

WPŁYW CHOWU KARPIA NA STAN FIZYKOCHEMICZNY WODY STAWU I ODBIORNIKA

Włodzimierz Kanownik¹, Magdalena Wiśnios¹

¹ Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24–28, 30-059 Kraków, e-mail: rumkanown@cyf-kr.edu.pl

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki badań fizykochemicznych wody zasilającej oraz stawów karpowych w gospodarstwie rybackim Mydlniki w województwie małopolskim. W punktach pomiarowo-kontrolnych usytuowanych na rzece Rudawie przed i poniżej gospodarstwa oraz w czterech stawach hodowlanych oznaczono w wodzie: temperaturę, zawartość tlenu rozpuszczonego, stopień nasycenia tlenem, przewodność elektrolityczną właściwą i pH, oraz stężenie zawiesiny ogólnej, substancji rozpuszczonych, składników mineralnych – SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe i Mn , a także związków biogennych (PO_4^{3-} , N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^-). Na podstawie badań stwierdzono, że woda rzeki Rudawy zasilająca stawy nie spełnia wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe stanowiące naturalne środowisko życia ryb karpowatych. Jej stan fizykochemiczny jest poniżej dobrego ze względu na wysokie stężenie fosforanów. Statystyczna analiza 19 badanych cech wody wykazała pozytywny wpływ chowu karpia na jakość wody w stawach hodowlanych. Stężenie związków biogennych (fosforanów, azotu azotynowego i azotanowego), substancji rozpuszczonych, wapnia oraz przewodność elektrolityczna właściwa wody w stawach zmniejszyły się średnio o 30 do 87% w porównaniu do cieku zasilającego.

Słowa kluczowe: jakość wody, stawy rybne, chów karpia.

INFLUENCE OF CARP BREEDING ON PHYSICOCHEMICAL STATE OF WATER IN FISH POND AND RECEIVER

ABSTRACT

The paper presents the results of tests on quality features of feeding water and fish ponds of Mydlniki fish farm in the małopolskie province. The measurement and control points are situated in the river Rudawa before and below the farm and in four breeding ponds were measured in water: temperature, concentrations of dissolved oxygen, electrolytic conductivity, pH, total suspended solids, dissolved solids and concentrations of minerals: SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe i Mn , and also biogenic compounds (PO_4^{3-} , N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^-). It was found that water from the Rudawa river feeding the ponds did not meet the requirements for inland waters which are the natural environment for the cyprinids. The physicochemical state is below the well due to the high concentration of phosphate. Statistical analysis of 19 tested features revealed a positive effect of the fish ponds on water quality. Concentrations of biogenic compounds (phosphate, nitrite and nitrate nitrogen), dissolved solids, calcium and water conductivity in the fish ponds decreased on average by between 30 and 87% in comparison with the feeding watercourse.

Keywords: quality water, fish ponds, carp breeding.

WSTĘP

Polska jest największym producentem karpia w Europie. W roku 2009 produkcja karpia handlowego wyniosła 15,6 tysięcy ton [Lirski, Wałowski 2010] przy powierzchni stawów 50 tys. ha i poborze wody 1065 hm³ [GUS 2010].

Produkcja karpia to podstawowa funkcja stawów rybnych, jednak w ostatnich latach coraz większą wagę przykłada się do ich roli w retencjonowaniu wody oraz zachowaniu bioróżnorodności krajobrazu [Walczuk, Romanowski 2013]. Stawy pełnią ważną rolę w kształtowaniu i ochronie środowiska przyrodniczego. Są trwałym elementem

zwiększającym atrakcyjność krajobrazu rolniczego poprzez jego urozmaicenie, stanowią ostoje dla wielu rzadkich gatunków ptaków wodno-błotnych [Szyra 2012], są siedliskami roślinności wodnej, występujące w dużych kompleksach łagodzą mikroklimat lokalny [Madeyski 2001]. Stawy karpiove wpływają na reżim hydrologiczny zlewni, gromadzą wodę w okresie wiosennych roztopów i utrzymują zasoby wody w środowisku przez długi okres, w skali kraju ich zdolność retencyjna wynosi około 312 300 dam³ [GUS 2010]. Stawy rybne ze względu na swoją specyfikę zlokalizowane są przede wszystkim w dolinach rzek, czyli na obszarach bardzo atrakcyjnych przyrodniczo a zarazem wrażliwych na zanieczyszczenia [Małecki, Małeczka 2013]. Każda działalność ludzka w tym wykorzystująca naturalne ekosystemy wodne poprzez coraz intensywniejszą produkcję ryb stwarza ryzyko zmian jakości wody.

Chów ryb wymaga dobrej jakości wody doprowadzanej do stawów, bogatej w związku biogenne i o odpowiedniej zawartości tlenu [Bhatnagar, Devi 2013], które zapewniają dobry rozwój i maksymalizację przeżywalności. Wymaga również optymalnej dawki pasz i zabiegów pielęgnacyjnych (nawożenia, dezynfekowania), które mogą wpłynąć na jakość wód odprowadzanych [Teodorowicz 2013, Wezel i in. 2013]. Tylko niewielka ilość zawartych w paszach składników pokarmowych zostaje wbudowana w biomasę karmionych ryb, większość zostaje odprowadzona wraz z wodami poprodukcyjnymi do cieków [Barszczewski i in. 2010]. W przypadku półintensywnej produkcji karpia nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w jakości wody pomiędzy stawami z różnymi paszami uzupełniającymi [Dulic i in. 2010]. Biorąc pod uwagę, że rybactwo śródlądowe zużywa ok 1% pasz treściwych i 0,1% nawozów mineralnych zużywanych w rolnictwie, problem zanieczyszczenia i ich oddziaływania na jakość wód powierzchniowych ma charakter lokalny [Raszyńska, Machula 2006]. Procesy biologiczne i fizykochemiczne zachodzące przy współdziałaniu czynników hydrologicznych, roślinności wodnej i organizmów zwierzęcych sprzyjają naturalnemu oczyszczaniu wód. [Strutyński, Gałka 2002, Kanownik, Rajda 2011]. Stawy o niskointensywnym chowie ryb zatrzymują składniki chemiczne, głównie związki biogenne wnoszone wraz z wodą zasilającą i opadową [Knösche i in. 2000, Kanownik 2010].

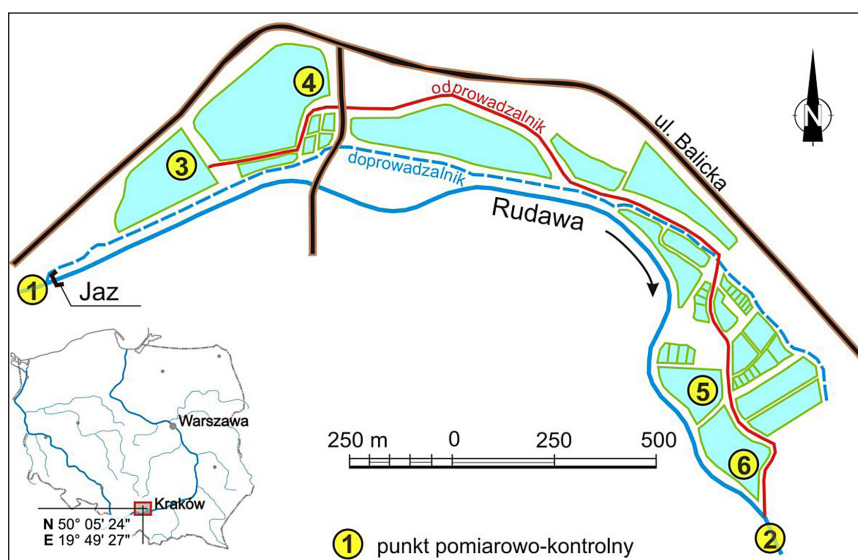
Celem pracy jest ocena wpływu chowu karpia na stan fizykochemicznych wody stawów ho-

dowlanych oraz diagnoza oddziaływania gospodarstwa stawowego na jakość wód w odbiorniku (rzece Rudawie).

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Badania hydrochemiczne przeprowadzono w roku 2009 na terenie Rybackiej Stacji Doświadczalnej, Katedry Ichtiobiologii i Rybactwa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Stawy hodowlane o powierzchni 31,80 ha wykorzystywane są do niskointensywnego chowu ryb głównie karpia w cyklu trzyletnim. Usytuowane w Mydlnikach w północno-zachodniej części Krakowa (50°05'24"N, 19°49'27"E) stawy zasilane są wodą rzeki Rudawy, lewobrzeżnego dopływu Wisły, do której uchodzi w 75,4 km biegu. Ujęcie wody dla gospodarstwa stawowego mieści się w km 8+900 rzeki w Szczyglicach. Zlewnia rzeki o powierzchni 294,09 km² (do ujęcia) zajmuje południową część Wyżyny Śląsko-Krakowskiej, a Rudawa płynie dnem Rowu Krzeszowickiego. Wyżynno-pagórkowate ukształtowanie terenu sprzyja gwałtownym wezbraniom po obfitych deszczach. W wodzie unoszona jest wówczas duża ilość zawieszin, nawozów i środków ochrony roślin pochodzących z użytków rolnych położonych w zlewni. Średni roczny przepływ wody w Rudawie w wieloleciu 1976–1995 wynosił 2,02 m³·s⁻¹, a średni przepływ minimalny to 1,15 m³·s⁻¹. Maksymalny pobór wody do gospodarstwa stawowego wynosi 0,18 m³·s⁻¹ [Operat wodnoprawny 1997].

Próbki wody pobierano raz w miesiącu od kwietnia do października w losowo wybranym terminie. Wodę badano w sześciu punktach pomiarowo-kontrolnych, dwa zostały usytuowane na rzece Rudawie, a cztery w stawach. Punkt pierwszy został zlokalizowany na rzece w km 8+900, powyżej stawów w miejscu poboru wód do gospodarstwa przy jazie w Szczyglicach, punkt drugi w km 6+700 rzeki poniżej zrzutu wód z gospodarstwa. Pozostałe miejsca poboru wody wyznaczono w stawach w pobliżu młochów spustowych, punkt trzeci w stawie kroczkowym Podkamycze 2 o powierzchni 4,20 ha; punkt czwarty, piąty i szósty w stawach towarowych odpowiednio w stawie Podkamycze 8 o powierzchni 6,00 ha, Klinika o powierzchni 1,05 ha i Bocian o powierzchni 1,95 ha (rys. 1). Średnia głębokość stawów wynosi 1,60 m. Próbki wody pobierano za pomocą batymetru z warstwy naddennej (20 cm nad dnem stawu), w godzinach przedpołudniowych.



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowo-kontrolnych
Fig. 1. Location of measurement-control points

W pobranych próbkach wody oznaczono 19 wskaźników fizykochemicznych, w tym po 2 charakteryzujące stan fizyczny, warunki tlenowe i metale, 8 charakteryzujące zasolenie wody, 4 charakteryzujące warunki biogenne i 1 wskaźnik zakwaszenia. Bezpośrednio w terenie, za pomocą tlenomierza CO-411 zmierzono temperaturę wody, stężenie tlenu rozpuszczonego oraz stopień nasycenia tlenem. Odczyn wody mierzono pehametrem CP-104, a przewodność elektrolityczną właściwą za pomocą konduktometru CC-101 firmy Elmetron. W laboratorium oznaczono stężenie zawiesiny ogólnej metodą suszarkowo-wagową, substancji rozpuszczonych przez odparowanie, azotu amonowego (N-NH_4^+), azotu azotynowego (N-NO_2^-), azotu azotynowego (N-NO_3^-), fosforanów (PO_4^{3-}) i chlorków (Cl^-) – metodą przepływowej analizy kolorymetrycznej w aparacie FIAstar 5000, wapnia (Ca^{2+}), magnezu (Mg^{2+}), sodu (Na^+), potasu (K^+), żelaza (Fe) i manganu (Mn) – metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej w aparacie SOLAAR 969 firmy Unicam. Stężenie siarczanów (SO_4^{2-}) określono wagowo przez strącanie za pomocą chlorku baru.

Jakość wody w Rudawie zasilającej gospodarstwo stawowe i poniżej zrzutu wód poprodukcyjnych ze stawów określono zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 roku [Rozporządzenie MŚ 2014]. Aby wykazać wpływ chowu karpia na zmiany wartości wskaźników fizykochemicznych wody w punktach pomiarowo-kontrolnych wyniki badań podano analizie statystycznej. Ze względu na brak normalności rozkładu (test Shapiro-Wilka) większości wskaźników do określenia różnic po-

między punktami pomiarowo-kontrolnymi wybrano testy nieparametryczne. Istotność różnic wartości wskaźników wody Rudawy powyżej i poniżej gospodarstwa określona za pomocą testu U Manna-Whitneya. Analizę istotności różnic pomiędzy punktami pomiarowo-kontrolnymi (wodą w Rudawie i w stawach) przeprowadzono testem Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI BADAŃ

Woda rzeki Rudawy zasilająca gospodarstwo nie odpowiada wymogom stawianym wodom śródlądowym, stanowiącym naturalne środowisko życia ryb karpiowatych. Parametrami niespełniającymi norm było stężenie azotynów oraz fosforanów. Stężenie azotynów w we wszystkich próbkach wody przekraczało wartość dopuszczalną wynoszącą $0,03 \text{ mg NO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ [Rozporządzenie MŚ 2002]. Maksymalna wartość stężenia ($0,53 \text{ mg NO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$) ponad 17-krotnie przewyższała wartość dopuszczalną. Stężenie fosforanów wahało się od $0,24$ do $1,99 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i również przekraczało wartość dopuszczalną ($0,4 \text{ mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$). Ocena jakości wody rzeki Rudawy wykonana zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska [Rozporządzenie MŚ 2014] wykazała, że powyżej jak i poniżej gospodarstwa woda posiada tę samą klasę jakości (tab. 1). Wody rzeki nie spełniały wymogów II klasy ze względu na przekroczenie wartości granicznej ($0,31 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) przez stężenia fosforanów wynoszące średnio $0,79 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ powyżej gospodarstwa (punkt 1) i $0,53$

mg·dm⁻³ poniżej gospodarstwa (punkt 2). Stwierdzono również podwyższone stężenie azotu azotanowego, którego wartość średnia w obu punktach była podobna, wynosiła 3,5 mg·dm⁻³ powyżej i 3,6 mg·dm⁻³ poniżej gospodarstwa. Wartości te były wyższe od granicznej dla I klasy, ale niższe od 5,0 mg·dm⁻³, co pozwoliło zakwalifikować wodę do II klasy. Pozostałe badane wskaźniki fizykochemiczne spełniały wymogi dla I klasy jakości, czyli stanu bardzo dobrego (tab. 1).

Temperatura wody rzeki Rudawy w okresie badań mieściła się w zakresie 7,2–20,5 °C i była niższa od temperatury wody w stawach wynoszącej od 8,9 do 28 °C (tab. 2). Stawy karpiove to

płytkie zbiorniki o głębokości do 2,5 m, dlatego gromadzona w nich woda szybko się nagrzewa stwarzając odpowiednie warunki do pobierania pokarmu przez karpia. Temperatura wody w badanych stawach miała optymalne wartości (14–28 °C) dla tempa wzrostu karpia. Tylko w październiku, w czasie opróżniania stawów Podkamycze 2 i Podkamycze 8, temperatura wody spadła poniżej 14 °C. Odczyn wody w stawach i w rzece podczas całego okresu hodowlanego był lekko lub umiarkowanie zasadowy, a wartości średnie oscylowały przy pH 8.

Średni stopień nasycenia tlenem wody w stawie Podkamycze 2 był wyższy o kilkanaście pro-

Tabela 1. Zakres i średnie wartości wskaźników fizykochemicznych oraz klasa jakości wody rzeki Rudawa powyżej (punkt 1) i poniżej (punkt 2) stawów

Table 1. Range and average values of physicochemical indices and water quality class in the Rudawa river before (point 1) and after (point 2) ponds

Wskaźnik	Zakres		Średnia		Wartość graniczna wskaźnika dla klasy [Rozporządzenie MS 2014]	
	Punkt pomiarowo-kontrolny				I	II
	1	2	1	2		
Wskaźniki charakteryzujące stan fizyczny						
Temperatura [°C]	7,2 – 18,8	7,7 – 20,5	13,5	14,7	≤ 22	≤ 24
Zawiesina ogólna [mg·dm ⁻³]	1 – 32	3 – 31	9,1	10,9	≤ 25	≤ 50
Wskaźniki charakteryzujące warunki tlenowe						
Tlen rozpuszczony [mgO ₂ ·dm ⁻³]	6,6 – 10,5	7,2 – 9,5	8,7	8,4	≥ 7	≥ 5
Stopień nasycenia tlenem [%]	70 – 103	79 – 93	86	84	–	
Wskaźniki charakteryzujące zasolenie						
Przewodność elektrolityczna właściwa [μS·cm ⁻¹]	492 – 737	553 – 726	665	656	≤ 1000	≤ 1500
Substancje rozpuszczone [mg·dm ⁻³]	292 – 398	286 – 418	367	365	≤ 500	≤ 800
SO ₄ ²⁻ [mg·dm ⁻³]	28 – 55	33 – 54	42	42	≤ 150	≤ 250
Cl ⁻ [mg·dm ⁻³]	15 – 33	20 – 29	22,1	25,8	≤ 200	≤ 300
Ca ²⁺ [mg·dm ⁻³]	61 – 97	72 – 94	85	83	≤ 100	≤ 200
Mg ²⁺ [mg·dm ⁻³]	7 – 12	9 – 14	9,6	10,4	≤ 50	≤ 100
Na ⁺ [mg·dm ⁻³]	8 – 12	10 – 12	10,6	11,1	–	
K ⁺ [mg·dm ⁻³]	4 – 13	4 – 9	5,6	5,8	–	
Wskaźnik charakteryzujący zakwaszenie						
Odczyn (pH)	7,4 – 8,3	7,8 – 8,4	8,0	8,0	6 – 8,5	6 – 9
Wskaźniki charakteryzujące warunki biogenne						
PO ₄ ³⁻ [mg·dm ⁻³]	0,24 – 1,99	0,23 – 0,85	0,79	0,53	≤ 0,2	≤ 0,31
N-NH ₄ ⁺ [mg·dm ⁻³]	0,00 – 0,30	0,00 – 0,32	0,11	0,11	≤ 0,78	≤ 1,56
N-NO ₂ ⁻ [mg·dm ⁻³]	0,01 – 0,16	0,02 – 0,12	0,09	0,07	–	
N-NO ₃ ⁻ [mg·dm ⁻³]	1,1 – 4,7	2,9 – 4,3	3,5	3,6	≤ 2,2	≤ 5
Metale						
Fe [mg·dm ⁻³]	0,03 – 1,23	0,06 – 0,55	0,31	0,27	–	
Mn [mg·dm ⁻³]	0,01 – 0,11	0,01 – 0,16	0,04	0,06	–	

I klasa jakości – stan bardzo dobry
 II klasa jakości – stan dobry
 nie spełnia wymogów II klasy jakości – stan poniżej dobrego

cent niż w Rudawie, w stawie Klinika oraz Bocian o kilka procent wyższy, a w stawie Podkamycze 8 był podobny jak w rzece. Badania Woźniewskiego [1992] dotyczące wpływu nasycenia wody tlenem na aktywność życiową ryb karpowatych wykazały optimum tlenowe na poziomie 96–168%. Najlepsze warunki tlenowe występowały w stawie Podkamycze 2 (stopień nasycenia wynosił 77–127%, zawartość tlenu rozpuszczonego 7,2–11,6 mg·dm⁻³). Najgorsze warunki tlenowe panowały w stawie Podkamycze 8 (stopień nasycenia wynosił 67–108%, zawartość tlenu rozpuszczonego 5,7–10,1 mg·dm⁻³) pomimo, że stawy te sąsiadują ze sobą. Jednak przez cały okres badań warunki tlenowe w stawach były właściwe dla kondycji i rozwoju karpia.

Przewodność elektrolityczna właściwa oraz stężenie substancji rozpuszczonych decydujących

o zasoleniu wody było wyższe w wodzie rzeki niż w stawach. W sezonie hodowlanym średnia przewodności elektrolityczna właściwa wody w rzece wynosiła 665 i 656 μS·cm⁻¹, natomiast w stawach od 446 do 486 μS·cm⁻¹. Średnie stężenie substancji rozpuszczonych w obu punktach na rzece było podobne (367 i 365 mg·dm⁻³), w stawach było zróżnicowane od 236 (Klinika) do 272 mg·dm⁻³ (Podkamycze 8). Pozostałe wskaźniki charakteryzujące zasolenie były na niskim poziomie w wodzie Rudawy oraz stawów (tab. 1 i 2). Analiza stężeń substancji biogenych wykazała znacznie niższe stężenia fosforanów, azotu azotynowego i azotanowego w stawach karpowych niż w rzece. Średnie stężenie fosforanów w stawach wynosiło od 0,11 do 0,26 mg·dm⁻³ i było znacznie niższe niż w rzece (0,53 – 0,79 mg·dm⁻³). Stężenie azotu azotynowego było kilkukrotnie niższe w stawach

Tabela 2. Zakres i średnie wartości wskaźników fizykochemicznych wody w stawach rybny w Mydlnikach
Table 2. Range and average values of physicochemical indices of water in fish ponds in Mydlniki

Wskaźnik	Punkt pomiarowo-kontrolny							
	3		4		5		6	
	Staw							
	Podkamycze 2		Podkamycze 8		Klinika		Bocian	
	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia
Wskaźniki charakteryzujące stan fizyczny								
Temperatura [°C]	9,7 – 27,2	20,2	8,9 – 26,6	20,2	17,3 – 27,1	22,8	17,1 – 28	21,9
ZO [mg·dm ⁻³]	1 – 130	26,6	3 – 56	20,4	4 – 58	25,7	2 – 39	14,3
Wskaźniki charakteryzujące warunki tlenowe								
TR [mgO ₂ ·dm ⁻³]	7,2 – 11,6	8,9	5,7 – 10,1	7,5	5,2 – 11,4	8,3	6,3 – 11,7	7,9
SNT [%]	77 – 127	102	67 – 108	84	69 – 121	98	69 – 125	93
Wskaźniki charakteryzujące zasolenie								
PEW [μS·cm ⁻¹]	370 – 565	465	407 – 567	486	392 – 512	446	418 – 560	463
SR [mg·dm ⁻³]	206 – 324	261	202 – 400	272	180 – 286	236	208 – 336	260
SO ₄ ²⁻ [mg·dm ⁻³]	27 – 58	42	28 – 54	45	28 – 56	41	30 – 56	46
Cl ⁻ [mg·dm ⁻³]	18 – 33	27,3	17 – 31	25,8	19 – 28	25	17 – 30	24,8
Ca ²⁺ [mg·dm ⁻³]	39 – 71	52	41 – 72	53	38 – 63	48	39 – 71	53
Mg ²⁺ [mg·dm ⁻³]	8 – 10	9	7 – 11	9,2	7 – 11	9,3	7 – 12	9,4
Na ⁺ [mg·dm ⁻³]	10 – 13	11,4	11 – 15	12,6	10 – 14	11,7	10 – 13	11,4
K ⁺ [mg·dm ⁻³]	3 – 6	5	3 – 7	4,9	3 – 5	3,8	3 – 6	4,8
Wskaźnik charakteryzujący zakwaszenie								
Odczyn (pH)	7,9 – 8,9	8,3	7,8 – 8,8	7,9	7,5 – 8,7	7,9	7,6 – 9	8,1
Wskaźniki charakteryzujące warunki biogenne								
PO ₄ ³⁻ [mg·dm ⁻³]	0,02 – 0,24	0,11	0,02 – 0,38	0,17	0,05 – 0,58	0,20	0,05 – 0,61	0,26
N-NH ₄ ⁺ [mg·dm ⁻³]	0,00 – 0,22	0,06	0,00 – 0,68	0,13	0,00 – 0,10	0,03	0,00 – 0,22	0,09
N-NO ₂ ⁻ [mg·dm ⁻³]	0,00 – 0,03	0,01	0,00 – 0,04	0,01	0,00 – 0,06	0,01	0,00 – 0,05	0,02
N-NO ₃ ⁻ [mg·dm ⁻³]	0,0 – 0,9	0,3	0,0 – 2,3	0,4	0,0 – 1,8	0,4	0,0 – 2,0	0,5
Metale								
Fe [mg·dm ⁻³]	0,05 – 0,66	0,31	0,02 – 1,07	0,51	0,01 – 0,83	0,5	0,02 – 0,46	0,24
Mn [mg·dm ⁻³]	0,01 – 0,25	0,08	0,00 – 0,20	0,09	0,00 – 0,16	0,08	0,00 – 0,09	0,03

ZO – zawiesina ogólna, TR – tlen rozpuszczony, SNT – stopień nasycenia tlenem, PEW – przewodność elektrolityczna właściwa, SR – substancje rozpuszczone.

(wynosiło średnio 0,02 mg·dm⁻³ w stawie Bocian oraz 0,01 mg·dm⁻³ w pozostałych stawach) niż w rzece (0,09 mg·dm⁻³ i 0,07 mg·dm⁻³ odpowiednio powyżej i poniżej gospodarstwa). Podobnie było w przypadku stężenia azotu azotanowego, w stawach wynosiło ono średnio od 0,3 do 0,5 mg·dm⁻³ a w Rudawie od 3,5 do 3,6 mg·dm⁻³. Średnie stężenie azotu amonowego w obu punktach na rzece wynosiło 0,11 mg·dm⁻³ i było niższe niż w stawie Podkamycze 8 (0,13 mg·dm⁻³) a wyższe od pozostałych stawów. W przypadku stężenia żelaza i manganu tylko w wodzie stawu Bocian odnotowano niższe wartości niż w Rudawie (tab. 1 i 2). Analiza wartości median wskaźników fizykochemicznych w wodzie Rudawy wykazała, że w punkcie pomiarowo-kontrolnym poniżej go-

spodarstwa woda ma wyższą temperaturę, zawiera więcej zawiesiny ogólnej, chlorków, magnezu, sodu, potasu, żelaza i manganu, a charakteryzując się niższą zawartością tlenu rozpuszczonego, przewodnością elektrolityczną właściwą, stopniem nasycenia tlenem, pH i zawiera mniej substancji rozpuszczonych, wapnia oraz biogenów. Jednak nieparametryczny test U Manna-Withney'a wykazał, że różnice te są statystycznie nieistotne (tab. 3).

Wykonana testem Kruskala-Wallisa analiza porównawcza wskaźników fizykochemicznych dla wszystkich punktów pomiarowo-kontrolnych wykazała, że woda statystycznie istotnie różni się pomiędzy punktami ze względu na temperaturę, przewodność elektrolityczną właściwą, stężenie substancji rozpuszczonych, wapnia, fosforanów

Tabela 3. Porównanie wartości wskaźników fizykochemicznych wody pomiędzy punktami pomiarowo-kontrolnymi

Table 3. Comparison of the value physicochemical indices of water between the control points

Wskaźnik	Punkt pomiarowo-kontrolny						Prawdopodobieństwo testowe dla	
	Rudawa		Stawy				punktów 1 i 2	wszystkich punktów
	1	2	3	4	5	6		
mediana						Test U Manna-Whitney'a	Test Kruskala-Wallisa	
Grupa wskaźników charakteryzujących stan fizyczny								
Temperatura [°C]	13,4	14,9	19,3	19,6	23,7	20,9	0,49	0,02
ZO [mg·dm ⁻³]	8,5	9,0	10	15	7	9	0,42	0,47
Grupa wskaźników charakteryzujących warunki tlenowe								
TR [mg·dm ⁻³]	8,7	8,4	8,6	7,5	8,9	7,3	0,40	0,29
SNT [%]	89	83	113	78	103	91	0,37	0,29
Grupa wskaźników charakteryzujących zasolenie								
PEW [μS·cm ⁻¹]	680	661	462	486	440	449	0,23	<0,001
SR [mg·dm ⁻³]	377	369	254	276	230	261	0,82	<0,001
SO ₄ ²⁻ [mg·dm ⁻³]	42	42	40	49	39	51	1,00	0,85
Cl ⁻ [mg·dm ⁻³]	22	27	29	30	27	27	0,08	0,29
Ca ²⁺ [mg·dm ⁻³]	88	83	46	47	46	52	0,42	<0,001
Mg ²⁺ [mg·dm ⁻³]	10	10,2	9	9	9	9	0,38	0,37
Na ⁺ [mg·dm ⁻³]	10,5	11	11	12	11	11	0,38	0,15
K ⁺ [mg·dm ⁻³]	4	4,5	6	5	4	5	0,60	0,52
Wskaźnik charakteryzujący zakwaszenie								
Odczyn (pH)	8,0	7,9	8,2	7,9	8,0	8,0	0,37	0,39
Grupa wskaźników charakteryzujących warunki biogenne								
PO ₄ ³⁻ [mg·dm ⁻³]	0,71	0,52	0,12	0,11	0,13	0,14	0,33	<0,001
N-NH ₄ ⁺ [mg·dm ⁻³]	0,09	0,08	0,03	0,04	0,00	0,08	0,96	0,45
N-NO ₂ ⁻ [mg·dm ⁻³]	0,10	0,07	0,02	0,02	0,00	0,02	0,56	0,03
N-NO ₃ ⁻ [mg·dm ⁻³]	4,0	3,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,32	<0,001
Metale								
Fe [mg·dm ⁻³]	0,20	0,29	0,32	0,40	0,49	0,26	0,76	0,30
Mn [mg·dm ⁻³]	0,035	0,04	0,04	0,07	0,09	0,04	0,42	0,29

Kolor czerwony oznacza, że wartości wskaźników pomiędzy punktami różnią się statystycznie istotnie przy p < 0,05. ZO – zawiesina ogólna, TR – tlen rozpuszczony, SNT – stopień nasycenia tlenem, PEW – przewodność elektrolityczna właściwa, SR – substancje rozpuszczone.

Tabela 4. Istotność różnic wartości wskaźników fizykochemicznych pomiędzy wodą w Rudawie a wodą w stawach
Table 4. Significance of differences between physicochemical indices of water in Rudawa and fish ponds

Rudawa – ppk	Stawy – punkt pomiarowo-kontrolny															
	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6
	Temperatura				ZO				TR				SNT			
1	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑
2	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↔	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑
	PEW				SR				SO ₄ ²⁻				Cl ⁻			
1	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑
2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↔	↔
	Ca ²⁺				Mg ²⁺				Na ⁺				K ⁺			
1	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↔	↑	↔	↔	↑	↑	↔	↑
2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↓	↔
	pH				PO ₄ ³⁻				N-NH ₄ ⁺				N-NO ₂ ⁻			
1	↑	↓	↔	↔	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
2	↑	↔	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↔	↓	↓	↓	↓
	N-NO ₃ ⁻				Fe				Mn							
1	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↔	↑	↑	↔				
2	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↔	↑	↑	↔				

ZO – zawiesina ogólna, TR – tlen rozpuszczony, SNT – stopień nasycenia tlenem, PEW – przewodność elektrolityczna właściwa, SR – substancje rozpuszczone.

Statystycznie istotny wzrost (↑) lub spadek (↓) wartości wskaźnika w stawie względem rzeki Rudawy, Wzrost (↑) lub spadek (↓) wartości wskaźnika jakości wody w stawie względem rzeki Rudawy, Równe wartości median (↔).

i azotu azotynowego oraz azotanowego (tab. 3). Szczegółowa analiza statystyczna przeprowadzona testem U Manna-Whitney’a dla porównania wartości wskaźników wody rzeki Rudawy i stawów dowiodła, że istotnie wyższa jest temperatura wody w stawach, natomiast niższa jest jej przewodność elektrolityczna właściwa oraz zawartość substancji rozpuszczonych, wapnia i związków biogennych oprócz azotu amonowego (tab. 4). Zmiany składu chemicznego i właściwości wody wynikają przede wszystkim z przebiegu procesów chemicznych i biologicznych w wodzie stojącej. Przeprowadzone badania w gospodarstwie rybaczkim w Mydlnikach wykazały pozytywny wpływ chowu karpia na jakość wód powierzchniowych. Szczególnie jest to widoczne w przypadku związków biogennych oraz substancji rozpuszczonych i konduktywności charakteryzujących zasolenie wody. Badania prowadzone w gospodarstwie Wójcza w województwie świętokrzyskim wykazały, że w stawach odnotowano znacznie niższe stężenie związków biogennych i wapnia w stosunku do wód zasilających [Kanownik 2010]. Z badań prowadzonych przez Knösche i in. [2000] w Niemczech (Brandenburgia, Saksonia i Bawaria) oraz na Węgrach w 38 stawach o powierzchni od 0,22 do 122 ha wynika, że roczna akumulacja fosforu w stawie

wynosiła 5,71± 2,65 kg P·ha⁻¹, a w przypadku azotu mineralnego 78,52 ± 54,6 kg N·ha⁻¹. Kosturkiewicz i inni [1993] wykazali, że wody odpływające ze stawów zawierały mniej związków biogennych niż wody dopływające. Również badania Murat-Błażejewskiej [1995] prowadzone w zlewni Strugi Dormowskiej na Pojezierzu Wielkopolskim wykazały, że stosowanie intensywnej gospodarki rybackiej nie powoduje istotnego pogorszenia stosunkowo czystych wód odbiornika.

WNIOSKI

1. Wody Rudawy zasilające gospodarstwo stawowe w Mydlnikach, ze względu na znaczne przekroczenie dopuszczalnego stężenia azotynów oraz fosforanów nie spełniały wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące naturalnym środowiskiem życia ryb karpiojących.
2. Największym zagrożeniem dla jakości wody Rudawy jest stężenie fosforanów. W obu punktach pomiarowo-kontrolnych jego stężenie nie spełniało wymogów II klasy jakości, co spowodowało, że stan fizykochemiczny wody Rudawy był poniżej dobrego.

3. W badanych stawach panowały dobre warunki termiczne i tlenowe dla rozwoju oraz kondycji karpia. Średnia temperatura wody w stawach wynosiła od 20,2 do 22,8 °C, zawartość tlenu rozpuszczonego nie spadła poniżej 5 mg·dm⁻³, a stopień nasycenia tlenem wody był powyżej 65%, co sprzyja intensywnemu żerowaniu i szybkiemu tempu przyrostu masy ryb.
4. Wykorzystanie wody do niskointensywnego chowu karpia w stawach wpływało korzystnie na jej jakość. W stawach w stosunku do wód zasilających odnotowano statystycznie istotną redukcję stężenia azotu azotanowego średnio o 87%, azotu azotynowego o 83%, fosforanów o 77%, wapnia o 40% i substancji rozpuszczonych o 30% oraz spadek przewodności elektrolitycznej właściwej o 30%. Stwierdzono również 58-procentowy wzrost temperatury wody.
5. Gospodarowanie wodą w kompleksie stawowym w Mydlnikach ma nieznaczny wpływ na jakość wody w Rudawie. Niska zawartość fosforanów w stawach oraz obniżenie jego stężenia średnio o 0,26 mg·dm⁻³ w Rudawie poniżej gospodarstwa – nie spowodowało poprawy klasy jakości wody w rzece.

LITERATURA

1. Barszczewski J., Kaca E., Wojda R. 2010. Warunki środowiskowe i wyniki produkcyjne w ekologicznym oraz konwencjonalnym chowie karpia. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 55 (3), 14–19.
2. Bhatnagar A., Devi P. 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International Journal of Environmental Sciences*, 3 (6), 1980–2009.
3. Dulic Z., Subakov-Simic G., Ciric M., Relic R., Lakic N., Stankovic M., Markovic Z. 2010. Water quality in semi-intensive carp production system using three different feeds. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16 (3), 266–274.
4. GUS. 2010. Ochrona środowiska. www.stat.gov.pl
5. Kanownik W. 2010. Jakość wód zasilających i w toni stawów rybnych w okresie hodowlanym. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 548, 283–291.
6. Kanownik W., Rajda W. 2011. Samooczyszczanie wody potoku Pychowickiego. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 561, 81–91.
7. Knösche R., Schreckenbach K., Pfeifer M., Weisenbach H. 2000. Balances of phosphorus and nitrogen in carp ponds. *Fisheries Management and Ecology*, 7, 15–22.
8. Kosturkiewicz A., Muratowa S., Myszk A. 1993. Wpływ stawów rybnych na jakość wód. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, 244, 51–63.
9. Lirski A., Wałowski J. 2010. Stawowa produkcja karpia w 2009 roku – wyniki ostateczne. *Prz. Ryb.* 34 (2), 11–12.
10. Madeyski M. 2001. Wpływ stawów rybnych na wybrane elementy środowiska naturalnego. *Zesz. Nauk. AR Krak., Inż. Środ.* 21, 139–144.
11. Małecki Z.J., Małecka I. 2013. Funkcje stawów parkowych w Russowie k/Kalisza. *Inżynieria Ekologiczna*, 35, 106–116.
12. Murat-Błażejewska S. 1995. Eksploatacja stawów karpionych a problem jakości wody w małych ciekach odbiornikach wód poprodukcyjnych. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Konferencje*, 8, 163–173.
13. Operat wodnoprawny na piętrze i pobór wody z rzeki Rudawy w Szczyglicach km 8+900. 1997.
14. Raszyńska M., Machula S. 2006. Oddziaływanie stawów karpionych na jakość wód rzeki Krąpiel (Pomorze Zachodnie). *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 4 (2), 141–149.
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 roku w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. 2014, poz. 1482).
16. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 roku, w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych (Dz. U. 2002 Nr 176, poz. 1455).
17. Strutyński J., Gałka A. 2002. Rola stawów rybnych w doczyszczaniu wód rzeki Wieprzówki. *Zesz. Nauk. AR Krak., Inż. Środ.* 23, 127–135.
18. Szyra D. 2012. Awifauna wodno-błotna stawów Wielokąt – stan aktualny oraz zmiany liczebności. *Przegląd Przyrodniczy*, 23 (2), 42–65.
19. Teodorowicz M. 2013. Surface water quality and intensive fish culture. *Arch. Pol. Fish.* 21 (2), 65–111.
20. Walczuk T., Romanowski J. 2013. Przyrodnicze i ekonomiczne uwarunkowania gospodarki stawowej w rezerwacie ornitologicznym „Stawy Raszyńskie”. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 13 (4), 175–184.
21. Wezel A., Robin J., Guerin M., Arthaud F., Vallod D. 2013. Management effects on water quality, sediments and fish production in extensive fish ponds in the Dombes region, France. *Limnologia*, 43, 210–218.
22. Woźniewski M. 1992. Warunki tlenowe w chowie i hodowli ryb karpionatych. [W:] Wytyczne do oceny jakości wód przydatnych do chowu i hodowli ryb karpionatych. Wydawnictwo AR we Wrocławiu, 21–30.