

Wpłynęło 15.05.2017 r.
Zrecenzowano 05.07.2017 r.
Zaakceptowano 26.09.2017 r.

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

ZANIECZYSZCZENIA BAKTERIOLOGICZNE W OCENIE JAKOŚCI WODY W ZBIORNIKU BESKO PRZEZNACZONEJ DO ZBIOROWEGO ZAOPATRZENIA LUDNOŚCI

Agnieszka POLICHT-LATAWIEC ^{ABCDEF},
Wioletta ŻARNOWIEC ^{ABCDEF}, **Zofia PEREC-KRUPA** ^{BDF}

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji,
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska

Streszczenie

W pracy oceniono potencjalne zagrożenia dla zdrowia ludzi związane z występowaniem bakterii chorobotwórczych w chronionym zbiorniku wodnym Besko. Jest on zlokalizowany w 172,8 kilometrze rzeki Wisłok, w miejscowości Sieniawa (woj. podkarpackie). Obszar zbiornika znajduje się w strefie zamkniętej i jego rekreacyjne wykorzystywanie jest zabronione. Mimo to, na terenach oddalonych od zapory są tzw. dzikie plaże, których użytkowanie może prowadzić do skażenia wód zbiornika bakteriami pochodzenia kałowego. Analizą bakteriologiczną objęto próbki wody pobierane przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ) w Rzeszowie z jednego punktu na środku zbiornika przy zaprze, w miejscu poboru wody na potrzeby komunalne mieszkańców Krosna, w okresie 2004–2014. Na podstawie otrzymanych wyników badań przeprowadzono analizę dla bakterii z grupy *coli*, *Escherichia coli*, *Enterococcus* i bakterii z rodzaju *Salmonella*. Jakość bakteriologiczną wody oceniono zgodnie z obowiązującymi rozporządzeniami Ministra Zdrowia oraz Ministra Środowiska. Określono tendencję (trend czasowy) zmienności liczebności bakterii w analizowanym okresie. Tylko w jednym miesiącu (październik 2008) woda w zbiorniku nie spełniała wymagań stawianym wodom w kąpielisku i miejscach wykorzystywanych do kąpieli. W całym okresie badań nadawała się ona do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia, ale w różnych latach wymagała różnych procesów uzdatniania, właściwych dla kategorii jakości wody A1 i A2. Rozpatrywany ciąg średnich wartości analizowanych wskaźników zanieczyszczeń wody w zbiorniku na przestrzeni okresu badawczego wykazywał tendencję rosnącą w przypadku bakterii grupy *coli* oraz istotny trend rosnący paciorkowców kałowych (*Enterococcus*). Natomiast liczebność bakterii *Escherichia coli* wykazywała tendencję malejącą. W wodzie zbiornika Besko nie stwierdzono w analizowanym okresie bakterii z rodzaju *Salmonella*.

Słowa kluczowe: jakość wód, zanieczyszczenie bakteriologiczne i sanitarne, zbiornik Besko

Do cytowania For citation: Policht-Latawiec A., Żarnowiec W., Percec-Krupa Z. 2017. Zanieczyszczenia bakteriologiczne w ocenie jakości wody w zbiorniku Besko przeznaczony do zbiorowego zaopatrzenia ludności. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 17. Z. 4 (60) s. 111–128.

WSTĘP

Bakterie chorobotwórcze, tj. m.in.: pałeczki *Escherichia coli*, ziarniaki *Enterococcus faecalis* i laseczki przetrwalnikujące *Clostridium perfringens*, które są wydalane wraz z odchodami [GEORGE i in. 2002; SINGLETON 2000] przedostają się bezpośrednio do wody z chorego organizmu, pośrednio poprzez ścieki [FRAK, NESTOROWICZ 2009; GEORGE i in. 2002; KALWASIŃSKA i in. 2007; OLAŃCZUK-NEYMAN 2003; PODGÓRSKA i in. 2008; SCHLEGEL 2003], a także poprzez spływy z gleby skażonej bakteriami patogennymi [ZIMOCH, PACIEJ 2013]. Liczebność ich w ściekach ulega znacznym wahaniom i zależy głównie od ilości mieszkańców zlewni [LIBUDZISZ i in. 2009; SCHLEGEL 2003]. Dlatego też występuje znaczne zróżnicowanie w ilości bakterii w ściekach; zwykle liczebność bakterii *coli* fekalnych (termotolerancyjnych) w ściekach surowych mieści się w zakresie od 10^6 do 10^8 w 100 cm^3 [LIBUDZISZ i in. 2009]. W większości krajów jako wskaźniki czystości wód zostały przyjęte, z uwagi na miejsce ich występowania i liczebność, tak zwane wskaźniki sanitarne, do których należą: *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* i *Clostridium perfringens* [SMYŁŁA i in. 2003]. W Polsce obligatoryjnymi indykatorami mikrobiologicznymi jakości wody w kąpielisku i miejscu wykorzystywanym do kąpieli są *Escherichia coli* i *Enterococcus* [Rozporządzenie MZ... 2011], a w klasyfikacji stanu wód powierzchniowych wykorzystywanych jako wody do spożycia wskaźnikami są bakterie z grupy *coli*, bakterie termotolerancyjne typu *coli* typu kałowego, *Enterococcus* oraz bakterie z rodzaju *Salmonella* [FRAK 2013; Rozporządzenie MŚ... 2002]. Woda powierzchniowa nie powinna zawierać mikroorganizmów w ilościach przekraczających wymagania prawne [Dyrektywa 2006/7/WE], a także nie powinna zawierać zanieczyszczeń w postaci obecności sinic zakwitających w formie kożucha lub piany, rozmnożonych makroalg [STANKIEWICZ in. 2011], substancji smolistych pochodzących z rafinacji lub destylacji, tworzyw sztucznych i innych odpadów [Rozporządzenie MZ... 2011]. W wodzie powierzchniowej konieczne jest prowadzenie kontroli mikrobiologicznej pod względem występowania w niej bakterii i niezbędne jest jej ciągłe monitorowanie w celu dopuszczenia jej do określonego użytkowania [ATTOUI i in. 2016; BERNINGER i in. 2012; KUBERA, MAŁECKA-ADAMOWICZ 2017; PICKUP i in. 2003; ZIMOCH, PACIEJ 2013].

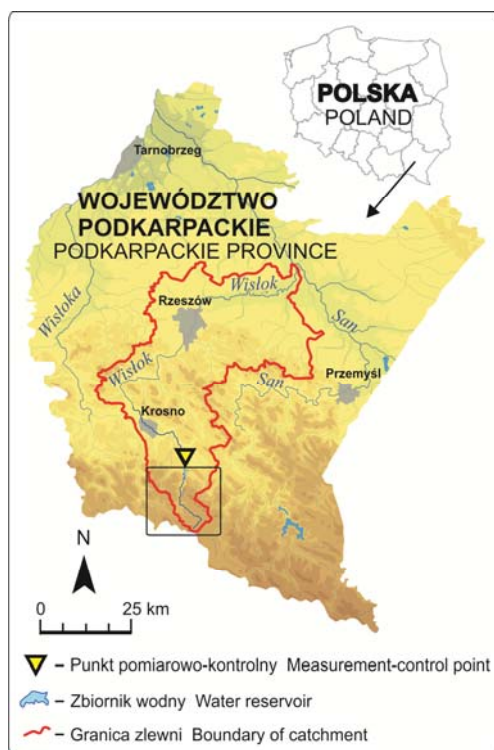
Istotne znaczenie dla jakości wód zbiornika Besko ma regularna, związana z jego funkcją zaopatrzeniową, kontrola źródeł zanieczyszczeń. Użytkowanie tzw. dzikich plaż, usytuowanych w strefie przybrzeżnej zbiornika, może stanowić zagrożenie prowadzące do skażenia wód zbiornika bakteriami pochodzenia kałowego. W ocenie efektywności działań w zakresie gospodarki ściekowej w zlewni i skuteczności ograniczania źródeł zanieczyszczeń mogą być przydatne wieloletnie obserwacje liczebności bakterii w wodzie zbiornika. Dlatego w pracy określono stan sanitarny i walory użytkowe wód w zbiorniku Besko na przestrzeni lat 2004–2014 oraz wyznaczono tendencję (trend czasowy) zmienności liczebności bakterii

w tym okresie. Analizie poddano liczbę bakterii wskaźnikowych z grupy *coli* i *Escherichia coli* oraz bakterii z rodzaju *Enterococcus*.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Zbiornik Besko jest zlokalizowany w tzw. Obniżeniu Sieniawskim w 172,8 kilometrze rzeki Wisłok, w miejscowości Sieniawa, na obszarze województwa podkarpackiego (rys. 1), w obrębie Karpat Wschodnich, dołów Jasielsko-Sanockich i Beskidu Niskiego [KONDRACKI 2013]. Przekrój, w którym zlokalizowano punkt pomiarowo-kontrolny, zamyka grupę jednolitych części wód o charakterze wyżynnym na obszarze ekoregionu – the Carpathian (10) [Dyrektywa 2000/60/EC]. Rzeka Wisłok od źródła do zbiornika Besko jest potokiem fliszowym (typ 12) [KZGW 2014]. Zlewnia Wisłoka ma powierzchnię 3528,2 km² i położona jest na wysokości 183–823 m n.p.m. Całkowita długość rzeki wynosi 204,9 km, a jej średni spadek dna kształtuje się na poziomie 3,09%. Wisłok bierze swój początek z góry Kanasiówka (823 m n.p.m.) w Beskidzie Niskim przy granicy ze Słowacją (49°20'59" N 21°57'28" E). W biegu początkowym Wisłok płynie w kierunku północnym. Później zmienia swój kierunek na zachód, następnie płynie w kierunku północno-wschodnim, aż do ujścia Sanu (rys. 1) na wysokości ok. 183 m n.p.m. (50°12'22" N 22°31'58" E).

Zbiornik Besko jest obiektem wielozadaniowym, który powstał 1978 r., spełniającym m.in. funkcję zaopatrzeniową ZUW „Wisłok”, który dostarcza wodę pitną do mieszkańców Krosna i odbiorców z gmin Rymanów, Iwonicz Zdrój, Besko, Zarszyn i Miejsce Piastowe. Obszar zbiornika znajduje się w strefie zamkniętej i jego rekreacyjne wykorzystywanie jest zabronione. Na terenach oddalonych od zapory występują tzw. dzikie plaże, których użytkowanie może prowadzić do pogorszenia jakości wody w zbiorniku. Zbiornik pełni funkcje przeciwpowo-



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań;
źródło: opracowanie własne

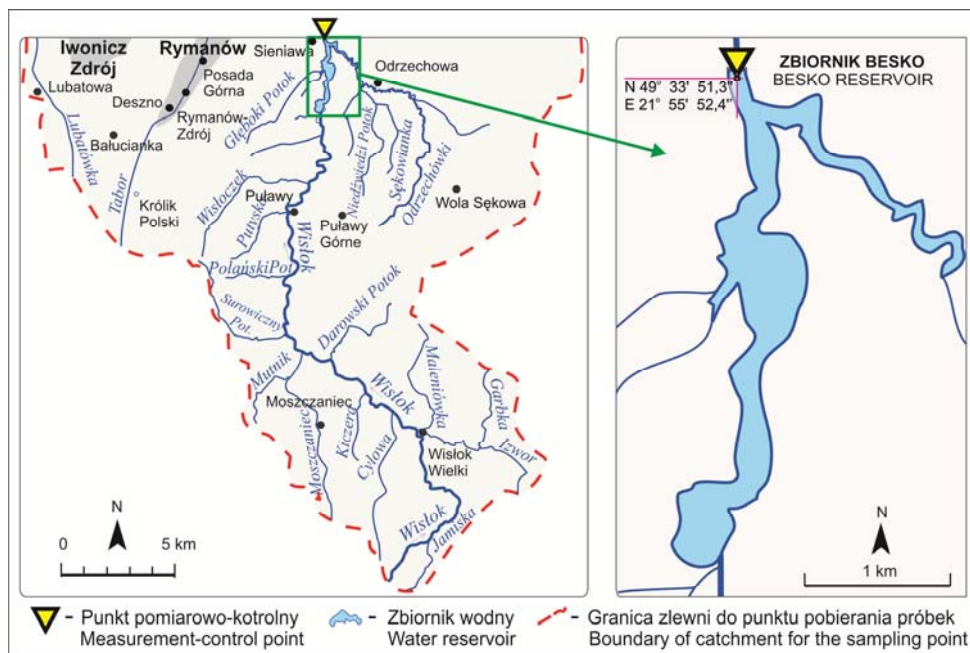
Fig. 1. Location of investigated area;
source: own elaboration

dziową, zapewnienia wyrównania przepływów na rzece Wisłok poniżej zaporę, umożliwia pobór wody na potrzeby produkcji narybku i hodowli ryb, a także jest wykorzystywany do celów energetycznych. W pobliżu zbiornika, w miejscowości Rymanów jest zlokalizowana mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków z usuwaniem związków biogenych. Jej przepustowość wynosi 2000 m³ na dobę. Do oczyszczalni są odprowadzane ścieki z większości gospodarstw domowych przyległych do zbiornika za pośrednictwem lokalnej sieci kanalizacyjnej.

Na obszarach nieskanalizowanych ścieki gromadzone są najczęściej w szambach. Zlewnia zasilająca zbiornik Besko ma charakter rolniczy i silnie rozwiniętą gospodarkę leśną. Rolnicze wykorzystywanie terenów otaczających zbiornik stwarza dla niego zagrożenie w postaci zasobnych w substancje biogenne spływów powierzchniowych oraz podziemnych z pól uprawnych. Zbiornik Besko ma powierzchnię 1,3 km² oraz pojemność 13,7 mln m³. Z całkowitej pojemności zbiornika rezerwa powodziowa stanowi 4,7 mln m³. Głębokość zbiornika mieści się w zakresie od 1,5 m w rejonie cofki do 30 m przy zaporze. Średnia głębokość zbiornika wynosi 12 m [KUREK 2011]. Wody ze zbiornika wykorzystywane są: na potrzeby komunalne poprzez Zakład Uzdatniania Wody w Sieniawie, na cele energetyczne oraz na potrzeby produkcji narybku i hodowli ryb. Ponadto, do podstawowych zadań zbiornika należą ochrona przed powodzią doliny rzeki Wisłok poniżej zaporę, a także wyrównanie przepływów na rzece Wisłok poniżej zaporę w celu zapewnienia przepływu nienaruszalnego oraz umożliwiającego pokrycie potrzeb użytkowników poniżej zaporę. Wodę spiętrza betonowa zaporę typu ciężkiego o długości 174 m i szerokości korony 8,5 m. Po koronie zaporę biegnie droga krajowa z Rymanowa do Szczawnego. Zaporę wyposażona jest w dwie galerie kontrolno-drenażowe, w których mieści się aparatura kontrolno-pomiarowa służąca do oceny stanu technicznego oraz bezpieczeństwa pracy całego obiektu. Ujęcie wody i pompownia wody surowej zlokalizowane są w korpusie zaporę. Pobór wody odbywać się może w zależności od piętrzenia w zbiorniku z trzech różnych poziomów. Obwałowania boczne zbiornika o długości 600 m i wysokości maksymalnej 3 m wykonane są z materiału miejscowego i należą do klasy IV. Po koronie obwałowań biegną drogi do pobliskich zabudowań. Woda opadowa i filtracyjna odprowadzana jest rowem oraz rurociągiem do rzeki poniżej zaporę.

Wyniki badań z okresu 2004–2014 uzyskano z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Rzeszowie, Oddział Jasło. Próbkę wody pobierane były ze zbiornika w punkcie usytuowanym na środku zbiornika przy zaporze, z głębokości 1 m pod powierzchnią wody od kwietnia do października (rys. 2).

W pobranych próbkach wody oznaczono liczebności bakterii z grupy *coli*, *Escherichia coli* oraz bakterii z rodzaju *Enterococcus* (enterokoki) i *Salmonella* za pomocą metody filtrów membranowych oraz metody próbówkowej w Wojewódzkim Inspektoracie Ochrony Środowiska w Rzeszowie, Oddział Jasło [PN-EN ISO 9308-2:2014-06]. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzch-



Rys. 2. Usytuowanie punktu pomiarowo-kontrolnego; źródło: opracowanie własne

Fig. 2. Location of measuring-control point; source: own elaboration

niowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia oznaczono kategorię wody A1, A2 oraz A3 [Rozporządzenie MŚ... 2002]. Ponadto, oceniono wodę zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 8 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia nadzoru nad jakością wody w kąpielisku i miejscu wykorzystywanym do kąpieli [Rozporządzenie MZ... 2011].

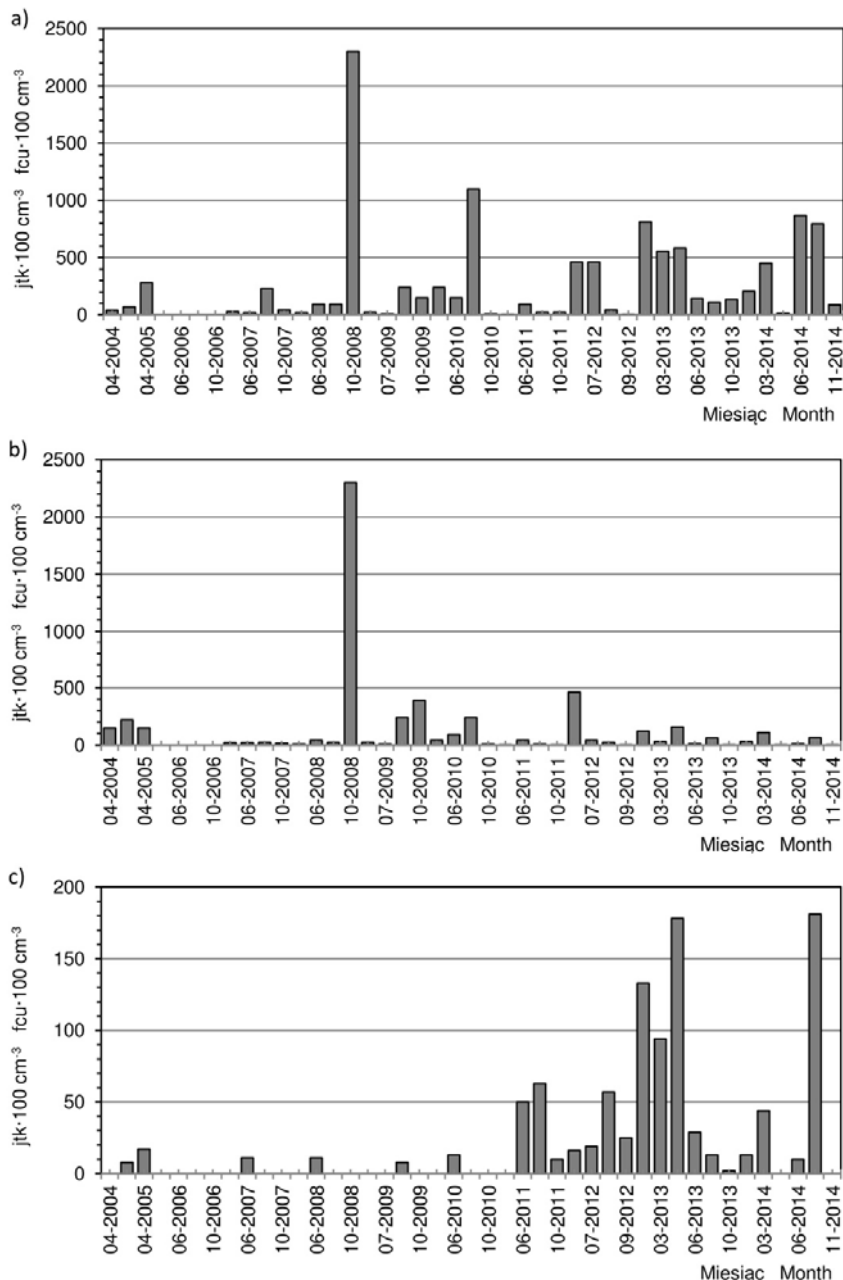
Średnie roczne liczebności bakterii z grupy *coli* i *Escherichia coli* mierzone w jtk·100 cm⁻³ poddano analizie statystycznej, która miała na celu określenie tendencji (trendu czasowego) zmienności liczebności bakterii w analizowanym okresie badawczym. Ze względu na stosunkowo małą częstotliwość poboru próbek wody do oznaczeń bakterii z rodzaju *Enterococcus* w początkowym okresie badań, analizę trendu zmian zawartości tych bakterii przeprowadzono dla lat 2009–2014. Analizę przeprowadzono za pomocą nieparametrycznego testu Manna–Kendalla. Test ten wybrano ze względu na brak normalności rozkładu analizowanych danych zgodnie z wynikami testu Shapiro–Wilka. Test Manna–Kendalla jest często stosowany w analizach zmian klimatycznych [AZIZZADEH, JAVAN 2015; KAŻMIERCZAK i in. 2014], hydrologicznych [BANASIK i in. 2013; BARAN-GURGUL, RACZYŃSKI 2017] oraz jakości wód [ROGORA i in 2015; ZELENÁKOVÁ i in. 2015]. Polega on na weryfikacji hipotezy o braku trendu w danych na podstawie nieparametrycznego współczynnika korelacji. Odpowiednikiem nieparametrycznym współczynnika ko-

relacji użytym w teście Manna–Kendalla jest współczynnik korelacji rangowej ciągu danych oraz ciągu odpowiadających im momentów czasowych, zwany jako współczynnik *tau* Kendalla. Współczynnik *tau* Kendalla opiera się na różnicy między liczbą zgodnych (w tym samym porządku) i niezgodnych par w obrębie obserwowanych danych [MAKSYMIOUK i in. 2008]. Nieparametrycznym współczynnikiem korelacji rangowej w teście jest, przyjmująca wartości z zakresu $[-1;1]$, statystyka *tau* (τ). Dodatkowo wartości znormalizowanej statystyki testowej świadczą o występowaniu tendencji rosnącej, natomiast ujemne wartości przemawiają za występowaniem tendencji malejącej [BANASIK i in. 2013; HIRSCH i in. 1991; KAŻMIERCZAK i in. 2014]. Za istotny statystycznie (rosnący lub malejący) trend przyjęto zmianę na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ (prawdopodobieństwo testowe p).

WYNIKI BADAŃ

W okresie badań największą liczbą bakterii z grupy *coli* odnotowano w październiku 2008 r., a najmniejszą we wrześniu 2013 r. (rys. 3). W 2004 r. największą liczbę bakterii z grupy *coli*, przy wahaniami ich ilości w zakresie od 40 do 70 jtk·100 cm⁻³, odnotowano w sierpniu. W 2005 r. wykonano tylko jedno badanie, w którym uzyskano wynik – 280 jtk·100 cm⁻³. W kolejnych latach przeprowadzono oznaczenia w co najmniej 4 terminach. W 2007 r. liczba bakterii z grupy *coli* w próbkach wody mieściła się w zakresie od 21 w czerwcu do 230 jtk·100 cm⁻³ w sierpniu. Stukrotnie więcej bakterii – 2300 jtk·100 cm⁻³ stwierdzono w próbce wody pobranej w październiku 2008 r. W pozostałych terminach w 2008 r. liczba bakterii z grupy *coli* w analizowanych próbkach wody była na niższym poziomie – od 21 w kwietniu do 93 jtk·100 cm⁻³ w czerwcu i sierpniu. W 2009 i 2010 r. największe wartości wynoszące kolejno: 240 i 1100 jtk·100 cm⁻³ odnotowano w sierpniu. Ponadto, w próbce wody pobranej w kwietniu 2010 r. stwierdzono również stosunkowo dużą liczebność bakterii – 240 jtk·100 cm⁻³. W pozostałych terminach liczba bakterii z grupy *coli* w analizowanych próbkach wody była na niższym poziomie – od 9 do 150 jtk·100 cm⁻³ odpowiednio w 2009 i w 2010 r. W 2009 r. wartości minimalne zostały odnotowane w lipcu, a w 2010 r. w październiku. W kolejnym roku stwierdzono mniejszą liczbę bakterii z grupy *coli* w stosunku do lat poprzednich. Największą liczbę – 93 jtk·100 cm⁻³ – odnotowano w czerwcu. W pozostałych terminach badawczych 2011 r. nie stwierdzono w próbkach wody większej liczby niż 23 jtk·100 cm⁻³. W 2012 r. liczba bakterii z grupy *coli* w próbkach wody zawierała się w przedziale od 4 do 460 jtk·100 cm⁻³. Największą wartość odnotowano w maju i lipcu (rys. 3).

W 2013 r. największą liczbę bakterii z grupy *coli* – 813 jtk·100 cm⁻³ odnotowano w styczniu. Ponadto, w próbce wody pobranej w kwietniu i marcu odnotowano również stosunkowo dużą liczebność bakterii z grupy *coli* wynoszącą, kolejno 556 i 583 jtk·100 cm⁻³. W pozostałych terminach liczebności tych bakterii



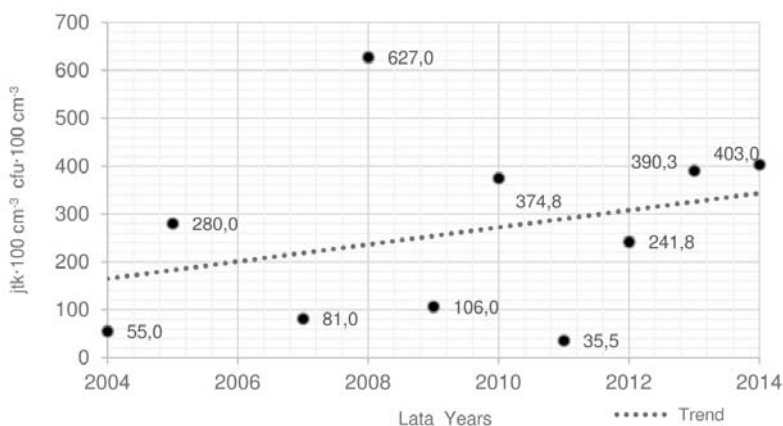
Rys. 3. Liczebność wskaźnikowych bakterii stanu sanitarnego: a) bakterie z grupy coli; b) *Escherichia coli*; c) *Enterococcus*; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ

Fig. 3. Number of indicator bacteria of sanitary condition: a) Coliform bacteria; b) *Escherichia coli*; c) *Enterococcus*; source: own elaboration based on Voivodship Inspectorate of Environmental Protection (WIOŚ) data

w analizowanych próbkach wody zawierały się w zakresie od 110 jtk·100 cm⁻³ w lipcu do 145 jtk·100 cm⁻³ w czerwcu. W 2014 r. największą liczbę bakterii z grupy *coli* – 866 jtk·100 cm⁻³ – odnotowano w czerwcu. Również stosunkowo dużo bakterii odnotowano w próbce pobranej w marcu (450 jtk·100 cm⁻³) i lipcu (794 jtk·100 cm⁻³). W pozostałych terminach liczba bakterii w analizowanych próbkach wody mieściła się w przedziale od 15 w kwietniu do 206 jtk·100 cm⁻³ w styczniu (rys. 3).

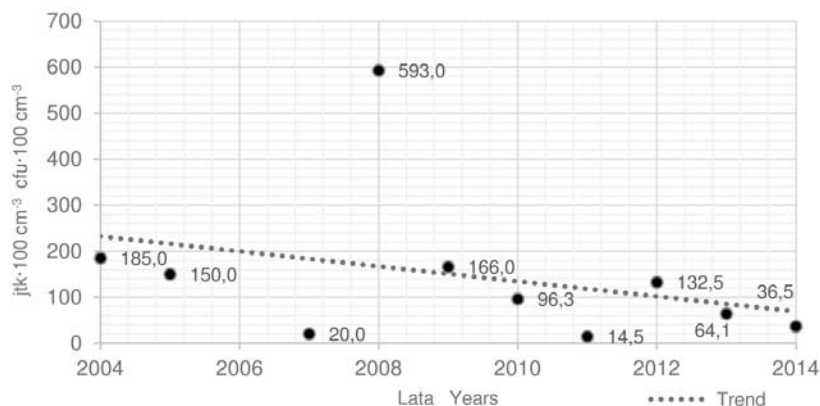
W okresie badań, największa średnia liczba bakterii z grupy *coli* w wodzie zbiornika Besko została odnotowana w 2008 r. (627,0 jtk·100 cm⁻³), a najmniejsza w 2011 r. (35,5 jtk·100 cm⁻³) (rys. 4). W sześciu, spośród 10 analizowanych lat, średnia liczba bakterii wynosiła powyżej 100 jtk·100 cm⁻³ i mieściła się w zakresie od 106,0 jtk·100 cm⁻³ (2009 r.) do 403 jtk·100 cm⁻³ (2014 r.). W 2004, 2007 i 2011 r., średnia liczba bakterii z grupy *coli* nie przekraczała 100 jtk·100 cm⁻³ (rys. 5). Rozpatrywany ciąg średnich liczebności bakterii z grupy *coli* wykazywał tendencję rosnącą w wodzie zbiornika (rys. 5). Analiza statystyczna z wykorzystaniem testu Manna-Kendalla nie potwierdziła istotności tej tendencji ($p = 0,180$).

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 2011 r. w sprawie prowadzenia nadzoru nad jakością wody w kąpielisku i miejscu wykorzystywanym do kąpielu liczba bakterii *Escherichia coli* nie powinna przekraczać dopuszczalnej wartości do 1000 w 100 cm³ wody [Rozporządzenie MZ... 2011]. Badania jakości wody przeprowadzone na podstawie oznaczeń liczebności bakterii wykazały, że wartości dopuszczalne dla *Escherichia coli* zostały przekroczone tylko w jednym terminie badań – w październiku 2008 r. Liczba bakterii stwierdzona w tym miesiącu przekroczyła wartość dopuszczalną o 1300 jtk·100 cm⁻³.



Rys. 4. Średnia liczba bakterii z grupy *coli* w wodzie zbiornika Besko w latach 2004–2014; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ

Fig. 4. Average number of Coliform bacteria in water of Besko reservoir in the period 2004–2014; source: source: own elaboration based on Voivodship Inspectorate of Environmental Protection (WIOŚ) data



Rys. 5. Średnia liczba bakterii *Escherichia coli* w wodzie zbiornika Besko w latach 2004–2014; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ

Fig. 5. Average number of *Escherichia coli* bacteria in water of Besko reservoir in the period 2004–2014; source: own elaboration based on Voivodship Inspectorate of Environmental Protection (WIOŚ) data

W 2004 r. liczba bakterii *Escherichia coli* w analizowanych próbkach wody zawierała się w przedziale od 150 do 220 jtk·100 cm⁻³, a największą wartość odnotowano w sierpniu (rys. 3). W 2005 r. wykonano tylko jedno badanie, w którym uzyskano wynik – 150 jtk·100 cm⁻³. W 2007 r. liczba bakterii *Escherichia coli* w próbkach wody była mniejsza w stosunku do lat poprzednich i mieściła się w zakresie od 15 jtk·100 cm⁻³ w październiku do 23 jtk·100 cm⁻³ w sierpniu. W 2008 i 2009 r. największe wartości wynoszące, kolejno: 2300 jtk·100 cm⁻³ i 390 jtk·100 cm⁻³, odnotowano w październiku. Ponadto, w próbce wody pobranej w sierpniu 2009 r. stwierdzono również stosunkowo dużą liczebność bakterii (240 jtk·100 cm⁻³). W pozostałych terminach liczba bakterii *coli* typu kałowego w analizowanych próbkach wody kształtowały się na niższym poziomie – od 7 do 43 jtk·100 cm⁻³ w 2008 r. i od 9 do 23 jtk·100 cm⁻³ w 2008 r. Wartości minimalne odnotowano w 2008 r. w kwietniu, a w 2009 r. w lipcu. W 2010 r. największą liczbę pałeczek *Escherichia coli*, przy wahaniach ich ilości w zakresie od 9 do 240 jtk·100 cm⁻³, odnotowano w sierpniu. W kolejnym roku stwierdzono mniejszą w stosunku do 2010 r., liczbę bakterii *coli* typu kałowego. Największą liczbę – 43 jtk·100 cm⁻³ – odnotowano w czerwcu. W pozostałych terminach badawczych 2011 r., nie stwierdzono w próbkach większej liczby niż 9 jednostek tworzących kolonię w 100 cm³ wody. W 2012 r. liczba bakterii *Escherichia coli* w analizowanych próbkach wody zawierała się w przedziale od 4 do 460 jtk·100 cm⁻³, a największą wartość odnotowano w maju (rys. 3). W 2013 r. największą wartość wynoszącą 160 jtk·100 cm⁻³ odnotowano w kwietniu. Ponadto, w próbce wody pobranej w styczniu odnotowano również stosunkowo dużą liczebność bakterii (121 jtk·100 cm⁻³). W 2014 r. największą wartość, wynoszącą 160 jtk·100 cm⁻³, odno-

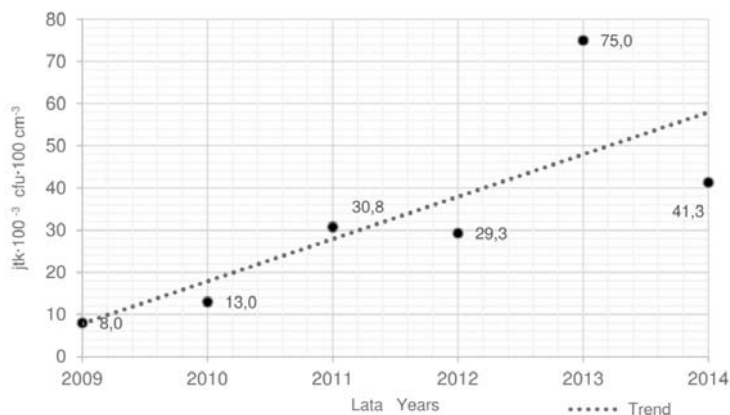
towano w marcu. W pozostałych terminach liczba bakterii *coli* typu kałowego w analizowanych próbkach wody kształtowały się na niższym poziomie – od 1 do 62 jtk·100 cm⁻³ w 2013 r. i od 2 do 64 jtk·100 cm⁻³ w 2014 r. (rys. 3).

W okresie badawczym największa średnia liczba bakterii *Escherichia coli* w wodzie zbiornika Besko została odnotowana w 2008 r. (593,0 jtk·100 cm⁻³), a najmniejszą w 2011 (14,5 jtk·100 cm⁻³) (rys. 5). W czterech, spośród 10 analizowanych lat, średnia liczba bakterii wynosiła powyżej 100 jtk·100 cm⁻³ i mieściła się w zakresie od 132,5 jtk·100 cm⁻³ (2012 r.) do 185 jtk·100 cm⁻³ (2004 r.). W pozostałych latach średnia liczba bakterii typu kałowego nie przekraczała 100 jtk·100 cm⁻³ (rys. 5). Rozpatrywany ciąg średnich liczebności bakterii *Escherichia coli* wykazywał tendencję malejącą w wodzie zbiornika (rys. 5). Analiza statystyczna z wykorzystaniem testu Manna-Kendalla nie potwierdziła istotności tej tendencji ($p = 0,089$).

Liczba bakterii z rodzaju *Enterococcus* (enterokoków) nie powinna przekraczać w kąpieliskach i miejscach wykorzystywanych do kąpieli, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 2011 r. wartości 400 jtk·100 cm⁻³. Liczba tych bakterii w każdej analizowanej próbce wody pobieranej w okresie od 2004 do 2014 r. mieściła się w granicach wartości dopuszczalnych.

W okresie badań największą liczbę bakterii z rodzaju *Enterococcus* odnotowano w lipcu 2014 r. – 181 jtk·100 cm⁻³, a najmniejszą, wynoszącą 2 jtk·100 cm⁻³, w październiku 2013 r. W wielu terminach enterokoki nie były wykrywane (rys. 3). Liczba bakterii w analizowanych próbkach wody w okresie od 2004 r. do końca 2010 r. była niewielka w stosunku do liczby oznaczonej w późniejszych latach i zawierała się w przedziale od 8 jtk·100 cm⁻³ w sierpniu 2004 i 2009 r. do 17 jtk·100 cm⁻³ w kwietniu 2005 r. W 2011 r. liczba enterokoków w analizowanych próbkach wody mieściła się w przedziale od 10 do 63 jtk·100 cm⁻³, przy czym największą wartość odnotowano w próbce wody pobranej w sierpniu (rys. 3). W pierwszym terminie badawczym 2011 r. nie wyizolowano bakterii z rodzaju *Enterococcus*. W 2012 r. największą liczbę bakterii, przy wahaniach ich ilości w zakresie od 16 do 57 jtk·100 cm⁻³, odnotowano w sierpniu. W 2013 r. liczba bakterii w próbkach wody mieściła się w zakresie od 2 jtk·100 cm⁻³ w październiku do 178 jtk·100 cm⁻³ w kwietniu. Ponadto, w próbce wody pobranej w styczniu i marcu odnotowano również stosunkowo dużą liczebność bakterii *Enterococcus* wynoszącą, kolejno: 133 jtk·100 cm⁻³ i 94 jtk·100 cm⁻³. W pozostałych terminach liczebności bakterii *Enterococcus* w analizowanych próbkach wody kształtowały się na niższym poziomie – od 2 do 29 jtk·100 cm⁻³. W próbce wody pobranej w kwietniu oraz listopadzie 2014 r. nie stwierdzono obecności enterokoków. Największą liczbę – 181 jtk·100 cm⁻³ – odnotowano w lipcu. W wodzie pobranej ze zbiornika w pozostałych terminach stwierdzono nieznaczne ilości tych bakterii (rys. 3).

W okresie 2009–2014 największą średnią liczbę enetrokoków w wodzie zbiornika Besko odnotowano w 2013 r. – 75 jtk·100 cm⁻³, a najmniejszą w 2009 r. – 8 jtk·100 cm⁻³ (rys. 6). W pozostałych latach średnia liczba *Enterococcus* nie prze-



Rys. 6. Średnia liczba bakterii *Enterococcus* w wodzie zbiornika Besko w latach 2009–2014; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ

Fig. 6. Average number of *Enterococcus* bacteria in water of Besko reservoir in the period 2009–2014; source: source: own elaboration based on Voivodship Inspectorate of Environmental Protection (WIOŚ) data

kraczała $50 \text{ jtk} \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$. Rozpatrywany ciąg średnich liczebności bakterii *Enterococcus* z lat 2009–2014 wykazywał tendencję rosnącą w wodzie zbiornika (rys. 6). Analiza statystyczna z wykorzystaniem testu Manna–Kendalla wykazała istotny trend rosnący liczby tych bakterii w wodzie zbiornika Besko ($p = 0,013$).

Analiza wyników badań bakteriologicznych na obecność bakterii z grupy *coli* oraz *Enterococcus* (enterokoków) zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 2002 r. w sprawie wymagań jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia wykazała, że w przypadku bakterii *coli* 50% próbek nie odpowiadało kategorii A1 w latach 2004, 2009 oraz 2012 i przekroczyło wartość $50 \text{ jtk} \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$ (tab. 1). Tylko 17% próbek wody zbiornika Besko w 2014 r., a 25% w latach 2008 i 2010 spełniało normatywy dla kategorii A1. Natomiast w 2007 i 2011 r. 75% badanych próbek odpowiadało wartościom dopuszczalnym dla kategorii wody A1. Analiza bakteriologiczna wykazała, że liczba bakterii w wodzie przekraczała w przypadku bakterii grupy *coli* typu kałowego wartość graniczną dla kategorii wody A1. Tylko w 2004 i 2005 r. 100% próbek odpowiadało najwyższej kategorii A1. W pozostałych latach 2007, 2008, 2009, 2010 i 2012 tylko 25% spełniało normy dla kategorii A1. W 2014 r. nie spełniało norm dla kategorii A1 50% próbek badanych, 25% w 2011 r. i 68% w 2013 r. Ocena jakości wody pod kątem występowania *Enterococcus* (enterokoków) wykazała, że w początkowym okresie badań wszystkie próbki wody spełniały wymagania stawiane w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 2002 r. W latach 2011–2012 tylko w 50% próbek nie zostały przekroczone dla kategorii A1 wartości dopuszczalne. W 2013 r. było 32%, a w 2014 r. – 66% próbek wody, które wymagałyby prostego uzdatnienia (tab. 1).

Tabela 1. Częstotliwość występowania wskaźników (% badanych próbek) w zakresie normatywnym dla danej kategorii uzdatniania wody przeznaczonej do spożycia

Table 1. Frequency of index values (% of samples) in normative range for a given water treatment category

Wskaźnik Indices	2004			2005			2007			2008			2009			2010			2011			2012			2013			2014			
	Wartości dopuszczalne dla kategorii wody (w 100 cm ³) Permissible values (in 100 cm ³) for water treatment category			A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	
	50	5 000	50 000	50 ¹⁾	100	100	100	75 ¹⁾	100	100	100	25 ¹⁾	100	100	100	50 ¹⁾	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
<i>Coli</i>	20	2 000	20 000	100	100	100	75 ¹⁾	100	100	100	25 ¹⁾	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
<i>Escherichia coli</i>	20	2 000	20 000	100	100	100	25 ¹⁾	100	100	100	25 ¹⁾	100	100	100	25 ¹⁾	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
<i>Enterococcus</i>	20	1 000	10 000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

¹⁾ Wartości nie spełniają norm dla danej kategorii uzdatniania wody. ¹⁾ The index value does not meet the requirements for a given water treatment category.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozporządzenia MŚ... [2002]. Source: own elaboration acc. to Rozporządzenie MŚ... [2002].

DYSKUSJA WYNIKÓW

W rozpatrywanym 10-letnim okresie badawczym w analizowanych próbkach wody ze zbiornika stwierdzono bakterie z grupy *coli*, w tym *Escherichia coli* i bakterie z rodzaju *Enterococcus*. Nie stwierdzono natomiast występowania bakterii z rodzaju *Salmonella*. Podobne wyniki otrzymali, m.in.: SMYŁA i in. [2002] w badaniach wód zbiornika wodnego Dzierżno Duże, CHMIEL i MACIĄG [2010], analizując stan sanitarny i przydatność do celów rekreacyjnych wód zbiornika wodnego w Kryspinowie, czy BERLEĆ i in. [2009] i TRACZYKOWSKI i in. [2009] w badaniach mikroflory rekultywowanych zbiorników wodnych. Zbiorniki wód powierzchniowych odznaczają się stosunkowo małą zawartością bakterii z rodzaju *Salmonella*. Ich wykrywanie jest ściśle skorelowane z ludzką lub zwierzęcą aktywnością. Dostają się one do wód wraz z fekaliami wydalonymi przez nosicieli i ludzi chorych [SZEJNIUK i in. 2013], dlatego znacznie trudniej jest je wykryć niż inne, licznie występujące w wodach, bakterie wskaźnikowe [BERLEĆ i in. 2009].

Na przestrzeni lat 2004–2014 stwierdzono zmienność sezonową liczebności populacji bakterii wskaźnikowych w wodzie zbiornika Besko. Największe ilości analizowanych drobnoustrojów zostały odnotowane w miesiącach okresu letniego. Wraz ze spadkiem temperatury powietrza ich liczba w wodzie regularnie się zmniejszała. Czynniki panujące w poszczególnych porach roku znacząco wpływają na liczebność bakterii w środowisku wodnym [FRĄCZEK i in. 2015]. Organizmy patogenne w wodach zbiorników zaporowych mogą pochodzić ze spływów powierzchniowych deszczu, niekontrolowanego odprowadzania ścieków lub ze ścieków niedostatecznie oczyszczonych [KALWASIŃSKA i in. 2007; OLAŃCZUK-NEYMAN 2003; SZEJNIUK i in. 2013]. Uzyskane dane korespondują z wynikami badań KUBERY i MAŁECKIEJ-ADAMOWICZ [2017], którzy stwierdzili, że na znaczną liczebność bakterii w okresie letnim w wodach zbiornika „Balaton” w Bydgoszczy, miało wpływ wzmożone jego rekreacyjne wykorzystanie i aktywność licznych gatunków ptaków. Obecność w wodzie bakterii *coli* typu kałowego świadczyła o występowaniu w wodzie świeżych ścieków bytowych. Związane z czynnikiem antropogennym znaczne pogorszenie się mikrobiologicznej jakości wody w środku sezonu kąpielowego odnotowano również w wodzie zbiornika Kryspinów [CHMIEL, MACIĄG 2010], w miejskich zbiornikach na terenie Warszawy [FRĄK, NESTOROWICZ 2009], w Jeziorze Rudnickim Wielkim [BERLEĆ i in. 2009] i Głęboboczek [TRACZYKOWSKI i in. 2009]. W Jeziorze Rudnickim Wielkim i Głęboboczek, na dużą liczebność populacji bakterii w okresie letnim mógł mieć wpływ rolniczy sposób użytkowania zlewni oraz sezonowy, niekontrolowany dopływ ścieków komunalnych pochodzących z pobliskich działek letniskowych [BERLEĆ i in. 2009; TRACZYKOWSKI i in. 2009]. Obecność bakterii grupy *coli* w wodzie zbiorników świadczyła o stosunkowo świeżym zanieczyszczeniu wody kałem, ściekami lub gnijącym materiałem roślinnym. Zdecydowanie duży obszar zbiornika Besko znajduje się w strefie zamkniętej i jego rekreacyjne wykorzystywanie jest zabronione.

Na zaobserwowane wahania liczby bakterii z grupy *coli*, *Escherichia coli* i bakterii z rodzaju *Enterococcus* w wodzie potencjalnie mogło mieć wpływ wzmożone użytkowanie w sezonie wypoczynkowym tzw. dzikich plaż na terenach oddalonych od zapory zbiornika. Sporadycznie występujące wysokie liczebności bakterii w październiku i styczniu, mogą wskazywać na punktowe zanieczyszczenie wód zbiornika ściekami w analizowanym okresie.

Na przestrzeni lat 2004–2014 rozpatrywany ciąg średnich liczebności bakterii w wodzie zbiornika, wykazujący tendencję rosnącą w przypadku bakterii grupy *coli* i *Enterococcus*, może wskazywać na problemy w funkcjonowaniu gospodarki ściekowej w zlewni zbiornika Besko. Natomiast stwierdzona tendencja malejąca bakterii *Escherichia coli* w wodzie zbiornika świadczy o sukcesywnym zmniejszaniu się udziału świeżych zanieczyszczeń kałowych i możliwości wystąpienia towarzyszących im bakterii chorobotwórczych pochodzenia jelitowego w ogólnej liczbie zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Podobne zależności zaobserwowano w wodzie zbiornika Domaniów [POLICHT-LATAWIEC, OBRZUT 2013].

PODSUMOWANIE

Woda zbiornika Besko spełniała wymagania stawiane wodom w kąpielisku i miejscach wykorzystywanych do kąpeli. Zaobserwowano tylko jednokrotne przekroczenie dopuszczalnej liczebności bakterii *Escherichia coli* w okresie badań. W przypadku *Enterococcus* nie stwierdzono w analizowanych próbkach wody wartości większych od dopuszczalnych.

Pod względem liczebności bakterii z grupy *coli*, *Escherichia coli* i *Enterococcus* woda zbiornika Besko w całym okresie badawczym spełniała wymagania, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia, jednak ze względu na różną częstotliwość występowania sanitarnych wskaźników w zakresie normatywnym dla danej kategorii uzdatniania wody, wymagała ona w różnych latach innych procesów uzdatniania, właściwych dla kategorii A1 i A2.

Na przestrzeni lat 2004–2014 w wodzie zbiornika ustalono tendencję rosnącą liczebność bakterii z grupy *coli* i istotny statystycznie trend rosnący liczebności bakterii z rodzaju *Enterococcus* oraz tendencję malejącą w przypadku *Escherichia coli*. W analizowanym okresie nie zaobserwowano w wodzie bakterii z rodzaju *Salmonella*.

Obecność bakterii chorobotwórczych i wzrost liczebności bakterii, w tym potencjalnie chorobotwórczych, w wodach powierzchniowych wykorzystywanych do kąpeli i zaopatrzenia ludności sygnalizuje pogorszenie się jakości wody i może stanowić potencjalne ryzyko epidemiologiczne. Stwierdzone w pracy okresowe zanieczyszczenie mikrobiologiczne, jak i ustalone rosnące tendencje liczby bakterii wskaźnikowych wskazują na konieczność przeprowadzania monitoringu stanu sanitarnego w wielozadaniowym zbiorniku Besko.



Dofinansowano ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Lublinie

BIBLIOGRAFIA

- ATTOUI B., TOUMI N., MESSAOUDI S., BENRABAH S. 2016. Degradation of water quality: the case of Iain west of Annaba (northeast of Algeria). *Journal of Water and Land Development*. No. 31 s. 3–10. DOI 10.1515/jwld-2016-0031.
- AZIZZADEH M., JAVAN K. 2015. Analyzing trends in reference evapotranspiration in northwest part of Iran. *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 2. Iss. 16 s. 1–12.
- BANASIK K., HEJDUK L., HEJDUK A., KAZNOWSKA E., BANASIK J., BYCZKOWSKI A. 2013. Long-term variability of runoff from a small catchment in the region of the Koziencice Forest. *Sylvan*. Vol. 8. Iss. 157 s. 578–586.
- BARAN-GURGUL K., RACZYŃSKI K. 2017. Dynamika występowania niżówek w rzekach górskich i wyżynnych na przykładzie Wisłoki i górnego Wieprza. Cz. 2. Zmienność wieloletnia [Dynamics of low flows in mountain and upland rivers on example of Wisłoka and upper Wieprz rivers. P. 2. Multi-annual variability]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T.17. Z. 1(57) s. 5–17.
- BERLEĆ K., JUREK A., MICHALSKA M., TRACZYKOWSKI A. 2009. Mikroflora rekultywowanych zbiorników wodnych na przykładzie Jeziora Rudnickiego Wielkiego [Micro flora of reclaimed water reservoirs on the example of Rudnickie Wielkie Lake]. *Rocznik Ochrona Środowiska*. Vol. 11 s. 1029–1040.
- BERNINGER K., KOSKIAHO J., TATTARI S. 2012. Constructed wetlands in Finnish agricultural environments: balancing between effective water protection, multi-functionality and socio-economy. *Journal of Water and Land Development*. No. 17 p. 19–29. DOI 10.2478/v10025-012-0029-5.
- CHMIEL M.J., MACIĄG A. 2010. Ocena stanu sanitarnego zbiornika wodnego w Kryspinowie [Evaluation of sanitary state of the water reservoir in Kryspinów]. *Nauka Przyroda Technologia*. T. 4. Z. 6 #72.
- Dyrektywa 2000/60/EC Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej [Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water police]. *Dz.Urz. UE L 327*.
- Dyrektywa 2006/7/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 15 lutego 2006 r. dotycząca zarządzania jakością wody w kąpieliskach i uchylająca dyrektywę 76/160/EWG [Regulation of the Minister of Healthcare dated 8 April 2011 on the supervision of quality of water in the recreation pool and places used for bath]. *Dz.Urz. UE L 64/37*.
- FRĄCZEK K., GRZYB J., CHMIEL M.J. 2015. Ocena zagrożenia bakteriologicznego w wodach powierzchniowych w rejonie eksploatowanego składowiska odpadów komunalnych [The evaluation of bacteriological hazard in surface waters near the operating municipal landfill site]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 15. Z. 1(49) s. 37–45.
- FRĄK M. 2013. *Escherichia coli* as a potential indicator of Biebrza River enrichment sources. *Journal of Water and Land Development*. No. 19 s. 31–37. DOI 10.2478/jwld-2013-0013.
- FRĄK M., NESTOROWICZ A. 2009. Ocena stanu sanitarnego wybranych zbiorników wodnych parków miejskich Warszawy [Sanitary assesment of selected water reservoir's in Warsaw parks]. *Przeгляд Naukowy. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*. T. 18. Z. 2(44) s. 3–10.

- GEORGE I., CROP P., SERVAI P. 2002. Faecal removal in wastewater treatment plants studied by plate counts and enzymatic methods. *Water Research*. Vol. 36. Iss. 10 s. 2601–2617. DOI 10.1016/S0043-1354(01)00475-4.
- HIRSCH R.M., ALEXANDER R.B., SMITH R.A. 1991. Selection of methods for the detection and estimation of trends in water quality. *Water Resources Research*. Vol. 27. Iss. 5 p. 803–813. DOI 10.1029/91WR00259.
- KALWASIŃSKA A., WILK I., DONDESKI W. 2007. The sanitary state of seimming sites in Chełmżyńskie Lake. *Polish Journal of Natural Science*. Vol. 22. Iss. 2 s. 271–283.
- KĄZMIERCZAK B., KOTOWSKI A., WDOVIKOWSKI M. 2014. Analiza tendencji rocznych i sezonowych zmian wysokości opadów atmosferycznych w dorzeczu Górnej Odry [Trend analysis of annual and seasonal precipitation amounts in the Upper Odra Catchment]. *Ochrona Środowiska*. Vol. 36. Nr 3 s. 49–54.
- KONDRACKI J. 2013. *Geografia regionalna Polski* [Regional geography of Poland]. Warszawa. PWN ss. 468.
- KUBERA Ł., MAŁECKA-ADAMOWICZ M. 2017. Ocena stanu sanitarno-bakteriologicznego zbiornika wodnego „Balaton” zlokalizowanego w centrum Bydgoszczy [Evaluation of sanitary and bacteriological condition of the “Balaton” water reservoir located in the center of Bydgoszcz]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 17. Z. 1 (57) s. 63–73.
- KUREK J. 2011. Zalew Besko – na wyludnionych terenach [Besko Reservoir – in sparsely populated areas]. *Wędkarz Polski*. Nr 6 s. 24–27.
- KZGW 2014. Aktualizacja wykazu JCWP i SCWP dla potrzeb kolejnej aktualizacji planów w latach 2015–2021 wraz z weryfikacją typów wód części wód. Etap I: Weryfikacja typologii wód oraz granic jednolitych części wód powierzchniowych. *Metodyka* [Updated list of UPSW and CPSW for the needs of subsequent updating of plans in the years 2015–2021 with verification of the types of water parts. Stage I: Verification of water typology and borders of uniform part of surface waters. Methodology]. Gliwice, Warszawa ss. 256.
- LIBUDZISZ Z., KOWAL K., ŻAKOWSKA Z. 2009. *Mikrobiologia techniczna*. T. 2 [Technical microbiology]. Warszawa. PWN ss. 555.
- MAKSYMIAK A., FURMANCZYK K., IGNAR S., KRUPA J., OKRUSZKO T. 2008. Analiza zmienności parametrów klimatycznych i hydrologicznych w dolinie rzeki Biebrzy [Analysis of climatic and hydrologic parameters variability in the Biebrza River basin]. *Przegląd Naukowy. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*. T. 7. Nr 3(41) s. 59–68.
- OLAŃCZUK-NEYMAN K. 2003. Mikrobiologiczne aspekty odprowadzania ścieków do przybrzeżnych wód morskich [Microbiological aspects of wastes disposal to near-shore seawater]. *Inżynieria Morska i Geotechnika*. T. 2 s. 55–62.
- PICKUP R.W., RHODES G., HERMON-TAYLOR J. 2003. Monitoring bacterial pathogens in the environment: advantages of multilayered approach. *Current Opinion in Biotechnology*. Vol. 14. No. 3 s. 319–325.
- PN-EN ISO 9308-2:2014-06. Jakość wody. Oznaczanie ilościowe *Escherichia coli* i bakterii grupy *coli* [Water quality. Quantitative determination of *Escherichia coli* and Coliform bacteria].
- PODGÓRSKA B., MUDRYK Z.J., SKÓRCZEWSKI P. 2008. Abundance and production of bacteria in a marine beach (southern Baltic sea). *Polish Journal of Ecology*. Vol. 56. No. 3 s. 405–414.
- POLICHT-LATAWIEC A., OBRZUT D. 2013. Ocena jakości wody w zbiorniku wodnym Domaniów [Quality assessment of water in Domaniów water reservoir in terms of its bacteriological condition]. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. Nr 2 s. 83–86.
- ROGORA M., MOSELLO R., KAMBURSKA L., SALMASO N., CERASINO L., LEONI B., GARIBALDI L., SOLER V., LEPORI F., COLOMBO L. 2015. Recent trends in chloride and sodium concentrations in the deep subalpine lakes (Northern Italy). *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 22(23) s. 19013–19026.

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia [Order of the Minister of the Environment dated 27 November 2002 on the requirements for surface water used for drinking water for people]. Dz.U. 2002. Nr 204 poz. 1728.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 8 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia nadzoru nad jakością wody w kąpielisku i miejscu wykorzystywanym do kąpieli [Order of the Minister of Healthcare dated 8 April 2011 on the supervision of quality of water in the recreation pool and places used for bath]. Dz.U. 2011. Nr 86 poz. 478.
- SCHLEGEL H.G. 2003. Mikrobiologia ogólna [General microbiology]. Warszawa. PWN ss. 736.
- SINGLENTON P. 2000. Bakterie w biologii, biotechnologii i medycynie [Bacteria in biology, bacteriology and medicine]. Warszawa. PWN ss. 473.
- SMYŁŁA A., GŁOWACKA K., KOSTECKI M. 2002. Bakterie wskaźnikowe stanu sanitarnego i potencjalnie chorobotwórcze w wodzie zbiornika zaporowego Dzierżno Duże (województwo śląskie) [The pathogenetic bacteria in dam-reservoir Dzierżno Duże]. *Archiwum Ochrony Środowiska*. Vol. 28. Nr 2 s. 87–94.
- SMYŁŁA A., PIOTROWSKA-SEGET Z., TYFLEWSKA A. 2003. Pathogenic bacteria hazard in surface waters. *AUMC Limnological Papers*. Vol. 13. No. 110 s. 159–169.
- STANKIEWICZ A., JAMSHEER-BRATKOWSKA M., MAZIARKA D., SKOTAK K. 2011. Zasady oceny zagrożeń zdrowotnych związanych z zakwitem sinic w kąpieliskach [Health risk assessment standards of cyanobacteria bloom occurrence in bathing sites]. *Medycyna Środowiskowa*. T. 14. Nr 1 s. 85–92.
- SZEJNIUK B., BUDZIŃSKA K., JUREK A., TRACZYKOWSKI A., BERLEĆ K., MICHALSKA M., PIĄTKOWSKI J.K. 2013. Przeżywalność bakterii *Salmonella* Enteritidis w wodach powierzchniowych [Survivability of bacteria *Salmonella* Enteritidis in surface water]. *Rocznik Ochrona Środowiska*. T. 15 s. 2738–2749.
- TRACZYKOWSKI A., BERLEĆ K., RZEPczyk B. 2009. Jakość wód powierzchniowych po rekultywacji na przykładzie Jeziora Głębocek [Quality of surface water after renaturation on the example of Lake Głębocek]. *Rocznik Ochrona Środowiska*. T. 11 s. 507–515.
- ZELEŃÁKOVÁ M., PURCZ P., ORAVCOVÁ A. 2015. Trends in water quality in Laborec River, Slovakia. *Procedia Engineering*. Vol. 119 s. 1161–1170.
- ZIMOCH I., PACIEJ J. 2013. Znaczenie kontroli jakości wód powierzchniowych wykorzystywanych do rekreacji na przykładzie województwa śląskiego [The importance of quality control of surface waters used for recreation in the example of Silesian Voivodeship]. *Ochrona Środowiska*. Vol. 35. Nr 2 s. 15–18.

Agnieszka POLICHT-LATAWIEC, Wioletta ŻARNOWIEC, Zofia PEREC-KRUPA

**BACTERIOLOGICAL CONTAMINATION
IN THE QUALITY ASSESSMENT OF WATER
IN THE BESKO RESERVOIR
INTENDED FOR COLLECTIVE WATER SUPPLY TO PEOPLE**

Key words: *bacteriological and sanitary pollution, the Besko reservoir, water quality*

S u m m a r y

The assessment of potential hazards to human health connected with the presence of pathogenic bacteria in the protected Besko water reservoir, located at 172.8 km of the Wisłok River, in Sieniawa village, in the Podkarpackie province, was conducted in the paper. The reservoir area is situated in the

closed zone and its recreational use is forbidden. Despite the fact, so called wild beaches occur in the areas distant from the dam and their use may lead to bacteriological contamination of water in the reservoir. Bacteriological analysis covered the ten-year period (2004–2014) during which water samples were collected from a single point located in the middle of the reservoir in place of water extraction for the water supply for Krosno city citizens. On the basis of the results obtained from the Voivodship Inspectorate of Environmental Protection in Rzeszów, analyses were conducted for the bacteria from *coli* group, *Escherichia coli*, *Enterococcus* and *Salmonella* bacteria. Water bacteriological quality was assessed in compliance with the current regulations of the Minister of Health and Minister of Environment. The time trend for changeability of the bacteria count was determined for the analyzed period. Only in one month (October 2008) water in the reservoir did not meet the requirements posed for waters in watering places and sites used for bathing. Over the whole period of the research the water was suitable for potable water supply to people, however in different years it required various treatment processes, adequate for water quality categories A1 and A2. For safety reasons, the monitoring procedures for the Besko reservoir should be upgraded, because during the analyzed period, the studied series of mean contents of the analyzed water contamination indices in the reservoir water revealed an upward trend for the bacteria from *coli* group and a significant upward trend for the *Enterococci*. On the other hand, *Escherichia coli* bacteria count revealed a downward trend. No presence of *Salmonella* bacteria was spotted in the Besko reservoir water.

Adres do korespondencji: dr hab. Agnieszka Policht-Latawiec, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, al. Mickiewicza 24/28, 31-120 Kraków; e-mail: a.policht@ur.krakow.pl