

Magdalena WÓJCIK¹

SEZONOWE ZMIANY PARAMETRÓW FIZYKOCHEMICZNYCH I MIKROBIOLOGICZNYCH WODY ŻWIROWNI WYKORZYSTYWANEJ DO REKREACJI

W pracy przedstawiono ocenę sezonowych zmian parametrów fizykochemicznych i mikrobiologicznych poeksploatacyjnego zbiornika w Rzeszowie, który służy jako miejsce wykorzystywane do kąpielii. Wodę do badań pobierano raz w miesiącu, od kwietnia do grudnia 2011 roku na trzech stanowiskach. Dokonywano pomiarów temperatury wody, konduktywności, pH, zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie, stopnia natlenienia wody, potencjału oksydoredukcyjnego, zawartości stałych substancji rozpuszczonych, stężenia jonów amonowych, azotanowych, azotynowych, fosforanowych i chlorkowych. Mierzono także zawartość chlorofilu i określano liczebność sinic. Oznaczano miano bakterii z grupy coli i określano ogólną liczbę bakterii psychrofilnych i mezofilnych. Stężenie tlenu rozpuszczonego i stopień nasycenia wody tlenem w Żwirowni były wysokie, także w lecie. Konduktywność wody była wysoka i zwykle przekraczała 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Zawartość stałych substancji rozpuszczonych zawsze przewyższała 0,4 g/l. W wodzie zbiornika odnotowano stosunkowo niewielkie stężenie jonów azotanowych w całym cyklu badań. Stwierdzono wzrost stężenia jonów azotynowych i fosforanowych w czerwcu. Stężenie chlorofilu w wodzie wyraźnie zmieniło się sezonowo, a liczebność fitoplanktonu była najwyższa w czerwcu. Ogólna liczba bakterii mezofilnych była wyraźnie wyższa w lecie. W tym okresie również częściej notowano niższe wyniki dotyczące obecności bakterii z grupy coli. Większość badanych parametrów fizykochemicznych zbiornika była charakterystyczna dla wód czystych. Analizy wyników badań wykazały, że pomimo okresowego obniżenia jakości sanitarnej wody, można je zaliczyć do wód czystych. Jakość wody Żwirowni powoduje, że jest to zbiornik udostępniony do rekreacji, choć zebrane dane wskazują, że niektóre parametry wody mogą okresowo się pogarszać. Przedstawione wyniki badań pokazały tendencje zmian parametrów fizykochemicznych oraz sanitarnych wody Żwirowni związane z porami roku i intensywnością wykorzystywania do kąpielii.

Słowa kluczowe: zbiornik poeksploatacyjny, rekultywacja, kąpielisko, jakość wody, eutrofizacja

¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Magdalena Wójcik, Uniwersytet Rzeszowski, Katedra Biologii Środowiska, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów, tel. +48 17 785 52 04, mwojcik@ur.edu.pl

1. Wstęp

Do zbiorników wody stojącej pochodzenia antropogenicznego zalicza się pozostałości po wydobyciu złoża, w tym wyrobiska po eksploatacji: siarki, torfu czy węgla brunatnego [22, 45] oraz iłów, piasku i żwiru [23]. Wyrobiska te zazwyczaj wypełnione są wodą. Często odbywa się to w sposób naturalny, choć takie zabiegi są też jedną z metod rekultywacji [13, 14]. Przykładem jest Jezioro Tarnobrzesckie, zbiornik po eksploatacji złóż siarki. Prace rekultywacyjne pozwoliły na jego zagospodarowanie i stworzenie dogodnych warunków występowania wielu gatunków roślin i zwierząt wodnych [34]. Pomimo, że zbiorniki poeksploatacyjne nie mają naturalnego pochodzenia, to jednak mogą odgrywać istotną rolę siedliskotwórczą dla organizmów wodnych i od wody zależnych [39], mogą w końcu stać się obszarem cennym przyrodniczo i ostoją dla gatunków chronionych [19].

Pozostałe po wydobyciu żwiru zbiorniki wodne często są bardzo głębokie, mają stosunkowo małą powierzchnię oraz duże nachylenie krawędzi ścian [19], co ogranicza możliwość zasiedlenia przez makrofity związane z płytką strefą jeziorową [9, 20] i związane z nimi bezkręgowce [2]. Na zespoły organizmów wodnych w zbiornikach pokopalnianych wpływa charakter podłoża. Zwykle jest on homogenny. W wyrobiskach po eksploatacji piasku na jednorodnym, piaszczystym dnie różnorodność zoobentosu jest niewielka [4, 42].

Podstawowymi parametrami warunkującymi występowanie organizmów w zbiornikach są właściwości fizyko-chemiczne wody, a zwłaszcza jej temperatura i zawartość tlenu rozpuszczonego, a także obecność materii organicznej i ilość rozpuszczonych w wodzie związków biogenych [1]. Wyrobiska zlokalizowane w zlewniach zalesionych są zasobne w materię allochtoniczną dostarczaną głównie jako opadłe liście, natomiast do zbiorników w zlewniach zagospodarowanych rolniczo związki biogenne dostają się do wody wraz ze spływem powierzchniowym. Zagrożeniem dla jakości wód są też ścieki bytowo-gospodarcze [19]. W przypadku wód narażonych na dopływ zanieczyszczeń, tlen rozpuszczony warunkuje procesy samooczyszczania się wody [6].

Kopalnie piasku czy żwiru znajdują się często w obrębie miast i po zrehabilitowaniu stają się częścią terenów rekreacyjnych [12, 32]. Jeżeli parametry fizyko-chemiczne i sanitarne wody będą odpowiednie, to może ona służyć nawet jako miejsce wykorzystywane do kąpieli i kąpieliska. Wymagają one wówczas stałej kontroli jakości wody, z uwzględnieniem wskaźników istotnych dla tego rodzaju obiektów [15]. Badaniami powinny być także objęte ciekłe zasilające kąpieliska [24].

Celem niniejszej pracy była ocena sezonowych zmian wybranych parametrów fizyko-chemicznych i mikrobiologicznych wody Żwirowni w Rzeszowie, zbiornika wykorzystywanego do celów rekreacyjnych.

2. Teren badań

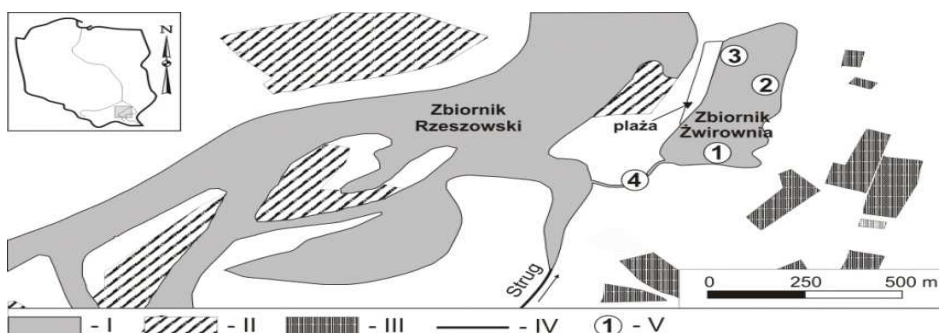
Zbiornik wodny będący obiektem badań to zrekultywowane wyrobisko po eksploatacji żwiru, zlokalizowany na terasie zalewowej Wisłoka (Ryc. 1). Na Wisłoku w 1973 roku wybudowano zaporę. Podpiętrza ona wodę dla potrzeb ujęcia wody dla Rzeszowa. Przez pierwszych kilka lat istnienia zalew pełnił również funkcję rekreacyjną, do czasu pogorszenia się jakości wody. Do Zalewu Rzeszowskiego uchodzi jeden z większych dopływów Wisłoka – rzeka Strug. Przed powstaniem zbiornika zaporowego i w pierwszym okresie jego istnienia na dawnej terasie zalewowej Wisłoka, przy ujściu rzeki Strug funkcjonowała Żwirownia [17]. W efekcie powstało wyrobisko, które wypełniło się wodą infiltrującą z zalewu. Dodatkowo połączone jest rowem melioracyjnym z ujściowym odcinkiem rzeki Strug. Przepływ wody tą drogą jest możliwy jedynie przy wzniesieniu poziomu wody w rzece.

Wyrobisko ma kształt owalny, wymiary ok. 130×400 m. i powierzchnię wynoszącą 3,5 ha. Średnia głębokość wody w zbiorniku wynosi 6 m. Od strony wschodniej jego brzegi są strome, porośnięte roślinnością zielną oraz częściowo drzewami liściastymi. Od strony zachodniej, fragment o powierzchni około 20 arów zajmuje piaszczysta plaża. W odległości ok. 100 m od Żwirowni znajdują się budynki mieszkalne oraz ruchliwa droga. W lecie zbiornik jest wykorzystywany jako popularne w mieście miejsce do kąpieli [48], a także jako zbiornik wędkarski.

3. Metodyka

W zbiorniku próby wody pobierano raz w miesiącu, w okresie od kwietnia do grudnia 2011 roku na trzech stanowiskach rozmieszczonych w taki sposób, aby uwzględniały wszystkie charakterystyczne jego strefy. Jedynie w grudniu nie oznaczano miana bakterii z grupy coli. Stanowisko 1 usytuowano w południowej części wyrobiska, stanowisko 2 wyznaczono po jego wschodniej stronie, natomiast stanowisko 3 zlokalizowano po zachodniej stronie Żwirowni, w pobliżu plaży. Dodatkowo, wyznaczono stanowisko 4 w małym stawie na kanale doprowadzającym wodę z rzeki Strug i Zalewu Rzeszowskiego (Ryc. 1).

Bezpośrednio w terenie za pomocą wieloparametrowego czujnika HACH HQ 40 mierzono zawartość tlenu rozpuszczonego oraz temperaturę wody. Pozostałe analizy wykonywano w laboratorium bezpośrednio po przetransportowaniu prób. Przy użyciu sondy YSI 6600 V2 mierzono konduktywność wody, pH, mętność, potencjał oksydoredukcyjny, obecność sinic, BZT₅, chlorofil oraz zawartość stałych związków rozpuszczonych (TDS). Za pomocą spektrofotometru Slandi LF-300 mierzono stężenie jonów amonowych, azotanowych, azotynowych, chlorkowych i fosforanowych.



Ryc. 1. Teren badań i lokalizacja stanowisk badawczych; I – zbiorniki wodne, II – zadrzewienia, III – zabudowa, IV – rzeki i potoki, V – stanowiska badawcze z numeracją

Fig. 1. Study area and localization of the sampling sites; I – water reservoirs, II – woodlots, III – buildings, IV – rivers and streams, V – sampling sites, numbered

Oprócz analiz parametrów fizyko-chemicznych wykonano badania mikrobiologiczne. Oznaczano ogólną liczbę bakterii mezofilnych (37°C) i psychrofilnych (22°C) oraz określano obecność bakterii z grupy coli, będących wskaźnikiem sanitarnym. Zastosowano metodę dziesiętnych rozcieńczeń. Do hodowli bakterii mezo- i psychrofilnych zastosowano agar odżywczy, do wykrywania obecności bakterii z grupy coli stosowano pożywkę laktozową z żółcią wołową i zielenią brylantową [26, 27].

Średnie wartości poszczególnych parametrów wody porównano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji lub jej nieparametrycznego odpowiednika - testu Kruskala-Wallisa, sprawdzając uprzednio jednorodność wariancji za pomocą testu Levene'a [43].

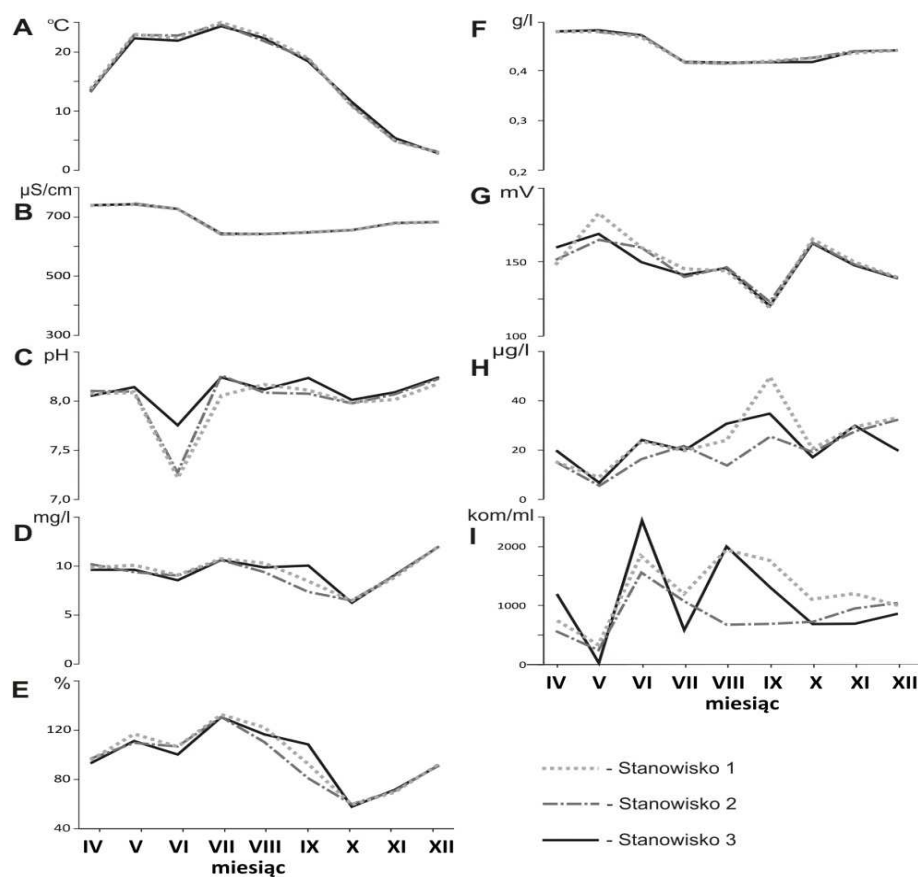
4. Wyniki

Porównując średnie wartości badanych parametrów na stanowiskach 1-3, stwierdzono brak istotnych statystycznie różnic. Temperatura wody w okresie badań była podobna na wszystkich stanowiskach, maksymalną stwierdzono w lipcu i wynosiła ona prawie 25°C. Konduktywność wody zmieniała się w ciągu roku nieznacznie i wynosiła ponad 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Odczyn wody był lekko zasadowy. Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie było wysokie, podobnie jak nasycenie tlenem. Zawartość tlenu była zwykle wyższa od 7 mg/l (Ryc. 2). BZT₅ miało najwyższą wartość we wrześniu na stanowisku 3 i wynosiło 7,90 mg/l. Mętność wody w zbiorniku wynosiła średnio 4,69 NTU. Zawartość stałych substancji rozpuszczonych (TDS) w całym okresie badań utrzymywała się na podobnym poziomie. Potencjał oksydoredukcyjny wody zbiornika mieścił się w zakresie od 119,8 – 182,7 mV. Stężenie chlorofilu było najniższe w maju i nie przekroczyło 10 $\mu\text{g}/\text{l}$. W pozostałych miesiącach wynosiło ono ok.

25 $\mu\text{g/l}$, maksymalne stwierdzono we wrześniu na stanowisku 1 (50,1 $\mu\text{g/l}$). Obecność sinic w wodzie ulegała wyraźnym zmianom. W okresie od czerwca do września na stanowiskach 1 – 3 wartość tego parametru przekraczała 500 kom./ml. Na stanowisku 3 dwukrotnie zanotowano wartość powyżej 2000 kom./ml:

- w czerwcu – 2430 kom./ml;
- w sierpniu – 2010 kom./ml (Ryc. 2).

Stężenie jonów chlorkowych było niskie, najwyższe 60 mg/l zanotowano w grudniu. Zawartość azotu amonowego w wodzie była niska. Jedynie w listopadzie stwierdzono na wszystkich stanowiskach podwyższone stężenie jonów amonowych w wodzie (0,1 – 0,2 mg/l). Azot azotanowy występował w małych stężeniach, maksymalne odnotowano w czerwcu 0,55 mg/l. Jony azotynowe



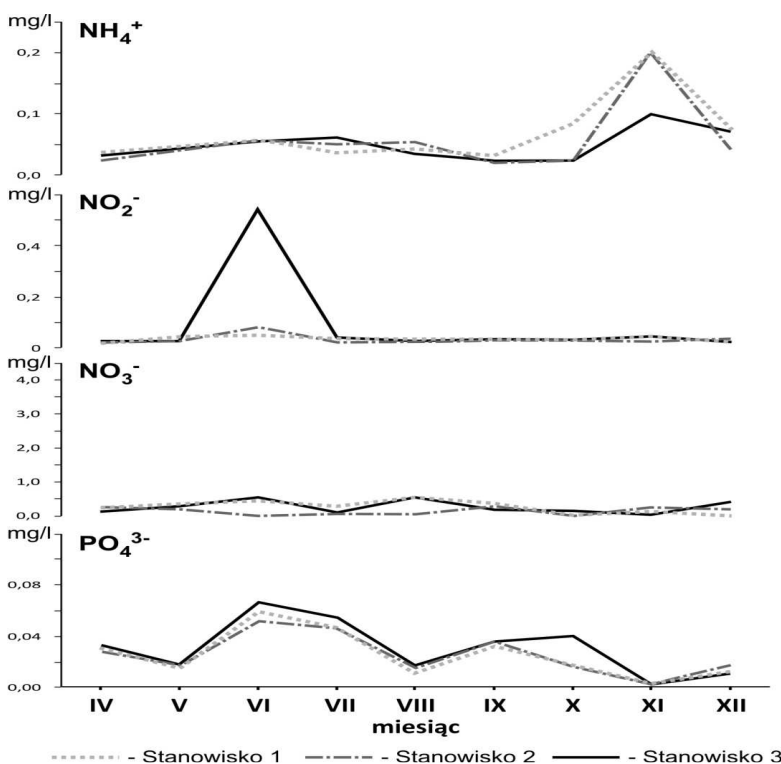
Rys. 2. Sezonowe zmiany parametrów fizykochemicznych wody badanego zbiornika; A – temperatura, B – konduktywność, C – pH, D – stężenie tlenu, E – nasycenie wody tlenem, F – stałe substancje rozpuszczone (TDS), G – potencjał redoks, H – chlorofil, I – sinice

Fig. 2. Seasonal changes of the physico-chemical parameters of water in the gravel pit; A – temperature, B – conductivity, C – pH, D – oxygen concentration, E – oxygen saturation, F – total dissolved solids (TDS), G – redox potential, H – chlorophyll, I – cyanobacteria

miały niewielkie stężenia, osiągając w czerwcu na stanowisku 3 0,54 mg/l (Rys. 3). Natomiast stężenie jonów fosforanowych było najwyższe w miesiącach letnich, a w czerwcu na każdym stanowisku przekraczało 0,05 mg/l (Ryc. 3).

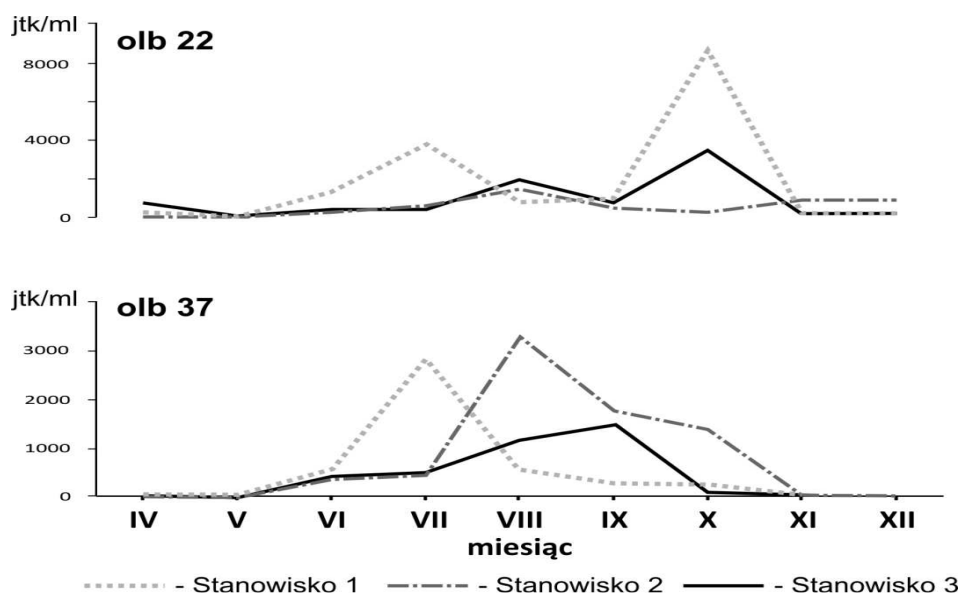
Parametry mikrobiologiczne również zmieniały się w poszczególnych miesiącach. Ogólna liczba bakterii psychrofilnych była najwyższa w październiku na stanowisku 1 (Ryc. 4), natomiast najwyższą ogólną liczbę bakterii mezofilnych stwierdzono w sierpniu na stanowisku 2, a w lipcu na stanowisku 1 (Ryc. 4). Miano bakterii z grupy coli miało zróżnicowane wartości. W lipcu miano coli wynosiło 0,01 na stanowisku 2 i 3 (Tab. 1).

Porównanie stanowisk ze zbiornika Żwirownia (1 – 3) z dodatkowym stanowiskiem 4 zlokalizowanym poza obszarem kąpieliska, wykazało istotne różnice w odniesieniu do stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie ($F = 3,328$; $p < 0,05$), stopnia nasycenia wody tlenem ($F = 3,187$; $p < 0,05$) i stężenia jonów fosforanowych ($F = 2,939$; $p < 0,05$). W czerwcu na stanowisku 4 stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie wynosiło 4,52 mg/l a stopień nasycenia wody tlenem był równy 51,6%. Stwierdzone wartości były prawie dwukrotnie mniejsze niż na stanowiskach w Żwirowni. Najwyższe stężenie jonów fosforanowych na stanowisku 4 (0,11 mg/l) zanotowano w lipcu. Było ono dwukrotnie wyższe niż na stanowisku 3.



Ryc. 3. Sezonowe zmiany stężenia wybranych jonów w wodzie badanego zbiornika

Fig. 3. Seasonal changes of the ions concentration in the water of the gravel pit



Ryc. 4. Sezonowe zmiany ogólnej liczby bakterii psychrofilnych (olb 22) i mezofilnych (olb 37) w wodzie badanego zbiornika

Ryc. 4. Seasonal changes of number of the psychrophilic (olb 22) and the mesophilic (olb 37) bacteria in the water of the Rzeszów gravel pit

Tabela 1. Miano bakterii z grupy coli na stanowiskach Żwirowni w poszczególnych miesiącach 2011 roku (nb – bakterie nieobecne w 1ml wody)

Table 1. The presence of the coliform bacteria in the water of Żwirownia gravel pit lake in the sampling sites in 2011 (nb – absence of bacteria in 1 ml of water)

Miesiąc / Month	Stanowisko / Site		
	1	2	3
IV	nb	nb	1
V	0,01	0,1	nb
VI	0,1	0,1	1
VII	0,1	0,01	0,01
VIII	1	0,01	1
IX	0,1	0,1	0,01
X	0,1	1	1
XI	0,1	1	0,1

5. Dyskusja

Zbiorniki powstałe po eksploatacji kruszywa stają się coraz powszechniejszym elementem krajobrazu. Sposób w jaki zostają zagospodarowane i zrehabilitowane zależy od ich lokalizacji i istniejących warunków środowiskowych

[3, 29]. Jeżeli warunki hydrologiczne są odpowiednie, wyrobiska mogą samoczynnie wypełnić się wodą i z upływem czasu stać się ciekawym elementem krajobrazu. Stałe monitorowanie zmian parametrów wody w tych akwenach jest szczególnie ważne wtedy, gdy służą one jako kąpieliska [31].

Żwirownia w Rzeszowie wykorzystywana jest latem jako kąpielisko. W okresie badań nie stwierdzono niekorzystnych zmian parametrów wody, które wskazywałyby na istnienie czynników zagrażających jej jakości. Stężenie tlenu rozpuszczonego i stopień nasycenia wody tlenem w Żwirowni były wysokie. Nawet przy wysokich temperaturach wody, zawartość tlenu nie spadała poniżej 8 mg/l (Ryc. 2), co mogło wynikać z aktywności fotosyntetycznej fitoplanktonu [18, 38]. W badanym zbiorniku nigdy nie stwierdzono spadku nasycenia wody tlenem poniżej 40%, natomiast okresowo natlenienie wody wzrastało powyżej 120% (Ryc. 2), co mogło być wywołane rozwojem sinic w miesiącach letnich (Ryc. 2).

Obecność tlenu w wodzie warunkuje zachodzenie procesów utleniania i redukcji. Procesy te mają wpływ na samooczyszczanie się wód [8]. Wysoki potencjał redoks jest wynikiem przeprowadzania intensywnych procesów utleniania. Do otrzymania pełnego obrazu zdolności utleniająco-redukcyjnych wód wykorzystywany jest przelicznik rH [5]. W Żwirowni wskaźnik ten wynosił 20 – 22, co oznacza, że w zbiorniku przeważają procesy utleniania. Taka sytuacja sprzyja rozkładowi martwej materii organicznej i samooczyszczaniu się wody [10, 41].

Zawartość stałych substancji rozpuszczonych (TDS) i konduktywność wody w wyrobiskach pokopalnianych jest często wysoka [11]. Zawartość stałych związków rozpuszczonych (TDS) świadczy o stopniu zanieczyszczenia substancjami pochodzenia organicznego [8]. W żwirowniach parametry te zależą od jakości wody w rzece, w której dolinie powstała żwirownia oraz od tego, czy zbiornik ma z rzeką bezpośrednie połączenie [11]. Konduktywność wody w Żwirowni była wysoka i zwykle przekraczała 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ryc. 2). Są to wartości charakterystyczne dla wód czystych [36]. Zawartość substancji rozpuszczonych (TDS) zawsze przewyższała 0,4 g/l (Ryc. 2), jednak nigdy nie przekroczyła wartości maksymalnej 0,5 g/l, która jest graniczna dla wód II klasy [36]. Pomimo, że stężenie stałych substancji rozpuszczonych zależy częściowo od pochodzenia wody, to w dużym stopniu jest także uzależnione od zanieczyszczeń substancjami organicznymi [11].

Za związane z zanieczyszczeniami uznaje się podwyższone stężenie jonów chlorkowych w wodzie. Ich źródłem mogą być środki używane do odmarzania dróg, a także ścieki komunalne [40]. Polskie wymagania dotyczące zawartości jonów chlorkowych w wodach powierzchniowych nie są rygorystyczne i wartość graniczna dla I klasy czystości wynosi 100 mg/l [36]. Maksymalne odnotowane stężenie chlorków w wodzie Żwirowni wyniosło 66,6 mg/l. Wskazuje to, że zlokalizowane w pobliżu Żwirowni osiedla mieszkaniowe oraz przebiegająca droga nie powodowały istotnego wzrostu zawartości jonów chlorkowych w wodzie, choć dość często tak bywa [21].

Duży wpływ na jakość wód mają jony biogenne. Szczególnie w wodach stojących, w których nie ma możliwości szybkiej ich wymiany, nadmierny dopływ związków azotu i fosforu powoduje ich szybką eutrofizację [6, 25, 30]. W wodzie ze Źwirowni najwyższe stężenie jonów azotanowych odnotowano w sierpniu (Ryc. 3). Było ono stosunkowo niewielkie, a wartość nie przekroczyła granic wyznaczonych dla I klasy czystości wody [36]. Natomiast najwyższa zawartość fosforanów w wodzie Źwirowni stwierdzono w czerwcu (Ryc. 3), co odpowiadało III klasy czystości wody [36]. Wyraźny wzrost stężenia azotanów w czerwcu (0,08 mg/l) na stanowisku 3 (Ryc. 3) mógł być związany ze wzmożonym wykorzystaniem rekreacyjnym zbiornika. W lecie wzrastała liczebność sinic. W czerwcu na każdym stanowisku przekroczyła ona 1500 kom./ml, a w przybrzożowej części kąpieliska (stanowisko 3) nawet wartość 2400 kom./ml. Choć pomiary z wykorzystaniem sondy YSI wykazały obecność komórek sinic w wodzie Źwirowni, to jednak objawów zakwitu nie stwierdzono w żadnym terminie badań. Zakwity wód, zwłaszcza w miejscach wykorzystywanych do kąpieli, mogą obniżyć wartość użytkową zbiornika [6, 25], choć obecność fitoplanktonu w wodzie nie musi od razu świadczyć o złej jakości [33]. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia [37] zbiorniki, w których nie obserwuje się zakwitów sinic mogą służyć jako kąpieliska i miejsca wykorzystywane do kąpieli. Stężenie chlorofilu w Źwirowni wyraźnie zmieniało się sezonowo (Ryc. 2). Okresowo zawartość chlorofilu nieznacznie przekraczała normy dla III klasy czystości [36].

W przypadku miejsc wykorzystywanych do kąpieli i kąpielisk niezmiernie ważnym elementem jest ocena sanitarna wód, w której uwzględnia się ogólna liczbę bakterii heterotroficznych oraz tzw. bakterii wskaźnikowych [46]. W wodach zeutrofizowanych liczba bakterii heterotroficznych tlenowych jest duża, a wysoki udział bakterii mezofilnych może wskazywać na skażenie wody mikroflorą allochtoniczną [44]. Liczba bakterii mezofilnych była wyraźnie wyższa w lecie (Ryc. 4), co można łączyć z rekreacyjnym wykorzystaniem zbiornika i dużą liczbą osób kąpiących się. W tym okresie również częściej odnotowywano niższe wyniki dotyczące obecności bakterii z grupy coli (Tab. 1), które mogą świadczyć o fekalnym zanieczyszczeniu wód [24, 46]. Liczba bakterii psychrofilnych w wodzie kąpieliska była najwyższa na stanowisku 1 (Ryc. 4), co może świadczyć o zwiększonej ilości materii organicznej w tej części zbiornika. Bakterie psychrofilne najczęściej nie stanowią zagrożenia dla zdrowia ludzi korzystających z kąpieliska, gdyż w większości zaliczane są do bakterii autochtonicznych, naturalnie występujących w środowisku wodnym [27]. Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Rzeszowie w miesiącach letnich, gdy Źwirownia wykorzystywana jest intensywnie do kąpieli, prowadzi monitoring jakości wody. Wyniki badań mikrobiologicznych były podstawą oceny możliwości wykorzystania zbiornika do rekreacji. Wydane w 2015 roku komunikaty Podkarpackiego Państwowego Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego dopuszczały kąpiel w Źwirowni [47], co świadczy, że

normy sanitarne zawarte w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia w sprawie prowadzenia nadzoru nad jakością wody w miejscach wykorzystywanych do kąpielii nie zostały przekroczone [37].

Żwirownia jest izolowana od Wisłoka i nie ma bezpośredniego kontaktu z zanieczyszczonymi wodami rzeki. Zanieczyszczenia mogłyby trafiać do Żwirowni za pośrednictwem małego stawu (stanowisko 4) połączonego rowem ze Strugiem i Wisłokiem. Dane WIOŚ Rzeszów wskazują, że okresowo niektóre parametry jakości wody Wisłoka i Strugu pogarszają się [35]. Notowano m.in. przekroczenia zawartości biogenów [16]. Większość badanych parametrów fizyko-chemicznych w Żwirowni była charakterystyczna dla wód czystych. Do obniżenia sanitarnej jakości wód może doprowadzić samo wykorzystywanie zbiorników do kąpielii [7]. Obecność w Żwirowni bakterii z grupy coli sugeruje, że w wodzie kąpieliska mogą okresowo pojawiać się bakterie potencjalnie chorobotwórcze i chorobotwórcze [28]. Jeżeli jednak ich liczebność nie przekracza norm [37] to lokalna stacja sanitarno-epidemiologiczna może wydać pozytywną opinię zezwalającą na rekreacyjne wykorzystanie zbiornika. Przy ocenie wody pod kątem przydatności do wykorzystywania do kąpielii, poza wymaganiami mikrobiologicznymi, bierze się również pod uwagę obecność różnego rodzaju odpadów i śmieci [37]. Tego typu pozostałości nie odnotowano w Żwirowni. Jakość fizyko-chemiczna wody Żwirowni i jej stan sanitarny powodują, że jest to zbiornik udostępniony od wielu lat do rekreacji [48], choć zebrane dane wskazują, że niektóre parametry wody mogą okresowo się pogarszać. Przedstawione wyniki badań z 2011 roku pokazały tendencje zmian parametrów fizyko-chemicznych oraz sanitarnych wody Żwirowni związane z porami roku i intensywnością wykorzystywania do kąpielii.

Literatura

- [1] Baczewska M., Kaszkowiak I.: Ocena stanu sanitarnego małych zbiorników wodnych na terenach miejskich o różnym charakterze użytkowania, *Inżynieria środowiska – młodym okiem. Wody powierzchniowe i podziemne*, 4, 2014, s. 64-94.
- [2] Bänzinger R.: A comparative study of the zoobenthos of 8 land-water interfaces (Lake of Geneva), *Hydrobiologia*, 301, 1995, s. 133–140.
- [3] Boberek K., Paulo A.: Problemy zagospodarowania wyrobisk po eksploatacji kruszywa naturalnego na przykładzie złóż w dolinie Soły między Kętami a Bielanami, *Geologia*, 31 (2), 2005, s. 153-165.
- [4] Brauns M., Garcia X.-F., Walz N., Pusch M.: Effects of human shoreline development on littoral macroinvertebrates in lowland lakes, *Journal of Applied Ecology*, 44, 2007, s. 1138–114.
- [5] Brodzińska B., Grześkowiak A., Nowak B., Nowak D., Żak J.: Ocena możliwości ochrony jezior Wojnowskich i Rudno wraz z określeniem możliwości przystosowania jeziora Rudno dla potrzeb retencji. Praca wykonana na zlecenie Województwa Lubuskiego, Wydawnictwo Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Poznań 2007.
- [6] Chełmicki W.: Woda: zasoby, degradacja, ochrona., PWN, Warszawa 2002.

- [7] Chmiel M. J., Maciąg A.: Ocena stanu sanitarnego zbiornika wodnego w Kryspinowie, *Nauka Przyroda Technologie*, 4 (6), 2010, s. 1-8.
- [8] Dojlido J. R.: *Chemia wód powierzchniowych*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 1995.
- [9] Elias J.E., Meyer M.W.: Comparisons of undeveloped and developed shorelands, northern Wisconsin and recommendations for restoration, *Wetlands*, 23, 2003, s. 800-816.
- [10] Ernestova L.S., Semenova I.V., Vlasova G.V., Lee Wolf N.: Redox transformation of pollutants in natural waters, *IAHS Publ.*, 219, 1994, s. 67-74.
- [11] Fláková R., Seman M., Drahovská H., Ženisová Z., Ďuričková A.: The Water quality of the Danube River and gravel pits in the Bratislava area (Slovakia), *Int. Aquat. Res.*, 6, 2014, s. 203-210.
- [12] Frąk M., Nestorowicz A.: Ocena stanu sanitarnego wybranych zbiorników wodnych parków miejskich Warszawy, *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 2 (44), 2009, s. 3-10.
- [13] Gołdyn R., Podsiadłowski S., Kowalczevska-Madura K., Dondajewska R., Szelaż-Wasielewska E., Budzyńska A., Domek P., Romanowicz-Brzozowska W.: Functioning of the Lake Rusałka ecosystem in Poznań (western Poland). *Oceanological and hydrobiological Studies. International Journal of Oceanography and Hydrobiology*, Vol. XXXIX, No. 3, 2010, s. 65-80.
- [14] Gołdyn R., Szelaż-Wasielewska E., Kowalczevska-Madura K., Dondajewska R., Szyper H., Joniak T., Piechowiak M., Domek P.: Functioning the gravel pit lake in Owińska (West Poland) in the years 2001-2005, *Tekakom. Ochr. Kszt. Środ. Przynr.*, 3, 2006, s. 45-54.
- [15] Gorączko M.: Wybrane problemy funkcjonowania małych zbiorników wodnych na obszarach zurbanizowanych, *Nauka Przynr. Technol.*, 1 (2), 2007, s. 1-9.
- [16] Gruca-Rokosz R.: Stan troficzny Zbiornika Zaporowego Rzeszów, *Czasopismo Inżynierii Łądowej, Środowiska i Architektury*, 60 (3/13), 2013, s. 279-291.
- [17] Huculak M.: *Encyklopedia Rzeszowa*, [red.] Budziński Z., Draus J., Kawalek J., Malczewski J., Nawrocki Z., Wójcik K., Zamoyski G., Wydawnictwo RS Druk, Rzeszów 2004.
- [18] Jawecki B.: Wpływ usłonecznienia na warunki tlenowe strefy eufotycznej stawu karpiego, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 10, 2011, s. 121-132.
- [19] Jelonek M.: Znaczenie dla środowiska i gospodarki rybackiej starorzeczy oraz innych zbiorników wodnych w terenach zalewowych, *Supplementa ad Acta Hydrobiologica*, 3, 2002, s. 29-35.
- [20] Jennings M.J., Bozek M.A., Hatzenbeler G.R., Emmons E.E., Staggs M.D.: Cumulative effects of incremental shoreline habitat modification on fish assemblages in north temperate lakes, *North American Journal of Fisheries Management*, 19, 1999, s. 18-27.
- [21] Kattner E., Schwarz D., Maier G.: Eutrophication of Gravel Pit Lakes which are Situated in Close Vicinity to the River Donau: Water and Nutrient Transport, *Limnologia*, 30, 2000, s. 261-270.
- [22] Koprowski J., Łachacz A.: Small water bodies formed after peat digging in Dobrzyńskie lakeland, *J. Water Land Dev.*, 18 (I-VI), 2013, s. 37-47.

- [23] Křiváčková O., Čížková H.: Sandpit lakes vegetation in the Třeboň Biosphere Reserve: effect of anthropogenic activities, *Ecológia (Bratislava)*, Vol. 25 Supp. 3, 2006, s. 270-281.
- [24] Kukuła E., Woszczyńska W.: Stan sanitarny wód cieków zasilających zalew i kąpielisko w Janowie Lubelskim, *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 57/3 (271), 2010, s. 73-84.
- [25] Mazurkiewicz-Boroń G.: Źródła biogenów w zlewni zbiornika [w] *Zbiornik Dobczycki. Ekologia – Eutrofizacja – Ochrona*. Mazurkiewicz-Boroń G., Starmach J. [red.], Zakład Biologii Wód im. Karola Starmacha, PAN, Kraków 2000, s. 43-54.
- [26] Michałkiewicz M.: Bakterie wskaźnikowe występujące w wodach, *Wodociągi – Kanalizacja*, 5 (27), 2006 a, s. 22-24.
- [27] Michałkiewicz M.: Mikroorganizmy występujące w wodzie, *Wodociągi - Kanalizacja*, 7/8 (29/30), 2006 b, s. 26-28.
- [28] Michałkiewicz M.: Mikroorganizmy w otoczeniu człowieka, *Wodociągi - Kanalizacja*, 4 (26), 2006 c, s. 25-28.
- [29] Ostreża A., Uberman R.: Kierunki rekultywacji i zagospodarowania – sposób wyboru, klasyfikacja i przykłady, *Górnictwo i Geoinżynieria*, 34 (4), 2010, s. 445-461.
- [30] Pac M.: Sinice (*Cyanobacteria*) w środowisku słodkowodnym, *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, t. 12 z. 3 (39), 2012, s. 187-195.
- [31] Pietrzyk-Sokulska E.: Zbiorniki wodne w wyrobiskach pogórnictwa – nowy element atrakcyjności krajobrazu miasta. *Krajobraz a Turystyka. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego*, 14, 2010, s. 264-272.
- [32] Pociask-Karteczka J.: Przemiany stosunków wodnych na obszarze Krakowa, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego MCXLIV. Prace geograficzne*, 96, 1994, s. 1-38.
- [33] Prus T., Prus M., Prus P., Ozimek T.: Charakterystyka ekologiczna zbiorników zaporowych Solina i Myczkowce na Sanie, *Mat. Konf. Nauk. Techn. „Błękitny San”*, 2006, s. 33-47.
- [34] Raport o stanie środowiska w województwie podkarpackim w 2011 roku. Wyd. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie, Rzeszów 2011.
- [35] Raport o stanie środowiska w województwie podkarpackim w 2014 roku. Wyd. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie, Rzeszów 2014.
- [36] 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 (Dz. U. 2004 nr 32 poz. 284).
- [37] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 8 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia nadzoru nad jakością wody w kąpielisku i miejscu wykorzystywanym do kąpielii (Dz. U. 2011 nr 86 poz. 478).
- [38] Rzymiski P.: Wpływ toksyn sinicowych na zdrowie człowieka, *Nowiny Lekarskie*, 78 (5-6), 2009, s. 353-359.
- [39] Santoul F., Mastrorillo S.: Interaction between fish and waterbird communities: a case study of two gravel pits in South-West France, *Vie Et Milieu*, 53 (2-3), 2003, s. 131-133.
- [40] Sapek A.: Współczesne źródła chlorków w środowisku wód śródlądowych, *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 40, 2009, s. 455-464.

- [41] Sidoruk M., Koc J., Szarek J., Skibniewska K., Guziur J., Zakrzewski J.: Wpływ produkcji pstrąga w stawach bentosowych z kaskadowym przepływem wody na właściwości fizyczne i chemiczne wód powierzchniowych, *Inżynieria Ekologiczna*, 34, 2013, s. 206-213.
- [42] Soszka H., Pasztaleniec A., Koprowska K., Kolada A., Ochocka A.: Wpływ przekształceń hydromorfologicznych jezior na zespoły organizmów wodnych – przegląd piśmiennictwa, *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 51, 2012, s. 24-52.
- [43] Stanisz A.: Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica PL na przykładach z medycyny. Statystyki podstawowe, Tom 1, Kraków 2006.
- [44] Starzecka A.: Bakteriologiczna charakterystyka wód zlewni górnego biegu Wisły, *Postępy mikrobiologii*, 36 (1), 1997, s. 37-51.
- [45] Szmuc M., Madej K.: Była siarka! Co jest teraz?, *Górnictwo i Geologia*, 6 (1), 2011, s. 211-221.
- [46] Zmysłowska I.: Mikrobiologia ogólna i środowiskowa. Teoria i ćwiczenia. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2009.
- [47] www.wsse.rzeszow.pl [dostęp: 30.11.2015 r.].
- [48] www.zwirownia.rzeszow.pl [dostęp: 02.07.2015 r.].

SEASONAL CHANGES IN PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF WATER IN THE GRAVEL PIT LAKE USED FOR RECREATION

Summary

The paper presents changes of the physico-chemical and microbiological parameters of water in the gravel pit lake in Rzeszów City, which is using as a watering place. Samples were collected once a month (April – December 2011) at three sampling sites. The water temperature, conductivity, pH, oxygen concentration, oxygen saturation, redox potential, total dissolved solids, chlorophyll, the number of cyanobacteria, ammonium, nitrates, nitrites, phosphates, chloride concentrations were measured. The number of the psychrophilic, mesophilic bacteria and also the presence of the coliform bacteria were studied. The oxygen concentration and the oxygen saturation of the water in Żwirownia were high, even during the summer. The conductivity of the water was high and usually exceeded 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Total dissolved solids always exceeded 0.4 g/l. The concentration of nitrate ions in the water of gravel pit were relatively low in all study season. The increase of nitrite and phosphates ions were noticed in June. The chlorophyll concentration in the water changed distinctly in season. The phytoplankton size was highest in June. The number of the mesophilic bacteria was higher in summer. The lower results about presence of the coliform bacteria were also recorded in summer. The physico-chemical parameters of the gravel pit lake were mostly characteristic for a clean water. The obtained results shows that despite periodic reduction of the sanitary quality, the water is characteristic for a clean water. The water quality of Żwirownia cause, that it is using as a watering place, even some parameters can be periodic worse.

Keywords: gravel pit, restoration, watering place, water quality, eutrophication

Przesłano do redakcji: 30.05.2015 r.

Przyjęto do druku: 1.12.2015 r.

DOI: 10.7862/rb.2016.139

