

GRZEGORZ RADTKE<sup>1\*</sup>, RAFAŁ BERNAŚ<sup>1</sup>, DARIUSZ PŁĄCHOCKI<sup>2</sup>,  
PAWEŁ PRUS<sup>3</sup>, WIESŁAW WIŚNIEWOLSKI<sup>3</sup>

**CZY TAMA WE WŁOCŁAWKU NADAL WPŁYWA NA ICHTIOFAUNE  
DOLNEJ WISŁY?  
– NIEKTÓRE DANE ICHTIOLOGICZNE I ŚRODOWISKOWE**

IS THE DAM AT WŁOCŁAWEK STILL AFFECTING THE FISH FAUNA OF  
THE LOWER VISTULA RIVER? – SOME OF ICHTHYOLOGICAL AND  
ENVIRONMENTAL DATA

<sup>1</sup> Instytut Rybactwa Śródlądowego, Zakład Ryb Wędrownych  
Rutki 49, 83-330 Żukowo k. Gdańska

<sup>2</sup> Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Zakład Hydrobiologii, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń

<sup>3</sup> Instytut Rybactwa Śródlądowego, Zakład Rybactwa Rzecznego  
Żabieniec, ul. Główna 48, 05-500 Piaseczno

**ABSTRACT**

The paper contains an overview of data on selected hydrological parameters and on fish fauna in the lower Vistula River in the period before and after the Włocławek dam construction, including recent data. After the damming, increased water temperature and decreased flows (greater evaporation) have been observed in the lower course of the Vistula. However, these changes were stronger close to the reservoir, and gradually disappeared with the increase of the downstream distance from it. As regards the fish fauna, there has been a strong decline in commercial fishing in all of the lower Vistula sections analysed. The strongest drop concerned the migratory species, such as: vimba bream *Vimba vimba*, sea trout *Salmo trutta* and Atlantic salmon *Salmo salar*, but also some rheophils. Additionally, the expansion of invasive species, mainly gobiids, was registered in all segments. In view of the climate changes observed, the fish fauna of the lower Vistula is subjected to combined environmental factors.

**Key words:** dam impact, water discharge, temperature, riverbed degradation, climatic change

---

\* Autor do korespondencji: [grad@infish.com.pl](mailto:grad@infish.com.pl)

## 1. WSTĘP

Według klasyfikacji opartej o długość i wielkość dorzecza, Wisła należy do rzek dużych (Bajkiewicz-Grabowska i Mikulski 1993) i jest najdłuższą rzeką uchodzącą do Bałtyku. Powierzchnia jej dorzecza wynosi 194 tys. km<sup>2</sup>, co stanowi 54% powierzchni Polski (Czarnecka 2005). W przyujściowym odcinku, z terenu zlewni odprowadza do Zatoki Gdańskiej średnio 1055 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> wody (Majewski 2016). Ze względu na wielkość i charakter rzeki, w dolnym biegu stanowi ona specyficzne siedlisko zarówno dla ryb na stałe w niej bytujących jak i dla gatunków wędrownych, migrujących z i do Bałtyku (Fot. 1).

Historyczne bogactwo ichtiofauny w dolnej Wiśle opisywane było w licznych publikacjach dotyczących wielkości i struktury połowów rybackich (Seligo 1902, 1910, Błażejowski 1934, Wyszczelacew 1938, Bartel 1995). Jednak już od połowy XIX w. prowadzono tam intensywne prace regulacyjne (Banach 1998). W obliczu dotkliwych powodzi, w końcu XIX wieku pierwotna delta Wisły została przekształcona poprzez odcięcie wcześniejszych jej ramion (Nogatu, Wisły Elbląskiej – Szkarpany i Wisły Gdańskiej – Martwej Wisły) i budowę tzw. przekopu w ujściu rzeki w okolicy Świbna. Te przekształcenia były najprawdopodobniej zasadniczymi czynnikami skutkującymi zanikiem pierwotnych migracji niektórych gatunków, np. jesiotra i ciosy (Backiel 1995, Bartel 1995). Kontynuowane w XX w. przekształcenia koryta związane były z naprawą istniejących umocnień oraz budową kolejnych ostróg (Babiński 1992).

Zasadniczym problemem środowiskowym związanym z Wisłą jest usytuowanie tamy we Włocławku na 674,8 km biegu rzeki (Babiński i Grześ 1995, WWF 2001, Habel 2013). Inwestycja ta w założeniach miała być jednym z elementów planu kaskadyzacji dolnej Wisły (Fot. 2). Głównym celem ówczesnego projektu było wykorzystanie rzeki do celów energetycznych, a także żeglugowych (transport rzeczny) i rekreacyjnych. Jednocześnie zabudowa hydrotechniczna koryta Wisły miała pełnić funkcję przeciwpowodziową. W kolejnych fazach zabudowy Wisły planowano wybudowanie łącznie 9 stopni od Wyszogrodu do Tczewa (Szupryczyński 1986, Babiński 1992, Babiński i Grześ 1995). W pierwszym etapie powstała tama oraz zbiornik we Włocławku, którego piętrzenie rozpoczęto w 1968 r., a zakończono w 1970 r. W efekcie powstał największy pod względem powierzchni zbiornik zaporowy w Polsce.

Obecnie wiadomo, że Zbiornik Włocławski, jako jedyny spośród dotychczas wybudowanych, nie spełnił pokładanych w nim nadziei, stając się jednocześnie obiektem kłopotliwym w utrzymaniu (Grześ 1991, Babiński 1992, Babiński i Grześ 1995). Po wybudowaniu stopnia wodnego nastąpiły istotne zmiany w środowisku dolnego odcinka Wisły, zarówno w odniesieniu do warunków hydrologicznych i hydromorfologicznych rzeki, jak i do jego wartości przyrodniczej (WWF 2001, Płachocki i Doboszewski

2017). Poniżej zapory nastąpiły silne procesy erozji wglębnej, zagrażające funkcjonowaniu tej budowli (Babiński 1992, Habel 2013).

Pomimo zainstalowania przepławki, zapora we Włocławku stworzyła istotną barierę dla migracji ryb w Wiśle. Po wybudowaniu tamy stwierdzono silny spadek liczebności populacji gatunków anadromicznych, takich jak: troć i losoś oraz certa, których podstawowe tarliska znajdowały się w karpackich dopływach Wisły. Skutkiem tego był upadek rybactwa rzecznoego w dolnej Wiśle, opartego głównie o gatunki wędrowne (Wiśniewolski 1987, Backiel i Penczak 1989). Wybudowana przepławka dla ryb przez długi okres nie spełniała swojej funkcji, głównie z powodu obniżania się poziomu wody i trudności w znalezieniu do niej wejścia przez ryby (Bontemps 1977, Linnik i inni 1998, Bartel i inni 2007). Dopiero po ponad 40 latach została ona zmodernizowana pod kątem możliwości migracyjnych ryb i poddana monitoringowi (Dębowski 2016, 2017).

Wiele prac naukowych obrazuje oczywisty, negatywny wpływ zapór na gatunki wędrowne. Jednak obok bezpośredniego ograniczenia możliwości migracji ryb, wśród poważnych zmian środowiskowych generowanych przez zapory są zmiany reżimu hydrologicznego i termicznego rzeki poniżej. W efekcie następują zmiany troficzne i siedliskowe na odcinku poniżej piętrzenia, skutkujące zanikiem pierwotnie występujących zespołów ryb i innych organizmów związanych ze środowiskiem rzecznoym (Power i inni 1996, Allan 1998, Anderson i inni 2006, Agostinho i inni 2008). Wpływ powstania tamy we Włocławku na zanik cennych gospodarczo ryb wędrownych w Wiśle jest dobrze opisany (np. Wiśniewolski 1987, Backiel i Penczak 1989, Bartel 2002, Bartel i inni 2007). Brak jest jednak szczegółowych badań wpływu funkcjonowania tamy na struktury zespołów innych gatunków na stałe bytujących w rzece, w tym rodzimych gatunków cennych przyrodniczo i chronionych, a także inwazyjnych.

Uwzględniając narastające zagrożenia dla środowiska przyrodniczego tego odcinka wynikające ze zmian klimatycznych, a ostatnio przede wszystkim z planów dalszej zabudowy hydrotechnicznej koryta rzecznoego, powstaje potrzeba szerszego rozpoznania zjawisk zachodzących w środowisku Wisły na odcinku poniżej zbiornika we Włocławku. Dolna Wisła pełni funkcję ważnego korytarza ekologicznego i stanowi obszar o wybitnych walorach przyrodniczych (Fot. 3 i 4), stwarzający możliwości ochrony siedlisk i gatunków rzadkich oraz wymierających (Kajak 1993, Gacka-Grzesikiewicz 1995). Usytuowane wzdłuż biegu rzeki obszary Natura 2000 (Kampinoska Dolina Wisły PLH140029, Włocławska Dolina Wisły PLH040039, Nieszawska Dolina Wisły PLH040012, Dybowska Dolina Wisły PLH040011, Solecka Dolina Wisły PLH040003 oraz Dolna Wisła PLH220033) utworzono dla zachowania i ochrony unikalnych jeszcze walorów środowiska tej rzeki, w tym ze względu na jej wartość dla cennych gatunków ryb. Celem niniejszej pracy jest wskazanie niektórych, charakterystycznych zjawisk związanych z funkcjonowaniem zapory we

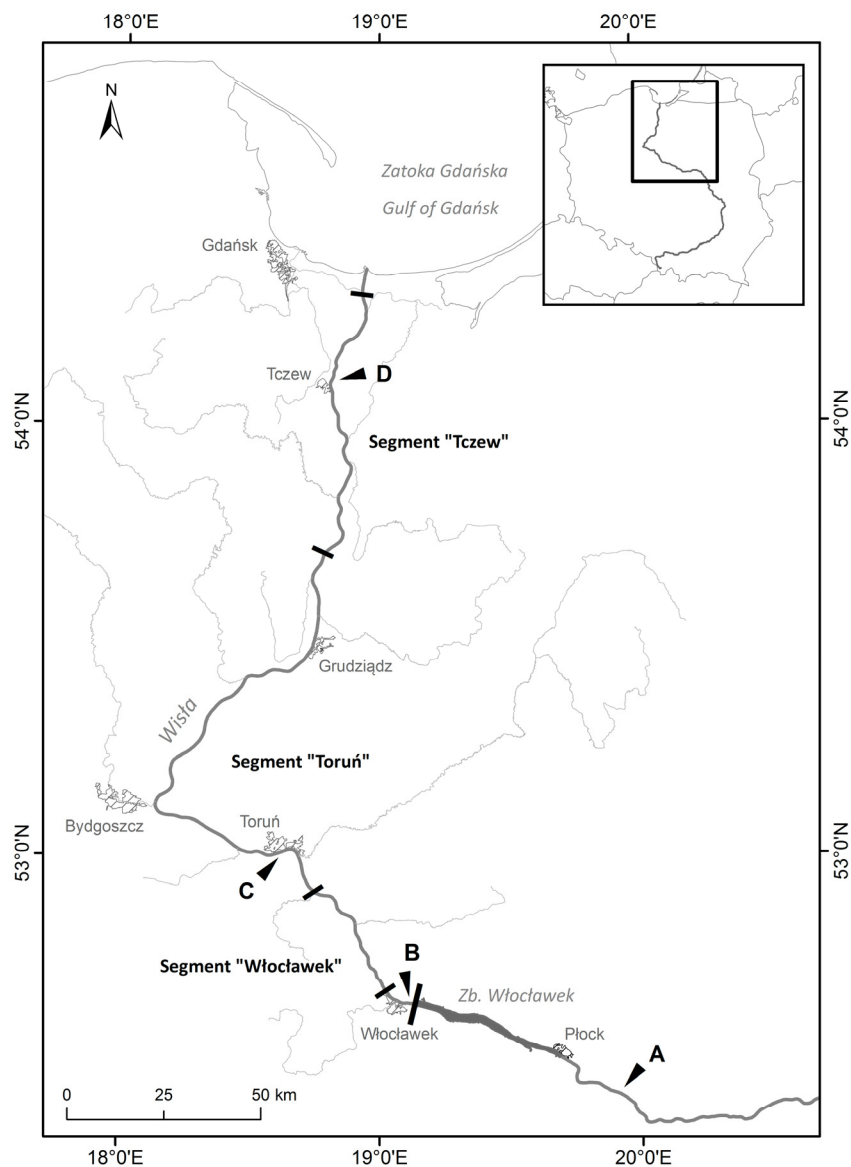
Włocławku, skutkujących długotrwałymi zmianami w środowisku rzeczonym dolnego biegu Wisły oraz próba oceny ich wpływu na skład ichtiofauny rzeki.

## 2. TEREN BADAŃ

Analizą danych ichtiofaunistycznych oraz hydrologicznych objęto niemal cały odcinek dolnej Wisły poniżej tamy we Włocławku (Rys. 1). Średni spadek rzeki w tym biegu wynosi 0,18‰. Przy średnich przepływach prędkość wody wynosi 0,2–0,6 m s<sup>-1</sup>, natomiast przy najwyższych stanach przekracza 1,0 m s<sup>-1</sup> (Babiński 1992, Habel 2013). Rzeka charakteryzuje się znaczną sezonową zmiennością przepływów, wynikającą z przekształcenia zlewni i wpływu dopływów położonych w górnej części dorzecza. Średnie roczne przepływy (SQ) w wieloleciu 1951–2016 dla przekroju w Toruniu mieściły się najczęściej w granicach 600–1600 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (Rys. 2). Wartości rocznych przepływów ekstremalnych (NQ i WQ) wynosiły odpowiednio 205 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (1992 r.) i 6890 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (1962 r.). Średnie roczne temperatury wody w analizowanym okresie były w zakresie 9,1–11,8°C, przy czym w ostatnim okresie wykazują one wyraźny trend wzrostowy (Rys. 2). W kilku ostatnich latach wystąpiły ekstremalne sytuacje hydrologiczne. Wysoka fala powodziowa wystąpiła w omawianym obszarze ostatnio w 2010 roku (Wierzbicki i inni 2012), natomiast skrajna niżówka miała miejsce niedawno, bowiem w 2016 roku (Płachocki i Doboszewski 2017).

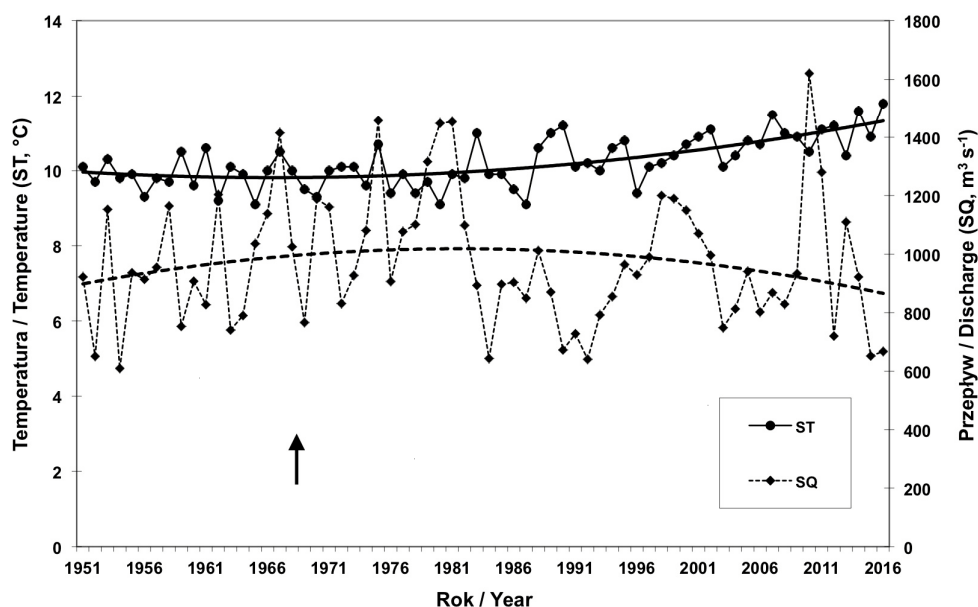
Koryto w dolnym biegu Wisły poddane zostało pracom regulacyjnym już w XIX w. Skala przekształcenia poszczególnych odcinków jest jednak zróżnicowana (Banach 1998). Najsilniej uregulowany odcinek obejmuje obszar dawnego zaboru pruskiego, tj. poniżej ujścia Tażyny, stanowiący obecnie obwody rybackie nr 2–4 (w niniejszej pracy – segment „Toruń”) oraz nr 5 i 6 (segment „Tczew”). Prace regulacyjne miały na celu zapewnienie odpowiedniej głębokości rzeki w celach żeglugowych i swobodnego spływu lodu. Wybudowano wówczas szereg ostróg na obu brzegach, doprowadzając do silnego zwężenia (niemal dwukrotnie) i wyprostowania koryta, przy jednoczesnym uruchomieniu procesów nasilonej erozji dennej (Babiński 1992).

W zdecydowanie mniejszym stopniu koryto rzeki zostało przekształcone na odcinku pomiędzy Włocławkiem a ujściem Tażyny (w niniejszej pracy – segment „Włocławek”). Rzeka w tym fragmencie tylko częściowo została poddana regulacji, zachowując w znacznym stopniu naturalny i urozmaicony charakter roztokowy z obecnością koryt bocznych (Babiński 1992). Jednakże istotny wpływ na ten odcinek wywiera funkcjonowanie Zbiornika Włocławskiego. Wpływ ten przejawia się głównie w zaburzeniu naturalnego reżimu hydrologicznego oraz pogłębiającym się deficycie rumowiska wleczonego (Habel 2013).



**Rys. 1.** Rozmieszczenie poszczególnych segmentów ujętych w opracowaniu (krótsze kreski oznaczają granice odcinków, dłuższa kreska – tama we Włocławku), oraz punktów pomiarowych IMiGW-PIB (strzałki) w dolnej Wiśle: A – Kępa Polska, B – Włocławek, C – Toruń, D – Tczew.

**Fig. 1.** Distribution of segments included in the study (short lines indicate the boundaries of the sections, longer line – the Włocławek dam), and also IMiGW-PIB measuring points (arrows) in the lower Vistula River: A – Kępa Polska, B – Włocławek, C – Toruń, D – Tczew.



**Rys. 2.** Przebieg średnich rocznych temperatur wody (ST, °C) oraz przepływów (SQ,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) w przekroju Toruń w wieloletiu 1951–2016. Strzałka oznacza moment utworzenia zbiornika.

**Fig. 2.** Course of mean annual water temperatures (ST, °C) and flow (SQ,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) at Toruń in the period 1951–2016. Arrow indicates the moment of completion of the dam building.

Budowę Zbiornika Włocławskiego rozpoczęto w 1962 roku (Babiński i Grześ 1995). Piętrzenie rozpoczęto pod koniec 1968 roku, a za moment ostatecznego spiętrzenia uważany jest rok 1970. Powstały zalew ma powierzchnię  $75 \text{ km}^2$  oraz długość ok. 56 km. Zbiornik jest stosunkowo płytki, bowiem jego średnia głębokość wynosi 5,6 m, a w najgłębszym miejscu osiąga ok. 14 m (Babiński i Grześ 1995, Habel 2013). Zbiornik Włocławski jest tzw. zbiornikiem przepływowym, bowiem wobec objętości sięgającej  $408 \text{ mln m}^3$ , wymiana wody przy średnim przepływie wynosi przeciętnie 5 dni (Babiński i Grześ 1995).

Stożek we Włocławku pełni funkcję energetyczną. Elektrownia wyposażona jest w turbozespół o maksymalnej mocy zainstalowanej  $162 \text{ MW/h}$  (Babiński i Grześ 1995). Elektrownia ta w znacznym stopniu oddziałuje na przepływy w Wiśle. W historii pracy elektrowni można wyróżnić 3 okresy jej eksploatacji, tj.: w trybie szczytowo-interwencyjnym (1970–2002), w trybie ciągłego przepływu (2002) oraz w systemie remontowo-interwencyjnym, od roku 2002 (Habel 2013). Każdy z tych okresów charakteryzował się

odmiennymi warunkami wykorzystania wody i zróżnicowaniem przepływów, a w konsekwencji zmianami środowiskowymi poniżej tamy. Najsilniejsze wahania stanów wody poniżej stopnia obserwowano podczas pracy w latach 1970–2002 w trybie szczytowo-interwencyjnym, co uznawane jest za główną przyczynę silnej erozji wgłębnej poniżej Włocławka (Babiński 1992, Habel 2013). Aktualnie sztucznie generowane zmiany poziomu wody w rzece poniżej stopnia związane są głównie z koniecznością zapewnienia warunków żeglugi dużym jednostkom, dla których generuje się sztuczne wezbrania (tzw. alimentacja dolnego stanowiska stopnia), a także z okresowym wstrzymywaniem przepływu na potrzeby prac konserwacyjno-remontowych (Habel 2013, Habel i Babiński 2015). W wyniku tych zrzutów, zmiany stanów wody widoczne są aż do Tczewa, przy czym do Grudziądza przekraczają one graniczną wartość dla naturalnych wezbrań.

### 3. MATERIAŁY I METODY

Spośród parametrów środowiskowych, podstawowy materiał dotyczący hydrologii Wisły stanowiły dane z Roczników Hydrologicznych Wód Powierzchniowych (Wisła) z lat 1955–1983 oraz z okresu do 2016 z materiałów udostępnionych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW-PIB). W pracy uwzględniono parametry dla poszczególnych lat hydrologicznych (listopad–październik), takie jak: średni roczny przepływ (SQ), najniższy roczny przepływ (NQ) oraz średnie przepływy za półrocze letnie (SQ lato, maj–październik) i zimowe (SQ zima, listopad–kwiecień). Podobnie, analizie poddano przebieg temperatur charakterystycznych wody, jak: średnia roczna temperatura (ST), średnia temperatura za półrocze letnie (ST lato) i zimowe (ST zima) oraz temperatury maksymalne w danym roku (WT rok,  $T_{maks.}$ ). Wszystkie powyższe parametry charakterystyczne określono dla punktów powyżej Zbiornika Włocławskiego (Kępa Polska) oraz osobno poniżej zbiornika dla punktów pomiarowych we Włocławku, Toruniu i Tczewie (Rys. 1). W przypadku kilku okresów przed budową zapory, braki danych uzupełniono w oparciu o silną, wysoce istotną korelację z najbliższym, sąsiednim punktem pomiarowym. Na podstawie ustalonych wartości parametrów określono różnice pomiędzy punktem powyżej zbiornika a poszczególnymi punktami poniżej niego w kolejnych latach (1955–1986). Takie podejście eliminuje wpływ innych czynników środowiskowych i trendów (np. klimatycznych) w badanym okresie. Analizę statystyczną pomiędzy różnicami przepływów ( $\Delta Q$ ) oraz różnicami temperatur ( $\Delta T$ ) przeprowadzono dla okresu przed i po powstaniu zbiornika w oparciu o test U Manna-Whitneya dla punktów: Kępa Polska i Włocławek (Tab. 1). Za moment zablokowania rzeki i utworzenia zbiornika przyjęto przełom lat 1969/1970.

Dane na temat zmian w ichtiofaunie dolnej Wisły obejmowały: wyniki komercyjnych odłowów rybackich, wyniki przybrzeżnych odłowów agre-

gatem elektrycznym oraz inne dane ichtiofaunistyczne (połowy alchamem, włoczkiem, monitoring przepławki we Włocławku). Uwzględnione połowy rybackie odnoszą się praktycznie do całego odcinka dolnej Wisły poniżej Włocławka, bez krótkiego fragmentu w okolicy ujścia – tzw. przekopu (Rys. 1). W okresie 1953–1978 materiał obejmował połowy zarejestrowane przez ówczesne spółdzielnie rybackie, tj.: „Certa” we Włocławku, „Sandacz” w Toruniu, „Łosoś” w Bydgoszczy” oraz „Troć” w Tczewie (Poczopko 1955, Poczopko i Słonowski 1958, Wiśniewolski 1987). Współczesne dane dotyczące połowów rybackich uzyskano od aktualnych użytkowników obwodów rybackich nr 1–6 w dolnej Wiśle. Materiał podzielono na odcinki rzeczne (segmenty) według użytkowanych aktualnie odcinków w Wiśle, tj.: segment „Włocławek” (obwód rybacki nr 1, km 684–718, użytkownik firma „Salar”, dawniej spółdzielnia „Certa”), segment „Toruń” (obwód rybacki nr 2–4, km 718–859, użytkownik ZO PZW Toruń, dawniej spółdzielnie rybackie „Sandacz” i „Bydgoszcz”) oraz segment „Tczew” (obwód rybacki nr 5–6, km 859–935, użytkownik ZO PZW Gdańsk, dawniej spółdzielnia „Troć”). Wyniki połowów przedstawiono w przeliczeniu na 1 km biegu rzeki. W segmencie „Toruń” od 2009 roku połowy rybackie nie są prowadzone.

Materiał z przybrzeżnych odłowów elektrycznych stanowiły dane opublikowane (Wiśniewolski i inni 2001, Radtke i inni 2016, Płachocki 2017) oraz wyniki zebrane przez autorów podczas innych połowów prowadzonych w dolnej Wiśle (dane do raportu OOS przedsięwzięcia „Elektrownia Północ w Rajkowach”, materiały IRŚ, Płachocki D. – materiały niepublikowane). Dane przedstawiono jako udział liczbowy (%) poszczególnych gatunków, bez uwzględnienia drobnych, nieoznaczonych ryb karpiowatych (Tab. 2). W przypadku gdy odłowy obejmowały więcej niż jeden rok, udziały przedstawiono dla skompilowanych danych w badanym okresie. Pozostałe materiały ichtiofaunistyczne opierały się na wynikach krótkookresowych połowów alchamem w rejonie Tczewa, prowadzonych w październiku 2011 (materiały IRŚ, w ramach projektu „Plan gospodarowania zasobami węgorza w Polsce”). Narzędzie to stanowił zwięzający się worek z sieci o długości 16,1 m, szerokości maksymalnej 3,7 m i o rozmiarach oczka 10–20 mm. Uwzględniono także połowy włoczkiem narybkowym w rejonie Torunia (Kakareko i inni 2009) oraz wyniki monitoringu przepławki stopnia wodnego we Włocławku (Bontemps 1977, Bartel i inni 2007, Dębowski 2016, 2017). Powyższe materiały uzupełniono o wyniki ankietyzacji wędkarzy na odcinku Tczew (materiały Z.O. PZW w Gdańsku), (Tab. 3). Nazwy poszczególnych gatunków i rodzin przyjęto za fishbase (WWW.fishbase.org, 2018).



**Tabela 1.** Średnie różnice charakterystycznych wartości przepływów ( $\Delta Q$ ) i temperatury wody ( $\Delta T$ ) w dolnej Wiśle powyżej (Kępa Polska) i poniżej Zbiornika Włocławskiego (Włocławek) w okresie przed (1955–1969) i po jego utworzeniu (1970–1986). Istotność różnic – test U Manna-Whitneya.

**Table 1.** Average differences between characteristic values of flow ( $\Delta Q$ ) and water temperature ( $\Delta T$ ) in the lower Vistula River above (Kępa Polska) and below the Włocławek Reservoir (Włocławek) in the period before (1955–1969) and after the dam construction (1970–1986). Statistical significance – Mann-Whitney U test.

Okres / Period	1955–1969	1970–1986	
$\Delta Q$ , Kępa Polska – Włocławek ( $m^3 s^{-1}$ )			
SQ rok / SQ year	– 51,7	18,9	$p < 0,001$
SQ lato / SQ summer	– 32,6	23,0	$p < 0,001$
SQ zima / SQ winter	– 67,2	13,8	$p < 0,001$
NQ rok / NQ year	– 12,7	75,3	$p < 0,001$
$\Delta T$ , Kępa Polska – Włocławek ( $^{\circ}C$ )			
ST rok / ST year	– 0,15	– 0,50	$p < 0,001$
ST lato / ST summer	– 0,03	– 0,39	$p < 0,01$
ST zima / ST winter	– 0,24	– 0,61	$p < 0,001$
WT rok ( $T_{maks.}$ ) / WT year ( $T_{maks.}$ )	– 0,14	0,29	$p > 0,1$

#### 4. WYNIKI I DYSKUSJA

##### Zmiany środowiskowe

Po przegrodzeniu Wisły we Włocławku, w związku z zahamowaniem transportu rumowiska wlezonego rozpoczęła się silna erozja wglębna poniżej tamy, powodując radykalne przekształcenie koryta i struktury dna na odcinku rzeki poniżej Włocławka (Habel 2013). Rzędna dna rzeki na znacznym odcinku poniżej zapory obniżyła się o ok. 4 m. Jednocześnie nastąpiły istotne zmiany innych podstawowych parametrów hydrologicznych i hydromorfologicznych (Babiński 1992, Babiński i Grześ 1995, Habel 2013). W wyniku wzrostu parowania wody z powierzchni powstałego zalewu nastąpiło zmniejszenie przepływu w dolnym biegu rzeki. W okresie pierwszych 20 lat jego funkcjonowania straty wody szacowano na  $50 m^3$  w ciągu sekundy, czyli ponad 1,5 mld  $m^3$  rocznie (Babiński i Grześ 1995). Ponadto silny wpływ na środowisko wynika ze zmienności przepływów w wyniku pracy hydroelektrowni oraz konieczności zapewnienia warunków żeglugi. Oddziaływanie to uwidacznia się nawet ponad 100 km poniżej zapory (Babiński i Grześ 1995, Habel 2013).

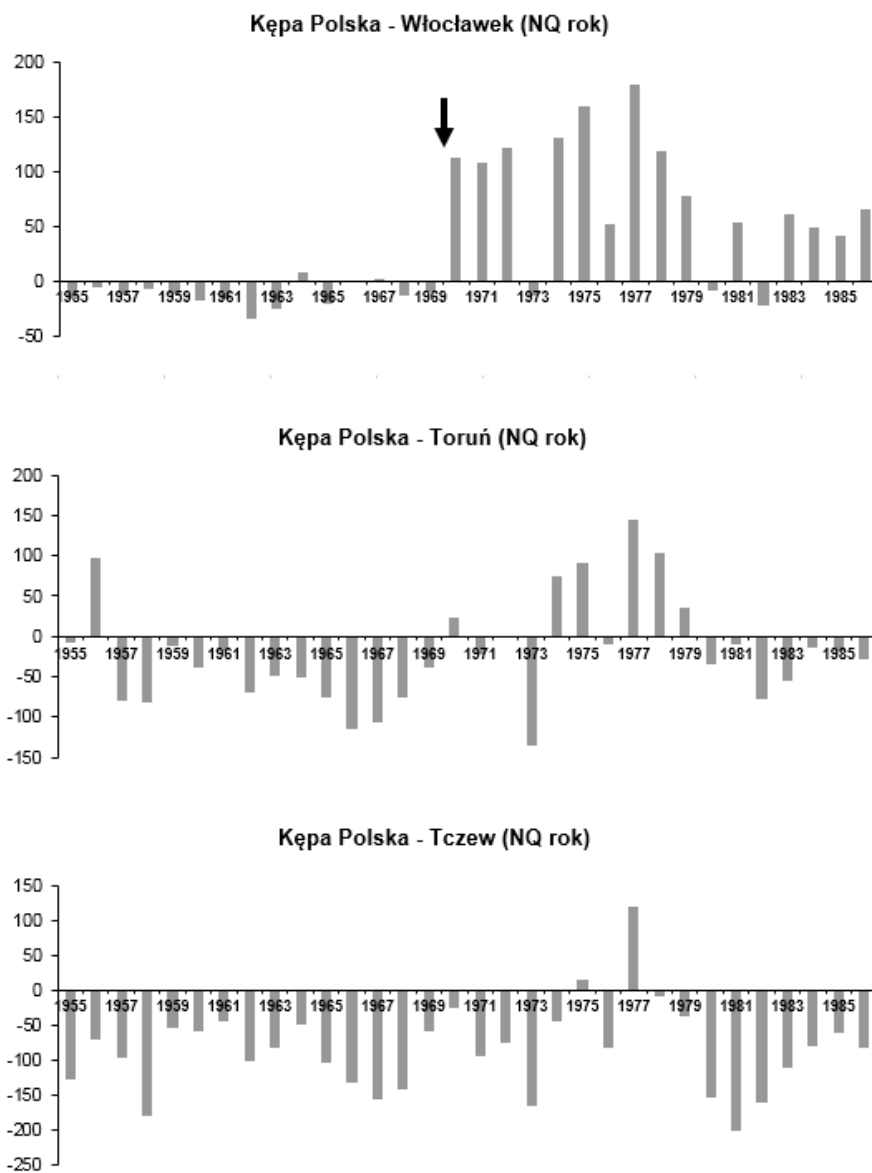
Dla wszystkich analizowanych przepływów charakterystycznych nastąpiły istotne spadki po wybudowaniu tamy (Tab. 1), przy czym największą

różnicę ( $\Delta Q$ ) obserwowano dla najniższych przepływów ( $NQ$ , Rys. 3). Ponadto, poniżej Włocławka nastąpiły zmiany termiki wody w Wiśle. Różnice temperatur charakterystycznych powyżej i poniżej tamy ( $\Delta T$ ) były istotne dla okresu przed i po jej wybudowaniu, przy czym w odniesieniu do takich parametrów jak ST rok, ST lato i ST zima nastąpił ich istotny wzrost po powstaniu zbiornika (Tab. 1, Rys. 4). Jedynie w przypadku temperatur maksymalnych ( $T_{maks.}$ ) różnice te nie były istotne (Tab. 1). Wymienione zmiany parametrów charakterystycznych najsilniej widoczne były bezpośrednio poniżej Włocławka i ulegały stopniowemu zacieraniu wraz z biegiem rzeki. W Toruniu były one mniej widoczne, natomiast dla przekroju w Tczewie wpływ ten już zanikał (Rys. 3 i 4).

W połowie ubiegłego wieku, jeszcze przed budową tamy, obserwowano znaczne pogorszenie się jakości wody w Wiśle, co miało wpływ na odłowy rybackie, a poławiane wówczas ryby często nie nadawały się do spożycia (Morawska 1968, Backiel 1983, Wiśniewolski 1987). Po utworzeniu zbiornika następuje w nim sukcesywna kumulacja zanieczyszczeń spływających ze zlewni (Gierszewski 2008, Kentzer i Giziński 2013), przez co pełni on funkcję swoistego osadnika. Jakość wód poniżej zapory jest pod silnym wpływem zbiornika (Jutrowska 2017). Bezpośrednio poniżej Włocławka występuje wysoka zmienność sezonowa stężeń substancji biogennej (azotu i fosforu) oraz parametrów tlenowych. Obserwowane są okresowe deficyty tlenowe, pomimo wydawałoby się potencjalnego wysokiego natlenienia poniżej zapory. Najprawdopodobniej wynikają one z zachodzących procesów rozkładu w osadach zbiornika (WWF 2001). Wraz z biegiem rzeki w dół od zapory zmniejsza się zawartość materii organicznej i związków biogennej, co potwierdza że naturalnie płynąca rzeka posiada znaczne możliwości do samooczyszczania. Warto odnotować, że w ostatnich latach następuje systematyczna poprawa podstawowych parametrów jakości wody na całym odcinku dolnej Wisły, zarówno w województwie kujawsko-pomorskim, jak i pomorskim (Jutrowska 2017, WIOŚ 2017).

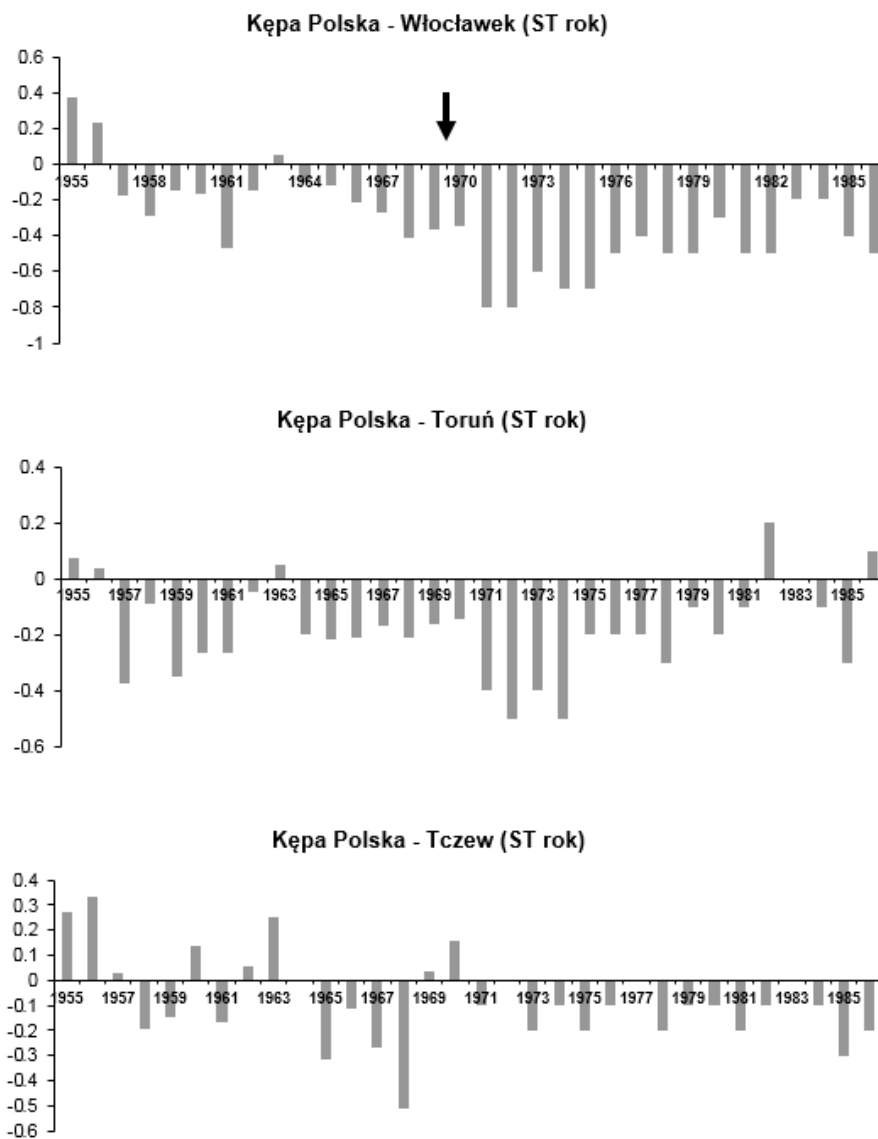
### **Zmiany ichtiofauny**

Powstanie zapory we Włocławku, poprzez odcięcie szlaku migracyjnego spowodowało silne zmniejszenie populacji gatunków wędrownych w Wiśle, stanowiących wcześniej podstawowy składnik połowów rybackich. Drastyczny spadek połowów dotyczył takich cennych gatunków jak: troć, łosoś oraz certa, wpływając zasadniczo na wielkość ogólnych połowów w całej Wiśle i przyczyniając się do upadku silnie rozwiniętego wcześniej rybactwa. W latach 50-tych ub. wieku rybactwo w dolnej Wiśle stanowiło istotną gałąź gospodarczą. Połowy stanowiły wówczas ponad 25% ogółu połowów rzecznych w kraju, a przeciętna wydajność rybacka dolnego odcinka rzeki była ponad dwukrotnie większa niż w pozostałych rzekach Polski (Poczopko i Słonowski 1958).



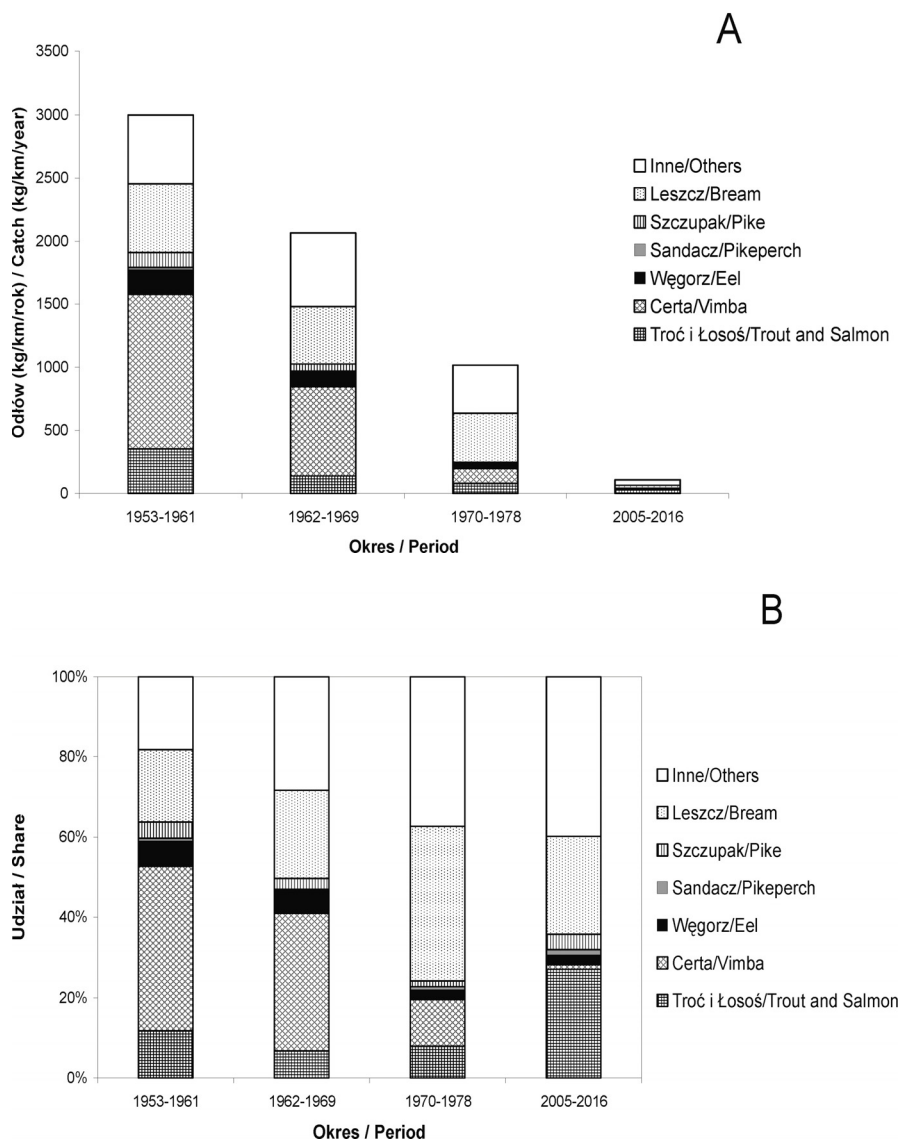
**Rys. 3.** Przebieg różnic najniższego rocznego przepływu ( $\Delta NQ$  rok,  $m^3 s^{-1}$ ) pomiędzy punktami powyżej (Kępa Polska) i poniżej Zbiornika Włocławek (Włocławek, Toruń, Tczew) w okresie 1955–1986. Strzałka oznacza moment utworzenia zbiornika.

**Fig. 3.** Course of differences of the lowest annual flow ( $\Delta NQ$  year,  $m^3 s^{-1}$ ) between points above (Kępa Polska) and below the Włocławek Reservoir (Włocławek, Toruń, Tczew) in the years 1955–1986. Arrow indicates the moment of completion of the dam building.



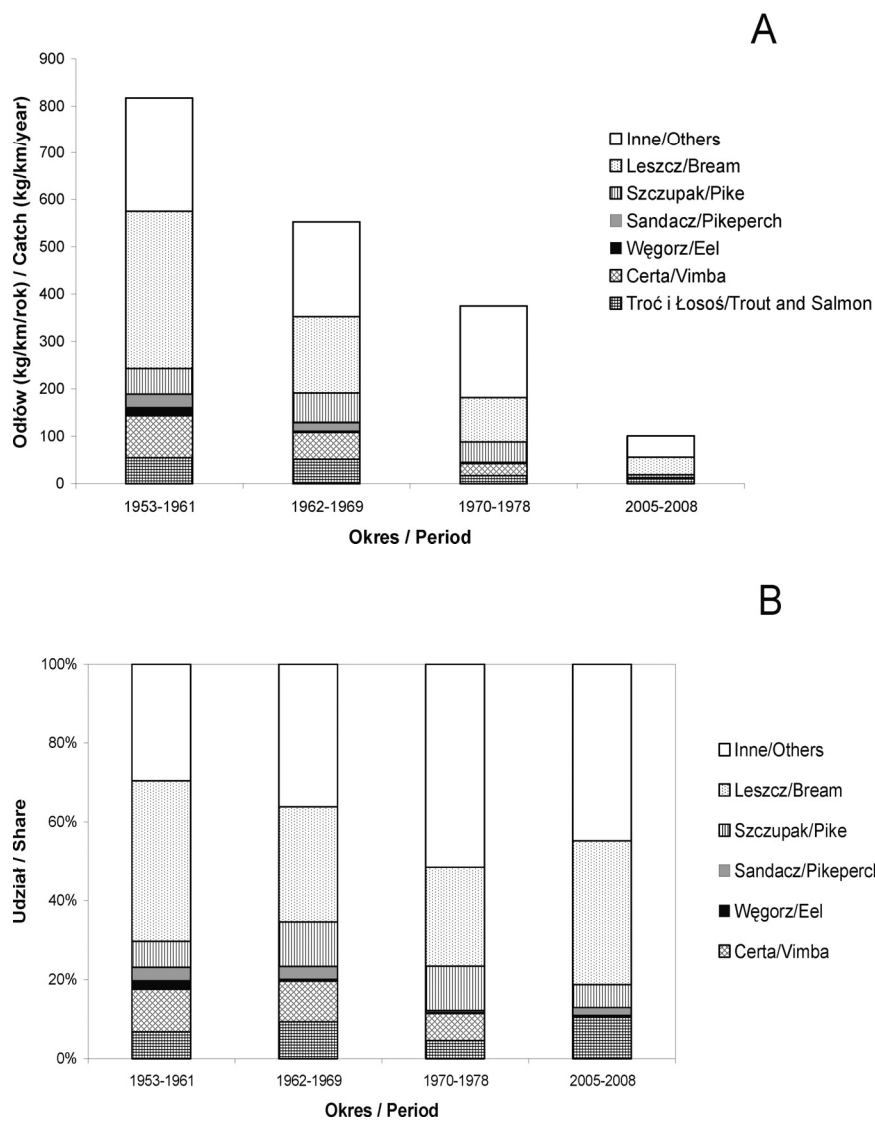
**Rys. 4.** Przebieg różnic średniej rocznej temperatury ( $\Delta$ ST rok, °C) w dolnej Wiśle pomiędzy punktami powyżej (Kępa Polska) i poniżej Zbiornika Włocławek (Włocławek, Toruń, Tczew) w okresie 1955–1986. Strzałka oznacza moment utworzenia zbiornika.

**Fig. 4.** Course of differences of annual water temperature ( $\Delta$ ST year, °C) in the lower Vistula River between points above (Kępa Polska) and below the Włocławek Reservoir (Włocławek, Toruń, Tczew) in the years 1955–1986. Arrow indicates the moment of completion of the dam building.



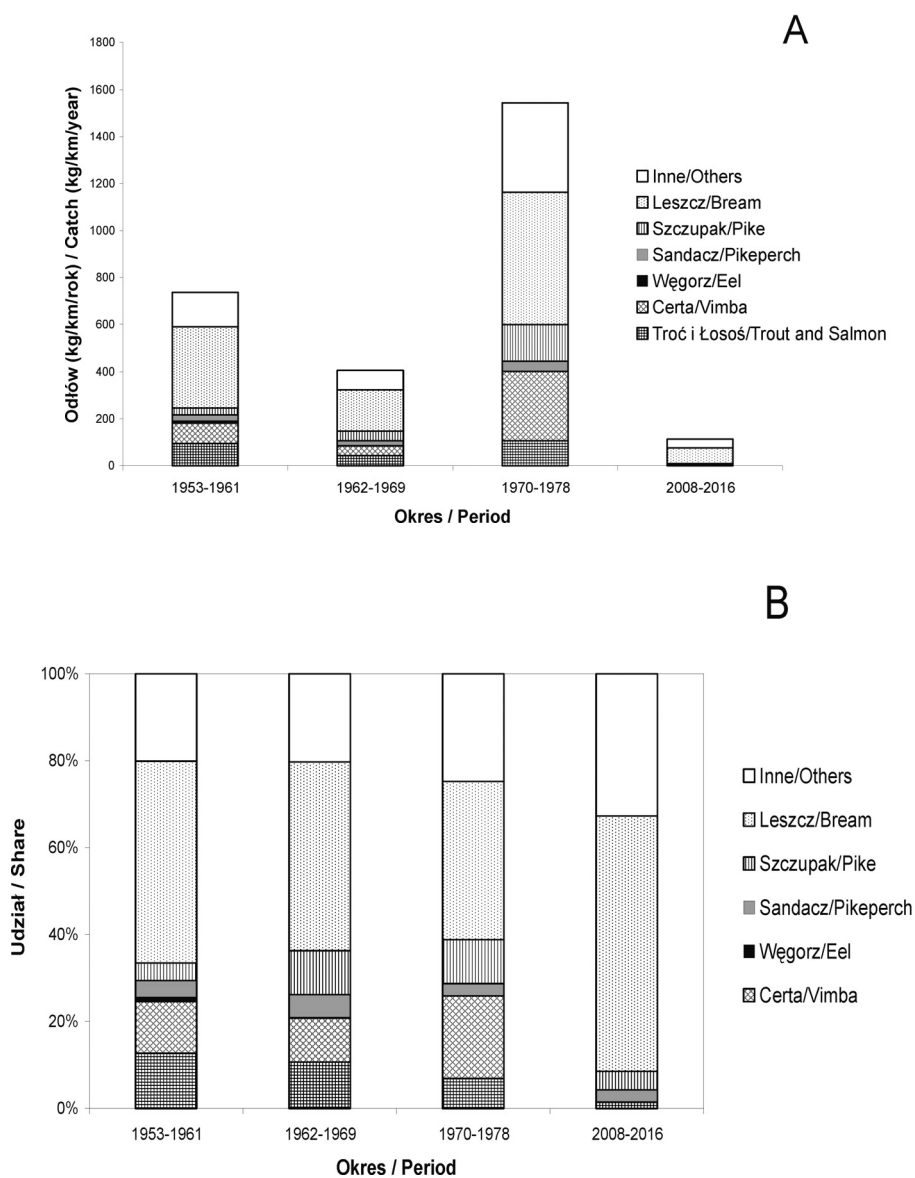
**Rys. 5.** Średnie roczne wielkości połowów ryb w okresach przed powstaniem zbiornika (1953–1961), w trakcie budowy (1962–1969), po budowie (1970–1978) oraz dane współczesne (2005–2016) w segmencie „Tczew” dolnej Wisły: A – w kg na km rzeki, B – udział procentowy.

**Fig. 5.** Average annual catches of fish in pre-reservoir period (1953–1961), under construction (1962–1969), after construction (1970–1978), and contemporary data (2005–2016) in the “Tczew” segment of the lower Vistula River: A – in kg per 1 km of river, B – in percentage share.



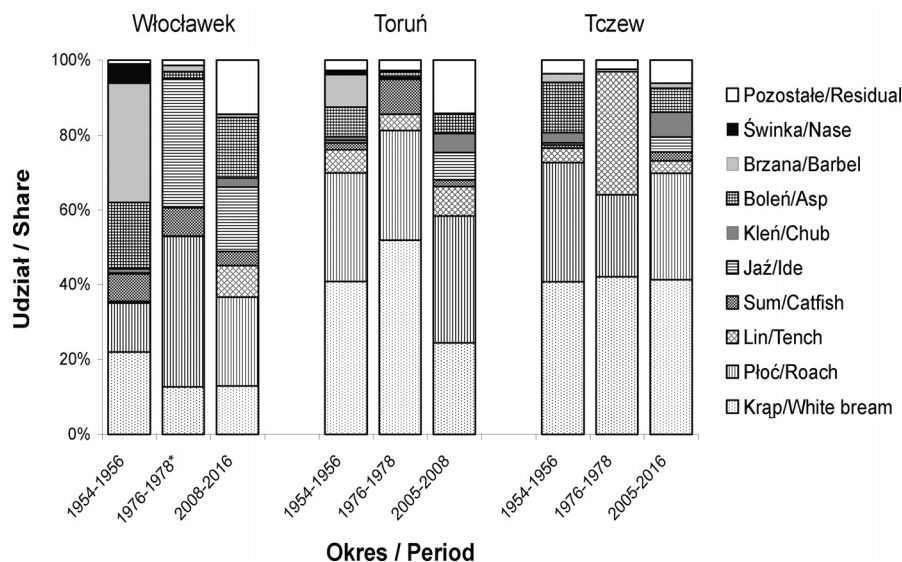
**Rys. 6.** Średnie roczne wielkości połowów ryb w okresach przed powstaniem zbiornika (1953–1961), w trakcie budowy (1962–1969), po budowie (1970–1978) oraz dane współczesne (2005–2008) w segmencie „Toruń” dolnej Wisły: A – w kg na km rzeki, B – udział procentowy.

**Fig. 6.** Average annual catches of fish in pre-reservoir period (1953–1961), under construction (1962–1969), after construction (1970–1978), and contemporary data (2005–2008) in the “Toruń” segment of the lower Vistula River: A – in kg per 1 km of river, B – in percentage share.



**Rys. 7.** Średnie roczne wielkości połowów ryb w okresach przed powstaniem zbiornika (1953–1961), w trakcie budowy (1962–1969), po budowie (1970–1978) oraz dane współczesne (2008–2016) w segmencie „Włocławek” dolnej Wisły: A – w kg na km rzeki, B – udział procentowy.

**Fig. 7.** Average annual catches of fish in pre-reservoir period (1953–1961), under construction (1962–1969), after construction (1970–1978), and contemporary data (2008–2016) in the “Włocławek” segment of the lower Vistula River: A – in kg per 1 km of river, B – in percentage share.



**Rys. 8.** Udział (% wg. biomasy) gatunków ryb wśród grupy „inne” (za Wiśniewolskim 1987) w segmentach: „Włocławek”, „Toruń” i „Tczew” dolnej Wisły, w okresach przed budową tamy (1954–1956, Poczopko, Słonowski 1958), po budowie (1976–1978, Wiśniewolski 1987) oraz współcześnie (po 2005 roku, mat. własne). (\* – na odcinku Włocławek dane w okresie 1976–1978 dotyczą także części Zbiornika Włocławskiego). Gatunki „pozostałe” to: okoń, karp, miętus, ukleja, jelec, karaś, karaś srebrzysty, stynka, sieja, tołpyga pstra, pstrąg tęczowy, amur biały.

**Fig.8.** Share (% in biomass) of fish species among the group „other” (after Wiśniewolski 1987) in the “Włocławek”, “Toruń” and “Tczew” segments of the lower Vistula River, before construction of the dam (1954–1956, Poczopko, Słonowski 1958), after construction (1976–1978, Wiśniewolski 1987), and today (since 2005, authors’ data). (\* – data from the “Włocławek” segment between 1976–1978 concern also a part of the Włocławek Reservoir). The “residual” species are: perch, common carp, burbot, bleak, dace, crucian carp, gibel carp, stint, whitefish, bighead carp, rainbow trout, grass carp.

W okresie przed rozpoczęciem budowy tamy (1953–1961) najwyższe połowy notowano w segmencie „Tczew” (ok. 3000 kg/rocznie na 1 km), przy czym blisko 60% stanowiły gatunki wędrowne (Rys. 5). W wyższych partiach rzeki („Toruń”, „Włocławek”), połowy z 1 km wynosiły około 800 kg rocznie, a podstawowym gatunkiem był leszcz (Rys. 6 i 7). W późniejszych latach, przypadających na okres budowy zbiornika (1962–1969), wielkość odłowów zmniejszyła się na wszystkich odcinkach. Na odcinku tczewskim zaczął się spadek udziału gatunków wędrownych, głównie troci/łososia, natomiast w obu wyższych segmentach wzrósł udział szczupaka (Rys. 5–7). Początkowo po wybudowaniu stopnia (okres 1970–1978) najistotniejszy spadek połowów obserwowano na odcinkach „Toruń” i „Tczew”, natomiast



bezpośrednio poniżej Włocławka odłowiony wzrosły w wyniku koncentracji ryb i łatwości ich pozyskania poniżej tamy (Wiśniewolski 1987). W ostatnim okresie spadek zarejestrowanych połowów ryb znacznie się pogłębił na całym odcinku dolnej Wisły, osiągając poziom nieco przekraczający 100 kg na 1 km biegu rzeki rocznie (Rys. 5–7).

Wraz ze spadkiem połowów najcenniejszych gatunków użytkowych w dolnej Wiśle, obserwowany był wzrost udziału „innych” gatunków. W tej grupie ryb (bez minoga rzeczno) głównie dominowały ubikwistyczne: krap i płoć (Rys. 8). Na odcinku „Włocławek” przed budową zapory (lata 1954–1956) wśród „innych” gatunków ponad połowę stanowiły reofilne: boleń, brzana i świnka (Rys. 8). Po wybudowaniu tamy wyraźnie spadł ich udział na korzyść płoci, jazia, krapia oraz lina, co można wiązać z funkcjonowaniem zbiornika. Na pozostałych odcinkach („Toruń”, „Tczew”) także nastąpił spadek udziału bolenia i brzany. Współcześnie we wszystkich fragmentach dolnej Wisły obserwowano wzrost udziału klenia i jazia oraz zdecydowanie powiększył się odsetek gatunków „pozostałych” (Rys. 8).

Odrębnym zagadnieniem jest występowanie minoga rzeczno w dolnej Wiśle. Już przed budową zapory jego połowy spadały, najprawdopodobniej na skutek zanieczyszczenia wody (Poczopko i Słonowski 1958, Morawska 1968). W późniejszym okresie udział minoga był znaczący jedynie dla odcinka „Tczew” (Wiśniewolski 1987) i gatunek ten poławiany był gospodarczo w dolnej Wiśle aż do wprowadzenia jego ochrony. Jeszcze jesienią 2004 r. na odcinku tczewskim wykazano ponad 2,5 tony minoga. Współcześnie minogi obserwowane były w przyujściowych odcinkach dopływów (Radtke i inni 2016).

Wyniki przybrzeżnych odłowów elektrycznych w dolnej Wiśle wskazują na wyraźną dominację płoci i uklei (Tab. 2). Wysoki udział miały też okoń, różanka i krap. W ostatnich latach zauważalna jest liczna obecność inwazyjnych gatunków babkowatych na całym odcinku od Włocławka do Tczewa. Z kolei krótkookresowe odłowu alchamem w 2011 roku w nurcie rzeki w okolicy Tczewa wykazały wysoki udział sapy (Tab. 3). Tak wysoka liczebność gatunków obcych i inwazyjnych w dolnej Wiśle jest sytuacją nową, bowiem większość z nich nie była notowana przed 2000 rokiem (Wiśniewolski i inni 2001, Kakareko i inni 2009, Grabowska i inni 2010). Po 2010 roku babkowate na całym odcinku dolnej Wisły stanowiły średnio ok. 10% udziału w połowach przybrzeżnych (Tab. 2).

Pomimo spadku rybackiego znaczenia dolnej Wisły nadal utrzymuje się wysokie wędkarskie zainteresowanie rzeką. Odcinki „Toruń” i „Tczew” użytkowane są obecnie przez Polski Związek Wędkarski. Rzeka zarybiana jest gatunkami wędrownymi takimi jak: jesiotr, łosoś, troć, certa, węgorz, a także reofilnymi (m.in. brzana, boleń, jaź) oraz innymi cennymi wędkarsko (szczupak, sandacz, sum). Według ankietyzacji prowadzonej przez Z.O. PZW w Gdańsku, najwyższy udział w połowach wędkarskich mają: leszcz, płoć, szczupak i okoń (Tab. 3).

**Tabela 2.** Udziały procentowe (wg liczebności) poszczególnych gatunków ryb i minogów stwierdzonych w dolnej Wiśle podczas połowów elektrycznych.

**Table 2.** Shares (by abundance) of individual fish and lamprey species sampled in the lower Vistula River during electrofishing surveys.

Lokalizacja / Locality	Włocławek					Włocławek (starorzeczka / oxbows)
	Płock-Tczew	Tczew	Włocławek	Włocławek	Włocławek	
Rok / Year	1998 <sup>1</sup>	2012-2014 <sup>3</sup>	2012 <sup>4</sup>	2000 <sup>2</sup>	2011 <sup>2</sup>	2010-2011 <sup>2</sup>
Liczebność / Abundance	12220	31339	7525	2573	5137	4905
Gatunek / Species						
Babka lysa <i>Babka gymnoirachelus</i>	0,0	1,8	7,6	0,1	3,8	4,4
Babka rurkonosa <i>Proterorhinus semilunaris</i>	0,0	2,2	7,6	<0,1	1,9	6,2
Babka szczupła <i>Neogobius fluviatilis</i>	0,0	5,4	0,3	6,0	3,1	4,6
Boleń <i>Aspius aspius</i>	0,2	0,4	0,2	1,3	1,9	0,1
Cierniczek <i>Pungitius pungitius</i>	0,0	0,2	2,0	0,0	0,0	0,0
Ciernik <i>Gasterosteus aculeatus</i>	3,7	3,4	5,2	0,1	<0,1	0,0
Jaź <i>Leuciscus idus</i>	2,9	2,8	2,2	3,0	6,8	6,1
Jelec <i>Leuciscus leuciscus</i>	1,5	5,7	2,0	12,3	2,6	2,5
Karaś <i>Carassius carassius</i>	0,1	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Karaś srebrzysty <i>Carassius gibelio</i>	<0,1	3,5	4,6	0,0	0,3	0,4
Kiełb <i>Gobio gobio</i>	0,6	2,7	2,6	2,7	0,3	0,2
Kleń <i>Squalius cephalus</i>	1,8	3,1	2,7	9,7	7,2	4,5
Koza <i>Cobitis taenia</i>	8,0	1,3	3,8	2,2	0,7	6,1
Krap <i>Blicca bjoerkna</i>	0,4	5,1	12,1	5,6	18,0	7,5

<i>Leszcz Abramis brama</i>	4,0	6,8	0,2	0,6	3,5	4,1	5,6	0,0	0,8
<i>Lin Tinca tinca</i>	0,1	1,0	1,5	<0,1	<0,1	0,0	0,2	0,1	<0,1
<i>Okoń Perca fluviatilis</i>	12,1	7,2	16,3	1,5	17,5	7,4	5,8	6,5	6,6
<i>Płoc Rutilus rutilus</i>	28,9	19,0	14,3	16,6	30,4	20,2	17,8	19,0	28,7
<i>Różanka Rhodeus amarus</i>	1,5	4,3	2,3	3,7	17,6	3,6	9,2	49,3	6,8
<i>Stonecznica Leucaspis delineatus</i>	<0,1	0,4	0,4	0,5	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0
<i>Szczupak Esox lucius</i>	0,4	1,9	1,6	0,5	1,5	<0,1	3,3	1,6	0,2
<i>Śliz Barbatula barbatula</i>	0,1	<0,1	0,2	0,0	1,1	0,0	0,3	0,0	0,0
<i>Trawianka Percottus glenii</i>	0,1	2,9	<0,1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	<0,1
<i>Ukleja Alburnus alburnus</i>	32,3	15,7	6,1	33,1	3,8	16,4	15,7	3,6	14,9
<i>Wzdrega Scardinius erythrophthalmus</i>	0,3	0,8	0,2	2,8	0,3	0,6	0,9	0,0	0,6
Inne* / Others*	0,9	1,6	3,9	0,4	0,4	0,5	0,8	0,1	0,5

Objaśnienia: \* – inne gatunki dla których udział z osobna w danym badaniu nie przekraczał 1,0% (jazgarz, minóg rzeczny, brzana, wegorz, miętus, sum, głowacz białopletwy, piskorz, sandacz, karp, amur biały, tołpyga pstra, kiełb białopletwy, cerna, piekielnica, czebaczek amurski, babka bycza, troć, losoś, jesiotr ostrofony, stornia, sapa, rozpiór, pszrag tęczowy, świnka); <sup>1</sup> – Wiśniewolski i inni 2001; <sup>2</sup> – materiały niepublikowane IRS; <sup>3</sup> – Płachocki D., dane niepublikowane; <sup>4</sup> – Radtke i inni 2016.

Explanations: \* – other species for which the share in each study did not exceed 1,0% (fruffe, river lamprey, barbel, eel, burbot, European catfish, bullhead, mud loach, pikeperch, common carp, grass carp, bighead carp, whitefin gudgeon, vimba bream, spirin, topmouth gudgeon (stone moroko), round goby, sea (brown) trout, Atlantic salmon, Atlantic sturgeon, European flounder, white-eye bream, zope, rainbow trout, nase); <sup>1</sup> – Wiśniewolski et al. 2001; <sup>2</sup> – IRS, unpublished data; <sup>3</sup> – Płachocki D., unpublished data; <sup>4</sup> – Radtke et al. 2016.

**Tabela 3.** Udziały procentowe gatunków ryb i minogów (wg liczebności – sztuki, lub masy – kg) stwierdzonych w dolnej Wiśle, według różnych zastosowanych metod.

**Table 3.** Shares of fish and lamprey species (by abundance – individuals, or mass – kg), sampled in the lower Vistula River, according to various methods used.

Metoda / Method	Odlowy wędkarskie / Anglers' catches				Przeplawka / Fishpass		
	Tczew	Toruń	Tczew	Włocławek	Alcham / Alcham net	Włocławek	
Rok / Year	2007–2015 <sup>1</sup>	2004 <sup>2</sup>	2011 <sup>3</sup>	1973–1975 <sup>4</sup>	1998–2001 <sup>5</sup>	2002–2004 <sup>5</sup>	2015–2016 <sup>6</sup>
Wielkość próby (kg lub szt.) / Sample size (kg or ind.)	51177 (kg)	4420 (szt. / ind.)	813 (szt. / ind.)	1342 (szt. / ind.)	693 (szt. d <sup>-1</sup> / ind. d <sup>-1</sup> )	34 (szt. d <sup>-1</sup> / ind. d <sup>-1</sup> )	11434 (szt. / ind.)
Gatunek / Species							
Babka łysa <i>Babka gymnotrachelus</i>	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Babka szczupeła <i>Neogobius fluviatilis</i>	0,0	18,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Boleń <i>Aspius aspius</i>	3,9	0,5	0,2	0,1	0,0	<0,1	5,9
Brzana <i>Barbus barbus</i>	0,2	0,0	1,0	38,1	0,0	0,2	2,4
Certa <i>Vimba vimba</i>	0,0	0,0	5,7	44,6	6,8	0,8	23,6
Ciernik <i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,0	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jaź <i>Leuciscus idus</i>	1,7	<0,1	0,0	8,0	0,0	<0,1	0,1
Jelec <i>Leuciscus leuciscus</i>	0,0	4,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Karaś <i>Carassius carassius</i>	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Karaś srebrzysty <i>Carassius gibelio</i>	0,9	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Karp <i>Cyprinus carpio</i>	2,1	0,0	2,1	0,1	0,0	0,0	0,6
Kleń <i>Squalius cephalus</i>	3,1	0,3	1,3	1,2	0,0	0,1	<0,1
Krap <i>Blotca bjoerkna</i>	0,0	0,0	4,2	0,1	20,1	5,2	0,0
Leszcz <i>Abramis brama</i>	40,5	6,4**	20,8	2,0	11,7	31,8	45,0

Okoń	<i>Perca fluviatilis</i>	8,3	5,7	1,1	0,1	1,2	3,5	<0,1
Płoc	<i>Rutilus rutilus</i>	17,9	18,2	2,3	1,7	14,1	46	<0,1
Rozpiór	<i>Ballerus ballerus</i>	0,0	0,1	0,0	0,0	2,5	4,1	0,0
Różanka	<i>Rhodeus amarus</i>	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sandacz	<i>Sander lucioperca</i>	3,6	0,2	4,1	0,1	0,0	0,0	<0,1
Sapa	<i>Ballerus sapa</i>	0,0	0,0	52,5	0,0	0,0	0,7	0,0
Sum	<i>Silurus glanis</i>	2,1	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,9
Szczupak	<i>Esox lucius</i>	11,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Świnka	<i>Chondrostoma nasus</i>	0,2	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0
Troć	<i>Salmo trutta trutta</i>	0,9	0,0	0,0	0,7	0,6	1,5	20,8
Ukleja	<i>Alburnus alburnus</i>	0,0	21,0	0,0	0,1	10,3	4,8	0,0
Węgorz	<i>Anguilla anguilla</i>	1,5	0,0	0,4	0,0	29,6	0,4	0,0
Inne* / Others*		0,6	1,5	1,6	0,2	3,2	0,6	0,5

Objaśnienia: \* – inne gatunki dla których udział z osobna nie przekraczał 1,0% (jazgarz, łosoś, amur biały, miętus, kielb, sieja, lin, koza, minóg rzeczny); \*\* – leszcz i krap łącznie; <sup>1</sup> – dane PZW Gdańsk; <sup>2</sup> – Kakareko i inni 2009; <sup>3</sup> – IRS, dane niepublikowane; <sup>4</sup> – Bontemps 1977; <sup>5</sup> – Bartel i inni 2007, <sup>6</sup> – Dębowski 2016, 2017.

Explanations: \* – other species for which the share did not exceed respectively of 1,0% (ruffe, salmon, grass carp, burbot, gudgeon, whitefish, tench, spined loach, river lamprey); \*\* – common bream and white bream together; <sup>1</sup> – data of PZW Gdańsk; <sup>2</sup> – Kakareko et al. 2009; <sup>3</sup> – IRS, unpublished data; <sup>4</sup> – Bontemps 1977; <sup>5</sup> – Bartel et al. 2007, <sup>6</sup> – Dębowski 2016, 2017.

Zaporę we Włocławku wyposażono w przepławkę dla ryb, którą uruchomiono w 1971 roku, jednak nie spełniała ona swej funkcji (Bontemps 1977). W okresie 1998–2004 w przepławce obserwowano 19 gatunków ryb, przy czym pokonywały ją tylko nieliczne osobniki (Bartel i inni 2007). Po ostatniej modernizacji przepławki, według wstępnych obserwacji w okresie 2015–2016 efektywnie pokonywało ją co najmniej 15 gatunków, w tym najliczniej leszcz, a także wędrowne – troć i certa (Dębowski 2016, 2017).

### **Wpływ tamy we Włocławku na ichtiofaunę oraz inne zagrożenia**

Zapory wywierają zasadniczy i wielokierunkowy wpływ na środowisko biotyczne i abiotyczne w rzekach, prowadząc do przekształcenia pierwotnie istniejących zespołów organizmów (Ward i Stanford 1995, Allan 1998, WCD 2003, Anderson i inni 2006, Agostinho i inni 2008). Wybudowanie stopnia we Włocławku poprzez utworzenie zalewu praktycznie zniszczyło kilkudziesięciokilometrowy odcinek rzeki o wcześniej wysokim stopniu naturalności. Rzeka poniżej stopnia pozostaje pod jego silnym wpływem. Obok ograniczeń migracji, z uwagi na nieregularne przepływy oraz zmiany termiki, ryby zasiedlające ten odcinek narażone są na utrudnione warunki rozrodu oraz wzrostu. Poza ichtiofauną, te niekorzystne warunki dotyczą wszystkich elementów biotycznych rzeki, stanowiących m.in. substrat tarłowy (np. roślinność) i bazę pokarmową (np. bezkręgowce). Podwyższenie temperatur poniżej zbiornika (różnica przed i po budowie tamy,  $\Delta ST$  rok =  $0,35^{\circ}C$ , Tab. 1) w przeliczeniu rocznym daje dodatkowo 128 stopniodni ( $^{\circ}D$ ), co jest niebagatelną wielkością energetyczną w odniesieniu do poszczególnych etapów rozwojowych ryb (momentu tarła, okresu inkubacji ikry, tempa wzrostu, itp.). Można przypuszczać, że w ostatnich latach charakteryzujących się wyższą średnią roczną temperaturą, różnica ta się pogłębia. Zmiany termiki obejmują cały roczny cykl hydrologiczny i choćby z tego względu wpływ tamy we Włocławku należy uznać za istotny. W powiązaniu ze zmianą przepływów, wpływają one na dysharmonię naturalnych cykli życiowych organizmów zasiedlających rzekę (Ward i Stanford 1995, Power i inni 1996, Allan 1998, Agostinho i inni 2008). Trend wzrostu temperatury obserwowany w ostatnich dekadach z pewnością będzie pogłębiał spadek przepływów poniżej zbiornika w kolejnych latach na skutek silniejszego parowania.

W odniesieniu do zmian ichtiofauny, na pierwszy plan wysuwa się bardzo silny spadek połowów rybackich, nasilający się współcześnie. Dla odcinka „Tczew” spadek aktualnie wykazywanych połowów, w stosunku do okresu sprzed budowy tamy, jest aż 30-krotny. W pozostałych dwóch segmentach ośmiokrotny. Generalnie spadek połowów obejmuje wszystkie gatunki, przy czym głównie dotyczy ryb wędrownych. Ponadto po utworzeniu tamy w odłowach niemal zanikły typowe reofile, takie jak świnka i brzana. Co prawda statystyki rybackie obarczone mogą być

błędem związanym z niepełnym rejestrowaniem połowów (Backiel i Penczak 1989), jednak tak znaczne różnice jednoznacznie wskazują na bardzo niepokojące zjawiska w środowisku dolnej Wisły. Co ciekawe, we wszystkich badanych segmentach wysokość połowów w ostatnich latach była taka sama (ok. 100 kg/km/rok).

Kolejnym podstawowym przejawem zmiany struktury ichtiofauny w dolnej Wiśle jest pojawienie się i wzrost udziału obcych gatunków inwazyjnych, głównie babkowatych. Jednak zauważalna jest także obecność innych, ciepłolubnych gatunków uważanych za przypadkowe, lub przedostających się z hodowli, np. tołpygi pstrej oraz trawianki – lokalnie opanowującej starorzecza (Apendyks). Taka sytuacja, wobec zachodzących zmian środowiskowych, wymaga wnikliwego monitoringu, bowiem może prowadzić do poważnych zaburzeń w ekosystemie, wpływając też na gospodarkę rybacko-wędkarską. Ekspansja niektórych z tych ciepłolubnych gatunków (np. tołpygi pstrej i trawianki) może stanowić poważne zagrożenie dla miejscowych gatunków i ekosystemów (Reshetnikov 2013, Solomon i inni 2016). Współcześnie w dolnej Wiśle występują co najmniej 52 gatunki ryb i minogów, wśród których przynajmniej kilka można uznać za inwazyjne (Apendyks).

Tama we Włocławku oraz spiętrzony odcinek rzeki, poza utrudnieniem dla przemieszczania się gatunków wędrownych, z pewnością stanowi także poważny problem migracyjny dla populacji gatunków ryb na stałe zasiedlających rzekę. Swobodne rozprzestrzenianie się organizmów w rzekach stanowi ich konieczność życiową (Wiśniewolski 2002). Zarówno lokalne, jak i dalsze migracje, zapewniają możliwość zasiedlania nowych terenów (np. na skutek utraty wcześniejszych siedlisk) oraz wymiany puli genowej (Neraas i Spruell 2001, Blanchet i inni 2010, Gousskov i inni 2016, Do Prado i inni 2017). W przypadku dolnej Wisły dotyczy to zarówno gatunków miejscowych, jak i inwazyjnych. Wobec aktualnej ekspansji gatunków obcych (głównie babkowatych) z górnej części dorzecza w dolne rejony Wisły, których zapora nie ogranicza (Grabowska i inni 2010), jednocześnie uniemożliwione jest rozprzestrzenianie się w górę rzeki gatunków i osobników ryb o drobnych rozmiarach (ograniczenie migracji lokalnych). Ponadto w wyniku nieregularnych i znacznych wahań poziomu wody i przepływów w wyniku pracy hydroelektrowni, zanika rola starorzeczy, które stanowią istotny element dla zachowania lokalnej ichtiofauny dużych rzek, w tym Wisły (Wiśniewolski i inni 2009).

Sam Zbiornik Włocławski nie spełnił pokładanych w nim wcześniejszych nadziei na zwiększenie połowów (Morawska 1968). Wręcz przeciwnie, w obrębie Włocławka połowy w zbiorniku były ponad dwukrotnie niższe niż w tym samym czasie w rzece (Wiśniewolski 1987). Już wcześniej zaznaczano, że w związku z realizacją planu kaskadyzacji Wisły i wybudowaniem kolejnych zbiorników można spodziewać się istotnych strat w gospodarce rybackiej (Backiel 1983). Ówczesne oceny jednak nie uwzględniały

dynamiki oraz kierunków współcześnie zachodzących zmian w środowisku Wisły. Wobec zaniku najcenniejszych gatunków wędrownych podjęto próby ich restytucji w oparciu o zarybienia (Sych 1998, Bartel 2002).

Funkcjonowanie zbiornika i tamy we Włocławku, włącznie z hydroelektrownią, wpływa zasadniczo na reżim hydrologiczny Wisły oraz stan koryta w zakresie którego wcześniej nie przewidziano (Babiński i Grześ 1995, Habel 2013). Za najpoważniejsze zagrożenia uważa się zwiększone ryzyko zatorami lodowymi w cofce zbiornika oraz silną erozję wgłębna koryta poniżej tamy. Natomiast zmiany w środowisku przyrodniczym po utworzeniu zbiornika uznane mogą być za katastrofalne (WWF 2001). Dotyczą one także strat ekonomicznych i społecznych.

Dla zahamowania procesu erozji dna zaproponowana została budowa nowego piętrzenia na Wiśle – w Siarzewie poniżej Włocławka. Według założeń, obok stabilizacji tamy włocławskiej, inwestycja ta miałaby pełnić funkcję energetyczną, żeglugową oraz przeciwpowodziową (Ankiersztein 2013). Należy zwrócić jednak uwagę, że już funkcjonujący zbiornik we Włocławku, w związku z małą pojemnością w stosunku do przepływu, nie ma istotnego znaczenia przeciwpowodziowego (Babiński i Grześ 1995, Wawręty i Żelaziński 2006), pomimo że według pierwotnych założeń był projektowany jako objętościowo największy na Wiśle. Projektowany zbiornik w Siarzewie, jako płytki, przepływowy i o niewielkiej pojemności, również nie będzie pełnił roli przeciwpowodziowej. W wyniku jego budowy zniszczeniu ulegnie kolejny, cenny przyrodniczo fragment Wisły wskutek przekształcenia go w stagnujący zalew. Wisła na tym odcinku jest jedynie częściowo uregulowana, przez co stanowi unikalny fragment dużej rzeki nizinnej o wyjątkowych walorach przyrodniczych w skali międzynarodowej (Kajak 1993, Gacka-Grzesikiewicz 1995, WWF 2001, Płachocki i Doboszewski 2017). W konsekwencji budowy kolejnego zbiornika można się z pewnością spodziewać dalszego zaniku najcenniejszych gatunków ryb w dolnej Wiśle w efekcie skumulowanego działania negatywnych czynników związanych z istnieniem obu zbiorników. Pogłębiona zostałaby izolacja cennych przyrodniczo fragmentów, a jednocześnie zaprzepaszczone zostałyby dotychczasowe, wieloletnie działania skierowane na poprawę środowiska rzecznej Wisły, w tym ichtiofauny.

Zbiornik we Włocławku miał stanowić jeden z elementów kaskadowej zabudowy Wisły (Babiński i Grześ 1995). Już wkrótce po jego wybudowaniu okazało się że wymaga on dużych nakładów na utrzymanie i remonty. Wśród różnych koncepcji zapobiegających katastrofie ekologicznej rozważana była także opcja stopniowej rozbiórki tamy (Babiński 1992, WWF 2001). Taka koncepcja, pomimo trudności realizacyjnych, w dalszej perspektywie czasowej może okazać się korzystna zarówno z ekologicznego, jak i ekonomicznego punktu widzenia (WWF 2001). Rozwiązanie to eliminuje przyszłe, wysokie koszty związane z budową i utrzymaniem kolejnych zapór i zbiorników, których dalsze funkcjonowanie (podobnie jak w przy-



padku zapory włocławskiej) także będzie się wiązało z istotnymi trudnościami technicznymi i środowiskowymi. Likwidacja zapór jest współcześnie stosowana w miejscach, gdzie istotnie ograniczają one możliwość migracji cennych gatunków ryb lub stanowią poważne zagrożenie techniczne i środowiskowe (Hart i inni 2002, Sneddon i inni 2017). Po likwidacji tamy rewitalizacja walorów przyrodniczych rzeki, w tym ichtiofauny, może nastąpić zaskakująco szybko (WCD 2003). O dużym potencjale ichtiofauny Wisły do regeneracji stanowi wielkość rzeki i jej łączność z Bałtykiem (Fot. 3 i 4).

W ostatnim okresie, poza typowo antropogenicznym wpływem, obserwowane są wyraźne trendy podwyższania się temperatur i spadku poziomu wód w wyniku zmian klimatycznych zarówno w skali lokalnej, jak i globalnej (Walczykiewicz i Łaciak 2011, Kundzewicz i Matczak 2012, Harrod 2016). Trendy te można zaobserwować w dolnej Wiśle (Rys. 2), a największy wpływ wywierają one na rodzime gatunki wędrowne, w przeciwieństwie do pojawiających się gatunków obcych i inwazyjnych (Beguer i inni 2007, Lassalle i Rochard 2009, Leuven i inni 2011, Rolls i inni 2017).

Pojawienie się obcych gatunków z basenu ponto-kaspijskiego w Wiśle w głównej mierze związane jest z łącznością systemu Bugu z Morzem Czarnym poprzez Kanał Dniepr–Bug (Grabowska i inni 2010). Obecny sukces ich ekspansji można wiązać ze zmianą parametrów hydrologicznych i jakości wody w Wiśle w kierunku takich ich wartości, które sprzyjają zasiedlaniu przez te taksony. Babkowate (Gobiidae), jako ubikwistyczne, uważane są za gatunki inwazyjne, a ich ekspansja w dużych rzekach nizinnych wiązana jest ze zmianami środowiskowymi (degradacją rzek) oraz zmianami klimatycznymi (Harka i Biro 2007, Grabowska i inni 2010, Roche i inni 2013, Leuven i inni 2011, Grabowska i Przybylski 2015). Gatunki te nie zostały natomiast odnotowane w odłowach przeprowadzonych w 2017 r. na 9 stanowiskach w środkowej Odrze – na odcinku od Wałów Śląskich do ujścia Nysy Łużyckiej (dane niepublikowane IRS), co wskazuje, że nie rozprzestrzeniły się jeszcze na zachód od zlewni Wisły.

Współczesne przekształcenia struktury gatunkowej w dolnej Wiśle zdają się wskazywać, że funkcjonowanie Zbiornika Włocławskiego potęguje niekorzystne efekty zmian klimatycznych. Dalsze losy ichtiofauny w dolnej Wiśle kształtować się będą w zależności od zakresu tolerancji środowiskowej, w tym termicznej, poszczególnych gatunków. Można sądzić, że aktualny wzrost udziału gatunków ubikwistycznych i inwazyjnych w dolnej Wiśle związany jest z przekształceniem siedlisk, zarówno w sensie fizycznym i przestrzennym (struktura koryta, przepływy), jak i z parametrami fizyko-chemicznymi wody (termika, substancje biogenne). Najdotkliwsze zmiany środowiskowe obejmują głównie odcinek bezpośrednio poniżej zapory (segment „Włocławek”). Jednak wobec poprawy jakości wody trudno jednoznacznie przesądzić o wpływie tamy na słaby stan ichtiofauny

w niższych odcinkach („Toruń”, „Tczew”). Niskie połowy rybackie oraz ekspansja gatunków inwazyjnych na całym odcinku dolnej Wisły jest z pewnością efektem kumulacji różnych czynników (regulacji koryta, zakłóceń przepływu, wzrostu temperatury, zaniku siedlisk, itp.), wpływających na możliwości rozrodu i odrostu ryb.

Ustępowanie gatunków stenotopowych i ekspansja gatunków eurytopowych jest sytuacją typową dla środowisk o silnych przekształceniach antropogenicznych w dużych rzekach (Vasileva 2003, Aarts i inni 2004, Kruk 2007). Wobec współcześnie zachodzących procesów przyszły stan ichtiofauny w dolnej Wiśle jest trudny do przewidzenia, jednak można się spodziewać dalszego ustępowania najcenniejszych, rodzimych gatunków. Pomimo dużego rozmiaru i jednoznacznie negatywnego charakteru zmian zachodzących obecnie w dolnej Wiśle, ten chroniony obszar zachował w dużej mierze wysokie walory przyrodnicze, co powinno wymuszać szersze spojrzenie, nie tylko na możliwości wykorzystania zasobów rzeki w sensie energetycznym i żeglugowym, lecz także na zachowanie jej środowiska przyrodniczego dla przyszłych pokoleń.

#### **PODZIĘKOWANIA**

Autorzy pracy dziękują użytkownikom rybackim badanego odcinka Wisły, tj. pracownikom Zarządu Okręgów PZW w Toruniu i Gdańsku oraz p. Jackowi Kaczmarkowi za przekazane materiały i informacje. Ponadto dziękujemy anonimowym recenzentom za wnikliwe i cenne uwagi. Praca została częściowo zrealizowana w ramach tematu statutowego S-030 Instytutu Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie.

#### **5. SUMMARY**

The Vistula River is the longest river that flows into the Baltic Sea. In the 19th century, the riverbed was partially regulated in the lower reaches (Photo 1). In the 1970s, a dam was built at the town of Włocławek, on the 675<sup>th</sup> km of the river course. The reservoir that was then constructed was intended to become part of the Vistula cascade (Photo 2). The reservoir is 56 km long and is the largest, in terms of area, in Poland. After its construction, a process of strong erosion and lowering of the river bottom below the dam began. To stop this trend, another dam has been planned downstream of the existing one. The paper presents changes of fish fauna in the lower Vistula in the period before and after construction of the Włocławek reservoir, against the background of the main environmental factors.

Values of the respective flow and temperature parameters were obtained from the database of the Institute of Meteorology and Water Management (IMGW-PIB) and concern the period 1951–2016. They

included annual, half-year and extreme values. Some materials indicating water quality were also considered. Data on fish fauna originated from published papers, as well as own and other unpublished materials. The analysis included commercial fishery statistics concerning the period before and during the dam construction (1953–1961, 1962–1969), after construction (1970–1978), and recent ones (2005–2016). Results of offshore electric fishing surveys and other studies were also included (alcham net, seine net, observations of the fishpass at the dam, anglers' surveys). The lower Vistula stretch was analysed in three segments: "Włocławek", "Toruń" and "Tczew" (Fig. 1).

The lower Vistula River is characterised by a quite high variability of hydrological parameters (point of the Toruń town), although there have recently been observed clear trends in the decrease of flows and increase of water temperature (Fig. 2). The strongest influence of the reservoir on river discharge and temperature is observed directly below the dam, in the "Włocławek" segment. For the period before the dam construction (1955–1969) and after (1970–1986) significant flow losses and a temperature rise were observed (Tab. 1). This influence gradually disappeared downstream of the river (Fig. 3 and 4).

Regarding the fish fauna, the most important changes are strong declines in commercial fishing in each of the analysed segments (Fig. 5–7). Decreases in the biomass of catches occurred in the case of all species, whilst the highest decline is visible for migratory species (sea trout / Atlantic salmon and vimba bream), and some rheophils (barbel, nase). Simultaneously, an increased share of the so-called "other" species has been observed. Among them, eurytopic species such as white bream and roach prevailed (Fig. 8). Other cyprinids, such as chub, ide and tench, also contributed a lot to the total biomass. In addition, other, previously unreported species appeared recently (Appendix). Electrofishing surveys indicated a high species diversity in the lower Vistula. However, they also revealed an expansion of alien species, primarily gobiids: monkey goby, racer goby and tubenose goby (Tab. 2). Their share in catches after 2010 amounted on average, to about 10%. Other studies, using a variety of methods, confirm the species richness in the lower Vistula, but also indicate a weak recovery of some of the most valuable species (Tab. 3). Currently, not less than 52 fish and lamprey species can be observed in the lower Vistula, but at least some of them may be considered as invasive ones (Appendix). Flow disturbance and rising of the water temperature should be considered as the most important environmental changes caused by the dam construction, and those that have an significant impact on fish fauna. In view of the observed climate changes, the functioning of the reservoir strengthens these unfavourable trends in the environment of the lower Vistula. The combined effect of these changes has been a decline

of the most valuable, native fish species, while invasive alien, and warm-water species increased.

The lower Vistula River constitutes an ecological corridor of a great natural value and is presently covered by various forms of natural protection, including the Natura 2000 network (Photo 3 and 4). Further hydrotechnical development would lead to a deepening of the river's environmental degradation, including its fish fauna.

## 6. LITERATURA

- Aarts B.G.W., Van den Brink F.W.B., Nienhuis P.H. 2004. Habitat loss as the main cause of the slow recovery of fish faunas of regulated large rivers in Europe: the transversal floodplain gradient. *River Res. Applic.*, 20, 3–23.
- Agostinho A.A., Pelicice F.M., Gomes L.C. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impact and management related to diversity and fisheries. *Braz. J. Biol.*, 68, 4, Suppl., 1119–1132.
- Allan J.D. 1998. *Ekologia wód płynących*. PWN, Warszawa, ss. 450.
- Anderson E.P., Pringle C.M., Rojas M. 2006. Transforming tropical rivers: an environmental perspective on hydropower development in Costa Rica. *Aquat. Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 16, 679–693.
- Ankiersztejn I. 2013. Kaskada Dolnej Wisły. *Acta Energetica*, 3, 16, 70–74.
- Babiński Z. 1992. Współczesne procesy korytowe dolnej Wisły. *Prace Geogr.*, 157, IGiPZ PAN, Wrocław, ss. 171.
- Babiński Z., Grześ M. 1995. Monografia hydrologiczna zbiornika stopnia wodnego Włocławek. *Zeszyty IGiPZ PAN*, 30, Warszawa, ss. 79.
- Backiel T. 1983. Rybactwo i ryby w Wiśle. ss. 511–542 (W: *Ekologiczne podstawy zagospodarowania Wisły i jej dorzecza*. Red. Z. Kajak). PWN, Warszawa.
- Backiel T. 1995. Ichtyofauna. ss. 125–139 (W: *Korytarz ekologiczny doliny Wisły. Stan – Funkcjonowanie – Zagrożenia*. Red. E. Gacka-Grzesikiewicz). Fundacja IUCN Poland.
- Backiel T., Penczak T. 1989. The fish and fisheries in the Vistula River and its tributary, the Pilica River. ss. 488–503 (W: *Proceedings of the International Large River Symposium*. Red. Dodge D.P.). *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 106.
- Bajkiewicz-Grabowska E., Mikulski Z. 1993. *Hydrologia ogólna*. PWN, Warszawa, ss. 286.
- Banach M. 1998. Dynamika brzegów dolnej Wisły. *Dokum. Geogr.* 9, IGiPZ PAN, Wrocław, ss. 76.
- Bartel R. 1995. Wpływ przekopu Wisły w Świbnie na stan rybactwa w ujściu Wisły. Jubileuszowa konferencja naukowo-techniczna upamiętniająca 100-rocznicę przekopu ujścia Wisły do Morza Bałtyckiego w Świbnie 1895–1995, zbiór referatów, Gdańsk, 30 marca 1995, ss. 93–120.
- Bartel R. 2002. Ryby dwuśrodowiskowe, ich znaczenie gospodarcze, program restytucji tych gatunków. *Acta Hydrobiol., Suppl.*, 3, 37–55.
- Bartel R., Wiśniewolski W., Prus P. 2007. Impact of Włocławek Dam on migratory fish in the Vistula River. *Arch. Pol. Fish.*, 15, 2, 141–156.

- Beguer M., Beaulaton L., Rochard E. 2007. Distribution and richness of diadromus fish assemblages in Western Europe: large-scale explanatory factors. *Ecol. Freshw. Fish*, 16, 221–237.
- Blanchet S., Rey O., Etienne R., Lek S., Loot G. 2010. Species-specific responses to landscape fragmentation: implications for management strategies. *Evol. Applic.*, 3, 3, 291–304.
- Błażejowski J. 1934. Rybołówstwo na Wiśle pomorskiej. *Przegl. Ryb.*, 11, 454–461.
- Bontemps S. 1977. Wędrówki ryb przez przepławkę w zaporze na Wiśle. *Gosp. Ryb.* 5, 18–19.
- Czarnecka H. (Red.) 2005. Atlas Podziału Hydrograficznego Polski. IMGW, Warszawa.
- Dębowski P. 2016. Migracja ryb przepławką na stopniu wodnym we Włocławku w 2015 roku. *Kom. Ryb.*, 4, 1–7.
- Dębowski P. 2017. Migracja ryb przepławką na stopniu wodnym we Włocławku w 2016 roku. *Kom. Ryb.*, 2, 1–6.
- Do Prado F.D., Fernandez-Cebrian R., Foresti F., Oliveira C., Martinez P., Porto-Foresti F. 2017. Genetic structure and evidence of anthropogenic effects on wild populations of two Neotropical catfishes: baselines for conservation. *J. Fish Biol.*, 92, 1, 55–72.
- Gacka-Grzesikiewicz E. (Red.) 1995. Korytarz ekologiczny doliny Wisły. Stan – Funkcjonowanie – Zagrożenia. Fundacja IUCN Poland, Warszawa, ss. 196.
- Gierszewski P. 2008. Koncentracja metali ciężkich w osadach zbiornika włocławskiego jako wskaźnik hydrodynamicznych warunków depozycji. *Landform Analysis*, 9, 79–82.
- Gousskov A., Reyes M., Wirthner-Bitterlin L., Vorbürger C. 2016. Fish population genetic structure shaped by hydroelectric power plants in the upper Rhine catchment. *Evol. Applic.*, 9, 2, 394–408.
- Grabowska J., Kotusz J., Witkowski A. 2010. Alien invasive fish species in Polish waters: an overview. *Folia Zool.*, 59, 1, 73–85.
- Grabowska J., Przybylski M. 2015. Life-history traits of non-native freshwater fish invaders differentiate them from natives in the Central European bioregion. *Rev. Fish Biol. Fish*, 25, 1, 165–178.
- Grześ M. 1991. Zatory i powódzie zatorowe na dolnej Wiśle – Mechanizmy i warunki. IGiPZ PAN, Warszawa, ss. 184.
- Habel M. 2013. Dynamics of the Vistula River channel deformations downstream of Włocławek Reservoir. Wydawnictwo UKW, Bydgoszcz, ss. 138.
- Habel M., Babiński Z., 2015. Interwencyjne zasilanie wodami Międzynarodowej Drogi Wodnej E40 ze Zbiornika Włocławskiego na potrzeby transportu wodnego. *Logistyka*, 4, 3591–3601.
- Harka A., Biro P. 2007. New patterns in Danubian distribution of Ponto-Caspian gobies – a result of global climatic change and/or canalization? *Electron. J. Ichthyol.*, 1, 1–14.
- Harrod C. 2016. Climate change and freshwater fisheries. ss. 641–694 (W: *Freshwater Fisheries Ecology*. Red. J.F. Craig). John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, UK.
- Hart D.D., Johnson T.E., Bushaw-Newton K.L., Horwitz R.J., Bednarek A.T., Charles D.F., Kreeger D.A., Velinsky D.J. 2002. Dam removal: challenges and opportunities for ecological research and river restoration: we develop a risk

- assessment framework for understanding how potential responses to dam removal vary with dam and watershed characteristics, which can lead to more effective use of this restoration method. *Bioscience*, 52, 8, 669–682.
- Jutrowska E. 2017. Jakość wód Wisły w województwie kujawsko-pomorskim w świetle badań Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Bydgoszczy. ss. 117–137 (W: *Zasoby i perspektywy gospodarowania wodą w dorzeczu Wisły*. Red. W. Marszelewski). Monografie Komisji Hydrologicznej PTG, T. 4. Wyd. UMK, Toruń.
- Kajak Z. 1993. The Vistula river and its riparian zones. *Hydrobiologia*, 252, 1–3, 149–157.
- Kakareko T., Płachocki D., Kobak J. 2009. Relative abundance of Ponto-Caspian gobiids in the lower Vistula River (Poland) 3- to 4 years after first appearance. *J. Appl. Ichthyol.*, 25, 6, 647–651.
- Kentzer A., Giziński A. 2013. Changes in the quality of water in the lower Vistula River in 1986–2009. *Acta Energetica*, 2, 15, 97–101.
- Kruk A. 2007. Role of habitat degradation in determining fish distribution and abundance along the lowland Warta River, Poland. *J. Appl. Ichthyol.*, 23, 9–18.
- Kundzewicz Z.W., Matczak P. 2012. Climate change regional review: Poland. *WIREs Clim. Change*, 3, 297–311.
- Lassalle G., Rochard E. 2009. Impact of twenty-first century climate change on diadromus fish spread over Europe, North Africa and the Middle East. *Glob. Change Biol.*, 15, 1072–1089.
- Leuven R.S.E.W., Hendriks A.J., Huijbregts M.A.J., Lenders H.J.R. Matthews J., Van der Velde G. 2011. Differences in sensitivity of native and exotic fish species. *Current Zool.*, 57, 6, 852–862.
- Linnik V., Malinin L., Woźniewski M., Sych R., Dębowski P. 1998. Movements of adult sea trout *Salmo trutta* L. in the tailrace of a low-head dam at Włocławek hydroelectric station on the Vistula River, Poland. *Hydrobiologia*, 371/372, 335–337.
- Majewski W. 2016. Monografia dolnej Wisły. IMGW-PIB, Warszawa, ss. 173.
- Morawska B. 1968. Ryby i rybactwo w Wiśle pod Włocławkiem. *Zesz. Nauk. SGGW, Zootechnika*, 7, Rybactwo, 3, 23–53.
- Neraas L.P., Spruell P. 2001. Fragmentation of riverine systems: the genetic effects of dams on bull trout (*Salvelinus confluentus*) in the Clark Fork River system. *Molecular Ecology*, 10, 1153–1164.
- Płachocki D. 2017. Preferencje siedliskowe i rozmieszczenie babki rurkonosej (*Proterorhinus semilunaris*) w płytkowodnych środowiskach dolnej Wisły. Praca doktorska. UMK Toruń, Zakład Hydrobiologii.
- Płachocki D., Doboszewski P. 2017. Dolina dolnej Wisły – ostoja ptaków siewkowych. PWR, Toruń, ss. 160.
- Poczopko P. 1955. Zarys stosunków rybackich na Wiśle pod Toruniem w latach 1952–1954. *Rocz. Nauk Roln.*, 70 B, 1, 107–120.
- Poczopko P., Słonowski A. 1958. Przyczynek do charakterystyki biologiczno-rybackiej dolnego biegu Wisły. *Zesz. Nauk. UMK, Biol.*, 3, 3–36.
- Power M.E., Diertrich W.E., Finlay J.C. 1996. Dams and downstream aquatic biodiversity: potential food web consequences of hydrologic and geomorphic change. *Environ. Manage.*, 20, 6, 887–895.

- Radtke G., Bernaś R., Dębowski P., Morzuch J., Skóra M. 2016. Ichtyofauna przyujściowych odcinków dopływów dolnej Wisły. *Chrońmy Przyr. Ojcz.*, 72, 5, 323–336.
- Reshetnikov A.N. 2013. Spatio-temporal dynamics of the expansion of rotan *Percottus glenii* from West-Ukrainian centre of distribution and consequences for European freshwater ecosystems. *Aquatic Invasions*, 8, 2, 193–206.
- Roche K.F., Janac M., Jurajda P. 2013. A review of Gobiid expansion along the Danube-Rhine corridor – geopolitical change as a driver for invasion. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.*, 411, 1–24
- Rolls R.J., Hayden B., Kahilainen K.K. 2017. Conceptualising the interactive effects of climate change and biological invasions on subarctic freshwater fish. *Ecol. Evol.*, 7, 12, 4109–4128.
- Seligo A. 1902. Die Fischgewässer der Provinz Westpreussen. Commissionsverlag von Saunier's Buch und Kunsthandlung, Danzig.
- Seligo A. 1910. Mitteilungen des Westpreussischen Fischereivereins. Band XXII, Jahrgang 1910. Commissionsverlag von Saunier's Buch und Kunsthandlung, Danzig.
- Sneddon C.S., Barraud R., Germaine M.-A. 2017. Dam Removals and River Restoration in International Perspective. *Water Alternatives*, 10, 648–654.
- Solomon L.E., Pendleton R.M., Chick J.H., Casper A.F. 2016. Long-term changes in fish community structure in relation to the establishment of Asian carps in a large floodplain river. *Biol. Invasions*, 18, 10, 2883–2895.
- Sych R. 1998. Program restytucji ryb wędrownych w Polsce – od genezy do początków realizacji. ss. 71–86 (W: *Bioróżnorodność w środowisku wodnym*. Red. M. Kraska). *Idee Ekol.*, 13, Szkice, 7, 71–86.
- Szupryczyński 1986. Zbiornik Włocławski – niektóre problemy z geografii fizycznej. *Dokum. Geogr. IGiPZ PAN*, 5, ss. 107.
- Vasileva E.D. 2003. Main alterations in ichthyofauna of the largest rivers of the northern coast of the Black Sea in the last 50 years: A review. *Folia Zool.* 52, 4, 337–358.
- Walczkiewicz T., Łaciak J. 2011. Gospodarka wodna w Polsce w świetle zmian klimatu. *Gosp. Wod.*, 1, 12–18.
- Ward J.V., Stanford J.A. 1995. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regul. Rivers: Res. Manage.*, 11, 105–119.
- Wawręty R., Żelaziński J. (Red.). 2006. Zapory a powódzie. Towarzystwo na Rzecz Ziemi, Oświęcim–Kraków, ss. 60.
- WCD 2003. Zapory a rozwój: Nowe wytyczne dla podejmowania decyzji – Raport Światowej Komisji Zapór Wodnych (World Commission on Dams, WCD). Klub Gaja, Bielsko-Biała, ss. 405.
- Wierzbicki G., Ostrowski P., Samulski M., Bujakowski F. 2012. Wpływ budowy geologicznej na warunki przebiegu ekstremalnych wezbrań na przykładzie powodzi 2010 w dolinie Wisły Środkowej i Dolnej. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, PAN, o Kraków, 3/III, 27–41.
- WIOŚ 2017. Raport o stanie środowiska w województwie pomorskim w 2016 roku. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Gdańsk, ss. 132.
- Wiśniewolski W. 1987. Gospodarcze połowy ryb w Wiśle, Odrze i Warcie w latach 1953–1978. *Rocz. Nauk Roln.* 101 H, 2, 71–114.

- Wiśniewolski W. 2002. Czynniki sprzyjające i szkodliwe dla rozwoju i utrzymania populacji ryb w wodach płynących. *Suppl. Acta Hydrobiol.*, 3, 1–28.
- Wiśniewolski W., Borzęcka I., Buras P., Szlakowski J., Woźniewski M. 2001. Ichtyofauna dolnej i środkowej Wisły – stan i zagrożenia. *Rocz. Nauk. PZW*, 14, 137–155.
- Wiśniewolski W., Ligęza J., Prus P., Buras P., Szlakowski J., Borzęcka I. 2009. Znaczenie łączności rzeki ze starorzeczami dla składu ichtiofauny na przykładzie środkowej i dolnej Wisły. *Nauka Przyr. Technol.*, 3, 3, #107.
- WWF 2001. Studium kompleksowego rozwiązania stopnia i zbiornika Włocławek. Prognoza skutków społeczno-ekonomicznych i środowiskowych. WWF Polska, Warszawa, ss. 43.
- Wysześlacew A. 1938. O rybołówstwie na Wiśle Pomorskiej w roku 1938. *Przegl. Ryb.*, 12, 243–247.

**Deklaracja autorów o udziale w przygotowaniu publikacji:**

Wszyscy współautorzy niniejszej publikacji przyczynili się, choć w różnym stopniu, do: A – przygotowania projektu badań i programu pracy; B – zbierania danych i prowadzenia badań; C – przeprowadzenia analizy statystycznej; D – interpretacji wyników; E – opracowania manuskryptu; F – wyszukiwania literatury. Sumaryczny udział poszczególnych współautorów wynosił: GR – 50%, RB – 12,5%, DP – 12,5%, PP – 12,5%, WW – 12,5%. Pomiedzy żadnymi współautorami nie istnieje konflikt interesów. Praca nie posiada autorów nieujawnionych.



**Apendyks.** Wykaz gatunków ryb i minogów wymienianych w połowach w dolnej Wiśle przed budową zapory i na podstawie danych współczesnych (po 2000 r.). Względna liczebność oceniono na podstawie przeciętnych połowów: +++ – gatunki liczne (dominanty), ++ – umiarkowanie liczne (subdominanty), + – nieliczne (recedenty), ° – występujące incydentalnie (subrecedenty).

**Appendix.** List of fish and lamprey species reported in the lower Vistula River before the Włocławek dam construction and recent data (after 2000). Relative abundance was estimated on the basis of average catches: +++ – the most abundant species (dominants), ++ – moderately abundant (subdominants), + – not numerous (recedents), ° – rare or accidental (subrecedents).

Rodzina / Family	Gatunek / Species		Przed budową tamy <sup>1</sup> / Before dam construction <sup>1</sup>	Współczesne dane <sup>2</sup> / Recent data <sup>2</sup>
Petromyzontidae	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Minóg rzeczny / River lamprey	+	+?
Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	Leszcz / Common bream	+++	+++
	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Piekielnica / Spirlin	+	°
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ukleja / Bleak	+++	+++
	<i>Ballerus ballerus</i>	Rozpiór / Zope		°
	<i>Ballerus sapa</i>	Sapa / White-eye bream		+
	<i>Barbus barbus</i>	Brzana / Barbel	++	+
	<i>Blicca bjoerkna</i>	Krap / White bream	+++	+++
	<i>Carassius carassius</i>	Karaś / Crucian carp	°	°
	<i>Carassius gibelio</i>	Karaś srebrzysty / Gibel carp		+
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Świnka / Nase	+	°
	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Amur biały / Grass carp		°
	<i>Cyprinus carpio</i>	Karp / Common carp	°	+
	<i>Gobio gobio</i>	Kiełb / Gudgeon	++	+
	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	Tołpyga pstra / Bighead carp		°
	<i>Leucaspis delineatus</i>	Słonecznica / Sunbleak		+
	<i>Leuciscus aspius</i>	Boleń / Asp	++	+
	<i>Leuciscus idus</i>	Jaź / Ide	+	++
	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Jelec / Dace	+	++
	<i>Pelecus cultratus</i>	Ciosa / Sichel	°	
	<i>Pseudorasbora parva</i>	Czebaczek amurski / Topmouth gudgeon		°
<i>Rhodeus amarus</i>	Różanka / Bitterling	+	++	
<i>Romanogobio belingi</i>	Kiełb białopletwy / Whitefin gudgeon		°	
<i>Rutilus rutilus</i>	Płoc / Roach	+++	+++	

**Apendyks.** Ciąg dalszy  
**Appendix.** Continued

	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Wzdreęga / Rudd	+	+
	<i>Squalius cephalus</i>	Kleń / Chub	+	++
	<i>Tinca tinca</i>	Lin / Tench	+	+
	<i>Vimba vimba</i>	Certa / Vimba bream	+++	+
Gobiidae	<i>Babka gymnotrachelus</i>	Babka lysa / Racer goby		++
	<i>Neogobius fluviatilis</i>	Babka szczupła / Monkey goby		++
	<i>Neogobius melanostomus</i>	Babka bycza / Round goby		◦
	<i>Proterorhinus semilunaris</i>	Babka rurkonosa / Tubenose goby		++
Odontobutidae	<i>Perccottus glenii</i>	Trawianka / Amur sleeper		◦
Percidae	<i>Gymnocephalus cernua</i>	Jazgarz / Ruffe	+	◦
	<i>Perca fluviatilis</i>	Okoń / Perch	+	++
	<i>Sander lucioperca</i>	Sandacz / Pikeperch	++	+
Siluridae	<i>Silurus glanis</i>	Sum / Wels catfish	+	+
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Węgorz / European eel	++	+
Lotidae	<i>Lota lota</i>	Miętus / Burbot	+	◦
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Szczupak / Pike	++	+
Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Głowacz białopłetwy / Bullhead		◦
Osmeridae	<i>Osmerus eperlanus</i>	Stynka / Stint		◦
Cobitidae	<i>Cobitis taenia</i>	Koza / Spined loach	++	++
	<i>Misgurnus fossilis</i>	Piskorz / Mud loach		◦
Nemacheilidae	<i>Barbatula barbatula</i>	Śliz / Stone loach		◦
Gasterosteidae	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Ciernik / Three-spined stickleback	+	+
	<i>Pungitius pungitius</i>	Cierniczek / Ninespined stickleback	◦	◦
Salmonidae	<i>Coregonus maraena</i>	Sieja / Maraena whitefish		◦
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Pstrąg tęczowy / Rainbow trout		◦
	<i>Salmo salar</i>	Łosoś / Atlantic salmon	+	◦
	<i>Salmo trutta</i>	Troć / Sea trout	+++	+
Acipenseridae	<i>Acipenser oxyrinchus</i>	Jesiotr ostronosy / Atlantic sturgeon	◦	◦
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i>	Stornia / European flounder	◦	◦
Clupeidae	<i>Alosa fallax</i>	Parposz / Twaite shad	◦	

Objaśnienia: <sup>1</sup> – na podstawie: Poczopko 1955, Poczopko i Słonowski 1958, Morawska 1968, Backiel 1995; <sup>2</sup> – na podstawie danych po 2000 roku (niniejsza publikacja).

Explanations: <sup>1</sup> – according to: Poczopko 1955, Poczopko and Słonowski 1958, Morawska 1968, Backiel 1995; <sup>2</sup> – according to data after 2000 (this paper).



**Fot. 1.** Dolna Wisła w okolicy Gorzędzieja – segment „Tczew” (Fot. G. Radtke).  
**Photo 1.** The lower Vistula River near the village of Gorzędziej – segment “Tczew” (Photo by G. Radtke).



**Fot. 2.** Tama we Włocławku (Fot. P. Dębowski).  
**Photo 2.** The Włocławek dam (Photo by P. Dębowski).



**Fot. 3.** Dolna Wisła poniżej Grudziądza – segment „Toruń” (Fot. G. Radtke).

**Photo. 3.** The lower Vistula River below the town of Grudziądz – segment “Toruń” (Photo by G. Radtke).



**Fot. 4.** Dolna Wisła powyżej Tczewa – segment „Tczew” (Fot. G. Radtke).

**Photo. 4.** The lower Vistula River above the town of Tczew – segment “Tczew” (Photo by G. Radtke).