

Mikroflora rekultywowanych zbiorników wodnych na przykładzie Jeziora Rudnickiego Wielkiego

*Krzysztof Berleć, Anita Jurek,
Magdalena Michalska, Adam Traczykowski
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz*

1. Wstęp

Gwałtowny rozwój cywilizacji wyrażający się rozwojem przemysłu, motoryzacji i urbanizacji niesie, obok pozytywnych skutków, również wiele zagrożeń dla człowieka. Jednym z nich jest postępująca degradacja środowiska naturalnego, zwłaszcza ekosystemów wodnych. Szczególnie niebezpiecznym zjawiskiem jest niedobór wody słodkiej, której zasoby w postaci wód powierzchniowych, stanowią główne źródło zaopatrzenia w wodę dla przemysłu, rolnictwa i gospodarki komunalnej [5].

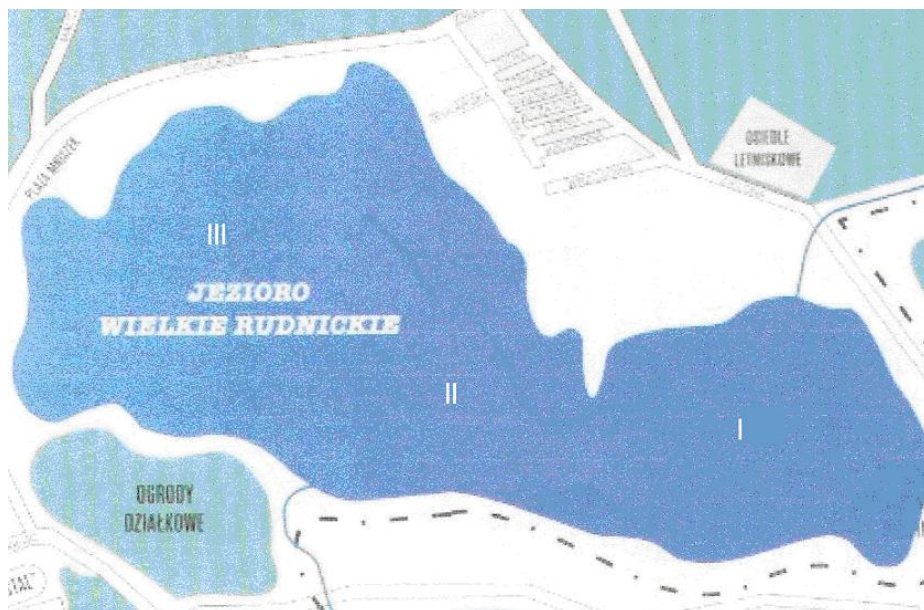
Funkcjonowanie układu ekologicznego jezioro – zlewnia opiera się na nieprzerwanym transporcie różnorodnych form materii ze zlewni i ich akumulacji w zbiorniku. Stąd skład oraz jakość wód powierzchniowych zależą w głównej mierze od charakteru obszaru lądowego otoczenia jeziora, czyli zlewni bezpośredniej i pośredniej. Główną rolę w nadmiernym ich obciążeniu odgrywają ścieki bytowo-gospodarcze i przemysłowe [19]. Zmiany zachodzące w środowisku naturalnym w wyniku gospodarczej działalności człowieka w odniesieniu do ekosystemów wodnych odbijają się na jakości wody. Znajduje to wyraz w zmianie fizyko-chemicznych wskaźników wody, a także w zmianach składu gatunkowego i liczebności organizmów [1]. Duże ilości organicznych i nieorganicznych składników pokarmowych sprzyjają masowemu rozwojowi bakterii i grzybów, pod wpływem zaś substancji trujących rozwój mikroflory może ulec częściowemu lub całkowitemu zahamowaniu [13]. Następstwem zanieczyszczenia wody związkami biogennymi, pochodzącymi głównie z rolnictwa jest niekorzystne zjawisko eutrofizacji. Wzrost użyźnienia wody wpływa bo-

wiem na powstawanie zakwitów glonów oraz intensywny wzrost i rozwój różnych bakterii heterotroficznych – saprofitycznych i patogennych. Stanowi to z kolei poważny problem ekologiczny i epidemiologiczny. Stan mikrobiologiczny i sanitarny wód powierzchniowych, przede wszystkim śródlądowych jest często ponadnormatywny i nie spełnia wymogów użyteczności w codziennym życiu człowieka [5].

Celem pracy była ocena stanu sanitarno-higienicznego rekultywowanego Jeziora Rudnickiego Wielkiego na podstawie wybranych wskaźników bakteriologicznego zanieczyszczenia wody.

2. Materiał i metodyka badań

Obiektem badań było Jezioro Rudnickie Wielkie położone w Kotlinie Grudziądzkiej, w dorzeczu rzeki Wisły, w województwie kujawsko-pomorskim, około 3 km na południe od miasta Grudziądz (rys. 1). Jezioro Rudnickie Wielkie ze względu na pochodzenie misy jeziornej klasyfikowane jest jako wytopiskowe [20]. Jest to jezioro przepływowe, magazynujące średnio 6,7 mln m³ wody. Posiada dopływ w postaci rzeki Maruszy w części wschodniej oraz odpływ – rzekę Rudniczanekę w części południowo-zachodniej. Zlewnia Jeziora Rudnickiego Wielkiego jest typowym obszarem rolniczym [21].



Rys. 1. Jezioro Rudnickie Wielkie; I, II, III – miejsca poboru prób

Fig. 1. Rudnickie Wielkie Lake; I, II, III – sampling stations

Próby wody analizowano siedmiokrotnie w okresie od maja do października 2006 roku.

Wodę pobierano w trzech miejscach rozmieszczonych równomiernie w stosunku do linii brzegowej z głębokości 1m, do sterylnych butelek o pojemności 1000 ml (rys. 1). Napełniano je do pojemności około 700 ml i przewożono w temperaturze $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ do laboratorium. Dodatkowo oznaczano wybrane wskaźniki fizyko-chemiczne wody – temperaturę i pH.

W badanej wodzie oznaczono ogólną liczbę bakterii mezofilnych i psychrofilnych, NPL bakterii grupy *coli* i paciorkowców kałowych oraz obecność drobnoustrojów z rodzaju *Salmonella*. Analizę mikrobiologiczną wykonano w ciągu 5 godzin od momentu pobrania próby.

W celu określenia liczebności bakterii mezofilnych i psychrofilnych zastosowano agar odżywczy, który po posiewie inkubowano w temperaturze odpowiednio 37°C i 22°C przez 24÷48 godzin. Metoda oznaczania najbardziej prawdopodobnej liczby paciorkowców kałowych (D-streptokoków) w badanej wodzie polegała na posianiu odpowiednich objętości próbek wody na pożywcę płynnej namnażająco-selektywnej (bulion dla paciorkowców wzbogacający), która umożliwia selektywne wzbogacanie i izolację paciorkowców z różnych materiałów, szczególnie zanieczyszczonych drobnoustrojami towarzyszącymi. Obecny w pożywcę azydek i siarczan (IV) hamują rozwój gram-ujemnych bakterii towarzyszących, a gram dodatnie są lekko hamowane niskimi stężeniami fioletu krystalicznego, natomiast paciorkowce nie ulegają działaniu tego związku w takim stężeniu. Wykonane w ten sposób posiewy inkubowano w temperaturze 37°C przez 48 godzin. Ze wszystkich dodatnich i wątpliwych hodowli w probówkach z pożywką namnażająco-selektywną z badania wstępnego wykonano posiewy na pożywkę stałą – agar z kanamycyną, eskuliną i azydkiem, na płytkach Petriego. Hodowlę prowadzono w temperaturze 37°C przez 24 godziny. Końcowej identyfikacji wyizolowanych szczepów dokonano przy użyciu testów serologicznych i biochemicznych. Liczbę bakterii oznaczono za pomocą metody NPL dla zestawu trzyprobówkowego, korzystając z tablic Mc Crady'ego.

Pałeczki *Salmonella* wykrywano stosując dwa podłoża płynne: zbuforowaną wodę peptonową (nieselektywne namnażanie) oraz pożywkę z zielenią malachitową i chlorkiem magnezu. Wstępną identyfikację wykonano wykorzystując dwa podłoża stałe: BPL (z zielenią brylantową, czerwienią fenolową i laktozą) oraz XLD (z ksylozą, laktozą i dezoksychohanem).

Bakterie grupy *coli* rozpoznawano w etapie wstępnym na bulionie laktozowym z purpurą bromokrezolową, w kolejnym etapie wykorzystano stałe podłoże wybiórcze – tergitol-7-agar (z laktozą, błękitem bromotymolowym, heptadecylo siarczanem sodowym i chlorkiem 2,3,5-trifenyloctetrazoliowym).

Pomiaru pH wody oraz temperatury dokonano w miejscu poboru próbek zgodnie z normami zawartymi w „Wykazie norm z zakresu analityki wody i ścieków” [23].

3. Omówienie wyników

Ocenę bakteriologicznej jakości wód przeprowadza się na podstawie oznaczeń liczebności i składu jakościowego określonych grup bakterii wskaźnikowych. Badając średnią liczebność bakterii mezofilnych w Jeziorze Rudnickim Wielkim stwierdzono, że jest ona różna w zależności od miejsca poboru próbek wody, ale przede wszystkim zależna od pory roku (tab. 1).

Tabela 1. Ogólna liczba bakterii mezofilnych w 1 ml wody
Table 1. Total number of mesophilic bacteria in 1 ml of water

Termin badania		Ogólna liczba bakterii mezofilnych [jtk/ml]		
		Stanowisko I	Stanowisko II	Stanowisko III
Maj		$7,91 \cdot 10^4$	$2,14 \cdot 10^4$	$1,12 \cdot 10^5$
Czerwiec	1 dekada	$5,54 \cdot 10^4$	$1,34 \cdot 10^5$	$4,95 \cdot 10^4$
	3 dekada	$2,09 \cdot 10^4$	$5,14 \cdot 10^4$	$1,54 \cdot 10^4$
Lipiec		$0,27 \cdot 10^4$	$1,81 \cdot 10^4$	$3,27 \cdot 10^4$
Sierpień		$7,00 \cdot 10^4$	$3,45 \cdot 10^4$	$7,32 \cdot 10^4$
Wrzesień		$5,77 \cdot 10^4$	$7,95 \cdot 10^4$	$3,23 \cdot 10^4$
Październik		$6,68 \cdot 10^4$	$5,27 \cdot 10^4$	$1,08 \cdot 10^5$
\bar{x}		$5,04 \cdot 10^4$	$5,59 \cdot 10^4$	$6,03 \cdot 10^4$

Średnia liczba drobnoustrojów mezofilnych była najniższa na stanowisku I ($5,04 \cdot 10^4$ jtk/ml) i nieznacznie wzrastała wraz z odległością od miejsca, w którym do jeziora wpada rzeka Marusza (stanowisko III – $6,03 \cdot 10^4$ jtk/ml).

W przeciwieństwie do bakterii mezofilnych średnia liczba drobnoustrojów psychrofilnych malała w miarę oddalania się do rzeki Maruszy. Ich maksymalną liczebność w Jeziorze Rudnickim Wielkim stwierdzono w maju na stanowisku I ($4,89 \cdot 10^5$ jtk/ml). Także najwyższa średnia ogólnej liczby bakterii w 22°C została odnotowana na stanowisku I ($1,51 \cdot 10^5$ jtk/ml) (tab. 2), co może wiązać się z morfometrią jeziora, a tym samym z większym stopniem mieszania się wód jeziora z wodami wpływającymi rzeką Maruszą.

Bardzo istotnym wskaźnikiem stanu sanitarnego wód powierzchniowych są bakterie z grupy coli, których ponadnormatywne wartości w Jeziorze Rudnickim Wielkim odnotowano kilkunastokrotnie (liczba badanych drobnoustrojów zawierała się w przedziale od $4,0 \cdot 10^1$ do $9,0 \cdot 10^3$ jtk/ml).

Tabela 2. Ogólna liczba bakterii psychrofilnych w 1 ml wody
Table 2. Total number of psychrophilic bacteria in 1 ml of water

Termin badania		Ogólna liczba bakterii psychrofilnych [jtk/ml]		
		Stanowisko I	Stanowisko II	Stanowisko III
Maj		$4,89 \cdot 10^5$	$3,31 \cdot 10^5$	$2,41 \cdot 10^5$
Czerwiec	1 dekada	$2,43 \cdot 10^5$	$1,55 \cdot 10^5$	$8,72 \cdot 10^4$
	3 dekada	$8,36 \cdot 10^4$	$1,15 \cdot 10^5$	$3,72 \cdot 10^4$
Lipiec		$4,81 \cdot 10^4$	$4,32 \cdot 10^4$	$1,08 \cdot 10^5$
Sierpień		$5,36 \cdot 10^4$	$6,95 \cdot 10^4$	$7,64 \cdot 10^4$
Wrzesień		$5,59 \cdot 10^4$	$1,27 \cdot 10^5$	$6,77 \cdot 10^4$
Październik		$8,27 \cdot 10^4$	$6,68 \cdot 10^4$	$1,12 \cdot 10^5$
\bar{x}		$1,51 \cdot 10^5$	$1,29 \cdot 10^5$	$1,04 \cdot 10^5$

Tabela 3. Liczba bakterii z grupy *coli* w 100 ml wody
Table 3. Number of *coli* form bacteria in 100 ml of water

Termin badania		Bakterie z grupy <i>coli</i> [jtk/100 ml]		
		Stanowisko I	Stanowisko II	Stanowisko III
Maj		$9,0 \cdot 10^1$	$2,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$
Czerwiec	1 dekada	$7,0 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^3$
	3 dekada	$1,1 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^3$
Lipiec		$4,0 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$7,5 \cdot 10^3$
Sierpień		$1,4 \cdot 10^3$	$9,0 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^3$
Wrzesień		$1,5 \cdot 10^2$	$9,5 \cdot 10^2$	$9,0 \cdot 10^1$
Październik		$1,5 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$	$4,0 \cdot 10^1$
\bar{x}		$6,9 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^4$

W wodzie Jeziora Rudnickiego Wielkiego oznaczono również ilość paciorkowców kałowych. W większości badań paciorkowce nie były wykrywane. Jedynie pojedyncze próbki wody zawierały nieznaczne ilości tych bakterii tj. na stanowisku I: $9,0 \cdot 10^1$ jtk/100 ml w sierpniu, na stanowisku II $4,0 \cdot 10^1$ jtk/100 ml w czerwcu (3 dekada), na stanowisku III $4,0 \cdot 10^1$ jtk/100 ml w czerwcu (3 dekada) i $9,0 \cdot 10^1$ jtk/100 ml w sierpniu.

Temperatura wody badanego jeziora nie odbiegała od wartości charakterystycznych dla wód powierzchniowych w tej szerokości geograficznej. Na wszystkich stanowiskach kształtowała się na poziomie od 10°C do 23°C z małymi odchyleniami rzędu $0,5 \div 1^\circ\text{C}$.

Najwyższe pH (8,46) oznaczono w sierpniu na stanowisku I, a najniższe (7,55) na stanowisku II w maju (tab. 4). Różnice w wartościach pH w poszczególnych miesiącach i miejscach poboru prób charakteryzowały się małą zmiennością, w pewnym stopniu związaną ze zmianami temperatury, zawartością tlenu, więc nie miały wpływu na zmniejszenie lub zwiększenie liczebności drobnoustrojów.

Tabela 4. Wartości pH wody Jeziora Rudnickiego Wielkiego

Table 4. pH values of water of Rudnickie Wielkie Lake

Termin badania	Wartość pH		
	Stanowisko I	Stanowisko II	Stanowisko III
Maj	7,71	7,55	7,8
Czerwiec	1 dekada	7,79	7,75
	3 dekada	8,1	7,91
Lipiec	8,1	7,92	8,04
Sierpień	8,46	8,43	8,37
Wrzesień	8,07	7,96	8,02
Październik	7,83	7,78	7,79
\bar{x}	8,01	7,87	7,95

4. Dyskusja

Nagły wzrost ilości bakterii, w tym potencjalnie chorobotwórczych, w wodzie kąpieliskowej sygnalizuje pogorszenie się jakości i konieczność natychmiastowego podjęcia działań naprawczych. Stosunek liczbowy ogólnej liczby bakterii w 22°C do ogólnej liczby bakterii w 37°C pozwala w przybliżeniu rozróżnić wody czyste (stosunek wyższy od 10:1) [12].

W trakcie prowadzonych badań obserwowano niekiedy znaczne wahania liczby badanych drobnoustrojów, co było prawdopodobnie spowodowane dostarczeniem do jeziora dużej ilości ścieków komunalnych z pobliskich działek letniskowych lub też spływami powierzchniowymi z rolniczo użytkowanej części zlewni bezpośredniej. Inaczej niż w badaniach własnych kształtował się rozkład bakterii mezofilnych w zaporowym zbiorniku Maziarnia, w którym najwyższe wartości odnotowano przy wpływie rzeki Łęg ($8,0 \cdot 10^3$ jtk/ml), a najniższe przy jej wypływie ($4,0 \cdot 10^2$ jtk/ml) [6]. Ten nieznaczny spadek liczby bakterii mógł być efektem działania rozcieńczającego wód jeziora, do którego wpływa rzeka niosąca duży ładunek zanieczyszczeń z odległych części zlewni. Szybkie ubywanie drobnoustrojów można wytłumaczyć również preferencjami pokarmowymi drapieżców wodnych, co do wielkości komórek bakterii. Odżywiają się bakteriami wiciowce i orzęski trzykrotnie szybciej wybierają większe komórki bakteryjne niż tego samego gatunku komórki o mniejszych rozmiarach [8]. W przeprowadzonych przez Nadgórską i wsp. [11] badaniach nad przeżywalnością szczepów *E.coli* K12 J62-1 i *E.coli* K12 J62-1 R1 w wodzie zbiornika Dzierżno Duże obserwowano szybsze zanikanie bakterii w próbkach wody sączonej niż w próbkach wody sterylnej, pozbawionej zarówno drapieżników jak i flory autochtonicznej. Jest to prawdopodobnie wynikiem obecności w używanej wodzie dużej ilości bakteriofagów charakterystycznych dla obu szczepów *E.coli* K12, których obecność znacznie zmniejsza liczebność

bakterii. Wytlumaczeniem tego zjawiska może być fakt, że bakteriofagi atakują tylko żywe i aktywne komórki. Istnieje również możliwość zmiany bądź utraty receptorów komórek bakterii, niezbędnych do fagowej adsorpcji [18]. Przyczyną wyższej ogólnej liczby bakterii mezofilnych przy wypływie rzeki mogła być obecność w wodzie Jeziora Rudnickiego Wielkiego bakterii gram-ujemnych i przetrwalnikujących. Próbkę pobierano z powierzchni wody, gdzie prawdopodobnie było więcej pałeczek gram-ujemnych, a także bakterie przetrwalnikujące mogły znaleźć w tym miejscu dobre warunki do wzrostu. Pałeczki gram-ujemne (*Pseudomonas aeruginosa*) są mniej wrażliwe na zanieczyszczenia występujące w wodzie i ich czas przeżywania jest dłuższy niż większości bakterii patogennych. Znaczna ich liczba w ściekach wiąże się ze zdolnością namnażania w środowisku wodnym o wysokiej wartości troficznej [16]. Inaczej kształtował się rozkład bakterii mezofilnych w badanym przez Kosteckiego i wsp. [8] antropogenicznym zbiorniku Dzierżno Duże, gdzie największą liczbę bakterii ($2,0 \cdot 10^5$ jtk/ml) stwierdzono na stanowisku I przy wpływie rzeki Kłodnicy, niosącej duży ładunek ścieków bytowych i przemysłowych. Na stanowisku II oddalonym o 1 km od I-go, ilość bakterii mezofilnych była aż 10-krotnie niższa, co może być związane z rozproszeniem zanieczyszczeń, podobnie jak to obserwowano w zbiorniku Maziarnia.

Hippe i Zamorska [6] badając wody zaporowego zbiornika Maziarnia na rzece Łęg również stwierdzili zmniejszenie się liczby bakterii psychrofilnych w miarę oddalania się od wpływu rzeki do zbiornika. Na stanowisku I przy ujściu rzeki do zbiornika ogólna liczba bakterii w 22°C wynosiła $1,13 \cdot 10^4$ jtk/ml i spadała aż do kolejnego dopływu rzeki, gdzie liczebność bakterii psychrofilnych wzrosła do $1,46 \cdot 10^4$ jtk/ml. Podobne zjawisko zaobserwowali Smyła i wsp. [14], którzy przy ujściu rzeki Kłodnicy do zbiornika Dzierżno Duże stwierdzili nieznaczny spadek liczby tej grupy bakterii (z $2,4 \cdot 10^3$ jtk/ml przy wpływie do jeziora do $2,5 \cdot 10^2$ jtk/ml w miarę oddalania się w kierunku środka zbiornika) w tym laseczek przetrwalnikujących redukujących siarczyny z rodzaju *Clostridium*. W porównaniu z innymi wskaźnikami, laseczki *Clostridium* wykazują znacznie dłuższą przeżywalność w środowisku wodnym, dlatego też nie zanotowano znacznego zmniejszenia się ich liczebności, a czasem wzrost wraz z odległością od źródła zanieczyszczenia. Te same badania pokazały, że liczebność pałeczek gram-ujemnych ulegała znacznemu zmniejszeniu wzdłuż linii nurtu, przy czym w próbkach powierzchniowych było ich więcej niż w wodzie przydennej.

Podobne wyniki otrzymał Kostecki i wsp. [8], badając wody antropogenicznego zbiornika wodnego Dzierżno Duże. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że najwyższe liczebności bakterii psychrofilnych oraz badanych wskaźników sanitarnych (miano *coli*, indeks *coli*, NPL paciorkowców kało-

wych i NPL *Clostridium*) otrzymano na stanowisku I u ujścia rzeki Kłodnicy. Liczebność bakterii oznaczanych na agarze odżywcym w temperaturze 22°C przy wpływie rzeki Kłodnicy wynosiła średnio $6,0 \cdot 10^4$ jtk/ml, malejąc do kilku tysięcy wraz z oddalaniem się od rzeki. Z badań przeprowadzonych przez Górniak i Świąteckiego [4] na wodach Jeziora Hańcza także wynika, że znaczny wpływ na stan sanitarno-bakteriologiczny ma rzeka Czarna Hańcza, jako potencjalne źródło zanieczyszczenia jeziora, ponieważ przy wpływie ogólna liczba bakterii była wyższa ($3,81 \cdot 10^6$ jtk/ml) niż przy wypływie ($3,07 \cdot 10^6$ jtk/ml). Podobne zjawisko miało miejsce w Jeziorze Długim w Olsztynie, gdzie stwierdzono bardzo silny (10^6 – 10^8 jtk/ml) rozwój bakterioplanktonu, będący najprawdopodobniej konsekwencją niekontrolowanego dopływu ścieków [2]. Ilość bakterii psychrofilnych w badanym Jeziorze Rudnickim Wielkim na stanowisku III przy ujściu rzeki była również najmniejsza ($1,04 \cdot 10^5$ jtk/ml), odwrotnie niż bakterii mezofilnych, co może być spowodowane samooczyszczaniem się wód, czyli naturalnym zjawiskiem likwidacji zanieczyszczeń, które dostały się do wody, zachodzącym w wyniku kompleksowego działania procesów fizycznych, fizyko-chemicznych, chemicznych, biochemicznych i biologicznych [9]. Podobnie wyniki kształtowały się przy wypływie z zaporowego zbiornika Maziarńia rzeki Łęg, gdzie ogólna liczba bakterii w 22°C spadła z $1,13 \cdot 10^4$ jtk/ml do $5,2 \cdot 10^3$ jtk/ml [8]. Również Gotkowska-Płachta i wsp. [3] badając wody Jeziora Hańcza, stwierdzili znacznie wyższe liczby oznaczanych drobnoustrojów mezofilnych i psychrofilnych w miejscu dopływu cieków wodnych, aniżeli w części środkowej jeziora.

Biorąc pod uwagę zmienność sezonową liczebności bakterii psychrofilnych i mezofilnych w Jeziorze Rudnickim Wielkim można stwierdzić, że wraz z nadejściem wiosny i co z tym związane wzrostem temperatury odnotowywano zwiększającą się liczbę drobnoustrojów zarówno na stanowisku I jak i II. Wahania poziomu ilościowego poszczególnych grup bakterii są powodowane naturalnymi zmianami sezonowymi i okresowymi dopływami do wody odpowiednich dla tych bakterii substratów pokarmowych (spływy powierzchniowe, opadające i gnijące liście drzew, obumarłe organizmy roślinne i zwierzęce). Nie bez znaczenia są też różnice w szybkości przepływu, które determinują limit czasowy dla wykorzystania substratu przez bakterie, syntezę ich biomasy i uwielokrotnienie liczebności [15].

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002 roku w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach, liczba bakterii grupy *coli* nie powinna przekraczać dopuszczalnej wartości do 10000 w 100 ml wody [22]. W badanym przez Korzeniewską i Gotkowską-Płachtę [7] Jeziorze Wigry, podobnie jak w badaniach własnych, zaobserwowano dużą rozpiętość wyników dotyczących tych bakterii: od $3 \cdot 10^0$ jtk/100 ml

do $1,4 \cdot 10^3$ jtk/100 ml. W Jeziorze Hańcza badanym przez Gotkowską-Płachtę i wsp. [3] otrzymano zbliżone wyniki: od $2,0 \cdot 10^0$ jtk/100 ml do $1,4 \cdot 10^3$ jtk/100 ml w różnych miejscach. W zbiorniku Maziarnia liczba bakterii grupy *coli*, w zależności od miejsca poboru próbek wahała się od $7,0 \cdot 10^1$ do $7,0 \cdot 10^3$ jtk/100 ml. Największe wartości otrzymano przy ujściu rzeki Łęg do zbiornika [6]. W badaniach liczebności bakterii z grupy *coli* w wodzie Jeziora Dzierżno Duże wysokie wartości stwierdzono na stanowisku I przy ujściu rzeki Kłodnicy ($2,5 \cdot 10^6$ jtk/100 ml), natomiast kilometr dalej były one o jeden rząd wielkości niższe. Na stanowiskach III-VI (stanowiska na głęboczkach) stwierdzono zbliżone wartości wynoszące około $5,0 \cdot 10^3 \div 6,0 \cdot 10^3$ jtk/100 ml. Na dalszych stanowiskach, w miarę oddalania się od dopływu zanieczyszczeń liczba bakterii z grupy *coli* spadła do $2,0 \cdot 10^3$ jtk/100 ml. Obserwowano również sezonowe wahania liczebności tej grupy drobnoustrojów. Maksimum wystąpiło w sierpniu na większości stanowisk i pojedynczo we wrześniu i październiku [8]. W Jeziorze Rudnickim Wielkim nie zaobserwowano znaczącego wpływu dopływającej rzeki Maruszy na liczbę bakterii z grupy *coli*. Ich w miarę wyrównana liczebność została odnotowana na wszystkich stanowiskach badawczych. Sezonowość występowania związana prawdopodobnie z czynnikiem antropogennym jakim jest turystyka i rekreacja, najsilniej zaznaczyła się w miesiącach letnich. Również średnia dla wszystkich badanych stanowisk była zbliżona i kształtowała się na poziomie od $6,9 \cdot 10^3$ jtk/100 ml do $1,6 \cdot 10^4$ jtk/100 ml.

W Jeziorze Rudnickim Wielkim na częstość występowania i ilość paciorkowców kałowych rzeka Marusza nie miała większego wpływu. Porównując otrzymane wyniki można zauważyć zależność między wysoką liczbą bakterii z grupy *coli*, a obecnością w wodzie paciorkowców kałowych w tych samych miesiącach. Znacznie liczniej drobnoustroje te występowały w zbiorniku Dzierżno Duże, gdzie podczas prowadzonych badań najwyższą wartość ($1,0 \cdot 10^4$ jtk/100 ml) odnotowano przy dopływie rzeki Kłodnicy [8]. W Jeziorze Hańcza natomiast, ilość paciorkowców wahała się w przeciągu miesiąca na stanowiskach w pobliżu dopływu rzeki Czarnej Hańczy, od $3 \cdot 10^0$ jtk/100 ml do $1,4 \cdot 10^4$ jtk/100 ml [3].

W wodzie Jeziora Rudnickiego Wielkiego nie wykryto bakterii z rodzaju *Salmonella*. Pałeczki te dostają się do środowiska wydalane przez ludzi chorych i nosicieli. Występują w ściekach i wodach powierzchniowych w znacznie mniejszych ilościach niż pozostałe drobnoustroje, z tego względu znacznie trudniej jest je wykryć, niż występujące masowo bakterie saprofityczne, czy wskaźnikowe [14].

Na ilość i przeżywalność mikroorganizmów w środowisku wpływa wiele czynników, jak np. zawartość substancji odżywczych, czynniki, abiotyczne (obecność zanieczyszczeń) i biotyczne oraz właściwości chemiczne i fizyczne

[11]. W badaniach własnych, oprócz wymienionych wyżej czynników duży wpływ miała również godzina poboru próbek wody. W nocy i w godzinach południowych aktywność i ilość drobnoustrojów w wodzie jest dużo wyższa, niż w ciągu dnia. Przyczyną takiego rozkładu może być wzrost temperatury warstwy powierzchniowej [17].

Bakterie mogą rozwijać się jedynie przy odpowiednim stężeniu jonów wodorowych. Dla większości drobnoustrojów najlepszy jest odczyn obojętny, ale znoszą również jego wahania w kierunku słabo-zasadowym lub słabokwaśnym. Tylko nieliczne bakterie rozwijają się przy dużo niższym odczynie. Na wahania pH w małym zakresie miały prawdopodobnie wpływ podstawowe procesy zachodzące w wodzie takie jak: amonifikacja, denitryfikacja, czy redukcja siarczanów. Odczyn wody zależy również od rodzaju wprowadzanych ścieków i przebiegu procesów samooczyszczania [10].

4. Wnioski

1. Przeprowadzone badania stanu sanitarno-higienicznego wody Jeziora Rudnickiego Wielkiego wskazują na jej znaczne zanieczyszczenie bakteriologiczne, szczególnie bakteriami z grupy coli.
2. Rozmieszczenie badanych mikroorganizmów w toni wodnej uzależnione jest od miejsca wpływu wód rzecznych i ilości rozcieńczającej je wody.
3. Na liczbę drobnoustrojów wpływ mógł mieć rolniczy i rekreacyjny sposób użytkowania zlewni oraz sezonowy, niekontrolowany dopływ ścieków pochodzących z ośrodków wypoczynkowych.
4. Na podstawie badań własnych stwierdzono sporadyczne występowanie małych ilości paciorkowców kałowych, nie wykryto natomiast pałeczek z rodzaju *Salmonella*.

Literatura

1. **Deryło A., Kostecki M., Szumilan P.:** *Badania hydrobiologiczne zbiornika zaporoowego w Przeczycach*. Arch. Ochr. Środ. 26, 3, 2000.
2. **Gawrońska H., Lossow K., Grochowska J.:** *Rekultywacja Jeziora Długiego w Olsztynie*. SPW. "Edycja", Olsztyn, 2005.
3. **Gotkowska-Plachta A., Korzeniewska E., Niewolak S., 2005:** *Pollution degree and sanitary state indicator bacteria as the indicators of the purity of Lake Hańcza waters*. Arch. Ochr. Środ., 31, 2.
4. **Górniak D., Świątecki A.:** *Mikroorganizmy wodne Jeziora Hańcza. Funkcjonowanie i ochrona ekosystemów wodnych na obszarach chronionych*. WIRS, Olsztyn, 1999.
5. **Guz K., Doroszkiewicz W.:** *Kontrola i ocena jakości wody w ochronie środowiska i zdrowia publicznego*. Ekol. i Tech., 11, 4, 2003.

6. **Hippe Z. S., Zamorska J.:** *Analiza wody: paradygmaty i kontrowersje z pozycji ochrony środowiska naturalnego.* Arch. Ochr. Środ., 27, 3, 2001.
7. **Korzeniewska E., Gotkowska-Plachta A.:** *Pionowe rozmieszczenie drobnoustrojów wskaźnikowych oraz stosunki termiczno-tlenowe w wodzie pelagialu i profundalu Jeziora Wigry.* Arch. Ochr. Środ., 30, 3, 2004.
8. **Kostecki M., Smylla A., Starczyńska A.:** *Ocena stanu sanitarnego wody antropogenicznego zbiornika wodnego Dzierżno Duże.* Arch. Ochr. Środ., 26, 4, 2000.
9. **Maciak F.:** *Ochrona i rekultywacja środowiska.* Wyd. SGGW, Warszawa, 2003.
10. **Madajczak G.:** *Aktywacja apoptozy makrofagów przez pałeczki Salmonella.* Post. Mikrobiol., 45, 1, 2006.
11. **Nadgórska A., Smylla A., Kostecki M.:** *Przeżywalność szczepu Escherichia coli K12 J62-1 w wodzie zbiornika Dzierżno Duże.* Arch. Ochr. Środ., 28, 4, 2002.
12. **Niewolak S.:** *Ocena stopnia zanieczyszczenia i stanu sanitarno-bakteriologicznego wód powierzchniowych i podziemnych na obszarze Wigierskiego Parku Narodowego w latach 1994-1996. Funkcjonowanie i ochrona ekosystemów wodnych na obszarach chronionych.* WIRS, Olsztyn, 1999.
13. **Rheinheimer G.:** *Mikrobiologia wód.* PWRiL, Warszawa, 1987.
14. **Smylla A., Głowacka K., Kostecki M.:** *Bakterie wskaźnikowe stanu sanitarnego i potencjalnie chorobotwórcze w wodzie zbiornika zaporowego Dzierżno Duże (województwo śląskie).* Arch. Ochr. Środ., 28, 2, 2002.
15. **Starzecka A.:** *Bakteriologiczna charakterystyka wód zlewni górnego biegu Wisły.* Post. Mikrobiol., 36, 1, 1997.
16. **Szlachta R., Wasilewska M., Krogulska B.:** *Zastosowanie podłoża Chapmana i Baird-Parkera do izolacji gronkowców z wody basenów kąpielowych.* Roczn. PZH, 49, 1998.
17. **Walczak M., Donderski W.:** *Dynamism of changes of bacterioneuston number and activity.* Acta Universitatis Nicolai Copernici. Prace Limnologiczne. Wyd. UMK Toruń, 25, 113, 2005.
18. **Weisło R., Chróst R.J.:** *Survival of Escherichia coli in Freshwater.* Polish Journal of Environmental Studies, 9, 3, 2000.
19. **Wiśniewski G.:** *Zlewnia rzeki Maruszy – główne źródło biogenów Jeziora Rudnickiego Wielkiego w Grudziądzu.* Materiały konferencyjne nt.: „Ochrona i rekultywacja jezior”, Przysiek, 2000.
20. **Wojtczak H.:** *Warunki termiczno-tlenowe w rekultywowanym Jeziorze Rudnickim Wielkim w latach 1983-1991.* III Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Ochrona jezior ze szczególnym uwzględnieniem metod rekultywacji”, Toruń, 15 października. Wyd. PZLiTS, Oddział Toruń, 1993.
21. **Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Bydgoszczy:** *Jezioro Rudnickie Wielkie – Rekultywacja i ochrona a jakość wód.* Toruń, 2001.
22. **Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002 roku w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach (Dz. U. Nr 183, poz. 1530).**
23. **Wykaz norm z zakresu analityki wody i ścieków.** Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej – Zespół Normalizacji, Warszawa 1993.

Micro Flora of Reclaimed Water Reservoirs on the Example of Rudnickie Wielkie Lake

Abstract

Functioning of the lake – basin ecological system is based on continuous transport of various forms of matter from the basin and their accumulation in the water body. Hence the composition and quality of surface waters depend mainly on the character of the area of land surrounding the lake, that is the direct and indirect basin. Household and industrial wastes play a main role in their overloading.

Changes occurring in the natural environment as a result of human economic activities towards water ecosystems affect water quality. This is expressed in changes in physico-chemical water quality indicators as well as in the species composition and number of organisms including bacteria and fungi. Water pollution with biogenic compounds, mainly of agricultural origin, results in the unfavourable phenomenon of eutrophication. An increase in water fertility, in turn, influences occurring algal blooms and the intensive growth of different heterotrophic bacteria – both saprophytic and pathogenic. This poses a serious ecological and epidemiological hazard.

Nowadays, a high level of surface water eutrophy is a global problem. Changes caused by people and harmful for them sometimes reach catastrophic proportions. Effects of rapid eutrophication force us to look for ways of slowing down, inhibiting, and even turning back this unfavourable process.

The aim of the study was to estimate the sanitary state of Lake Rudnickie Wielkie on the basis of indices of bacteriological water pollution.