

Michał MICHAŁKIEWICZ, Beata MAJRECKA

Inżynierii Środowiska  
Politechnika Poznańska

## DYNAMIKA ZMIAN WYBRANYCH GRUP BAKTERII WSKAŹNIKOWYCH W RZECIE WARCIE

### DYNAMICS OF SELECTED INDICATOR BACTERIA GROUPS IN THE WARTA RIVER

*The presented studies concern analysis of selected microbiological, physico-chemical and hydrological water parameters of the Warta River. The researches had been carried out at station located on 243,650 km of river flow, near St. Roch Bridge in Poznań for 2 years (since May 2009 to May 2011). In order to recognize the state of microbiological contamination of river, the following parameters were investigated: coliform titer, coliform index, *Streptococcus faecalis* (CFU/100ml) *Clostridium perfringens* (CFU/100ml), amount of mesophilic bacteria at  $36\pm 2$  °C (CFU/1ml), amount of psychrophilic bacteria at  $22\pm 2$  °C (CFU/1ml). Additionally, the water temperature, pH values, electric conductivity, dissolved oxygen, oxygen saturation,  $BOD_5$  and water level at sample site were examined. The water samples were being collected from the current at least once a month. All microbiological and physicochemical analyses were conducted according to current Polish Standards.*

## 1. Wprowadzenie

Wody powierzchniowe, głównie płynące, są jednym z podstawowych źródeł zaopatrzenia zakładów wodociągowych w wodę surową, która służy do produkcji wody pitnej. W wodach tych znajduje się liczna mikroflora, która może być pochodzenia naturalnego (autochtoniczna) i obcego (allochtoniczna) [19, 20]. Bakterie autochtoniczne występujące w ekosystemach wodnych są zróżnicowane pod względem ilościowym i jakościowym. Ich liczebność i skład gatunkowy zależy m.in. od zawartości w wodzie składników odżywczych, temperatury i licznych parametrów fizyko-chemicznych środowiska wodnego. W naszej strefie klimatycznej w wodach powierzchniowych spotyka się naturalnie występujące bakterie psychrofilne i psychrotrofy, które związane są ze stosunkowo niskimi temperaturami. Ich obecność w wodach jest bardzo pożyteczna, gdyż biorą one aktywny udział w procesie samooczyszczania wód.

Te mikroorganizmy nie są zarazem zagrożeniem dla organizmów wyższych, głównie stałocieplnych (w tym człowieka), gdyż nie przyczyniają się one do roznoszenia chorób zakaźnych. Wysoka ich liczebność w wodach świadczy natomiast o bogactwie substancji organicznej [9, 21].

Mikroorganizmy allochtoniczne występujące w wodach powierzchniowych wpływają najczęściej na jej stan sanitarny, który w zdecydowanej większości zależy od obcej mikroflory dostającej się do wód wraz ze ściekami i spływami powierzchniowymi z terenu zlewni. O ile dopływające do wód z terenów zlewni liczne bakterie zimmolubne nie są niebezpieczne dla innych organizmów, to grupa tzw. bakterii mezofilnych, która rozwija się w organizmach stałocieplnych, może stanowić poważne zagrożenie epidemiologiczne. Bakterie te naturalnie występują w organizmach zwierząt wyższych (ptaki, ssaki) i wraz z odchodami pochodzącymi głównie z ich przewodu pokarmowego dostają się do środowiska wodnego. Dlatego ścieki bytowo-gospodarcze, ścieki pochodzące z ferm hodowlanych, odchody ptaków wodnych oraz spływy powierzchniowe z terenów rolniczych, które były nawożone odchodami (m.in. gnojowicą) stanowią największe zagrożenie dla wód. Przyczyną tego jest fakt, że oprócz naturalnej mikroflory występującej u ptaków i ssaków, może ona zawierać liczną i bardzo zróżnicowaną mikroflorę chorobotwórczą. Nie należy zapominać także o tym, że w przewodach pokarmowych niektórych zwierząt występują również liczne pasożyty, które mogą być reprezentowane przez protisty (*Protista*, dawniej pierwotniaki), płazińce (*Platyhelminthes*) i obleńce (*Nemathelminthes*).

Produkcja wody do picia związana z wykorzystaniem wód powierzchniowych musi zatem zwracać szczególną uwagę na potencjalną obecność w wodach mikroflory chorobotwórczej. Oczywiście nie jesteśmy w stanie szybko wykryć wielkiego zróżnicowania wszystkich drobnoustrojów występujących w wodach, dlatego diagnostyka mikrobiologiczna opiera się na badaniu tzw. bakterii wskaźnikowych. Analizując stopień zanieczyszczenia lub czystości wód pitnych i powierzchniowych, przyjęto, że wskaźnikami skażenia są bakterie naturalnie występujące w przewodzie pokarmowym człowieka i innych zwierząt stałocieplnych. Gdy te bakterie są wykrywane w wodach, to świadczy to o skażeniu tej wody przez odchody (kał), a jednocześnie wskazuje, że istnieje prawdopodobieństwo, że w wodzie takiej może być także inna mikroflora, głównie chorobotwórcza [11, 12, 13]. Głównymi wskaźnikami mikrobiologicznego zanieczyszczenia wody przez odchody są bakterie grupy coli, *Escherichia coli* – pałeczka okrężnicy, *Streptococcus faecalis* – paciorkowiec kałowy oraz *Clostridium perfringens* – laseczka przetrwalnikująca. Dodatkowo analizuje się obecność i liczebność bakterii psychrofilnych i mezofilnych [6].

## 2. Materiały i metody

W okresie od maja 2009 r. do maja 2011 r. analizowano stopień mikrobiologicznego zanieczyszczenia rzeki Warty na jednym stanowisku badawczym w Poznaniu, zlokalizowanym na 243,650 km biegu rzeki – przy Moście św. Rocha. Pobór próbek wody z nurtu rzeki odbywał się z częstotliwością co najmniej 1 raz w miesiącu.

W celu oceny stopnia zanieczyszczenia wody badano bakterie grupy coli, *Streptococcus faecalis*, *Clostridium perfringens*, bakterie mezofilne i psychrofilne. Próbkę wody do analiz mikrobiologicznych pobierano do jałowych butelek o pojemności 300 ml i analizowano nie później niż w ciągu 6h po przechowaniu w temperaturze 2-5°C.

Dodatkowo na stanowisku badań dokonano pomiaru temperatury wody ( $^{\circ}\text{C}$ ), odczynu pH, przewodnictwa elektrolitycznego właściwego ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) oraz odczytano stan wody z łąki wodowskazowej zlokalizowanej przy Moście św. Rocha. Wykonano także inne analizy, np. określono stężenie tlenu rozpuszczonego ( $\text{mg O}_2/\text{dm}^3$ ) i nasycenie wody tlenem (%) oraz wartość BZT<sub>5</sub>.

Liczebność bakterii *Streptococcus faecalis* i *Clostridium perfringens* oznaczano w okresie od stycznia 2010 do maja 2011 r., natomiast pozostałe oznaczenia wykonywano w całym okresie badawczym przez pełne 2 lata.

W celu określenia liczebności poszczególnych grup bakterii wykonano posiewy próbek wody na różnych pożywkach. Ogólną liczebność bakterii mezofilnych (hodowla 48h w  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) i psychrofilnych (hodowla 72h w  $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) określono metodą posiewu wgłębnego na pożywce Agar wzbogacony. Liczebność bakterii *Streptococcus faecalis* oznaczono metodą filtrów membranowych na Agarze wybiórczym dla enterokoków wg Slanetz'a i Bartley'a (hodowla 48h w  $37^{\circ}\text{C}$ ), liczebność bakterii grupy coli badano metodą filtrów membranowych na pożywce Agar Endo (hodowla 24-48h w  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), natomiast liczebność *Clostridium perfringens* metodą filtrów membranowych na pożywce m-CP Agar (hodowla w warunkach beztlenowych przez  $21\pm 3\text{h}$  w  $44\pm 1^{\circ}\text{C}$  i identyfikacja w oparach wody amoniakalnej). Po okresie hodowli zliczono wyrosłe kolonie, a wynik podano jako: miano bakterii grupy coli i wskaźnik bakterii grupy coli w 100 ml, liczebność (jtk – jednostki tworzące kolonie) *Streptococcus faecalis* w 100 ml, liczebność (jtk) *Clostridium perfringens* w 100 ml, liczebność (jtk) bakterii mezofilnych w 1 ml i bakterii psychrofilnych w 1 ml.

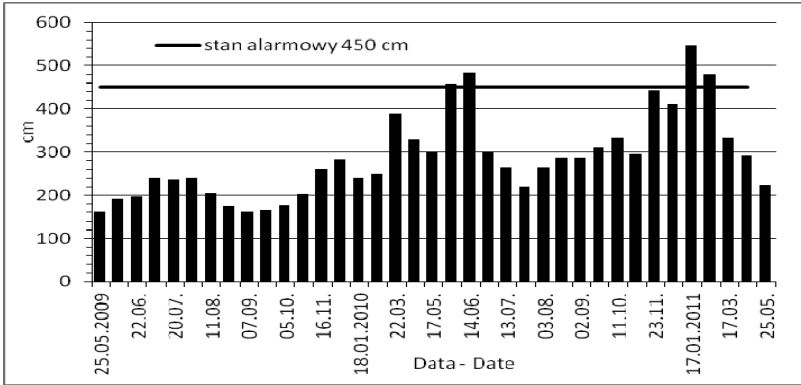
Podczas poboru próbek wody oznaczano bezpośrednio w terenie odczyn pH, przewodnictwo elektrolityczne właściwe oraz temperaturę wody za pomocą miernika HI98129 Combo - Hanna, natomiast stężenie tlenu oraz BZT<sub>5</sub> badano metodą Winklera, a następnie przeliczano także zawartość tlenu na nasycenie wody tlenem (%). Badania mikrobiologiczne i fizyko-chemiczne wykonano w Laboratorium Biologii Sanitarnej Politechniki Poznańskiej.

### 3. Wyniki badań i ich omówienie

W okresie badawczym, w dniach poboru próbek wody stan wody w rzece Warcie utrzymywał się w zakresie od stanów niskich (160 cm) do przekroczenia stanu alarmowego (Rys. 1). Najwyższy stan wody w Warcie - 547 cm odnotowano 17.01.2011 r. Jednak w ciągu całego dwuletniego okresu badań maksymalną wartość osiągnął on podczas powodzi - 1 czerwca 2010 r. i wynosił on aż 668 cm (w tym dniu nie pobierano próbek do badań).

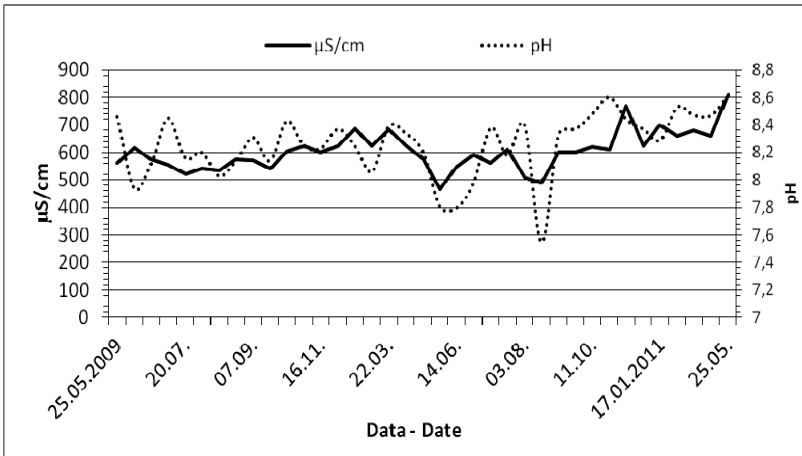
Odczyn pH wody w rzece Warcie był najczęściej lekko alkaliczny i zmieniał się w zakresie od 7,55 do 8,61. Przewodnictwo elektrolityczne właściwe było raczej dość niskie i ulegało wahaniom od 466 do 810  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Rys. 2).

W okresie badawczym temperatura wody ulegała dużym wahaniom w poszczególnych porach roku i wynosiła od 0,2 do  $23,8^{\circ}\text{C}$ . Temperatura wpływa na stopień nasycenia wody tlenem. Zauważono, że woda w Warcie wykazywała w wielu okresach tzw. deficyt tlenowy. Nasycenie wody tlenem zawierało się w zakresie od 55,38 do 108,91%, a stężenie tlenu rozpuszczonego wahało się od 5,2 do 13,2  $\text{mg O}_2/\text{l}$ , podczas gdy biochemiczne zapotrzebowanie na tlen wynosiło 2,1-12,0  $\text{mg O}_2/\text{l}$  (Rys. 3 i 4).



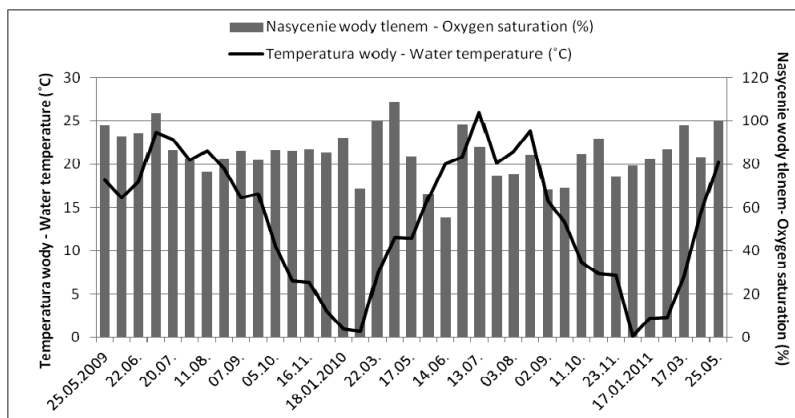
Rys. 1. Zmiany poziomu wody w Warcie w dniach poboru próbek wody do badań

Fig. 1. Changes of water stage in the Warta River during the sampling days



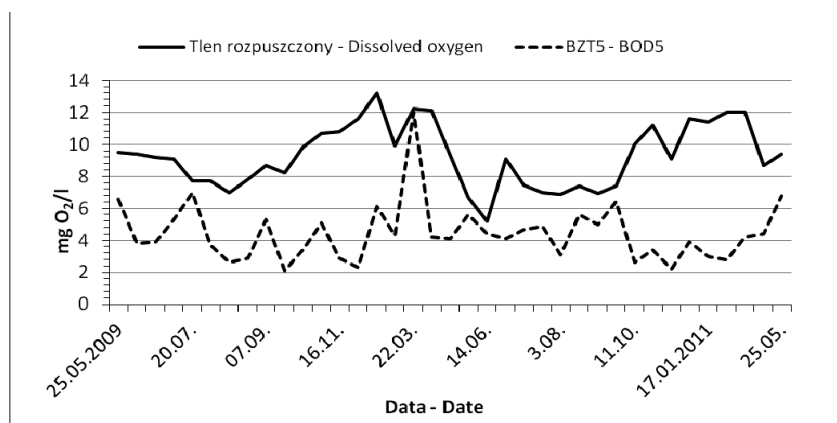
Rys. 2. Zmiany odczynu pH i przewodnictwa elektrolitycznego właściwego

Fig. 2. Changes of pH and electric conductivity values



Ryc. 3. Temperatura i nasycenie wody tlenem w rzece Warcie

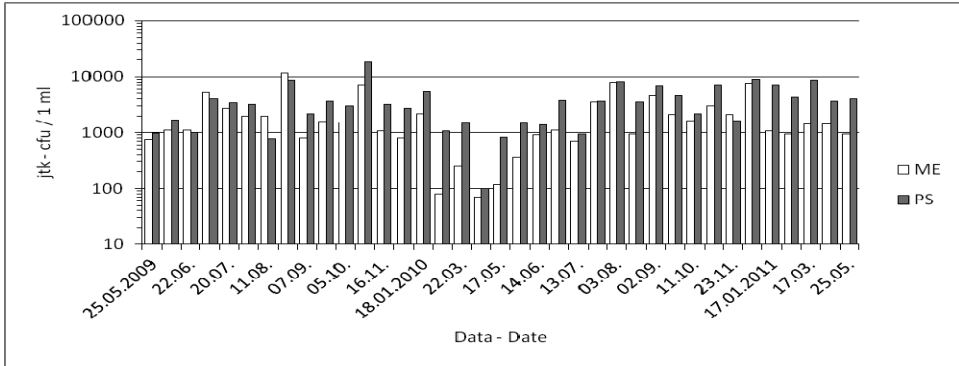
Fig. 3. Water temperature and oxygen saturation in the Warta River



Rys. 4. Stężenie tlenu rozpuszczonego i wartości BZT<sub>5</sub>

Fig. 4. Dissolved oxygen and BOD<sub>5</sub> values

W całym okresie badawczym stwierdzono dużą różnicę w liczebności bakterii mezofilnych i psychrofilnych w 1 ml próbki wody (Rys. 5). Liczebność bakterii mezofilnych wahała się od 70 (19.04.2010 r.) do 11500 jtk (24.08.2009 r.), natomiast psychrofilnych od 100 (19.04.2010 r.) do 18250 jtk (19.10.2009 r.) w 1 ml. Zauważono, że tendencja zmiany liczebności bakterii mezofilnych korelowała ze wskaźnikiem grupy coli. Mniejszą liczebność bakterii mezofilnych i psychrofilnych odnotowano najczęściej w okresach wiosennych. W zdecydowanej większości próbek stwierdzono większą liczebność bakterii psychrofilnych.



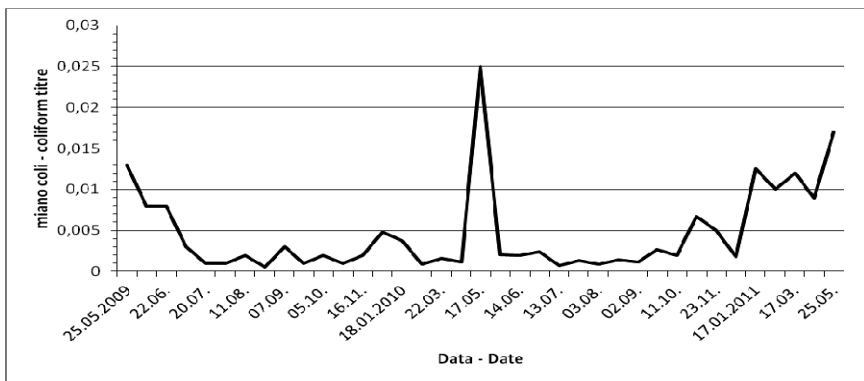
Rys. 5. Liczebność (jtk) bakterii mezofilnych (ME) i psychrofilnych (PS) w 1 ml

Fig. 5. Amounts of mesophilic bacteria (ME) and psychrophilic bacteria (PS) in 1ml

Miano bakterii grupy coli zmieniało się w szerokim zakresie od 0,025 do 0,0005 (Rys. 6), natomiast wskaźnik grupy coli w 100 ml wynosił od 4000 do 212500 (Rys. 7). Niższe wartości wskaźnika grupy coli, a jednocześnie mniejsze zanieczyszczenie rzeki przez fekalia, notowano najczęściej w okresach o niskich temperaturach wody (wiosną i zimą). W tych też terminach miano grupy coli osiągało najwyższe wartości.

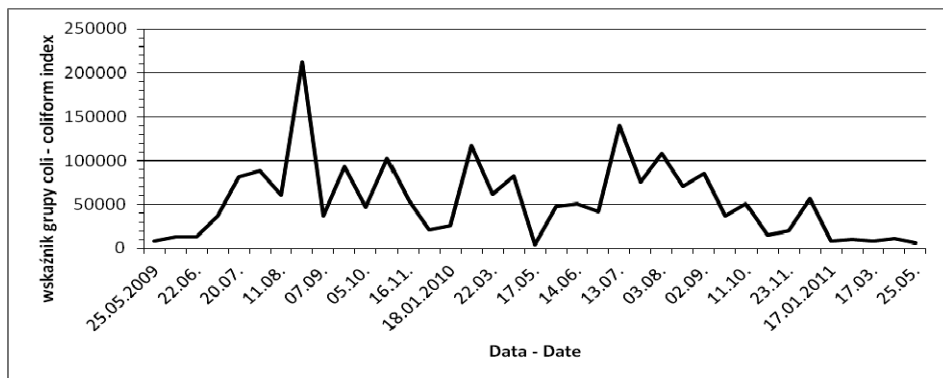
Liczebność paciorkowców kałowych – *Streptococcus faecalis* zmieniała się w ciągu całego okresu badawczego (Rys. 8) i wynosiła od 150 (26.05.2010 r.) do 3000 jtk (18.01.2010 r.) w 100 ml wody.

Najczęściej ich liczebność była dość niska, poniżej 800 jtk/100 ml. Jedynie w początkowym okresie badań oraz latem 2010 r. stwierdzono powyżej 1000 jtk enterokoków w 100 ml próbki wody z rzeki Warty.



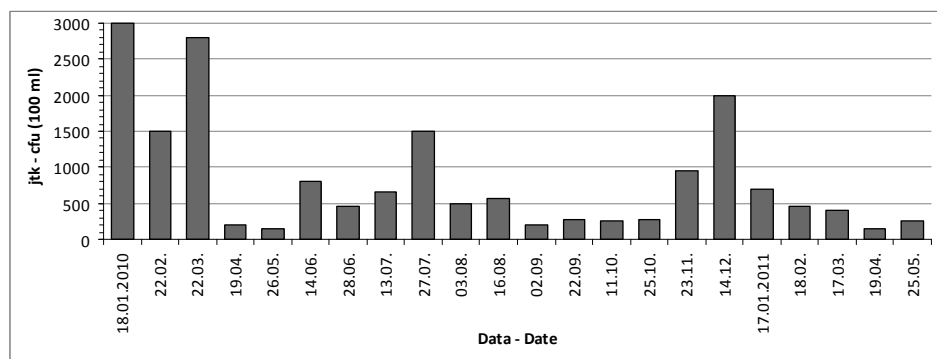
Rys. 6. Miano bakterii grupy coli w rzece Warcie

Fig. 6. Coliform titer in the Warta River



Rys. 7. Wskaźnik bakterii grupy coli w 100 ml wody z rzeki Warty

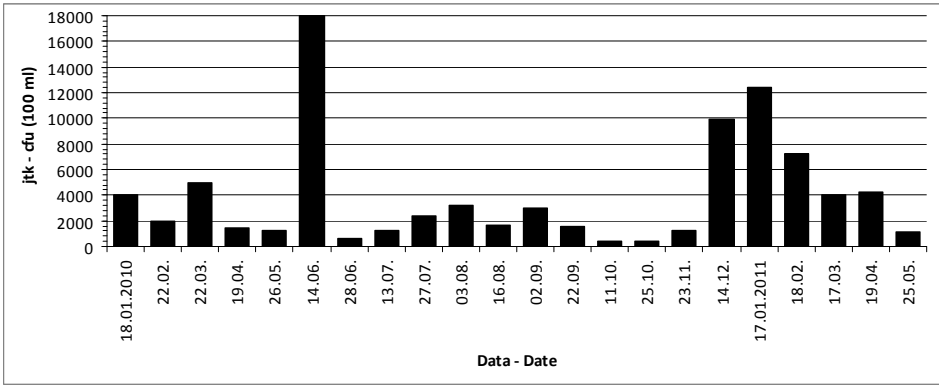
Fig. 7. Coliform index of water from the Warta River in 100 ml



Rys. 8. Liczebność (jtk) paciorkowców kałowych – *Streptococcus faecalis* w 100 ml próbki wody

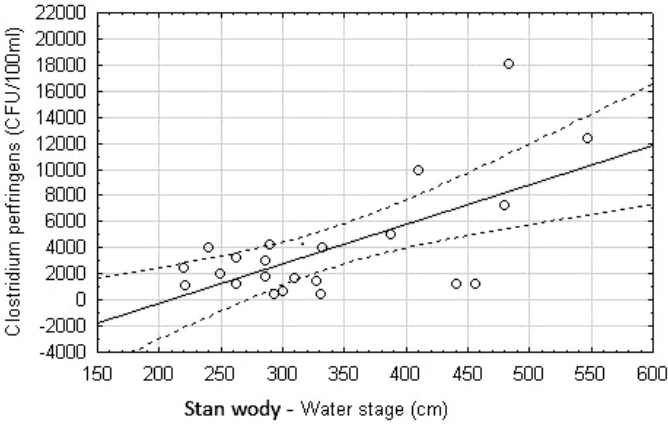
Fig. 8. Amount of *Streptococcus faecalis* (CFU/100 ml)

Liczebność beztlenowych, zarodnikujących bakterii *Clostridium perfringens* w 100 ml próbki wody (po identyfikacji w oparach wody amoniakalnej) zawierała się w przedziale od 400 (11 i 25.10.2011 r.) do 18000 jtk (14.06.2010 r.). W zdecydowanej większości próbek ich liczebność nie przekraczała 4000 jtk/100 ml (Rys. 9). Najwyższe wartości tych mikroorganizmów odnotowano w okresach popowodziowych, przy najwyższych stanach wody w rzece Warcie (14.06.2010 r. i styczeń-luty 2011 r.). Liczebność tych bakterii była pozytywnie skorelowana ze stanem wody - wyniosła ona 0,685 (dla  $p=0,05$  i  $N=22$ ) (Rys. 10).



Rys. 9. Liczebność (jtk) bakterii *Clostridium perfringens* w 100 ml próbki wody

Fig. 9. Amount of *Clostridium perfringens* (CFU/100ml)



Rys. 10. Dodatnia korelacja pomiędzy liczbą bakterii *Clostridium perfringens* a stanem wody w rzece Warcie (dla  $p=0,05$  i  $N=22$ ).

Fig. 10. Positive correlation between *Clostridium perfringens* and water stage in the Warta River ( $p=0,05$ ,  $N=22$ )



## 4. Podsumowanie i wnioski

W rzece Warcie, na stanowisku zlokalizowanym w Poznaniu wykryto licznie występujące bakterie psychrofilne, jak i mezofilne - w tym gatunki wskazujące na zanieczyszczenie pochodzenia kałowego: bakterie z grupy coli, *Enterococcus faecalis* i *Clostridium perfringens*. W warunkach naturalnych w wodach występuje tylko mikroflora autochtoniczna oraz allochtoniczna, która dostaje się do rzek z gleby, powietrza roślin i zwierząt. Natomiast w przypadku działalności człowieka jest ona skażona przez bakterie pochodzące m. in. ze ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych. W miejscu wprowadzania ścieków do rzek liczba drobnoustrojów może sięgać do  $10^8$  jtk/ml. Liczba ta zwykle maleje w miarę oddalenia się od źródeł zanieczyszczeń na skutek zachodzących procesów samooczyszczania się rzeki [12]. Na liczebność bakterii wpływają także czynniki abiotyczne takie jak: temperatura wody, obciążenie cieku materią organiczną pochodzącą ze spływów powierzchniowych, resuspensja osadów z dna koryta, a także stan wody w rzece oraz biotyczne m.in.: obecność naturalnej mikroflory i konsumentów.

W okresie 2 lat badań zaobserwowano znaczne różnice w liczebności bakterii psychrofilnych i mezofilnych. Liczebność bakterii psychrofilnych wahała się od 100 (19.04.2010 r.) do 18250 jtk (19.10.2009 r.) w 1 ml, natomiast mezofilnych od 70 (19.04.2010 r.) do 11500 jtk (24.08.2009 r.). Zazwyczaj liczebność bakterii psychrofilnych przewyższała koncentrację bakterii mezofilnych. Bakterie psychrofilne rozwijają się najliczniej w temperaturze 10-25 °C, a optymalnie w temperaturze ok. 20°C. W przypadku bakterii mezofilnych – optimum rozwoju tej grupy wynosi 25-40°C – zwykle 37°C [17]. W Warcie największą liczebność > 6 tys. jtk/ml obie grupy bakterii osiągały w dość szerokim zakresie temperatur wody: 0,2 – 21,4°C. W badaniach nie wykazano ścisłej zależności liczebności tych grup z temperaturą wody. Prawdopodobnie inne czynniki np. zrzuty ścieków i spływy powierzchniowe do rzeki mogły wpływać bardziej znacząco na ich występowanie. Wyniki analiz innych badaczy polskich rzek wskazują na zbliżone ilości bakterii psychrofilnych. W 2002 roku analizowano wody środkowej Wisły podlegające znacznej presji antropogenicznej [15]. Odnotowano wtedy największe stężenia bakterii psychrofilnych w okresie letnim – liczebność ich osiągała wartość  $4,5 \times 10^4$  ml. Całoroczne badania dolnej Wisły między Wyszogrodem a Toruniem w roku 1999 wykazały wartości pomiędzy  $2,3 - 10,3 \times 10^3$  jtk/ml [3].

Bakterie psychrofilne obrazują stopień obciążenia wód powierzchniowych substancjami organicznymi [17]. W badanym okresie wody rzeki Warty pod względem liczebności bakterii psychrofilnych według kryteriów zaproponowanych przez Kavka i Kohl w modyfikacji Albingera należą do wód 3 klasy – średnio obciążonych materią organiczną ulegającą dekompozycji na skutek działalności tej grupy bakterii [1].

Bakterie z grupy coli na ogół najliczniej występowały w sezonach letnich, a miano coli wynosiło od 0,0005 do 0,025 w całym sezonie badawczym. Średnia wartość miana coli wyniosła 0,0036 w roku 2009 (wyniki nie dotyczyły wszystkich pór roku), a w 2010 r. - 0,0035. Wartości podawane przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu dla punktów kontrolnych znajdujących się na terenie województwa wielkopolskiego zawierają się w przedziale 0,01-0,1 dla bakterii grupy coli typu kałowego w roku 2009 [18]. Według norm obowiązujących do roku 2007 dotyczących klasyfikacji wód powierzchniowych ze względu na wysoki wskaźnik coli, wynoszący średnio ponad  $55,5 \times 10^3$  jtk/100ml, w badanym okresie rzeka otrzymałaby 4 klasę – woda niezadawalającej jakości o wyraźnym oddziaływaniu antropogenicznym [4].

W wodach rzeki Warty stwierdzono także inne wskaźniki kałowego zanieczyszczenia wody: *Streptococcus faecalis* i *Clostridium perfringens*, adekwatnie w ilościach:  $0,15-3,00 \times 10^3$  jtk/100 ml i  $0,4-18,0 \times 10^3$  jtk/100 ml. Dla porównania w wodach dolnego odcinka Wisły w 1999 roku liczba bakterii z grupy coli wynosiła:  $3-41 \times 10^3$  jtk w 100 ml a liczebność paciorkowców kałowych osiągała  $0,10-1,14 \times 10^3$  jtk w 100 ml [3]. W latach 1994-1996 badania na obecność bakterii wskaźnikowych wykonywano także w rejonie Suwałk, na terenie Wigierskiego Parku Narodowego, na rzece Czarna Hańcza, na którą oddziaływają niekorzystnie ścieki z komunalnej oczyszczalni ścieków [16]. Najbardziej prawdopodobna liczba (NPL) bakterii z grupy coli w 100 ml wynosiła od  $<3$  do 1400000, NPL w 100 ml dla paciorkowców kałowych wyniosła 9-460000, a NPL dla *Clostridium perfringens*  $<3$  do 2500 w 100 ml wody badanej.

Przeżywalność bakterii allochtonicznych w naturalnym środowisku wodnym zależy między innymi od temperatury wody. Pawlaczyk-Szpilowa (1972) podaje, że przeżywalność pałeczek jelitowych w wodach powierzchniowych silnie natlenionych wynosi ok. 50 dni. *Streptococcus faecalis* cechuje się nieco większą przeżywalnością od pałeczki okrężnicy, gdyż jest bardziej odporny na wysuszenie [8, 14]. *Clostridium perfringens* jest natomiast laseczką przetrwalnikującą, czyli zdolną do tworzenia spor. Gatunek ten odznacza się dłuższą przeżywalnością od *E. coli* i enterokoków kałowych, a jego przetrwalniki są bardziej odporne na zmienne warunki środowiska. W postaci spor może przetrwać tygodnie, a nawet miesiące, co świadczy o odległym w czasie zanieczyszczeniu wody w przypadku braku wykrycia innych bakterii wskaźnikowych [10, 14, 17]. W badanym okresie nie wykryto wyraźniej korelacji pomiędzy temperaturą wody a ilością enterokoków i *Clostridium perfringens*.

Innym czynnikiem wpływającym na liczebność bakterii może być stan wód rzeki. Bakterie fekalne mogą bytować w osadach wód powierzchniowych i w czasie okresów intensywnego wzburzenia osadów np. podczas silnych wiatrów, turbulencji i opadów przedostają się ponownie do toni wodnej. W ciekach główną przyczyną resuspensji osadów jest turbulentny przepływ wody [23]. Badania donoszą, iż bakterie z grupy coli w tym *E. coli* oraz *Streptococcus faecalis* mogą znajdować się w osadach rzecznych w stosunkowo dużej ilości w porównaniu do toni wodnej [2]. Niekiedy w badaniach stwierdzano większą liczebność bakterii na skutek erozji dennej i brzegowej oraz resuspensji podczas zwiększonego odpływu wody rzecznej [7]. Korelacje pomiędzy stanem wody a liczebnością bakterii w badanej rzece Warcie nie są jednak wyraźnie widoczne w przypadku bakterii psychrofilnych, mezofilnych, bakterii z grupy coli i *Streptococcus faecalis*. Zaobserwowano jednak istotną korelację dla stanu wody i koncentracją bakterii *Cl. perfringens*. W czasie najwyższych stanów wody - 14.06.2010 r. oraz 17.01.2011 r. bakterie te osiągnęły największą liczebność w badanych próbkach wody. Można przypuszczać, że w okresach wysokiego stanu wody przepływ wody w rzece Warcie był większy i mógł spowodować silniejsze wzburzenie osadów oraz wzbogacenie rzeki w bakterie tego gatunku skumulowane na dnie cieku. Jego liczebność mogła wzrosnąć także na skutek wymycia z gleb zlewni, gdyż gatunek ten występuje powszechnie w warunkach naturalnych w wodzie i glebie [8].

Czynnikami, które mogły wpływać na liczebność mikroflory allochtonicznej, a nie były analizowane w prezentowanej pracy są np. obecność toksycznych metali: Sn, Cd, Cu, Ni, Pb, Hg, Zn pochodzących ze ścieków, stopień nasłonecznienia i warunki pogodowe. Także czynniki biologiczne, takie jak obecność flory autochtonicznej mogą wpływać stymulująco lub obniżać liczebność populacji bakterii. Konsumenci bytujący w wodzie – m. in. wiciowce zwierzęce oraz wirusy atakujące bakterie, czyli bakteriofagi, także kształtują ich liczebność i mogą spowodować jej spadek [22].

Wszystkie czynniki biotyczne i abiotyczne oddziałujące na populacje bakterii są ze sobą sprzężone i wchodzą we wzajemne zależności, stąd często trudno jednoznacznie ocenić ich rolę w kształtowaniu liczebności analizowanych mikroorganizmów wskaźnikowych.

Zanieczyszczenie wód powierzchniowych przez gatunki flory allochtonicznej pochodzi ze źródeł punktowych jak i obszarowych. W przypadku rzeki Warty są to głównie oczyszczalnie ścieków przemysłowych i komunalnych oraz spływy ze zlewni rolniczej, jak i terenów miejskich. Wyniki analiz mikrobiologicznych prezentowane w niniejszej pracy dowodzą jednoznacznie, iż rzeka Warta jest w znacznym stopniu narażona na zanieczyszczenia typu kałowego i obciążona materią organiczną, co potwierdzają dość wysokie wartości BZT<sub>5</sub> w ciągu całego sezonu badań, które lokują rzekę Wartę w 2 klasie jakości wód powierzchniowych według obowiązujących przepisów [5]. Dość liczne występowanie wskaźników mikrobiologicznego zanieczyszczenia wód wskazuje na prawdopodobną obecność mikroorganizmów chorobotwórczych w jej wodach.

## Bibliografia

- [1] Ablinger O. Bacteriological investigation of water and sediment of the River Danube between stream kilometers 16 and 1868 from March 13<sup>rd</sup>-17<sup>th</sup>. *Arch. Hydrobiol.*, Suppl. 1992, 84, 115-130
- [2] Balzer M., Witt N., Flemming H.-C., Wingender J. Faecal indicator bacteria in river biofilms, *Water Science and Technology*, 2010, 61 (50) 1105-1111
- [3] Donderski W., Wilk I. Bacteriological studies of water and bottom sediments of the Vistula River between Wyszogród and Toruń. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2002, 11 (1) 33-40
- [4] Dz. U. 2004. Nr 32, poz. 1740. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód
- [5] Dz. U. 2011. Nr 257, poz. 1545. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych
- [6] Dz.U. 2010. Nr 72, poz. 466. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi
- [7] Ertel A.-M., Lupo A, Scheifhacker N., Bodnarchuk T., Manturova O., Berendonk T. U., Petzoldt T. Heavy load and high potential: anthropogenic pressures and their impacts on the water quality along a lowland river (Western Bug, Ukraine), *Environ Earth Sci.* 2012, 65, 1459-1473

- [8] Grabińska-Łoniewska A., Siński E. Mikroorganizmy chorobotwórcze i potencjalnie chorobotwórcze w ekosystemach wodnych i sieciach wodociągowych, Warszawa, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, 2010
- [9] Kipigroch K., Hoffman S. Ocena czystości rzeki Warty na podstawie danych z monitoringu wód powierzchniowych w roku 2004. Część 1. Ocena czystości wód rzeki Warty. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 2006, 9 (3), 331-341
- [10] Kunicki-Goldfinger W.J.H. Życie bakterii, Warszawa, PWN, 2006
- [11] Lampert W., Sommer U. Ekologia wód śródlądowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1996
- [12] Libudzisz Z., Kowal K., Żakowska Z. Mikrobiologia techniczna. T. 1 i 2. Warszawa, PWN, 2007
- [13] Michałkiewicz M., Fiszer M. Biologia sanitarna. Ćwiczenia laboratoryjne. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2011
- [14] Michałkiewicz M., Mądrecka B. Problematyka bakteriologicznego skażenia wód. *Technologia Wody*, 2009, 2, 14-19
- [15] Miernik A. Occurance of bacteria and coli bacteriophages as potential indicators of fecal pollution of Vistula River and Zegrze Reservoir. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2004, 13 (1) 79-84
- [16] Niewolak S., The evaluation of the contamination degree and sanitary and bacteriological state of the Waters of the Czarna Hańcza River in the region of Suwałki and Wigry National Park. *Polish Journal of Environmental Studies*, 1998, 7 (4) 229-241
- [17] Pawlaczyk-Szpilowa M. Biologia sanitarna. Wrocław, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, 1972
- [18] Pułyk M., Stan wód rzeki Warty na terenie województwa wielkopolskiego latach 1999-2009. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Poznań, Wydanie elektroniczne, 2010
- [19] Rheinheimer G. Mikrobiologia wód. Warszawa, PWRiL, 1987
- [20] Schlegel H.G. Mikrobiologia ogólna. Warszawa, PWN, 2004
- [21] Świącicka I., Buczek J., Hauschild Y. Psychrofile i psychrotrofy. *Postępy mikrobiologii*, 1997, 36, 53-70
- [22] Wcisło E., Chróst R. J. Survival of *Escherichia coli* in freshwater, *Polish Journal of Environmental Studies*, 2000, 9 (3) 215-222
- [23] Wiśniewski R. Rola resuspensji osadów dennych w funkcjonowaniu ekosystemów wodnych. Toruń, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 1995