utratę przytomności w połączeniu z uszkodzeniem ośrodkowego układu nerwowego lub przerwaniem rdzenia kręgowego albo dekapitacją.**

Zabronione jest uśmiercanie zwierząt kręgowych, a więc również ryb, w obecności dzieci (art. 34 ust. 4 pkt 2 ustawy o ochronie zwierząt). Jest to zakaz bezwzględny, zagrożony sankcją karną z art. 35 ustawy. W związku z tym, miejsce ogłuszania i uśmiercania ryb w punktach sprzedaży detalicznej powinno być osłonięte lub wydzielone tak, aby uniknąć udziału i obecności osób postronnych.

Zalecenia dotyczące personelu

- ukończone 18 lat,
- doświadczenie przy hodowli i/lub chowie ryb albo odbyte szkolenie z zakresu dobrostanu, ogłuszania i uśmiercania ryb (np. szkolenie stanowiskowe)
- w przypadku dystrybucji ryb z udziałem pośrednika, zapewnia on aby sprzedawca końcowy był przeszkolony z zakresu dobrostanu, ogłuszania i uśmiercania ryb.

Zalecenia dotyczące warunków przetrzymywania żywych ryb

- baseny – szczelne, o gładkich ścianach i gładko zakończonych krawędziach,
- woda – czysta, natlenowana lub napowietrzana; wymiana 1/3 objętości wody basenu co 12 godzin,
- zagęszczenie – maksymalne zagęszczenie przy stosowaniu natlenowania wody 1 kg masy ryby/l wody,

Ryby bez widocznych uszkodzeń – ryby, które posiadają rany i inne uszkodzenia ciała powinny być uśmiercane niezwłocznie po przybyciu do sklepu.

Zalecenia dotyczące opakowań stosowanych do przenoszenia ze sklepu żywych ryb przez odbiorców detalicznych

W przypadku braku możliwości uboju ryby przed sprzedażą, opakowanie stosowane do przenoszenia ze sklepu żywych ryb przez konsumenta końcowego powinno zawierać wodę. Podstawowe znaczenie ma zapewnienie rybie możliwości przyjęcia naturalnej pozycji, dlatego kluczowym jest rozmiar opakowania, tak aby ryba nie znajdowała się w nienaturalnej pozycji lub nie była wygięta bez możliwości zmiany pozycji - dotyczy to w szczególności pojemników o sztywnych ścianach, chociaż także ma znaczenie w przypadku foliowych toreb. Z uwagi na brak możliwości stałego napowietrzania ilość wody w opakowaniu powinna być co najmniej w stosunku 1:2 masy karpia do objętości wody.

Zalecenia dla odbiorców detalicznych dotyczące przenoszenia żywych ryb po ich zakupie w sklepie

- czas przenoszenia żywej ryby z miejsca zakupu do domu był jak najkrótszy,
- opakowania indywidualnie używane przez klienta w celu przenoszenia ryby żywej spełniały wymagania podane powyżej.

Należy przy tym podkreślić, iż jakość surowca (cechy organoleptyczne, wartość odżywcza i zdrowotna) w dużym stopniu zależą od techniki produkcji i poziomu dobrostanu ryb.

4. EKONOMICZNE ASPEKTY PRODUKCJI RYBACKIEJ

EKONOMIKA RYBACKA A ROZWÓJ AKWAKULTURY – DZIŚ I W PRZYSZŁOŚCI

MAREK TRELLA

Gospodarka rybacka i akwakultura to dziedzina rybactwa z dość złożoną formą zbudowaną z wielu elementów, takich jak: rybołówstwo komercyjne i rekreacyjne (wędkarstwo) oraz właściwie prowadzona gospodarka zarybieniowa, a w przypadku akwakultury produkcja w stawach czy systemach recyrkulacyjnych (RAS - Recirculatory Aquaculture System). Efektywna gospodarka zarybieniowa jest kluczowym elementem gospodarki rybackiej, gdyż jednym z jej najważniejszych celów jest utrzymanie lub zwiększenie liczebności populacji cennych gospodarczo gatunków ryb do poziomu, który sprawia, że prowadzenie takiej gospodarki jest opłacalne ekonomicznie (Mickiewicz i Wołos 2011, Zakęś i Demska-Zakęś 2011, Trella 2022). Jednak zarybienia są też ważne z ekologicznego punktu widzenia, szczególnie w zakresie zachowania bioróżnorodności, jest to również element akwakultury zachowawczej, nastawionej na produkcję materiału zarybieniowego (Diana 2009). Efektywna gospodarka zarybieniowa musi spełniać trzy podstawowe warunki: musi być ekologicznie dopuszczalna (bezpieczna), a jednocześnie pożądana społecznie i ekonomicznie wykonalna (Leopold i Bnińska 1992, Turkowski 2006, Mickiewicz i Wołos 2011, Trella 2022).

Produkcja materiału zarybieniowego w akwakulturze w ostatnich latach jest coraz powszechniejsza, gdyż woda używana do produkcji jest recyrkulowana i ponownie wykorzystywana, co zmniejsza znacznie zużycie wody, ale także pozwala na wychwytywanie odpadów, pomaga także utrzymać stabil-

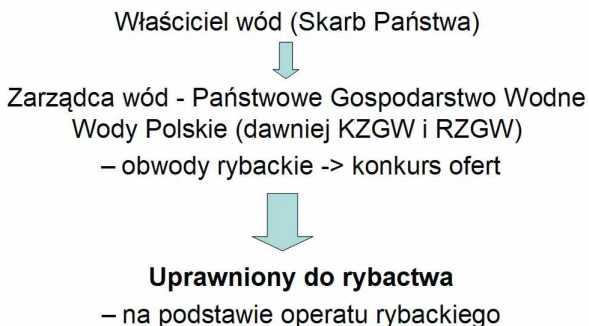
na temperaturę, co pozwala na stworzenie optymalnych warunków różnym gatunkom ryb (Szczepkowski i in. 2012, Budzich-Tabor i in. 2018, Trella 2022). Gatunkami, na które jako pierwsze zwrócono uwagę, jako najbardziej cenne, gdzie konieczny jest rozwój wylęgarnictwa, aby je chronić były ryby łososiowate, tj. łosoś atlantycki (*Salmo salar*) i troć (*Salmo trutta m. trutta*) (Zakęś i Demska-Zakęś 2011, Trella 2022). W okresie późniejszym w polskich wylęgarniach produkowano głównie materiał zarybieniuowy szczupaka i ryb siejowatych, a w ostatnich latach, dzięki upowszechnieniu technologii RAS, głównie opanowaniu biotechnik rozradzania tych gatunków, wzrosła produkcja materiału zarybieniuowego karpowatych ryb reofilnych (Krejszeff i Cejko 2021, Zakęś i Rożyński 2021, Zakęś i Demska-Zakęś 2022). Możliwość kontrolowania i sterowania czynnikami środowiskowymi w RAS umożliwiła opracowanie kompleksowych protokołów kontrolowanego rozradzania tzw. trudnych gatunków, wymagających zastosowania stymulacji środowiskowej (głównie termicznej) i hormonalnej (np. sandacz (*Sander lucioperca*)) i biotechnik intensywnego podchowu wylęgu i/lub narybku gatunków cennych gospodarczo (np. sieja (*Coregonus lavaretus*), szczupak (*Esox lucius*)) (Szczepkowski 2011, Zakęś i Szczepkowski 2015, Zakęś 2017).

Akwakultura, czyli wylęgarnictwo i larwikultura oraz późniejsze podchowanie narybku to zadania, którego podejmują się użytkownicy wód zarządzający obwodami rybackimi albo wyspecjalizowane ośrodki zarybieniuowe, które tworzą bardzo prężną w naszym kraju branżę, o czym świadczy teren województwa warmińsko-mazurskiego, gdzie w 2009 roku działało 27 obiektów wylęgarniczo-podchowalniczych. Wg danych z 2019 roku w ramach chowu i hodowli ryb funkcjonuje m.in. 798 obiektów produkcji ekstensywnej oraz 115 obiektów produkcji intensywnej, a działalność wylęgarniczo-podchowalniczą prowadzi 97 obiektów (Strategia zrównoważonego rozwoju wsi rolnictwa i rybactwa 2030). W ostatnich 20 latach, po włączeniu Polski w struktury Unii Europejskiej i efektywnym wykorzystaniu środków pomocowych, wiele podmiotów sektora rybackiego wdrożyło technologię RAS. Z dostępnych danych wynika, że w 2011 roku łączna kubatura systemów RAS wynosiła ok. 7,7 tys. m³, a w 2021 roku wzrosła ona do poziomu 103,7 tys. m³ (Zakęś i Demska-Zakęś 2022, Myszkowski 2023). Odnotować należy, że technologia ta znalazła zastosowanie przede wszystkim w obiektach zajmujących się inkubacją ikry i produkcją materiału zarybieniuowego (głównie wylęgu) (Zakęś i Partyka 2013). Materiał taki może być wykorzystywany bezpośrednio do zarybień wód otwartych, bądź też jako materiał obsadowy stawów, w których

może być podchowrywany do stadium narybku letniego lub jesiennego. Zastosowanie zintegrowanej metody „RAS → stawy” umożliwia odpowiednie przygotowanie stawów do zarybień (np. nawożenie), ich obsadzenie pod tzw. „liczbę”, co przyczynia się do istotnego zwiększenia wydajności produkcji i unifikacji wielkości wyprodukowanego materiału (Zakęś 2017).

Polski system zarybiania wód otwartych oparty jest na tym, że za realizację zarybień odpowiedzialni są użytkownicy rybaccy, czyli uprawnieni do rybactwa, nad którymi nadzór prowadzi państwo w postaci zarządcy wód jakim obecnie są „Wody Polskie” (rys.1) Gospodarka zarybienkowa, podobnie jak inne rodzaje gospodarki, musi być prowadzona zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, zwanego też ekorozwojem (Mickiewicz i Wołos 2011). Jednym z przykładów jest zarybianie szczupakiem. Daje to wiele pozytywnych rezultatów, od najbardziej oczywistego, czyli zwiększenia ilości tego gatunku w zarybianych akwenach, zwiększania atrakcyjności wędkarskiej (Wołos 2000), a także pozytywną odpowiedź ekologiczną poprzez regulację ichtiofauny (Leopold i in. 1998), co w efekcie może prowadzić do poprawy jakości wody (Mehner i in. 2004). Materiał zarybienowy szczupaka był też regularnie stosowany w biomanipulacjach przeprowadzanych w celu poprawy jakości wody poprzez eliminację drobnych ryb karpowatych (Skov i Nilsson 2007, Winfield 2015). Dlatego zarybianie te mają największe znaczenie w jeziorach średnio lub silnie zaburzonych i zagrożonych degradacją (Bnińska 1996), a w takim właśnie stanie znajduje się coraz więcej jezior.

POLSKI SYSTEM ZARYBIANIA WÓD OTWARTYCH



Rys. 1. Schemat przedstawiający system zarybień wód otwartych w Polsce.

Szczupak, który jest gatunkiem najbardziej preferowanym przez wędkarzy, zaś w całkowitej wartości ryb odławianych przez rybaków od lat mieści się w czołówce wraz z węgorzem (*Anguilla anguilla*) i sielawą (*Coregonus albula*) (Wołos 2020, Trella 2022), i obecnie dominuje wśród gatunków, którymi zarybiane są jeziora, rzeki i zbiorniki zaporowe w Polsce (Mickiewicz i Trella 2017, 2019, Trella i in. 2019, Trella 2022). Oczywiście w produkcji akwakultury zachowawczej działa prawo popytu i podaży, determinowane uwarunkowaniami legislacyjnymi, środowiskowymi, ekonomicznymi i technologicznymi. W rezultacie zmieniają się wskaźniki ilościowe i jakościowe. W latach 2004-2019 wartość produkcji akwakultury zachowawczej wzrosła ponad 3-krotnie. Zmieniły się również wskaźniki jakościowe. W 2004 roku dominowała produkcja materiału zarybieniowego ryb drapieżnych (głównie szczupaka i sandacza), która stanowiła ok. 94% jej całkowitej wartości finansowej. Natomiast w 2019 roku istotnie wzrosła produkcja materiału zarybieniowego karpiowatych ryb reofilnych, do 14% całkowitej wartości finansowej (w 2004 roku – 4%). Udział finansowy produkcji materiału ryb drapieżnych w tym roku obniżył się do poziomu 78% wartości całkowitej (Zakęś i Rożyński 2021, Zakęś i Demska-Zakęś 2022). Wykorzystywanie w akwakulturze zachowawczej tarlaków hodowlanych potencjalnie zmniejszyłoby zapotrzebowanie na dzikie tarlaki. Jednak brak opracowanych kompleksowych, zamkniętych, efektywnych, stawowych biotechnik hodowlanych, od wylęgu do tarlaka, praktycznie wszystkich analizowanych w tym opracowaniu gatunków, w zasadzie wymusza rozradzanie dzikich reproduktorów. Co istotne, dotyczy to też gatunków dominujących w zarybieniach, tj. szczupaka i sielawy, od których produkty płciowe nadal pozyskuje się głównie w tzw. warunkach polowych. Podkreślić też należy, że wiedza o stymulacji środowiskowej i hormonalnej rozrodu szczupaka, sielawy i siei jest bardzo fragmentaryczna i dalece niekompletna, w praktyce niestosowana (np. Zakęś i in. 2018).

Gospodarstwa akwakultury, wsparte merytorycznie przez jednostki naukowe, powinny wychodzić z inicjatywą opracowywania i wdrażania tego typu innowacji (tworzenie stad tarłowych), aby gospodarka rybacka była postrzegana jako bardziej racjonalna (Trella 2022). Zastosowanie tego rodzaju innowacji z akwakultury zachowawczej może skutkować nie tylko niższym zapotrzebowaniem na tarlaki, ale również uzyskaniem jakościowo lepszego materiału zarybieniowego. Jednak metody te wymagają nie tylko większego doświadczenia hodowcy, nakładu pracy, ale i większych środków finansowych (Mickiewicz 2016, Trella 2022). Dobrym przykładem tego, jak cena materiału wpływa na decyzje gospodarstw rybackich jest obecnie prowadzona go-

spodarka się ją (Trella i in. 2019, 2022). Spadek zarybień się ją spowodowany jest głównie przez bardzo wysoką cenę materiału zarybienowego, a gospodarstvom rybackim bardziej opłaca się łowić i zarybiać wody sielawą (Trella 2022). Nakłady na zarybienia sielawą zwracają się w największym stopniu po 2 latach, a nie po trzech, czterech, jak to jest w przypadku siei. Sytuacja ta determinowana jest w dużej mierze dostępnością (podażą) materiału zarybienowego tych gatunków, co oczywiście wpływa na jego cenę.

Podsumowując zagadnienia dotyczące ekonomiki rybackiej oraz rozwoju akwakultury warto podkreślić, że prawidłowo prowadzona eksploatacja rybacka i zarybienia, wspomagane rozwojem akwakultury w tym zakresie, to podstawa prowadzenia racjonalnej gospodarki rybackiej dziś i w przyszłości. Racjonalność tą nakładają na uprawnionego do rybactwa nie tylko obowiązki (zapisy ustawowe czy poprawnie napisany operat rybacki), ale również interes ekologiczny, ekonomiczny i społeczny.

Literatura

- Bnińska M. 1996. Zasady gospodarki rybackiej w jeziorach podlegających przyspieszonej eutrofizacji: Sandacz, gospodarka rybacka, eutrofizacja (Red. Wołos A.), Wyd. IRS Olsztyn:13-22.
- Budzich-Tabor, U.; Rigaud, A.; da Silva, S.G.; van de Walle, G. 2018 - Integrating Aquaculture within Local Communities - European Commission, Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, Director-General, Brussels, Belgium.
- Krejszef S., Cejko B.I 2021- Produkcja wylęgu reofilnych ryb karpiowatych w oparciu o biotechnikę kontrolowanego rozrodu – W: Akwakultura jako narzędzie ochrony ichtiofauny (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś. Wyd. IRS, Olsztyn: 11-27.
- Leopold M., Bnińska M. 1992 - Gospodarka rybacka a ekorozwój - Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 401: 73-79.
- Leopold M., Bnińska M., Wołos A., Mickiewicz M. 1998 - Znaczenie, stan i uwarunkowania rozwoju rybactwa jeziorowego w Polsce (Red.) A. Wołos. Wyd. IRS, Olsztyn, 43 s.
- Mehner T., Arlinghaus R., Berg S., Dorner H., Jacobsen L., Kasprzak P., Koschel R., Schulze T., Skov C., Wolter C., Wysujack K. 2004 – How to link biomanipulation and sustainable fisheries management: a step-by-step guideline for lakes of the European temperate zone – Fish. Manage. Ecol. 11: 261-275.
- Mickiewicz M. 2016 – Ekologiczne, ekonomiczne i społeczne aspekty rybacko-wędkarskiego gospodarowania szczupakiem *Esox lucius* L. – Komun. Ryb. 3: 20-26.

- Mickiewicz M., Trella M. 2017 – Zarybienia szczupakiem (*Esox lucius*) i ich efekty w wodach obwodów rybackich na podstawie kwestionariuszy RRW-23 z lat 2006-2015 - W: Wylęgarnictwo a dywersyfikacja produkcji akwakultury (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wyd. IRS, Olsztyn: 273-287.
- Mickiewicz M., Trella M. 2019 - Economic effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking based on the example of selected lakes in East European Plain with consideration of their natural conditions – Fish. Aquat. Life 27(3): 136-148.
- Mickiewicz M., Wołos A. 2011 – Species, type, and value of stocking material released into Polish lakes from 2001 to 2009 – W: Fish management in a variable water environment (Red.) M. Jankun, G. Furgała-Selezniow, M. Woźniak, A.M. Wiśniewska. Wyd. UWM, Olsztyn: 65-76.
- Skov C., Nilsson P.A. 2007 – Evaluating stocking of YOY pike *Esox lucius* as a tool in the restoration of shallow lakes – Freshwat. Biol. 52(9): 1834–1845.
- Szczepkowski M. 2011 – Możliwości intensywnego chowu siei (*Coregonus lavaretus*) - W: Nowe gatunki w akwakulturze – rozród, podchow, profilaktyka (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska. Wyd. IRS, Olsztyn: 53-63.
- Szczepkowski M., Zakęś Z., Kapusta A., Szczepkowska B., Hopko M., Jarmołowicz S., Kowalska A., Kozłowski M., Partyka K., Piotrowska I., Wunderlich K. 2012 – Growth and survival in earthen ponds of different sizes of juvenile pike reared in recirculating aquaculture systems – Arch. Pol. Fish. 20: 267-274.
- Trella M. 2022 – Wpływ zmian klimatycznych i gospodarki zarybieniowej na efektywność gospodarki rybackiej na podstawie informacji uzyskanych od rybackich użytkowników wód. Praca doktorska. IRS, Olsztyn, 229 s.
- Trella M., Czerwiński T., Wołos A. 2019 - Determinants of fisheries management in dam reservoirs in Central-Eastern Europe under the influence of climate change – Fish. Aquat. Life 27: 208-223.
- Turkowski K. 2006 - Rozwój zrównoważony a rybactwo śródlądowe - W: Rybactwo, wędkarstwo, ekorozwój (Red.) A. Wołos. Wyd. IRS, Olsztyn: 9-19.
- Winfield I.J. 2015 – Eutrophication and freshwater fisheries – W: Freshwater fisheries ecology (Red.) J.F. Craig. Wyd. John Wiley & Sons, Ltd.
- Wołos A. 2000 - Ekonomiczne znaczenie wędkarstwa w gospodarstwach uprawnionych do rybackiego użytkowania jezior - Arch. Ryb. Pol. 8, 54 s.
- Wołos A. 2020 - Wielkość i charakterystyka odłowów szczupaka w ujęciu wieloletnim – Komun. Ryb. 6: 9-16.
- Zakęś Z. 2017 – Chów i hodowla sandacza – Wyd. IRS, Olsztyn, 212 s.

- Zakęś Z., Demska-Zakęś K. 2011 – Hatchery practice in the context of biodiversity of aquatic ecosystems – W: Fish management in a variable water environment (Red.) M. Jankun, G. Furgała-Selezniow, M. Woźniak, A. M. Wiśniewska. Wyd. UWM, Olsztyn: 45-52.
- Zakęś Z., Demska-Zakęś K. 2022 - Akwakultura zachowawcza jako narzędzie ochrony ichtiofauny - W: Quo vadis zootechniko? (Red.) D. Bugnacka, J. Płuzańska. Wyd. PTZ, Warszawa: 113-130.
- Zakęś Z., Rożyński M. 2021 – Charakterystyka produkcji polskiej akwakultury zachowawczej w latach 2010-2019 – W: Akwakultura jako narzędzie ochrony ichtiofauny (Red.) Z. Zakęś, K.Demska-Zakęś. Wyd. IRS, Olsztyn: 11-25.
- Zakęś Z., Szczepkowski M. 2015 – Z akwakultury do natury. Opracowanie alternatywnych metod zarządzania rybołówstwem drapieżnych ryb jeziorowych – Wyd. IRS, Olsztyn, 224 s.
- Zakęś Z., Szczepkowski M., Demska-Zakęś K. 2018 - Co wiemy o sztucznym rozrodzie szczupaka? - Komun. Ryb 3 7- 40.

HODOWLA RAKÓW JAKO DODATKOWY PRZYPHÓD W AKWAKULTURZE

DOROTA PAWŁOS

Raki są jednymi z największych bezkręgowców bytujących w naszych wodach. Odgrywają one bardzo ważną rolę ekologiczną. Jako organizmy wszystkożerne mogą odżywiać się osobnikami chorymi i martwymi pełniąc funkcję „sanitariusza wód”. Ponieważ raki szlachetne tolerują tylko ściśle określone warunki (zbiorniki o bardzo czystej wodzie, dobrze natlenione, ze znaczną ilością wapnia, związłym, marglowym podłożem) gatunek ten uznawany jest za bioindykatora czystości wód.

W kulturze, jak również w połowach i eksploatacji historia raków sięga do czasów średniowiecza. W Europie Środkowej udokumentowane wiadomości dotyczące połowów raków podawane były przez władcę imperium Habsburgów, Maksymiliana I oraz arcybiskupa Salzburga.

Ze względu na wysokie walory smakowe i zdrowotne, raki od wieków były obiektem eksploatacji rybackiej i cennym towarem eksportowym, odgrywając przy tym ważną rolę ekonomiczną. Należy zauważyć, że w latach 1928 - 1938

z Polski eksportowano do 611 ton raków. W latach 30-tych XX w. połowy raków rodzimych w wodach otwartych wynosiły 460 ton (Leńkowa 1962). Z kolei w latach 1952-1973 eksport zmniejszył się z 85 ton do 3,5 tony (Andrzejewski, Mastynski 2005). Obecnie z płynących wód otwartych odławiana jest znikoma ilość (2 kg w 2020 r.), a w zarybieniach w ogóle nie występuje (Draszkiewicz-Mioduszevska, Wołos 2021).



Fot. 8. Samica raka (fot. P. Czerniejewski)

Wybuch w 1860 r. na zachodzie Europy dżumy raczej wraz z postępującym uprzemysłowieniem, intensyfikacją rolnictwa, a co się z tym wiąże eutrofizacją wód, silną presją połowową (do początków XX w. raki pozyskiwane były głównie z wód otwartych) spowodowało zdziesiątkowanie populacji raka szlachetnego i błotnego.

Kolejnym bardzo istotnym zagrożeniem dla rodzimych gatunków raków było i jest wsiedlanie obcych gatunków raków, jak rak pręgowaty (*Orconectes limosus* Rafinesque) oraz sygnałowy (*Pacifastacus leniusculus* Dana). Stanowią one zagrożenie nie tylko ze względu na wypieranie raków rodzimych z ich naturalnych siedlisk, ale przede wszystkim ze względu na nosicielstwo chorób, jak np. dżuma racza, która jest dla nich śmiertelna. Niestety, nadal obserwuje się pojawianie się w rzekach i jeziorach kolejnych gatunków raków amerykańskich, co znalazło odzwierciedlenie w znowelizowanym rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 12 lipca 2023 r. w sprawie szczegółowych warunków ochrony i połowu ryb w powierzchniowych wodach śródlądowych, gdzie wpisano raka luizjańskiego (*Procambarus clarkii* Girard) i marmurkowatego (*Procambarus virginalis* Lyko).

W celu odtworzenia cennych rodzimych gatunków raków podjęto szereg działań z zakresu akwakultury (astasikultury). Mają one na celu zwiększenie liczebności raka szlachetnego i błotnego poprzez produkcję młodzięży w sztucznych zbiornikach wodnych, a następnie ich wsiedlanie do wód otwartych.

Najwcześniejsze próby hodowli raków w Europie zostały podjęte przez Smoliana (1925) (Cukerzis 1989, za Andrzejewski, Mastłyński 2005). W latach 1991 - 1992 rozrodem i podchowem materiału zarybieniowego raka szlachetnego w warunkach kontrolowanych zajmował się Girsztowtt (Andrzejewski, Mastłyński 2005).

W ostatnim czasie w Polsce obserwuje się zainteresowanie hodowlą raków, chociaż pozostają one nieliczne (ok. 20 gospodarstw) (*Astacus astacus* - *Polska Czerwona Księga Zwierząt - Bezkręgowce* (www.iop.krakow.pl)). Ich mała liczba wynika z kilku przesłanek. Po pierwsze, dochody osiąmane ze sprzedaży raków handlowych osiąmane są dopiero w czwartym roku. Po drugie, raki szlachetne preferują bardzo czyste wody, co znacznie ogranicza przydatność zbiorników. Dlatego też, większa uwaga skierowana została na chów raka błotnego, który jest mniej wymagający jeżeli chodzi o warunki środowiskowe i wykazuje się większą tolerancją na deficyty tlenowe i wyższe temperatury wody. W związku z powyższym prowadzone w kraju hodowle raków dotyczą głównie raka błotnego.

Chów raków może być prowadzony w jeziorach, stawach, torfiankach, glińkach, żwirowniach. Wybór zbiornika zależy od szeregu parametrów: urozmaicone i nie zamulone dno, posiadających strefę przybrzeżną o głębokości 2-4 m (w przypadku jezior), dobra jakość wód, ograniczona liczebność gatunków drapieżnych, wielkość strefy użytecznej dla raków, rozmieszczenie roślinności. Jednym ze sposobów skrócenia cyklu hodowlanego jest przyspieszenie rozwoju zarodkowego raków i podchów w warunkach kontrolowanych. Pozwala to na wydłużenie pierwszego sezonu wzrostu o kilka miesięcy, w efekcie czego cały cykl chowu raków można zamknąć w dwóch latach (Huner 1994, Ulikowski 2003).

W obrocie krajowym sprzedawane są raki wielkości 12-15 cm i wadze około 10 dag i pochodzą z obiektów stawowych. Produkcja raków przeznaczonych do konsumpcji z akwakultury w 2020 r. była na poziomie 200 kg. Cena za 1 kg raków w 2020 r. wynosiła 120 zł za kg (Lirski Myszkowski 2021).

Według oficjalnych danych statystycznych w Polsce dominuje stawowy chów i hodowla karpia oraz towarzysząca jej produkcja gatunków dodatkowych, karpiowatych i drapieżnych, chów i hodowla ryb łososiowatych, przede wszystkim pstręga tęczowego, oraz raków – w stawach ziemnych i betonowych, basenach i torach wodnych, przegrodach i sadzach (chów intensywny).

Chów skorupiaków ogranicza się do niewielkich ilości dwóch gatunków raków: raka błotnego i raka szlachetnego. W 2016 r. produkcja wyniosła 250 kg/rok i prowadzona była w stawach.

Literatura

Andrzejewski W., Mastynski J., 2005: Chów i hodowla raków. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu.

Draszkiewicz-Mioduszevska H., Wołos A., 2021: Gospodarka rybacka w śródlądowych wodach płynących w 2020 roku. Część 1. Uprawnieni do rybactwa, obwody rybackie, połowy gospodarcze, zatrudnienie i połowy amatorskie. Komunikaty rybackie Nr 6: 10-19.

Huner J., 1994: Freshwater Crayfish Aquaculture in North America, Europe, and Australia Families Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae. Food Products Press, an imprint of The Haworth Press Inc.

Lirski A., Myszkowski L., 2021: Polska akwakultura w 2020 roku na podstawie analizy kwestionariuszy RRW-22. Część 1. Komunikaty rybackie Nr 6: 2-9.

Ulikowski D., 2003: Wpływ rodzaju pokarmu na przeżywalność larw raka błotnego (*Astacus leptodactylus* Esch.) w czasie chowu w warunkach kontrolowanych. Komunikaty Rybackie nr 3: 1-3.

Polska Czerwona Księga Zwierząt - *Astacus astacus* - Bezkręgowce (www.iop.krakow.pl)

5. DOTACJE DLA PRODUCENTÓW RYB

UREGULOWANIA PRAWNE DOTYCZĄCE WSPARCIA GOSPODARSTW RYBACKICH Z FUNDUSZY POCHODZĄCYCH Z UE

MARTA KOBRZYŃSKA-CHUDZIK

Fundusze Europejskie dla Rybactwa są programem kontynuującym Program Operacyjny Rybactwo i Morze 2014-2020, współfinansowanym z Europejskiego Funduszu Morskiego, Rybackiego i Akwakultury (EFMRA) oraz budżetu państwa. Program ten został usankcjonowany aktem prawnym jakim jest ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2021/1139 z dnia 7 lipca 2021 r. ustanawiające Europejski Fundusz Morski, Rybacki i Akwakultury oraz zmieniające rozporządzenie (UE) 2017/1004

EFMRA jako nadrzędny instrument prawny, służy do wykorzystywania środków finansowych z budżetu UE w celu wspierania wspólnej polityki rybołówstwa (WPRyb), zintegrowanej polityki morskiej międzynarodowych zobowiązań UE w dziedzinie zarządzania oceanami.

Analogicznie do poprzedniego okresu programowania, fundusz ten na lata 2021-2027 został zatwierdzony 9 grudnia 2022 r., Decyzją Wykonawczą Komisji Europejskiej Nr C(2022)8957 i wspiera działania w ramach ustalonych priorytetów:

- 1) Wspieranie zrównoważonego rybołówstwa oraz odbudowy i ochrony żywych zasobów wodnych.
- 2) Wspieranie zrównoważonej działalności w zakresie akwakultury oraz przetwarzania i wprowadzania do obrotu produktów rybołówstwa i akwakultury, a co za tym idzie – przyczynianie się do bezpieczeństwa żywnościowego w Unii.
- 3) Sprzyjanie zrównoważonej niebieskiej gospodarce na obszarach przybrzeżnych, wyspiarskich i śródlądowych, która obejmuje tradycyjną i nowo

powstającą działalność gospodarczą związaną z oceanami, morzami, wybrzeżami i wodami śródlądowymi, oraz wspieranie rozwoju społeczności rybackich i sektora akwakultury.

- 4) Wzmocnienie międzynarodowego zarządzania oceanami oraz przyczynianie się do zapewnienia bezpieczeństwa i czystości mórz i oceanów, ochrony na nich, a także zrównoważonego zarządzania nimi.

Budżet funduszu wynosi 731 982 790,00 euro, i jest wdrażany i nadzorowany przez następujące instytucje:

- Instytucja Zarządzająca – minister właściwy ds. rybołówstwa;
- Instytucja Pośrednicząca – Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa;
- Instytucja Audytowa – szef Krajowej Administracji Skarbowej
- Organ otrzymujący płatności od KE – Ministerstwo Finansów

Gospodarstwa rybackie, operujące w sektorze akwakultury objęte są wsparciem priorytetu 2 polegającym na dofinansowaniu projektów ukierunkowanych na propagowanie zrównoważonej działalności w zakresie akwakultury, w szczególności zwiększanie konkurencyjności produkcji akwakultury przy zapewnieniu, aby działalność ta była zrównoważona środowiskowo w perspektywie długoterminowej; propagowanie wprowadzania do obrotu, jakości i wartości dodanej produktów rybołówstwa i akwakultury, a także przetwarzania tych produktów.

Inwestycje realizowane w ramach tego priorytetu to projekty związane z modernizacją sprzętu i urządzeń wykorzystywanych w gospodarstwach akwakultury, projekty związane z poprawą efektywności energetycznej gospodarstw, inwestycje w technologie redukujące zużycie wody i zwiększające zdolność jej retencjonowania czy inwestycje mające na celu różnicowanie dochodów gospodarstw akwakultury m.in. przez rozbudowę łowisk i bazy gastronomiczno-turystycznej, propagowanie wprowadzania do obrotu, jakości i wartości dodanej produktów rybołówstwa i akwakultury, a także przetwarzania tych produktów, takie jak zakup lub modernizację maszyn, urządzeń i ciągów technologicznych przeznaczonych do pakowania produktów rybołówstwa, operacje poprawiające bezpieczeństwo, higienę i warunki pracy czy wprowadzanie na rynek nowych produktów.

Niezbędna legislacja do absorpcji tych środków na poziomie krajowym to Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 października 2023 r. w sprawie szczegółowego trybu przyznawania i wypłaty pomocy finansowej na realizację operacji w ramach Priorytetów 1–4 objętych programem Fundusze Europejskie dla Rybactwa na lata 2021–2027 oraz Rozporządze-

nie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia z dnia 19 października 2023 r. w sprawie szczegółowych warunków przyznawania i wypłaty pomocy finansowej na realizację operacji w ramach Priorytetu 2. Wspieranie zrównoważonej działalności w zakresie akwakultury oraz przetwarzania i wprowadzania do obrotu produktów rybołówstwa i akwakultury, przyczyniając się w ten sposób do bezpieczeństwa żywnościowego w Unii objętego programem Fundusze Europejskie dla Rybactwa na lata 2021–2027 oraz wysokości tej pomocy.

Powyższe rozporządzenia regulują tryb przyznawania i wypłaty pomocy finansowej, której dystrybucją zajmuje się Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa. Jako Instytucja Wdrażająca (IW) określa niezbędne dokumenty aplikacyjne, które po wypełnieniu zgodnie z wytycznymi i opublikowanymi instrukcjami, mogą zostać złożone w terminach określonych w ogłoszeniu o naborach. Poddając możliwość wsparcia gospodarstw rybackich w nowej perspektywie programowej, należy ukierunkować się na działania objęte Priorytetem 2. Pomoc finansową na realizację operacji w ramach priorytetu *Wspieranie zrównoważonej działalności w zakresie akwakultury oraz przetwarzania i wprowadzania do obrotu produktów rybołówstwa i akwakultury, przyczyniając się w ten sposób do bezpieczeństwa żywnościowego w Unii*, przyznaje się na realizację operacji w ramach następujących działań:

1) Kapitał ludzki, które obejmuje następujące grupy operacji:

- a) edukacja i promocja,
- b) szkolenia i konferencje,
- c) ubezpieczenie zasobów akwakultury

Jest to ukierunkowane wsparcie edukacji młodzieży i studentów kształcących się w dziedzinie rybactwa. Zakresem objęte są stypendia, praktyki rybackie uczniów i studentów a także projekty adaptacji szkół bądź uczelni do potrzeb programu. Ciekawym rozwiązaniem jest tworzenie grup Beneficjentów składających się z uczelni i jednostek samorządów terytorialnych, mających na celu wdrażanie programów promocyjnych i edukacyjnych.

2) Inwestycje i innowacje w akwakulturze, które obejmuje następujące grupy operacji:

- a) inwestycje w akwakulturze,
- b) dywersyfikacja działalności,
- c) innowacje.

Pomoc dotyczy podmiotów operujących w sektorze akwakultury, które planują proces inwestycyjny mający na celu zwiększenie zdolności produkcyj-

nej zakładów lub wykazujących potencjalnie takie zwiększenie. Katalog kosztów kwalifikowalnych jest bardzo szeroki, zależny od typu operacji.

3) Akwakultura środowiskowa, które obejmuje następujące grupy operacji:

- a) rekompensaty wodnośrodowiskowe,
- b) ochrona zasobów genetycznych,
- c) budowa banku genów.

Działanie stanowi swoistą kontynuację wsparcia z okresu PO RYBY 14-20 na operacje mające na celu promowanie akwakultury o wysokim poziomie ochrony środowiska lub wsparcie wykorzystania tradycyjnych lub przyjaznych środowisku praktyk i technik w chowie lub hodowli ryb.

4) Organizacje producentów;

Pomoc dedykowana jest na realizację operacji mających na celu wsparcie działalności uznanej organizacji producentów i uznanego związku organizacji producentów, oraz uznanej organizacji międzybranżowej. Pomoc, o której mowa, przyznaje się na przygotowanie i wdrażanie planów produkcji i obrotu a także na refundację kosztów niezbędnych do przeprowadzenia procesu uznania organizacji producentów i związku organizacji producentów.

5) Inwestycje w przetwórstwie, które obejmuje następujące grupy operacji:

- a) inwestycje,
- b) innowacje w przetwórstwie.

Pomoc finansową przyznaje się na:

- 1) budowę nowych budynków przeznaczonych do przetwarzania, przechowywania, magazynowania, przygotowania do sprzedaży, wprowadzania do obrotu lub kontroli laboratoryjnej produktów rybnych oraz budynków socjalnych wraz z towarzyszącymi pomieszczeniami administracyjnymi;
- 2) rozbudowę, nadbudowę, przebudowę lub remont połączony z modernizacją budynków przeznaczonych do przetwarzania, przechowywania, magazynowania, przygotowania do sprzedaży, wprowadzania do obrotu lub kontroli laboratoryjnej produktów rybnych oraz budynków socjalnych wraz z towarzyszącymi pomieszczeniami administracyjnymi;
- 3) zakup nowych maszyn, urządzeń i wyposażenia do przetwarzania, przechowywania i magazynowania produktów rybnych;
- 4) zakup nowych specjalistycznych środków transportu wewnętrznego i zewnętrznego służących do przewozu produktów rybnych;

- 5) zakup oprogramowania komputerowego lub jego aktualizację lub rozbudowę, zakup lub rozbudowę systemów teleinformatycznych lub zakup patentów, licencji, praw autorskich lub znaków towarowych, związanych bezpośrednio z prowadzeniem działalności w zakresie przetwarzania, przechowywania, magazynowania, przygotowania do sprzedaży lub wprowadzania do obrotu lub kontroli laboratoryjnej produktów rybnych.

6) Zmniejszenie oddziaływania przetwórstwa na środowisko;

Pomoc finansową przyznaje się na:

- 1) budowę, przebudowę lub remont połączony z modernizacją infrastruktury do składowania i zagospodarowania odpadów, oczyszczalni ścieków, biogazowni, systemów fotowoltaicznych, słonecznych systemów grzewczych, instalacji odzysku ciepła, pieców na biomasę lub instalacji, w której stosuje się czynniki chłodnicze o zmniejszonym lub neutralnym oddziaływaniu na środowisko, jeżeli są związane z przetwarzaniem, przechowywaniem, magazynowaniem, przygotowaniem do sprzedaży lub wprowadzaniem do obrotu produktów rybnych wytworzonych w zakładzie wnioskodawcy;
- 2) zakup oprogramowania komputerowego lub jego aktualizację, lub rozbudowę, zakup lub rozbudowę systemów teleinformatycznych lub zakup patentów, licencji, praw autorskich lub znaków towarowych;
- 3) zakup i instalację nowych stacji ładowania pojazdów elektrycznych na terenie zakładu wnioskodawcy lub zakup środków transportu o napędzie alternatywnym przeznaczonych i wykorzystywanych do transportu produktów rybnych.

7) Świadomy konsument.

Pomoc finansową przyznaje się na realizację operacji mających na celu działania marketingowe wspierające organizację i rozwój rynku produktów rybnych, podnoszenie świadomości konsumentów i informowanie o produktach rybnych lub podnoszenie jakości, higieny i bezpieczeństwa żywności.

EFMRA wdrażany za pomocą aktów prawnych krajowych w sektorze akwakultury umożliwia bardzo szerokie wsparcie zarówno samych producentów, jak i stowarzyszonych w ramach organizacji producentów. Ważnym aspektem programu jest wsparcie w zakresie kapitału ludzkiego, gdzie pojawia się możliwość kształcenia nowych pokoleń ichtiologów jako

zawodu niezwykle pożądanego w branży, poprzez zwiększanie zdolności produkcyjnej i podaż surowca dla zmodernizowanych zakładów przetwórczych, które wprowadzą do obrotu produkt zgodnie z celami bezpieczeństwa żywnościowego kraju.

DOŚWIADCZENIA I SPOSTRZEŻENIA DOTYCZĄCE PROJEKTÓW UNIJNYCH Z ZAKRESU AKWAKULTURY ŚRODOWISKOWEJ REALIZOWANYCH W LATACH 2004–2020

JAROSŁAW ŁOJKO

Akwakultura – forma gospodarki ludzkiej, mająca na celu zwiększenie pozyskiwania żywności (rzadziej innych produktów) ze środowiska wodnego; polega na hodowli wybranych rodzajów organizmów wodnych, głównie zwierzęcych, w naturalnych lub sztucznych zbiornikach wodnych – słodko- lub słonowodnych. Najprostszą i najpospolitszą odmianą akwakultury jest zapewnienie korzystnych warunków do bytowania licznych przedstawicielom danego gatunku użytkowego (ryb, mięczaków i in.) w mniej lub bardziej wydzielonej części akwenu. Bardziej intensywną formą jest hodowla w stawach, basenach lub wielkich, zanurzonych w wodzie pojemnikach (sadzach) (<https://pl.wikipedia.org/wiki/Akwakultura>).

Środowisko – ogół elementów nieożywionych i ożywionych, zarówno naturalnych, jak i powstałych w wyniku działalności człowieka, występujących na określonym obszarze oraz ich wzajemne powiązania, oddziaływania i zależności. Jest to pojęcie podrzędne w stosunku do przyrody, obejmującej również elementy ożywione (<https://pl.wikipedia.org/wiki/Środowisko>)

W latach 2004 – 2020 po akcesji Polski do Unii Europejskiej wdrożono trzy Programy Operacyjne mające na celu szeroko rozumianą restrukturyzację sektora akwakultury:

- Sektorowy Program Operacyjny „Rybołówstwo i Przetwórstwo Ryb” w latach 2004 – 2006;
- Program Operacyjny Zrównoważony rozwój sektora rybołówstwa i nadbrzeżnych obszarów rybackich 2007-2013;
- Program Operacyjny „Rybacko i Morze” na lata 2014-2020

Strumień środków finansowych na działania środowiskowe w akwakulturze został dystrybuowany w ramach dwóch obszarów tj. działania inwestycyjne oraz rekompensaty. Wydatkowanie środków finansowych w sektorze akwakultury w latach 2004 – 2020:

Informacja o liczbie i kwotach złożonych wniosków o pomoc oraz kwotach zrealizowanych płatności w ramach SPO „Rybołówstwo i przetwórstwo ryb” 2004-2006 dla naszego kraju:

Priorytet/Działanie/ Operacja	Wnioski złożone		Umowy	Zrealizowane płatności
	Liczba złożonych wniosków	Kwota wnioskowanej pomocy [PLN]	Kwota zawartych umów [PLN]	Kwota płatności [PLN]
3.2. Chów i hodowla ryb	459	133 226 028,83	70 943 112,72	67 529 552,79
4.6. Działania innowacyjne i inne	66	116 466 552,27	49 299 863,66	47 704 138,42

Kwoty wypłacone w ramach PO Ryby 2007-2013 oś priorytetowa 2 w podziale na środki

Środek	Liczba płatności	Kwota dofinansowania wypłacona beneficjentom w PLN	Kwota dofinansowania wypłacona beneficjentom w EUR
2.1 Inwestycje w chów i hodowlę ryb	568	251 846 722,84	56 851 559,37
2.2 Działania wodno-środowiskowe	1 871	335 663 467,65	75 772 244,89
2.3 Środki na rzecz zdrowia zwierząt	0	0,00	0,00
2.4 Rybołówstwo śródlądowe	118	11 866 014,10	2 678 618,95
2.5 Inwestycje w zakresie przetwórstwa i obrotu	555	557 018 884,25	125 740 735,51
Suma	3 112	1 156 395 088,84	261 043 158,73

Program Operacyjny „Rybnictwo i Morze” na lata 2014–2020 kwoty wypłacone w ramach osi priorytetowej 2 w podziale na środki dane na 30.04.2023r.

Priorytety/Działania/Poddziałania	limit finansowy dla środków w latach 2014 - 2020 w PLN	Zrealizowane płatności			
		liczba operacji	kwota dofinansowania w PLN	w tym wkład UE	wykorzystanie limitu w %
Priorytet 2. Wspieranie akwakultury zrównoważonej środowiskowo, zasobooszczędnej, innowacyjnej, konkurencyjnej i opartej na wiedzy	828 348 975 zł	2 406	653 377 651,03	490 033 228,67	78,88%
Działanie 2.1 Innowacje w akwakulturze	75 316 649 zł	13	53 524 686,62	40 143 514,70	71,07%
Działanie 2.2 Usługi doradcze dla gospodarstw akwakultury	9 221 632 zł	11	6 341 422,35	4 756 066,69	68,77%
Działanie 2.3 Inwestycje produkcyjne w akwakulturę	466 578 862 zł	747	318 159 912,19	238 619 931,99	68,19%
Poddziałanie 2.3.1 Inwestycje produkcyjne	305 769 298 zł	547	223 170 346,66	167 377 758,19	72,99%
Poddziałanie 2.3.2 Podnoszenie efektywności energetycznej	30 069 645 zł	149	21 217 051,41	15 912 788,36	70,56%
Poddziałanie 2.3.3 Ochrona środowiska	130 739 920 zł	51	73 772 514,12	55 329 385,44	56,43%
Działanie 2.4 Wsparcie nowych hodowców	- zł	0	0,00	0,00	0,00%
Działanie 2.5 Akwakultura świadcząca usługi środowiskowe	210 502 841 zł	912	210 195 368,61	157 646 523,12	99,85%
Działanie 2.6 Szkolenia w akwakulturze	8 567 677 zł	11	6 995 050,10	5 246 287,45	81,64%
Działanie 2.7 Ubezpieczenie zasobów akwakultury	- zł	0	0,00	0,00	0,00%
Działanie 2.8 Środki dotyczące zdrowia publicznego	58 161 314 zł	712	58 161 211,16	43 620 904,72	100,00%
Razem	3 213 559 782 zł	12354	2 586 062 511,33	1 930 721 557,44	80,47%

Dzięki środkom skierowanym do działań inwestycyjnych udało się udźwignąć rzeki o istotnym znaczeniu dla śródlądowej i morskiej gospodarki rybacciej, co poprawiło równowagę i różnorodność biologiczną środowiska wodnego oraz stabilność przyrodniczych podstaw wykorzystywania produkcyjnych możliwości wód. Nastąpił wzrost liczby gospodarstw rybaccich, które dostosowały warunki prowadzenia gospodarki do wymogów sanitarno-weterynaryjnych oraz ochrony środowiska. Wzrost ten przyczynił się do poprawy jakości produktów rybactwa oraz stanu środowiska, z którego korzystają gospodarstwa rybaccie. Ponadto odnotowano wzrost liczby gospodarstw, które wdrożyły technikę i technologię chowu i hodowli ryb z gatunków poszukiwanych na rynku w celach konsumpcyjnych i zarybieniowych. Wprowadzenie nowych technik i technologii chowu i hodowli ryb poprawiły konkurencyjność zewnętrzną i wewnętrzną gospodarstw rybaccich.

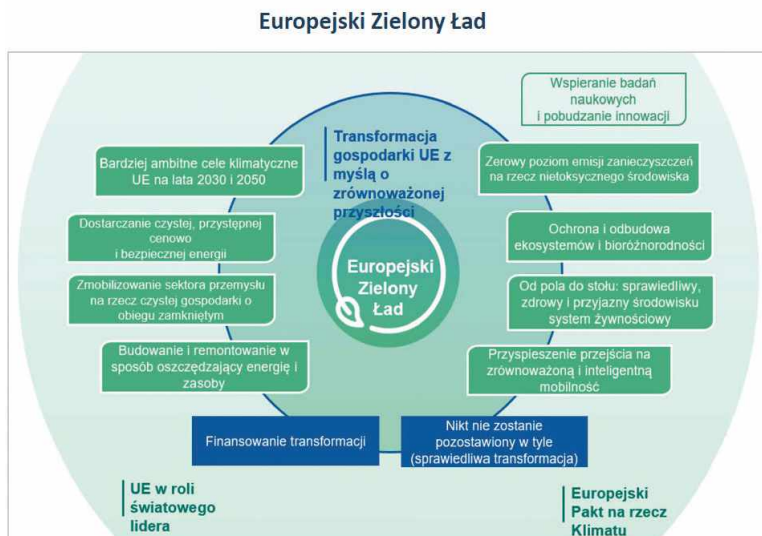
Na podkreślenie zasługuje również fakt, zaangażowania jednostek naukowych i uczelni wyższych w działania na rzecz rozwoju innowacyjności sektora akwakultury w obszarze środowiskowym. Na początkowym etapie wdrażania Programów Unijnych nie było ono zbyt wielkie (za wyjątkiem Akademii Rolniczej w Szczecinie - obecnie Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny i Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie). Jednakże w miarę upływu czasu, a także zwiększającemu się doświadczeniu w pozyskiwaniu środków unijnych przez jednostki badawcze nastąpił istotny przełom w kierunku innowacyjnych badań i transformacji wiedzy naukowej do otoczenia sektora rybacciego. Na tym etapie rozwiązało to istotny problem dotychczas nikłego zainteresowania sektora B+R problemami gospodarki rybnej.

Wszystkie te działania miały na celu osiągnięcie i utrzymanie przez Polskę pozycji lidera w Unii Europejskiej w produkcji ryb pochodzących z akwakultury środowiskowej. W ramach tych działań skoncentrowano się na następujących obszarach, na które zostało ukierunkowane wsparcie finansowe:

- wspieranie wzmacniania rozwoju technologicznego, innowacji i transferu wiedzy;
- zwiększenie konkurencyjności i rentowności przedsiębiorstw z sektora akwakultury;
- ochrona i odbudowa wodnej różnorodności biologicznej oraz wspieranie ekosystemów związanych z akwakulturą i promowanie zasobooszczędnej akwakultury;
- propagowanie akwakultury o wysokim poziomie ochrony środowiska oraz o wysokim poziomie zdrowia i dobrostanu zwierząt.

Jednakże pozostało jeszcze wiele do zrobienia, jak wykazały badania Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie rentowności gospodarki rybackiej wykazuje ujemną wartość w 2005 r. (-2,98%). Najlepszy odnotowany rezultat osiągnięto w 2010 r. (11,13%). W 2012 r. rentowność na poziomie 9,14% uzyskano dzięki znaczącemu wpływowi rekompensat wodnośrodowiskowych na budżet gospodarstw. Bez rekompensat wskaźnik ten w badanej grupie podmiotów wyniósłby -22,9%. Dlatego niezmiernie istotna jest przyszłość i kierunki dalszego rozwoju sektora akwakultury. Głównym celem WPRyb w latach 2021-2027 jest przede wszystkim promowanie innowacyjnej i zrównoważonej niebieskiej gospodarki w sektorach rybołówstwa i akwakultury oraz realizacja zobowiązań w zakresie globalnych procesów odpowiedzialnej ochrony środowiska i zrównoważonego wykorzystanie zasobów wodnych. Kluczowe elementy Europejskiego Zielonego Ładu:

- kompleksowe podejście do problemów związanych ze środowiskiem i klimatem;
- stworzenie sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego środowisku systemu żywnościowego;
- przywracanie przyrody do naszego życia.



Rys. 2. Transformacja gospodarki UE z myślą o zrównoważonej przyszłości (źródło Komisja UE 2019)

MOŻLIWOŚĆ POZYSKIWANIA ŚRODKÓW W SEKTORZE AKWAKULTURY Z LOKALNYCH STRATEGII ROZWOJU

KRZYSZTOF BEREST

Rozwój lokalny kierowany społecznie (RLKS) to podejście do planowania i realizacji działań mających na celu poprawę warunków życia w danej społeczności, które jest oparte na zaangażowaniu społecznym i aktywnym udziale lokalnej społeczności w procesie decyzyjnym. To podejście skupia się na mobilizacji zasobów społeczności, identyfikowaniu ich potrzeb, aspiracji i zasobów oraz promowaniu zrównoważonego rozwoju na poziomie lokalnym.

Kluczowe elementy rozwoju lokalnego kierowanego społecznie to:

- 1) Partycypacja społeczna:** Społeczność lokalna aktywnie uczestniczy w procesach podejmowania decyzji dotyczących swojego otoczenia. To obejmuje dialog, konsultacje oraz angażowanie mieszkańców w planowanie i realizację projektów.
- 2) Zrównoważony rozwój:** Podejście to dąży do równowagi między aspektami społecznymi, ekonomicznymi i środowiskowymi. Celem jest tworzenie trwałych rozwiązań, które przynoszą korzyści obecnemu i przyszłym pokoleniom.
- 3) Lokalne zasoby i potencjał:** Rozwój lokalny kierowany społecznie skupia się na identyfikowaniu i wykorzystywaniu lokalnych zasobów, umiejętności i potencjału społeczności jako kluczowych elementów procesu rozwoju.
- 4) Wzmacnianie społeczności:** Proces ten ma na celu wzmocnienie społeczności lokalnej, zwiększenie jej zdolności do samoorganizacji i rozwiązywania problemów oraz rozwijania inicjatyw lokalnych.
- 5) Dostosowanie do lokalnych warunków:** Podejście to uwzględnia specyficzne warunki, konteksty kulturowe i potrzeby danej społeczności, co oznacza, że strategie rozwoju są dostosowywane do lokalnych realiów.

RLKS może obejmować różne obszary, takie jak edukacja, zdrowie, infrastruktura, rolnictwo, rybactwo, akwakultura czy przedsiębiorczość, a kluczowym jest uwzględnienie głosu i udziału społeczności w podejmowaniu decyzji dotyczących ich własnego rozwoju.

Opisany powyżej mechanizm wdrażany jest przez Lokalne Grupy Działania, w tym te branżowe – rybackie. Podstawowym elementem tego mechanizmu jest realizacja Lokalnych Strategii Rozwoju.

Co to są Rybackie Lokalne Grupy Działania ?

RLGD to inicjatywy (stowarzyszenia) skupiające lokalnych przedsiębiorców, rybaków, naukowców, przedstawicieli władz lokalnych oraz społeczności. Ich celem jest wspieranie rozwoju zrównoważonego rybołówstwa, ochrony środowiska naturalnego oraz stworzenie sprzyjającego środowiska dla lokalnych społeczności związanych z rybołówstwem.

RLGD są organizacjami non-profit, które działają na zasadzie partnerstwa publiczno-prywatnego. Obejmują one obszary zależne od rybactwa, a ich praca opiera się na współpracy i wspólnym podejmowaniu decyzji. Tworzą one platformę do wymiany doświadczeń, rozwoju projektów oraz podejmowania inicjatyw mających na celu zwiększenie konkurencyjności sektora rybackiego. Jak każde stowarzyszenie RLGD posiadają organy statutowe takie jak zarząd, komisja rewizyjna, a ich funkcjonowanie określa statut. Dodatkowym organem wyróżniającym RLGD spośród innych stowarzyszeń jest Rada Rybacka, która odgrywa istotną rolę w podejmowaniu decyzji oraz kształtowaniu działań związanych realizacją lokalnych strategii rozwoju. Rada Rybacka w oparciu o precyzyjnie określone kryteria ocenia i wybiera operacje przeznaczone do dofinansowania w ramach ogłaszanych przez RLGD konkursów na nabory wniosków o dofinansowanie.



Na terenie Województwa Zachodniopomorskiego funkcjonuje osiem RLGD, tereny ich funkcjonowania pokazuje mapa.

Lokalne Grupy Rybackie z terenu Województwa Zachodniopomorskiego to:

- Darłowska Lokalna Rybacka w Dorzeczu Wieprzy, Grabowej i Unieści,
- Mieleńska Lokalna Grupa Rybacka,
- Stowarzyszenie Rybacka Lokalna Grupa Działania „Morze i Parsęta”,
- Rybacka Lokalna Grupa Działania Pomorza Zachodniego,
- Lokalna Grupa Rybacka „Zalew Szczeciński”,
- Stowarzyszenie „Lider Pojezierza” z siedzibą w Barlinku,
- Stowarzyszenie „WIR” - Wiejska Inicjatywa Rozwoju,
- Stowarzyszenie Lokalna Grupa Działania „Partnerstwo Drawy z Liderem Wałeckim”.

W pasie nadmorskim funkcjonuje pięć RLGD. Są to grupy tzw. monofunkcyjne, czyli wdrażające lokalne strategie rozwoju finansowane ze środków unijnych programu operacyjnego skierowanego do szeroko pojętego sektora rybackiego. Grupy z południa województwa finansowane są głównie z programu rozwoju obszarów wiejskich, a środki z programu rybackiego stanowią jedynie kilkanaście procent wartości ich budżetów.

Procedura naboru wniosków o dofinansowanie i realizacja operacji:

- 1) Ogłoszenie o naborze (obejmuje kwotę naboru oraz zakres tematyczny operacji kwalifikujących się do dofinansowania.
- 2) Nabór wniosków.
- 3) Wstępna ocena wniosków przez RLGD.
- 4) Ocena wniosków przez Radę Rybacką (utworzenie listy rankingowej wniosków)
- 5) Przekazanie wniosków do zarządu województwa.
- 6) Weryfikacja formalna wniosków w urzędzie marszałkowskim, ich ewentualne uzupełnianie i poprawa.
- 7) Podpisanie umów o dofinansowanie.
- 8) Realizacja operacji/inwestycji.
- 9) Złożenie wniosku o płatność do urzędu marszałkowskiego.
- 10) Weryfikacja wniosku o płatność i ostateczne rozliczenie dofinansowania.

Wspieranie rozwoju obszarów rybackich i obszarów akwakultury poprzez realizację lokalnych strategii rozwoju odbywa się poprzez tworzenie miejsc pracy i rozwijanie alternatywnych źródeł dochodów dla rybaków oraz innych gałęzi gospodarki związanych z rybactwem i akwakulturą. W ramach realiza-

cji lokalnych strategii rozwoju podmioty z branży akwakultury mogą uzyskać wsparcie w ramach następujących działań:

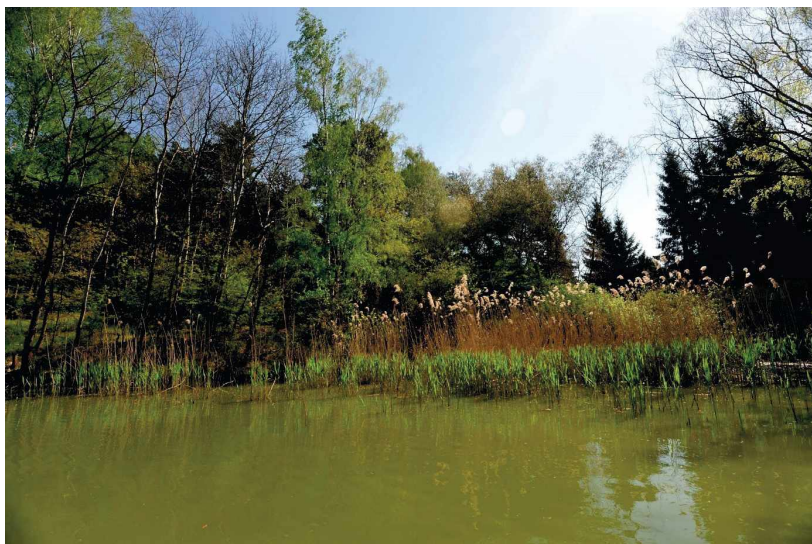
- Dywersyfikacja zatrudnienia osób mających pracę związaną z sektorem rybactwa (w tym z akwakulturą) w drodze tworzenia dodatkowych miejsc pracy poza tym sektorem, nie związanych z podstawową działalnością rybacką.
- Promowanie i ułatwianie przedsiębiorczości lokalnych społeczności rybackich przez tworzenie lub rozwijanie łańcucha dostaw produktów w sektorze rybołówstwa i akwakultury.
- Zachęcanie młodych ludzi do przedsiębiorczości i zakładania działalności gospodarczej. Wspieranie działań pobudzających przedsiębiorczość młodych osób, wpływające na zwiększenie ich udziału w rynku pracy, co pomoże zmniejszyć migrację osób młodych i wysoko wykwalifikowanych z tych obszarów.
- Popularyzacja lokalnych produktów rybnych, a także walorów pozaprodukcyjnych obszarów rybackich i akwakultury. Istotne jest wspieranie przedsięwzięć związanych z zachowaniem dobrego stanu środowiska naturalnego na obszarach rybackich i akwakultury.

6. PRODUKCJA RYB A ZANIECZYSZCZENIA ŚRODOWISKA WODNEGO

ZNACZENIE JAKOŚCI WODY W AKWAKULTURZE

ARKADIUSZ NĘDZAREK

Woda jest związkiem chemicznym złożonym z wodoru i tlenu o stosunkowo prostej budowie strukturalnej. Jednak jej właściwości chemiczne można uznać za wyjątkowe. Woda stanowi kluczowy czynnik determinujący życie biologiczne na Ziemi. Jest głównym składnikiem ciała organizmów oraz jest siedliskiem życia ogromnej ilości gatunków mikroorganizmów, roślin i zwierząt. Jako środowisko życia woda musi spełniać odpowiednie warunki do ich bytowania. W przypadku ryb dla ich prawidłowego funkcjonowania kluczowe znaczenie mają takie czynniki jak temperatura wody, zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie oraz innych gazów takich jak np. CO_2 , siarkowodór czy amoniak. Nie bez znaczenia jest także zawartość innych pierwiastków (np. metale ciężkie, metale alkaliczne) czy substancji chemicznych (np. wodorowęglany, siarczany, azotany). Znaczenie tych czynników i składników w kontekście oceny wody jako środowiska życia ryb przykładowo opisuje artykuł: *Important Water Quality Parameters in Aquaculture: An Overview* (autorstwa Verma i inni, 2022). Omówione zostały w nim następujące parametry jakości wody: temperatura, mętność, barwa wody, koncentracja tlenu rozpuszczonego w wodzie, biochemiczne zapotrzebowanie tlenu, dwutlenek węgla, odczyn wody (pH), zasadowość, twardość wody, wapń, przewodność elektrolityczna, zasolenie wody, jony chlorkowe, azot amonowy, azot azotynowy (NO_2^-), ortofosforany, produkcja pierwotna, zakwit planktonu. Autorzy podali też syntetyczne wskazówki jak interpretować obserwowane nietypowe zachowanie ryb jako efekt pogorszenia warunków środowiskowych.



Fot. 9. Intensywny zakwit wody w stawie karpowym (fot. P. Czerniejewski)

Efekty wpływu warunków środowiskowych na produkcję ryb opisuje na przykład artykuł: *The effect of water quality on aquaculture productivity in Ibanda District, Uganda*, autorstwa Tumwesigye i inni (2023). Zbadane zostały parametry jakości wody (temperatura, zmętnienie, pH, zasadowość, zawartość amoniaku, twardość, zawartość dwutlenku węgla i zawartość żelaza) oraz oceniono ich wpływ na produktywność stawów rybnych. Wykazano, że spośród zbadanych parametrów jakości wody tylko cztery (zmętnienie, zasadowość, twardość i zawartość dwutlenku węgla) mieściły się w dopuszczalnych zakresach dla hodowanych ryb. Wykazało, że temperatura, pH, zawartość amoniaku, dwutlenku węgla i żelaza, miały znaczący wpływ na masę i wielkość hodowanych tilapii i sumów. Przykładowo stężenia żelaza (0,215mg/L) i NH_3 (0,791 mg/L) były wyższe, a temperatura wody (22,96°C) niższa niż zalecane zakresy. Wysoki poziom dwutlenku węgla zmniejszył masę ciała i rozmiar suma, a także masę ciała tilapii, chociaż nie miał wpływu na rozmiar ciała tilapii. Zwiększony poziom amoniaku zmniejszył masę ciała i rozmiar suma, ale nie miał wpływu na tilapię. Wzrost pH wody zwiększył masę i rozmiar tilapii, ale nie miał wpływu na sumy. Wzrost temperatury wody zwiększył masę ciała i rozmiar suma, ale nie miał znaczącego wpływu na tilapię.

Utrzymanie wysokiej jakości wody jest bardzo ważnym zagadnieniem w systemach intensywnej hodowli ryb. Zwłaszcza recyrkulacyjnych systemach

akwakultury (RAS) które stanowią multidyscyplinarną technikę inżynierską integrującą biologię, inżynierię mechaniczną, hydrochemię, hydromechanikę, elektrotechnikę i naukę związaną z akwakulturą (w tym np. biologia i fizjologia ryb, czy paszoznawstwo). Przegląd najważniejszych zagadnień związanych z tym obszarem hodowli ryb został syntetycznie opracowany w artykule *A review of influencing factors on a recirculating aquaculture system: Environmental conditions, feeding strategies, and disinfection methods* autorstwa Li i inni (2023). W artykule omówiono znaczenie ekonomiczne wzrostu produkcji żywności z wykorzystaniem różnych systemów hodowli ryb. Omówiono wymagania stawiane warunkom pracy RAS, w tym znaczenie temperatury wody, zasolenia, stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie, pH, gęstości obsady ryb, światła, składu paszy, ilości paszy, częstotliwości karmienia i metod dezynfekcji. Każdy z wymienionych czynników ma kluczowe znaczenie dla stabilnego działania systemu. Dlatego, aby zapewnić wydajne i stabilne działanie RAS, należy kontrolować te czynniki w odpowiednich zakresach, zgodnych z wymaganiami hodowanych gatunków ryb.

W RAS parametry jakości wody są utrzymywane na stałym poziomie, dlatego należy je ściśle monitorować. Dostępne narzędzia kontrolno-pomiarowe są często złożone lub obejmują znaczne opóźnienie między pobieraniem próbek wody a uzyskanymi wynikami pomiaru. Ponadto nie ma wytycznych dotyczących dopuszczalnych zakresów i wahań. W ostatnich latach pojawiły się nowe możliwości dzięki wielu innowacjom technicznym. W artykule *Water quality monitoring in recirculating aquaculture systems* autorstwa Lindholm-Lehto (2023) opisano połączenie nowych dostępnych technologii monitorowania jakości wody z wykorzystaniem najnowocześniejszych technologii informatycznych (pomiarów w czasie rzeczywistym, analizy zachowania ryb, sztucznej inteligencji). Te nowoczesne rozwiązania mogą dać możliwość przewidywania niekorzystnych zjawisk w jakości wody i wczesnego ostrzegania o sytuacjach krytycznych.

Odpowiednie prowadzenie intensywnej hodowli ryb wpisuje się w zrównoważony rozwój sektora produkcji żywności. Te zagadnienia zostały opisane w artykule *A 20-year retrospective review of global aquaculture* autorstwa Naylor i inni (2021). Autorzy wskazali, że problematyka zrównoważonego rozwoju akwakultury jest przedmiotem intensywnych debat od 2000 roku - opublikowano wtedy (w czasopiśmie *Nature*) przegląd wkładu akwakultury w światowe dostawy ryb. W artykule Naylor i innych (2021) dokonano przeglądu rozwoju światowej akwakultury w latach 1997–2017, uwzględniając wszystkie podsek-

tory przemysłu i podkreślając integrację akwakultury z globalnym systemem żywnościowym. Akwakultura śródlądowa – zwłaszcza w Azji – w największym stopniu przyczyniła się do globalnej wielkości produkcji i bezpieczeństwa żywnościowego. Znaczny wzrost nastąpił także w zakresie wydajności paszy w akwakulturze i żywienia ryb. Przykładowo obniżył się udział ryb (zwłaszcza morskich) wykorzystywanych do produkcji paszy ale wzrosło uzależnienie tej produkcji od składników produkowanych na lądzie. Omówiono także wzrost udziału produkcji mięczaków i wodorostów, których potencjał wciąż jest słabo wykorzystany. Poruszono także kwestie zarządzania patogenami, pasożytami i szkodnikami wskazując, że są one wciąż wyzwaniem dla zrównoważonego rozwoju w całej branży, a wpływ zmian klimatycznych na akwakulturę pozostaje niepewny i trudny do zweryfikowania. Autorzy podnieśli też, że nacisk na branżę akwakultury, aby w ciągu tych 20 lat przyjął kompleksowe środki zrównoważonego rozwoju, w wielu przypadkach poprawił zarządzanie, technologię, lokalizację i zarządzanie tym sektorem gospodarki.

Literatura

- Verma D.K., Satyaveer S., Maurya N.K., Kumar P., & Jayaswa R. (2022). Important Water Quality Parameters in Aquaculture: An Overview. *Agriculture and Environment* 3,3, 24-29.
- Tumwesigye Z., Tumwesigye W., Opio F., Kemigabo C., & Mujuni B. (2023). The Effect of Water Quality on Aquaculture Productivity in Ibanda District, Uganda. *Aquaculture Journal* 2(1), 23-36. <https://doi.org/10.3390/aquacj2010003>
- Li H., Cui Z., Cui H., Bai Y., Yin Z., & Qu K. (2023). A review of influencing factors on a recirculating aquaculture system: Environmental conditions, feeding strategies, and disinfection methods. *Journal of the World Aquaculture Society*, 1–37. <https://doi.org/10.1111/jwas.12976>
- Lindholm-Lehto P. (2023) *Water quality monitoring in recirculating aquaculture system*. *Aquaculture, Fish and Fisheries*, 3(2), 113-131, <https://doi.org/10.1002/aff2.102>
- Naylor R.L., Hardy, R.W., Buschmann A.H., Bush S.R., Cao L., Klinger D.H., Little D.C., Lubchenco J., Shumway S.E., & Troell M. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature* 591, 551-563. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>

SKUTECZNOŚĆ OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW POCHODZĄCYCH Z HODOWLI RYB ŁOSOSIOWATYCH W INNOWACYJNYCH HYDROFITOWYCH SYSTEMACH, ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM UTYLIZACJI ZWIĄZKÓW AZOTU

JACEK WRÓBEL, MAŁGORZATA GAŁCZYŃSKA

Certyfikacja gospodarstw rybackich (M. Gałczyńska)

Wzrastający poziom wiedzy o wpływie antropopresji na środowisko skutkuje wzrostem zainteresowania konsumentów zakupem żywności pochodzącej z przedsiębiorstw akwakultury stosujących bezpieczne technologie wytwarzania produktów żywnościowych w trosce o zachowanie dobrej jakości ekosystemów wodnych (Wróbel i in. 2023). Pozarządowa organizacja Aquaculture Stewardship Council (ASC, Rada ds. Zarządzania Akwakulturą 2010 r.) opracowała program certyfikacji tego rodzaju działalności gospodarczej. Certyfikat ASC nazywany jest także certyfikatem zrównoważonej hodowli i wspiera firmy, organizacje, naukowców i obrońców przyrody w promocji i identyfikacji ryb hodowlanych (śluchotki, skorupiaki, pstrągi słodkowodne, pangie, łososie, seriole i cobie, krewetki, tilapia) pochodzących z odpowiedzialnych hodowli. Standard obejmuje szeroki zakres procesów akwakultury na całym świecie, a także uwzględnia zarówno środowiskowe, jak i społeczne aspekty rybactwa (Rys. 3). Opiera się na dwóch zasadach związanych:

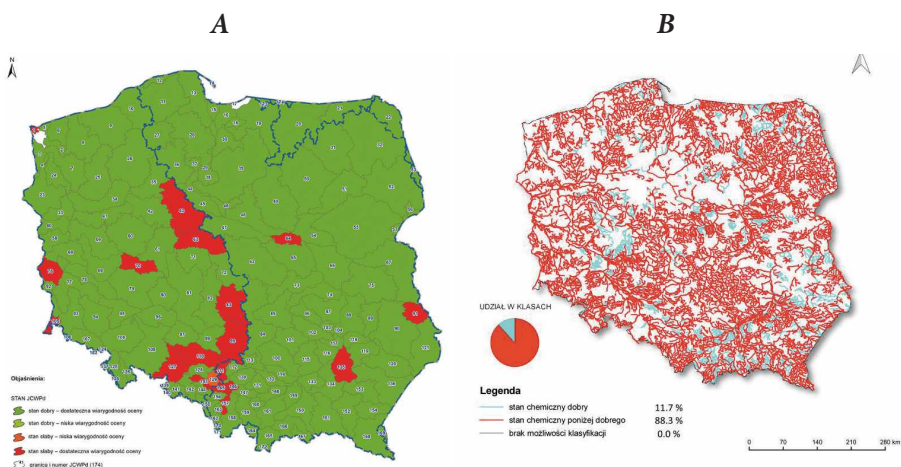
- 1) z ograniczeniem zużycia wody i procesem jej oczyszczania oraz
- 2) ze zmniejszaniem zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych.



Rys. 3. Etykieta ASC

Jakość wód powierzchniowych i podziemnych w Polsce oraz wykorzystanie ich w gospodarstwach rybackich (M. Gałczyńska)

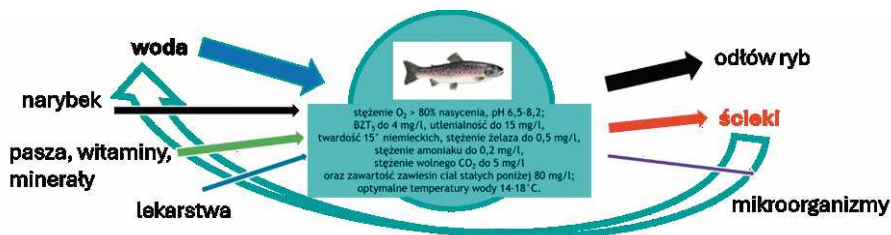
Aktualne dane dotyczące wód powierzchniowych i podziemnych w Polsce wskazują na duże różnice pod względem ich jakości (Rys. 4A i 4B), co ma wpływ na odmienny sposób ich wykorzystania np. w produkcji żywności czy w przemyśle spożywczym. W związku z tym, do hodowli ryb wybiera się na ogół wody podziemne, które charakteryzują się w Polsce w 92,45% dobrym stanem chemicznym wód (Rys. 4A).



Rys. 4. Ocena stanu chemicznego wód podziemnych wg danych z 2022 r. i rzecznych z lat 2014-2019 (<https://www.pgi.gov.pl/psh/materialy-informacyjne-psh/stan-srodowiskowy-wod-podziemnych.html>); <https://wody.gios.gov.pl/pjwp/publication/RIVERS/88>

Zgodnie z danymi Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB zasoby wód podziemnych w Polsce wynoszą około 13,6 km³ na rok, a w odniesieniu do wód powierzchniowych (ilość wody odpływającej rzekami z kraju, w 99,7% do Morza Bałtyckiego) wg informacji Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej to 61 km³ na rok. Biorąc pod uwagę jakość wód i ich ograniczone zasoby należy wdrażać technologie oparte na gospodarce o obiegu zamkniętym, która minimalizuje zużycie surowców oraz powstawanie odpadów (Rys. 5) (Rana i in. 2021). Odprowadzanie ścieków z gospodarstw rybackich nie powinno wpływać na pogorszenie jakości wód powierzchniowych, którą określa się z uwzględnieniem zarówno biologicznych (np. Makrofitowy Indeks Rzecz-

ny), hydromorfologicznych jak i chemicznych wskaźników (związki azotu i fosforu, metale ciężkie) (Szczerbińska i Gałczyńska 2015).



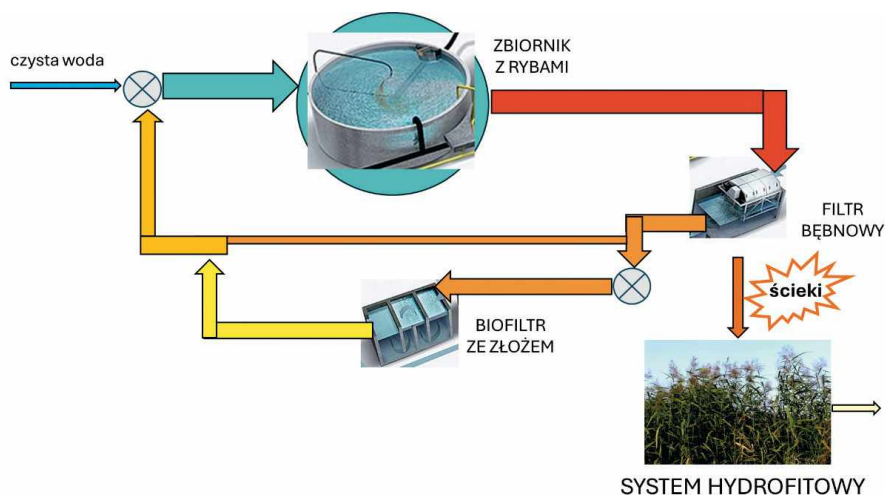
Rys. 5. Uproszczony schemat produkcji ryb łososiowatych (pstrąga tęczowego) w akwakulturze

W recyrkulacyjnych systemach akwakultury (RAS) prowadzi się najczęściej hodowlę ryb ciepłolubnych i zimnowodnych (np. łososiowatych, suma afrykańskiego, jesiotra, łososia atlantyckiego) (SustainAqua 2009). Systemy te mają wiele zalet, ponieważ charakteryzują się wysoką oszczędnością w wykorzystaniu wody i energii, rygorystyczną kontrolą jakości wody, małym oddziaływaniem na środowisko, wysokim poziomem biobezpieczeństwa i łatwiejszą kontrolą wytwarzanych ścieków w porównaniu z innymi systemami hodowli i chowu ryb.

Oczyszczanie wód zużytych w gospodarstwie rybackim z systemem RAS (M. Gałczyńska)

W gospodarstwach rybackich z systemem RAS oczyszczanie wody prowadzi się dwustopniowo. W pierwszym etapie stosuje się metodę mechaniczną, a w drugim metodę biologiczną. Wysokie wymagania w zakresie usuwania szkodliwych związków dla ryb zapewniają ich prawidłowy wzrost i rozwój w całym procesie produkcyjnym. Część odpadów powstających przy mechanicznej filtracji wód zużytych zawiera znaczne ilości zanieczyszczeń stałych i organicznych (cząstek biofilmu, kału, resztek paszy itp.) i dlatego podlega dalszemu procesowi ich unieszkodliwiania. Tak powstałe uwodnione odpady jak i część ścieków już oczyszczonych mechanicznie i biologicznie powinna być kierowana na trzeci stopień oczyszczania. Należy pamiętać, że ścieki to wody wykorzystane, odprowadzane z obiektów gospodarki rybackiej, jeżeli występują w nich nowe substancje lub zwiększone zostaną ilości substancji w stosunku do zawartych w pobranej wodzie.

Dobrym rozwiązaniem jest w takiej sytuacji zastosowanie systemu hydrofitowego (Rys. 6). Ich działanie oparte jest o fitoremediację. W technologii tej stosuje się rośliny zdolne do wzrostu w zanieczyszczonym środowisku, które oddziałują na biologiczne, chemiczne i fizyczne procesy prowadzące do usunięcia substancji szkodliwych z utworzonego układu biologicznego (Gałczyńska 2012, Gałczyńska i in. 2013, Gałczyńska i in. 2023).



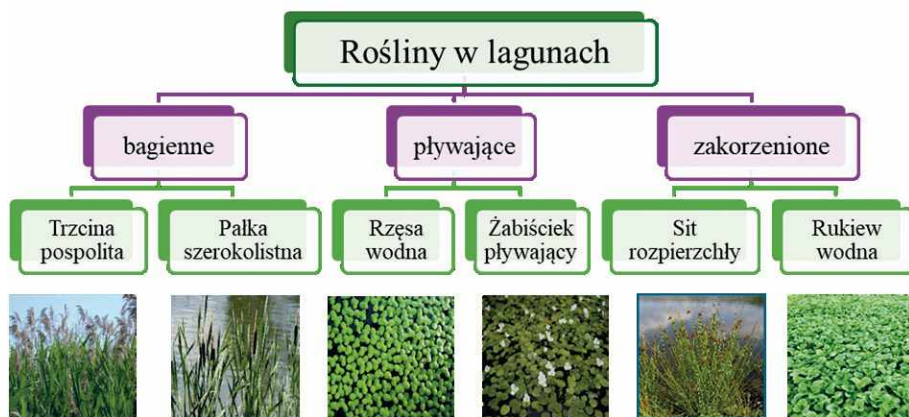
Rys. 6. Uproszczony schemat systemu recyrkulacji wody w gospodarstwie rybackim

Charakterystyka roślinności stosowanej w lagunach hydrofitowych (J. Wróbel)

Rośliny wykorzystywane w oczyszczaniu ścieków w lagunach należą do różnych zespołów ekologicznych (biocenoz) ekosystemu wodnego. Najczęściej są to rośliny należące do makrofitów (wodne rośliny kwiatowe związane z bagiennym podłożem), psammonu (rośliny związane z wilgotnym piaskiem przybrzeżnym) oraz pleustonu (rośliny pływające swobodnie po powierzchni wody).

Rośliny te charakteryzują się specyficznymi cechami morfologicznymi, anatomicznymi i fizjologicznymi, które decydują o dużej skuteczności usuwania nadmiernych ilości związków biogennych oraz metali ciężkich. Obecność, szczególnie hydrofitów wydatnie wpływa na usuwanie nadmiaru różnych pierwiastków, głównie związków azotu. Mają one, przede wszystkim wpływ na przebieg reakcji nityfikacji i denityfikacji, powodując transformację azotu amonowego do azotu gazowego. Powyższy proces jest możliwy wskutek sekwencyjnego rozkładu zakumulowanej naturalnej substancji organicznej.

Cechy, które szczególnie wyróżniają wyżej wymienione rośliny na tle innych roślin to: silnie rozbudowana tkanka powietrzna (aerenchyma), szczególnie u higrofitów, powstająca najczęściej w wyniku działalności fellogenu, zwiększając wyporność i ułatwiając ich unoszenie się w toni wodnej. Aerenchyma stanowi wewnętrzny zbiornik gazów (tlen i ditlenek węgla) wykorzystywanych w metabolizmie roślin. Poza tym, skutecznie doprowadza życiodajny tlen atmosferyczny do części roślin zanurzonych w wodzie, który odgrywa kluczową rolę w procesie ich oddychania. Ponadto wpływa także na tworzenie się stref aerobowych, obok anaerobowych w obrębie ryzosfery, w której rozwijają się tlenowe mikroorganizmy wspomagające procesy usuwania związków toksycznych.



Rys. 7. Uproszczony schemat podziału roślin wykorzystywanych w lagunach hydrofitowych

Istotne są także inne ważne cechy decydujące o skuteczności tych roślin w usuwaniu zanieczyszczeń, a należą do nich: duży i szybki przyrost biomasy (np. rzęsa drobna w sprzyjających warunkach, tj. silnej eutrofizacji wód i optymalnej temperaturze ok. 25 °C, potrafi podwoić swoją liczebność w 48 godzin), dobrze rozwinięty wiązkowy system korzeniowy, czy dynamiczne rozprzestrzenianie się nowych roślin przez rozłogi podziemne (trzcina pospolita). Bardzo ważnym wskaźnikiem fizjologicznym roślin, brany pod uwagę w ocenie ich przydatności do efektywnego oczyszczania ścieków, jest ich intensywna transpiracja. Wiąże się to bowiem z dużym poborem wody, a tym samym mineralnych związków pokarmowych (związki azotu i fosforu oraz pierwiastków metalicznych w niej rozpuszczonych). Ma to ogromne znacze-

nie w procesie fitoremediacji. Aby w pełni wykorzystać zdolności fitoremediacyjne roślin w lagunach, należy pamiętać o ich wymaganiach świetlnych oraz doborze odpowiedniego miejsca ich nasadzenia, w zależności od wybranego gatunku (płycizny, wody stojące czy lekko płynące, miejsca okresowo czy stale zalewane, brzegi zbiorników czy też woda głęboka itp.).

Mechanizmy fitoremediacji (J. Wróbel)

Istnieje wiele mechanizmów fitoremediacji, które w różny sposób zapewniają oczyszczenie z zanieczyszczeń systemu hydrofitowego (laguna). Należą do nich: fitoakumulacja, polegająca na pobieraniu z podłoża różnego rodzaju zanieczyszczeń (pierwiastków metalicznych, mineralnych związków pokarmowych) i ich akumulacji w organach nadziemnych i podziemnych (Gałczyńska 2012, Buśko i in. 2020); fitoodparowanie – wydalenie w procesie transpiracji (odparowania) szkodliwych lotnych związków, takich jak selen czy lotne węglowodory rozpuszczonych w pobranej wodzie; fitodegradacja – rozkład toksycznych zanieczyszczeń wewnątrz tkanek pod wpływem enzymów roślinnych (nitroreduktazy, fosfatazy, nitrylasy, peroksydazy) do związków nietoksycznych; biodegradacja, polegająca na stymulacyjnej roli roślin wyższych w aktywowaniu procesów mikrobiologicznych powodujących rozkład zanieczyszczeń w obrębie ryzosfery, co dotyczy głównie przemian związków azotu pochodzących ze ścieków np. z hodowli ryb.

Makrofity posiadają też mechanizm selektywnej akumulacji niektórych metali ciężkich potrzebnych do ich rozwoju np. cynku i miedzi. Biernie pobierane też są przez rośliny inne pierwiastki z tej grupy takie jak: kadm, ołów, nikiel i molibden (Milke i Gałczyńska 2021, Gałczyńska i in. 2022 i 2023). Gatunki jednoroczne charakteryzują się mniejszą zawartością metali ciężkich niż wieloletnie. Ilość metali ciężkich akumulowanych przez makrofity, jak i szybkość procesu uzależniona jest od zawartości zawiesiny organicznej i mineralnej w wodzie oraz obecności metali osadach dennych. Na pobieranie tych pierwiastków ma wpływ temperatura i odczyn środowiska oraz postać chemiczna (stopień utlenienia i rodzaj zw. chemicznego) (Gałczyńska 2012, Gałczyńska i in. 2009, Gałczyńska i Bednarz 2012, Gałczyńska i in. 2019). Niektóre metale pobierane są synergistycznie, a inne antagonistycznie.

Optymalizacja doboru gatunku makrofity do laguny hydrofitowej (J. Wróbel)

Ze względu na szacowany skład chemiczny ścieków z chowu i hodowli ryb łososiowatych najodpowiedniejszą grupę roślin do zastosowania w lagunie hydrofitowej stanowią helofity charakteryzujące się bardzo rozbudowanym ukła-

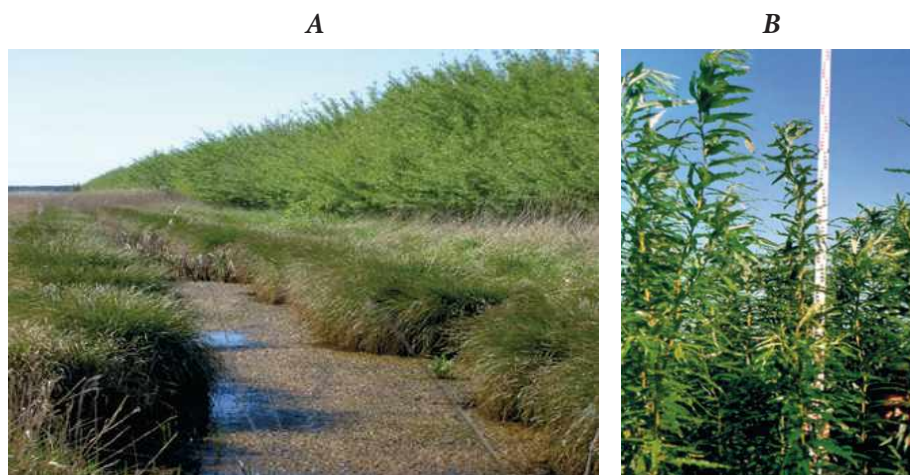
dem kłączy z dobrze wykształconą aerenchymą i mogące występować w warunkach niedotlenienia. Z kolei spleciona sieć systemu korzeniowego stwarza organiczne środowisko o bardzo dużej powierzchni, zasiedlanej bardzo szybko przez mikroorganizmy, które biorą aktywny udział w doczyszczaniu ścieków. Ponadto poprzez aktywne dostarczanie tlenu do strefy korzeniowej, intensyfikują przebieg procesów rozkładu materii organicznej i przemian związków azotu i fosforu. Do najefektywniejszych helofitów stosowanych w lagunach hydrofitowych należy trzcina pospolita (*Phragmites australis* Cav. Trin ex Steudel), gatunek o dużej biomasie (wysokość łodyg od 2 do 6 m, długość poziomych rozłogów od 6 do 10 m) i bardzo dobrych zdolnościach adaptacyjnych, szerokiej amplitudzie ekologicznej i odporności na stresy środowiskowe (Milke i in. 2020). Roślina toleruje zmienne uwilgotnienie podłoża tworząc w warunkach naturalnych zarówno lądowe, jak i wodne szuwały (Rys. 8).



Rys. 8. **A)** Mikoryzacja sadzonek trzciny pospolitej w celu zwiększenia zdolności adaptacyjnych rośliny do nowego siedliska **B)** Nasadzenia sadzonek trzciny pospolitej po mikoryzacji na terenie laguny hydrofitowej

Różne formy wzrostu *Phragmites australis* ułatwiają usuwanie zanieczyszczeń zarówno ze słupa wody, jak i osadów, w zależności od sposobu ich rozmieszczenia. Roślina ta jest odporna na przemarzanie i cechuje się silnym przyrostem biomasy oraz dużą dynamiką wzrostu wegetatywnego poprzez system podziemnych, masywnych rozłogów. Kłącza tworzą największe zagęszczenie na głębokości 0,5 m. Żywotność poszczególnych kłączy wynosi średnio około 6 lat i mogą one rosnąć w promieniu 10 m w tempie 1 m na rok. Trzcina pospolita dobrze rośnie na podłożach piaszczystych i żwirowych

wód powierzchniowych korzystnym jest zastosowanie fitoremediacji w formie nasadzeń odpowiednimi genotypami z rodzaju (*Salix*) wzdłuż cieków, do którego odprowadzane są wody z laguny. Dzięki szybko rozwijającemu się systemowi korzeniowemu z nasadzonych sztorbów wierzbowych (w formie wiązy), a tym samym dużej skuteczności w pobieraniu związków biogenych oraz metali ciężkich, możemy zdecydowanie poprawić jakość tych wód. Najbardziej przydatnymi gatunkami wierzb do celów fitoremediacyjnych są: *Salix viminalis* (wierzba wiciowa), *Salix americana* (amerykanka), *Salix amygdalina* (migdałowa), *Salix dasyclados* (wodna), *Salix caprea* (iwa) oraz *Salix acutifolia* (ostrolistna) (Wróbel 2007).

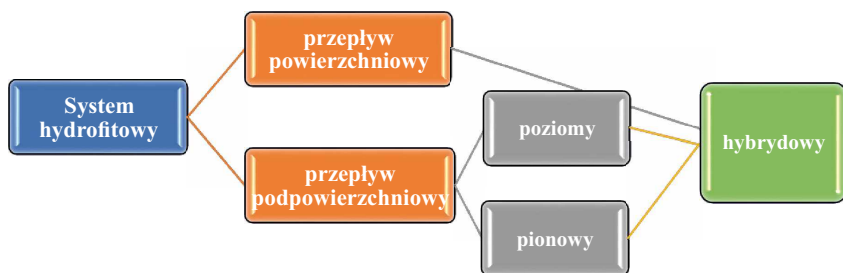


Rys. 10. Ciek naturalny z nasadzeniami wierzby wiciowej

Typy systemów hydrofitowych i różnice w efektywności usuwania związków azotu ze ścieków (M. Gałczyńska)

W Polsce do oczyszczania ścieków stosowane są przede wszystkim systemy hydrofitowe budowane w postaci złóż z podpowierzchniowym poziomym lub pionowym przepływem ścieków (Rys. 11). W procesie oczyszczania ścieków następuje intensyfikacja procesów utleniania i redukcji, które wspomagane są przez procesy sorpcji, sedymentacji i asymilacji umożliwiając usuwanie znacznej części zanieczyszczeń ze ścieków. Kierunek przepływu ścieków w złożach z podpowierzchniowym przepływem determinuje zdolność do potencjalnego dostarczania tlenu (pionowy przepływ: 23-64 g O₂/m²d, a poziomy tylko dzięki

ki trzcinie pospolitej 2 g O_2/m^2d). W odpływie ze złoża pionowym podpowierzchniowym przepływem dominującą formą są tlenowe formy azotu, podczas gdy w odpływie ze złoża z poziomym podpowierzchniowym przepływem przeważa azot w formie amonowej. Średnia skuteczność usuwania związków fosforu w oczyszczalni hydrofitowej procesach biotycznych, niezależnie od sposobu przepływu ścieków, nie przekracza 20%. Usuwanie azotu i fosforu zakumulowanego w biomase przez zbieranie nadziemnych części roślinności jest niewielkie, ale może być istotne dla niskoobciążonych złóż hydrofitowych. W skali roku z 1 m² można uzyskać ok. 100-200 g N i ok. 10-20 g P (Gajewska 2019). System z powierzchniowym przepływem ścieków budowany jest w postaci odpowiednio skonstruowanych stawów lub rowów zapewniających serpentynowy przepływ wód zanieczyszczonych. Akumulacja pierwiastków w biomase roślin ma duże znaczenie w systemach z powierzchniowym przepływem ścieków, budowanych w postaci odpowiednio skonstruowanych. Z kolei połączenie kwater z różnym kierunkiem przepływu ścieków tworzy hybrydowy system hydrofitowy zapewniający największą efektywność usuwania zanieczyszczeń (Rys. 11).



Rys. 11. Uproszczony schemat klasyfikacji systemów hydrofitowych z uwzględnieniem sposobu przepływu ścieków przez złożo

Efektywność redukcji stężenia substancji zanieczyszczających w systemach hydrofitowych w kontekście spełnienia norm jakości wód powierzchniowych (M. Gałczyńska)

Sprawność usuwania związków biogenych i zanieczyszczeń organicznych (Tab. 1) oraz związków z grupy specyficznych syntetycznych i niesyntetycznych substancji zanieczyszczających (aldehyd mrówkowy, arsen, bar, bor, chrom sześciowartościowy, chrom ogólny, cynk, miedź, fenole lotne, węglowodory ropopochodne, glin, cyjanki wolne i związane, molibden, selen, sre-

bro, tal, tytan, wanad, antymon, fluorki, beryl i kobalt) w lagunie hydrofitowej wskutek fitoremediacji musi osiągnąć poziom zgodny z normami jakości dla cieku naturalnego wynikającymi z przepisów obowiązującego prawa (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 25 czerwca 2021) i pozwolenia wodno-prawnego wydane dla przedsiębiorstwa.

Tabela 1. Wartości graniczne wybranych wskaźników jakości wód powierzchniowych

Jednolite części wód rzecznych	Związki fosforu mg/l	Związki azotu mg/l	BZT ₅ mg O ₂ /l
PNp (nizinne) cieki z dominacją ryb łoso- siowatych, karpionatych, nadających się do brodze- nia i przy połowach z łodzi	I≤0,06 II≤0,09 P-PO ₄ I≤0,17 II≤0,33 P _{og}	I≤0,14 II≤0,40 N-NH ₄ I≤1,10 II≤2,00 N-NO ₃ I≤2,00 II≤3,30 N _{og}	I≤2,3 II≤3,5

Dodatkowo wysoka efektywność pobierania związków miedzi przez trzcinę pospolitą zapewni skuteczną eliminację tego pierwiastka z wody do poziomu ≤0,01 mg Cu/l charakteryzującego I i II klasę wód w odniesieniu do wartości granicznych z grupy specyficznych syntetycznych i niesyntetycznych substancji zanieczyszczających, dla wszystkich obszarów dorzeczy. Dbłość o wody powierzchniowe wynika z potrzeby ich ochrony ponieważ ich stan jest na ogół zły.

Literatura

- Buśko M., Galczyńska M., Ciemniak A. Wpływ koagulantów PAX 16 i PAX 25, stosowanych w inaktywacji fosforu, na stężenie glinu w wybranych roślinach wodnych. *Przemysł Chemiczny* 2020, Vol.99, No.4, 532-535.
- Gajewska M. Złoża hydrofitowe z pionowym przepływem ścieków charakterystyka procesów i zastosowań. Warszawa: Polska Akademia Nauk, 2019.309 s. ISBN 978-83-63714-49-9.
- Galczyńska M. Reakcja przestki pospolitej (*Hippuris vulgaris* L.) i żabiścieku pływającego (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) na zanieczyszczenie wody wybranymi metalami ciężkimi i możliwości wykorzystania tych roślin w fitoremediacji wód. Wydawnictwo ZUT w Szczecinie. 2012. 1-138. ISBN: 978-83-7663-137-0.
- Galczyńska M., Bednarsz, K. Influence of water contamination on the accumulation of some metals in *Hydrocharis morsus-ranae* L. *J. Elem.* 2012, 17, 31–41.
- Galczyńska M., Gamrat R., Ciemniak A. An Analysis of the Reaction of Frogbit (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) to Cadmium Contamination with a View to Its Use

- in the Phytoremediation of Water Bodies. Appl. Sci. 2023, 13, 1197. <https://doi.org/10.3390/app13021197>.
- Gałczyńska M., Gibczyńska M., Michalcewicz W., Małas A. Uptake of manganese, zinc and copper by *Hippuris vulgaris* L. from wastewater solutions and soil substrate polluted with sewage sludge. Zesz. Nauk. UP Wroc., Ser. Rolnictwo 2013, 106(595), 45–58.
- Gałczyńska M., Izewska A., Małas A. Oddziaływanie przestki pospolitej (*Hippuris vulgaris*) na redukcję stężeń azotu i fosforu w oczyszczanych roztworach ze ścieku i osadu komunalnego Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 2009, 537, 105–113.
- Gałczyńska M., Mańkowska N., Milke J., Buśko M. Possibilities and limitations of using *Lemna minor*, *Hydrocharis morsus-ranae* and *Ceratophyllum demersum* in removing metals with contaminated water. J. Water Land Dev. 2019, 40, 161–173.
- Gałczyńska M., Wróbel J., Bednarz K. Sensitivity of *Hydrocharis morsus-ranae* L. to selected metals and its suitability for phytoremediation of waters contaminated with metals. A mesocosm study. J. Water Land Dev. 2022, 55, 1–13.
- Milke J., Gałczyńska M. Potencjalne możliwości fitoremediacji wód zanieczyszczonych metalami toksycznymi na przykładzie *Nasturtium officinale*. Przemysł Chemiczny 2021, T. 100, nr 1: 47-52.
- Milke J., Gałczyńska M., Wróbel J. The Importance of Biological and Ecological Properties of *Phragmites Australis* (Cav.) Trin. Ex Steud., in Phytoremediation of Aquatic Ecosystems—The Review. Water 2020, 12, 1770. DOI: 10.3390/w12061770.
- Rana V., Milke J., Gałczyńska M. Inorganic and Organic Pollutants in Baltic Sea Region and Feasible Circular Economy Perspectives for Waste Management: A Review. In: Baskar et al.(eds) Handbook of Solid Waste Management. Springer, Singapore 2021. DOI: 10.1007/978-981-15-7525-9_80-1.
- SustainAqua 2009. Zintegrowane podejście do zrównoważonej i zdrowej akwakultury słodkowodnej. Podręcznik SustainAqua – Podręcznik zrównoważonej akwakultury, 112 s.
- Szczerbińska N., Gałczyńska M. Biological methods used to assess surface water quality. Arch. Pol. Fish. 2015, 23, 185–196.
- Wróbel J. Kinetyka wzrostu oraz wybrane wskaźniki fizjologiczne *Salix viminalis* uprawianej na refulacie piaszczystym nawożonym osadem ściekowym; Wydaw. Uczelniane AR: Szczecin, 2007, Rozprawy, tom 239.
- Wróbel J., Gałczyńska M., Tański A., Korzelecka-Orkisz A., Formicki K. The challenges of aquaculture in protecting the aquatic ecosystems in the context of climate changes. J. Water Land Dev. 2023, 57 (IV–VI): 1–11. DOI: 10.24425/jwld.2023.145354.

7. BIOLOGICZNE I TECHNOLOGICZNE PODSTAWY PRODUKCJI RYBACKIEJ W OBIEKTACH AKWAKULTURY

POKARM RYB W WARUNKACH NATURALNYCH

*PRZEMYSŁAW CZERNIEJEWSKI, KRZYSZTOF FORMICKI,
AGATA KORZELECKA-ORKISZ, ADAM TAŃSKI, JAROSŁAW ŁOJKO*

Ryby występujące w wodach naturalnych znajdują niezbędny im do życia pokarm w środowisku wodnym. Jednakże pierwszym pokarmem, bez względu czy ryba w stadium dorosłym jest typowym drapieżnikiem, czy roślinożercom są substancje zawarte w woreczku żółtkowym. Pokarm ten nazywany jest endogennym, a odżywianie się tym wewnętrznym źródłem energii jest spowodowane faktem, iż ryba po wylęgu ma niedorozwinięty i niedrożny przewód pokarmowy oraz brak enzymów trawiennych. Początek odżywiania egzogenne jest, gdy przewód pokarmowy jest drożny, wydzielane są enzymy trawienne, a larwa może sprawnie się poruszać. Najczęściej następuje to po częściowej resorpcji pęcherzyka żółtkowego – okres odżywiania mieszanego (endo-egzogenne). Przejście na odżywianie zewnętrzne jest krytycznym momentem w życiu młodych ryb, powodującym duży odsetek larw martwych. Po przejściu na dietę zewnętrzną, pierwszymi organizmami spożywanymi przez ryby jest fitoplankton oraz drobny zooplankton (wrotki, drobne wioślarki i nauplii widłonogów). Wraz ze zwiększającą się masą ciała ryby, starsze osobniki zaczynają odżywiać się specyficznym pokarmem dla danego gatunku. Długość przy jakiej ta zmiana następuje uzależniona jest od gatunku ryby. Przykładowo szczupak przy długości około 2-3 cm jest zdolny do zjadania mniejszych przedstawicieli własnego gatunku, a po osiągnięciu 6-8 cm zjada inne ryby o podobnej do siebie długości.

Inne gatunki zaś mogą przez całe życie odżywiać się drobnym zooplanktonem (zooplanktonożercy- sielawa, stynka).

Różnorodność warunków środowiska i zasobów pożywienia wykształciła u dorosłych ryb różne przystosowania do spożywania różnych typów pokarmu, dzięki czemu ryby można zakwalifikować do tzw. gildii pokarmowych – grup, wewnątrz których gatunki preferują podobny pokarm. Wśród ryb około 5% stanowią ryby roślinożerne, do których zaliczamy filtratory (fitoplanktonożerne), makrofityfagi i ryby peryfitonożerne. Ta pierwsza grupa odżywia się głównie drobnym planktonem roślinnym i posiada drobny filtr w postaci aparatu filtracyjnego, wykształconego na łukach skrzelowych (gęste wyrostki osadzone na wewnętrznej wklęsłej stronie łuków skrzelowych, np. u tołygi białej). Makrofityfagi preferują natomiast pokarm roślinny o większych rozmiarach, najczęściej rośliny zakorzenione w dnie. Przedstawicielem tych ryb występujących w wodach Polski jest wzdreğa (gatunek rodzimy) i amur biały (gatunek nierodzący, pochodzący z dalekiego wschodu). Ryby te mają znacznie lepiej wykształcony i dłuższy przewód pokarmowy, aby wyjątkowo trudno strawna celuloza, występująca w szczątkach roślinnych została wchłonięta. U niektórych gatunków ryb ewolucja wykształciła wyrostki boczne żołądka (tzw. wyrostki pyloryczne), zwiększając tym samym powierzchnię chłonną układu pokarmowego.



Fot. 10. Szczupak – przykład typowego drapieżnika, podczas polowania
(Fot. G. Maciusowicz)

Ryby peryfitonożerne zeszkrobują swój pokarm (glony poroślowe) z dna, lub znajdujących się na dnie przedmiotach: głazów, większych kamieni, korzeni i gałęzi drzew. U tych ryb stwardniała i zaostzona szczęka dolna służy jako skrobaczka, a czasem cały otwór gębowy przekształca się w rodzaj przyssawki i działa podobnie jak tarka ślimaka. Wśród tych ryb wymienić należy występującą w naszych wodach świnkę, ale również wiele gatunków ryb akwariowych (*Labeo* sp., glonojady, kosiarki).

Okolo 10% ryb stanowią gatunki detrytusożerne, które odżywiają się martwą materią organiczną zbieraną z dna zbiornika wraz z mikroflorą i mikrofauną tam występującą. Wśród tych ryb liczna grupa występuje w Ameryce Południowej (dla przykładu ryby z rodziny *Prochilodontidae*: *Prochilodus mariae*, *P. nigricans*, *Semaprochilodus insignis*), Australii i Nowej Gwinei (np. ryby z rodziny *Bleniidae*: *Salarias patzneri*), lub z raf koralowych Oceanu Spokojnego ryby z rodziny *Acanthuridae* (np. *Acanthurus olivaceus*).

Największą grupę stanowią ryby mięsożerne (około 85% gatunków), wśród których wyróżniamy ryby: zooplanktonożerne, bentosożerne i drapieżne. Zooplanktonożercy mają pysk chwytny lub cedzący w postaci zbliżonej do fitoplanktonożerców, który zapobiega przenikaniu zooplanktonu na zewnątrz wraz z wodą wydalaną podczas wydechu. Typowymi zooplanktonożercami są sielawa i sieja gęstofiltrowa oraz peluga. U bentosożerców odżywiających się fauną denną szczęki wysuwają się daleko do przodu, co ułatwia tym rybom rycie w dnie w poszukiwaniu pokarmu. Ponadto w trakcie żerowania wysuwany pysk wytwarza podciśnienie we wnętrzu, powiększając jamę gębową i powodując zasysanie pokarmu do gardzieli. Ze względu, iż pokarmem bentosożerców często są organizmy zaopatrzone w twarde skorupy i pancerze, ryby te wykształciły również mocne zęby niezbędne do miażdżenia. Położone one są na ostatnim łuku skrzelowym w postaci tzw. zębów gardłowych, podczas gdy na szczękach pozostały u niektórych gatunków zęby chwytnie. Do ryb bentosożernych możemy zaliczyć leszcza, karpia, lina i karasia. Ostatnią grupę tworzą ryby drapieżne (rybożerne), które mają silnie rozwinięte zęby i stosunkowo krótki przewód pokarmowy. U tej grupy uwagę zwraca różnorodność uzębienia. Jeśli ofiara połknięta jest w całości, to na szczękach widnieją długie spiczaste zęby służące do przytrzymywania ofiary, a we wnętrzu i na podniebieniu, znajdują się jeszcze liczne drobne ząbki uniemożliwiające cofanie się tego co wędruje do gardzieli. Szerokość i rozwarcie pyska tych ryb oraz rozciągliwość przełyku i żołądka pozwala niektórym drapieżnikom połykać zdobycz niewiele mniejszą od nich samych. Typowymi rybami drapieżnymi spośród ryb krajowych są szczupak,

sum, sandacz, natomiast spośród egzotycznych — południowoamerykańskie piranie. Przedstawiony powyżej podział ryb jest tylko przybliżony, olbrzymia bowiem większość ryb roślinożernych zjada chętnie różnego rodzaju drobne organizmy wodne, ikry innych ryb oraz narybek, nawet własny.

Ze względu na skład pokarmu, ryby można również podzielić na euryfagi, które łatwo przestawiają się z jednego pokarmu na drugi oraz na stenofagi, specjalizujące się w odżywianiu jednym rodzajem pokarmu. W przypadku dużej ilości preferowanego przez dany gatunek pokarmu, biomasa tej grupy ryb szybko rośnie, ale jeśli nastąpi zaburzenie biocenozy wodnej i zmniejszeniu ulegnie biomasa pokarmu, stenofagi najczęściej zostają wyeliminowane z łańcucha troficznego akwenu. Łatwiej wówczas mają euryfagi, które dostosowują dietę do aktualnej bazy pokarmowej zbiornika. Należy przy tym podkreślić, iż w wodach naturalnych baza pokarmowa ryb zmienia się sezonowo, a nawet w ciągu doby. W związku z tym ryby wybierają spośród dostępnego pokarmu to, co największe, najbardziej odżywcze i najsmaczniejsze. Zjawisko to nosi nazwę wybiórczości pokarmowej. Czasami zdarza się, iż w zbiorniku występuje zbyt duża biomasa ryb jednego gatunku (konkurencja wewnątrzgatunkowa np. wśród osobników w dużej populacji leszcza), lub kilku gatunków spożywających ten sam pokarm (konkurencja międzygatunkowa, pomiędzy gatunkami o dużej zbieżności pokarmowej: sielawa i stynka). Wówczas zasoby pokarmowe, zazwyczaj są niewystarczające do wyżywienia nadmiernej ilości ryb, co powoduje ich karłowacenie i spadek ich kondycji.

Ryby żerują z różną intensywnością, co uzależnione jest od gatunku, wieku, wielkości, stanu fizjologicznego, temperatury wody i jej natlenienia. Zazwyczaj ryby większe do zaspokojenia potrzeb energetycznych organizmu muszą spożyć znacznie więcej pokarmu niż ryby o mniejszych rozmiarach. Ryby w okresie rozrodu, oraz ryby chore, zapasożyczone odżywiają się z mniejszą intensywnością, niż ryby zdrowe. Wpływ na intensywność odżywiania mają również warunki fizykochemiczne wody w zbiorniku. W szczególności zawartość tlenu, jeśli spadnie poniżej optymalnego dla ryb danego gatunku, wpływa na ograniczenie odżywiania, lub zaprzestanie spożywania pokarmu. Również termika wody decyduje o intensywności odżywiania. Ryby jako zwierzęta zmiennocieplne, najintensywniej odżywiają się w optymalnej, specyficznej dla każdego gatunku temperaturze wody. Przykładowo u większości ryb karpiowatych okresem tym są miesiące późnowiosenne i letnie. W niesprzyjających warunkach ryby mogą przez pewien czas nie żerować i czerpać energii zawartą w nagromadzonym tłuszczu i białku w narządach wewnętrznych

oraz mięśniach, tracąc na wadze niekiedy nawet do 50% masy swojego ciała. Przykładowo karasie przetrzymywane w warunkach sztucznych bez dostępu do pokarmu przez 8 miesięcy traciły na masie około 33%, karpie przez 18 miesięcy zmniejszyły swoją wagę o około 45%.

CZY W WALCE Z SAPROLEGNIOZĄ JESTEŚMY BEZBRONNI?

KINGA MAZURKIEWICZ-ZAPĄŁOWICZ

Ryby słodkowodne stanowią jeden z największych zasobów naturalnych świata. Niestety ekspansywna i niekontrolowana działalność antropogeniczna, łącznie z konsekwencjami zmian klimatycznych, wpływają niekorzystnie na ekosystemy wodne, co powoduje zagrożenie dla wielu gatunków ichtiofauny. Ich rezerwuarem staje się akwakultura, która stanowi ponad 50% całkowitej produkcji ryb i jest jednym z najszybciej rozwijających się sektorów żywności na świecie. Jednak rozwój tego sektora jest często hamowany i zakłócany zaniedbaniami i złymi warunkami sanitarnymi. Istotną ich przyczyną jest obecność wielu szkodliwych dla ryb czynników biologicznych, takich jak: wirusy, bakterie oraz występujące równie często pierwotniaki, przywry i patogeniczne organizmy grzybopodobne (OGP), powodujące redukcję populacji różnych gatunków ryb. Do najczęstszych chorób wywoływanych przez OGP należą: ichthyofonoza, branchiomykoza i saprolegnioza. Ichthyofonoza to infekcja grzybicza zarówno ryb morskich jak i ryb słodkowodnych, którą wywołuje *Ichthyophonus hoferi*. Choroba charakteryzuje się szaro-białymi zmianami w narządach wewnętrznych i ziarniniakami na skórze. Czynnikiem sprawczy *I. hoferi* jest wewnątrzkomórkowym pasożytem bezwzględny. Natomiast branchiomykoza i saprolegnioza to choroby typowe dla hydrobiontów słodkowodnych (bekręgowców i kręgowców). Branchiomykoza (tzw. zgnilizna skrzeli) jest infekcją wywołaną przez *Branchiomyces sanguinis* i *B. demigrans*. U większości ryb słodkowodnych *B. sanguinis* rozwija się w naczyniach krwionośnych skrzeli, podczas gdy *B. demigrans* rozrasta się w ich tkankach mięszsowych. Objawy to jądłowstręt, marmurkowatość i zatory w skrzelach na skutek zaburzeń krążenia. Natomiast saprolegniaza to ogólny termin odnoszący się do chorób wywoływanych przez liczne gatunki OGP z rodziny Saprolegniaceae, należące do rodzajów: *Saprolegnia* spp. i *Achlya* spp. i *Aphanomyces* spp. Pa-

togeny te są saprotrofami, kosmopolitycznie rozpowszechnionymi w słodkowodnych naturalnych ekosystemach jak i w akwakulturze. Dla ryb mikroorganizmy te stają się chorobotwórcze tylko wtedy, gdy ryby są osłabione stresem, ranami, niedożywieniem lub innym czynnikiem pogarszającymi ich kondycję zdrowotną. Symptomami saprolegniozy są białe, przypominające bawełnę narośla strzępek grzybni na nekrotycznych tkankach zakażonych ryb, głównie na skórze, skrzelach, płetwach, zapadniętych oczach i pysku. Na podstawie tych objawów chorobę zwyczajowo nazywa się „pleśniawką”. Kliniczne objawy saprolegniazy obejmują owrzodzenia krwotoczne skóry, płetw, skrzeli i mięśni. Saprolegnioza powoduje też dysfunkcje ogólnoustrojowe, związane z zaburzeniem czynności wątroby, śledziony, oczu i nerek, co najczęściej powoduje masową śmiertelność. Szacuje się, że w przypadku łososia atlantyckiego, pstrąga tęczowego i potokowego oraz gatunków innych niż łososiowate, w tym okonia, węgorza i suma, a także kilku innych komercyjnych ryb słodkowodnych, saprolegnioza corocznie powoduje straty rzędu miliardów dolarów.

W świetle tak dużego zagrożenia i związanych z nim strat ekonomicznych, także w akwakulturze, bardzo istotne jest upowszechnianie dobrych praktyk zarządzania wylęgarnią. Dotyczy to przede wszystkim przestrzegania kryteriów zapewniających wysoką jakość sanitarną wylęgarni, co jest jednym z ważniejszych działań eliminujących lub minimalizujących transmisję i rozwój tych patogenów.

Infekcje grzybicze, zwłaszcza w ostrym stanie, są trudne do leczenia. W tej fazie większość terapii przeciwko zakażeniom *Saprolegnia spp.* jest nieefektywna, a niektóre mają wręcz negatywny wpływ na środowisko. Tak było z zielenią malachitową, która przez wiele lat była głównym, skutecznym i niedrogim sposobem leczenia zakażeń ryb wywołanych przez patogeny *Saprolegniaceae*. Jednak od 2002 r., w większości krajów na świecie, obowiązuje międzynarodowy zakaz stosowania zieleni malachitowej, ze względu na jej działanie teratogenne, mutagenne i rakotwórcze. Szereg obaw budzą także inne środki, polecane w leczeniu saprolegniozy w akwakulturze takie jak formalina i formaldehyd, które także mają toksyczny wpływ na środowisko i personel. Podobnie zastrzeżenia dotyczą stosowania chlorku sodu, nadtlenu wodoru, kwasu borowego, klotrimazolu, azotanu miedzi czy nadmanganianu potasu – związków skutecznych w leczeniu zakażeń patogenami wywołującymi saprolegniozę, których wpływ na bezpieczeństwo biologiczne środowiska nie jest do końca poznany. Z kolei ozonowanie wody, mimo skuteczności w zwalczaniu zakażeń na saprolegniozę ze względu na wysokie koszty ekonomiczne, utrudnia powszechne zastosowanie tego zabiegu. Stosowanie chemioterapii obciążone

jest także zagrożeniem związanym z nabywaniem odporności przez patogeny. Mimo omówionych wad chemiczne zwalczanie saprolegniozy ma podstawową zaletę – gwarantuje szybki rezultat terapeutyczny.

Pilna potrzeba znalezienia skutecznych, opłacalnych i bezpiecznych środków terapeutycznych, zintensyfikowała prace nad poszukiwaniem nowych metod leczenia, a przede wszystkim profilaktyki saprolegniozy. Poszukiwania alternatywnych metod umożliwiających hamowanie rozwoju saprolegniozy na świecie, skierowane są m.in. na bioaktywne związki roślin, wykazujących działanie fungistatyczne lub fungicydalne. Perspektywę taką otwiera *Vernonia amygdalina*, roślina dziko rosnąca w Afryce równikowej. Wywar z jej gorzkich liści wykorzystywany powszechnie w medycynie ludowej jako substytut chininy oraz środek przeciw zakażeniom pasożytniczym, z powodzeniem stosowany jest przez lokalnych hodowców ryb w celu zapobiegania rozwojowi saprolegniozy. W podobnym zakresie wykorzystane są ekstrakty z *Euphorbia kamerunica*, których mleczny, toksyczny sok hamuje rozwój OGP w wodzie. Bioaktywne i ograniczające rozwój OGP związki pozyskano także z występującej w strefie podzwrotnikowej *Azadirachta indica*, czyli melii indyjskiej. Wszystkie części tego drzewa, oprócz tego, że mają zastosowanie w tradycyjnej medycynie hinduskiej, są źródłem naturalnych biopestycydów, których substancje aktywne (50 związków) zwalczają patogeny saprolegniozy. Popularność w tym zakresie zyskuje także przyjazna dla środowiska kontrola biologiczna, jednocześnie uznawana za alternatywną strategię wykorzystującą w redukcji patogenów inne antagonistycznie działające mikroorganizmy. Na przykład codzienne dodawanie *Aeromonas media* szczep A199 do wody w hodowli akwakultury skutecznie zatrzymało rozwój saprolegniazy u ryb, dzięki antagonistycznemu działaniu substancji hamującej, podobnej do bakteriocyny. Czynniki te poprawiają odporność niespecyficzną i wspomagają pozyskiwanie składników odżywczych przez gatunki hodowane w akwakulturze.

W ostatnich latach stwierdzono, że nowy związek Quellenin, syntetyzowany przez *Aspergillus* sp. szczep YK-76 działa także hamująco na wzrost i rozwój *Saprolegnia*. Antagonizm wobec *Saprolegnia* wykazują także inne gatunki grzybów np. głębiny *Penicillium coralligerum* YK-247, w związku z produkcją fungistatycznej substancji - Cladomarine (Takahashi i in., 2017). Jako obiecujące do zwalczania saprolegniazy w akwakulturze opisano liczne probiotyki, produkowane przez mikroorganizmy, np. ze słodkowodnego gatunku *Burkholderia* szczep HD05, wyekstrahowano i oczyszczono pochodną kwasu glutaminowego, który działa inhibycyjnie na rozwój *Saprolegnia*. Liczne, trwa-

jące na całym świecie, badania nad poszukiwaniem kolejnych probiotyków, pozwalają przypuszczać, że stanowią one obiecujący potencjał w biologicznym zwalczaniu saprolegniozy w akwakulturze.

W leczeniu saprolegniozy, optymizmem napawają również badania genomiczne i proteomiczne *S. parasitica* i innych patogennych Saprolegniaceae, które uzupełniają identyfikację genów i białek zaangażowanych w odpowiedź immunologiczną chorych ryb. Badania nad produkcją swoistych przeciwciał zaangażowanych w odpowiedź immunoregulacyjną u ryb żywicielskich, zakażonych saprolegnią mogą pomóc w opracowaniu szczepionki i wczesnym wykrywaniu *S. parasitica*. Po wstrzyknięciu pstrągowi potokowemu (*Salmo trutta*) ekstraktu antygenowego z patogennego szczepu *S. parasitica* wykryto w surowicy tej ryby swoiste przeciwciała wytwarzane w odpowiedzi na infekcję. Test immunoenzymatyczny (ELISA), immunofluorescencyjny (IF) i analizy Western blotting (WB) zastosowano do analizy obecności przeciwciał w surowicy. Przeciwciała te wykryto odpowiednio w 66,7%, 54,5% i 48,5% próbek surowicy, dla każdej z trzech wymienionych technik, co potwierdziło wytwarzanie swoistych przeciwciał przez *S. trutta* w odpowiedzi na ekstrakty antygenowe z *S. parasitica* przy wykorzystaniu standardowych technik immunologicznych. Częstość występowania w surowicy przeciwciał, skierowanych przeciwko *S. parasitica* u dzikiego i hodowanego *S. trutta*, wykazuje dodatnią korelację między poziomem tych przeciwciał w surowicy a wiekiem ryb. Odkrycie to wskazuje, że wraz z wiekiem ryb zwiększa się ich odpowiedź immunologiczna na *S. parasitica*. Niższa liczba swoistych przeciwciał w surowicy *S. trutta*, w odpowiedzi na ekspozycję na *Saprolegnia* może wskazywać na supresję immunologiczną wywołaną przez *S. parasitica*. Stąd też konieczne są przyszłe badania charakteryzujące wytwarzanie antygeny, aby lepiej zrozumieć specyficzną odpowiedź immunologiczną u ryb zakażonych *Saprolegnia*.

Do czasu upowszechnienia osiągnięć genomiki i proteomiki *Saprolegnia* spp., zabiegiem ciągle podstawowym, najskuteczniejszym i najmniej obciążającym środowisko w wylęgarniach jest **profilaktyka i po trzykroć profilaktyka**. Skuteczność jej związana jest z zabezpieczeniem wszelkich warunków gwarantujących optymalny rozwój ikry oraz wzrost narybku i ryb. Działania te dotyczą:

- regularnego usuwania ze zbiornika resztek pokarmu, kału, martwych ryb i resztek roślin, co gwarantuje utrzymanie jakości wody (np. wysoką zawartość rozpuszczonego tlenu, obniżenie stężenia amoniaku);

- unikania przegęszczenia populacji ryb w celu zmniejszenia mechanicznego stresu i obrażeń, które są wrotami infekcji;
- dbałości o dobrą kondycję ryb przez zdrowe odżywianie;
- usuwania ryb z otwartymi obrażeniami;
- usuwaniem martwych jaj z wylęgarni.

Szczegółne istotnym czynnikiem stresującym jest temperatura wody. Decyduje ona o ilości zoospor (2-wiciowych zarodników pływakowych) oraz liczbie generacji tego pokolenia bezpłciowego, odpowiadającego za infekcję. Zoospory przy niższej temperaturze wody (5-15°C) nie tylko tworzą się masowo, ale także wykazują większą aktywność. Produkcja zoospor zmniejsza się istotnie, gdy temperatura wody wzrasta powyżej 20°C. Nic więc dziwnego, że przy obniżonej temperaturze skuteczność infekcji jest łatwiejsza. W wyższej temperaturze OGP rozwijają się nie tylko wolniej, ale także ich cykle rozwojowe ulegają modyfikacji i uproszczeniu. Np. gatunki *Achlya* skąpo zarodnikują i nie rozmnażają się płciowo. Zarówno *Achlya* jak i *Saprolegnia* nie wytrzymują też w wyższej temperaturze konkurencji z bakteriami i glonami, zwłaszcza osiadłymi, a ich liczebna redukcja sprawia, że rola w ekosystemie także spada.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na kiełkowanie zoospor jest pH wody. W warunkach kwaśnych (pH < 4,5) udowodniono hamowanie tego procesu. Kwasowość wody, podobnie jak temperatura, wpływa też na modyfikację cyklu rozwojowego. U *Saprolegnia monoica* w wodzie kwaśnej (pH 2,6 i 5,5) tworzą się jedynie zoosporangia z zoosporami (rozmnażanie wegetatywne), a w wodzie zasadowej (pH 7,3 i 8) lęgnie i plemnice (uczestniczące w rozmnażaniu generatywnym). Natomiast *S. ferax* tworzy grzybnię wegetatywną zarówno w środowisku kwaśnym jak i zasadowym, lecz lęgnie i plemnice jedynie w wąskim zakresie pH (5,8-6,9). Inne są więc warunki sprzyjające rozwojowi bezpłciowemu i płciowemu *Saprolegnia*. Wzrost grzybni różnych gatunków *Saprolegnia* może być hamowany przez substancje humusowe, które stanowią większość rozpuszczonej materii organicznej w oligotroficznym ekosystemach słodkowodnych. Działanie inhibicyjne na wzrost grzybni patogenu, otorbienie i kiełkowanie zoospor, mogą wywierać także jony Ca^{2+} .

Mimo wielu badań wskazujących na możliwość wykorzystania zabiegów interwencyjnych w leczeniu saprolegniozy w akwakulturze, w najbliższej przyszłości ciągle jeszcze profilaktyka stanowić będzie najważniejszy element w skutecznym ograniczaniu choroby.

ZAGROŻENIA PASOŻYTNICZE ZWIĄZANE Z KONSUMPCJĄ RYB

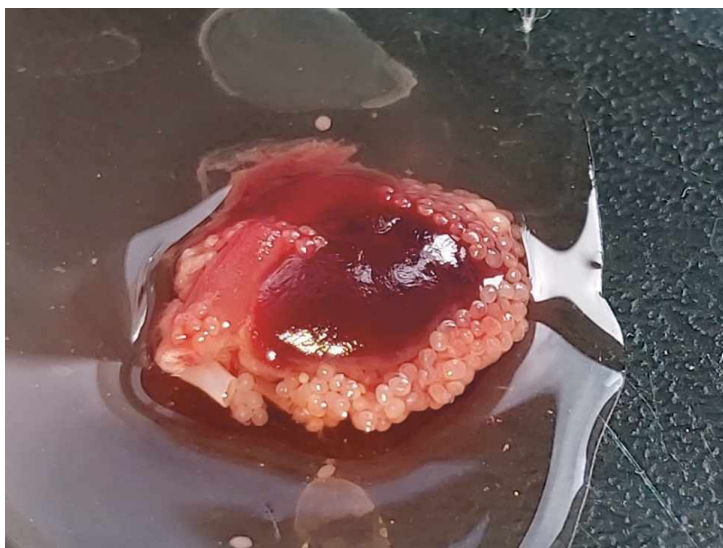
ANGELIKA LINOWSKA

Wysoka śmiertelność ryb w hodowlach często jest wynikiem pojawiania się chorób środowiskowych i infekcyjnych o podłożu wirusowym, jednakże niebagatelne znaczenie mają również żerujące na rybach pasożyty. Wiele cykliów rozwojowych mikroorganizmów i bezkręgowców, w tym również patogenicznych, jest uzależnionych od obecności wody. Z tego powodu środowisko wodne jest idealnym rezerwuarem dla licznych biologicznych czynników chorobotwórczych, co przekłada się na wysoką zachorowalność organizmów wodnych. W badaniach parazytologicznych ryb często stwierdza się obecność przynajmniej jednego gatunku pasożyta bytującego u danego żywiciela. Najczęściej reprezentuje on ektopasożyty przebywające na powierzchni ciała zwierząt, na skrzelach bądź w naturalnych otworach ciała takich jak jama nosowa, jama gębowa czy linia naboczna. Potwierdzenie obecności pasożyta nie jest tożsame z wystąpieniem u żywiciela stanu chorobowego. Bardzo często na skórze i skrzelach ryb identyfikuje się pasożyty jednokomórkowe, pojedyncze przywry monogeniczne czy pasożytnicze skorupiaki, które nie wywołują zmian chorobowych i nie wpływają niekorzystnie na kondycję ryb (Fot. 11). Znane są jednak przypadki śnięcia ryb związane z masowym występowaniem ww. patogenów, które dotyczyły głównie ryb młodych, osłabionych czy przetrzymywanych w zbyt dużym zagęszczeniu. W środowisku naturalnym rzadziej obserwuje się upadki ryb związane z inwazją ektopasożytów. Pasożyty zewnętrzne ryb nie zagrażają zdrowiu człowieka a przypadkowe ich spożycie nie niesie za sobą konsekwencji zdrowotnych u ludzi. Mają one jednak istotny wpływ podczas klasyfikacji produktów rybołówstwa pod kątem przydatności do spożycia. Obecność ektopasożytów negatywnie wpływa na wygląd produktów akwakultury i może być podstawą do dyskwalifikacji z uwagi na odrażający dla konsumenta wygląd.



Fot. 11 Pasożytniczy skorupiak *Salmincola thymalli* przytwierdzony do płetwy ogonowej siei (fot. A. Linowska)

Obecność u ryb pasożytów wewnętrznych jest często niezauważalna dla hodowcy i potwierdzona zostaje dopiero w rutynowym badaniu sekcyjnym zwierząt. Do najczęściej notowanych endopasożytów ryb należą przywry digeniczne, tasiemce, kolecogłowy i nicienie. Masowe występowanie pasożytów wewnętrznych u ryby może mieć dwojakie podłoże: z jednej strony jest wynikiem obfitego żerowania na zainfekowanym żywicielu pośrednim (małży, skorupiaku), z drugiej strony wynika z kumulacji wielu pokoleń pasożytów tego samego gatunku w miarę upływu czasu (stąd ryby starsze charakteryzują się większą intensywnością zarażenia oraz większym bogactwem gatunkowym pasożytów). Obecność dużej liczby pasożytów wewnętrznych często niekorzystnie odbija się na kondycji ryb (Fot. 12). W przypadku masowego występowania pasożytów przewodu pokarmowego może dojść do upośledzenia działania narządów, a nawet do całkowitego zaczerwienia światła jelita i śnięcia ryb.



Fot. 12. Serce certy z widoczną masową inwazją larwą przywry digenicnej *Ichthyocotylurus platycephalus* (fot. A. Linowska)



Fot. 13. Liczne tasieńce *Eubothrium crassum* wyizolowane z wyrostków pylorycznych jednego osobnika żywicielskiego (troć) (fot. A. Linowska)

Występowanie w jelicie tasiemców z uzbrojonym skoleksem oraz kolców niejednokrotnie skutkuje przebicciem ściany narządu i przedostaniem się całego pasożyta bądź jego fragmentów do jamy ciała (Fot. 13).

Niektóre gatunki endopasożytów po spożyciu przez człowieka mogą wywołać u niego stan chorobowy a w szczególnych przypadkach stanowić istotne zagrożenie życia. W Polsce za niebezpieczne dla ludzi uznawane są następujące pasożyty: larwy przywr digenicznych z rodzaju *Opisthorchis* (*O. felineus*, *O. viverrini*), larwy tasiemca bruzdogłowca szerokiego *Dibothriocephalus latius* oraz larwy nicieni z rodziny *Anisakidae* (Fot. 14). Do zarażenia dochodzi w wyniku zjedzenia mięsa ryb w stanie surowym bądź poddanego nieprawidłowej obróbce termicznej lub chemicznej.



Fot. 14 Larwa nicienia z rodziny *Anisakidae* w mięśniach śledzia (fot. A. Linowska)

Prawo unijne jasno precyzuje wymagania stawiane produktom akwakultury pod kątem występowania pasożytów. Zgodnie z rozporządzeniem nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. ustanawiającym szczególne przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego podmioty prowadzące przedsiębiorstwo spożywcze zobowiązane są zapewnić, aby przed wprowadzeniem do obrotu, produkty rybołówstwa zostały poddane oględzinom w celu wykrycia widocznych pasożytów. Nie mogą wprowadzać do obrotu w celu spożycia przez ludzi produktów rybołówstwa, które w sposób widoczny są zanieczyszczone pasożytami. W dyrektywie zawarte są również wytyczne odnośnie obróbki termicznej produktów rybołówstwa

(mrożenia) i ewentualnych zwolnień z tego procesu. Szczegółowe standardy, wytyczne i normy w sprawie bezpieczeństwa żywności zostały zapisane w kodeksie żywnościowym (Codex alimentarius) opracowywanym przez Komisję Kodeksu Żywnościowego powołaną z inicjatywy FAO i WHO. W kodeksie znajdują się szczegółowe procedury oceny przeżywalności różnych grup pasażerów, również w żywności pochodzenia wodnego (Fot. 15).



Fot. 15 Larwy nicieni z rodziny Anisakidae poddane testowi na przeżywalność z zastosowaniem sztucznego soku żołądkowego i zieleni malachitowej. Niepełne wybarwienie części larw świadczy o niedostatecznej obróbce termicznej lub chemicznej testowanego mięsa i zapewnienia warunków, w których larwy są w stanie przeżyć.
(fot. A. Linowska)

Z uwagi na liczne występowanie patogenów oraz łatwość ich rozprzestrzeniania się w środowisku wodnym szanse na zarażenie ryb są bardzo wysokie. Tylko hodowla w obiegu zamkniętym daje pewność, iż produkowana żywność będzie wolna od chorób i pasożytów. W pozostałych przypadkach należy liczyć się z możliwością wystąpienia inwazji i związanych z nią konsekwencji. Dlatego niezmiernie ważne jest przeprowadzanie stałych kontroli produktów rybołówstwa, monitoring środowiska wodnego, stosowanie się do zapisów zawartych w prawie krajowym i unijnym oraz opracowanie i stosowanie metod prewencyjnych chroniących producentów oraz konsumentów.

ZAGROŻENIA MIKROBIOLOGICZNE I KORZYŚCI PŁYNĄCE Z WYKORZYSTANIA MIKROORGANIZMÓW W AKWAKULTURZE

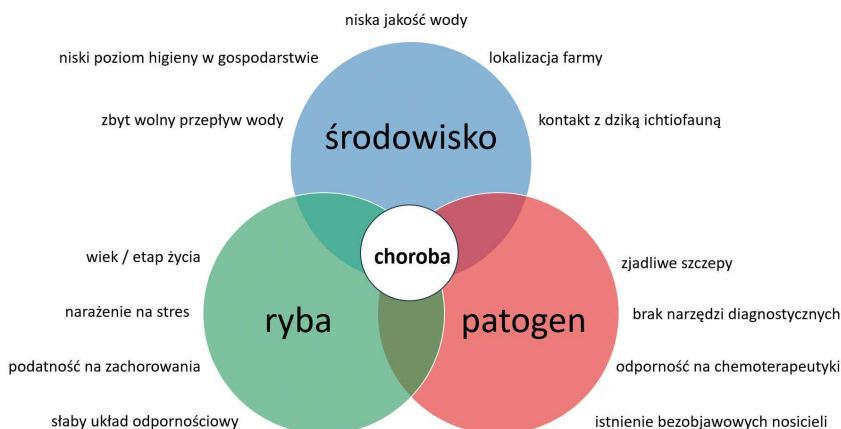
ELŻBIETA BOGUSŁAWSKA-WĄS, WOJCIECH SAWICKI

Sektor akwakultury jest obecnie jednym z najdynamiczniej rozwijających się gałęzi gospodarki żywieniowej, przyczyniając się do coraz większego udziału w produkcji białka zwierzęcego. Związane jest to z zapotrzebowaniem na łatwo dostępne i stosunkowo tanie białko, zważywszy, że z roku na rok populacja ludzka zwiększa się i prawdopodobnie osiągnie około 10 mld ludzi w ciągu najbliższych 30 lat (wg. Organizacja Narodów Zjednoczonych, Departament Spraw Gospodarczych i Społecznych). Ta rosnąca populacja potrzebuje stałych dostaw wysokiej jakości białka, które w coraz większym stopniu dostarczane jest przez mięso skorupiaków i ryb. Szybki rozwój, intensyfikacja i globalizacja tego sektora doprowadziły do wielu wyzwań, w tym potrzeby utrzymania jakości wody, której ograniczone zasoby rozpatruje się już w kategorii globalnego problemu. Niestety, nie wszystkie systemy hodowli są w stanie sprostać wymaganiom ustawowym oraz oczekiwaniom społecznym. Różnice w poziomie zaawansowania technologicznego w akwakulturze zależą od gospodarki, infrastruktury krajowej i komercyjnej, a także od hodowanych gatunków. Ma to również bezpośredni wpływ na możliwości i skuteczność prowadzonej kontroli jakości środowiska w tym wody. Największym problem są systemy, w których zanieczyszczenia nieorganicznymi składnikami odżywczymi, odchodami ryb i resztkami paszy nie podlegają uzdatnianiu i jako ścieki o wysokiej zawartości składników odżywczych mogą stymulować eutrofizację. Postępującej degradacji środowiska towarzyszą zmiany na różnych poziomach troficznych, co może doprowadzić do zakłócenia równowagi ekologicznej, czego efekty są zauważalne również na poziomie komercyjnego wykorzystania zasobów naszych wód. Struktura mikrobiologiczna zbiornika jest więc jednym z podstawowych czynników wpływających na kondycję ryb, a w konsekwencji na ich jakość technologiczną.

Obecność mikroorganizmów w środowisku i ich zmienność w strukturze ilościowo-jakościowej jest zjawiskiem naturalnym i w prawidłowo funkcjonującym ekosystemie nie powinna skutkować jego destabilizacją. Utrzymanie równowagi jest procesem złożonym opartym na koegzystencji organizmów będących na różnym poziomie organizacji biologicznej. Pierwszym jej ogniwem jest tzw. pętla mikrobiologiczna (microbial loop), która jest jednym z podstawowych elemen-

tów regulujących (za pośrednictwem mikroorganizmów) globalne cykle (krążenia podstawowych pierwiastków i udział w mineralizacji), przepływ energii i substancji odżywczych a więc i bioremediację *in situ*. Nagłe zmiany w środowisku mogą prowadzić do naruszenia ekosystemowej funkcjonalności mikrobiocenoz. Ich zakres może być obserwowany na poziomie rozkładu materii i/lub uwalnianiu związków zdeponowanych w obszarach dennych co umożliwia podejmowanie działań prewencyjnych i ograniczenie powstawania wtórnego zagrożenia

Wszelkie zmiany, w tym przede wszystkim antropogeniczne, prowadzą do zaburzenia strukturalnej i funkcjonalnej bioróżnorodności, a w konsekwencji utrzymania podstawowej struktury ekosystemu. Ekologiczne mechanizmy zachowań (reakcji) drobnoustrojów na drastycznie zmieniające się warunki środowiskowe są złożone. Zależą przede wszystkim od zdolności adaptacyjnych mikroorganizmów (np. śmierć komórki, dostosowanie, pleomorfizm czy VBNC – żywe ale niehodowlalne). W efekcie tych zmian może dochodzić do zachwiania równowagi w obrębie mikroorganizmów uznawanych za fakultatywne oraz zaburzenia zależności pomiędzy drobnoustrojami degeneratywnymi i generatywnymi. Prowadzić to może do wyłaniania się zjawisk zagrażających bezpieczeństwu ludzi i zwierząt jak i funkcjonowaniu określonego ekosystemu.



Rys. 12. Czynniki wpływające na podatność chorobową ryb

W środowisku naturalnym, organizmy wodne funkcjonują w bezpośrednim kontakcie z różnorodnymi drobnoustrojami. Jako formy komensalne,

kolonizują przede wszystkim powłoki skórne, skrzela i przewód pokarmowy. Wśród nich obecne są również formy potencjalnie chorobotwórcze. Ich patogenność wyznacza złożona sieć interakcji zachodząca pomiędzy: gospodarzem, czynnikami środowiskowymi i hodowlanymi oraz możliwymi czynnikami chorobotwórczymi (rys. 12). Oznacza to, że prawie każda jednostka chorobowa ryb ma swoje podłoże w środowisku.

Z badań przeprowadzonych w latach 2018-2020 przez mikrobiologów Wydziału Nauk o Żywności i Rybactwa wynika, że poziom kolonizacji bakteryjnej ryb średnio mieścił się w zakresie 105-108 jtk/g. Nie jest to alarmujący stan ryzyka mikrobiologicznego pod warunkiem, że w profilu gatunkowym nie potwierdza się obecności drobnoustrojów chorobotwórczych na poziomie efektywnego zagrożenia. W tym przypadku drobnoustrojem dominującym były szczepy należące do *Pseudomonas* spp., którego obecność potwierdzono również w próbach wody. Jest to gatunek zaliczany do bakterii chorobotwórczych ryb zwłaszcza o niskiej kondycji fizjologicznej. W tym miejscu należy podkreślić znaczenie jakości mikrobiologicznej wody jako miejsca bytowania ryb. Prawie każda jednostka chorobowa ryb ma swoje podłoże w środowisku. Z tego też wynikała bezpośrednia potrzeba badania bezpieczeństwa mikrobiologicznego wody i osadów w czasie katastrofy ekologicznej na Odrze. Ustalone wówczas zróżnicowanie ogólnej liczebności bakterii nie przekraczało 106jtk/g osadów i 104jtk/ml wody, z akceptowalnym poziomem zagrożenia teoretycznego dla wskaźników fekalnych. Szczegółowa analiza potencjalnie chorobotwórczych drobnoustrojów, w tym dla ryb, była już jednak istotnie odmienna niż oznaczona w poprzednich latach. W profilu gatunkowym wody i osadów, oprócz *Pseudomonas* spp, oznaczono *Enterobacter* spp i *Citrobacter* spp, *Proteus* spp, *Salmonella arizonae*, *Aeromonas* spp, *Staphylococcus* sp i *Klebsiella* sp. Potwierdzenie obecności drobnoustrojów zaliczanych do potencjalnie chorobotwórczych wskazywał na rzeczywisty stan zagrożenia.

Choroby infekcyjne i środowiskowe są uznawane za jedno z ważniejszych przyczyn strat w zasobach naturalnych ichtiofauny. W określonych warunkach środowiskowych u niektórych bakterii, wcześniej nieszkodliwych dla ryb, pojawiają się cechy zjadliwości, czego efektem jest rozwój procesu chorobowego. Aktualnie ryby są najczęściej wymienianym towarem spożywczym w handlu międzynarodowym. Tym bardziej duży niepokój budzi coraz częstsze wyławianie z Bałtyku ryb z objawami zakażeń: *Shewanella*, *Aeromonas* w tym *A. hydrophila*, *Flavobacterium* czy RLP (ang. Rickettsia-Like Organism). Potwierdzone są również zakażenia spowodowane *Vibrio*, w tym *V. anguillarum*

i *V. parahemoliticus* czy *V. vulnificus* które w skrajnych przypadkach mogą prowadzić do martwiczych zmian np. wokół oczu. Pule powszechnie występujących patogenów bakteryjnych ryb uzupełnia *Edwardsiella ictaluri* i *E. tarda*, *Streptococcus* sp. oraz *Piscirickettsia salmonis*. Co raz częściej diagnozuje się bakterie chorobotwórcze tj.: *Weissia ceti*, *Mycobacterium marinum*, *Nocardia* spp., *Yersinia ruckeri*, *Francisella* spp., *Lactococcus garvieae* oraz *Kocuria kristinae* izolowana z hodowlanych ryb z nietypowymi objawami chorobowymi. Nie bez znaczenia pozostają choroby grzybicze wywołane przede wszystkim przez *Saprolegnia* spp. oraz pasożytnicze których czynnikiem etiologicznym są: *Trichodina*, *Chilodonela*, *Argulus* i *Ergasilus*.

Zwiększający się stopień zjadliwości drobnoustrojów i wyłanianie tzw. „emerging pathogens” wyznacza nowe kierunki oceny zagrożeń mikrobiologicznych. Naturalną konsekwencją zmienności jest pojawianie się nowych gatunków drobnoustrojów lub też zróżnicowanie już istniejących w danym ekosystemie. Zmienności tej najczęściej towarzyszą nietypowe objawy kliniczne w przebiegu chorób bakteryjnych, podobieństwo z innymi czynnikami chorobowymi lub efekt infekcji mieszanych. Podobnych obserwacji dokonuje się w intensywnych hodowlach, szczególnie na wodach otwartych. Ikra i formy larwalne ryb są szczególnie podatne na infekcje mikrobiologiczne, a kontrolowanie wzrostu tych patogenów za pomocą konwencjonalnych środków, tj. poprzez stosowanie środków przeciwdrobnoustrojowych, może stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego ze względu na rozprzestrzenianie się oporności drobnoustrojów na antybiotyki jak i dla środowiska.

Aktualnie zgłaszane są coraz częstsze przypadki zakażeń dotychczas nie występujących lub epizodycznych. Na uwagę zasługują również nadmierne śnięcia ryb, dla zjawisk których trudno ustalić jednoznaczne przyczyny lub wskazać czynniki etiologiczne. Problem generują również zmiany klimatyczne, których skutkiem jest nabywanie przez mikroorganizmy zdolności adaptacyjnych. Jako formy zawleczone (inwazyjne) mogą współtworzyć mikrobiotę naturalną wprowadzając do środowiska nowy potencjał, w tym nowe jednostki chorobowe. Brak możliwości wprowadzenia środków zwalczania chorób w zbiornikach naturalnych nie powinien być rozpatrywany jako argument do niepodjęcia działań kontroli ale wręcz przeciwnie staje się niezbędnym elementem poznania wektorów w łańcuchu epidemiologicznym ichtiofauny i pierwszym krokiem do wyznaczenia systemów kontroli w celu ich ograniczenia.

Potrzeba zwiększenia odporności na choroby, przy jednoczesnej poprawie tempa wzrostu ryb i wydajności hodowlanej doprowadziła do zastosowa-

nia probiotyków w akwakulturze. Pierwsze zastosowanie probiotyków miało na celu przetestowania ich zdolności do zwiększania wzrostu hydrobiontów (organizmów żyjących w wodzie). Później probiotyki były wykorzystywane do poprawy jakości wody i kontroli infekcji bakteryjnych. Obecnie istnieją udokumentowane dowody na to, że probiotyki mogą poprawiać strawność składników odżywczych, zwiększać tolerancję na stres i sprzyjać reprodukcji. Obecnie istnieją komercyjne produkty probiotyczne przygotowane z różnych gatunków bakterii, takich jak *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., *Enterococcus* sp., *Carnobacterium* sp. i drożdży *Saccharomyces cerevisiae*.

Różnorodność objawów oraz wzrost zgłaszanej częstości i nasilenia chorób ryb wymaga wdrożenia nowych narzędzi diagnostycznych w celu szybszej i skuteczniejszej diagnozy. Rewolucje technologiczne w mikrobiologii, immunologii i biologii molekularnej znacznie poszerzyły i poprawiły możliwości w diagnostyce mikrobiologicznej.

Bezpośrednia identyfikacja mikroorganizmów w oparciu o wykrywanie antygenów lub kwasów nukleinowych za pomocą technik immunologicznych i molekularnych znacznie skróciła czas realizacji testów. Bakteriemia i fungemia są obecnie często wykrywane za pomocą zautomatyzowanego systemu, który znacznie poprawił czułość i swoistość wykrywania wszystkich patogenów, a dzięki automatyzacji wyeliminował czas potrzebny na wykrycie pozytywnych posiewów. Obecnie zaczyna pojawiać się w rutynowej diagnostyce identyfikacja i charakterystyka drobnoustrojów oparta na spektrometrii masowej (MS). Nowoczesna mikrobiologia diagnostyczna pozwala na szybsze, wydajniejsze i czasami tańsze analizy większej liczby próbek.

CZY MOŻNA POPRAWIĆ WITALNOŚĆ MATERIAŁU ZARYBIENIOWEGO PRODUKOWANEGO W OBIEKTACH INTENSYWNEJ AKWAKULTURY?

ZDZISŁAW ZAKĘŚ

Specyfika produkcji ryb w systemach intensywnej akwakultury

O ile szeroko rozumiane warunki środowiskowe w stawach ziemnych są zbliżone do tych panujących w ciekach naturalnych, o tyle te występujące w urządzeniach technicznych przeznaczonych do podchowu/przetrzymywania ryb, np. systemy recyrkulacyjne (RAS), siłą rzeczy są diametralnie od-

miennie. Wynika to m.in. z samej idei związanej z ich konstruowaniem, czyli jak największej kontroli człowieka nad parametrami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi. Ryby przebywają w dużych zagęszczeniach w zbiornikach podchowowych, w warunkach dalece odbiegających od naturalnych (nienaturalny, jednolity kolor ścian basenów, ich regularny kształt, brak kryjówek, stały i regularny przepływ wody). Są to czynniki, które mogą wpływać na behavior, efekty podchowu i szeroko rozumianą jakość materiału. Wymagania poszczególnych gatunków, a nawet stadiów rozwoju osobniczego mogą być dość specyficzne i tak naprawdę są mało poznane (np. McLean i in. 2008, Monk i in. 2008, Szczepkowski i Szczepkowska 2011, Wunderlich i in. 2011, Rożyński i Zakęś 2015). W systemach stosowanych w intensywnej akwakulturze panują też diametralnie odmienne warunki pokarmowe. Pokarm dostarczany jest zazwyczaj do woli, często punktowo i w ściśle określonych godzinach. W rezultacie podchowowany materiał ma ograniczone możliwości nauki bardziej aktywnego zdobywania pokarmu, maskowane może być zjawisko konkurencji pokarmowej. Co istotne, ryby żywi się paszami komponowanymi o cechach fizycznych i chemicznych dalece odbiegających od pokarmu naturalnego (Zakęś 2018). Nadmienić należy, że w początkowej fazie rozwoju technologii RAS była ona przede wszystkim wykorzystywana do produkcji materiału zarybieniowego (Zakęś i Jarmołowicz 2009). W miarę zwiększania zarówno skali tejże produkcji, jak i kubatury samych RAS priorytetowo zaczęto traktować technologie produkcji różnych gatunków organizmów wodnych do wielkości towarowej/konsumpcyjnej (Badiola i in. 2012, Bregnballe 2015). Tego rodzaju technologie są elementem tzw. akwakultury towarowej nastawionej na wyprodukowanie jak największej ryb w jednostce objętości. Priorytetem jest jak największa opłacalność ekonomiczna, determinowana np. osiąganiem maksymalnych przyrostów ryb, czy też maksymalnymi obsadami/zaęszczeniami. W takim przypadku obowiązuje prosta zasada „ilość–nie–jakość”. O ile kryteria ilościowe są proste do zrozumienia, o tyle już termin „jakość” materiału ma więcej odniesień. W przypadku akwakultury towarowej, jakość hodowlana łączy się z tempem wzrostu ryb, akceptacją dużych zaęszczeń obsad, czy też efektywnym przyswajaniem paszy komponowanej. Czy cechy te przekładają się również na jakość materiału zarybieniowego, rozumianą jako jego vitalność, jego możliwości adaptacyjne do nowych warunków środowiskowych i w końcu na efektywność zarybień? W takim przypadku powinna raczej obowiązywać zasada „jakość–nie–ilość”, która powinna przyświecać tzw. akwakulturze zachowawczej nastawionej na produkcję materiału zarybieniowego.

Cele akwakultury towarowej i zachowawczej nie do końca są więc tożsame, np. szybkie tempo wzrostu ryb produkowanych w akwakulturze nie przekłada się bezpośrednio na wykształcenie u nich cech istotnych do przeżycia w warunkach naturalnych (Saikkonen 2011, Zakęś i Szczepkowski 2015a). Jak wspomniano, w akwakulturze używa się głównie pasz komponowanych (szczególnie w RAS). W początkowym etapie rozwoju technologii RAS używane były pasze o składzie komponentowym z dużą zawartością mączki rybnej i tranu. Obecnie, z uwagi na kurczące się zasoby naturalne tych surowców przy produkcji pasz dla ryb coraz powszechniej używa się różne roślinne zamienniki mączki rybnej i oleju rybnego (Turchini i in. 2009). Jeszcze w latach 80-tych ubiegłego wieku zawartość mączki rybnej w tym produkcie sięgała do 50-60%, a obecnie została zredukowana do 30-35% (Trushenski i in. 2010). Obecnie produkowane pasze spełniają głównie cele akwakultury towarowej nastawionej na „ilość”, ale czy nie wpływają one na „jakość”, która powinna być traktowana priorytetowo przez akwakulturę zachowawczą? Oczywiście nie można dać jednoznacznej odpowiedzi na tak postawione pytanie. Jakość ta bowiem zależy od wielu czynników, np. rodzaju paszy (stopnia suplementacji naturalnych, rybnych komponentów paszowych), jest też specyficzna gatunkowo. Wykazano np., że stosowanie zamienników roślinnych w paszach dla ryb może wpływać negatywnie na ich stan kondycyjny i status zdrowotny (Figueiredo-Silva i in. 2005, Turchini in. 2009, Kowalska i in. 2010). W intensywnej akwakulturze, w celu zapewnienia warunków i wymogów związanych z bioasekuracją systematycznie prowadzone są też zabiegi profilaktyczne. Do wody dodaje się np. chlorek sodu, chloraminę T, czy też inne specyfiki (Bregnaballe 2015). W rezultacie mikrobiom, czyli ogół mikroorganizmów występujących w danym systemie akwakultury, jego struktura gatunkowa i ilościowa, może znacząco różnić się od tego występującego w naturalnych warunkach. Ryby z hodowli wprowadzane do wód otwartych mogą być w pewien sposób upośledzone odpornościowo i bardziej podatne na różnego rodzaju infekcje.

Z tej krótkiej charakterystyki warunków produkcji materiału zarybieniowego w systemach intensywnej akwakultury jednoznacznie wynika, że oprócz niewątpliwych walorów tego rodzaju technologii niesie ona za sobą pewne, potencjalne zagrożenia mogące wpływać na jakość biologiczną materiału. W zasadzie dopiero zaczynamy rozumieć specyfikę akwakultury zachowawczej i dostrzegać potencjalne możliwości ukierunkowania technologii produkcji ryb w RAS w kontekście poprawy jakości biologicznej (witalności). Niniejsze opracowanie zawiera informacje o potencjalnych możliwościach

korygowania jakości materiału zarybieniewego produkowanego w systemach intensywnej akwakultury (szczególnie w RAS).

Stosowanie pasz funkcjonalnych w okresie przedzarybieniewym

Dodatki stosowane do pasz funkcjonalnych mogą spełniać różnorakie cele. Ich rolą nie jest dostarczanie energii na procesy metaboliczne, na wzrost somatyczny, czy też generatywny. Niektóre z nich mają wpływać na cechy fizyczne pasz, np. lepiszcza poprawiające stabilność granul/peletek w wodzie. Do pasz wprowadza się też antyoksydanty, substancje antygrzybicze, czy też antybakteryjne. Używane są też enzymy poprawiające strawność komponentów paszowych (proteazy, amylazy), czy też eliminujące obecność składników antyżywnieniowych (np. fitaza) (Encarnação 2016). Inne dodatki, takie jak prebiotyki, probiotyki i preparaty/substancje immunostymulujące są stosowane do zwiększenia odporności ryb na stres i choroby (Terech-Majewska 2016, Dawood i in. 2018). W kontekście poprawy stanu zdrowotnego materiału zarybieniewego produkowanego w systemach intensywnej akwakultury na szczególną uwagę zasługują właśnie pasze zawierające preparaty immunostymulujące. Co istotne, immunopreparaty cechuje brak toksycznego działania na ryby i człowieka oraz brak szkodliwego oddziaływania na środowisko podchowu (np. jakość wody w RAS) (Terech-Majewska i in. 2015). Stosowane są zarówno syntetyczne, jak i naturalne substancje tego typu. Jako dodatek do pasz są one doskonale wchłaniane w przewodzie pokarmowym, wzmacniając barierę/odporność jelitową i ograniczając wnikanie patogenów do organizmu. Przy czym, chyba najpowszechniej używane są polisacharydy pochodzące z grzybów (*Saccharomyces cerevisiae*), tzw. glukany (1,3-1,6 β glukany) (Ringø i in. 2012, Terech-Majewska 2016). W przypadku β glukarów ich dawki dodawane do paszy są bardzo różnorodne i mieszczą się w przedziale od 10 mg do 20 g/kg paszy (czas żywienia różnych gatunków organizmów wodnych w przedziale od 2 do 84 dni; Ringø i in. 2012). W sytuacji stosowania *S. cerevisiae* ich zalecane dawki zazwyczaj mieszczą się w przedziale od 10 do 40 g/kg paszy (Ringø i in. 2012). Producenci pasz funkcjonalnych podają, że wystarczające jest 2-tygodniowe podawanie tego typu diet przed wystąpieniem reakcji stresowej (np. sortowanie lub transport), aby zwiększyć odporność ryb. Oczywiście czas żywienia tego rodzaju paszami z pewnością zależy od rodzaju preparatu, gatunku, czy nawet stadium rozwoju osobniczego. W naszych badaniach dotyczących odpowiedzi odpornościowej narybku pstrąga potokowego (*Salmo trutta* m. *fario*) na

2-tygodniowe żywienie tego rodzaju dietami (rekomendowane przez producenta paszy) było zbyt krótkie. Dopiero 4-tygodniowa aplikacja przyniosła wyraźny efekt immunostymulujący (Z. Zakęś i in., mat. niepublik.). Producenti pasz funkcjonalnych oczywiście nie podają składu (ilościowego i jakościowego) dodatków funkcjonalnych wprowadzanych do pasz. Na rynku są już jednak dostępne preparaty tego typu (MacroGard[®], Bioimmuno[®], NuPro[®]; Ringø i in. 2012, Terech-Majewska 2016), które w ostateczności hodowca może sam wprowadzić do standardowej paszy. Wystarczy odpowiednią dawkę preparatu rozprowadzić w niewielkiej objętości oleju (np. rzepakowego), następnie powstałą mieszaninę dokładnie wymieszać z paszą i wysuszyć w temperaturze pokojowej (np. 12 h). Tak przygotowaną paszę należy przetrzymywać w szafie chłodniczej (+4°C) i skarmiać najwyżej przez 3 dni. Zlecana dawka MacroGard[®] to 1-5 g/kg paszy, Bioimmuno[®] 10-20 g/kg paszy, NuPro[®] 20-40 g/kg paszy (Terech-Majewska 2016).

Pasze funkcjonalne z immunostymulatorami stosowane są przede wszystkim w akwakulturze towarowej i w istocie dla tego sektora zostały wymyślane (Ringø i in. 2012). Wykazano, że immunoprofilaktyka przynosi wymierne korzyści w przypadku gatunków hodowlanych (głównie ryby łososiowate), poprawiając odporność i witalność ryb (Terech-Majewska 2016). Wydaje się, że biorąc pod uwagę specyfikę produkcji materiału zarybieniowego w RAS ich stosowanie w okresie przedzarybieniowym powinno być również rekomendowane. Oczywiście należałoby dopracować szczegóły dotyczące dawki i czasu ich stosowania, w kontekście sortymentu/gatunku. Nadmienić należy, że w akwakulturze towarowej coraz powszechniej są też stosowane szczepionki (Terech-Majewska 2016). Komercyjnie dostępne szczepionki, zapobiegające chorobom bakteryjnym (np. furunkulozie i jersiniozie) i wirusowym (wywołanym przez rabdowirusy) zostały opracowane dla ważnych gospodarczo gatunków ryb, np. łososia atlantyckiego (*Salmo salar*), pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*), dorsza atlantyckiego (*Gadus morhua*), czy barramundi (*Lates calcarifer*) (Shoaibe i Talukder 2018). Co istotne, nie muszą być one wprowadzane do organizmu w iniekcji, ale również poprzez powłoki ciała i skrzel (immersja), czy też z przewodu pokarmowego (metoda *per os*). W przypadku szczepień materiału zarybieniowego zalecane powinny być metody jak najmniej stresotwórcze, a więc metoda *per os*. Niestety procedury te są jednak dopiero w fazie badań laboratoryjnych i/lub klinicznych (Siwicki 2012, Terech-Majewska i in. 2015, Bober i in. 2019).

Zmiany behawioru żywieniowego materiału zarybieniowego produkowanego w obiektach intensywnej akwakultury

Zarówno sama dieta (pasza komponowana), jak i sposób jej podawania (do woli, punktowo, regularnie) mają określone konsekwencje w behawiorze żywieniowym ryb. Mogą mieć one ograniczone możliwości rozpoznawania i akceptacji naturalnego pokarmu, przestawiania się z pokarmu oferowanego w basenach podchówkowych do żywej diety, występującej w naturze. Inną konsekwencją podchowu basenowego może być brak umiejętności rozpoznawania i unikania drapieżników, czyli wykształconych zachowań antydrapieżniczych (Houde i in. 2010, Demska-Zakęś i in. 2014). Badania dotyczące „renaturalizacji” basenowego materiału zarybieniowego wykazały, że po jego uwolnieniu jest on w stanie relatywnie szybko rozwinąć takie zachowania (Manassa i McCormic 2012). Dotyczą one jednak nielicznych gatunków i mają głównie charakter poznawczy, bez konkretnych aplikacyjnych odniesień.

Pewnym rozwiązaniem może być stosowanie dwuetapowej, zintegrowanej metody produkcji materiału, łączącej podchów basenowy w RAS (pierwszy etap – wstępny podchów) z podchowem stawowym (stawy ziemne lub betonowe). W zasadzie do tej pory nie wdrożone są na szerszą skalę potencjalne możliwości wykorzystania wylęgu wyprodukowanego w RAS do obsadzania odpowiednio przygotowanych stawów ziemnych (Wojda i in. 2009, Zakęś i Szczepkowski 2015b). Oczywiście zintegrowana metoda musi uwzględniać specyfikę gatunkową i to w obydwu etapach produkcji. U szczupaka wykazano, że bardzo obiecujące rezultaty można osiągnąć już w czasie 2-tygodniowego podchowu larw tego gatunku w RAS. Co istotne, na tym etapie rozwoju osobniczego gatunek ten toleruje wysokie zagęszczenia obsad (do 100 tys. larw w 1 m³), nie ma wysokich wymagań termicznych (temperatura wody $\geq 16^{\circ}\text{C}$) i można go od początku żywić wyłącznie paszą komponowaną (Szczepkowski 2009). Przenosząc tego rodzaju materiał do odpowiednio przygotowanych stawów (nawożenie organiczne (np. obornik) i wprowadzanie bazy pokarmowej (tarlaki i/lub ikra ryb karpiowatych)), po pierwsze zwiększamy skalę produkcji stawowej, a po drugie przeprowadzamy renaturalizację ryb wstępnie podchowanych w RAS (Zakęś i Szczepkowski 2015a). Jest to jedynie przykład potencjalnych, specyficznych gatunkowo, możliwości poprawy jakości materiału zarybieniowego wyprodukowanego w systemach intensywnej akwakultury. Podchów larw sandacza w RAS musi być prowadzony dłużej, minimum miesiąc (Zakęś 2017). Testy przeprowadzone na różnej wielkości

narybku sandacza z RAS, przeniesionego do stawów ziemnych, wykazały, że materiał ten niezależnie od wielkości (masa ciała 1-20 g) dobrze adaptuje się do warunków stawowych. Z powodzeniem przechodzi na pokarm żywy, jest w dobrej kondycji (średnia masa ciała ok. 40 g), a jego przeżywalność w momencie jesiennych odłowów stawów sięga 80%. W przypadku podobnej wielkości szczupaka z RAS wskaźnik przeżycia wynosi ok. 35% (szczegóły w pracy Zakęś i Szczepkowski 2015a). Dużo mniej wiemy o zintegrowanych metodach produkcji reofilnych ryb karpiowatych, czy też koregonidów, ale obiecujące wyniki uzyskiwane z ww. rybami drapieżnymi dają asumpt do poznawczego i aplikacyjnego zgłębienia tej problematyki, również w przypadku tych gatunków. Istnieją też inne możliwości przygotowania materiału do zarybień. Ryby z RAS można przenosić do basenów betonowych zaopatrzonych w bazę pokarmową. Można też krótkookresowo, przed planowanymi zarybieniami, materiał przetrzymywać w sadzach zainstalowanych np. w stawach, do których będzie dostarczany żywy pokarm. W niektórych przypadkach, podchowując drapieżne gatunki, w okresie przedzarybieniom ryby-ofiary można dostarczać bezpośrednio do basenów, w których produkowany jest materiał zarybieniomowy. Oczywiście muszą być spełnione warunki bioasekuracji, czyli najlepiej, gdyby ryba paszowa była produkowana w tym samym obiekcie akwakultury. Stopień adaptacji ryby paszowej zależy od gatunku, a także od wielkości/wieku materiału podchowowanego w RAS. Przykładowo, z trzech gatunków ryb drapieżnych produkowanych w tego typu urządzeniach, sandacza, szczupaka i suma europejskiego (*Silurus glanis*), instynkt drapieżcy najlepiej zachowuje ten pierwszy (Szczepkowski i Szczepkowska 2004). Testy przeprowadzone na narybku pstrąga potokowego (wiek 1+, masa ciała ok. 100 g) potwierdziły jego dużą plastyczność w kontekście adaptacji do żywego pokarmu. Ryby podchowywane wyłącznie na paszy komponowanej przez półtora roku, bezproblemowo przechodziły na pobieranie żywej ryby podawanej w okresie przedzarybieniomowym do basenów podchowowych (Z. Zakęś i in., mat. niepublik).

Podsumowanie

Priorytety działalności obiektów wylęgarniczych nastawionych na produkcję materiału zarybieniomowego powinny być ukierunkowane na aspekty poprawy jego vitalności skutkującej zwiększeniem wskaźnika jego adaptacji do nowych, naturalnych warunków środowiskowych, a tym samym efektywności zarybień. Obecnie obowiązujące proilościowe nastawienie działalności wylęgarni, w której celem (poprzez szeroko rozumianą selekcję hodowlaną)

jest produkcja osobników szybciej rosnących, czy też np. charakteryzujących się korzystniejszymi wskaźnikami osiąganymi podczas przetwórczej obróbki technologicznej może być odpowiednie jedynie dla akwakultury towarowej (produkcji materiału obsadowego do dalszego tuczu). Wykazano bowiem, że np. szybkie tempo wzrostu ryb nie przekłada się na wykształcenie u tego rodzaju osobników cech istotnych do przeżycia w warunkach naturalnych. Wylęgarnie produkujące materiał zarybieniowy powinny przede wszystkim dążyć do minimalizacji zagrożeń genetycznych, w tym zapobiegać stratom zmienności genetycznej. Należałoby się też zastanowić nad wdrożeniem technik poprawy jakości materiału poprzez stosowanie diet funkcjonalnych w okresie przedzarybieniowym, czy też renaturalizacji materiału zarybieniowego z RAS wprowadzonego do wód otwartych. Być może uzasadnione byłoby wprowadzenie systemu certyfikacji materiału zarybieniowego pochodzącego z obiektów stosujących techniki jego renaturalizacji. W końcu, wskazane byłoby też wznowienie dyskusji nad środowiskową i ekologiczną racjonalizacją założeń programów zarybieniowych, które powinny być oparte również na analizach ekologicznych, genetycznych i epigenetycznych.

Literatura

- Badiola M., Mendiola D., Bostock J. 2012 – Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges – *Aquac. Eng.* 51:26-35.
- Bober H., Zakęś Z., Sikora A., Demska-Zakęś K. 2019 – Wpływ stosowania eksperymentalnej szczepionki monowalentnej na efekty podchowu i morfologię wątroby młodocianego sandacza (*Sander lucioperca*) – W: *Akwakultura ryb okoniowatych oraz innych gatunków* (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś. Wyd. IRS, Olsztyn: 49-62.
- Bregnballe J. 2015 – A guide to recirculation aquaculture. An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems – *FAO and EUROFISH*, 95 s.
- Dawood M.A.O., Koshio S., Esteban M.A. 2018 – Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review – *Rev. Aquac.* 10: 950-974.
- Demska-Zakęś K., Rożyński M., Zakęś Z. 2014 – Możliwości i metody zwiększania przeżywalności materiału zarybieniowego – W: *Wylęgarnictwo organizmów wodnych a bioróżnorodność* (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska. Wyd. IRS, Olsztyn: 11-25.
- Encarnação P. 2016 – Functional feed additives in aquaculture feeds – W: *Aquafeed formulation* (Red.) S.F. Nates. Wyd. Elsevier: 217-237.

- Figueiredo-Silva A., Rocha E., Dias J., Silva P., Rema P., Gomes E., Valente L.M.P. 2005 – Partial replacement of fish oil by soybean oil on lipid distribution, liver histology in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles – Aquac. Nutr. 11: 147–155.
- Houde A.L.S., Fraser D.J., Hutchings J.A. 2010 – Reduced anti-predator responses in multi-generational hybrids of farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) – Conserv. Genet. 11: 785–794.
- Kowalska A., Zakęś Z., Jankowska B., Siwicki A. 2010 – Impact of diets with vegetable oils on the growth, histological structure of internal organs, biochemical blood parameters, and proximate composition of pikeperch *Sander lucioperca* (L.) – Aquaculture 301: 69–77.
- Manassa R.P., McCormic M.I. 2012 – Social learning and acquired recognition of a predator by a marine fish – Anim. Cogn. 15: 559–565.
- McLean E., Cotter P., Thain C., King N. 2008 – Tank color impacts performance of cultured fish – Ribarstvo 66: 43–54.
- Monk J., Puvanendran V., Brown J.A. 2008 – Does different tank bottom colour affect the growth, survival and foraging behaviour of Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae? – Aquaculture 277: 197–202.
- Ringø E., Olsen R.E., Vecino J.L.G., Wadsworth S., Song S.K. 2012 – Use of immunostimulants and nucleotides in aquaculture: a review – J. Mar. Sci. Res. Develop. 2: 1–22.
- Rożyński M., Zakęś Z. 2015 – Wpływ parametrów technicznych basenów i właściwości fizycznych pasz na efekty podchowu ryb – W: Podchowu organizmów wodnych - osiągnięcia, wyzwania, perspektywy (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska. Wyd. IRS, Olsztyn: 23–38.
- Saikkonen A., Kekalainen J., Piironen J. 2011 – Rapid growth of Atlantic salmon juveniles in captivity may indicate poor performance in nature – Biol. Conserv. 144: 2320–2327.
- Shoaibe H., Talukder S. 2018 – Vaccines for use in finfish aquaculture – Acta Scien. Pharm. Sci. 2: 15–19.
- Siwicki A.K. 2012 – Szczepienia ochronne ryb jako dobra praktyka rybacka – W: Materiały szkoleniowe Związku Producentów Ryb. Wyd. PTR, Poznań: 110–118.
- Szczepkowski M. 2009 – Impact of selected abiotic and biotic factors on the results of rearing juvenile stages of Northern pike *Esox lucius* L. in recirculating systems – Arch. Pol. Fish. 17(3): 107–147.

- Szczepkowski M., Szczepkowska B. 2004 – Próba oceny przejścia na pokarm naturalny narybku ryb drapieżnych pochodzących z intensywnego chowu na paszach sztucznych – W: Stan i uwarunkowania rybactwa w 2003 roku (Red.) M. Mickiewicz, A. Wołos. Wyd. IRS, Olsztyn: 55-63.
- Szczepkowski M., Szczepkowska B. 2011 – Wpływ koloru wewnętrznych ścian basenów na wyniki podchowu juwenalnego szczupaka (*Esox lucius*) – W: Nowe gatunki w akwakulturze - rozród, podchów, profilaktyka (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska. Wyd. IRS, Olsztyn: 153-160.
- Terech-Majewska 2016 – Improving disease prevention and treatment in controlled fish culture – Arch. Pol. Fish. 24: 115-165.
- Terech-Majewska E., Grudniewska J., Bernad A., Pajdak J., Schulz P., Kaczorek E., Szczucińska E., Grabowska K., Szweda W., A.K. Siwicki 2015 – Immunostimulation and vaccination in prophylaxis of fish diseases in fish – W: Ochrona zdrowia ryb w aspekcie jakości i bezpieczeństwa żywności (Red.) P. Hliwa, M. Woźniak, J. Król, P. Gomułka. Wyd. PUH „Janter” s.c. Sławomir Terlikowski, Marek Jankowicz, Biskupiec: 61-71.
- Trushenski J., Kohler C., Flagg T. 2010 – Use of hatchery fish for conservation, restoration, and enhancement of fisheries – W: Inland fisheries management in North America. AFS Press: 261-293.
- Turchini G., Torstensen B.E., Ng W.-K. 2009 – Fish oil replacement in finfish nutrition – Rev. Aquac. 1: 10-57.
- Wojda R., Cieśla M., Ostaszewska T., Śliwiński J. 2009 – Hodowla ryb dodatkowych w stawach karpowych – Oficyna Wyd. „Hoża”, Warszawa, 158 s.
- Wunderlich K., Szczepkowski M., Kozłowski M., Szczepkowska B., Piotrowska I. 2011 – Wpływ koloru wewnętrznych ścian basenów na efekty podchowu młodocianej siei jeziorowej (*Coregonus lavaretus*) - W: Nowe gatunki w akwakulturze - rozród, podchów, profilaktyka (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska. Wyd. IRS, Olsztyn: 75-81.
- Zakęś Z. 2017 – Chów i hodowla sandacza – Wyd. IRS, Olsztyn, 212 s.
- Zakęś Z. 2018 – Wpływ stosowania pasz o różnej granulacji na efekty tuczu młodocianego sandacza (*Sander lucioperca*) w systemach recyrkulacyjnych – W: Wylęgarnictwo i podchow ryb oraz raków (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś. Wyd. IRS, Olsztyn: 133-
- Zakęś Z., Jarmołowicz S. 2009 – Stan techniczny budynków i urządzeń służących do prowadzenia gospodarki rybackiej – W: Diagnostyka aktualnego stanu oraz perspek-

- tywy rozwoju rybactwa śródlądowego i nadbrzeżnych obszarów rybackich w województwie warmińsko-mazurskim (Red.) A. Wołos. Wyd. IRS, Olsztyn: 95-110.
- Zakęś Z., Szczepkowski M. 2015a – Z akwakultury do natury. Opracowanie alternatywnych metod zarządzania rybołówstwem drapieżnych ryb jeziorowych – Wyd. IRS, Olsztyn, 224 s.
- Zakęś Z., Szczepkowski M. 2015b – Potencjalne możliwości stosowania intensywno-ekstensywnej metody podchowu ryb drapieżnych (RAS → stawy ziemne) – Prz. Ryb. 6: 13-15.

TARŁO PNEUMATYCZNE TROCI WĘDROWNEJ (*SALMO TRUTTA TRUTTA*, L. 1758)

ADAM TAŃSKI, KRZYSZTOF FORMICKI, AGATA KORZELECKA-ORKISZ

Powszechną techniką stosowaną do pozyskiwania jaj ryb podczas tarła kontrolowanego zarówno dla celów akwakultury jak wzmacniania naturalnych populacji jest ucisk powłok brzusznych. Aby wspomagać te cenne gatunki ryb opracowuje się i udoskonala już istniejące sposoby przeprowadzania tarła. Jednym z takich sposobów jest pneumatyczna metoda pozyskiwania ikry. Ta metoda staje się alternatywą dla klasycznego pobierania ikry niektórych gatunków ryb, między innymi łososiowatych, co pozwala na przyżyciową formę tarła.

W ramach porównania trzech metod poboru ikry troci wędrownej (*Salmo trutta trutta*) odłowionej z rzeki Rega w Trzebiatowie wykonano następujące tarła:

- tarło na martwej rybie (pozyskanie ikry poprzez rozcinanie powłok brzusznych),
- tarło mechaniczne (ręczne wyciskanie ikry),
- tarło pneumatyczne (przyżyciowe tarło z użyciem gazu w celu pozyskania ikry).

Podczas eksperymentu postanowiono sprawdzić ilość ikry pozyskanej od jednej samicy w każdej z zastosowanych metod, pozostałość ikry w jamie ciała po tarle, czas potrzebny na wytarcie jednej samicy oraz przeżywalność ikry podczas inkubacji w zależności od sposobu jej pozyskania. Uzyskane wyniki są istotne dla ośrodków zajmujących się rozrodem troci wędrownej i przyczynić się do wdrożenia optymalnej metody.

Do pozyskania tarlaków troci wykorzystano spiętrzenie wody na terenie elektrowni wodnej na rzece Redze w Trzebiatowie. Odłówka znajduje się na 16,75 kilometrze biegu rzeki. Tuż obok zapory funkcjonuje przepławka betonowa, komorowo – szczelinowa, wybudowana w 2003 roku. W odległości 30 metrów od przepławki znajduje się próg komory łownej jazu piętrzącego wodę na potrzeby elektrowni. Spiętrzenie dzięki wabiącemu nurtowi wody wykorzystywane jest do odłowu tarlaków. Zgromadzone tarlaki podczas odłowu przenoszone są do przyległego basenu, który znajduje się bezpośrednio przy samolówce. Zgromadzone tarlaki są selekcionowane pod względem płci i stopnia dojrzałości gonad. W czasie poprzedzającym doświadczenie pozyskano łącznie 69 dojrzałych samic i 30 samców.

Do tarła wybrano te samice, które po lekkim naciśnięciu z łatwością oddawały ikrę. Aby uniknąć nadmiernego stresu i uszkodzeń mechanicznych w wariantach doświadczenia – tarło mechaniczne i pneumatyczne, ryby wprowadzono w stan znieczulenia ogólnego. Zastosowaną metodą anestezji była imersja – kąpiel w roztworze 2-fenoksyetanolu.

Tarło na martwej rybie

Tarlaki po wyciągnięciu z basenów ogłuszano. Ryby mierzono i ważono. Następnie przy użyciu ręczników dokładnie je osuszano. Kolejną czynnością było rozcinanie powłok brzusznych i wysypywanie z nich ikry swobodnie wypadającej. Pobrana ikra została zważona, pozostałości jaj w jamie ciała również pobrano i zapisano masę. Doświadczenie przeprowadzono na 23 samicach. Od 10 samców uśpionych wcześniej w roztworze 2-fenoksyetanolu pobrano mlecz. Po pobraniu nasienia, samce zostały odpite i wypuszczone do rzeki. Zapłodniona ikra po napęczeniu została przewieziona do wylęgarni w Goleniowie.

Tarło mechaniczne

Wszystkie tarlaki, zarówno samice, jak i samce, po wyciągnięciu z basenów zostały poddane anestezji w roztworze 2-fenoksyetanolu. Przed pobraniem ikry zmierzono długość samic i ich masę. Tarlaki przygotowano do tarła również poprzez osuszanie za pomocą ręczników powłok brzusznych i otworu płciowego, aby uniknąć kontaktu pobieranych gamet z wodą. Tarło mechaniczne (ręczne) zostało przeprowadzone standardowo poprzez masaż powłok brzusznych. Samice wycierano dopóki ikra wypływała swobodnie. Pobrana ikra od każdej samicy została zważona. Dla celów badawczych – po tarle rozci-

nano powłoki brzuszne samic, aby sprawdzić i zanotować masę pozostałej ikry po tarle. Podobnie jak w poprzedniej metodzie samce nie były uśmiercane, pobrano od nich spermę poprzez delikatne ręczne wyciskanie, a następnie odpito je i wypuszczono do rzeki. Z zastosowaniem metody mechanicznej pobrano ikrę od 23 samic i mlecz od 10 samców. Zapłodniona ikra została przewieziona do wylęgarni ryb w Goleniowie.

Tarło pneumatyczne

Zestaw do przeprowadzania pneumatycznego tarła składał się z silikonowego łoża do przytrzymywania tarlaków, butli ze sprężonym powietrzem, wskaźników ciśnienia i przepływu gazu, reduktora, zestawu przewodów ciśnieniowych oraz aplikatora z przykręconą igłą. Podobnie jak w poprzednich wariantach doświadczenia zgromadzono sterylne miski i ręczniki. W przypadku metody tarła pneumatycznego, znieczulone wcześniej ryby w roztworze 2-fenoksyetanolu zostały zmierzone i zważone, następnie umieszczano je pojedynczo na brzuchu głową do góry na silikonowym łożu. Przy większych tarlakach, które nie mieściły się w łożu, stosowano technikę poboru ikry trzymając rybę w dłoniach. Za pomocą igły, podłączonej do przewodu wtłaczano powietrze do jamy ciała. Miejsce wkłucia znajdowało się tuż pod płetwami piersiowymi. Stosowano igłę o średnicy 1,2 mm. Parametry ciśnienia i przepływu powietrza ustawione były odpowiednio na 1 bar i 2 l/min. Podobnie jak w poprzednich metodach pobrana ikra od każdej samicy została zważona, a dla celów badawczych rozcinano powłoki brzuszne samic w celu określenia pozostałości ikry. Z samcami postępowano tak samo jak w powyższych metodach. Pobór ikry tą metodą przeprowadzono na 23 samicach. Nasienie pobrano od 10 samców. Zapłodnioną, napęczniałą ikrę umieszczono w termosach i przewieziono do wylęgarni ryb w Goleniowie. Podczas badań w każdym z przyjętych wariantów określano długość ryby, masę przed tarłem, ilość uzyskanej ikry z tarła, ilość pozostałej ikry w jamie ciała po tarle, czas poboru ikry w każdej z przeprowadzonych metod.

Inkubacja ikry

Ikra inkubowana była w wylęgarni ryb w Goleniowie w aparatach długostрумieniowych. Umieszczona była w oddzielnych aparatach inkubacyjnych według przyjętego w doświadczeniu sposobu tarła. Przepływ przez aparaty wynosił w początkowej fazie 8 l/min., a po zaoczkowaniu 12 l/min. W trakcie

inkubacji ikra była systematycznie sprawdzana - pojawiające się martwe jaja były usuwane za pomocą pipet i zapisywano ich ilość. Efektywność inkubacji ikry z każdej metody tarła określana była na podstawie ilości niezapłodnionych, martwych jaj usuwanych z aparatów. Nie stosowano kąpieli profilaktycznych. Okres inkubacji trwał 3680D.

Wyniki badań

Tarło na martwej rybie

Średnia długość ryb wykorzystanych w badaniu wynosiła 62,26 cm. Określono średnią masę ryb przed tarłem na poziomie 2702,39 g. Średnia masa ikry z tarła wynosiła 541,74 g. Średnia masa ikry po tarle, pozostająca w jamie ciała równała się 21,17 gram. Spośród 23 pobranych samic, 4 mogły pochodzić z zarybień smoltami troci, o czym mógł świadczyć brak płetwy tłuszczowej. Średni czas wycierania jednej ryby wynosił 27,7 sekundy.

Tarło mechaniczne

Średnia długość samic wykorzystanych w badaniu wynosiła 64,82 cm, a średnia masa jednej ryby przed tarłem 3156,52 g. Średnia masa ikry pobranej od wszystkich samic wynosiła 617,61 g. Określono średnią masę ikry pozostającą po tarle na poziomie 56,09 g. Brak płetwy tłuszczowej odnotowano u jednej samicy. Średni czas wycierania jednej ryby równy był 78,7 sekundy.

Tarło pneumatyczne

Średnia długość samic wykorzystanych w badaniu wyniosła 59,39 cm, a średnia masa jednej ryby przed tarłem 2517,39 g. Średnia masa ikry pobranej od wszystkich samic wyniosła 539,13 g. Określono średnią masę ikry pozostającą po tarle w jamie ciała na poziomie 14,57 g. U trzech spośród 23 samic stwierdzono brak płetwy tłuszczowej. 34,43 sekundy to średni czas potrzebny na wytarcie jednej samicy z zastosowaniem sprężonego powietrza.

Przeliczono ilość ziaren ikry mieszczących się w 10 gramach i na tej podstawie obliczono ile ziaren ikry pobrano z każdej metody tarła. Dodatkowo obliczono płodność absolutną oraz płodność względną wszystkich samic troci wędrowej. Badane osobniki od długości ciała od 45 cm i 880 g masy do 83 cm i 6720 g masy charakteryzowały się płodnością absolutną w granicach od 1980 do 13680 jaj. Średnia ilość ikry przypadająca na jedną samicę (płodność absolutna) wyniosła 6093 szt./samice. Średnia ilość ikry na 1 kg masy ciała samicy (płodność względna) była na poziomie 2189 szt./kg.

Przedział wielkości samic użytych w 3 metodach tarła wynosił od 40 do 85 cm. Najmniejsza samica mierzyła 45 cm długości, a największa 83 cm. Po jednej

rybie mieściło się w przedziałach 40-45 cm i 81-85 cm, a najwięcej ryb w przedziałach 56-60 i 61-65 cm. Było ich łącznie 28 spośród 69 ryb użytych do tarła.

Po tarle z zastosowaniem metody pneumatycznej średnio w jamie ciała pozostawało 2,70% ziaren ikry, po metodzie mechanicznej średnio 9,08%, a po tarle na martwej rybie 3,90%.

Średnie czasy potrzebne na wytarcie jednej samicy w zależności od zastosowanej metody tarła. Przy metodzie pneumatycznej czas ten równa się 34,4 s., metodą mechaniczną potrzeba średnio 78,7 s., a przy poborze ikry z martwej ryby 27,7 s.

W wariancie tarła, podczas którego rozcinano powłoki brzuszne w celu pozyskania ziaren ikry straty podczas inkubacji w wylęgarni wyniosły 6,6% (tarło na martwej rybie), 11,2% wyniosły straty podczas inkubacji po tarle mechanicznym oraz 7,8% po tarle metodą pneumatyczną.

Podsumowując należy stwierdzić, że wspomaganie rozrodu wędrownych ryb łososiowatych w wodach śródlądowych Polski, zarówno poprzez budowę tarlisk, jak i doskonalenie sztucznego rozrodu stało się ważnym elementem funkcjonowania gospodarki rybackiej i utrzymania populacji na stałym poziomie. W wylęgarni ryb w Goleniowie od samego początku istnienia obiektu prowadzony jest rozród ryb łososiowatych, jednak w ostatnich latach zdecydowano się na wdrożenie metody pneumatycznej (Tański i Pender 2009). Metoda pneumatycznego pobierania oocytów została zastosowana po raz pierwszy już w latach 50. XX wieku przez Australijczyków, jednak nie znalazła większego poparcia i została zapomniana. Tarło z zastosowaniem tej metody było i jest praktykowane w niektórych krajach Ameryki Północnej oraz Azji. W Europie, w tym w Polsce po raz pierwszy zastosowana była w 2008 roku. Duży wkład we wdrożeniu tej metody w Polsce ma zespół pracowników Polskiej Akademii Nauk z udziałem dr Radosława Kowalskiego, który inicjował pokazy i wdrożenia tej metody. Do tej pory prowadzone są badania i udoskonalenia wykorzystania pneumatycznej metody rozrodu u różnych gatunków ryb. Szczególnie jednak praktyczne zastosowanie ma ona w przypadku pobierania jaj ryb łososiowatych.

Metoda z zastosowaniem gazów niesie ze sobą wiele korzyści. Najważniejsze jest to, że jest ona mniej inwazyjna niż tradycyjne tarło ręczne. Związane jest to z ograniczeniem nadmiernego kontaktu z dłońmi osoby wykonującej tarło, a co za tym idzie tarlaki nie są pozbawiane znacznej ilości śluzu, dzięki czemu ryzyko infekcji i dodatkowy stres dla ryb jest zminimalizowany (Cejko i Kowalski 2014). Podczas tarła pneumatycznego gazy tworzą wokół oocytów tak zwaną poduszkę powietrzną, która zabezpiecza ikrę przed uszkodzeniami (Sarosiak 2015).

Ręczne pozyskiwanie ikry ryb łososiowatych pomimo wysokiego odsetka zapłodnionych jaj (do 90%), ma swoje wady (Kowalski i in. 2009), i są to: zwiększony stres u ryb, nadmierne manipulacje z tarlakami, infekcje skórne tarlaków, pozbawianie śluzu, czyli naturalnej bariery ochronnej przed drobnoustrojami, pękanie ziaren ikry przez zbyt duży nacisk na powłoki brzuszne oraz otarcia, uszkodzenia wewnętrzne, wybroczyny podskórne (Kowalski i in. 2009; Kowalski 2015; Cejko i in. 2015).

Należy jednak zwrócić uwagę, że wyniki inkubacji ikry potwierdzają, że zastosowanie metody pneumatycznej oprócz uzyskania tarlaków w lepszej kondycji po tarle, jest również korzystne dla rozwijającej się ikry – odnotowano niskie straty, co potwierdza, że wtłaczany gaz nie powoduje uszkodzeń mechanicznych pojedynczych (jeszcze nie napęczniałych) ziaren ikry. Dodatkowo zauważono, że po poddaniu anestezji 7-9 ryb (przed tarłem) należy całkowicie wymienić roztwór 2-fenoksyetanolu na nowy, ponieważ przedostający się do wody śluz może powodować zaklekanie skrzel i utrudniać oddychanie.

Tarło pneumatyczne można z powodzeniem stosować również u innych gatunków ryb, nie tylko troci wędrownej. Tarło to sprawdza się również w przypadku łososia atlantyckiego, pstrąga potokowego, pstrąga tęczowego, pstrąga źródlanego, palii alpejskiej, głowacicy, siei wędrownej, szczupaka, lipienia oraz różnych gatunków ryb jesiętrowatych (Judycja i Pirtań 2014; Cejko i in. 2015; Kowalski i in. 2015; Sarosiek 2015).

Literatura:

- Cejko B.I., Kowalski R.K. 2014 - Tarło pneumatyczne pstrąga potokowego i pstrąga tęczowego – wpływ na jakość i ilość pozyskanych produktów płciowych oraz śmiertelność potarłową – W: *Pneumatyczna metoda pozyskiwania ikry – możliwości aplikacyjne w rozrodzie ryb łososiowatych* (Red.) J. Głogowski, IRZiBŻ PAN, Olsztyn, 35-46.
- Cejko B.I., Sarosiek B., Krejszef S., Judycja S., Szczepkowski M., Szczepkowska B., Kowalski R.K. 2015 - Nowatorska metoda pozyskiwania oocytów szczupaka (*Esox lucius*) w warunkach kontrolowanych – W: *Podchowcy organizmów wodnych – osiągnięcia, wyzwania, perspektywy* (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska, Wyd. IRS, Olsztyn: 207-218.
- Dobosz S. 2014 - Rozród ryb łososiowatych w nowoczesnych wylęgarniach – automatyzacja pozyskiwania i inkubacji ikry – W: *Pneumatyczna metoda pozyskiwania ikry – możliwości aplikacyjne w rozrodzie ryb łososiowatych* (Red.) J. Głogowski, IRZiBŻ PAN, Olsztyn: 6-15.

- Judycka S. 2015 - Zastosowanie pneumatycznej metody pobierania oocytów w rozrodzie łososia (*Salmo salar*) i troci (*Salmo trutta m. trutta*) - W: *Pneumatyczna metoda pozyskiwania ikry – możliwości aplikacyjne w rozrodzie ryb dziko żyjących* (Red.) J. Glogowski, IRZiBŻ PAN, Olsztyn: 42-52.
- Judycka S., Pirtań Z. 2014 - Tarło pneumatyczne pstrąga źródlanego i palii alpejskiej – wpływ na jakość i ilość pozyskanych produktów płciowych oraz śmiertelność postarłową - W: *Pneumatyczna metoda pozyskiwania ikry – możliwości aplikacyjne w rozrodzie ryb łososiowatych* (Red.) J. Glogowski, IRZiBŻ PAN, Olsztyn, 47-60.
- Kowalski R.K., Kolman R., Pirtań Z., Cieśliński B., Glogowski J. 2009 - Pobieranie ikry metodą pneumatyczną – innowacyjna technika wylęgarnicza - W: *Rozród, podchów, profilaktyka ryb łososiowatych i innych gatunków* (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska, D. Ulikowski, Wyd. IRS, Olsztyn: 59-64.
- Kowalski R.K., Szczepkowski M., Szczepkowska B., Sarosiek B., Cejko B.I., Judycka S., Dryl K., Dryl B. 2015 - Pneumatyczna metoda pobierania oocytów ryb jesiętrowatych - W: *Stan wiedzy i innowacje w rozrodzie ryb jesiętrowatych* (Red.) A. Kowalska, B.I. Cejko, R.K. Kowalski, B. Sarosiek, IRZiBŻ PAN, Olsztyn: 91-111.
- Kucharczyk D., Źarski D., Łuczyński M., Targońska K., Szczerbowski A., Kwiatkowski 2008 - Kontrolowany rozród ryb - W: *Elementy nowoczesnej akwakultury ryb – rozród inkubacja ikry i profilaktyka* (Red.) M. J. Łuczyński, A. Szczerbowski, M. Szkudlarek, Wyd. IRS, Olsztyn: 105-134.
- Sarosiek B. 2015 - Zastosowanie pneumatycznej metody pobierania oocytów w rozrodzie siei (*Coregonus lavaretus*) - W: *Pneumatyczna metoda pozyskiwania ikry – możliwości aplikacyjne w rozrodzie ryb dziko żyjących* (Red.) J. Glogowski, IRZiBŻ PAN, Olsztyn: 26-34.

PROJEKTOWANIE I BUDOWA RECYRKULACYJNYCH SYSTEMÓW AKWAKULTUROWYCH (RAS) DO PRODUKCJI RYB

SŁAWOMIR KREJSZEFF

Wstęp

Europejska akwakultura słodkowodna w głównej mierze oparta jest na karpie (*Cyprinus carpio*) i pstrągu tęczowym (*Oncorhynchus mykiss*). Do 1990 roku obserwowany był systematyczny wzrost produkcji obu gatunków. Jednak w 1991

roku nastąpiło gwałtowne załamanie produkcji karpia. Natomiast od 1995 roku produkcja obu gatunków weszła w fazę stagnacji. Od tego czasu łączna średnia produkcja karpia i pstrąga oscyluje na poziomie około 450 tys. ton rocznie, co stanowi ponad 75% produkcji całkowitej (FAO 2020, Żarski in. 2017).

Krajowa słodkowodna produkcja akwakultury w fazę stagnacji weszła kilka lat później. W Polsce, w okresie ostatnich 10 lat wykazywanych w statystykach FAO, średnia produkcja karpia i średnia produkcja pstrąga łącznie oscylowała na poziomie około 31 tys. ton rocznie, co stanowiło ponad 90% produkcji całkowitej (FAO 2020, Rynek Ryb 2017).

Zaistniała sytuacja zainspirowała wielu naukowców do podjęcia prac mających na celu opracowanie metod hodowli, dzięki którym nie tylko europejska, ale i krajowa akwakultura wyjdzie ze stagnacji. Ponieważ konwencjonalne metody produkcji wyczerpały swoją formułę, w pierwszej kolejności wskazano na technologię systemów recyrkulacyjnych (RAS, z ang. *Recirculating Aquaculture Systems*), jako metodę hodowli, która może dać oczekiwany efekt. Technologię, którą w przeciwieństwie do metod hodowlanych stosowanych w tradycyjnej akwakulturze karpia i pstrąga cechuje niskie zużycie wody i efektywne zarządzanie odpadami. Pozwala ona też na utrzymanie wysokich standardów higieny i kontroli nad chorobami. Oprócz tego daje możliwość prowadzenia produkcji w pobliżu rynku zbytu (Martins i in. 2010).

Podstawowe elementy konstrukcyjne oraz zasady projektowania systemów recyrkulacyjnych

Opisany poniżej modelowy system recyrkulacyjny do podchowu narybku został zaprojektowany i wykonany na potrzeby projektu PRO-PERCH. Celem jego skonstruowania było określenie możliwości produkcyjnych pod kątem wychowu materiału obsadowego okonia o masie 0,5 g. Zbudowany jest on z stacji uzdatniania wody, 12 basenów narybkowych, filtra mechanicznego, filtra biologicznego, systemu napowietrzania filtra biologicznego, pomp obiegowych, systemu sterylizacji wody, systemu grzewczego, oświetlenia, systemu doprowadzenia wody do basenów narybkowych z stacji uzdatniania wody, systemu odprowadzenia wody z basenów narybkowych do stacji uzdatniania wody, pomostu roboczego. Konstrukcja modelowego systemu umożliwia pracę w dwóch trybach. W trybie I cała konstrukcja tworzy jeden system recyrkulacyjny (rys. 13). W trybie II cała konstrukcja tworzy trzy systemy recyrkulacyjne (rys. 14).

Stacja uzdatniania wody (rys. 15, 16) wykonana z zespalanych płyt polipropylenowych o grubości 10 mm, koloru beżowego. Zbiornik posiada kształt prostopadłościanu o objętości roboczej $3,24 \text{ m}^3 \pm 10\%$. Zbiornik posiada wydzielone komory umożliwiające pracę w dwóch trybach. W Trybie I:

- 1a, 1b, 1c: filtra biologicznego,
- 2: kondycjonowania i sterylizacji wody,
- 3: stacji pomp.

W Trybie II:

- 1a, 1b, 1c: filtrów biologicznych,
- 2a, 2b, 2c: kondycjonowania, sterylizacji wody i stacji pomp.

Uzupełnienie wody z instalacji wodociągowej podczas pracy w Trybie I zainstalowane jest w komorze 2, a podczas pracy w Trybie II w komorach 2a, 2b i 2c. Odprowadzenie wody do kanalizacji poprzez przelew awaryjny w Trybie I zainstalowane jest w komorze 1a, w Trybie II w komorach 1a, 1b i 1c. Odprowadzenie wody z komór stacji uzdatniania wody do kanalizacji w Trybie I zainstalowane jest w komorze 3, w Trybie II w komorach 2a, 2b, 2c. W ścianach łączących wszystkie komory zainstalowane są szczelne przepusty.

Basen narybkowy (rys. 17) wykonany z spawanych płyt polipropylenowych o gr. 6 mm, w kolorze czarnym. Basen posiada kształt walca o objętości roboczej $0,50 \text{ m}^3$. W dnie basenu zainstalowana jest krata odpływowa $\varnothing 300 \text{ mm}$ o perforacji 2 mm. Wyposażenie basenu narybkowego stanowią: teleskopowy system regulacji poziomu i odprowadzania wody; pokrywa wykonana z polipropylenu w kolorze czarnym, częściowo otwierana, z oprawą oświetleniową; przelew awaryjny.

Filtr mechaniczny przeznaczony jest wyłącznie do pracy w Trybie I. Typ mikrosito o rozmiarze oczek ekranu filtrującego $40 \mu\text{m}$. Przepływ wody przez filtr wynosi $24 \text{ m}^3/\text{h}$. $\varnothing$ wlotu brudnej wody 110 mm. $\varnothing$ wylotu czystej wody 110 mm. Mikrosito wyposażone jest 1 panel filtracyjny BeeCell o średnicy 800 mm oraz pompę płuczącą i czujnik poziomu wody. Filtr wykonany jest z HDPE w kolorze czarnym. Wymiary (szer. x dł. x wysokość): $490 \times 690 \times 720 \text{ mm}$.

Filtr biologiczny stanowi złoże ruchome wykonane z polietylenu o dużej gęstości (HDPE). Powierzchnia całkowita to $861 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

System napowietrzania filtra biologicznego stanowią 3 dyfuzory rurowe o długości 1 000 mm umiejscowione, niezależnie od trybu pracy, w komorach stacji uzdatniania wody 1a, 1b, 1c. Podstawa każdego dyfuzora wykonana jest z polipropylenu (PP), a membrana wykonana z poliuretanu (PU) o powierzchni czynnej $1\,900 \text{ cm}^2$. Zakres pracy wynosi od 2 do $10 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Pompy obiegowe wyposażone są w kontroler, dzięki któremu możliwe jest ustawienie wydajności z jaką pracuje urządzenie w 70 różnych pozycjach. Od 30% do 100% mocy. W Trybie I jedna pompa główna o wydajności 20 m³/h i mocy 175 W umiejscowiona jest w komorze 3. W Trybie II trzy pompy o wydajności 10 m³/h i mocy 85 W umiejscowione są w komorach 2a, 2b, 2c.

System grzewczy stanowią trzy grzałki zanurzeniowe o mocy 3 kW każda. Podczas pracy w Trybie I wszystkie grzałki umiejscowione w komorze 2. Podczas pracy w Trybie II grzałki umiejscowione są pojedynczo w komorach 2a, 2b, 2c.

System sterylizacji wody zbudowany jest z trzech lamp UV zainstalowanych na rurociągach doprowadzających wodę do basenów narybkowych. W każdej z lamp zainstalowany jest promiennik UV o mocy 45 W. Podczas pracy w Trybie I wszystkie lampy zainstalowane są na rurociągach podających wodę z komory 2. Podczas pracy w Trybie II lampy zainstalowane są na rurociągach podających wodę z komór 2a, 2b, 2c.

Armatura wykonana jest z rur i kształtek PVC oraz PVC-U klejonego. Instalacja zasilająca wykonana z rur w kolorze szarym o średnicy 32 i 25 mm oraz kolan, trójników, redukcji, zaworów, zaworów zwrotnych o średnicy 32 i 25 mm łączonych na klej montażowy. Instalacja powrotna wykonana z rur w kolorze szarym o średnicy 32, 50, 75 i 110 mm oraz kolan 90°, trójników 90°, zaworów, zaworów zwrotnych o średnicy 50, 75 i 110 mm łączonych na klej montażowy oraz uszczelki kielichowe.

Oświetlenie każdego basenu narybkowego stanowi instalacja typu RGB, tj. diody LED świecące (oprócz klasycznym białym), dodatkowo w kolorze czerwonym, żółtym, zielonym, niebieskim. Instalacja oświetleniowa umożliwia płynną regulację natężenia światła.

Pomost roboczy wykonany z krat WeMa na podkonstrukcji stalowej wykonanej ze stali nierdzewnej.

Modelowy system recyrkulacyjny do podchowu narybku ma możliwość pracy w dwóch trybach. W Trybie I zmagazynowana w komorze kondycjonowania i sterylizacji (2) woda jest podawana za pomocą pompy obiegowej usytuowanej w komorze stacji pomp (3) na wszystkie baseny narybkowe. Wielkość przepływu wody przez pojedynczy basen narybkowy jest regulowana za pomocą zaworu zamontowanego na rurze doprowadzającej wodę do basenu. Poziom wody w każdym basenie narybkowym jest regulowany za pomocą teleskopowego systemu regulacji poziomu i odprowadzania wody, który służy również do całkowitego opróżniania basenów z wody. Opuszczająca baseny narybkowe woda poprodukcyjna jest grawitacyjnie odprowadzana do mikro-

sita. W trakcie przepływania przez jego wnętrze jest poddana filtracji mechanicznej. Zmagazynowana zawiesina jest usuwana do odpływu kanalizacyjnego. Pozbawiona zawiesiny woda jest odprowadzana do komór filtra biologicznego (1a, 1b, 1c). W trakcie przepływania przez ich wnętrze jest poddawana procesowi filtracji biologicznej. W celu zapewnienia prawidłowego przebiegu procesu uzdatniania wody, złoże jest przez cały czas napowietrzane powietrzem tłoczonym przez system napowietrzania filtra biologicznego. Uzdatniona woda jest odprowadzana do komory kondycjonowania i sterylizacji wody (2) i cykl jej obiegu rozpocznie się od nowa.

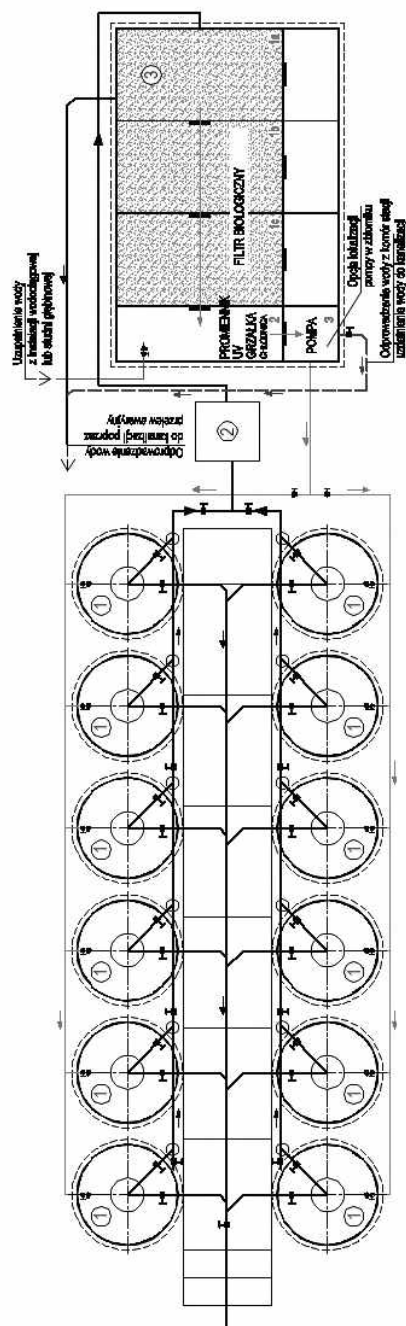
W Trybie II modelowy system recyrkulacyjny do podchowu narybku okonia jest podzielony na 3 systemy składające się z 4 basenów narybkowych. W przypadku każdego z wydzielonych systemów, zmagazynowana w komorach kondycjonowania i sterylizacji woda (2a, 2b, 2c) jest podawana za pomocą pomp obiegowych na baseny narybkowe. Wielkość przepływu wody przez pojedynczy basen narybkowy jest regulowana za pomocą zaworu zamontowanego na rurze doprowadzającej wodę do basenu. Poziom wody w każdym basenie narybkowym jest regulowany za pomocą teleskopowego systemu regulacji poziomu i odprowadzania wody, który służy również do całkowitego opróżnienia basenu z wody. Opuszczająca baseny narybkowe woda poprodukcyjna jest grawitacyjnie odprowadzana do komór filtrów biologicznych (1a, 1b, 1c). W trakcie przepływania przez ich wnętrze jest poddawana procesowi filtracji biologicznej. W celu zapewnienia prawidłowego przebiegu procesu uzdatniania wody, złoże są przez cały czas napowietrzane powietrzem tłoczonym przez system napowietrzania filtrów biologicznych. Uzdatniona woda jest odprowadzana do komór kondycjonowania i sterylizacji wody (2a, 2b, 2c) i cykl jej obiegu rozpoczyna się od nowa.

Kalkulacja kosztów produkcji

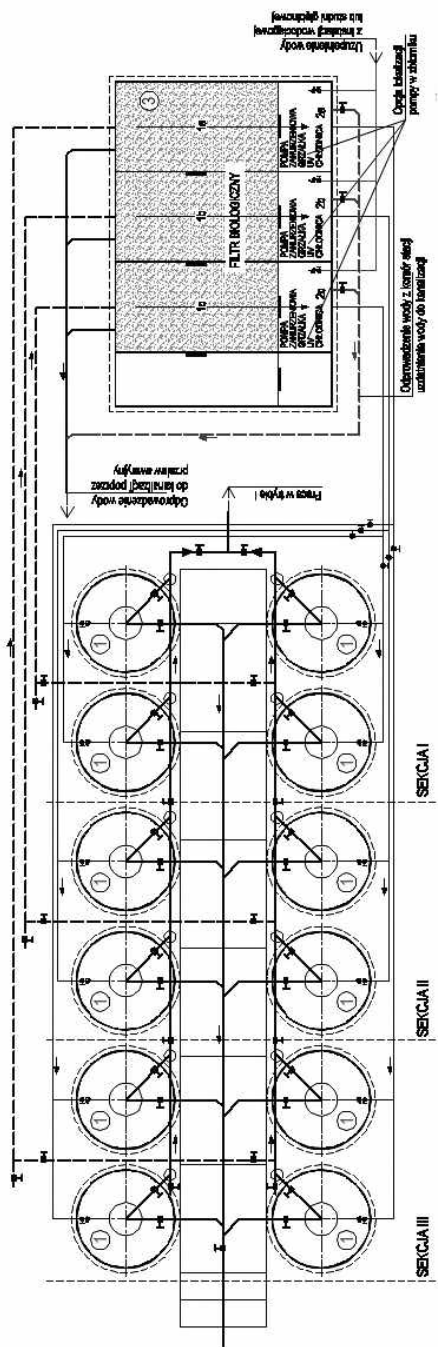
Modelowy system recyrkulacyjny do produkcji narybku został zaprojektowany i zbudowany w celu oceny jego możliwości produkcyjnych podczas wychowu narybku o masie 0,5 g. W tym celu został on obsadzony wylęgiem o masie 1 mg w ilości 84 600 sztuk. Żywienie rozpoczęto w 4 dniu po wykluciu i prowadzono je do 21 dnia po wykluciu. Następnie pokarm naturalny zastąpiono pokarmem sztucznym i żywiono nim ryby przez kolejne 24 dni. Po przeprowadzeniu podchowu uzyskano 43 200 szt. narybku, którego koszt produkcji przedstawiony jest w tab. 2.

Tab. 2. Kalkulacja kosztów produkcji okonia o masie 0,5 g.

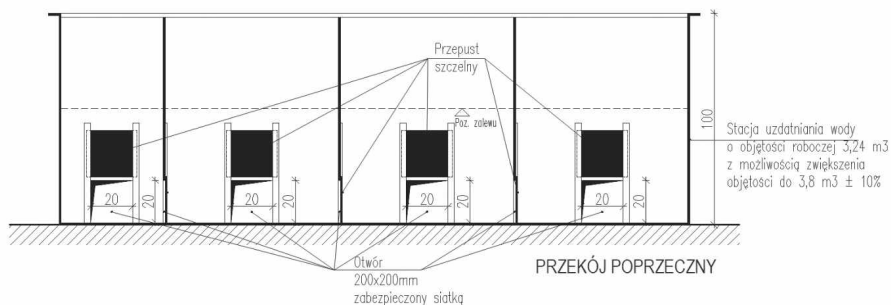
Wyszczególnienie	Jednostka	Nakład	Cena za jednostkę	Koszt
			(zł)	(zł)
Robocizna	rgh	180,00	22,33	4 019,40
Energia elektryczna	kWh	3 243,00	0,62	2 016,82
Zużycie wody i zrzut ścieków	m³	36,00	13,82	497,52
Żywnienie w tym:				
artemia	kg	3,11	1 458,00	4 534,38
perla 5		8,52	71,75	611,31
perla 4		9,07	55,95	507,47
Koszty eksploatacyjne razem				12 186,90
Wielkość produkcji (szt.)				43 200
Koszt produkcji jednej sztuki				0,28



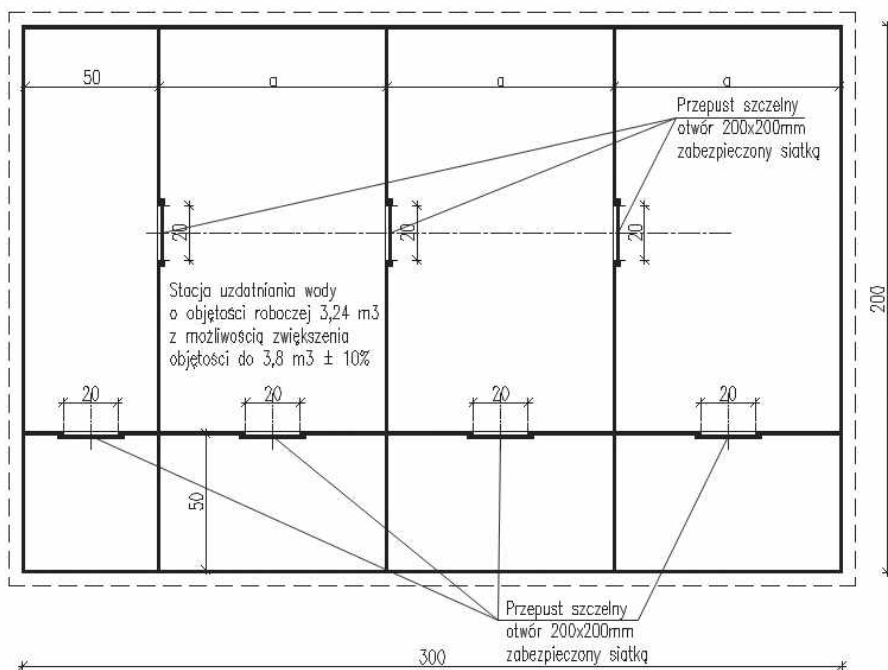
Rys. 13. Schemat poglądowy Modelowego systemu recykulacyjnego do podchodu narybku okonia pracującego w trybie I (Jednostka projektowa: architekt Piotr Zubala).



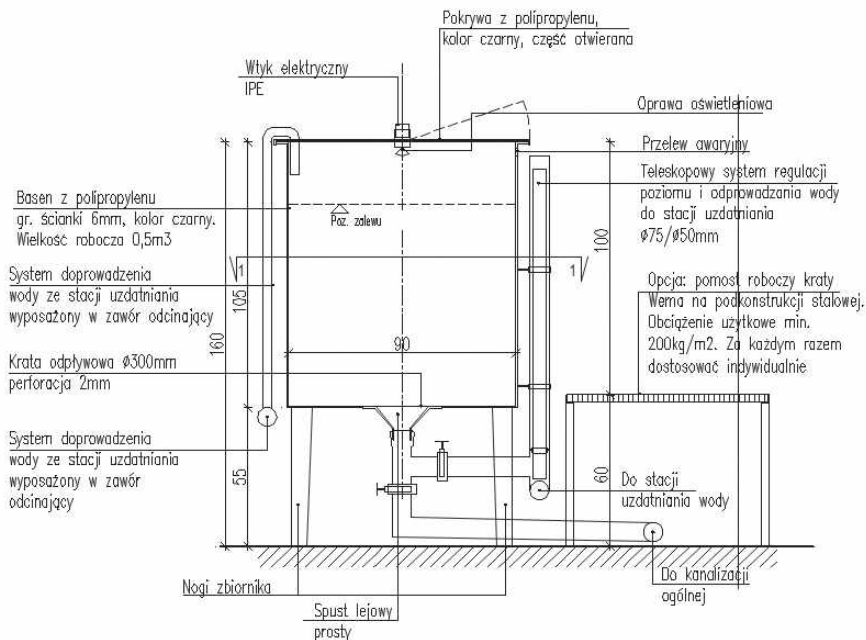
Rys. 14. Schemat poglądowy Modelowego systemu recykulacyjnego do podchowu narybku okonia pracujacego w trybie II
(Jednostka projektowa: architekt Piotr Zubala).



Rys. 15. Przekrój poprzeczny stacji uzdatniania wody (Jednostka projektowa: architekt Piotr Zubala).



Rys. 16. Rzut z góry stacji uzdatniania wody (Jednostka projektowa: architekt Piotr Zubala).



Rys. 17. Przekrój poprzeczny przez basen narybkowy (Jednostka projektowa: architekt Piotr Zubala).

Literatura

FAO 2020 - Global aquaculture production 1950-2014 (<http://www.fao.org/fishery/statistics>).

Rynek Ryb 2017 – IV. Krajowa produkcja ryb i owoców morza, ss. 16-22.

Martins C.I.M., Eding E.H., Verdegem M.C.J., Heinsbroek L.T.N., Schneider O., Blancheton J.P., D'Orbcastel E.R., Verreth J.A.J. 2010 – New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: a perspective on environmental sustainability – *Aquacult. Eng.* 43: 83-93.

Sulistyo I., Rinchar J., Fontaine P., Gardeur J.N., Capdeville B., Kestemont P. 1998 – Reproductive cycle and plasma levels of sex steroids in female Eurasian perch *Perca fluviatilis* – Aquat. Living Resour. 11: 101-110.

Žarski D., Horváth Á., Bernath G., Krejszeff S., Radoczi J., Palińska-Żarska K., Bokor Z., Kupren K., Urbanyi B. 2017 – Controlled reproduction of wild Eurasian perch. A hatchery manual – Wyd. Springer International Publishing Cham, 113 s.

AKWAKULTURA I JEJ ROLA W SYSTEMIE MAŁEJ RETENCJI WODY

ADAM BRYSEWICZ

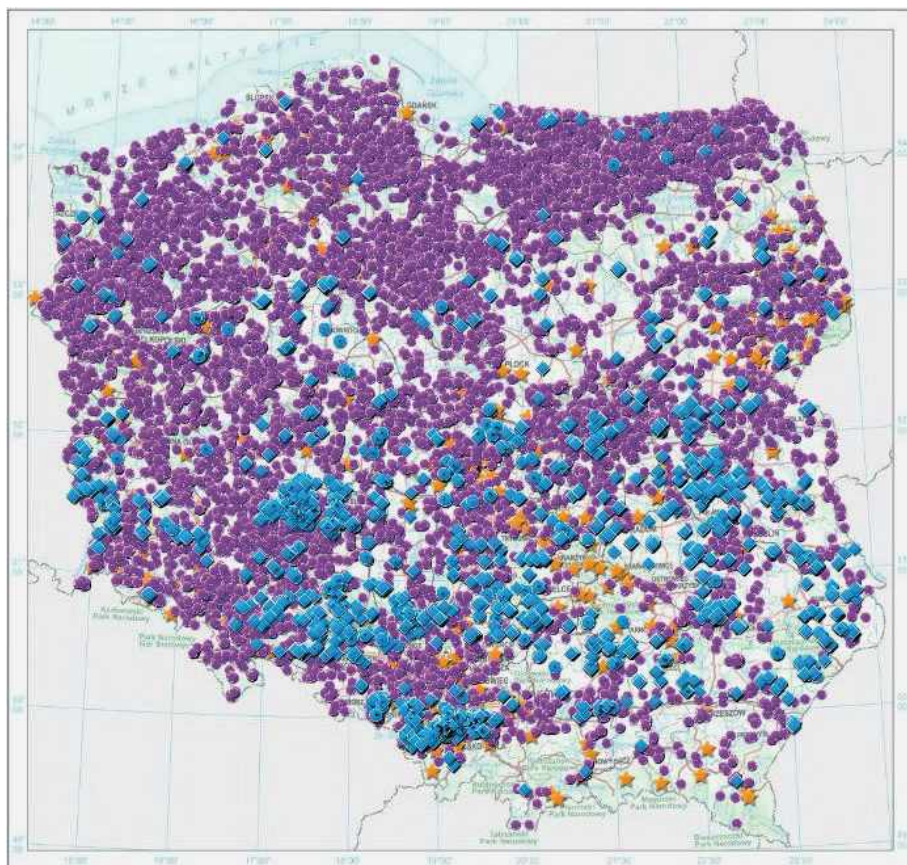
Akwakultura należy do głównego sektora produkcji żywności na świecie, którego średni roczny wzrost wynosi 3,2%, a obecnie spożycie ryb hodowlanych przewyższa spożycie ryb dziko żyjących. Bezpieczeństwo żywnościowe zapewniane jest poprzez właściwe tworzenie systemów akwakultury, a udział ryb pochodzących z akwakultury przeznaczonych do spożycia przez ludzi wzrósł z 52% (średnia w latach 2016–2018) do 58% w 2028 r. (Tom i in. 2021).

Rozwój akwakultury możliwy jest przy odpowiednim dostępie do zasobów wodnych. Wody gruntowe są uważane za najlepsze źródło wody dla hodowli ryb. Inne źródła wody dla hodowli ryb obejmują źródła, studnie, rzeki, strumienie lub jeziora, spływy powierzchniowe, wody gruntowe lub wodociągi miejskie. Wodę z tych źródeł można dostarczać do stawów grawitacyjnie lub za pomocą ręcznego pompowania. Współcześnie jednak Europa jak i cały świat boryka się ze zmianami klimatycznymi, które przy zwiększonej antropresji nie tylko sprzyjają pogorszeniu się jakości wody, ale zmniejszają do niej dostęp (Wieczorek 2023). Według danych IMGW w Polsce średnia roczna temperatura zwiększa się, a brak zalegającej pokrywy śnieżnej w okresie zimowym, mniejsza ilość dni deszczowych w roku przyczyniają się do obniżenia poziomu wód gruntowych i wód powierzchniowych.

Spośród metod chowu ryb w akwakulturze ekstensywne systemy produkcji wymagają zwykle znacznych arealów, szczególnie dla gatunków karpowatych, aby hodowca osiągnął zadowalający efekt ekonomiczny przy niskiej możliwej produkcji z jednostki powierzchni. Z tego względu obecnie hodowla stawowa nie jest zbyt popularna, szczególnie wobec pojawiających się coraz wyższych opłat za pobór wody na cele produkcji. Tymczasem to właśnie typ produkcji charakteryzuje się nieznacznym negatywnym oddziaływaniem, a nierzadko dającym wręcz pozytywny efekt środowiskowy w postaci retencji wód w regionach ubogich w zbiorniki powierzchniowe (Furdyna 2020).

W związku z powyższym obecnie dąży się do zoptymalizowania metod gospodarowania wodą, które pozwalają na jej wykorzystanie w rolnictwie i akwakulturze. Podstawowym sposobem jest jej retencjonowanie. Mała retencja wodna polega na gromadzeniu wody w niewielkich zbiornikach

poprzez zatrzymywanie lub spowalnianie spływu wód, przy jednoczesnym zachowaniu i wspieraniu rozwoju krajobrazu naturalnego. Wodę może retencjonować pokrywa roślinna, gleba, wodonośne warstwy gruntu, obniżenia terenu oraz naturalne i sztuczne zbiorniki wodne. Jednym z rodzajów retencji wodnej jest retencja glebowo-gruntowa na użytkach rolnych, którą można sterować m.in. poprzez właściwe utrzymanie i użytkowanie systemów melioracyjnych.



Rys. 18. Mapa obiektów małej retencji wodnej (źródło: www.itp.edu.pl)

W ramach realizowanego w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym – Państwowym Instytucie Badawczym Programu Wieloletniego 2016-2020 zrealizowano zakres związany z Ogólnopolską Bazą Danych Obiektów Małej

Retencji (OBDOMR) oraz wykonano zakres prac dotyczący Centralnej Bazy Danych Melioracyjnych (Rys. 18). Ewidencja Wód, Urządzeń Melioracji Wodnych i Zmeliorowanych Gruntów – zwana Ewidencją Melioracji Wodnych, była udostępniana w wersji cyfrowej w latach ubiegłych przez Zarządy Melioracji i Urządzeń Wodnych, natomiast ostatnia wersja, w wyniku zmiany właściciela danych, została udostępniona w 2018 roku przez Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie poprzez Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej. Efektem prac było opracowanie Bazy obiektów małej retencji w Polsce (Baza obiektów...).

W pełni funkcjonalna baza umożliwia wyszukiwanie i ustalanie występowania obiektów małej retencji. Wyszukiwanie danych odbywa się za pomocą aplikacji służącej równocześnie do edycji danych o obiektach. Jej podstawą jest mapa oparta na bazie danych OBDOMR oraz zewnętrzne usługi sieciowe przeglądania map topograficznych, ortofotomap itp. Aplikacja rejestruje czas każdej zmiany informacji o obiektach i osobę ją wprowadzającą. Oprócz wymienionych wyżej funkcji możliwe jest również tworzenie zestawień statystycznych. Obiekty można przeglądać w tabeli z jednoczesnym wskazaniem lokalizacji na mapie. Aplikacja umożliwia obsługę na różnych urządzeniach: komputerach, tabletach oraz telefonach komórkowych, co ma niebagatelne znaczenie dla prac terenowych, inwentaryzacji i wizji lokalnych.

Omawiając zagadnienia małej retencji nie można nie wspomnieć o małych, śródpolnych zbiornikach wodnych, bardzo często i nazywanych potocznie „oczkami wodnymi” (Fot. 16). Te bezodpływowe zbiorniki wodne, zazwyczaj o kształcie kolistym, głębokości dochodzącej do max. 3 m (zazwyczaj jednak ok. 1 m) oraz o powierzchni nie przekraczającej z reguły 1 ha są ostoją dla wielu gatunków ze świata flory i fauny. Ich naturalne pochodzenie powoduje, że najliczniej występują one na obszarach młodogłacjalnych. Charakteryzują się one bogatą rzeźbą terenu utworzoną przez działanie lądolodu oraz znaczną zmiennością uwilgotnienia gleb (Fiedler i in. 2017). Ich obecność w krajobrazie rolniczym jest bardzo ważna, bo chociaż nie są elementem szeroko rozumianej akwakultury to odgrywają niebagatelną rolę w małej retencji wodnej.



Fot. 16. Naturalny, śródpolny zbiornik wodny o niewielkiej powierzchni (1ha) nazywany potocznie „oczkiem wodnym” (fot. A. Brysiewicz)

W celu zatrzymywania wody w ciekach wykorzystuje się różnego rodzaju urządzenia i budowle hydrotechniczne. W ITP-PIB w Falentach pracownicy Zakładu Zasobów Wodnych zaprojektowali innowacyjne urządzenie do zatrzymywania wody (Wielofunkcyjny przenośny próg piętrzący). Prototypy wykonane zostały przez firmę WATS. Wielofunkcyjny przenośny próg piętrzący jest monolitycznym urządzeniem napełnianym wodą, wykonanym z materiału zbrojonego siatką poliestrową obustronnie powlekanego PCV (Fot. 17). Zaopatrzony został w cztery zawory strażackie, z których dwa od strony wody górnej służą do grawitacyjnego napełniania progu wodą w korycie ciek, natomiast dwa zawory od strony wody dolnej służą do opróżniania urządzenia. Do odpowietrzania służy otwór zlokalizowany na koronie progu. Z uwagi na względnie małą wagę progu (ok. 20 kg) możliwy jest transport urządzenia w dowolne miejsce i zainstalowanie go w wybranym przekroju poprzecznym koryta ciek. Próg piętrzący umożliwia szybkie spiętrzenie wody do wysokości 0,60 m nad dnem koryta i wykorzystanie zgromadzonej objętości wody.

Przenośny próg piętrzący może być potencjalnie wykorzystywany przez rolników do tworzenia okresowych wodopojów dla bydła i innych zwierząt hodowlanych, ale także w akwakulturze. Ponadto do tworzenia okresowych

ujęć wód powierzchniowych – na potrzeby przeciwpożarowe lub nawodnieniowe. Umożliwi również czasowe zmniejszenie odpływu w korycie cieków, potrzebne aby przeprowadzić prace modernizacyjne i naprawcze małych budowli wodno-melioracyjnych lub prace udrożniające koryto. Odpowiednio wyprofilowana krawędź przelewowa progów, umożliwi również prowadzenie pomiarów hydrometrycznych lub biologicznych.



Źródło: www.itp.edu.pl

Fot. 17. Wielofunkcyjny przenośny próg piętrzący (fot. K. Krężałek;
źródło: www.itp.edu.pl)

Podsumowując, sektor rolny (w tym akwakultura) stoi dziś przed dwoma ważnymi wyzwaniem - potrzebą redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz koniecznością prowadzenia działań adaptacyjnych do zachodzących zmian klimatycznych. Niezbędnym jest dostosowanie współczesnej wiedzy i narzędzi w celu ochrony naturalnych zasobów wodnych, przy jednoczesnym rozwoju gałęzi gospodarki rybackiej. Innowacyjne metody wdrażane w Polsce i na świecie dążą to optymalizacji metod hodowlanych, które pozwolą na prowadzenie wysokojakościowej produkcji z uwzględnieniem oszczędnego zużycia wody i ochroną środowiska. Chów stawowy, chociaż wymaga dużego arealu i nakładów finansowych odgrywa ważną i cenną przyrodniczo rolę w małej retencji wodnej.

Literatura

- Tom, AP, Jayakumar, JS, Biju, M, Somarajan, J, Ibrahim, MA, 2021. Aquaculture wastewater treatment technologies and their sustainability: A review. *Energy Nexus*, Volume 4, 100022, ISSN 2772-4271, <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2021.100022>.
- Wieczorek, K, Turek, A, Wolf, WM, 2023. Combined Effect of Climate and Anthropopressure on River Water Quality. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20, 3032. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043032>
- Furdyna, A. 2020. Akwakultura – wpływ na stan ekologiczny wód. Ekspertyza w Rolnictwie. Koalicja Żywa Ziemia. Wyd. Polski Klub Ekologiczny Koło Miejskie w Gliwicach, s. 145-148. ISBN 978-83-923070-6-8
- Baza obiektów małej retencji wodnej w Polsce
<https://itp.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b63a-2a74004748a89c196e98c9104b4d>
- Fiedler, M, Antkowiak, M, Oliskiewicz-Krzywicka, A, Zbierska, A, 2017. Model for the volume-area-depth relations of midfield ponds using LiDAR. *J. Ecol. Eng.*, 18, 36-42; <https://doi.org/10.12911/22998993/76829>
- Wielofunkcyjny przenośny próg piętrzący jako magazyn do retencjonowania i wykorzystania wody opadowej (<https://www.itp.edu.pl/files/28.-Kolasi-ska-K..pdf>)

AUTORZY PRAC ZAMIESZCZONYCH W BIULETYNIE

Prof. dr hab. Zdzisław Zakęś - Zakład Akwakultury, Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza-PIB w Olsztynie

Prof. dr hab. Krzysztof Formicki - Katedra Hydrobiologii, Ichtiologii i Biotechnologii Rozrodu, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Prof. dr hab. Kinga Mazurkiewicz-Zapałowicz - Katedra Hydrobiologii, Ichtiologii i Biotechnologii Rozrodu, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr hab. Arkadiusz Nędzarek, Prof. ZUT – Katedra Bioinżynierii i Ochrony Środowiska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr hab. Przemysław Czerniejewski, Prof. ZUT – Katedra Towaroznawstwa, Oceny Jakości, Inżynierii Procesowej i Żywności Człowieka, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr hab. Adam Tański, Prof. ZUT - Katedra Hydrobiologii, Ichtiologii i Biotechnologii Rozrodu, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr hab. Agata Korzelecka-Orkisz - Katedra Hydrobiologii, Ichtiologii i Biotechnologii Rozrodu, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr hab. Beata Więcaszek, Prof. ZUT - Katedra Hydrobiologii, Ichtiologii i Biotechnologii Rozrodu, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr hab. Małgorzata Gałczyńska, Prof. ZUT – Katedra Bioinżynierii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr hab. Jacek Wróbel, Prof. ZUT - Katedra Bioinżynierii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr hab. Elżbieta Bogusławska-Wąs, Prof. ZUT. - Katedra Mikrobiologii Stosowanej i Fizjologii Żywienia Człowieka, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr hab. Kinga Flaga-Gieruszyńska, prof. US - Wydział Prawa i Administracji, Uniwersytet Szczeciński

dr inż. Szymon Sroczyński - Państwowe Gospodarstwo Wodne, Zarząd Zlewni w Stargardzie

dr inż. Jarosław Łojko - Katedra Hydrobiologii, Ichtiologii i Biotechnologii Rozrodu, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr inż. Sławomir Krejszeff - Zakład Akwakultury, Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza-PIB

dr inż. Wojciech Sawicki - Katedra Mikrobiologii Stosowanej i Fizjologii Żywienia Człowieka, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr inż. Adam Brysiewicz – Instytut Technologiczno-Przyrodniczy PIB w Fałentach

dr inż. Dorota Pawlos – Wydział Rolnictwa i Rybactwa, Urząd Marszałkowski województwa zachodniopomorskiego

dr inż. Krzysztof Berest - Wydział Rolnictwa i Rybactwa, Urząd Marszałkowski województwa zachodniopomorskiego

dr inż. Marek Trella - Zakład Bioekonomiki Rybactwa, Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza-PIB

dr Angelika Linowska - Katedra Hydrobiologii, Ichtiologii i Biotechnologii Rozrodu, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Marta Kobrzyńska-Chudzik - Państwowe Gospodarstwo Wodne, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Szczecinie

Koordynator projektu

dr hab. Agata Korzelecka-Orkisz - Katedra Hydrobiologii, Ichtiologii i Biotechnologii Rozrodu, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

