

Marcin Sidoruk¹, Józef Koc¹, Józef Szarek², Krystyna Skibniewska³,
Janusz Guziur⁴, Janusz Zakrzewski³

WPLYW PRODUKCJI PSTRĄGA W STAWACH BETONOWYCH Z KASKADOWYM PRZEPLYWEM WODY NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE I CHEMICZNE WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Streszczenie. Gospodarka stawowa wymaga prowadzenia określonej hodowli bądź chowu ryb z jednoczesnym uwzględnieniem zarówno możliwości i opłacalność produkcji, jak i określenia wpływu tej działalności na środowisko przyrodnicze. Jakość wód odprowadzanych z gospodarstw rybackich, jak i ich obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń zależy od szeregu różnych czynników. Należy tu uwzględnić zarówno jakość wód zasilających stawy, gatunek ryb, metodę ich chowu, ilość i jakość skarmionej paszy, jak i czynniki metrologiczne i fizjograficzne. Badania dotyczące oceny wpływu chowu pstrąga na właściwości fizyczne i chemiczne wód powierzchniowych prowadzono w latach 2010-2012 roku. Do badań wytypowano gospodarstwo pstrągowe położone w województwie pomorskim, około 36 km na południowy wschód od Słupska. Próbkę wody do analiz fizycznych i chemicznych pobierano co dwa miesiące (łącznie pobrano 12 serii próbek) i oznaczono w nich: temperaturę [°C], tlen rozpuszczony [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$], nasycenie tlenem [%], przewodnictwo elektrolityczne właściwe [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$], pH, potencjał oksydoredukcyjny [mV] oraz BZT₅ i ChZT_C. Przeprowadzone badania wykazały, że wody wykorzystywane do zasilania obiektów hodowlanych spełniały wymagania jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb łososiowatych. Jedynie okresowo w przypadku BZT₅ normy te były nieznacznie przekroczone. Pogorszenie wskaźników jakości wód po przepłynięciu przez stawy nie powodowało zmiany klasy ich jakości, jedynie okresowo w przypadku wskaźnika BZT₅ stwierdzono obniżenie się jej jakości z I do III klasy.

Słowa kluczowe: chów pstrąga, właściwości fizyczne i chemiczne wód, zanieczyszczenia

WPROWADZENIE

Jakość wód śródlądowych jest uzależniona w znacznym stopniu od ich zlewni, na którą składa się rodzaj podłoża, budowa geologiczna, szata roślinna, formy działalności człowieka i gęstość zaludnienia. Główne źródła zanieczyszczeń wód wynikają z antropopresji pochodzącej z: rolnictwa, przemysłu, turystyki, opadów atmosferycznych, a także hodowli i chowu ryb. Gospodarka stawowa wymaga prowadzenia określonej hodowli lub chowu ryb z jednoczesnym

¹ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Plac Łódzki 2, 10-756 Olsztyn, e-mail: marcin.sidoruk@uwm.edu.pl,

² Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Patofizjologii, Weterynarii Sądowej i Administracji, ul. Oczapowskiego 14, 10-719 Olsztyn,

³ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, Katedra Podstaw Bezpieczeństwa, ul. Heweliusza, 10-719 Olsztyn,

⁴ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk o Środowisku, Katedra Biologii i Hodowli Ryb, ul. Oczapowskiego 14, 10-719 Olsztyn,

uwzględnieniem zarówno możliwości i opłacalność produkcji, jak i określenia wpływu tej działalności na środowisko przyrodnicze [Prądyńska 2004]. Podczas chowu ryb powstają zanieczyszczenia rozpuszczalne w wodzie, które w wysokiej koncentracji mogą stanowić poważne zagrożenie dla środowiska wodnego [Sikora i in. 2009], jednakże racjonalna gospodarka wodna dąży do utrzymania lub przywrócenia jak najwyższej jakości wody w ekosystemach naturalnych [Sidoruk 2012]. Jakość wód odprowadzanych z gospodarstw rybackich, jak i ich obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń zależy od szeregu różnych czynników. Należy tu uwzględnić zarówno jakość wód zasilających stawy, gatunek ryb, metodę ich chowu, ilość i jakość skarmionej paszy, jak i czynniki metrologiczne i fizjograficzne. Problem jakości wody jest związany zarówno z czynnikami fizycznych jak i chemicznymi, takimi jak zbyt wysoka lub niska zawartość tlenu rozpuszczonego, wysokie stężenie związków azotowych i siarkowodoru. Wzrost intensywności chowu ryb, jak i innych organizmów wodnych niesie za sobą powstawanie znacznych ilości zanieczyszczeń. Najczęściej są one odprowadzane bezpośrednio do odbiorników zlokalizowanych przy gospodarstwach. W odbiornikach naturalnych zanieczyszczenia niesione przez wody odpadowe z gospodarstw rybackich ulegają biodegradacji, naruszając w ten sposób stan równowagi biologicznej odbiornika [Sikora i in. 2009]. Dlatego tak istotna jest ochrona jakości wód mająca na celu powstrzymanie procesów ich degradacji, utrzymaniu ich wartości przyrodniczych na dotychczasowym poziomie lub poprawę ich stanu ekologicznego [Kajak 2001].

Celem pracy była ocena wpływu produkcji pstrąga w stawach betonowych na właściwości fizyczne i chemiczne wód powierzchniowych.

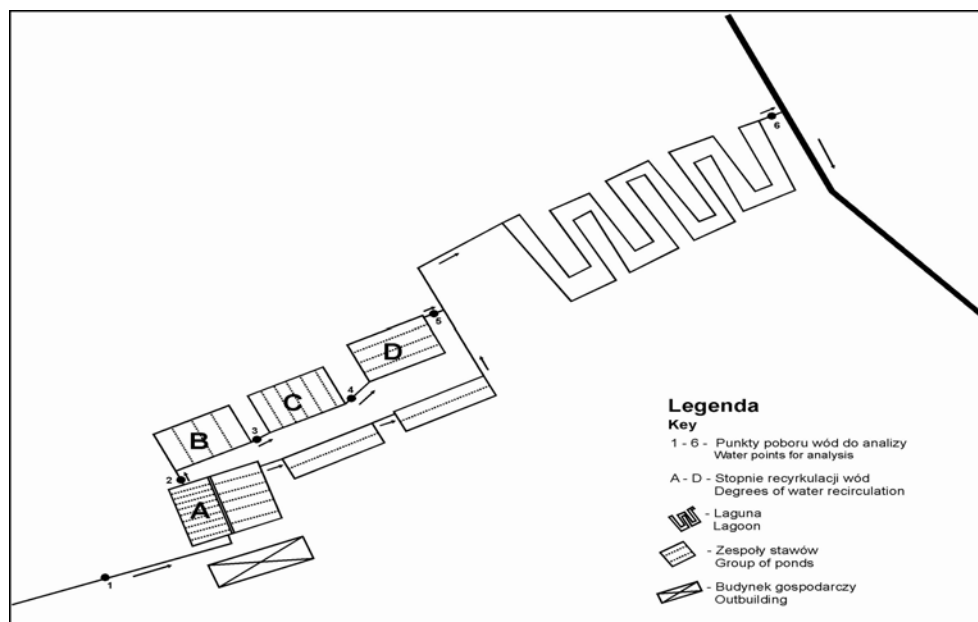
MATERIAŁ I METODY

Badania dotyczące oceny wpływu produkcji pstrąga w stawach betonowych na właściwości fizyczne i chemiczne wód powierzchniowych prowadzono w latach 2010-2012 roku. Do badań wytypowano gospodarstwo pstrągowe położone w województwie pomorskim, około 36 km na południowy wschód od Słupska. Gospodarstwo rybackie składa się z 6 zespołów betonowych stawów hodowlanych, które są zasilane grawitacyjnie wodami w systemie stałego przepływu. Stawy podzielono na cztery grupy obiektów znajdujących się na kolejnych stopniach recyrkulacji w systemie kaskadowego przepływu wody. Woda po wykorzystaniu w stawach zespołu A jest kierowana do zespołu stawów B, następnie C oraz D. Wody poprodukcyjne przed odpływem z gospodarstwa są doczyszczane z wykorzystaniem laguny, a następnie odprowadzane do rzeki. Wszystkie stawy w gospodarstwie rybackim posiadają instalacje do sztucznego napowietrzania wód stawowych przy wykorzystaniu czystego tlenu.

Do badań szczegółowych wytypowano po jednym stawie wchodzącym w skład każdego zespołu hodowlanego. W celu oceny jakości wód wyznaczono 6 punktów kontrolno-pomiarowych, tj. obejmujących dopływ do gospodarstwa, odpływy ze stawów znajdujących się na kolejnych stopniach recyrkulacji oraz odpływ z gospodarstwa (rys. 1).

Próbki wody do analiz fizycznych i chemicznych pobierano co dwa miesiące (łącznie pobrano 12 serii próbek). W wyznaczonych punktach *in situ* przy użyciu wieloparametrycznej sondy YSI 6600 oznaczono temperaturę [°C], tlen rozpuszczony [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$], nasycenie tlenem [%], przewodnictwo elektrolityczne właściwe [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$], pH oraz potencjał oksydoredukcyjny [mV]. Z tych samych miejsc pobrano próby wody do analizy laboratoryjnej. Próbki wody pobierano do pojemników o objętości 5 dm^3 wykonanych z polietylenu, utrwalono i przewieziono do laboratorium, w którym wykonano oznaczenia:

- BZT₅ – metodą respirometryczną w aparacie OXI-Top,
- ChZT_{Cr} – metodą dichromianową.



Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych
 Fig. 1. Location of measurement points

WYNIKI I DYSKUSJA

Temperatura wody w stawach jest głównym regulatorem intensywności przyrostu masy pstrągów, przyspieszając lub opóźniając ich przemianę materii. W naturalnych warunkach zasadniczym czynnikiem kształtującym ustrój termiczny wód stawów w ciągu roku są warunki meteorologiczne, a w szczególności temperatura powietrza. Właściwości termiczne wody w stawach hodowlanych zmieniają się na skutek wymiany ciepła między wodą a otoczeniem do momentu uzyskania tzw. Equilibrium temperature, czyli hipotetycznej temperatury wody, przy której brak jest wymiany ciepła między wodą a powietrzem [Wiejaczka 2011]. Zmiany temperatury wody w stawach zależą w znacznej mierze od ich głębokości, powierzchni i działalności wiatrów. Stawy są zaliczane do zbiorników polimiktycznych, a ich dobowe wahania temperatury są większe w warstwie powierzchniowej, jednak im staw jest głębszy tym wahania te są mniejsze [Kajak 2001]. Za optymalną temperaturę dla ryb łososiowatych uznaje się 14-18°C, jednakże przyjmuje się, że pstrągi wytrzymują wzrost temperatury nawet do 25°C [Goryczko 1999].

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że średnia temperatura wody dopływającej do gospodarstwa rybackiego w ciągu całego okresu badawczego wynosiła 10,44±2,73°C (tab. 1). W wyniku jej wykorzystania na cele produkcyjne, po przepłynięciu przez stawy będące na I° i II° recyrkulacji, woda uległa nieznacznemu ochłodzeniu średnio o 0,18-0,36°C, natomiast w stawach znajdujących się na II° i IV° recyrkulacji stwierdzono jej ogrzanie średnio o 0,22-0,41°C. Stwierdzono również,

że woda odpływająca z gospodarstwa po przepłynięciu przez lagunę również ulegała ogrzaniu średnio o $1,25^{\circ}\text{C}$ w stosunku do temperatury wody odpływającej z obiektu D i o $1,47^{\circ}\text{C}$ w stosunku do temperatury wody zasilającej gospodarstwo rybackie. Jej średnia wartość w ciągu całego okresu badawczego kształtowała się na poziomie $11,91 \pm 4,86^{\circ}\text{C}$, można więc uznać, że mieściła się w zakresie optymalnym dla chowu pstrąga.

Przewodność elektrolityczna właściwa określa zdolność wody do przewodzenia prądu elektrycznego i jest zależna od temperatury i ilości jonów rozpuszczonych w wodzie. Woda czysta chemicznie, o małym stopniu dysocjacji, jest złym przewodnikiem elektryczności, a wraz ze zwiększaniem ilości jonów w wodzie, wzrasta jej przewodność elektrolityczna. Zdecydowanie większe zdolności do przewodzenia prądu posiadają wody zawierające jony powstałe w wyniku dysocjacji związków nieorganicznych. Natomiast związki organiczne zawarte w wodzie nie ulegają dysocjacji, lub ulegają jej w niewielkim stopniu. W związku z tym miara wielkości przewodności elektrolitycznej wody odpowiada zawartości w niej zanieczyszczeń mineralnych i jej wartość jest tym większa im większe jest stężenie tych zanieczyszczeń [Macioszczyk, Dobrzyński 2002; Sidoruk i in. 2012].

Analiza przewodności elektrolitycznej wód zasilających stawy produkcyjne wykazała, że na jej podstawie można sklasyfikować wody do I klasy jakości, a jej średnia wartość w dopływie do gospodarstwa kształtowała się na poziomie $373,7 \pm 25,9 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ przy współczynniku zmienności $V = 7\%$. Po wykorzystaniu wody na cele hodowlane nie stwierdzono wpływu prowadzonej działalności na wartość przewodności elektrolitycznej. Po przepłynięciu jej przez stawy znajdujące się na trzech pierwszych poziomach recyrkulacji obserwowano nieznaczne zmniejszenie się przewodnictwa średnio o około 1-4%, natomiast w odpływie z obiektu D była ona nieznacznie wyższa i kształtowała się na poziomie $378,2 \pm 29,4 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (tab. 1). Po przepłynięciu wody przez lagunę stwierdzono ponowne zmniejszenie się przewodności elektrolitycznej średnio o $1,4 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Odczyn (pH) jest jednym z najważniejszych parametrów, decydującym o przydatności wody do celów chowu pstrąga. Przyjmuje się, że woda przeznaczona do chowu pstrągów powinna posiadać wartość pH w zakresie 6,5-8,2, a optymalnie 7,5. Szczególnie wrażliwe na zmiany odczynu wody są jaja ryb [Kajak 2001]. pH poniżej 6,5 i powyżej 9,0 powoduje zahamowanie wzrostu ryb, a poniżej 4,0 i powyżej 11,0 powoduje szybką ich śmierć. Odczyn alkaliczny wywiera także istotny wpływ na toksyczne właściwości amoniaku w środowisku wodnym, powodując wzrost stężenia niejonizowanych cząsteczek amoniaku posiadających właściwości toksyczne [Szczerbowski i in. 2008].

Odczyn wód zasilających obiekty chowu pstrąga mieścił się w zakresie optymalnym, a mediana ich pH wynosiła 7,86, przy współczynniku zmienności wynoszącym 7%. Po przepłynięciu wody przez wszystkie stawy hodowlane nie stwierdzono znaczącego wpływu prowadzonej produkcji na zmianę odczynu wody. Mediana pH wody odpływającej z poszczególnych obiektów kształtowała się na poziomie od 7,61 w obiekcie D do 7,74 w obiekcie B przy współczynniku zmienności w granicach 5-7% (tab. 1). Po przepłynięciu wody poprodukcyjnej przez lagunę obserwowano nieznaczny wzrost jej zasadowości do pH wynoszącego 7,69.

Potencjał oksydoredukcyjny jest wskaźnikiem świadczącym między innymi o zdolności wody do samooczyszczania. Duży potencjał redox świadczy o dużej sile utleniania, który jest niezbędny przy rozkładzie resztek organicznych [Ernestova i in. 1994]. W wodzie dopływającej do gospodarstwa rybackiego średnia wartości współczynnika redox wynosiła $-53,37 \pm 29,29 \text{ mV}$, przy współczynniku zmienności 55%. W wyniku wykorzystania wody do celów chowu pstrąga w odpływie z poszczególnych obiektów utrzymywała się zbliżonym poziomie i wynosiła średnio od $-54,53 \pm 52,92 \text{ mV}$ w odpływie z obiektu D do $45,32 \pm 35,82 \text{ mV}$ w odpływie

z obiektu B. Nieznacznie odmienna sytuacja wystąpiła w wodach odpływających z obiektu C (III° recyrkulacji), w których wartość potencjału redox wynosiła $-21,42 \pm 97,81$ mV. W wodzie poprodukcyjnej odpływającej z obiektu D po przepłynięciu przez lagunę doczyszczającą stwierdzono zmniejszenie potencjału redox średnio o 7,87 mV (tab. 1). Analiza uzyskanych wyników wykazała, że w ciągu całego okresu badawczego wartość potencjału oksydoredukcyjnego w wodach wykorzystywanych do celów chowu wskazuje na redukujący charakter środowiska wodnego stawów, co nie sprzyja samooczyszczaniu się wód.

Tabela 1. Parametry wód wykorzystywanych w hodowli pstrąga (n=12)

Table 1. The water parameters used in trout breeding (n=12)

Wyszczególnienie Specification		Dopływ do gospodarstwa Inflow to the farm	Obiekt A I° recyrkulacji Object A I° recirculation	Obiekt B II° recyrkulacji Object B II° recirculation	Obiekt C III° recyrkulacji Object C III° recirculation	Obiekt D IV° recyrkulacji Object D IV° recirculation	Odpływ z gospodarstwa Outflow from the farm
Temperatura Temperature [°C]	Średnia Average	10,44	10,26	10,08	10,85	10,66	11,91
	Mediana Median	10,76	10,63	10,43	11,56	10,8	11,95
	Sd	2,73	3,00	2,86	3,66	3,45	4,86
	Wz - Cv [%]	26	29	28	34	32	41
Przewodnictwo elektrolityczne właściwe Electrolytic conductivity [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]	Średnia Average	373,7	361,0	359,2	369,8	378,2	376,8
	Mediana Median	375,5	363	360	371	377	378
	Sd	25,9	30,7	32,2	38,1	29,4	35,6
	Wz - Cv [%]	7	8	9	10	8	9
pH	Średnia Average	7,8	7,6	7,5	7,5	7,5	7,5
	Mediana Median	7,86	7,73	7,74	7,67	7,61	7,69
	Sd	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
	Wz - Cv [%]	7	7	7	5	5	6
Potencjał oksydoredukcyjny Redox potential [mV]	Średnia Average	-53,37	-46,83	-45,32	-21,42	-54,53	-62,40
	Mediana Median	-59,10	-48,00	-42,95	-44,25	-45,35	-61,05
	Sd	29,29	27,97	35,82	97,81	52,92	51,45
	Wz - Cv [%]	55	60	79	457	97	82

Sd- odchylenie standardowe - standard deviation; Wz - Cv- Współczynnik zmienności - Coefficient of variation [%]

W ekosystemie stawowym naturalnym źródłem tlenu w wodzie jest dopływ świeżej wody, dyfuzja z atmosfery oraz fotosynteza, która może stanowić nawet 80% przychodów tlenu w stawie. Jego stężenie zależy od wielu czynników, m.in. temperatury, promieniowania słonecznego, przezroczystości wody oraz zawartość składników pokarmowych [Jawecki, Krzemińska 2008]. Zawartość tlenu i temperatura są dwoma parametrami warunkującymi życie w środowisku wodnym. Jednocześnie te dwa parametry pozostają we wzajemnych relacjach, tj. rozpuszczalność tlenu w wodzie zależy od temperatury i maleje wraz z jej wzrostem. Zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie wykorzystywanej w chowie pstrąga nie może być niższa od granicznej wartości 3-4 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, gdyż przy tak niskim stężeniu tlenu może nastąpić zwiększenie podatności ryb

na choroby i pasożyty, osłabienia ich kondycji, a czasem może także doprowadzić do ich śmierci [Goryczko 1999].

Wody dopływające do gospodarstwa rybackiego były bardzo dobrze natlenione, a średnia zawartość w nich tlenu rozpuszczonego kształtowała się na poziomie $9,19 \pm 1,51 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ($V = 16\%$), przy nasyceniu wynoszącym $82,53 \pm 14,84\%$ ($V = 18\%$) (tab. 2). W odpływie ze stawów znajdujących się na I° recyrkulacji stwierdzono zubożenie wody w tlen o około 20% w stosunku do zasilających je wód, natomiast w pozostałych obserwowano wzrost zawartości tlenu.

Tabela 2. Zawartość tlenu oraz wskaźniki masy organicznej w wodach wykorzystywanych w hodowli pstrąga (n=12)

Table 2. The oxygen content and indicators of organic matter in the water used for rearing trout (n=12)

Wyszczególnienie Specification		Dopływ do gospodarstwa Inflow to the farm	Obiekt A I° recyrkulacji Object A I° recirculation	Obiekt B II° recyrkulacji Object B II° recirculation	Obiekt C III° recyrkulacji Object C III° recirculation	Obiekt D IV° recyrkulacji Object D IV° recirculation	Odpływ z gospodarstwa Outflow from the farm
Tlen rozpuszczony Dissolved oxygen [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	Średnia / Average	9,19	7,43	8,52	8,73	9,12	8,93
	Mediana / Median	9,38	7,34	8,58	7,75	8,95	8,76
	Sd	1,51	2,94	1,91	3,07	2,98	3,16
	Wz - Cv [%]	16	40	22	35	33	35
Nasycenie tlenem Oxygen saturation [%]	Średnia / Average	82,53	66,78	74,92	82,95	82,03	81,88
	Mediana / Median	86,4	69	76,2	85,9	84,45	86,1
	Sd	14,84	27,27	17,01	24,51	26,52	26,28
	Wz - Cv [%]	18	41	23	30	32	32
BZT ₅ BOD ₅ [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	Średnia / Average	3,4	2,8	3,5	7,0	6,4	6,6
	Mediana / Median	3,2	2,4	2,8	6,5	6,5	6,4
	Sd	1,9	1,1	2,4	1,4	1,7	2,0
	Wz - Cv [%]	57	38	69	21	27	31
ChZT _{Cr} COD _{Cr} [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	Średnia / Average	14,1	13,1	13,5	17,9	18,4	21,0
	Mediana / Median	13,4	12,3	13,7	17,1	17,6	20,4
	Sd	5,5	3,4	4,2	5,2	6,0	5,9
	Wz - Cv [%]	39	26	31	29	33	28

Sd- odchylenie standardowe - standard deviation; Wz - Cv- Współczynnik zmienności - Coefficient of variation [%]

Największy wzrost zawartości tlenu rozpuszczonego w wodach, wynoszący około 13%, stwierdzono w odpływie z obiektu B, natomiast w pozostałych stawach utrzymywał się na poziomie 2,5-4,3%. W wodzie odpływającej z gospodarstwa stwierdzono nieznaczne ($0,19 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) zmniejszenie się ilości tlenu w stosunku do wód odpływających z obiektu D. Taka sama zależność wystąpiła również w przypadku nasycenia wody tlenem, gdzie w odpływie z gospodarstwa stwierdzono zmniejszenie stężenia w wodzie tlenu o 0,15% w stosunku do wód odpływających ze stawów stanowiących IV stopień recyrkulacji. W badanym gospodarstwie, mimo prowadzonej intensywnej produkcji pstrąga i wielokrotnego wykorzystywania wody, stwierdzono niewielkie obniżenie stężenia tlenu w wodach odpływających z poszczególnych stawów, co uzyskano dzięki sztuczemu jej napowietrzeniu przy zastosowaniu czystego tlenu w celu stworzenia sprzyjających warunków bytowania ryb.

Wskaźniki BZT₅ oraz ChZT_{Cr} określają ilość tlenu niezbędną do utlenienia znajdujących się w wodzie związków organicznych i niektórych nieorganicznych. Wartość tego wskaźnika jest silnie powiązana z zawartością fitoplanktonu w wodzie [Bieniarz i in.

2003; Bonisławska i in. 2011].

Woda dopływająca do gospodarstwa rybackiego wykazywała średnią wartość BZT₅ klasyfikującą ją w II klasie jakości, a jego średnia wartość w okresie badawczym wynosiła $3,4 \pm 1,9 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ przy współczynniku zmienności $V = 57\%$, natomiast mediana stężeń wynosiła $3,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (tab. 2). Takie wartości tego wskaźnika nieznacznie przekraczały normy jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb łososiowatych. Analiza wykazała niskie wartości ChZT_{Cr} w wodach zasilających obiekty chowu pstrąga, a ich średnia wartość kształtowała się na poziomie $14,1 \pm 5,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ($V = 39\%$), natomiast mediana stężeń wynosiła $13,4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (tab. 2). Analiza uzyskanych wyników wykazała, że po wykorzystaniu wody na cele hodowlane w odpływie z obiektu będącego na I° recyrkulacji następowała nieznaczne obniżenie wartości BZT₅ o $0,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W odpływie z obiektu B obserwowano zwiększenie wartości BZT₅ do poziomu obserwowanego w wodach zasilających gospodarstwo. W wodzie przepływającej przez kolejne stawy (III° i IV° recyrkulacji) stwierdzono około 2-krotny wzrost wartości BZT₅ w odpływie z obiektu C ($7,0 \pm 1,4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) i 1,8-krotny wzrost w odpływie z obiektu D ($6,4 \pm 1,7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Wartości wskaźnika BZT₅ w wodzie obiektów C i D przekraczały normy jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb łososiowatych [Rozporządzenie Ministra Środowiska 2002].

Podobna sytuacja wystąpiła w przypadku ChZT_{Cr}, dla którego również w odpływie z obiektów A i B (I° i II° recyrkulacji) stwierdzono nieznaczne zmniejszenie wartości ($0,6-1,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz zwiększenie jego wartości w odpływie z obiektów C i D. W wodzie odpływającej z gospodarstwa (po przepłynięciu przez lagunę) obserwowano również wzrost BZT₅ o $0,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (3%) oraz ChZT_{Cr} na poziomie $2,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (14%).

WNIOSKI

1. Wody zasilające stawy hodowlane były bardzo dobrze natlenione, a zawartość w nich tlenu rozpuszczonego mieściła się w granicach $7,43-9,12 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Po wykorzystaniu jej na cele produkcyjne w odpływach ze wszystkich stopni cyrkulacji obiektów stwierdzono nieznaczne zubożenie wody w tlen o $0,07-1,76 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.
2. W wyniku wykorzystania wody na cele hodowlane nie stwierdzono wpływu prowadzonej działalności na wartość przewodności elektrolitycznej. Po przepłynięciu wody przez stawy znajdujące się na trzech pierwszych poziomach recyrkulacji obserwowano nieznaczne zmniejszenie przewodnictwa (średnio o około 1-4%), natomiast w odpływie z obiektu będącego na III° recyrkulacji była ona nieznacznie wyższa i kształtowała się na poziomie $378,2 \pm 29,4 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$.
3. Przeprowadzone badania wykazały, że w wodzie odpływającej z obiektów znajdujących się na I° recyrkulacji następowała redukcja wartości BZT₅ o $0,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz ChZT_{Cr} o $1,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a w odpływie z obiektów C i D (III° i IV° recyrkulacji) obserwowano zwiększenie BZT₅ średnio o $2,9-3,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i ChZT_{Cr} o $4,4-4,9 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.
4. W wyniku przepływu wody wykorzystanej do produkcji pstrąga przez lagunę stwierdzono poprawę jej jakości jedynie pod względem wartości przewodnictwa elektrolitycznego właściwego, w przypadku pozostałych badanych wskaźników stwierdzono nieznaczne pogorszenia jej właściwości.

Badania sfinansowane przez UE oraz Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi w ramach Programu Operacyjnego „Zrównoważony rozwój sektora rybolówstwa i nadbrzeżnych obszarów rybackich, „PO Ryby 2007–2013”, umowa nr 00001-61724-OR1400002/10

PIŚMIENNICTWO

- Bieniarz K., Kownacki A., Epler P. 2003. Biologia stawów rybnych, część I. IRS Olsztyn.
- Bonislawska M., Szaniewska D., Szmukała M., Pender R. 2011. Wpływ działalności ośrodka zarybieniowego na jakość wody dolnego odcinka rzeki Wiśniówka w latach 2005-2009. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 11, 2(34): 19-32.
- Ernestova L.S., Semenova I.V., Vlasova G.V., Lee Wolf N. 1994. Redox transformation of pollutants in natural waters. *IAHS Publ.*, 219: 67-74.
- Goryczko K. 1999. Pstrągi, chów i hodowla, Poradnik hodowcy. Wyd. IRS Olsztyn.
- Jawecki B., Krzemińska A. 2008. Wpływ temperatury wody na natlenienie strefy eufotycznej stawu karpiego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 528: 381-387.
- Kajak Z. 2001. *Hydrobiologia-Limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych*. Wyd. Nauk. PWN, W-wa.
- Macioszczyk A., Dobrzyński D. 2002. *Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Prądyńska D. 2004. Próba oceny oddziaływania stawów hodowlanych na środowisko przyrodnicze (na przykładzie gminy Malechowo). *Studia ekologiczno-krajobrazowe w programowaniu rozwoju zrównoważonego. Problemy Ekologii Krajobrazu, T. XIII*: 221-226.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych. *Dz. U.* 2002, Nr 176, Poz. 1455.
- Sidoruk M. 2012. Wpływ chowu pstrąga w stawach ziemnych na właściwości fizyczne i chemiczne wód powierzchniowych. *Inż. Ekol.*, 32: 101-110.
- Sidoruk M., Koc J., Szarek J., Goryczko K., Dobosz S., Guziur J., Wiśniewska A., Zakrzewski J. 2012. Testowanie technologii produkcji pstrąga stosowanych w Polsce w świetle Rozporządzenia Komisji (WE) nr 710/2009, Część II. Wpływ gospodarki wodnej na wybrane wskaźniki jakości wód obiektów pstrągowych. *Przegląd Rybacki*, 6(126): 20-24.
- Sikora J., Janczukowicz W., Krzemieniewski M. 2009. Zmiany właściwości fizyko-chemicznych osadów dennych pochodzących ze stawów do chowu pstrąga w wyniku zastosowania odczynnika fenolowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 537: 227-235.
- Szczerbowski J.A., Krüger A., Goryczko K., Zdanowski B., Szczerbowski A., Bartel R., Dembiński W., Zamojski J., Studnicka M., Terech-Majewska E. 2008. *Rybacko-śródlądowe*. Wyd. IRŚ, Olsztyn.
- Wiejaczka Ł. 2011. Wpływ zbiornika retencyjnego na relacje między temperaturą wody w rzece a temperaturą powietrza. *Przegląd Naukowy - Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 53: 183-195.

EFFECT OF TROUT PRODUCTION IN CONCRETE PONDS WITH A CASCADING FLOW OF WATER ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTY OF WATER

Abstract. Fish rearing causes changes in water quality due to the use of feed, mineral and organic fertilizers, pharmaceuticals and disinfectants. Rational fishery management aims to maintain or restore the quality of water in natural ecosystems. Cultures produce a certain amount of waste and pollutants released into the environment with waters departing from ponds, but their harmfulness depends on the conditions and type of farming. Studies on the assessment of the effects of rearing trout on physical and chemical properties of surface water were carried out in 2010-2012. Were chosen trout farm located in the Pomeranian province about 36 miles southeast of Słupsk. Water samples for physical and chemical analysis were collected every two months (a total of 12 sets samples collected) and labeled them: temperature [°C], dissolved oxygen [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$], oxygen saturation [%] electrolytic conductivity [$\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$], pH, redox potential [mV] and BOD₅ and COD_{Cr}. The study showed that the water used to supply breeding facilities meet the requirements to be met which are inland water salmonid habitat. Only periodically for BOD₅ standards have been slightly exceeded. After passing through the joints deterioration of water quality did not cause a change in the quality of the class, if only temporarily BOD₅ ratio were lower in its quality from the first to the third class.

Keywords: rearing of trout, physical and chemical properties of water, pollution