

Wpłynęło 30.09.2014 r.
Zrecenzowano 25.11.2014 r.
Zaakceptowano 27.01.2015 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

WPŁYW PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW FIZYKOCHEMICZNYCH NA MIKROBIOLOGICZNĄ JAKOŚĆ WODY NA WYBRANYM ODCINKU WISŁY

**Janusz AUGUSTYNOWICZ¹⁾ ACDE, Mariusz NIEREBIŃSKI¹⁾ ADF,
Małgorzata ZAWADA²⁾ ABCDF, Dariusz ZIELONKA²⁾ BCF,
Stefan RUSSEL³⁾ ADF**

¹⁾ Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych Województwa Pomorskiego w Gdańsku

²⁾ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Samodzielny Zakład Biologii Mikroorganizmów

³⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Jakości Wody i Higienizacji Wsi

Streszczenie

Woda jest istotnym siedliskiem życia pod względem objętościowym, a także jednym z naturalnych środowisk, w którym żyje wiele grup mikroorganizmów. Reprezentowane są one przez liczne bakterie, sinice, glony oraz grzyby, dlatego tak istotną rolę w określeniu jakości wody w rzekach odgrywa ocena jej stanu mikrobiologicznego.

Celem badań przedstawionych w niniejszej pracy było zbadanie wpływu podstawowych parametrów fizykochemicznych wody pobranej z Wisły na jej stan mikrobiologiczny.

Badania przeprowadzono na podstawie próbek wody pobranych na środkowym odcinku Wisły w okolicach Warszawy. Analizy wybranych parametrów były wykonywane raz w miesiącu w ciągu całego roku. Badania mikrobiologiczne obejmowały następujące oznaczenia: ogólną liczbę tlenowych drobnoustrojów saprofitycznych, ogólną liczbę grzybów oraz NPL bakterii amonifikacyjnych. W pobranych próbkach wody dokonano pomiarów takich parametrów fizykochemicznych, jak: temperatura, zawartość węgla organicznego oraz fosforu ogólnego.

Badania wykazały korelację między mierzonymi parametrami mikrobiologicznymi a temperaturą oraz zawartością węgla organicznego. Nie stwierdzono natomiast istotnej zależności między badanymi mikroorganizmami a zawartością fosforu ogólnego w próbkach wody.

Słowa kluczowe: NPL bakterii amonifikacyjnych, ogólna liczebność grzybów, ogólna liczebność tlenowych drobnoustrojów saprofitycznych, Wisła

Do cytowania For citation: Augustynowicz J., Nierebiński M., Zawada M., Zielonka D., Russel S. 2015. Wpływ podstawowych parametrów fizykochemicznych na mikrobiologiczną jakość wody na wybranym odcinku Wisły. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 15. Z. 1 (49) s. 5–15.

WSTĘP

Najdłuższą polską rzeką jest Wisła, która, przecinając kraj od Beskidu Śląskiego aż po Zatokę Gdańską, uchodząc do Morza Bałtyckiego, rozciąga się na długości 1 047,5 km. Zlewnia rzeki podzielona jest na trzy makroregiony: górnej (duża koncentracja przemysłu), środkowej (charakter rolniczo-przemysłowy) i dolnej Wisły (głównie tereny rolnicze) [BUSZEWSKI i in. 2002]. Jakość wody w Wiśle jest niezadowolająca, niemniej jednak, począwszy od lat 90. ubiegłego stulecia, ulega ona systematycznej poprawie. Przyczyniło się do tego zamknięcie wielu zakładów przemysłowych, które w znaczny sposób zanieczyszczały wody rzeki, a w pozostałych zakładach zmiana technologii produkcji na „przyjazne środowisku”. Nie bez znaczenia jest powstanie w ostatnich latach licznych oczyszczalni ścieków, które również przyczyniły się do poprawy jakości wód [MILLER 2005; ZDIENICKI 2006].

Ekosystem rzeki jest połączoną pod względem funkcjonalnym całością, a określają go zmieniające się warunki fizyczne i chemiczne, co z kolei prowadzi do zmian żyzności i produktywności biocenozy. Konsekwencją są fluktuacje w obrębie struktury i dynamiki poszczególnych zespołów organizmów, a także w ogólnym obiegu poszczególnych pierwiastków [STARMACH 2000]. Głównymi czynnikami środowiskowymi, wpływającymi na biocenozę wód płynących, są: temperatura, światło, zawartość tlenu, fosforu, azotu, wapnia, żelaza, węgla, substancji organicznej oraz odczyn [ALLAN 1998; CHELMICKI 2001].

Dużą grupą organizmów zasiedlających wody rzek są mikroorganizmy, które uważa się za pionierskie grupy organizmów w pierwszych biocenozach wodnych na Ziemi [STRZAŁKO, MOSSOR-PIETRASZEWSKA 1999]. Niewątpliwie pełnią one ważną rolę w ekosystemach wodnych, biorąc, między innymi, czynny udział w obiegu materii organicznej [KUNICKI-GOLDFINGER, FREJLAK 1977]. W mikroflorze ekosystemów wodnych wyróżnia się grupę tzw. autochtoniczną, która reprezentowana jest przez mikroorganizmy charakterystyczne dla wód (należą do niej głównie bakterie autotroficzne: foto- i chemosyntetyzujące). Druga grupa mikroorganizmów wodnych, allochtoniczna, obejmuje organizmy, dla których woda nie jest naturalnym środowiskiem bytowania. Stanowią ją głównie organizmy heterotroficzne: saprofity i pasożyty. W sytuacji, kiedy w wodzie zaistnieją odpowiednie warunki, w ekosystemach tych mogą rozwinąć się bakterie, grzyby czy sinice, charakterystyczne dla innych środowisk, np. gleby lub powietrza. Mikroorganizmy giną jednak bardzo szybko, gdyż środowisko to nie jest dla nich przyjazne. Mikroorganizmy wód wykazują także bardzo silną zależność od mikroflory gleb na skutek ciągłego kontaktu wody z glebą. Dlatego dużą trudnością jest często rozgraniczenie bakterii charakterystycznych dla wód i specyficznych dla środowiska glebowego. W wodach przeważają bakterie Gram-ujemne i stanowią one zwykle do 90% ogółu bakterii, a w glebach dominują bakterie Gram-dodatnie [KUNICKI-GOLDFINGER, FREJLAK 1977]. Najwięcej mikroorganizmów wodnych występuje

w osadach dennych, które chronią je przed niekorzystnymi warunkami środowiska oraz zapewniają odpowiednią ilość substancji pokarmowych. Rozwijają się w nich zazwyczaj beztlenowa mikroflora gnilna, bakterie celulolityczne, metanogenne, redukujące siarczany oraz purpurowe bakterie beziarkowe [PALUCH (red.) 1973; ZMYSŁOWSKA 2003]. Wiele mikroorganizmów, występujących w wodach zanieczyszczonych, to patogeny. Obecność w wodzie *Escherichia coli* wskazuje na skażenie wody odchodami zwierząt lub ludzi. W wodzie mogą znajdować się również takie bakterie chorobotwórcze, jak np.: *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Vibrio cholerae*, *Bacillus anthracis*, *Clostridium botulinum* czy *Mycobacterium tuberculosis*. Znajdujące się w wodzie patogeny zaliczane są do mikroflory allochtonicznej. Występują one tylko wtedy, gdy w ekosystemie panują odpowiednie warunki do ich bytowania. Najbardziej odpornymi na warunki środowiska są te mikroorganizmy, które w wyniku przystosowań mogą wytwarzać formy przetrwalnikowe [HAMIDI i in. 2014; QUILLIAM i in. 2011; ZMYSŁOWSKA 2003].

Celem badań przedstawionych w niniejszej pracy było zbadanie wpływu podstawowych parametrów fizykochemicznych wody pobranej z Wisły na jej stan mikrobiologiczny.

METODY BADAŃ

Próbki wody do badań pobierano na środkowym odcinku Wisły, w okolicach Warszawy. Analizy wybranych parametrów wykonywano raz w miesiącu w ciągu całego roku. Próbki wody pochodziły z następujących punktów badawczych:

1. Kazuń – 549 km Wisły,
2. Dziekanów Polski – 538 km Wisły,
3. Most Poniatowskiego – 510 km Wisły,
4. Kępa Zawadowska – 496 km Wisły,
5. Góra Kalwaria – 477 km Wisły.

Analizy mikrobiologiczne obejmowały oznaczenie:

- ogólnej liczby tlenowych drobnoustrojów saprofitycznych – metodą płytkową, na podłożu agarowym MPA o następującym składzie: bulion zwykły – 1000 cm³; agar – 15 g;
- ogólnej liczby grzybów – metodą płytkową na podłożu wg MARTINA [1950];
- NPL bakterii amonifikacyjnych – metodą rozcieńczeń na pożywece wg Rougieux [POCHON, TARDIEUX 1962].

W pobranych próbkach wody mierzono następujące parametry fizykochemiczne:

- temperaturę, wg PN-77/C-04584;
- ogólny węgiel organiczny, wg PN-C-046333-3:1994;
- fosfor ogólny, wg PN-91/C-04537.09.

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej, wyznaczając współczynnik korelacji r między wartościami wskaźników mikrobiologicznych, a poszczególny-

mi parametrami fizykochemicznymi (na poziomie istotności $\alpha = 0,05$). Do analiz statystycznych wybrano te punkty kontrolne, w których uzyskano skrajne średnie roczne wartości badanych parametrów mikrobiologicznych (minimalne i maksymalne). Dla przedmiotowych średnich rocznych wartości obliczono odchylenie standardowe *SD*.

WYNIKI I DYSKUSJA

Najmniejsze wartości temperatury badanych próbek wody zanotowano w miesiącach styczeń – marzec (1–5°C), największe natomiast na przełomie lipca i sierpnia (16–22°C) (tab. 1). Zaobserwowano niewielkie różnice temperatury wody między próbkami z poszczególnych punktów badawczych w porównywanych miesiącach, z wyjątkiem wartości zanotowanych w punkcie „Most Poniatowskiego” w lutym i marcu (wartości znacznie większe od pozostałych) oraz listopadzie (wartość znacznie mniejsza od pozostałych).

Zawartość węgla organicznego w próbkach wody pobranych z Wisły w ciągu roku wynosiła od 0,002 mg C·cm⁻³ do 0,016 mg C·cm⁻³ (tab. 2). Najmniejsze wartości zanotowano w okresie wrzesień – luty, a największe w okresie od maja do września. Wyniki uzyskane w punktach kontrolnych w poszczególnych miesiącach były zbliżone. W stosunku do wartości uzyskanych w pozostałych miesiącach, jedynie w lipcu odnotowano znaczne zwiększenie zawartości węgla w analizowanych próbkach wody w przypadku punktów „Kazuń” oraz „Kępa Zawadowska”.

Tabela 1. Temperatura wody (°C) w poszczególnych punktach badawczych

Table 1. Water temperature (°C) in particular sampling sites

Miesiąc Month	Miejsce poboru próbek Sampling site				
	Kazuń	Dzieskanów Polski	Most Poniatowskiego	Kępa Zawadowska	Góra Kalwaria
Styczeń January	1	1	1	1	1
Luty February	2	2	4	2	2
Marzec March	1	1	5	1	1
Kwiecień April	10	10	11,5	10	9
Maj May	14	14	12	14	14
Czerwiec June	22	22	18,5	21	21
Lipiec July	16	18,2	22	18	16
Sierpień August	20	20	20	20	20
Wrzesień September	19	19	16	19	19
Październik October	14	13,9	10,5	14	14
Listopad November	12	12	5,8	12	12
Grudzień December	5	5	3,5	4	4

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 2. Zawartość węgla organicznego ($\text{mg C}\cdot\text{cm}^{-3}$) w próbkach wody z poszczególnych punktów badawczych**Table 2.** Concentration of total organic carbon ($\text{mg C}\cdot\text{cm}^{-3}$) in water from particular sampling sites

Miesiąc Month	Miejsce poboru próbek Sampling site				
	Kazuń	Dziekanów Polski	Most Poniatowskiego	Kępa Zawadowska	Góra Kalwaria
Styczeń January	0,006	0,006	0,006	0,006	0,003
Luty February	0,006	0,005	0,008	0,005	0,003
Marzec March	0,005	0,005	0,007	0,004	0,003
Kwiecień April	0,008	0,007	0,007	0,007	0,006
Maj May	0,010	0,010	0,008	0,010	0,010
Czerwiec June	0,009	0,009	0,009	0,007	0,009
Lipiec July	0,016	0,010	0,008	0,014	0,008
Sierpień August	0,008	0,008	0,007	0,008	0,002
Wrzesień September	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005
Październik October	0,005	0,007	0,008	0,006	0,005
Listopad November	0,004	0,005	0,006	0,005	0,004
Grudzień December	0,005	0,007	0,005	0,006	0,006

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Zawartość fosforu ogólnego w próbkach wody pobranych z Wisły w ciągu roku wynosiła od 0,00005 do 0,00064 $\text{mg P}\cdot\text{cm}^{-3}$ (tab. 3). Najmniejszą wartość badanego wskaźnika zanotowano w listopadzie, a największą w styczniu. Różnice

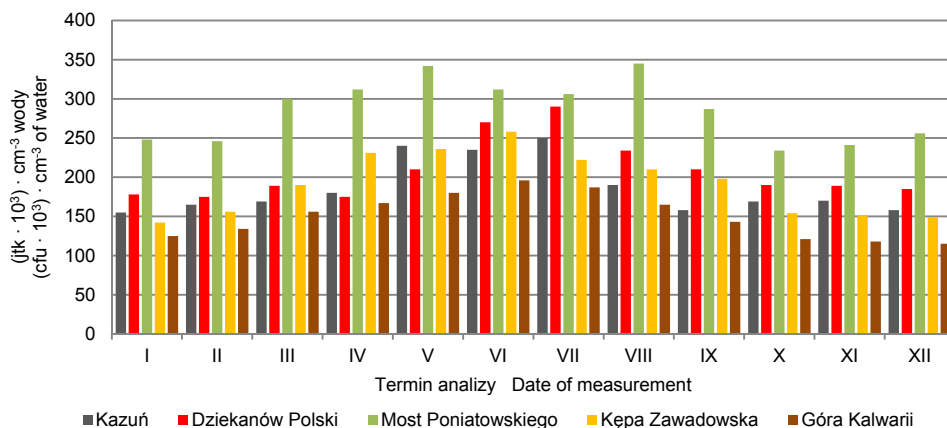
Tabela 3. Zawartość fosforu ogólnego ($\text{mg P}\cdot\text{cm}^{-3}$) w próbkach wody z poszczególnych punktów badawczych**Table 3.** Total phosphorus concentration ($\text{mg P}\cdot\text{cm}^{-3}$) in water from particular sampling sites

Miesiąc Month	Miejsce poboru próbek Sampling site				
	Kazuń	Dziekanów Polski	Most Poniatowskiego	Kępa Zawadowska	Góra Kalwaria
Styczeń January	0,00025	0,00033	0,00050	0,00064	0,00019
Luty February	0,00033	0,00020	0,00022	0,00036	0,00015
Marzec March	0,00015	0,00027	0,00030	0,00052	0,00015
Kwiecień April	0,00020	0,00022	0,00027	0,00065	0,00016
Maj May	0,00022	0,00024	0,00016	0,00036	0,00013
Czerwiec June	0,00025	0,00025	0,00051	0,00036	0,00010
Lipiec July	0,00035	0,00029	0,00019	0,00051	0,00014
Sierpień August	0,00023	0,00031	0,00025	0,00022	0,00020
Wrzesień September	0,00013	0,00020	0,00018	0,00035	0,00009
Październik October	0,00024	0,00020	0,00015	0,00039	0,00012
Listopad November	0,00017	0,00015	0,00022	0,00020	0,00005
Grudzień December	0,00030	0,00027	0,00017	0,00062	0,00015

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

w uzyskanych wartościach w poszczególnych miesiącach pomiędzy analizowanymi punktami kontrolnymi były stosunkowo duże (maks. 400%). Na uwagę zasługuje fakt, że najmniejszą zawartość fosforu w całym okresie badań stwierdzono w próbkach wody pobranych w punkcie „Góra Kalwaria”.

Najwięcej tlenowych drobnoustrojów saprofitycznych zaobserwowano w okresie wiosenno-letnim (od maja do sierpnia), a najmniej w okresie jesienno-zimowym (rys. 1). W punkcie pomiarowym „Most Poniatowskiego” liczba tlenowych drobnoustrojów saprofitycznych osiągnęła najmniejszą wartość w październiku, a od listopada zwiększała się.



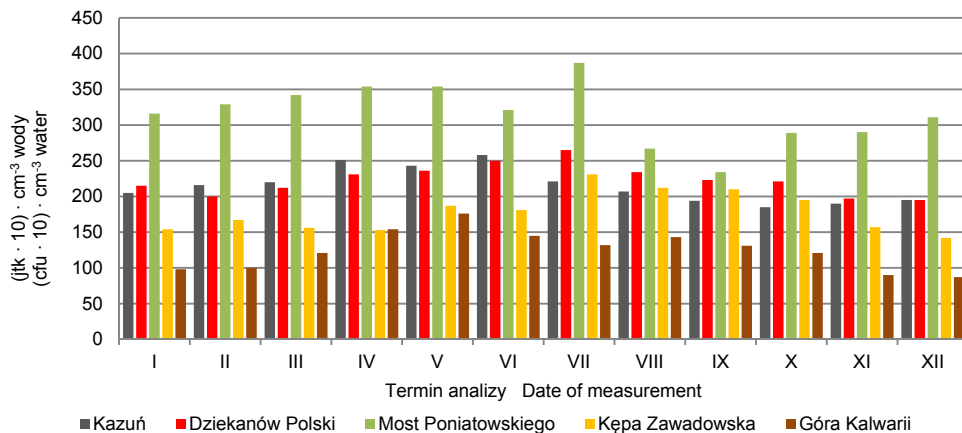
Rys. 1. Zmiany ogólnej liczby tlenowych drobnoustrojów saprofitycznych w próbkach wody pobranych z Wisły w poszczególnych terminach badań; źródło: wyniki własne

Fig. 1. Changes in the total number of aerobic saprophytic microorganisms in water samples taken from the Vistula River on particular sampling dates; source: own study

Największą liczebność grzybów zaobserwowano w okresie letnim (od czerwca do lipca) a najmniejszą w okresie jesienno-zimowym (od października do grudnia) (rys. 2). W punktach pomiarowych „Kępa Zawadowska” oraz „Góra Kalwaria” liczba grzybów była najmniejsza w okresie zimowym (od grudnia do stycznia).

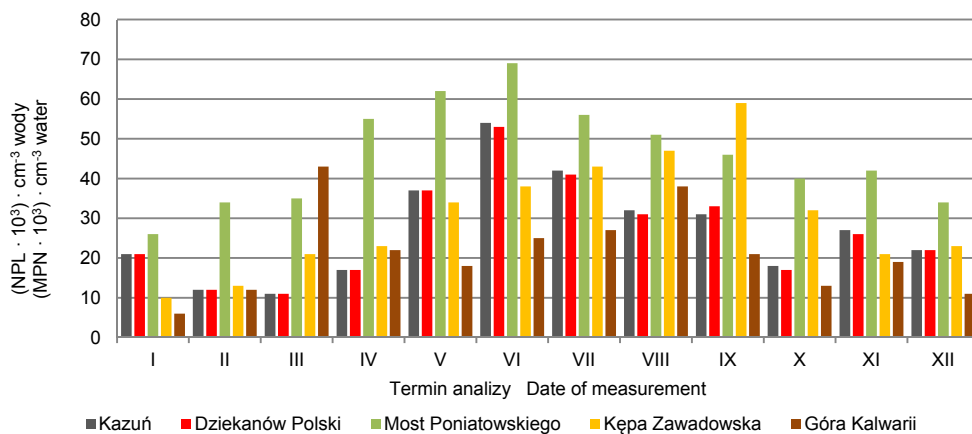
Największą liczbę bakterii amonifikacyjnych zaobserwowano w okresie letnim, najmniejszą natomiast w miesiącach zimowych (rys. 3). Z wyłączeniem marca oraz września, największe wartości badanego wskaźnika w całym okresie badań zanotowano w próbkach wody pobranych w punkcie pomiarowym „Most Poniatowskiego”.

Na podstawie wyników badań liczebności poszczególnych grup drobnoustrojów w pięciu punktach badawczych obliczono wartości średnie zawartości tych mikroorganizmów w wodzie Wisły w ciągu roku (tab. 4). Największe wartości dla wszystkich badanych wskaźników mikrobiologicznych uzyskano w punkcie kontrolnym „Most Poniatowskiego”, najmniejsze zaś w „Górze Kalwarii”.



Rys. 2. Zmiany ogólnej liczby grzybów w próbkach wody pobranych z Wisły w poszczególnych terminach badań; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Changes in the total number of fungi in water samples taken from the Vistula River on particular sampling dates; source: own study



Rys. 3. Zmiany NPL bakterii amonifikacyjnych w próbkach wody pobranych z Wisły w poszczególnych terminach badań; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Changes in the MPN of ammonifying bacteria in water samples taken from the Vistula River on particular sampling dates; source: own study

Silną dodatnią korelację między ogólną liczbą tlenowych drobnoustrojów saprofitycznych a wskaźnikami fizykochemicznymi zaobserwowano tylko w przypadku temperatury i ogólnego węgla organicznego, z wyłączeniem punktu kontrolnego „Most Poniatowskiego” (tab. 5). Współczynnik korelacji, w odniesieniu do wartości fosforu ogólnego, wskazuje na bardzo słabą zależność.

Tabela 4. Średnia liczebność grup drobnoustrojów w poszczególnych punktach badawczych**Table 4.** Mean density of different microbial groups in particular sampling sites

Miejsce poboru próbek Sampling site	Ogólna liczba tlenowych drobnoustrojów saprofitycznych Total number of aerobic saprophytic microorganisms (jtk·10 ³)·cm ⁻³ wody (cfu·10 ³)·cm ⁻³ of water		Ogólna liczba grzybów Total number of fungi (jtk·10) ⁻³ ·cm ⁻³ wody (cfu·10) ⁻³ ·cm ⁻³ of water		NPL bakterii amonifikacyjnych MPN of ammonifying bacteria (NPL·10 ³)·cm ⁻³ wody (MPN·10 ³)·cm ⁻³ of water	
	\bar{x}	<i>SD</i>	\bar{x}	<i>SD</i>	\bar{x}	<i>SD</i>
Kazuń	187	35	215	24	27	13
Dziekanów Polski	208	38	223	21	27	13
Most Poniatowskiego	286	40	316	42	46	13
Kępa Zawadowska	191	40	179	28	30	15
Góra Kalwaria	151	29	125	27	21	11

Objaśnienia: \bar{x} – średnia liczebność, *SD* – odchylenie standardowe.

Explanations: \bar{x} – mean density, *SD* – standard deviation.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 5. Współczynniki korelacji: ogólna liczba tlenowych drobnoustrojów saprofitycznych – parametry fizykochemiczne (temperatura wody *T*, ogólny węgiel organiczny *C*_{org}, fosfor ogólny *P*_{og})**Table 5.** Coefficients of correlation between the total number of aerobic saprophytic microorganisms and physical and chemical parameters (water temperature *T*, total organic carbon *C*_{org}, total phosphorus *P*_{og})

Miejsce poboru próbek Sampling site	Współczynnik korelacji <i>r</i> w zależności od The coefficient of correlation <i>r</i> with		
	<i>T</i>	<i>C</i> _{org}	<i>P</i> _{og}
Most Poniatowskiego	0,67405	0,35152	0,04385
Góra Kalwaria	0,52489	0,59723	0,09430

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Silną dodatnią korelację w przypadku ogólnej liczby grzybów zanotowano wyłącznie w punkcie kontrolnym „Góra Kalwaria” dla temperatury i ogólnego węgla organicznego (tab. 6). W pozostałych przypadkach zaobserwowana zależność była słaba. Na uwagę zasługuje wartość współczynnika korelacji uzyskana w punkcie kontrolnym „Most Poniatowskiego”, w którym wskaźnik ten jest ujemny.

Silną korelację liczby bakterii amonifikacyjnych z temperaturą i ogólnym węglem organicznym zaobserwowano wyłącznie w punkcie badawczym „Most Poniatowskiego (tab. 7). W pozostałych przypadkach współczynnik korelacji wskazuje na słabą zależność między wartościami badanych parametrów.

Tabela 6. Współczynniki korelacji: ogólna liczba grzybów – parametry fizykochemiczne (temperatura wody T , ogólny węgiel organiczny C_{org} , fosfor ogólny P_{og})

Table 6. Coefficients of correlation between the total number of fungi and physical and chemical parameters (water temperature T , total organic carbon C_{org} , total phosphorus P_{og})

Miejsce poboru próbek Sampling point	Współczynnik korelacji r w zależności od The coefficient of correlation r with		
	T	C_{org}	P_{og}
Most Poniatowskiego	-0,01100	0,41473	0,08612
Góra Kalwaria	0,56897	0,56722	0,09888

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 7. Współczynniki korelacji: NPL bakterii amonifikacyjnych – parametry fizykochemiczne (temperatura wody T , ogólny węgiel organiczny C_{org} , fosfor ogólny P_{og})

Table 7. Coefficients of correlation between the MPN of ammonifying bacteria and physical and chemical parameters (water temperature T , total organic carbon C_{org} , total phosphorus P_{og})

Miejsce poboru próbek Sampling point	Współczynnik korelacji r w zależności od The coefficient of correlation r with		
	T	C_{org}	P_{og}
Most Poniatowskiego	0,80214	0,6147	0,35870
Góra Kalwaria	0,29549	-0,1168	0,10799

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Wyniki badań przedstawionych w niniejszej pracy wskazują na silną dodatnią korelację między liczebnością analizowanych grup drobnoustrojów, a temperaturą wody, z wyjątkiem punktu badawczego „Most Poniatowskiego”, w którym zaobserwowano korelację ujemną. Współczynnik korelacji był jednak w tym przypadku na tyle niski, że można mówić o braku wpływu temperatury na liczebność grzybów. Według KAJAKA [1998], temperatura wody wpływa na liczebność drobnoustrojów, ponieważ warunkuje przeprowadzane przez nie procesy biochemiczne. Wyniki badań ŚWIĄTECKIEGO [1997] wskazują natomiast, że intensywność procesów biochemicznych, a tym samym liczebność drobnoustrojów, wzrasta wraz z temperaturą wody. Zaobserwowano również, że wraz ze wzrostem ogólnego węgla organicznego zwiększa się liczba badanych grup drobnoustrojów. Podobne wyniki uzyskała FRAK [2010]. Jak podaje KAJAK [1998], rozkład bakteryjny jest głównym źródłem rozpuszczonej substancji organicznej w wodach. ALLAN [1998] twierdzi, że węgiel wykazuje w wodzie pewną sezonowość intensywności występowania, uwarunkowaną odmiennym zasilaniem w sezonie wegetacyjnym i zimą oraz zmianami pogodowymi w ciągu roku. Wyniki prezentowane w niniejszej pracy wskazują na bardzo słabą korelację między liczbą badanych grup drobnoustrojów a zawartością fosforu ogólnego. Jak podaje PAWLACZYK-SZPIŁOWA [1973],

zbyt duże stężenie fosforu powoduje zahamowanie rozwoju niektórych grup mikroorganizmów.

WNIOSKI

1. Stwierdzono silną korelację między ogólną liczbą tlenowych drobnoustrojów saprofitycznych, ogólną liczbą grzybów oraz NPL bakterii amonifikacyjnych a temperaturą wody w Wiśle.

2. Wraz ze wzrostem zawartości węgla organicznego w wodzie zwiększa się liczba tlenowych drobnoustrojów saprofitycznych, grzybów oraz bakterii amonifikacyjnych.

3. Nie stwierdzono wpływu zawartości fosforu ogólnego na liczebność tlenowych drobnoustrojów saprofitycznych, grzybów oraz NPL bakterii amonifikacyjnych.

LITERATURA

- ALLAN J.D. 1998. Ekologia wód płynących. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN. ISBN 83-01-12535-7 ss. 452.
- BUSZEWSKI B., FUDAŁA J., KOSOBUCKI P., KOWALKOWSKI T., KOWALSKA J., ZBYTNIIEWSKI A. 2002. Wisła czystsza, ale... Ekoprofit. Nr 4 s. 166–174.
- CHELMICKI W. 2001. Woda – zasoby, degradacja, ochrona. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN. ISBN 83-01-13557-3 ss. 305.
- FRAK M. 2010. Zanieczyszczenia bakteriologiczne w ocenie jakości wód Biebrzy. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 10. Z. 2(30) s. 73–82.
- HAMIDI A., IRSIGLER H., JAEGER D., MUSCHALLER A., FRIES R. 2014. Quantification of water as a potential risk factor for cross-contamination with *Salmonella*, *Campylobacter* and *Listeria* in a poultry abattoir. British Poultry Science. Vol. 55. No. 5 s. 585–591.
- KAJAK Z. 1998. Hydrobiologia – limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN. ISBN 83-01-12537-3 ss. 94.
- KUNICKI-GOLDFINGER W., FREJLAK S. 1977. Podstawy mikrobiologii i immunologii. Warszawa. PWN s. 244–249.
- MARTIN J. P. 1950. Use of acid rose bengale and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. Soil Science. Vol. 69 s. 215–233.
- MILLER P. 2005. Dzika rzeka – Wisła. Przyroda Polska. Nr 1 s. 10–11.
- PALUCH J. (red.) 1973. Mikrobiologia wód. Warszawa. PWN ss. 394.
- PAWLACZYK-SZPIŁOWA Z. 1973. Biologia sanitarna. Cz. 1. Wrocław. Wydaw. PWroc. ss. 187.
- PN-77/C-04584. Woda i ścieki. Pomiar temperatury.
- PN-C-046333-3:1994. Woda i ścieki. Badania zawartości węgla. Oznaczenie ogólnej zawartości węgla organicznego (OWO).
- PN-91/C-04.537.09. Woda i ścieki. Badania zawartości związków fosforu. Oznaczenie fosforu ogólnego.
- POCHON J., TARDIEUX P. 1962. Techniques d'analyse en microbiologie du sol. Saint-Mande. Edition de la Tourelle ss. 111.

- QUILLIAM R., WILLIAMS A., AVERY L., MALHAM S., JONES D. 2011. Unearthing human pathogens at the agricultural-environment interface: a review of current methods for the detection of *Escherichia coli* O157 in freshwater ecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment*. Vol. 140 s. 354–360.
- STARMACH J. 2000. Kierunki badań ekologicznych ekosystemów wodnych rzek i zbiorników zaporowych. *Kosmos*. Nr 1–2 s. 279–286.
- STRZAŁKO J. MOSSOR-PIETRASZEWSKA T. 1999. *Kompendium wiedzy o ekologii*. Poznań. Wydaw. Nauk. PWN. ISBN 83-01-12827-5 ss. 549.
- ŚWIĄTECKI A. 1997. Spatial and seasonal changes in bacterioplankton of heated Konińskie lakes. *Archives of Polish Fisheries*. Vol. 5 s. 167–181.
- ZDZIENICKI T. 2006. Śmigus-dyngus brudną wodą. *Przyroda Polska*. Nr 4 s. 20–22.
- ZMYSŁOWSKA I. 2003. *Mikrobiologia ogólna środowiskowa. Teoria i ćwiczenia*. Olsztyn. Wydaw. UWM s. 118–121.

*Janusz AUGUSTYNOWICZ, Mariusz NIEREBIŃSKI, Małgorzata ZAWADA,
Dariusz ZIELONKA, Stefan RUSSEL*

THE EFFECT OF BASIC PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS ON MICROBIOLOGICAL WATER QUALITY IN A SELECTED SECTION OF THE VISTULA RIVER

Key words: *MPN of ammonifying bacteria, total number of aerobic saprophytic microorganisms, total number of fungi, the Vistula River*

S u m m a r y

In terms of volume, water is an important habitat. It is also a natural environment for several groups of microorganisms. They are represented by a significant number of bacteria, cyanobacteria, algae and fungi. Therefore, microbiological status plays an important role in the determination of river water quality.

The aim of the experiment presented in this paper was to investigate the effects of basic physical and chemical parameters of water samples from the Vistula River on the microbiological status of water.

The experiment was conducted in water samples collected in the central part of the Vistula River in Warsaw. Analyses of selected parameters were performed once a month throughout the year. Microbiological tests included: total number of aerobic saprophytic microorganisms, total number of fungi, and the MPN of ammonifying bacteria. Physical and chemical parameters such as temperature, total organic carbon and total phosphorus were determined in water samples.

Results showed a correlation between temperature, the concentration of organic carbon and microbiological parameters. However, there was no significant correlation between the number of tested microorganisms and the concentration of total phosphorus in water samples.

Adres do korespondencji: dr inż. J. Augustynowicz, Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych Województwa Pomorskiego w Gdańsku, ul. Sucha 12, 80-531 Gdańsk; tel. +48 58 343-22-54, e-mail: J.Augustynowicz@zmiuw.gda.pl