

Renata Szczygłowska, Marek Chyc, Bogna Burzała, Barbara Kołwzan

## Ocena jakości bakteriologicznej i fizyczno-chemicznej wody basenowej w wybranym krytym obiekcie rekreacyjnym

W ostatnich latach przybyło w Polsce obiektów rekreacyjnych wyposażonych w liczne baseny. Najczęściej są to całe kompleksy, na terenie których znajdują się gejzery, bicze wodne, kaskady, sztuczne rzeki, zjeżdżalnie czy też wanny z hydromasażem i sauny. Parki wodne są miejscami, gdzie spędzają czas wielopokoleniowe rodziny, korzystają z nich zarówno niemowlęta, jak i osoby w podeszłym wieku. Ze względu na temperaturę wody oraz dostępność substancji pokarmowych, obiekty te stanowią dogodny warunki do rozwoju i rozprzestrzeniania się różnorodnych mikroorganizmów chorobotwórczych wśród, których epidemiologiczne znaczenie mają bakterie (*Shigella* spp., *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus* spp., *Pneumococcus* spp.) wirusy (norowirus, poliomyelitis, coxsackie, adenowirus, echo, żółtaczkę zakaźną) a także grzyby i pierwotniaki (*Cryptosporidium*, *Giardia*) czy pasożyty jelitowe [1–4].

Poważne zagrożenie zdrowia stanowią nowe patogeny rozprzestrzeniające się drogą wodną, takie jak *Vibrio cholerae* O139 oraz pałeczki okrężnicy *Escherichia coli* O157:H7. Przenoszenie chorób drogą wodną może nastąpić przez picie wody zanieczyszczonej mikroorganizmami, wdychanie aerozoli wodnych w basenach, klimatyzację, czy wreszcie poprzez bezpośredni kontakt w basenach [4]. W przypadku braku starannej kontroli jakości wody basenowej może dojść do rozprzestrzeniania się zakażeń, których nosicielami są czasem nieświadomi użytkownicy basenu (osoby zakażone lub ozdrowieńcy będący nosicielami). Dlatego też konieczne jest utrzymywanie takiej jakości mikrobiologicznej wody basenowej, aby nie stanowiła ona zagrożenia zdrowia użytkowników. Z drugiej jednak strony należy pamiętać, że nadmiar środków dezynfekcyjnych może być przyczyną licznych schorzeń. Podstawowym problemem technologicznym jest więc uzyskanie stanu, w którym woda w obiektach rekreacyjnych spełnia wymagania mikrobiologiczne, a jednocześnie zawartości środka dezynfekcyjnego i produktów jego działania

są na odpowiednio niskim poziomie [5,6]. Związki chemiczne stosowane w procesie oczyszczania wody charakteryzowane są zazwyczaj jako żrące lub drażniące, co powoduje, że gospodarka nimi musi odbywać się zgodnie z przepisami. Ze względu na bezpieczeństwo ludzi korzystających z basenów konieczne jest utrzymanie zawartości środków dezynfekujących na niskim poziomie. Nadmiar czynnika dezynfekcyjnego eliminuje ryzyko rozwoju mikroorganizmów, jednak może powodować szereg dolegliwości, takich jak alergie, astma, zapalenie atopowe skóry itp. [7,8]. Innym niebezpieczeństwem stosowania związków dezynfekcyjnych jest powstawanie produktów ubocznych [9], takich jak chloroaminy czy chloropochodne organiczne [10]. Chloroaminy powstają w wyniku chlorowania azotu amonowego oraz jego pochodnych. Proces chlorowania wody prowadzi do powstawania zarówno organicznych, jak i nieorganicznych połączeń chemicznych z chlorem. Związki tego typu wykazują działanie drażniące na organizm ludzki [11]. Zawartość chloroamin oraz ich profil jest zależny od pH wody oraz stechiometrii wolnego chloru względem ilości azotu w formie amonowej. Znacznie większe niebezpieczeństwo wynika z obecności w wodzie związków chloroorganicznych, takich jak chloroalkany, chlorokwasy karboksylowe, chlorofenole, chloroalkohole. Wiele połączeń chloroorganicznych wykazuje działanie rakotwórcze i mutagenne, zatem substancje te mogą być groźnym produktem ubocznym dezynfekcji wody [10,11]. Obecność związków chloroorganicznych stwierdza się nie tylko w wodzie, ale również w powietrzu pływalni, co może stanowić przyczynę chorób zawodowych personelu. Podstawowym wskaźnikiem obecności związków chloroorganicznych w wodzie przeznaczonej do spożycia są trójhalometany (THM), których zawartość nie powinna przekraczać 30 mg/m<sup>3</sup>.

### Stan prawny

W Polsce brakuje wymagań prawnych w zakresie badania jakości wody w krytych basenach. Aktem prawnym pośrednio odnoszącym się do wymagań jakim powinna odpowiadać woda w basenach jest rozporządzenie Ministra Zdrowia z 29 marca 2007 r. (wraz ze zmianami z 2010 r.) w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [12]. Ze względu na sposób użytkowania wody basenowej, zwłaszcza przez małe dzieci, powinna ona spełniać wymagania jakościowe wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. W praktyce bywają stosowane fakultatywne warunki jakościowe [13–18].

Mgr R. Szczygłowska: Główny Instytut Górnictwa, Śląskie Środowiskowe Studium Doktoranckie, pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice

Mgr inż. M. Chyc: Wyższa Szkoła Biznesu – National-Louis University w Nowym Sączu, Wydział Zamiejscowy w Tarnowie, Zakład Inżynierii Chemicznej i Procesowej, ul. Jana Kochanowskiego 30, 33-100 Tarnów [mrsch@tlen.pl](mailto:mrsch@tlen.pl)

Mgr inż. B. Burzała: „Energopomiar” sp. z o. o., Centralne Laboratorium, ul. gen. Józefa Sowińskiego 3, 44-100 Gliwice

Dr hab. B. Kołwzan: Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Zakład Biologii i Ekologii, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, [barbara.kolwzan@pwr.wroc.pl](mailto:barbara.kolwzan@pwr.wroc.pl)

Zgodnie z rozporządzeniem [12] wskaźnikami jakości mikrobiologicznej wody przeznaczonej do spożycia są bakterie z grupy coli, *Escherichia coli*, enterokoki kałowe oraz ogólna liczba mikroorganizmów w temp.  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ . Dane literaturowe i doświadczenia eksploatacyjne dowodzą, że są to wskaźniki niewystarczające do oceny jakości wody basenowej. Wprawdzie opracowano projekty wymagań sanitarno-higienicznych dotyczące obiektów basenowych [13, 14] to wciąż jednak brakuje precyzyjnie sformułowanych i obowiązujących wymagań prawnych. Nie ma również stosownego przepisu prawnego, który zobowiązywałby właścicieli takich obiektów do systematycznych badań wody w poszczególnych punktach rekreacyjnych. W związku z tym nadzór nad jakością wody basenowej opiera się tylko na ustawie o Państwowej Inspekcji Sanitarnej, która jest powołana do realizacji zadań z zakresu zdrowia publicznego, w szczególności poprzez sprawowanie nadzoru m.in. nad warunkami higieny wypoczynku i rekreacji [15], oraz do przeciwdziałania chorobom zakaźnym. Wobec braku precyzyjnych wymagań prawnych w stosunku do basenów, podczas kontroli Państwowej Inspekcji Sanitarnej sprawdzane są wartości podstawowych wskaźników mikrobiologicznych, które obowiązywały w wycofanym rozporządzeniu [16], tj. *Escherichia coli*, bakterie grupy coli, gronkowce koagulazododatnie oraz ogólna liczba bakterii w temp.  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ . Wskaźniki te są jednak niewystarczające do kompleksowej oceny jakości mikrobiologicznej obiegów wody w nowoczesnych obiektach basenowych wyposażonych w gorące wiry wodne, fale, fontanny, wulkany, dysze masujące, duże zjeżdżalnie ślizgowe, mgły wodne, jacuzzi czy kaskady. Miejsca te z punktu widzenia specyfiki warunków sprzyjających tworzeniu się aerozoli wodno-powietrznych mogą być miejscem narażenia na kontakt z bakteriami z rodzaju *Legionella*. Ze względu na szczególne wymagania odżywcze i stosunkowo długi czas generacji tych drobnoustrojów, ich wykrywanie i diagnostyka jest możliwa tylko podczas badania kierunkowego. Norma DIN 19643 [17] oraz projekt rozporządzenia [13] uwzględniają dodatkowo badania obejmujące obecność *Pseudomonas aeruginosa* (w  $100\text{ cm}^3$ ) oraz *Legionella pneumophila* (w  $100\text{ cm}^3$ ). Norma DIN 19643 [17] zakłada również badanie w kierunku bakterii z rodzaju *Legionella* w  $1\text{ cm}^3$  wody. Na obecność *Pseudomonas aeruginosa* może wprawdzie pośrednio wskazywać wysoka ogólna liczba bakterii zdolnych do wzrostu w temp.  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ , nie jest to jednak wskaźnik bezpośredni. Według zaleceń Państwowego Zakładu Higieny [18], dotyczących wymagań sanitarno-higienicznych dotyczących obiektów basenowych i jakości wody w basenach przeznaczonych dla niemowląt i dzieci w wieku od 6 miesięcy do 3 lat, kontrolę jakości wody basenowej należy przeprowadzać raz w tygodniu w zakresie *Escherichia coli* i *Pseudomonas aeruginosa*. Zawartość dopuszczalna tych bakterii w obu przypadkach wynosi  $0\text{ jtk}/100\text{ cm}^3$ .

W wielu krajach zakres uregulowań związanych z jakością wody basenowej jest bardziej rozszerzony. W Niemczech obowiązuje norma DIN 19643 [17], która szczegółowo określa wymagania mikrobiologiczne w połączeniu z wymaganiami projektowymi i eksploatacyjnymi basenów. Doświadczenia i praktyka innych krajów wskazują na konieczność zwrócenia uwagi na jakość wody w basenach rekreacyjnych. Celem przeprowadzonych badań była ocena jakości sanitarnej wody w wybranym krytym obiekcie rekreacyjnym w oparciu o rozszerzony zestaw wskaźników mikrobiologicznych i fizyczno-chemicznych.

## Charakterystyka obiektu badawczego

Poddany ocenie obiekt rekreacyjny jest kompleksem basenowym, z którego korzysta w ciągu miesiąca od  $13 \div 20$  tysięcy osób. Do dezynfekcji wody stosuje się stabilizowany podchloryn sodu. Obiekt ma pięć wydzielonych miejsc rekreacyjnych i tyle samo niezależnych obiegów wody. Każda niecka ma niezależny system oczyszczania wody znajdujący się pod basenem. Woda z niecki basenowej przelewa się do zbiornika wyrównawczego, skąd trafia do automatycznego układu oczyszczania sterowanego analizatorem monitorującym wartości wskaźników jakości wody odpływającej z niecki (pH, wolny chlor, potencjał redoks, temperatura). Na tej podstawie stosuje się odpowiednie ilości chemikaliów, które są dawkowane do zbiornika wyrównawczego. Oprócz podchlorynu sodu, przy zwiększonej mętności wody, okresowo dawkuje się koagulant glinowy. Po filtracji woda w każdym obiegu naświetlana jest promieniami nadfioletowymi przy użyciu pięciu lamp UV celem dodatkowej dezynfekcji. W badanym obiekcie basenowym co 3 d stosuje się chlorowanie szokowe dawką  $2\text{ gCl}_2/\text{m}^3$  oraz dodatkowo kontrolowane chlorowanie szokowe co 2 tygodnie poprzez uzyskanie stężenia chloru wolnego w ilości  $4 \div 5\text{ gCl}_2/\text{m}^3$ .

## Metodyka badań

Badaniom mikrobiologicznym i fizyczno-chemicznym poddano wodę użytkowaną przez minimum jedenaście miesięcy. W każdej niecce basenowej badano wodę na dopływie i odpływie. Dodatkowo pobrano próbki wody w miejscu, gdzie woda oczyszczona dopływająca do każdej niecki ma kontakt z punktami zastoju wody, w celu sprawdzenia możliwości powstawania biofilmu w punktach krytycznych obiegu wody, mogących mieć wpływ na jej bieżącą jakość oraz w przypadku obniżenia zawartości chloru lub zachwiania procesu oczyszczania wody. Próbkę pobrano zgodnie z normami PN-EN ISO 19458:2007 oraz PN-ISO 5667-5:2003. Badania czystości wody przeprowadzono w rozszerzonym zakresie przy zastosowaniu metod badawczych ujętych w normach PN-EN ISO 9308-1:2004 (oznaczanie grupy coli i *Escherichia coli*), PN-EN ISO 7899-2:2004 (oznaczanie enterokoków kałowych), PN-EN ISO 6222:2004 (oznaczanie ogólnej liczby bakterii w temp.  $36^\circ\text{C}$  i  $22^\circ\text{C}$ ), wg wytycznych PZH (oznaczanie gronkowców koagulazododatnich), PN-EN ISO 16266:2009 (oznaczanie *Pseudomonas aeruginosa*), PN-EN ISO 11731-2 (oznaczanie *Legionella* spp.) oraz PB-37 (oznaczanie *Clostridium perfringens*). Wskaźniki fizyczno-chemiczne wody oznaczono w oparciu o normę DIN 19643 [17].

## Wyniki badań mikrobiologicznych

Badania wykazały, że ocena jakości wody w poszczególnych obiektach basenowych w oparciu o rutynową i rozszerzoną analizę mikrobiologiczną znacznie się różniła (tab. 1). Rutynowe wskaźniki mikrobiologiczne, służące ocenie jakości wody basenowej zgodnie z nieobowiązującym rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 2000 r. [16] (tj. grupa coli, *Escherichia coli* oraz gronkowce koagulazododatnie oraz ogólna liczba bakterii w temp.  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ ) osiągnęły poziom potwierdzający zadowalającą jakość wody w odniesieniu do prawie wszystkich punktów badanego obiektu. Wyjątek stanowiła woda pobrana z punktów oznaczonych jako wanny spa nr 1 i 2 oraz brodzik dla

dzieci, gdzie zaobserwowano podwyższoną ogólną liczbę bakterii mezofilnych (temp.  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Równoległe badania próbek w rozszerzonym zakresie wskaźników bakteriologicznych dostarczyły dużo więcej informacji i wskazały na zagrożenia zdrowotne wynikające z obecności bakterii gatunku *Pseudomonas aeruginosa* oraz innych gatunków z rodzaju *Pseudomonas*, m.in. w wannach spa nr 1 i 2. Dodatkowo oznaczone wskaźniki zanieczyszczeń fekalnych wykluczyły obecność w wodzie enterokoków kałowych oraz *Clostridium perfringens* (łącznie ze sporam) we wszystkich badanych punktach. Nie wykryto również bakterii z rodzaju *Legionella*. W obiekcie odnowy biologicznej wykazano niezadowalający stan urządzeń w trzech punktach badawczych (bryza, deszcz tropikalny, deszcz arktyczny – tab. 2), co stanowiło szczególne zagrożenie z uwagi na wytwarzany aerozol wdychany przez użytkowników. Zaobserwowano tu wzrost złąny bakterii z rodzaju *Pseudomonas*, do którego dochodziło w badaniu metodą filtracji membranowej w przypadku obecności powyżej  $100 \text{ jtk}/100 \text{ cm}^3$ . Wśród tych bakterii obecność *Pseudomonas aeruginosa* potwierdzono zgodnie z metodą badawczą za pomocą świecienia w nadfiolecie. Prawidłowość wskaźnika tego parametru potwierdziła duża ogólna liczba bakterii w temp.  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ . Zgodność tych wyników wiąże się z tymi samymi temperaturami wzrostu, charakterystycznymi w przypadku gatunku *Pseudomonas aeruginosa*, tj.  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  oraz  $4-42^\circ\text{C}$  w przypadku innych gatunków z rodzaju *Pseudomonas*. W miejscach tych występowała również duża ogólna liczba bakterii psychrofilnych rosnących w temperaturze  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Ciekawie przedstawiają się także wyniki badania wody pobranej pod basenem w newralgicznych punktach każdej niecki, w których obserwowano zastój wody, wynikający ze specyfiki układu technologicznego (tab. 2). W miejscach tych może dochodzić do powstawania biofilmu, którego znaczącym elementem w systemie wodnym mogą być bakterie z rodzaju *Pseudomonas*. Drobnoustroje te mają bowiem zdolność wytwarzania macierzy zewnątrzkomórkowej (EPS) [19], związanej z potencjalną opornością tych bakterii na chlor oraz zwiększoną tolerancją na inne środki przeciwdrobnoustrojowe [20]. Analizie poddano także próbki wody z miejsc jej zastój w pobliżu dopływu do niecki, w celu sprawdzenia skuteczności dezynfekcji wody. W każdej z badanych próbek wykryto wzrost złąny bakterii z rodzaju *Pseudomonas*, wśród których potwierdzono obecność chorobotwórczych *Pseudomonas aeruginosa* oraz podwyższoną ilość bakterii mezofilnych i psychrofilnych (temp.  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  i  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ), co potwierdziło spójność uzyskanych wyników. Dodatkowo wykryto gronkowce koagulazododatnie na odpływie z waniek spa nr 1 i nr 2 oraz w miejscu zastój wody w pobliżu odpływu wody z brodzika dla dzieci, jednak z tą wodą nie kontaktują się użytkownicy pod warunkiem zachowania ciągłości jej obiegu i dezynfekcji. Wartości tych wskaźników mogą być zrozumiałe ze względu na charakter punktu odpływu wody, w którym wolny chlor jako środek dezynfekcyjny mógł zostać wyczerpany. Szczególnie istotne z punktu widzenia jakości wody pobranej pod basenem były wyniki wskazujące na obecność *Pseudomonas aeruginosa* na dopływie wody do basenów sportowego i rekreacyjnego, mogące świadczyć o potencjalnej możliwości wytworzenia biofilmu (tab. 2). Obecność bakterii z rodzaju *Pseudomonas* oraz gatunku chorobotwórczego *Pseudomonas aeruginosa* wskazuje na narastający problem w badanym obiekcie z uwagi na oporność tych drobnoustrojów na działanie czynników

Tabela 1. Jakość mikrobiologiczna wody basenowej w różnych punktach obiektu rekreacyjnego  
Table 1. Microbiological quality of swimming pool water at different points of the recreational object

Miejsce poboru		Og. liczba bakterii jtk/cm <sup>3</sup>		<i>Pseudomonas</i> jtk/100 cm <sup>3</sup>	
		36±2°C	22±2°C	<i>aeruginosa</i>	spp.
Woda zasilająca	zawór główny	3	21	0	0
Niecka sportowa	dopływ	5	13	0	0
	odpływ	1	0	0	0
Niecka rekreacyjna	dopływ	41	5	0	0
	odpływ	16	1	0	0
Wanna spa nr 1	dopływ	115	2	2	0
	odpływ	614	26	0	0
Wanna spa nr 2	dopływ	40	2	8	>100*
	odpływ	1000	157	2	>100*
Brodzik dla dzieci	dopływ	250	1	0	0
	odpływ	5	4	0	0

\*wzrost złąny

Tabela 2. Jakość mikrobiologiczna wody basenowej w krytycznych punktach obiektu rekreacyjnego  
Table 2. Microbiological quality of swimming pool water at critical points of the recreational object

Miejsce poboru	Og. liczba bakterii jtk/cm <sup>3</sup>		Gronkowce koagulazododatnie jtk/100 cm <sup>3</sup>	<i>Pseudomonas</i> * jtk/100 cm <sup>3</sup>	
	36±2°C	22±2°C		<i>aeruginosa</i>	spp.
miejsca zastój wody w sąsiedztwie stacji oczyszczania					
Niecka sportowa – dopływ	596	13	0	obecny	>100
Niecka rekreacyjna – dopływ	485	509	0	obecny	>100
Wanna spa nr 1 – odpływ	1038	26	7	obecny	>100
Wanna spa nr 2 – odpływ	909	157	5	obecny	>100
Brodzik dla dzieci – odpływ	359	305	>100*	obecny	>100
miejsca wzmożonej emisji aerozolu					
Bryza	1300	2426	–	obecny	>100
Deszcz tropikalny	1152	932	–	obecny	>100
Deszcz arktyczny	358	312	–	obecny	>100

\*wzrost złąny

fizyczno-chemicznych oraz zdolność do przeżywania w niekorzystnych warunkach środowiskowych [21]. Wprawdzie ich optymalną temperaturą wzrostu jest 37°C, ale rozwijają się również w temperaturach w zakresie 4÷42°C. Można je znaleźć w środowiskach oligotroficznych, ubogich w składniki pokarmowe. Są one zdolne do przetrwania nawet w wodzie zdejonizowanej lub destylowanej. W badanych krytycznych punktach obiektu wody nie wykryto natomiast bakterii z rodzaju *Legionella*.

## Wyniki badań fizyczno-chemicznych

Badania fizyczno-chemiczne, których wyniki przedstawiono w tabeli 3, przeprowadzono w punktach określonych jako odpływ i dopływ ze zbiornika, a odpowiadających wodzie przed i po oczyszczaniu. Woda basenowa przed procesem filtracji zwykle poddawana jest procesowi koagulacji siarczanem glinu w celu usunięcia cząstek koloidalnych i drobnodyspergowanych zawieszin. Zawartość glinu w wodzie nie powinna przekraczać 0,2 gAl/m<sup>3</sup> [12]. Badane próbki nie wykazały przekroczeń zawartości tego pierwiastka. Ze względu na zróżnicowaną liczbę osób korzystających z poszczególnych urządzeń pływalni, a tym samym różną ilość środków dezynfekcyjnych zużytych w celu utrzymania jakości wody na właściwym poziomie, wartości wskaźników fizyczno-chemicznych wykazały istotne zróżnicowanie. W przypadku zastosowanego w rozpatrywanym obiekcie czynnika dezynfekcyjnego – podchlorynu sodu – podwyższenie pH powoduje spadek skuteczności jego działania. Jednak utrzymywanie zbyt niskiego pH może powodować reakcje alergiczne skóry [23]. Taki stan wynika ze stałej równowagi hydrolizy jonów chloranowych(I) i stałej dysocjacji kwasu chlorowego(I). Ponadto jon chloranowy(I) ulega dysproporcjonowaniu z wytworzeniem *in situ* substancji czynnej odpowiedzialnej za skuteczność procesu dezynfekcji. Badane próbki wykazały niższe pH w stosunku do wody stosowanej do uzupełnienia obiegów wodnych. Za właściwą wartość pH wody basenowej należy uznać zakres 7,2÷7,6, co oznacza, że warunek ten został spełniony wyłącznie w przypadku jednej próbki (odpływ z niecki rekreacyjnej). Potencjał redoks wody silnie zależał od pH wody oraz obecności jonów związanych z oczyszczaniem wody, takich jak azotany, chlorki, jon amonowy, jony chloranowe. W przypadku wani spa nr 1 i 2 potencjał redoks był poniżej wymagań normy DIN19643, co wskazuje na niewłaściwy przebieg dezynfekcji wody. Zbyt mała ilość wody świeżej uzupełniającej w nieckach sportowej i rekreacyjnej oraz w wannie spa nr 2 skutkowało wzrostem zawartości jonów chlorkowych. Zawartość chloru wolnego w badanych próbkach wody wykazywała znaczne zróżnicowanie (0,0÷1,5 gCl<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>). W przypadku wanny spa nr 2 zaobserwowano nieprawidłowość wynikającą z niewłaściwego prowadzenia procesu chlorowania wody (czynnik chlorujący zużyty, wysoki poziom chlorków), co skutkowało obecnością bakterii z rodzaju *Pseudomonas*, w tym *Pseudomonas aeruginosa* (tab. 1). Zawartość jonów amonowych w badanych próbkach była poniżej granicy oznaczalności (0,03 g/m<sup>3</sup>), jedynie w wannie spa nr 1 i niecce rekreacyjnej przekraczała dolną granicę oznaczalności metody. Zawartość azotanów w przebadanych próbkach była zbliżona do ilości w wodzie zasilającej, tj. około 10 gNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/m<sup>3</sup>, jedynie w wannie spa nr 2 wartość oznaczona była wyraźnie większa i wynosiła 21 gNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/m<sup>3</sup>. Zawartość monochloroaminy w badanych próbkach była niska i nie przekraczała poziomu 0,06 g/m<sup>3</sup>.

Mała ilość monochloroaminy powoduje, że woda w basenach nie miała przykrego zapachu. Próg organoleptycznej wyczuwalności monochloroaminy w wodzie szacuje się na poziomie 0,65 g/m<sup>3</sup> [22]. Obecność chloramin w wodzie jest bardzo niepożądana, gdyż związki tej klasy są odpowiedzialne za powstawanie dolegliwości astmatycznych pracowników pływalni i osób często z niej korzystających [7]. Do oceny jakości wody pod względem pochodnych chloraminowych wybrano monochloroaminę, gdyż przy pH wody, jaki oznaczono w badanych próbkach, jest to preferowana forma wynikająca z równowagi kwasowo-zasadowej roztworów wodnych [6]. Ważnym produktem ubocznym procesu chlorowania wody jest zawartość związków chloroorganicznych (AOX), przy czym grupa ta obejmuje szereg możliwych połączeń o zróżnicowanej liczbie atomów chlorowca w cząsteczce [23–25]. Obecność trójhalometanów (THM) w wodzie również dostarcza informacji o poprawności doboru czynnika dezynfekcyjnego. Dostępne informacje toksykologiczne dotyczące tej grupy związków wskazują na działanie rakotwórcze związków chloroorganicznych, w tym THM [11, 26]. Analizowane próbki spełniały wymogi jakościowe, które stawia się wodzie, z jaką użytkownicy kontaktują się na pływalniach, jednak woda pochodząca z brodzika wykazała zawartość THM bliską dopuszczalnej wartości.

## Podsumowanie

Przeprowadzone badania potwierdziły, że jakość wody w obiektach rekreacyjnych może stanowić zagrożenie zdrowotne [27–29]. Nadzór nad oczyszczaniem wody użytkowanej w basenach i kontrola jej jakości, poprzez odpowiednie badania objęte wymaganiami prawnymi z wykorzystaniem nowoczesnych metod Indykacyjnych, powinny być głównymi filarami ochrony przed patogenami rozprzestrzeniającymi się drogą wodną [30–32]. Brak stosownych przepisów prawnych i wymagań powoduje, że jakość wody i zdrowie osób korzystających z obiektów rekreacyjnych zależy w znacznej mierze od wydolności systemu oczyszczania, a także od możliwości badawczych laboratorium kontrolującego. Zastanawiający może być fakt sprawności systemów oczyszczania wody w starszych obiektach, chociaż – jak wykazano w niniejszych badaniach – nawet instalacje nowych obiektów mogą być zasiedlone mikroorganizmami tworzącymi biofilm i opornymi na chlorowanie. Rozwijanie skutecznych i rygorystycznych metod dezynfekcji, np. wykorzystanie promieniowania nadfioletowego i ozonu, oprócz chlorowania, pozwoli na eliminację z wody chloroopornych patogenów, w tym pierwotniaków z rodzaju *Cryptosporidium*. Paciorkowce kałowe (enterokoki) pozostają w środowisku wodnym dłużej w porównaniu do *Escherichia coli*, są bardziej odporne na działanie chloru i z powodzeniem mogłyby być, obok gronkowców, jednym ze wskaźników jakości mikrobiologicznej wody basenowej. Badania w kierunku *Clostridium perfringens*, z uwagi na tworzenie przez te bakterie odpornych przetrwalników pozwala na wykrycie zanieczyszczenia fekalnego odległego w czasie. Uważa się, że gatunek ten może być również dobrym wskaźnikiem zanieczyszczenia wody pierwotniakami z rodzaju *Giardia* i *Cryptosporidium*. Ze względu na niebezpieczeństwo zasiedlenia instalacji wodnych przez pałeczki z rodzaju *Legionella* oraz *Pseudomonas* i związanego z tym realnego zagrożenia zakażenia ludzi, niezmiernie istotne jest sprawowanie ich kontroli poprzez celowe i kierunkowe badania laboratoryjne [32, 33].

Tabela 3. Jakość fizyczno-chemiczna wody basenowej w różnych punktach obiektu rekreacyjnego  
Table 3. Physicochemical quality of swimming pool water at different points of the recreational object

Miejsce poboru	pH	Temp. °C	Potencjał redoks mV	Glin	Suma THM	Jon amonowy	Chlor wolny	Chlorki	Chlor związany	Mono-chloro-amina	Azotany	
				mg/m <sup>3</sup>		g/m <sup>3</sup>						
Woda zasilająca	7,84	10,5	402	1,0	1,2	<0,027	0,0	19	<0,05	<0,04	10,2	
Niecka sportowa	dopływ	6,93	28,0	1273	8,8	24,7	–	0,50	–	0,148	0,04	–
	odpływ	6,96	28,0	1282	9,0	24,1	<0,027	0,75	270	0,0645	0,05	10,5
Niecka rekreacyjna	dopływ	7,05	33,0	1413	25,1	23,0	–	0,50	–	0,065	0,05	–
	odpływ	7,21	33,0	1408	15,3	18,7	0,041	0,50	253	0,078	0,06	21,7
Wanna spa nr 1	dopływ	6,98	35,0	575	9,3	17,0	–	1,5	–	<0,05	0,06	–
	odpływ	6,87	35,0	582	7,9	18,6	<0,027	>1,5	20	<0,05	<0,04	8,1
Wanna spa nr 2	dopływ	7,08	35,0	513	17,2	21,0	–	0,0	–	0,068	<0,04	–
	odpływ	7,07	35,0	507	16,5	22,3	0,038	0,10	250	0,083	0,05	21
Brodzik dla dzieci	dopływ	7,01	33,5	1154	13,4	25,1	–	1,0	–	<0,05	<0,04	–
	odpływ	7,02	33,5	1153	13,4	28,1	<0,027	1,5	71	<0,05	<0,04	9,6

\*w przeliczeniu na azotany, ponad wartość w wodzie uzupełniającej

Na podstawie przeprowadzonych badań bardzo istotne wydaje się kontrolowanie jakości wody basenowej w oparciu o wskaźniki mikrobiologiczne i fizyczno-chemiczne, dostarczające wielokierunkowych informacji o stanie sanitarnym obiektu rekreacyjnego. W badanym obiekcie, dzięki szerszym niż zwykle badaniom mikrobiologicznym, udało się określić problem obecności chorobotwórczej pałeczki ropy błękitnej *Pseudomonas aeruginosa* występującej w biofilmie instalacji wodnej, co pozwoli na przeciwdziałanie dalszemu pogarszaniu jakości sanitarnej wody. Dlatego też bakteria *Pseudomonas aeruginosa*, jako istotny i prawdopodobny element biofilmu, powinna znaleźć się w grupie wskaźników jakości wody basenowej.

Pod koniec 2012 r. opracowano nowy projekt rozporządzenia Ministra Zdrowia [34], który ujął bardzo szczegółowo wszystkie aspekty poruszone w niniejszych badaniach. Wśród wymagań mikrobiologicznych w projekcie uwzględniono *Escherichia coli* w 100 cm<sup>3</sup>, *Pseudomonas aeruginosa* w 100 cm<sup>3</sup>, ogólną liczbę bakterii heterotroficznych w temp. 36±2°C/48 h w 1 cm<sup>3</sup> oraz *Legionella* sp. Pominięto jedynie oznaczanie gronkowców koagulododatnich, które w obliczu narastającej antybiotykooporności oraz zagrożeń zdrowotnych mogłyby dostarczać dodatkowych informacji podczas monitoringu jakości wody. Z punktu widzenia przemian fizyczno-chemicznych proponowane wskaźniki obejmują wszystkie istotne, między innymi chlor wolny i związany, chloroform, pH, potencjał redoks, THM, barwę, mętność, przezroczystość, jon amonowy, azotany, utlenialność, glin, żelazo. Częstości i zakres proponowanych badań wydają się być wystarczające. Zgodnie z dokonanym przeglądem wskaźniki te są zgodne z najczęściej wykorzystywanymi do oceny jakości wody basenowej na świecie. Wdrożenie odpowiednich uregulowań prawnych w Polsce zobowiąże eksploatatorów do udokumentowanego nadzoru nad pływalniami, umożliwi kontrolę porównywalną z innymi krajami, a użytkownikom zapewni bezpieczeństwo i komfort korzystania z obiektów rekreacyjnych.

## LITERATURA

1. B. KOŁWZAN, W. ADAMIAK K. GRABAS, A. PAWEŁCZYK: Podstawy mikrobiologii w ochronie środowiska. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005, (www.dbc.wroc.pl/publication/918).
2. H. SMITH, J. ROSE: Waterborne cryptosporidiosis: Current status. *Parasitology Today* 1998, Vol. 14, No. 1, pp. 14–22.
3. R. MATUSZEWSKA: Protozoan pathogens of genus *Cryptosporidium* and *Giardia*. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, vol. 58, nr 3, ss. 489–598.
4. R. FAYER, U. MORGAN, S.J. UPTON: Epidemiology of *Cryptosporidium*: Transmission, detection and identification. *International Journal for Parasitology* 2000, Vol. 30, No. 12–13, pp. 1315–1322.
5. S. SHARMA, P. SACHDEVA, J.S. VIRDI: Emerging waterborne pathogens. *Applied Microbiology and Biotechnology* 2003, Vol. 61, pp. 424–428.
6. J. NAWROCKI: Uboczne produkty utleniania i dezynfekcji wody – doświadczenia ostatnich 30-lat. *Ochrona Środowiska* 2005, vol. 27, nr 4, ss. 3–12.
7. M.Z. FISK, M.D. STEIGERWALD, J.M. SMOLIGA, K.W. RUDELL: Asthma in swimmers. A review of the current literature. *The Physician and Sportsmedicine* 2010, Vol. 38, No. 4, pp. 28–38.
8. J.H. JACOBS, S. SPANN, G.B. van ROOY, C. MELIEFSTE, V.A. ZAAT, J.M. ROOYACKERS: Exposure to trichloramine and respiratory symptoms in indoor swimming pool workers. *European Respiratory Journal* 2007, Vol. 29, No. 4, pp. 690–698.
9. M. ŚWIDERSKA-BRÓŻ: Wybrane problemy w oczyszczaniu wody do picia i na potrzeby gospodarcze. *Ochrona Środowiska* 1999, vol. 21, nr 3, ss. 7–12.
10. J. LEE, K.T. HA, K.D. ZOH: Characteristics of trihalomethane (THM) production and associated health risk assessment in swimming pool waters treated with different disinfection methods. *Science of the Total Environment* 2009, Vol. 407, No. 6, pp. 1990–1997.
11. R. SCHOENY: Disinfection by-products: A question of balance. *Environmental Health Perspectives* 2010, Vol. 118, No. 11, pp. A466–A447.

12. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. nr 61, poz. 417. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. nr 72, poz. 466.
13. Projekt rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie warunków sanitarno-higienicznych obiektów sportowych i rekreacyjnych oraz zasad sprawowania nadzoru nad ich przestrzeganiem (wersja z 4 maja 2004 r).
14. S. MAZIARKA: Wymagania sanitarne i przeciwepidemiczne dla basenów kąpielowych. Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej, Departament Inspekcji Sanitarnej, Warszawa 1986, nr EN-4435-26/86.
15. Ustawa o Państwowej Inspekcji Sanitarnej z 14 marca 1985 r. Dz. U. nr 212, poz. 1263.
16. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 4 września 2000 r. w sprawie warunków, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze, woda w kąpieliskach, oraz zasad sprawowania kontroli jakości wody przez organy Inspekcji Sanitarnej. Dz. U. nr 82, poz. 937 (nieobowiązujące od 01-01-2003).
17. DIN 19643: Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser, Düsseldorf 1997.
18. Zalecenia dotyczące wymagań sanitarno-higienicznych dla obiektów basenowych i jakości wody w basenach przeznaczonych dla niemowląt i dzieci w wieku od 6 m-cy do 3 lat. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, Zakład Higieny Komunalnej, Warszawa.
19. E.A. TRAFNY: Rola biofilmów w patogenezie zakażeń człowieka. *Postępy Mikrobiologii* 2008, vol. 47, nr 3, ss. 353–357.
20. M. LEBKOWSKA: Występowanie bakterii antybiotykoopornych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Ochrona Środowiska* 2009, vol. 31, nr 2, ss. 11–15.
21. K.D. MENA, C.P. GERBA: Risk assessment of *Pseudomonas aeruginosa* in water. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 2009, Vol. 201, pp. 71–115.
22. A. BRUCHET, J.P. DUGUET: Role of oxidants and disinfectants on the removal, masking and generation of tastes and odours. *Water Science and Technology* 2004, Vol. 49, No. 9, pp. 297–306.
23. J. CZARNIECKA, A.M. DZIUBEK, J. MAĆKIEWICZ: Badania wpływu jakości wody na powstawanie adsorbowlanych chlorowcopochodnych związków organicznych (AOX). *Ochrona Środowiska* 2007, vol. 29, nr 2, ss. 41–42.
24. A. JANCEWICZ, U. DMITRUK, A. KWIATKOWSKA: Badania zawartości wybranych substancji halogenoorganicznych (AOX) w wodzie i ściekach. *Ochrona Środowiska* 2011, vol. 33, nr 1, ss. 25–29.
25. M. KOWALSKA, M. DUDZIAK, J. BOHDZIEWICZ: Usuwanie kwasów halogenooctowych w zintegrowanym procesie biodegradacja-ultrafiltracja z zastosowaniem enzymatycznych membran kapilarnych. *Ochrona Środowiska* 2011, vol. 33, nr 4, ss. 49–51.
26. The issue of chlorine in swimming pools: Risk attendant on baby swimming and reflections on the different methods used to disinfect swimming pools. EU HEALTH COUNCIL 2012, No. 8478.
27. S.E. HRUDEY: Chlorination disinfection by-products, public health risk tradeoffs and me. *Water Research* 2009, Vol. 43, No. 8, pp. 2057–2092.
28. A.M. BOMO; M.V. STOREY, N.J. ASHBOLT: Detection, integration and persistence of *Aeromonas* in water distribution pipe biofilms. *Journal of Water and Health* 2004, No. 2, pp. 83–96.
29. M.J. FIGUERAS, J.J. BORREGO, New perspectives in monitoring drinking water microbial quality. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2010, No. 7, pp. 4179–4202.
30. A.R. KEEGAN, S. FANOK, P.T. MONIS, C.P. SAINT: Cell culture-Taqman PCR assay for evaluation of *Cryptosporidium parvum* disinfection. *Applied and Environmental Microbiology* 2003, Vol. 69, No. 5, pp. 2505–2511.
31. M. POLUS, R. KOCWA-HALUCH: Oznaczanie i identyfikacja *Cryptosporidium* w wodzie i ściekach za pomocą bezpośredniej izolacji DNA i RFLP-PCR. Politechnika Krakowska, Katedra Technologii Środowiskowych, Kraków 2009 (praca niepublikowana).
32. R. MATUSZEWSKA, B. KROGULSKA: Problemy związane z występowaniem pałeczek z rodzaju *Legionella* w instalacjach wody ciepłej i urządzeniach wytwarzających aerozol wodno-powietrzny w obiektach służby zdrowia w Polsce. *Nowa Medycyna* 2009, nr 1, ss. 56–60.
33. K. PANCER, H. STYPUŁKOWSKA-MISIUREWICZ: Zagrożenie legionelozą w szpitalach – problem techniczny czy mikrobiologiczny? *Postępy Mikrobiologii* 2008, vol. 47, nr 3, ss. 325–330.
34. Projekt rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie wymagań jakim powinna odpowiadać woda basenowa, Warszawa 2012, załączniki nr 1, 2 i 3.

**Szczygłowska, R., Chyc, M., Burzała, B., Kołwzan, B. Assessing Bacteriological and Physicochemical Quality of Swimming Pool Water in an Indoor Recreational Object. *Ochrona Środowiska* 2012, Vol. 34, No. 4, pp. 51–56.**

**Abstract:** Water quality in indoor recreational objects (swimming pool, SPA, aquapark) is of paramount importance to the health of the users. Inadequate disinfection of swimming pool water may be the underlying cause of various diseases or afflictions. In the recreational object chosen for the study reported on here, water quality assessments were carried out using routine and extended microbiological and physicochemical analyses. It has been demonstrated that routine microbiological analysis failed to reliably assess the sanitary condition of the swimming pool water. In terms of routine microbiological indicators, water quality was satisfactory at all sampling sites but two. The two exceptions were in the SPA tubs and wading pools, where mesophilic bacteria alone were found to occur in excessive numbers (115 to 1000 cfu/cm<sup>3</sup>). Only with extended microbiological

analysis was it possible to detect the occurrence of bacteria of the *Pseudomonas* genus, including *Pseudomonas aeruginosa*. The water samples examined in this mode also displayed lower redox potential values (507 to 582 mV) and a lower free chlorine content (0 to 0.1 gCl<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>). The periodical occurrence of *Pseudomonas* bacteria should, *inter alia*, be attributed to the stagnation of water in some parts of the installation, where their growth rate was found to exceed 100 cfu/cm<sup>3</sup>, and where the presence of coagulase-positive staphylococci was detected. *Pseudomonas* bacteria were also present in the water samples collected from spray irrigators and rain showers. The results obtained make it clear that if the disinfection process is conducted without sufficient efficacy, the microorganisms growing in the swimming pool develop the potential for colonizing the installations, and thus pose health hazards to the swimmer.

**Keywords:** Swimming pool, water quality, disinfection, *Pseudomonas aeruginosa*, turbidity, redox potential.