

Piotr F. BOROWSKI <sup>1</sup>, Wojciech ZALEWSKI <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Inżynierii Produkcji

<sup>2</sup> Absolwent - Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Inżynierii Produkcji

## Innowacje w akwakulturze zapewniające zdrową produkcję ryb

### Streszczenie

W pracy przedstawiono analizę innowacyjnych systemów przepływowych w sektorze akwakultury. Pytania badawcze, jakie zostały postawione dotyczyły kosztów produkcji w zależności od zastosowanych w gospodarstwie rybackim systemów przepływowych. Celem badań była ocena, które systemy są bardziej opłacalne pod względem ekonomicznym. Badania przeprowadzono w dwóch różnych rodzajach przedsiębiorstw: gospodarstwo gdzie zastosowano systemy przepływowe otwarte i gospodarstwo z systemem zamkniętym (recykulacyjne - RAS). Wyniki wskazują, że bardziej efektywne z ekonomicznego punktu widzenia, są systemy RAS.

**Słowa kluczowe:** innowacje, systemy przepływowe, systemy recykulacyjne RAS

## Innovation in aquaculture to ensure healthy fish production

### Summary

The paper presents an analysis of the innovative flow-through systems in the aquaculture sector. The research questions were related to the cost of production and depending on used flow systems in the fish farms. The aim of the tests was evaluated which from the systems are more economically. The research was made in two different type of water flow: flow-through systems and recirculating aquaculture systems (RAS). The results indicated which system is more efficient from the economical point of view.

**Key words:** innovation, flow-through systems, recirculating aquaculture systems

### Wstęp

Spożycie ryb w Polsce wynosi około 12 kg na osobę rocznie. Mimo, iż mrożone ryby i owoce morza są łatwo dostępne w każdym supermarkecie, wiele osób decyduje się na kupno ryb świeżych. Badania Czarkowskiego i Stabińskiego (2015) wykazały, że większość respondentów preferuje ryby pochodzące z wód lokalnych, złowionych przez lokalnych rybaków. Daje to konsumentowi pewną gwarancję i pewność, że nie jest to ryba z importu. Często zastanawiamy się, które gatunki ryb są lepsze, zdrowsze i czy ryby hodowane w zamkniętych systemach są równie zdrowe, jak te łowione na otwartych łowiskach? Jakie są koszty produkcji ryb i jakie systemy wybrać by produkcja była opłacalna pod względem ekonomicznym. Na te pytania autorzy artykułu postarali się odpowiedzieć po przeprowadzeniu badań na konkretnych, istniejących obiektach.

Akwakultura, oznacza chów, hodowlę i uprawę organizmów wodnych (roślin lub zwierząt) oraz poprawę ich stanu. Tego typu działalność prowadzona jest w kontrolowanym i specjalnie przystosowanym środowisku wodnym. Wynika z tego, że akwakultura jest rodzajem produkcji ryb połączonej z doбором i selekcją ryb w celu zachowania i poprawienia ich wartości użytkowej. Rybołówstwo jest natomiast gałęzią gospodarki obejmującą pozyskiwanie (połów) ryb i innych zwierząt, między innymi skorupiaków i mięczaków oraz roślin wodnych w celu ich spożycia lub dalszego przetworzenia (Wojnowski, 2005). Światowe metody połowu ryb zakłóciły równowagę natury. W związku z niebezpieczeństwem przełowienia zasobów, akwakultura postrzegana jest, jako alternatywa dla tra-

dycyjnego rybołówstwa. Odpowiedzią na ten problem stała się zatem akwakultura. Obecnie 25% całkowitego połowu ryb pochodzi z akwakultury, a udział ten wciąż rośnie (Global Fish, 2016). Akwakultura jest jedną z najszybciej rozwijających się gałęzi gospodarki żywnościowej w Polsce i na świecie. W wyniku tego typu produkcji na rynek trafiają produkty o wysokiej i powtarzalnej jakości, wytworzone w sposób kontrolowany. Akwakultura europejska przybiera różne postacie. Można opisywać jej odmiany na podstawie wielu czynników, jakimi są m.in.:

- systemy ekstensywne lub intensywne,
- hodowla w środowisku naturalnym lub w stawach, sadzach, w wodzie słodkiej lub morskiej,
- metody z użyciem stałego przepływu lub recykulacji,
- metody tradycyjne lub nowoczesne,
- hodowle klasyczne lub ekologiczne, w halach lub na świeżym powietrzu (Wspólna Polityka Rybołówstwa, 2009).

Innowacyjny sposób chowu i hodowli ryb bardzo często łączony jest z systemem RAS (*Recirculating Aquaculture System*), czyli systemem zamkniętym, wyposażonym we własną oczyszczalnię, co pozwala na recykulację wody. Zaletą tego typu systemu są bardzo małe straty związane z poborem wody. Sektor akwakultury może być certyfikowany pod kątem jakościowym. Jednymi z najbardziej skutecznych i restrykcyjnych standardów są ASC - Aquaculture Stewardship Council oraz Global GAP Aquaculture. Oba te standardy odnoszą się do jakości, ochrony środowiska oraz dobrobytu żywego inwentarza, który jest chowany i hodowany w danym systemie ([www.asc-aqua.org](http://www.asc-aqua.org)).

### Charakterystyka systemu przepływowego

System przepływowy, czy też system otwarty, to nic innego jak stawy hodowlane z bieżącym przepływem wody przez zbiorniki tuczowe. Ważne jest użycie odpowiedniego pokarmu, zwykle ekstrudowanego, który pozwala ograniczyć ilość pozostałości i zanieczyszczeń w stawach. Charakterystyczną cechą tego typu produktów jest ich gęstość i dobra strawność, dzięki czemu stanowią one doskonały produkt paszowy dla różnych gatunków ryb żerujących w różnych strefach głębokościowych akwenów wodnych (Żelaziński, 2010). W Polsce istnieje wiele stawów hodowlanych bez ciągłego przepływu wody, jak i tych z 24 godzinnym przepływem. Jednym z większych gospodarstw rybackich przystosowanych do systemu przepływowego jest gospodarstwo rybackie położone w powiecie bytowskim. Od końca lat 70-tych podmiot ten zajmuje się chowem i hodowlą pstrąga tęczowego. Przedsiębiorstwo posiada 18 stawów ziemnych zasilanych w wodę z dwóch rzek: Kamienicy i Jutrzenki. Rocznie w obiekcie tym produkuje się około 80 ton pstrąga. Woda przepływa przez zbiorniki tuczowe tylko raz i następnie jest odprowadzana do środowiska. Zwykle tego rodzaju systemy posiadają stały przepływ wody dostarczający rybom tlen i odprowadzający zanieczyszczenia w postaci odpadów, odchodów oraz rozpuszczonych szkodliwych związków chemicznych. Przed zrzutem ścieków, woda najczęściej przepływa przez system filtracyjny w postaci osadników i filtrów lagunowych, po to, aby nie zanieczyszczać rzek, z których jest pobierana (Colt i Rijan, 2006). Woda prosto z rzeki trafia do stawów produkcyjnych. Następnie jest oczyszczana mechanicznie z cząstek stałych za pomocą mikro-filtrów, które w dzisiejszych czasach są na tyle zaawansowane, że zatrzymują zanieczyszczenia o rozmiarze paru mikronów. Odseparowane cząstki stałe mogą być wykorzystane, jako nawóz naturalny. W kolejnym etapie woda przechodzi przez system filtrów biologicznych, gdzie zostaje poddana procesom nityfikacji i denityfikacji. Na tym etapie z wody zostaje usunięty nadmiar azotu. Ostatnim etapem wymiany wody jest laguna. Jest to system pozwalający wyeliminować z wody nadmiar fosforu, za pomocą tkanek roślin naczyniowych. System lagunowy ma jeszcze jedno zastosowanie, związane z podchowem narybku, dzięki bogatej zawartości planktonu i fito. Wodę poprodukcyjną można również wykorzystać do hydroponiki, czyli hodowli roślin bez gruntu w wodzie (Kowalski, 2011).

### Charakterystyka systemu zamkniętego RAS

Pierwszy system zamknięty w Polsce powstał niedaleko miasta Płońsk, w roku 2012. Jest to najbardziej zaawansowany i innowacyjny projekt w Europie. W 18 zbiornikach tuczowych i systemie oczyszczania wody, krąży ok. 4 tys. m<sup>3</sup> wody. Własna oczyszczalnia daje możliwość recyrkulacji wody, co odróżnia hodowlę w systemie RAS od innych hodowli rybnych. Możliwość produkcyjne tego systemu sięgają 1300 ton ryb rocznie. Dzięki obiegowi zamkniętemu projekt ten jest niezwykle ekonomiczny pod kątem poboru oraz zużycia wody, która raz pobrana do systemu, jest w nim oczyszczana i regenerowana w celu utrzymania odpowiedniej temperatury oraz takich właściwości jak wartość pH, zawartość amoniaku NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, czy stopień zasolenia. System RAS daje możliwość zamknięcia hodowli w hali produkcyjnej i stworzenia rybom naturalnego środowiska. Dlatego też buduje się wewnętrzne oczyszczalnie oraz systemy

denityfikacyjne, czego nie zobaczymy w systemach otwartych, przepływowych (Dam i in., 2015). Zbiorniki i stawy hodowlane znajdujące się w szczelnie zamkniętych pomieszczeniach, w których panują tropikalne warunki, dają również hodowcy możliwość chowu ryb tropikalnych przez cały rok. Temperatura powietrza wynosi ok. 30-35°C wody ok. 25-30°C, a wilgotność oscyluje w granicach 70-80% (Popma i Masser, 1999). Ten typ systemu jest na tyle elastyczny, że gdyby hodowca chciał zmienić gatunek hodowanej ryby z ciepłolubnej (*Barramundi*, *Tilapia*) na gatunek, który nie potrzebuje wysokich temperatur wody (pstrąg, karp), to nie będzie miał problemu z dostosowaniem środowiska.

### Cel i zakres badań

Celem pracy jest zaprezentowanie innowacyjnych rozwiązań w systemach zamkniętych stawów hodowlanych oraz korzyści płynące z ich zastosowania. Zakres badań obejmuje analizę poboru wody w systemie zamkniętym i otwartym, analizę zrzutu wody w systemie zamkniętym i otwartym oraz ekonomiczne korzyści płynące ze stosowania tych systemów.

### Materiał i metoda

Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu metody pierwotnej (primary research) i wtórnej (tzw. desk research). Obie metody należą do grupy metod badania rynku. Przy czym badania pierwotne pozwalają na pozyskanie własnych danych, natomiast badania wtórne opierają się na danych opublikowanych i ogólnie dostępnych, m.in. w internecie.

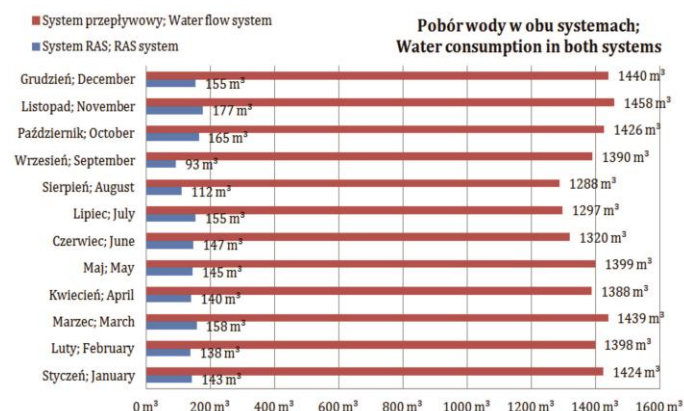
W ramach badań pierwotnych do dwóch firm funkcjonujących na rynku polskim w obszarze produkcji ryb wysłano ankiety, które zawierały pytania dotyczące ilości pobieranej wody oraz ilości generowanych ścieków (zrzuty wody).

Badania wtórne opierały się na przeglądzie literatury polskojęzycznej i angielskiej oraz raportach i artykułach publikowanych w prasie specjalistycznej. Obserwacje zostały wykonane na podstawie studium przypadku wyżej wymienionych przedsiębiorstw. Studium przypadku (case study) pozwoliło na przeanalizowanie szczegółowych rozwiązań zastosowanych przez konkretne przedsiębiorstwa, natomiast badania ankietowe potwierdziły poczynione obserwacje. Istotą zastosowanej metody case study było jakościowe uchwycenie dobowego, miesięcznego i rocznego poboru oraz zrzutu wody, a następnie przeanalizowanie tych dwóch czynników względem siebie. Analiza studium przypadku może być wykorzystana przez CEO (Chief Executive Officer) innych przedsiębiorstw. Dane wykorzystane w opracowaniu, pochodzą z 2015 roku (od 1 stycznia do 31 grudnia) i są to zapisy poboru oraz zrzutu wody zarówno z systemu zamkniętego jak i z systemu otwartego. Stany liczników były zapisywane codziennie o tej samej godzinie, co daje bardzo dużą dokładność prezentowanych wyników. Narzędziami badawczymi, które zostały użyte do przeprowadzenia badań są specjalistyczne przepływomierze oraz aparatura pomiarowa, zapisująca wszystkie dane.

### Wyniki i dyskusja

Na rysunku 1 przedstawiono średni miesięczny pobór wody z każdego z dwóch systemów. Bardzo łatwo można zauważyć, że pobór wody w systemie zamkniętym nie przekracza 200 m<sup>3</sup> i największy pobór wody nastąpił w lipca-

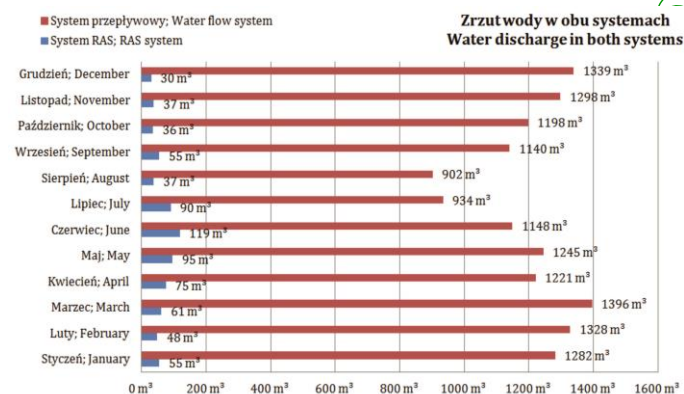
dzie, który wyniósł średnio 177 m<sup>3</sup> na dobę. Na podstawie wykresu możemy wywnioskować, że system zamknięty nie jest zależny od pory roku i pobory wody są zbliżone w każdym miesiącu, natomiast w przypadku systemu przepływowego mamy do czynienia z poborami rzędu nawet 1458 m<sup>3</sup> na dobę oraz możemy zauważyć, że w miesiącach letnich pobór wody był znacznie niższy niż w pozostałych. Spowodowane jest to temperaturą panującą w tym okresie w Polsce. Im cieplej, tym mniej wody jest dostarczane do systemu, co może grozić złą filtracją, wymianą wody. Brak wymiany i prawidłowej filtracji wody może doprowadzić do masowego śnięcia, czyli śmierci w przypadku, kiedy przepływ wody będzie zbyt mały w stosunku do masy żywego inwentarza w stawach hodowlanych.



Rys 1. Zestawienie poboru wody w obu systemach w ciągu 12 miesięcy

Fig. 1. Summary of the water consumption in both systems within 12 months

Źródło: Opracowanie własne



Rys 2. Zestawienie zrzutu wody w obu systemach w ciągu 12 miesięcy

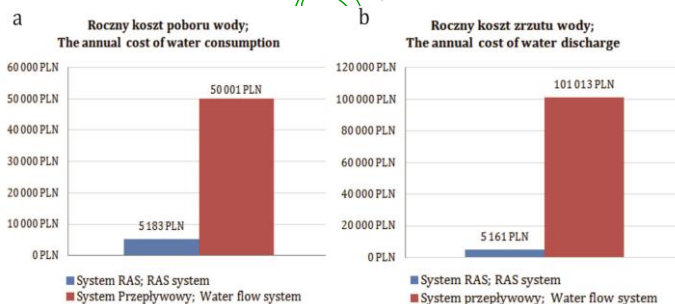
Fig. 2. Summary of the water discharge in both systems within 12 months

Źródło: Opracowanie własne

Dane wykorzystane do zestawienia zrzutu wody pochodzące z okresu 1 styczeń - 31 grudzień 2015 roku wskazują, podobnie jak w przypadku poboru wody, że system zamknięty RAS generuje o wiele mniej ścieków w skali roku niż zwykły system przepływowy. Daje to znaczną przewagę tego systemu w aspekcie ekologicznym jak i finansowym, co przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Dodatkowo, ścieki zrzucane z systemu zamkniętego, przed opuszczeniem hodowli, są oczyszczane ze związków chemicznych, a w przypadku drugiego systemu, woda bezpośrednio trafia do środowiska. Średni roczny zrzut wody w hodowli w systemie zamkniętym wynosi 61 m<sup>3</sup> na dobę, a w systemie przepływowym 1 202 m<sup>3</sup>.

Zatem system RAS generuje zaledwie 5% ścieków systemu otwartego.

W obu systemach ryby mają bardzo dobre warunki, w których żyją. Są one karmione specjalnie dobranymi i wyprodukowanymi paszami, bogatymi w witaminy i wszystkimi składnikami potrzebnymi do szybkiego i prawidłowego rozwoju. Zarówno system przepływowy jak i zamknięty cechują się brakiem konieczności stosowania antybiotyków oraz hormonów, ponieważ wpłynęłoby to niekorzystnie na szereg filtrów biologicznych. Zatem mamy pewność, że ryby pochodzące z systemów RAS jak i systemów przepływowych wyposażonych w filtry biologiczne nie są sztucznie hodowane oraz nie zawierają żadnych szkodliwych i podejrzliwych substancji mogących mieć wpływ na konsumenta.



Rys. 3. Roczny koszt: a - poboru wody w obu systemach; b - zrzutu wody w obu systemach

Fig. 3. The annual cost: a - of water consumption in both systems; b - of water discharge in both systems

Źródło: Opracowanie własne

„Ceny poboru oraz zrzutu wody, są odgórnie ustalone przez Izbę Gospodarczą "Wodociągi Polskie". W celu przybliżenia kosztów obu systemów, przyjęto, że koszt poboru 1 m<sup>3</sup> zimnej wody wynosi 3 PLN/netto, a koszt zrzutu 1 m<sup>3</sup> ścieków wynosi 7 PLN/netto ([www.igwp.org.pl](http://www.igwp.org.pl)). Na rysunku 3 oraz rysunku 4 można zaobserwować, że koszty z poboru oraz zrzutu wody, ponoszone przez przedsiębiorstwo, w którym jest zastosowany system zamknięty RAS, są bardzo małe. W skali roku, koszt poboru zimnej wody w systemie RAS wynosi zaledwie 10,37% kosztu poboru zimnej wody z systemu przepływowego, czyli 5183 PLN/netto. Jest to duża oszczędność, aczkolwiek ideą systemu zamkniętego jest ograniczenie zrzutu wody i ścieków. W tym przypadku opłata za ścieki w systemie RAS wynosi zaledwie 5,11% opłat za ścieki systemu przepływowego. Każdy przedsiębiorca widząc tę oszczędność z pewnością zaciekawi się tym innowacyjnym systemem. Zaoszczędzone pieniądze można w tym przypadku przeznaczyć na inne cele, na przykład na inwestycję w żywy inwentarz lub własne środki transportu. Reasumując, oprócz oszczędności wody, system zamknięty niesie ze sobą oszczędność finansową.

Badania pierwotne zostały przeprowadzone na próbie dwóch przedsiębiorstw. Kluczowym ograniczeniem w tych badaniach było uzyskanie odpowiedzi, które zawierały oficjalne stanowisko władz poszczególnych firm. W celu uzyskania bardziej szczegółowych informacji, należałoby przeprowadzić ankiety wśród kadry kierowniczej średniego szczebla oraz zrealizować wywiady bezpośrednie.



## Podsumowanie

Innowacyjnym rozwiązaniem w chowie i hodowli ryb jest zastosowanie szeregu filtrów, których zadaniem jest oczyszczanie wody. Zarówno w systemie przepływowym jak i zamkniętym RAS zostały zastosowane mikrosita oraz filtry biologiczne. W systemie przepływowym - otwartym, oczyszczona woda trafia z powrotem do źródła, czyli do rzeki. W przypadku RAS, woda po oczyszczeniu kierowana jest do zbiorników hodowlanych. Średni pobór wody systemu przepływowego w skali roku wyniósł 1389 m<sup>3</sup>, natomiast systemu zamkniętego jedynie 144 m<sup>3</sup>. Różnicę widać nie tylko w ilości pobieranej wody, ale również w zrzucie, który wynosi średnio 1203 m<sup>3</sup> dla systemu otwartego i 61 m<sup>3</sup> dla drugiego badanego systemu. Na podstawie tych danych można stwierdzić, że system, w którym zastosowano cyrkulację oczyszczoną woda trafia z powrotem do rzeki, a co za tym idzie system RAS w mniejszym stopniu negatywnie wpływa na środowisko i jest bardziej ekologiczny.

Drugim ważnym argumentem dla przedsiębiorców podejmujących się hodowli w takich systemach są koszty poniesione za pobór i zrzut wody. Średni miesięczny koszt poboru i zrzutu wody, jaki ponosi dane gospodarstwo rybne wynosi odpowiednio: pobór - 4 167 PLN (netto) i zrzut - 8 418 PLN (netto). Natomiast koszty dla przedsiębiorstwa stosującego system RAS przedstawiają się następująco: pobór - 432 PLN (netto) i zrzut - 430 PLN (netto). Na podstawie powyższych danych można stwierdzić, że system zamknięty jest bardziej ekonomiczny i opłacalny od systemu otwartego pod względem kosztów związanych z poborem i zrzutem wody. Osoby planujące inwestycję, w któryś z systemów, powinny również wziąć pod uwagę koszty całej inwestycji i technologii zastosowanych w obu obiektach badawczych.

## Bibliografia

- Colt, J., Rijn van, J. 2006. Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 364-376.
- Czarkowski, T., Stabiński, R. 2015. *Charakterystyka, preferencje i opinie konsumentów ryb bezpośrednio korzystających z oferty gospodarstw rybackich*, Komunikaty Rybackie, 1.
- Dam, A.A., Valenti, W.C., Zhang, W., Austin, B., Benzie, J. A. H., Costa-Pierce, B.A., Farrell, A.P., Gatlin, D.M., Hulata, G., Little, D.C., Viana, M.T. 2015. *Introduction Aquaculture Reports*, *Aquaculture Reports*, 1, A1-A2.
- Kowalski, R. 2011. *Wpływ produkcji pstrąga na środowisko naturalne*. Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie, <http://www.terazpstrag.pl/o-pstragu/wplyw-produkcji-pstraga-na-srodowisko-naturalne/> -dostęp 05.2016.
- Nazar, A.K.A., Jayakumar R., Tamilmani, G. 2013. *Recirculating aquaculture systems*, [http://www.eprints.comfri.org.in/9712/1/AKA\\_Nazar.pdf](http://www.eprints.comfri.org.in/9712/1/AKA_Nazar.pdf) -dostęp 05.2016.
- Popma, T., Masser, M. 1999. *Tilapia Life History and Biology*, SRAC Publication. 283, 3.
- Wojnowski, J. 2005. (praca zbiorowa, red. Wojnowski, J.) *Wielka Encyklopedia PWN*. Wydawnictwo PWN, Warszawa, ISBN 830114419X.
- Wspólna Polityka Rybołówstwa*, 2009. Urząd Oficjalnych Publikacji Wspólnot Europejskich, Luksemburg, 28-29.
- Żelazński T., 2010. Badania procesu ekstruzji mieszanek z udziałem gryki i kukurydzy. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 546, 375-381. [www.asc-aqua.org](http://www.asc-aqua.org) dostęp 05.2016. [www.igwp.org.pl](http://www.igwp.org.pl) dostęp 05.2016.

**Piotr Borowski**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Wydział Inżynierii Produkcji  
Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji  
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa  
e-mail: [piotr\\_borowski@sggw.pl](mailto:piotr_borowski@sggw.pl)