

Ewa Anna Dembowska

Ocena potencjału ekologicznego dolnej Wisły na podstawie wieloletnich badań fitoplanktonu

Fitoplankton odgrywa bardzo istotną rolę w ekosystemach wodnych, w których – jako grupa podstawowych producentów pierwotnych – włącza mineralne związki chemiczne w obieg biologiczny. Uwaga naukowców skupia się głównie na funkcjonowaniu tego zbiorowiska w wodach stojących. Fitoplankton w wodach płynących rozwija się jedynie w warunkach spowolnionego przepływu, co ma miejsce w dużych rzekach lub sztucznych zbiornikach retencyjnych. Przez wiele lat potamoplankton (plankton rzeczny) nie był traktowany z należytą uwagą [1], ponieważ panował pogląd, że fitoplankton może się rozwijać jedynie w wodach stojących. Obserwacje prowadzone w ostatnich dziesięcioleciach przyniosły jednak wiele nowych odkryć [2]. Autorzy większości prac podkreślają znaczenie prędkości prądu rzeczno oraz czasu retencji [3–5], jako czynników regulujących rozwój tego zgrupowania. Często wskazuje się na czynniki hydrologiczne, jako priorytetowe w rozwoju fitoplanktonu, stawiając dostępność pierwiastków biogennych i zanieczyszczenie wód na drugim miejscu [6].

Początek XXI wieku w badaniach wód europejskich można określić erą Ramowej Dyrektywy Wodnej. W ramach ogólnie przyjętej potrzeby ochrony środowiska naturalnego podjęto liczne działania na rzecz ujednoczenia oceny stanu ekologicznego wód naturalnych oraz potencjału ekologicznego wód silnie zmienionych i zbiorników sztucznych. We wszystkich krajach Unii Europejskiej opracowano i znormalizowano metody tej oceny. Fitoplankton, jako pierwsze ogniwo łańcucha troficznego, a przy tym zgrupowanie najszybciej reagujące na zmiany w środowisku wodnym, został uznany za jeden z biologicznych wskaźników jakości wód powierzchniowych i ich stanu ekologicznego [7]. Podjęto również decyzje dotyczące wprowadzenia w życie monitoringu wód oraz działań poprawiających ich jakość. Pierwotnie punktem krytycznym miał być rok 2015, kiedy to jakość wód w Polsce i pozostałych krajach unijnych miała osiągnąć stan co najmniej dobry. Ze względu na długotrwałą weryfikację opracowanych metod oraz ćwiczenia interkalibracyjne pomiędzy krajami Unii Europejskiej, termin ten przesunięto na rok 2027. Obecnie wciąż trwają prace nad aktualizacją i weryfikacją jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP) w Polsce.

Celem badań omówionych w niniejszej pracy była ocena zmian potencjału ekologicznego wód dolnej Wisły w ciągu ostatnich dwudziestu lat. Kryzys ekonomiczny

w Polsce w latach dziewięćdziesiątych XX wieku oraz intensyfikacja działań na rzecz ochrony środowiska na przełomie XX i XXI wieku powinny mieć widoczny – pozytywny – wpływ na jakość wód i tym samym ich potencjał ekologiczny. Tendencje w rozwoju fitoplanktonu w wodach Wisły prześledzono w latach 1994–2013.

Teren badań

Długoletnie obserwacje fitoplanktonu prowadzono w dolnym odcinku Wisły na stanowiskach zlokalizowanych w Toruniu pomiędzy 727 km i 744 km jej biegu. Badaniem objęto odcinek o długości 17 km zakładając, że panujące tam warunki środowiskowe nie ulegają zmianie. Ten fragment rzeki przecina obszary miejskie i podmiejskie Torunia. Wisła na tym odcinku jest rzeką typowo nizinną, o niewielkim spadku lustra wody (około 0,2‰), jest silnie uregulowana i obwałowana, pozbawiona dopływów i charakteryzuje się niewielką prędkością przepływu (0,3÷0,9 m/s). Przy tak powolnym przepływie wody fitoplankton pokonuje badany odcinek w czasie od 5 h do niepełna 16 h. Zatem czas ten jest zbyt krótki, aby w strukturze fitoplanktonu nastąpiły jakieś istotne zmiany.

Fragment Wisły między 718 km i 941 km jest silnie uregulowany, o niemal całkowicie odlesionej dolinie, z wybudowanymi w XIX w. wałami przeciwpowodziowymi [8]. W przypadku dolnego odcinka Wisły, ze względu na daleko posuniętą modyfikację koryta i doliny rzecznej, przeprowadza się ocenę potencjału ekologicznego.

Badany obszar należy do JCW PLRW2000212939 (Wisła od dopływu z Sierzchowa do Wdy). Jest to jeden z pięciu odcinków dolnego biegu Wisły, sklasyfikowanych do jednolitych części wód (JCW):

- Wisła od Narwi do Zbiornika Włocławek,
- Zbiornik Włocławek,
- Wisła od granicy Regionu Dolnej Wisły do dopływu z Sierzchowa,
- Wisła od dopływu z Sierzchowa do Wdy,
- Wisła od Wdy do ujścia.

Podział ten zastosowano na potrzeby monitoringu środowiskowego, a wynika on z obecnego stanu zagospodarowania i regulacji dolnego biegu Wisły. W przypadku oceny biologicznej badany fragment należy zaliczyć do typu 21, czyli do wielkich rzek nizinnych. Dolna Wisła obejmuje odcinek pomiędzy 550 km i 941 km jej biegu (pomiędzy ujściem Bugonarwi a ujściem do Morza Bałtyckiego), charakteryzujący się średnim przepływem w zakresie od 900 m³/s do 1 050 m³/s [9, 10].

Materiały i metody

Próbki wody do badań pobierano z różną częstotliwością (4÷8-krotnie) w okresie wegetacyjnym (od kwietnia do października) w latach 1994, 1998, 2003, 2007, 2008, 2009 i 2013. Wodę do analiz fitoplanktonu pobierano z nurtu rzeki czerpaczem Patalasa o pojemności 5 dm³. Do analiz ilościowych część wody przelewano do pojemników o pojemności około 200 cm³ i natychmiast konserwowano płynem Lugola. Do analiz składu gatunkowego fitoplanktonu wodę przecedzono przez siatkę planktonową o oczkach 25 µm.

Równocześnie z badaniami fitoplanktonu wykonano pomiary wartości podstawowych wskaźników fizyczno-chemicznych, takich jak pH, zawartość tlenu rozpuszczonego oraz przewodność właściwa. W 1998 r. oraz w latach 2008–2013 razem z próbkami do analiz fitoplanktonu pobierano wodę do badania zawartości chlorofilu *a*.

Liczebność fitoplanktonu wyznaczono metodą Utermöhl [11] w mikroskopie odwróconym w cylindrycznych komorach sedymentacyjnych o pojemności 5÷20 cm³. W tym celu zliczono około 400 osobników w 2÷4 pasach w komorze sedymentacyjnej, a następnie przeliczono na objętość 1 dm³ wody. Biomasa wyznaczono metodą objętościową, przez przyrównanie kształtu glonów do odpowiednich brył geometrycznych [12, 13], a następnie przemnożenie liczebności gatunku przez jego bioobjętość. Ostateczny wynik przedstawiono w mg/dm³ (przy założeniu, że 1 mm³ glonów ma masę 1 mg). Zawartość chlorofilu *a* oznaczono metodą alkoholową Nuscha [14].

Na podstawie biomasy fitoplanktonu obliczono wartość wskaźnika trofii (IT) [15], opartego na taksonach występujących w zbiorowisku fitoplanktonu, które wskazują na poziom żyzności wód rzeki. Każdy takson ma przypisaną wartość troficzną i wagową. Przy obliczaniu wartości tego wskaźnika uwzględnia się również procentowy udział danego taksonu wskaźnikowego w całej bioobjętości wszystkich taksonów wskaźnikowych. Wartość wskaźnika trofii wyliczana jest ze wzoru:

$$[IT] = \frac{\sum([D_i][wT_i][T_i])}{\sum([D_i][wT_i])} \quad (1)$$

w którym:

D_i – średnia sezonowa procentowego udziału *i*-tego taksonu w bioobjętości taksonów wskaźnikowych fitoplanktonu

wT_i – wartość wagowa (tolerancja) *i*-tego taksonu

T_i – wartość wskaźnikowa trofii *i*-tego taksonu

W latach 1998, 2008, 2009 i 2013, poza indeksem troficznym, obliczono również wartość wskaźnika chlorofilowego (CH) [15], który jest wyliczany w pięciu kategoriach według schematu podanego w tabeli 1.

Tabela 1. Kategorie wskaźnika chlorofilowego (CH) w przypadku rzeki typu 21

Table 1. Chlorophyll index (CH) for a river type 21

Chlorofil <i>a</i> , µg/dm ³	Wskaźnik chlorofilowy (CH)
<25	0
25÷60	1
60÷95	2
95÷130	3
>130	4

Przed wyliczeniem wartości wskaźnika fitoplanktonowego (IFPL) [15], wartości wskaźników trofii (IT) oraz chlorofilowego (CH) zostały wystandaryzowane według wzorów (2) i (3), aby ich odpowiednie wartości znormalizowane (Z_{IT} oraz Z_{CH}) znalazły się w przedziale od 1 (najkorzystniejszy) do 0 (najmniej korzystny):

$$[Z_{IT}] = 1 - [0,25([IT] - 1)] \quad (2)$$

$$[Z_{CH}] = 1 - 0,25[CH] \quad (3)$$

Ostatecznie wyliczono wartość wskaźnika fitoplanktonowego (IFPL), jako średnią arytmetyczną wartości wskaźników Z_{IT} i Z_{CH} . Wartości tego wskaźnika, który określa potencjał ekologiczny wód, zawiera tabela 2.

Tabela 2. Granice klas potencjału ekologicznego rzek na podstawie wskaźnika fitoplanktonowego (IFPL) [7]

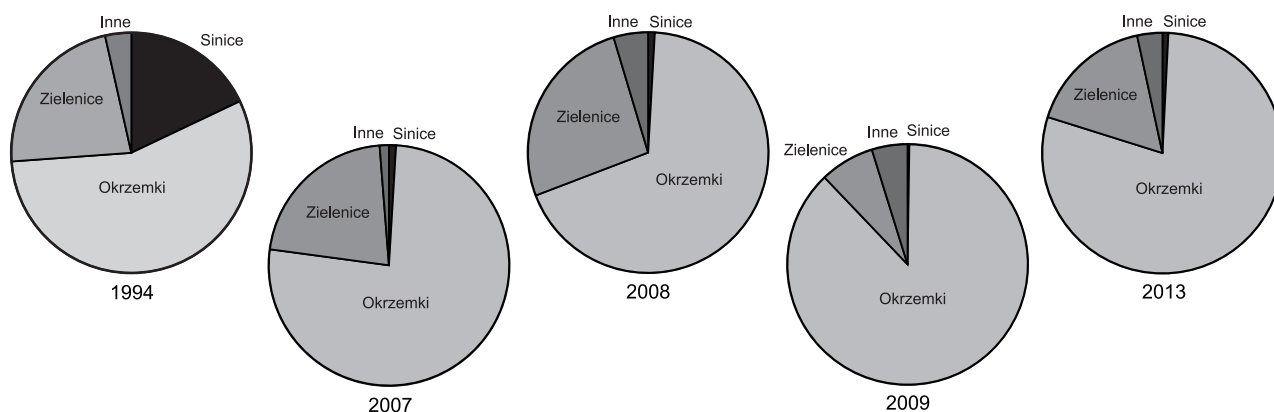
Table 2. Class boundaries of river ecological potential based on the phytoplankton multimetric index (IFPL) [7]

Klasa jakości wód	Wskaźnik fitoplanktonowy (IFPL)	Potencjał ekologiczny
I	≥0,8	maksymalny
II	≥0,6	dobry
III	≥0,4	umiarkowany
IV	≥0,2	słaby
V	<0,2	zły

Dyskusja wyników

Wisła jest jedną z największych rzek zlewniska Morza Bałtyckiego (druga po Newie), a jej dolina została uznana za ważny korytarz ekologiczny na terenie Europy Środkowej [16, 17]. Jednak funkcje takiego korytarza mogą być spełniane jedynie przez cieki o odpowiedniej jakości ekologicznej. W drugiej połowie XX wieku Wisła była silnie zanieczyszczona – w latach 1964–1990 nastąpiło pogorszenie jakości wody w polskich rzekach i zaledwie 7% zaliczono do I klasy czystości [18]. Dopiero umowy akcesyjne z krajami Unii Europejskiej, a następnie przystąpienie Polski do UE przyczyniły się do poprawy sytuacji ekologicznej. Polska stanęła przed koniecznością stosowania bardziej rygorystycznych regulacji prawnych. W latach 1980–2007 liczba oczyszczalni ścieków zwiększyła się o 38%. Odnotowano również podobny wzrost ilości ścieków oczyszczonych, a udział odprowadzanych ścieków nieoczyszczonych zmalał o ponad 83% [19]. Wszystkie te czynniki doprowadziły do stopniowej poprawy jakości wód rzecznych, co wykazały badania prowadzone od 1986 r. [20–22].

Zmiany w składzie chemicznym wód rzecznych prowadzą do zmian w strukturze zbiorowisk organizmów zasiedlających dany ekosystem. Glony planktonowe pełnią rolę doskonałego bioindykatora, dlatego od dawna wykorzystywane są do oceny jakości wody. Szczegółowe analizy fitoplanktonu Wisły prowadzone są od 1994 r., jednak wcześniejsze dane na temat tej grupy organizmów [23, 24] były fragmentaryczne i nie mogły być wykorzystane do oceny jej potencjału ekologicznego. Na podstawie publikacji własnych [5, 6, 25], jak również wyników badań dotychczas nie opublikowanych, zbiorowisko fitoplanktonu Wisły w Toruniu pod względem taksonomicznym można ocenić



Rys. 1. Udział gromad glonów w fitoplanktonie Wisły w przekroju Torunia w latach 1994–2013
Fig. 1. Share of algal divisions in phytoplankton of the Vistula River in Torun in the period of 1994–2013

jako okrzemkowo-zielenicowe (rys. 1). Skład gatunkowy fitoplanktonu dolnego biegu Wisły jest podobny do jego składu w innych rzekach [26]. Większość występujących w Wiśle gatunków okrzemek należy do form osiadłych, które pierwotnie zasiedlają strefy denne rzeki. W niektórych rzekach, takich jak Dunaj czy Bug, w potamoplanktonie wyraźna jest przewaga zielenic [27, 28].

Struktura ilościowa zbiorowiska, uwzględniająca udział glonów w biomase, również jednoznacznie wskazuje na dominację okrzemek. Przeciętny udział Bacillariophyceae w biomase całkowitej fitoplanktonu wynosi 71%. Jest to wartość większa niż na przykład w Dunaju, gdzie okrzemki stanowią 59% biomasy [1]. Drugą ważną grupą w fitoplanktonie rzeczonym są zielenice, należące głównie do rzędu Chlorococcales. Ich średni udział wynosi około 18% i jest mniejszy niż w Dunaju, w którym zielenice stanowią 25% biomasy [1]. Inne grupy glonów rozwijają się w wodach rzecznych zdecydowanie słabiej, choć okresowo mogą się pojawiać w znacznych ilościach.

W Wiśle w sierpniu 1994 r. odnotowano 55% udział sinic (*Oscillatoria limosa*), w sierpniu 2003 r. ponownie dominowały sinice z 60% udziałem (*Phormidium tenue*), a w październiku 2009 r. kryptofity (56% udział *Cryptomonas erosa*). Znacząca biomasa *Oscillatoria limosa* była skutkiem oderwania się tego bentosowego gatunku od dna w wyniku gwałtownego wzrostu prędkości wody w rzece podczas intensywnego przepływu (1475 m³/s), który nastąpił po długotrwałym niskim stanie wody. W sierpniu 2003 r. odnotowano bardzo sprzyjające warunki do rozwoju sinic ze względu na wyjątkowo niewielki przepływ wody (290 m³/s), a także jej bardzo wysoką temperaturę (25,3°C). W latach późniejszych nie zaobserwowano istotnego udziału sinic w biomase fitoplanktonu. Z kolei kryptofity (*Cryptomonas erosa*) są stałym elementem fitoplanktonu w niektórych rzekach, na przykład w Dunaju stanowią aż 16% biomasy [1].

Wieloletnie badania fitoplanktonu w wodach dolnej Wisły w Toruniu wykazały korzystną zmianę jego struktury. Odnotowano stałą tendencję wzrostową liczby dominujących gatunków, które mają wpływ na biomasę fitoplanktonu. W materiale z lat 1994–1998 stwierdzono obecność 34 dominujących taksonów glonów. W latach 2003–2007 w fitoplanktonie występowało już od 60 do 63 taksonów, natomiast w 2013 r. liczba gatunków istotnych w tworzeniu biomasy wzrosła do 70. Do gatunków o największej biomacie (tab. 3) należały głównie okrzemki centryczne (typowy plankton) – *Aulacoseira granulata* (wraz z odmianami), *Actinocyclus normanii*, *Cyclotella meneghiniana*,

Tabela 3. Gatunki dominujące fitoplanktonu oraz wartości wskaźników potencjału ekologicznego Wisły w przekroju Torunia w latach 1994–2013

Table 3. Phytoplankton dominant species and ecological potential indexes for the Vistula River in Torun in the period of 1994–2013

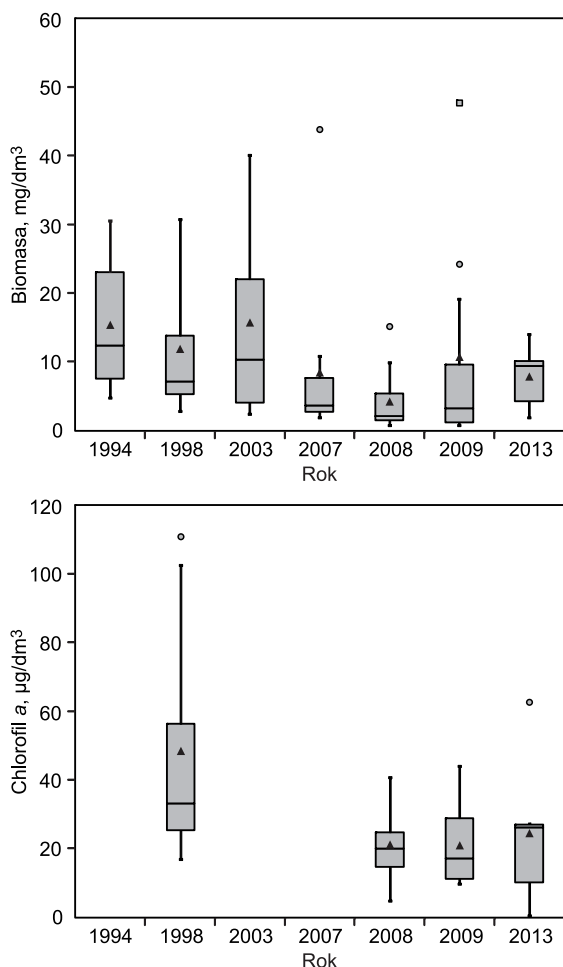
Rok	Gatunki dominujące	Wskaźnik	
		Z _{IT}	IFPL
1994	<i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Desmodesmus communis</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Peridinium cinctum</i> , <i>Cryptomonas erosa</i> , <i>Coelastrum astroideum</i>	0,35	–
1998	<i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Stephanodiscus alpinus</i> , <i>S. hantzschii</i>	0,35	0,47
2003	<i>Phormidium tenue</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>C. planctonica</i> , <i>Cryptomonas erosa</i>	0,37	–
2007	<i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Stephanodiscus alpinus</i> , <i>S. hantzschii</i> , <i>Ulnaria ulna</i> , <i>Diatoma tenuis</i> , <i>Desmodesmus communis</i>	0,85	–
2008	<i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Stephanodiscus alpinus</i> , <i>Chlamydomonas</i> sp. div., <i>Desmodesmus communis</i>	0,74	0,84
2009	<i>Actinocyclus normanii</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>C. planctonica</i> , <i>Cyclostephanos dubius</i> , <i>Stephanodiscus alpinus</i> , <i>S. hantzschii</i> , <i>Cryptomonas erosa</i>	0,70	0,80
2013	<i>Actinocyclus normanii</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>C. planctonica</i> , <i>Cyclostephanos dubius</i> , <i>Stephanodiscus alpinus</i> , <i>S. hantzschii</i>	0,66	0,72

Z_{IT} – znormalizowana wartość wskaźnika trofii (IT)

IFPL – wskaźnik fitoplanktonowy

C. planctonica, *Cyclostephanos dubius*, *Stephanodiscus alpinus* i *S. hantzschii* oraz planktonowe okrzemki z podklasy Pennatae – *Asterionella formosa* i *Ulnaria ulna*. Inne grupy taksonomiczne miały mniejszy udział w biomase – były to gatunki należące do zielenic – *Chlamydomonas* sp. div., *Coelastrum astroideum* i *Desmodesmus communis* oraz sinic – *Oscillatoria* sp. oraz *Phormidium tenue*.

Największą średnią zawartość biomasy fitoplanktonu ($15,75 \text{ mg/dm}^3$) stwierdzono w 2003 r., zaś najmniejsze zawartości biomasy fitoplanktonu ($4,22 \text{ mg/dm}^3$) oraz chlorofilu *a* ($21,23 \text{ } \mu\text{g/dm}^3$) zarejestrowano w 2008 r. (rys. 2).



Rys. 2. Zawartość biomasy fitoplanktonu oraz chlorofilu *a* w wodach Wisły w przekroju Torunia w latach 1994–2013 (zakres, odchylenie standardowe, mediana, średnia arytmetyczna)
Fig.2. Phytoplankton biomass and chlorophyll *a* concentration in the Vistula River in Torun in the period of 1994–2013 (range, standard deviation, median, mean)

W ciągu 20 lat poddanych analizie (1994–2013) jakość wody w Wiśle uległa znacznej poprawie. W latach dziewięćdziesiątych XX wieku wartości wskaźnika trofii wskazywały na słaby potencjał ekologiczny Wisły (w latach 1994 i 1998 wartość ta wynosiła 0,35). W 1998 r. obliczono ponadto pełen wskaźnik fitoplanktonowy (IFPL), na który składa się wskaźnik trofii (Z_{IT}) oraz wskaźnik chlorofilowy (Z_{CH}). Jego wartość wskazywała na umiarkowany potencjał ekologiczny rzeki [7]. W latach 2007–2013 średnia wartość wskaźnika trofii (obliczona na podstawie biomasy fitoplanktonu) wzrosła do 0,74. Wartość wskaźnika IFPL była jeszcze większa i wynosiła 0,79, potwierdzając dobry potencjał ekologiczny Wisły. W latach 2008–2009 wartości potencjału ekologicznego wód Wisły w Toruniu wskazywały na stan powyżej dobrego (tab. 3).

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska [7] oraz zalecaną metodą badań fitoplanktonu [15], równocześnie z badaniami glonów należy prowadzić obserwacje wskaźników fizyczno-chemicznych wody rzecznej, które jakkolwiek są uznawane jako wspomagające badania biologiczne, niemniej mogą wpływać na obniżenie klasyfikacji

jakości wody. Obniżenie klasy może nastąpić tylko w I i II klasie, a w pozostałych nie ustala się granicznych wartości wskaźników fizyczno-chemicznych, dlatego też nie mają one wpływu na klasyfikację.

Średnie roczne wartości pH wody oraz przewodności właściwej mieściły się w granicach przewidzianych w I klasie jakości wody we wszystkich latach badań [7] – nie miały zatem wpływu na wynik oceny potencjału ekologicznego opartej na analizie fitoplanktonu (tab. 4). Pod względem warunków tlenowych najgorszy był 1994 r., gdy średnia roczna zawartość tlenu w wodzie wynosiła $6,5 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$. Jednak potencjał ekologiczny w tym samym roku, oceniony na podstawie wartości wskaźnika IFPL, był słaby, więc tak mała ilość tlenu nie miała wpływu na wynik klasyfikacji. W 2007 r. warunki tlenowe przekraczały wartości graniczne w II klasie, dlatego też potencjał ekologiczny Wisły w tym roku został obniżony do umiarkowanego. W 2009 r. warunki tlenowe odpowiadały II klasie jakości wody, a w 2013 r. tylko w niewielkim stopniu odbiegały od II klasy (wartość graniczna w II klasie wynosi $7,4 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$),

Tabela 4. Wartości wybranych wskaźników fizyczno-chemicznych wód Wisły w przekroju Torunia w latach 1994–2013
Table 4. Selected physico-chemical parameters of the Vistula River in Torun in the period of 1994–2013

Wskaźnik, jednostka	Rok	Zakres średnia	Odchylenie standardowe
pH	1994	8,1÷8,7 8,4	0,3
	2003	7,6÷7,8 7,6	0,0
	2007	7,9÷8,8 8,2	0,3
	2008	8,0÷8,6 8,4	0,2
	2009	8,0÷8,8 8,3	0,2
	2013	8,0÷8,6 8,3	0,2
Przewodność właściwa, $\mu\text{S/cm}$	1994	500÷920 725	207
	2003	470÷870 673	202
	2007	590÷770 643	71
	2008	460÷715 567	91
	2009	340÷710 585	90
Tlen rozpuszczony, mgO_2/dm^3	1994	4,7÷10,1 6,5	2,1
	2003	4,4÷10,8 7,7	3,2
	2007	5,2÷9,9 7,1	1,9
	2008	4,6÷15,1 8,8	3,6
	2009	4,8÷9,2 7,5	1,6
	2013	5,5÷9,5 7,3	1,2

w związku z czym potencjał ekologiczny Wisły zakwalifikowano jako dobry. Najlepszy okazał się rok 2008, w którym potencjał ekologiczny Wisły, oceniony zarówno na podstawie wartości wskaźnika IFPL jak i jakości fizyczno-chemicznej wody, osiągnął wartość maksymalną.

Wnioski

◆ Pod względem liczby gatunków największą grupę potamoplanktonu w Wiśle stanowią okrzemki Pennatae, które pochodzą z bentosu i są w fitoplanktonie tej rzeki gatunkami przypadkowymi. Duże bogactwo gatunkowe okrzemek bentosowych jest cechą charakterystyczną planktonu wielu dużych rzek.

◆ O zawartości biomasy fitoplanktonu w Wiśle decydują okrzemki planktonowe, głównie Centricae. Drugą ważną grupą są zielenice kokkalne. Znaczący udział innych grup glonów (w tym także sinic) jest sporadyczny. Sinice masowo rozwijały się jedynie w latach 1994 i 2003, w badaniach późniejszych miały jednak jedynie marginalne znaczenie dla produkcji biomasy fitoplanktonu. Amplituda zawartości biomasy nie uległa zmianie od lat 90. ubiegłego wieku, lecz jej średnia zawartość zmalała do około połowy.

◆ Wskaźniki troficzne służące do oceny potencjału ekologicznego Wisły na podstawie potamoplanktonu wskazują na postępującą poprawę jakości wód tej rzeki na wysokości Torunia.

LITERATURA

- M. T. DOKULIL, U. DONABAUM: Phytoplankton of the Danube River: Composition and long-term dynamics. *Acta Zoologica Bulgarica* 2014, Suppl. 7, pp. 147–152.
- K. TOCKNER, U. UEHLINGER, C. T. ROBINSON: Rivers of Europe. Academic Press, London 2009.
- M. P. STOYNEVA: Shallows of the lower Danube as additional sources of potamoplankton. *Hydrobiologia* 1994, Vol. 289, pp. 171–178.
- J.-P. DESCY, F. DARCHAMBEAU, T. LAMBERT, M. P. STOYNEVA-GAERTNER, S. BOUILLON, A. V. BORGES: Phytoplankton dynamics in the Congo River. *Freshwater Biology* 2017, Vol. 62, No. 1, pp. 87–101.
- A. KENTZER, E. DEMBOWSKA, A. GIZIŃSKI, P. NAPIÓRKOWSKI: Influence of the Włocławek Reservoir on hydrochemistry and plankton of a large, lowland river (the Lower Vistula River, Poland). *Ecological Engineering* 2010, Vol. 36, No. 12, pp. 1747–1753.
- E. DEMBOWSKA: Phytoplankton species diversity of the Lower Vistula from Wyszogród to Toruń. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 2009, Vol. 38, No. 4, pp. 63–74.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z 21 lipca 2016r. w sprawie sposobu klasyfikacji jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. *Dziennik Ustaw RP* 2016, poz. 1187.
- J. MAKOWSKI: Dolna Wisła i jej obwałowania. Historyczne kształtowanie, obecny stan i zachowanie w czasie znacznych wzebrań. Część druga: Odcinek od Torunia do Białej Góry. Instytut Budownictwa Wodnego PAN, Biblioteka Naukowa Hydrotechnika, t. 27, Gdańsk 1998.
- B. GŁOGOWSKA: A geographical and hydrological profile of the study area. In: A. GIZIŃSKI [Ed.]: Hydrobiology of the Lower Vistula River Between Wyszogród and Toruń. An Assessment of the Influence of the Włocławek Dam on the Structure and Functions of the River Ecosystem, Part II. *AUNC Limnological Papers* 2000, Vol. 21, pp. 11–21.
- J. CYBERSKI, M. GRZEŚ, M. GUTRY-KORYCKA, E. NACHLIK, Z. W. KUNDZEWICZ: History of floods on the River Vistula. *Hydrological Sciences Journal* 2006, Vol. 51, No. 5, pp. 799–817.
- H. UTERMÖHL: Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen – Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 1958, Vol. 9, pp. 5–46.
- H. HILLENBRAND, C. D. DÜRSELEN, D. KIRSCHTEL, U. POLLINGER, T. ZOHARY: Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology* 1999, Vol. 35, pp. 403–424.
- J. SUN, D. LIU: Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 2003, Vol. 25, No. 11, pp. 1331–1346.
- E. A. NUSCH: Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment. *Archiv für Hydrobiologie – Beiheft Ergebnisse der Limnologie* 1980, Vol. 14, pp. 14–16.
- J. PICIŃSKA-FALTYNOWICZ, J. BŁACHUTA: Wytyczne metodyczne do przeprowadzenia badań fitoplanktonu i oceny stanu ekologicznego rzek na jego podstawie. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2012.
- A. BIJ de VAATE, K. JAZDZEWSKI, H. A. M. KETELAARS, S. GOLLASCH, G. van der VELDE: Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 2002, Vol. 59, pp. 1159–1174.
- J. ROMANOWSKI: Vistula River valley as the ecological corridor for mammals. *Polish Journal of Ecology* 2007, Vol. 55, No. 4, pp. 805–819.
- M. MYŚIAK: Zmiany jakości wód rzecznych w Polsce w dwudziestopięcioletni 1964–1990 (Water quality variations in the rivers of Poland in the time span of 1964 to 1990). *Ochrona Środowiska* 1994, vol. 16, nr 1, ss. 9–10.
- A. WAŁĘGA, K. CHMIEŁOWSKI, S. SATORA: Stan gospodarki wodno-ściekowej w Polsce w aspekcie wdrażania ramowej dyrektywy wodnej. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 2009, nr 4, ss. 57–72.
- A. KENTZER: Influence of the Włocławek Reservoir on the quality of waters in the Bay of Gdańsk. *Limnological Papers* 2009, Vol. 4, No. 1, pp. 9–14.
- T. KOWALKOWSKI, M. PASTUSZEK, J. IGRAS, B. BUSZEWSKI: Differences in emission of nitrogen and phosphorus into the Vistula and Oder basins in 1995–2008. Natural and anthropogenic causes (MONERIS model). *Journal of Marine Systems* 2012, Vol. 89, No. 1, pp. 48–60.
- M. PASTUSZEK, P. STALNACKE, K. PAWLIKOWSKI, Z. WITEK: Response of Polish rivers (Vistula, Oder) to reduce pressure from point sources and agriculture during the transition period (1988–2008). *Journal of Marine Systems* 2012, Vol. 94, pp. 157–173.
- G. UHERKOVICH: Über das Wisła-Phytoseston Zwischen Kraków und Tczew. *Acta Hydrobiologica* 1970, Vol. 12, No. 2–3, pp. 161–190.
- A. PRASZKIEWICZ, I. SPODNIIEWSKA T. WĘGLEŃSKA: Seston Wisły i zbiorników kaskady Wisły na odcinku od ujścia Sanu do Włocławka. W: Z. KAJAK [red.]: Ekologiczne podstawy zagospodarowania Wisły i jej dorzecza. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Łódź 1983.
- E. DEMBOWSKA: Tentative assessment of the phytoplankton in the Vistula between Plock and Toruń (with the Włocławek Reservoir), Poland. *AUNC Limnological Papers* 2005, Vol. 24, pp. 19–43.
- T. BAYKAL, İ. AÇIKGÖZ, A. U. UDOH, K. YILDIZ: Seasonal variations in phytoplankton composition and biomass in a small lowland river-lake system (Melen River, Turkey). *Turkish Journal of Biology* 2011, Vol. 35, pp. 485–501.
- C. S. VERASZTÓ, K. T. KISS, C. S. SIPKAY, L. GIMESI, C. S. VADADI-FÜLÖP, D. TÜREI, L. HUFNAGEL: Long-term dynamic patterns and diversity of phytoplankton communities in a large eutrophic river (the case of River Danube, Hungary). *Applied Ecology and Environmental Research* 2010, Vol. 8, No. 4, pp. 329–349.
- O. BILOUS, S. BARINOVA, P. KLOCHENKO: Phytoplankton communities in ecological assessment of the Southern Bug River upper reaches (Ukraine). *Ecology & Hydrobiology* 2012, Vol. 12, No. 3, pp. 211–230.

Dembowska, E.A. Evaluation of Ecological Potential of the Lower Vistula River Based on Multi-Year Research on Phytoplankton. *Ochrona Srodowiska* 2017, Vol. 39, No. 3, pp. 19–24.

Abstract: Changes in ecological status of the lower Vistula River over the past two decades were evaluated. The 1990s saw dynamic changes in the Polish economy and increasing environmental awareness, accompanied by introduction of modern, effective treatment methods of wastewater discharges into rivers. Yet, extensive research on modern evaluation of aquatic ecosystems was only conducted in the first decade of the 21st century. Planktonic diatoms (mainly of the Centricae subclass) followed by coccal chlorophyta were the main groups determined to form the phytoplankton biomass in the Vistula

River in Torun. A more significant contribution of other algal groups (including cyanobacteria) is only occasional. Application of phytoplankton multimetric index (IFPL) for rivers allowed assessment of water quality variations in the Vistula River. Phytoplankton of the Vistula River determined in the '90s was compared with that of the period of 2007–2015. The trophic index (TI) measured in the 90's indicated poor ecological status of the river. Its value for both years of research (1994 and 1998) was 0.35. Over the subsequent twenty years the water quality significantly improved. Today, the TI value is 0.66, while the average phytoplankton multimetric index is 0.75, indicating good ecological potential of the Vistula River in Torun.

Keywords: Surface water, the Vistula River, water quality, phytoplankton, centric diatoms, trophic index, ecological potential.