

Maksym ŁASZEWSKI

Zakład Hydrologii, Instytut Geografii Fizycznej, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych,
Uniwersytet Warszawski
Department of Hydrology, Institute of Physical Geography, Faculty of Geography
and Regional Studies, University of Warsaw

Wpływ niewielkich zbiorników na temperaturę wody rzek nizinnych na przykładzie Jeziorki i Rządzy

The influence of small reservoirs on lowland stream water temperature on the example of Jeziorka and Rządza rivers

Słowa kluczowe: temperatura wody, zbiorniki wodne, Jeziorka, Rządza, pstrąg potokowy
Key words: water temperature, reservoirs, the Jeziorka river, the Rządza river, brown trout

Wprowadzenie

Zbiorniki wodne, powstające w wyniku spiętrzenia wód rzecznych jazami lub zaporami, wywierają znaczący wpływ na funkcjonowanie ekosystemów lotycznych (Webb i Walling, 1996). Obecność zbiorników skutkuje modyfikacją warunków przepływu wody oraz sedymentacji osadów, poniżej piętrzeń następuje także nieodwracalna przebudowa struktury gatunkowej zbiorowisk roślinnych, bezkręgowców oraz ryb (Penczak i in., 1998; Santucci, Gephard i Pescitelli, 2005; Moore, Arrigoni i Wilcox, 2012). Efektem oddziaływania zbiorników

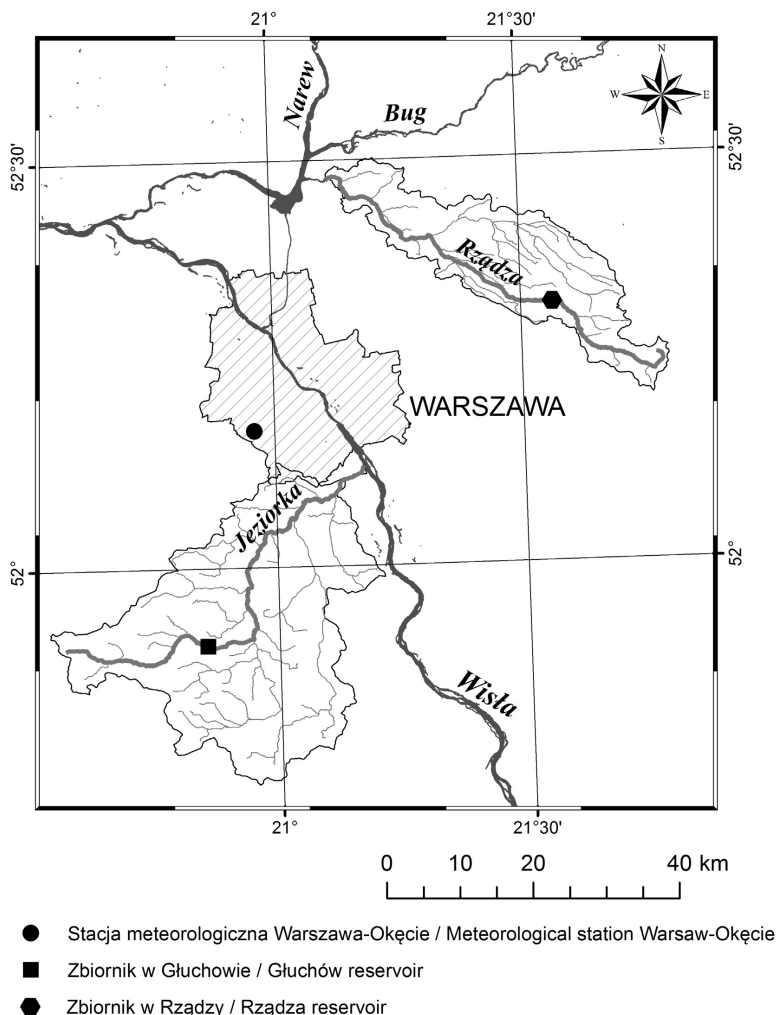
jest również transformacja naturalnego ustroju termicznego rzek, której skala zależna jest od głębokości i powierzchni danego zbiornika, a także czasu retencji wody oraz sposobu jej upustu (Cyberska, 1975; Olden i Naiman, 2010).

Studia w zakresie zmian temperatury wody rzecznej koncentrują się na wpływie dużych zbiorników zaporowych (cechujących się wykształconą stratyfikacją termiczną) i dotyczą przeważnie rzek górskich (Horne, Rutherford i Wehrly, 2004; Wiejaczka, 2011; Wiejaczka i in., 2014). W klimacie umiarkowanym głębokie zbiorniki z dennym typem upustu powodują zimą podwyższenie temperatury wody rzek, latem natomiast jej obniżenie (Olden i Naiman, 2010). Oddziaływanie płytkich zbiorników, odznaczających się brakiem uwarstwienia termicznego, widoczne jest z kolei głównie w półro-

czu letnim i prowadzi do podwyższenia temperatury wody rzek poniżej piętrzeń (Lessard i Hayes, 2003). Zagadnieniu temu poświęca się jednak zdecydowanie mniej uwagi (Bellucci, Becker i Beauchene, 2011).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wpływu niestratyfikowanych zbiorników wodnych na transformację ustroju termicznego niewielkich rzek

nizinnych. Badania przeprowadzono na przykładzie dwóch zbiorników o zbliżonych parametrach morfometrycznych, położonych w pobliżu Warszawy – zbiornika w Głuchowie na Jeziorku i zbiornika w Rządzy na Rządzy (rys. 1). W związku z prowadzonymi obecnie zarzębieniami Jeziorki i Rządzy pstrągiem potokowym, dokonano także oceny ich ustroju termicznego pod kątem wyma-



RYSUNEK 1. Lokalizacja obszaru badań
 FIGURE 1. Localization of study area

gań tych cennych ryb zimnolubnych, co w znaczący sposób podnosi wymiar aplikacyjny niniejszej pracy.

Obszar badań

Jeziorka jest lewobrzeżnym dopływem Wisły o długości 66,3 km i powierzchni zlewni 975,3 km². Źródła rzeki znajdują się na Wysoczyźnie Rawskiej w okolicy miejscowości Osuchów, ujście zaś w Dolinie Środkowej Wisły, w rejonie Konstancina-Jeziorny. Średni przepływ roczny w profilu wodowskazowym Piaseczno w km 14,2 wynosi 2,7 m³·s⁻¹. Zbiornik w Głuchowie (rys. 2), położony w gminie Grójec, powstał w wyniku spiętrzenia rzeki jazem zlokalizowanym w km 48,3. Powierzchnia zbiornika wynosi ok. 2,93 ha, średnia głębokość ok. 1,5 m, a maksymalna głębokość ok. 3 m. Pojemność zbiornika szacuje się na 48 000 m³. Zbiornik pełni funkcje retencyjną i rekreacyjną.

Rządza stanowiła niegdyś lewobrzeżny dopływ Narwi, od 1963 roku

jest dopływem Jeziora Zegrzyńskiego. Długość rzeki wynosi ok. 66 km, a powierzchnia zlewni 475,9 km². Rzeka wypływa ze źródeł położonych w pobliżu miejscowości Wólka Kałuska na Wysoczyźnie Kałuszyńskiej, a jej średni przepływ na nieistniejącym posterunku wodowskazowym Łosie w km 11,2 w latach 1967–1970 wynosił 1,25 m³·s⁻¹. Zbiornik w miejscowości Rządza (rys. 2), położony w gminie Stanisławów, powstał w wyniku przegrodzenia rzeki jazem w km 48,7. Powierzchnia zbiornika to ok. 2,5 ha, głębokość wynosi średnio ok. 1 m, a maksymalnie 2,5 m w pobliżu jazu. Zbiornik ten pełni funkcję rekreacyjną.

Górny bieg Jeziorki (od źródeł do zbiornika w Głuchowie) oraz Rządzy (od źródeł do mostu kolejowego w miejscowości Rojków, położonego ok. 9 km poniżej zbiornika w Rządzy) jest zaliczany przez użytkownika rybackiego do tzw. krainy pstrąga i lipienia. Populacja bytujących w tych rzekach pstrągów potokowych jest obecnie wynikiem regularnych zarybień prowadzonych przez



RYSUNEK 2. Zbiornik w Głuchowie na rzece Jeziorka (z lewej) i zbiornik w Rządzy na rzece Rządzy (z prawej)

FIGURE 2. Głuchów reservoir on the Jeziorka river (left) and Rządza reservoir on the Rządza river (right)

Polski Związek Wędkarski, choć w czasach historycznych, podobnie jak w górnym biegu większości niewielkich nizinnych cieków środkowej Polski, ryby te występowały w sposób naturalny (Cios, 2003).

Metodyka

W badaniach wykorzystano cztery cyfrowe rejestratory temperatury wody HOBO Pendant UA-001-08 (Onset Computer Corporation, USA). Dokładność urządzeń wynosiła $0,4^{\circ}\text{C}$, a rozdzielczość $0,01^{\circ}\text{C}$. Różnice między wskazaniami rejestratorów podczas kalibracji nie przekraczały $0,1^{\circ}\text{C}$, co pozwala na reprezentatywne porównanie uzyskanych wyników.

Rejestratory zlokalizowano powyżej zasięgu cofki zbiorników oraz tuż poniżej jazów piętrzących, ok. 20–30 m od miejsca zrzutu wody. Odległość dzieląca urządzenia wyniosła w przypadku Jeziorki ok. 850 m, a w przypadku Rządzy ok. 1200 m. Czujniki umieszczono w perforowanych rurkach PCV, które przywiązano do konarów lub betonowych obciążników zatopionych w głównym nurcie. Takie rozwiązanie zapewniało nieustanny kontakt urządzeń z wodą, właściwe zamaskowanie oraz osłonę przed bezpośrednim promieniowaniem słonecznym. Pomiar prowadzono w letnim półroczu hydrologicznym, od 1 maja do 31 października 2014 roku. Interwał czasowy ustalono na 60 minut, a urządzenia zsynchronizowano. W celu charakterystyki tła meteorologicznego wykorzystano średnie dobowe wartości

temperatury powietrza ze stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie ($52^{\circ}09'57''$ N $20^{\circ}58'02''$ E), oddalonej o ok. 30 km od Głuchowa oraz ok. 43 km od Rządzy (rys. 1). Pozyskano je z witryny NOAA Global Surface Summary Data.

Na podstawie uzyskanych danych pomiarowych obliczono podstawowe parametry statystyczne, charakteryzujące ustrój termiczny Jeziorki i Rządzy. Dla każdego miesiąca półroczu hydrologicznego wyznaczono temperaturę średnią, maksymalną, minimalną oraz amplitudę temperatury wody. Średnią miesięczną temperaturę wody obliczono na podstawie odpowiednich wartości średnich dobowych, a te z kolei obliczono na podstawie 24 wartości godzinnych. W pracy zastosowano także parametry ekologiczne, uwzględniające wymagania termiczne pstrąga potokowego (*Salmo trutta m. fario* L.), które przedstawione są szeroko w literaturze (Elliott, 1981; Crisp, 1993; Elliott i Elliott, 2010). Określono procentowy udział czasu trwania:

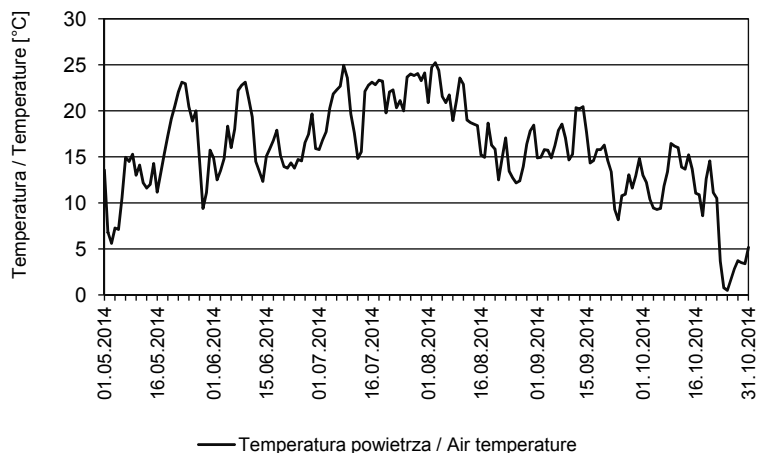
- temperatury wody optymalnej dla pstrąga potokowego w miesiącu: $4\text{--}19^{\circ}\text{C}$. W tym zakresie temperatury następuje wzrost pstrągów, a także wykazują one najlepszą kondycję, aktywność oraz apetyt.
- temperatury wody powyżej progu, stanowiącego górną początkową temperaturę letalną dla narybku pstrąga potokowego: 22°C . Wartość ta jest uważana za granicę, powyżej której 50% populacji narybku pstrąga ginie w przeciągu siedmiu dni. Jej przekroczenie jest więc dla ryb stresujące i niebezpieczne, ale nie powoduje ich natychmiastowej śmierci.

Wyniki

Tło meteorologiczne

Średnia temperatura powietrza na stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie wyniosła w badanym okresie 15,8°C. Najwyższą średnią temperaturą powietrza odznaczył się lipiec (21,3°C), a najniższą październik (9,6°C). Najwyższa średnia dobowa temperatura powietrza została zanotowana 3 sierpnia i osiągnęła 25,2°C, a najniższa 25 października, wynosząc jedynie 0,5°C. Przebieg średnich dobowych wartości temperatury powietrza przedstawiono na rysunku 3.

poniżej zbiornika: największa różnica wystąpiła w czerwcu i lipcu (0,9°C), a najmniejsza w październiku (0,1°C). Najwyższą średnią miesięczną temperaturę wody zanotowano w lipcu, wyniosła 20°C powyżej zbiornika oraz 20,9°C poniżej niego, a najniższą w październiku, kiedy osiągnęła kolejno 10,0 i 10,1°C. Maksymalna temperatura wód Jeziorki, podobnie jak średnia, była wyższa w przypadku profilu pomiarowego poniżej zbiornika, maksymalnie o 2,1°C w sierpniu, w październiku zaś była identyczna (13,6°C). Najwyższa maksymalna



RYSunEK 3. Przebieg zmienności średniej dobowej temperatury powietrza na stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie w letnim półroczu hydrologicznym 2014 roku

FIGURE 3. The course of mean daily air temperature at meteorological station Warsaw-Okęcie in the summer period of the hydrological year 2014

Jeziorka

Średnia temperatura wody Jeziorki w badanym półroczu letnim roku hydrologicznego 2014 wyniosła 17,5°C powyżej zbiornika w Głuchowie oraz 18,3°C poniżej niego (tab. 1). Średnia miesięczna temperatura wody była w każdym z miesięcy półroczu letniego wyższa

na temperatura wody powyżej zbiornika wystąpiła w lipcu, a poniżej zbiornika w sierpniu, osiągając odpowiednio 23,4 oraz 25,3°C. Najniższa maksymalna temperatura wody została zanotowana w październiku i wyniosła 13,6°C. Miesięczna minimalna temperatura wody Jeziorki była na ogół zbliżona w obydwu profilach pomiarowych, różnice

TABELA 1. Parametry statystyczne i ekologiczne charakteryzujące ustrój termiczny rzeki Jeziorki powyżej i poniżej zbiornika w Głuchowie

TABLE 1. Statistical and ecological descriptors of thermal regime of the Jeziorka River above and below the reservoir in Głuchów

Parametr Parameter	Profil pomiarowy Measurement profile	V	VI	VII	VIII	IX	X
Średnia Mean [°C]	WG	15,1	16,9	20,0	18,1	14,6	10,0
	WD	15,6	17,8	20,9	18,9	15,0	10,1
Maksimum Maximum [°C]	WG	22,2	23,1	23,4	23,2	17,5	13,6
	WD	22,7	24,1	25,1	25,3	18,5	13,6
Minimum Minimum [°C]	WG	8,1	13,4	15,7	13,4	10,2	3,4
	WD	8,7	14,1	16,0	13,8	10,8	3,7
Amplituda Range [°C]	WG	14,2	9,7	7,7	9,8	7,3	10,2
	WD	14,0	9,9	9,1	11,5	7,7	9,9
Czas trwania optimum termicznego Duration of thermal optimum [%]	WG	86,4	85,1	29,3	59,1	100	100
	WD	78,4	77,4	18,8	53,2	100	100
Czas trwania tempera- tury powyżej 22°C Duration of temperature above 22°C [%]	WG	0,4	3,3	14,4	5,5	0,0	0,0
	WD	2,7	6,7	32,8	17,7	0,0	0,0

Objaśnienia: WG – profil powyżej zbiornika, WD – profil poniżej zbiornika.

Explanations: WG – profile above the reservoir, WD – profile below the reservoir.

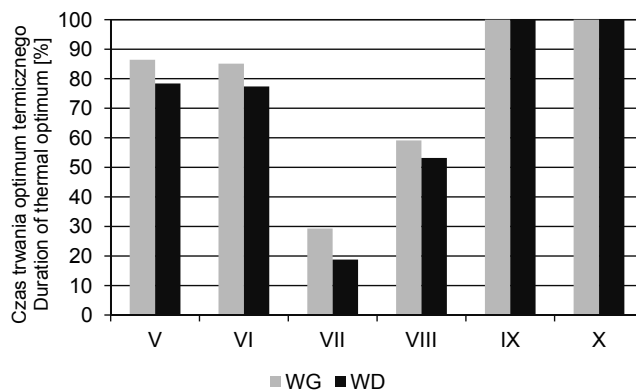
wyniosły maksymalnie 0,7°C w czerwcu, a minimalnie 0,3°C w lipcu i październiku. Najwyższa minimalna temperatura wody, podobnie jak temperatura średnia i maksymalna, została zanotowana w lipcu, osiągając 15,7°C powyżej zbiornika i 16,0°C poniżej niego. Najniższa minimalna miesięczna temperatura wody wystąpiła w październiku i wyniosła kolejno 3,4 i 3,7°C. Amplitudy temperatury wody Jeziorki w badanym okresie były z reguły większe poniżej zbiornika,

maksymalnie o 1,7°C w sierpniu, minimalnie o 0,2°C w czerwcu. Wyjątkiem był maj i październik, kiedy większą amplitudę zaobserwowano w profilu pomiarowym powyżej zbiornika w Głuchowie (odpowiednio o 0,2 i 0,3°C). W maju zanotowano także największą amplitudę temperatury wody w badanym okresie, która osiągnęła 14,2°C powyżej zbiornika i 14,0°C poniżej niego.

Czas trwania optymalnej temperatury wody dla pstrąga potokowego był

wyraźnie dłuższy powyżej zbiornika w Głuchowie, z kolei czas trwania temperatury wody powyżej granicy 22°C był tam z kolei wyraźnie krótszy (tab. 1). Największe różnice zanotowano w lipcu, kiedy czas trwania optymalnej temperatury wody wyniósł powyżej zbiornika 29,3% miesiąca, a poniżej niego zaledwie 18,8% miesiąca. W lipcu także zanotowano największą różnicę w czasie trwania temperatury wody powyżej granicy 22°C – powyżej zbiornika próg ten był przekroczony przez 14,4% miesiąca, a poniżej niego aż przez 32,8% miesiąca. W pozostałych miesiącach rozbieżności były zdecydowanie mniejsze, a we wrześniu i w październiku nie zaobserwowano różnic (rys. 4).

Średnia miesięczna temperatura wody była każdorazowo wyższa poniżej zbiornika; największą różnicę zanotowano w sierpniu (1,5°C), a najmniejszą w październiku (0,4°C). Najwyższa średnia miesięczna temperatura wody, podobnie jak w przypadku Jeziorki, zanotowana została w lipcu, kiedy osiągnęła 18,3°C powyżej zbiornika oraz 19,7°C poniżej niego. Najniższą średnią miesięczną temperaturę wody Rządzy stwierdzono w październiku, kiedy zanotowano kolejno 9,2 i 9,6°C. Wartości maksymalnej temperatury wody Rządzy były wyższe w przypadku profilu pomiarowego poniżej zbiornika, maksymalnie nawet o 2,0°C w sierpniu; w lipcu i październiku zanotowano z kolei wyższą maksy-



RYSUNEK 4. Udział czasu trwania optimum termicznego pstrąga potokowego w poszczególnych miesiącach letniego półrocza roku hydrologicznego 2014 dla profilu pomiarowego powyżej i poniżej zbiornika w Głuchowie. Objasnienia: WG – profil powyżej zbiornika, WD – profil poniżej zbiornika
 FIGURE 4. Contribution of brown trout thermal optimum duration in each month of summer period of hydrological year 2014 for the measurement profile above and below the reservoir in Głuchów. Explanation: WG – profile above the reservoir, WD – profile below the reservoir

Rządza

Średnia temperatura wody Rządzy w analizowanym półroczu letnim roku hydrologicznego 2014 osiągnęła 14,4°C powyżej zbiornika w Rządzy oraz 15,6°C poniżej niego (tab. 2).

malną temperaturę wody powyżej zbiornika, w obydwu przypadkach o 0,1°C. Najwyższa maksymalna temperatura wody powyżej zbiornika, analogicznie jak w przypadku rzeki Jeziorki, wystąpiła w lipcu, a poniżej zbiornika w sierp-

TABELA 2. Parametry statystyczne i ekologiczne charakteryzujące ustrój termiczny rzeki Rządzy powyżej i poniżej zbiornika w Rządzy

TABLE 2. Statistical and ecological descriptors of thermal regime of the Rządza River above and below the reservoir in Rządza

Parametr Parameter	Profil pomiarowy Measurement profile	V	VI	VII	VIII	IX	X
Średnia Mean [°C]	WG	13,9	15,0	18,3	16,7	13,3	9,2
	WD	15,0	16,3	19,7	18,2	14,5	9,6
Maksimum Maximum [°C]	WG	21,6	21,3	23,0	22,1	16,9	13,7
	WD	22,4	21,8	22,9	24,1	18,3	13,6
Minimum Minimum [°C]	WG	6,8	10,9	13,8	11,7	8,8	2,8
	WD	8,7	13,4	15,3	13,8	10,7	3,3
Amplituda Range [°C]	WG	14,8	10,3	9,2	10,4	8,1	10,8
	WD	13,7	8,4	7,6	10,3	7,7	10,3
Czas trwania optimum termicznego Duration of thermal optimum [%]	WG	92,2	94,6	64,7	77,2	100	94,5
	WD	81,9	85,1	33,2	57,5	100	96,0
Czas trwania tempera- tury powyżej 22°C Duration of temperature above 22°C [%]	WG	0,0	0,0	2,0	0,8	0,0	0,0
	WD	0,1	0,0	7,8	5,6	0,0	0,0

Objaśnienia: WG – profil powyżej zbiornika, WD – profil poniżej zbiornika.

Explanations: WG – profile above the reservoir, WD – profile below the reservoir.

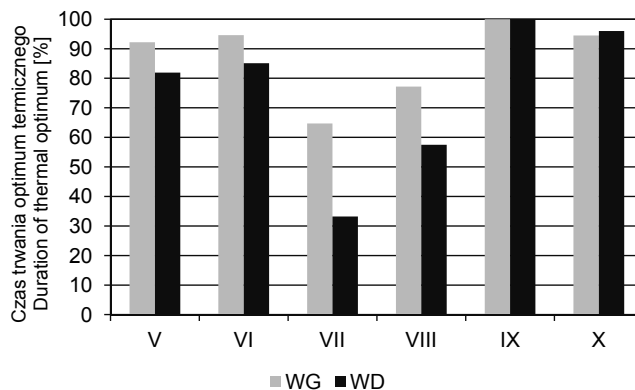
niu, osiągając odpowiednio 23,0 oraz 24,1°C. Najniższa maksymalna temperatura wody powyżej i poniżej zbiornika została zanotowana w październiku i wyniosła kolejno 13,7 i 13,6°C. Minimalna miesięczna temperatura wody Rządzy w analizowanym okresie była zdecydowanie wyższa w profilu poniżej zbiornika, maksymalnie o 2,5°C w czerwcu, minimalnie o 0,5°C w październiku. Najwyższa minimalna temperatura wody, podobnie jak temperatura średnia i mak-

symalna, została zanotowana w lipcu, wyniosła 13,8°C powyżej zbiornika i 15,3°C poniżej niego. Najniższa minimalna miesięczna temperatura wody wystąpiła zaś w październiku, wynosząc odpowiednio 2,8 i 3,3°C. Miesięczne amplitudy temperatury wody Rządzy w badanym okresie były wyraźnie mniejsze poniżej zbiornika, maksymalnie o 1,9°C w czerwcu, minimalnie o 0,1°C w sierpniu. Największą amplitudę zano-

towano w maju, odpowiednio 14,8°C powyżej zbiornika i 13,7°C poniżej niego.

Podobnie jak w przypadku zbiornika w Głuchowie, także zbiornik w Rządzy powodował znaczące skrócenie czasu

miesiąca. W pozostałych miesiącach rozbieżności były zdecydowanie mniejsze, a we wrześniu nie zaobserwowano różnic (rys. 5).



RYSUNEK 5. Udział czasu trwania optimum termicznego pstrąga potokowego w poszczególnych miesiącach letniego półrocza roku hydrologicznego 2014 dla profilu pomiarowego powyżej i poniżej zbiornika w Rządzy. Objasnienia: WG – profil powyżej zbiornika, WD – profil poniżej zbiornika

FIGURE 5. Contribution of brown trout thermal optimum duration in each month of summer period of hydrological year 2014 for the measurement profile above and below the reservoir in Rządza. Explanation: WG – profile above the reservoir, WD – profile below the reservoir

trwania optymalnej temperatury wody dla pstrąga potokowego oraz jednoczesne wydłużenie czasu trwania temperatury powyżej granicy 22°C (tab. 2). Największe różnice zanotowano w lipcu, kiedy czas trwania optymalnej temperatury wody dla pstrąga powyżej zbiornika wyniósł 64,7% miesiąca, a poniżej zbiornika zaledwie 33,2% miesiąca. Wyjątkiem był październik, kiedy czas trwania optymalnej temperatury wody był nieznacznie dłuższy poniżej zbiornika (94,5% powyżej zbiornika w stosunku do 96,0% poniżej zbiornika). W lipcu zanotowano także największą różnicę w czasie trwania temperatury wody powyżej progu 22°C – powyżej zbiornika granica ta była przekroczona przez 2,0% miesiąca, a poniżej niego przez 7,8%

Dyskusja i podsumowanie

Analiza uzyskanych wyników pozwala stwierdzić, że płytkie zbiorniki pozbawione uwarstwienia termicznego w znaczący sposób modyfikują ustrój termiczny rzek nizinnych, przerywając jego naturalne kontinuum. Zarówno w przypadku Jeziorki, jak i Rządzy poniżej zbiorników nastąpiło wyraźne podwyższenie średnich, maksymalnych oraz minimalnych miesięcznych wartości temperatury wody. Zbiornik w Głuchowie powodował w okresie badawczym wzrost średniej miesięcznej temperatury wody Jeziorki przeciętnie o 0,6°C, maksymalnej o 1,1°C, minimalnej o 0,5°C, zbiornik w Rządzy na rzece Rządzy odpowiednio o 1,2, 0,7 oraz 1,8°C. Rezul-

taty potwierdzają wyniki przedstawione przez Lessard i Hayes (2003), którzy poniżej 10 piętrzeń w Stanach Zjednoczonych stwierdzili w miesiącach letnich wzrost temperatury wody średnio o 2,7°C, oraz Wiatkowskiego (2008), który wykazał podwyższenie temperatury wody średnio o 2,4°C poniżej zbiornika Młyny na rzece Julianpolce. Analogiczny wpływ niewielkiego zbiornika przepływowego na temperaturę wody zaobserwowali także Bartnik i Moniewski (2012) w przypadku rzeki Dzierżanej. Uzyskane rezultaty stoją natomiast w sprzeczności z wynikami przedstawionymi przez Włodarczyk (2006), które sugerują, że tworząca się na skutek obecności jazu w Konstancinie-Jeziornie cofka o długości ok. 2 km nie powodowała podwyższenia temperatury wody Jeziorki, lecz jej obniżenie. Badania Włodarczyk (2006) były jednak oparte wyłącznie na trzech pomiarach, które nie uwzględniały dobowej dynamiki temperatury wody rzecznej, co pozwala zakwestionować ich poprawność metodyczną.

Największe różnice wartości obliczonych parametrów statystycznych dla profili pomiarowych położonych powyżej i poniżej zbiorników wystąpiły w miesiącach letnich, czyli w lipcu i sierpniu, kiedy notuje się największe wartości natężenia promieniowania słonecznego oraz temperatury powietrza. Można przypuszczać, że zimą, szczególnie od grudnia do lutego, wpływ zbiorników na transformację ustroju termicznego będzie nieznaczny bądź nawet niezauważalny. Wyniki wskazują ponadto, że zbiornik w Rządzy powoduje głębszą modyfikację ustroju termicznego rzeki Rządzy niż zbiornik w Głuchowie w przypadku Jeziorki. Ma to praw-

dopodobnie związek z jego morfometrią – mimo mniejszej powierzchni większa długość zbiornika w Rządzy warunkuje dłuższy czas retencji wód rzecznych i w efekcie dłuższą ekspozycję na promieniowanie słoneczne, mniejsza głębokość sprawia zaś, że promienie słoneczne nagrzewają wodę w całej kolumnie.

Należy zauważyć, że wody Rządzy powyżej zbiornika w Rządzy odznaczyły się zdecydowanie mniejszymi średnimi, maksymalnymi i minimalnymi miesięcznymi wartościami temperatury, i jednocześnie większymi amplitudami temperatury niż wody Jeziorki powyżej Głuchowa. Maksymalne różnice osiągnęły kolejno 1,9, 1,8, 2,5 oraz 1,5°C. Zdaniem autora przyczyną tak wyraźnego zróżnicowania parametrów termicznych Jeziorki i Rządzy jest odmienny stopień ich antropogenicznego przekształcenia. W górnym biegu Rządzy, od źródeł do zbiornika w Rządzy, istnieje tylko jeden jaz piętrzący w Woli Polskiej, podczas gdy na odcinku Jeziorki od źródeł do Głuchowa znajduje się siedem jazów, między innymi w Przęsławicach i Osieczku. W konsekwencji ustrój termiczny Jeziorki powyżej zbiornika w Głuchowie ulega wcześniejszej transformacji, natomiast ustrój termiczny Rządzy powyżej zbiornika w Rządzy można określić jako zbliżony do naturalnego.

Wyniki badań mają praktyczne znaczenie dla użytkownika rybackiego rzek (Polskiego Związku Wędkarskiego) oraz lokalnych towarzystw wędkarskich. Wskazują, że pod względem temperatury wody odcinki rzek powyżej zbiorników odznaczają się zdecydowanie lepszymi warunkami do bytowania pstrągów potokowych. Potwierdzeniem tych wniosków są wyniki badań Lessard i Hayes

(2003), przeprowadzonych w rejonie Michigan w Stanach Zjednoczonych; elektropołowy wykazały tam znaczący spadek liczebności pstrągów potokowych (a także innych ryb zimnolubnych) poniżej niewielkich jazów powodujących podwyższenie temperatury wody rzecznej. Warto podkreślić jednak, że gorsze warunki termiczne nie wykluczają możliwości bytowania pstrągów w Jeziorce i Rządzy poniżej zbiorników, zwłaszcza w przypadku lokalnego spadku temperatury wody z biegiem rzeki na odcinkach zacienionych lub poniżej ujść dopływów. Dokładniejszej analizy wymaga kwestia zasadności zarybień pstrągiem potokowym Jeziorce poniżej zbiornika w Głuchowie, gdzie temperatura wody w lipcu i sierpniu przekroczyła granicę 25°C; wartość ta jest uważana za początkową temperaturę letalną dla dorosłych osobników i jest szczególnie niebezpieczna w obliczu niskiego stężenia tlenu rozpuszczonego. W tym kontekście należy podkreślić, że obecność pstrągów zależy także od wielu innych czynników środowiskowych (pH wody, dostępności pokarmu, prędkości przepływu wody, odpowiedniego substratu dna), których analiza nie była przedmiotem niniejszego opracowania.

Podziękowania

Autor wyraża wdzięczność dr. Stanisławowi Ciosowi za merytoryczne uwagi udzielone podczas przygotowywania niniejszej pracy. Autor składa również podziękowania dla Urzędu Gminy i Miasta Grójec za udostępnienie danych dotyczących parametrów zbiornika w Głuchowie.

Literatura

- Bartnik, A. i Moniewski, P. (2012). Basic physico-chemical water parameters of a small river and their changes caused by the presence of water reservoirs on the example of the Dzierzazna River. W A. Grześkowiak, B. Nowak i B. Grzonka (red.), *Anthropogenic and natural transformations of lakes Vol. 6.* (strony 7-17). Poznań: IMGW-PIB.
- Bellucci, C.J., Becker, M. i Beauchene, M. (2011). *Effects of small dams on aquatic biota in two Connecticut streams.* Hartford: Connecticut Department of Energy and Environmental Protection.
- Cios, S. (2003). Uwagi nad występowaniem pstrągów, troci, łososi i lipieni w wodach Polski w dawnych czasach. *Roczniki Naukowe PZW*, 16, 17-32.
- Crisp, D.T. (1993). The environmental requirements of salmon and trout in fresh water. *Freshwater Forum*, 3, 176-202.
- Cyberska, B. (1975). Wpływ zbiornika retencyjnego na transformację naturalnego reżimu termicznego rzeki. *Prace Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej*, 4, 45-105.
- Elliott, J.M. (1981). *Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts.* New York: Academic Press.
- Elliott, J.M. i Elliott, J.A. (2010). Temperature requirements of Atlantic Salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *Journal of Fish Biology*, 77, 1793-1817. doi: 10.1111/j.1095-8649.2010.02762.x.
- Horne, B.D., Rutherford, E.S. i Wehrly, K.E. (2004). Simulating effects of hydro-dam alteration on thermal regime and wild steelhead recruitment in a stable-flow lake Michigan tributary. *River Research and Applications*, 20, 185-203. doi: 10.1002/rra.746.
- Lessard, J.L. i Hayes, D.B. (2003). Effects of elevated water temperature on fish and macroinvertebrate communities below small dams. *River Research and Applications*, 19, 721-732. doi: 10.1002/rra.713.

- Moore, J.N., Arrigoni, A.S. i Wilcox, A.C. (2012). Impacts of Dams on Flow Regimes in Three Headwater Subbasins of the Columbia River Basin, United States. *Journal of the American Water Resources Association*, 48 (5), 925-938. doi: 10.1111/j.1752-1688.2012.00660.x.
- Olden, J.D. i Naiman, R.J. (2010). Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity. *Freshwater Biology*, 55, 86-107. doi: 10.1111/j.1365-2427.2009.02179.x.
- Penczak, T., Głowacki, Ł., Galicka, W. i Koszaliński, H. (1998). A long-term study (1985–1995) of fish populations in the impounded Warta River, Poland. *Hydrobiologia*, 368, 157-173. doi: 10.1023/A:1003246115666.
- Santucci, V.J., Gephard, S.R. i Pescitelli, S.M. (2005). Effects of Multiple Low-Head Dams on Fish, Macroinvertebrates, Habitat, and Water Quality in the Fox River, Illinois. *North American Journal of Fisheries Management*, 25, 975-992. doi: 10.1577/M03-216.1.
- Webb, B.W. i Walling, D.E. (1996). Long-term variability in the thermal impact of river impoundment and regulation. *Applied Geography*, 16, 211-223. doi: 10.1016/0143-6228(96)00007-0.
- Wiatkowski, M. (2008). Wyniki badań jakości wody dopływającej i odpływającej z małego zbiornika wodnego Młyny na rzece Julianpolka. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 9, 297-318.
- Wiejaczka, Ł. (2011). Wpływ zbiornika retencyjnego na relacje między temperaturą wody w rzece a temperaturą powietrza. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 20 (3), 183-195.
- Wiejaczka, Ł., Kijowska-Strugała, M., Pierwoła, P. i Nowak, M. (2014). Termiczna charakterystyka zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne. *Gospodarka Wodna*, 1, 28-36.
- Włodarczyk, A. (2006). Wpływ jazu w Konstancinie-Jeziornej na kształtowanie się jakości i ilości zasobów wodnych oraz roślinności wodnej rzeki Jeziorki. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 15, 121-129.

Streszczenie

Wpływ niewielkich zbiorników na temperaturę wody rzek nizinnych na przykładzie Jeziorki i Rządzy. W pracy dokonano analizy wpływu niestratyfikowanych zbiorników wodnych na transformację ustroju termicznego niewielkich rzek nizinnych w letnim półroczu hydrologicznym 2014 roku. Pomiary terenowe przeprowadzono na przykładzie zbiornika w Gluchowie na rzece Jeziorce i zbiornika w Rządzy na rzece Rządzy za pomocą cyfrowych rejestratorów temperatury. Poniżej zbiorników stwierdzono wyraźne podwyższenie średnich, maksymalnych i minimalnych miesięcznych wartości temperatury wody. Wykazano także znaczne skrócenie czasu trwania optymalnej temperatury wody dla pstrąga potokowego oraz wydłużenie czasu trwania górnej początkowej temperatury letalnej dla narybku pstrąga. Wnioski wydają się szczególnie cenne z punktu widzenia optymalizacji gospodarki rybacko-wędkarskiej.

Summary

The influence of small reservoirs on lowland stream water temperature on the example of Jeziorka and Rządza rivers. The paper presents an analysis of the impact of unstratified water reservoirs on stream thermal regime transformation in the summer period of the hydrological year 2014. Field measurements were carried out using digital temperature data loggers on the example of the Gluchów reservoir (Jeziorka river) and Rządza reservoir (Rządza river). Results showed a clear increase in the average, maximum and minimum monthly values of water temperature below the reservoirs. It was also found that below the reservoirs duration of the brown trout thermal optimum was significantly decreased and the duration of the upper incipient lethal temperature for brown trout fries was slightly increased. Conclusions appear to be particularly valuable in the context of optimizing fisheries management.

Author's address:

Maksym Łaszewski
Uniwersytet Warszawski
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Instytut Geografii Fizycznej
Zakład Hydrologii
ul. Krakowskie Przedmieście 30
00-927 Warszawa
Poland
e-mail: m.laszewski@uw.edu.pl