

# Wpływ chlorowania szokowego na zawartość chloramin w wodzie basenu rehabilitacyjnego

Impact of shock chlorination on the chloramine content in the rehabilitation pool water

JOANNA WYCZARSKA-KOKOT, KLAUDIUSZ GRÜBEL

DOI 10.36119/15.2020.1.5

Zawartość chloramin w wodzie basenowej, ze względu na ich niekorzystny wpływ na zdrowie osób korzystających z kąpielni oraz personelu obiektów basenowych, obligatoryjnie kontrolowana jest raz dziennie w próbkach wody basenowej. Stężenie chloramin (chloru związanego), bez względu na funkcję basenu, nie powinno być większe niż  $0,3 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ . Zaleca się jednak utrzymywanie jak najmniejszego stężenia chloramin, a w basenach o szczególnym przeznaczeniu, m.in. w basenach rehabilitacyjnych, zaleca się by nie przekraczało  $0,2 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ . Pomimo dostępności wielu środków i nowoczesnych metod dezynfekcji wody, problem dużych stężeń chloramin w wodach basenowych jest ciągle aktualny. Głównym celem przeprowadzonych badań była analiza wpływu sekwencyjnie zastosowanego chlorowania szokowego na zawartość chloramin w wodzie basenu rehabilitacyjnego. Na podstawie analiz fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych próbek wody z niecki basenowej oceniono jakość wody po każdorazowo zastosowanym chlorowaniu szokowym. Stwierdzono krótkotrwałe, kilkugodzinne obniżenie stężenia chloramin do wartości poniżej  $0,2 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ . Dodatkowa analiza wpływu potencjału redox na zawartość chloramin pozwoliła stwierdzić, że wartości redox powyżej 750 mV również wpływały na zmniejszenie zawartości chloramin.

*Słowa kluczowe: woda basenowa, chlorowanie szokowe, chloraminy.*

The content of chloramines in swimming pool water, due to their negative impact on the health of swimmers and the staff of pool facilities, is obligatorily inspected once a day in pool water samples. The concentration of chloramines (combined chlorine), regardless of the function of the pool, should not be higher than  $0.3 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ . However, it is recommended to keep chloramines as low as possible, and in pools for special purposes, including in rehabilitation pools, it is recommended not to exceed  $0.2 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ . Despite the availability of various disinfectants and modern methods of water disinfection, the problem of high concentrations of chloramines in pool waters is still relevant. The main purpose of the research was to analyze the impact of sequentially applied shock chlorination on the chloramine content in the water of the rehabilitation pool. Analyzing physically, chemically and bacteriologically pool water samples the quality of water was assessed after each shock chlorination. There was a short-lasting reduction of the chloramine concentration to the value below  $0.2 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$  for several hours. An additional analysis of the impact of redox potential on the chloramines content showed that redox values above 750 mV also reduced chloramines.

*Keywords: swimming pool water, shock chlorination, chloramines.*

## Wprowadzenie

Woda basenowa, ze względu na swoje przeznaczenie, zawiera różnego rodzaju zanieczyszczenia mikrobiologiczne i chemiczne. Źródłem tych zanieczyszczeń oprócz osób korzystających z kąpielni i wprowadzających do wody basenowej materię biologiczną (grzyby, bakterie, wirusy), cząsteczki naskórka, pot, mocz, fekalia i resztki kosmetyków, są również woda wodociągowa zasilająca obieg basenowy oraz instalacja i urządzenia stacji oczyszczania wody basenowej [1–3].

Metody oczyszczania wód basenowych oparte są na procesach prowadzonych w obiegu zamkniętym z wykorzystaniem czynnego przelewu, który zapewnia właściwą cyrkulację wody w niecce basenowej oraz oszczędną gospodarkę wodną. Woda doprowadzana jest do basenu systemem dennych lub bocznych dysz z regulowanym przepływem. Odprowadzenie wody następuje przez rynny przelewowe oraz odpływy denne. Woda z rynien odpływa do zbiornika wyrównawczego wyposażonego najczęściej w układ automatycznej regulacji objętości wody. Pompy obiegowe zintegrowane z łapaczami włókien i włosów (tzw. prefil-

try) pobierają wodę ze zbiornika wyrównawczego i tłoczą ją do filtrów. W złożu filtracyjnym następuje zatrzymanie zanieczyszczeń znajdujących się w wodzie. Proces ten często wspomagany jest dozowanym wcześniej koagulantem. Przefiltrowana woda jest podgrzewana do właściwej temperatury w wymiennikach ciepła i poddawana dezynfekcji [4–6].

Najczęściej stosowanym środkiem dezynfekcyjnym, zabezpieczającym przed wtórnym zanieczyszczeniem wody basenowej jest chlor. Reaguje on jednak z materią organiczną wprowadzaną przez osoby kąpiące się, tworząc w wodzie basenowej

Dr inż. Joanna Wyczarska-Kokot, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2284-8542> – Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Inżynierii Wody i Ścieków, Gliwice, e-mail: joanna.wyczarska-kokot@polsl.pl

Dr hab. inż. Klaudiusz Grübel, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0787-9324> – Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska, Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Bielsko-Biała, e-mail: kgrubel@ath.bielsko.pl

uboczne produkty dezynfekcji (UPD), będące z kolei zagrożeniem i dla nich, i dla personelu obiektu basenowego [7–9].

Według obecnego stanu wiedzy można zidentyfikować około 600 różnych UPD [10,11]. Jednak w dokumentach regulujących jakość wody basenowej, dopuszczalne stężenia określone zostały tylko dla chloru związanego (chloramin), sumy trihalometanów (THM) i chloroformu [4,12,13]. Spośród wyszczególnionych UPD najbardziej uciążliwymi dla osób kąpiących się są chloraminy. Odpowiedzialne są one za podrażnienia błon śluzowych i skóry, powodują nieprzyjemny zapach wody i powietrza w hali basenowej, wykazują właściwości mutagenne [14–16].

Pomimo dostępności różnorodnych systemów oczyszczania wody basenowej, w małych obiektach basenowych (głównie ze względu na koszty ich utrzymania), najczęściej spotyka się system klasyczny (koagulacji powierzchniowej w filtrach piaskowych, wielowarstwowych z warstwą hydroantracytu lub węgla aktywnego, dezynfekcji roztworem podchlorynu sodu oraz korekty pH wody), który w większości analizowanych przypadków nie zapewnia utrzymania zawartości chloru związanego poniżej  $0,3 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$ . Bardzo rygorystyczne wymagania w zakresie dopuszczalnych stężeń UPD spowodowały, że w wielu małych obiektach basenowych, dezynfekcja podchlorynem sodu wspomagana jest dodatkowymi środkami chemicznymi np. na bazie dwutlenku chloru lub procesem fizycznym z wykorzystaniem promieniowania UV (naświetlanie strumienia wody obiegowej) [17–19].

W wielu obiektach szuka się rozwiązań doraźnych w tym zakresie. Jednym z nich jest przechlorowywanie wody w obiegu basenowym w czasie nocnej przerwy, tzw. chlorowanie szokowe.

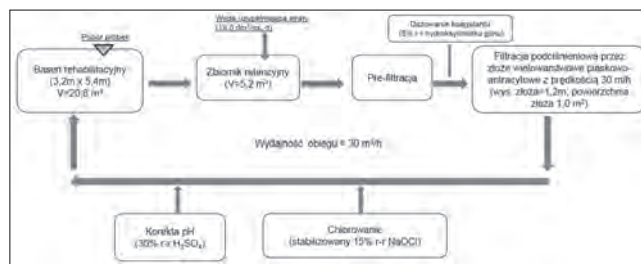
Głównym celem przeprowadzonych badań była analiza wpływu sekwencyjnie zastosowanego chlorowania szokowego wody w obiekcie basenowym na zawartość chloramin. Wybrano obiekt basenowy, w którym ze względu na szczególne przeznaczenie – do rehabilitacji osób po różnego rodzaju urazach – jakość wody powinna być ściśle przestrzegana i kontrolowana. Na podstawie analiz fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych próbek wody z niecki basenowej oceniono jakość wody po każdorazowo zastosowanym chlorowaniu szokowym. Uwzględniono zmiany stężenia chloramin w zależności od stężenia chloru wolnego i potencjału redox.

## Charakterystyka obiektu badań

Badany basen rehabilitacyjny wyposa-

żony jest w 4 stanowiska do hydromasażu oraz uchwyty niezbędne do wykonywania ćwiczeń terapeutycznych, umożliwiające swobodne wykonywanie ćwiczeń przez 6 osób jednocześnie. Basen zasilany jest wodą z miejskiej sieci wodociągowej. Uzupełnianie ubytków wody na skutek parowania, rozchlapywania i pływania złoza filtracyjnego następuje do zbiornika wyrównawczego. Podstawą prawidłowej cyrkulacji wody w basenie jest system obiegu zamkniętego z czynnym przelewem (rys. 1). Wpro-

**Rys. 1.** Schemat obiegu badanego basenu rehabilitacyjnego  
**Fig. 1.** Circulation diagram of the tested rehabilitation pool



wadzenie oczyszczonej wody do basenu następuje przez 14 dysz zamontowanych w dnie niecki basenowej. Odprowadzanie wody odbywa się przez przelew górny do zbiornika retencyjnego. Ze zbiornika woda jest zasysana przez pompę cyrkulacyjną zintegrowaną z filtrem siatkowym (tzw. prefiltrem), wychytującym większe zanieczyszczenia stałe (np. włókna, włosy). Pompa tłoczy wodę do filtra, skąd po dozowaniu dezynfektanta i korektora pH kierowana jest przez wymienniki ciepła do basenu. Przed filtrem dozowany jest roztwór koagulantu. W układzie oczyszczania wody basenowej zastosowano podciśnieniowy filtr wielowarstwowy. Układ oczyszczania jest układem automatycznym sterowanym analizatorem wartości wskaźników jakości wody odpływającej z niecki.

## Metodyka i materiały

W czasie 20 dni badań przeprowadzono analizę wpływu chlorowania szokowego na zawartość chloramin (oznaczonych jako chlor związany) w wodzie przedmiotowego basenu. W tym celu, w 4, 11, 14, 18 i 19 dniu badań, prowadzono „przechlorowywanie” wody w obiegu basenowym. Chlorowanie szokowe przeprowadzono między godziną 19.00 a 7.00, czyli w czasie nocnej przerwy, po zamknięciu basenu dla użytkowników. W czasie tych dni, co kilka godzin (od 8 do 9 razy w ciągu doby), oznaczano stężenia chloru wolnego i związanego (metoda kolorymetryczna *in situ*, Pocket Colorimeter™ II, Hach®).

Dodatkowo, raz dziennie w próbce średniej zmieszanej (pobór z kilku punktów niecki) oznaczano pH wody, redox i temperaturę (metoda potencjometryczna *in situ*,

miernik sensION+MM150 DL, Hach®), utlenialność (metoda miareczkowa w środowisku kwaśnym zgodnie z PN-EN ISO 8467: 2001), azot azotanowy i chlorki (metoda spektrofotometryczna; spektrofotometr DR 3900 z technologią RFID, Hach®).

Co pięć dni pobierano próbki wody do analizy bakteriologicznej. W próbkach tych oznaczano obecność *Escherichia coli* (metodą zgodną z PN-EN ISO 9308-1: 2014-12/A1: 2017-04), *Pseudomonas aeruginosa* (metodą zgodną z PN-EN ISO

16266: 2009), *Legionella sp.* (metodą zgodną z PN-EN ISO 11731: 2017), gronkowce koagulazododatnie (metodą zgodną z PN-EN ISO 6888-1:2001/A1:2004) oraz ogólną liczbę mikroorganizmów wyhodowanych w temperaturze  $36\pm 2^\circ\text{C}$  po  $44\pm 4$  godzinach inkubacji (metodą zgodną z PN-EN ISO 6222:2004).

Próbki wody zostały pobrane i oznaczone zgodnie z obowiązującymi normami i metodami [20–22], a uzyskane wyniki porównane z zaleceniami i wartościami dopuszczalnymi zawartymi w rozporządzeniu Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody w pływalniach [13].

## Wyniki badań i dyskusja

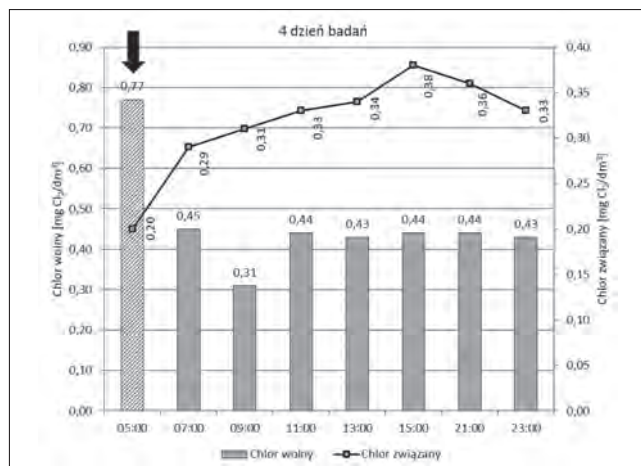
Pod względem bakteriologicznym jakość badanej wody basenowej odpowiadała wytycznym rozporządzenia Ministra Zdrowia [13]. W analizowanych próbkach wody basenowej nie stwierdzono obecności bakterii *P. aeruginosa*, *E. coli*, *Legionella sp.*, oraz gronkowców koagulazododatnich. Ogólna liczba bakterii w 4 kolejno pobranych próbkach (1, 6, 11 i 16 dzień badań) wynosiła odpowiednio: 19 jtk/1ml, 10 jtk/1ml, 2 jtk/1ml i 2 jtk/1ml (jtk – jednostki tworzące kolonie). Uzyskane wyniki były znacząco niższe od dopuszczalnej ogólnej liczby bakterii mezofilnych w wodzie basenowej, która nie powinna przekraczać 100 jtk/1ml.

Jakość wody basenowej pod względem fizyczno-chemicznym i w odniesieniu do analizowanych parametrów (tabela 1) przekraczała dopuszczalną wartość stężenia jedynie w zakresie zawartości chloru wolnego i związanego (chloramin).

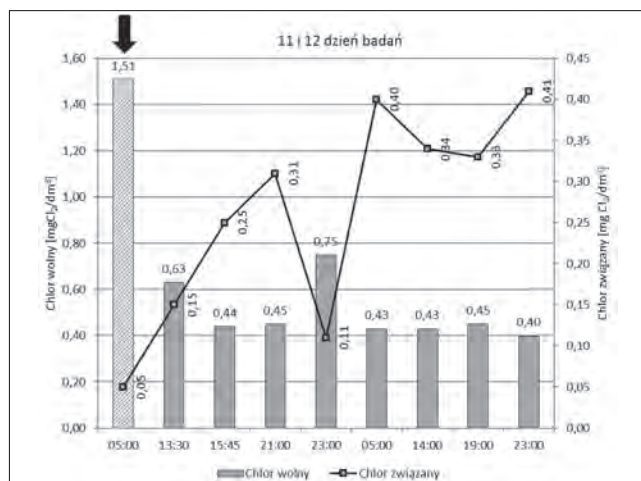
W czasie stosowania chlorowania szokowego stężenia chloramin wynosiły

**Tabela 1. Parametry jakości badanej wody basenowej**  
**Table 1. Parameters of quality of the tested swimming pool water**

Parametr	Wartość			Wartość dopuszczalna lub zakres zalecanych wartości [13]
	średnia	minimalna	maksymalna	
pH, –	7,07	6,89	7,19	6,5-7,6
Redox, mV	755	746	775	750
Temperatura, °C	34,5	28,1	35,8	-
Chlor wolny, mg Cl <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	0,48	0,31	1,51	0,3-0,6
Chlor związany, mg Cl <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	0,34	0,05	0,51	0,3 [13] i 0,2 [4,12] dla basenów m.in. rehabilitacyjnych
Azotany, mg NO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>	12	11	16	20
Chlorki, mg Cl/dm <sup>3</sup>	96	82	100	-
Utlenialność, mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	2,2	1,1	2,5	4
Frekwencja, os./h	6	4	8	-



**Rys. 2.** Zawartość chloru związanego w zależności od zawartości chloru wolnego (4 dzień badań)  
**Fig. 2. The combined chlorine content depending on the free chlorine content (4<sup>th</sup> day of research)**



**Rys. 3.** Zawartość chloru związanego w zależności od zawartości chloru wolnego (11 i 12 dzień badań)  
**Fig. 3. The combined chlorine content depending on the free chlorine content (11<sup>th</sup> and 12<sup>th</sup> day of research)**

od 0,05 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 0,51 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, średnio w całym cyklu badań 0,34 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Ze względu na funkcję basenu przyjęto, że stężenia chloru związanego nie powinny przekraczać wartości 0,2 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> [4, 12].

Najmniejsze oznaczone stężenie chloru wolnego w wodzie z niecki basenowej, po chlorowaniu szokowym, wynosiło 0,77 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (4 dzień badań), a największe 1,51 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (11 dzień badań). W czasie 20 dni badań stężenia chloru wolnego wahały się od 0,31 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 1,51 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (średnio: 0,48 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>).

Chlorowanie szokowe przeprowadzone o godzinie 5.00 przed otwarciem

basenu (w 4, 11 i 18 dniu badań – rys. 2, 3 i 5), jak i o godzinie 19.00 zaraz po jego zamknięciu (w 14 dniu badań – rys. 4) istotnie wpłynęło na zmniejszenie chloramin w wodzie basenowej. Niestety dopuszczalny poziom chloramin utrzymywał się przez bardzo krótki czas – od zaledwie 2 godzin w 4 dniu badań do ok. 10 godzin w 11 dniu badań.

Zastosowanie dwóch kolejnych dawek szokowych o godz. 19.00 i 23.00 (14 dzień badań, rys. 4) również nie pozwoliło utrzymać stężeń chloramin poniżej 0,2 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> przez cały dzień zajęć rehabilitacyjnych. Podobna sytuacja miała miejsce po zastosowaniu chlorowania szokowego

tego dzień po dniu, czyli w 11 i 12 dniu badań (rys. 3) oraz w 18 i 19 dniu badań (rys. 5).

Stężenia chloru związanego poniżej wartości dopuszczalnej występowały jedynie bezpośrednio po zastosowaniu szokowych dawek NaOCl w czasie nocnej przerwy użytkowania basenu oraz w godzinach rannych, czyli wtedy, gdy stężenia chloru wolnego znacznie przekraczały wartość dopuszczalną, tj. 0,6 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

W czasie trwania zajęć rehabilitacyjnych stężenia chloramin przekraczały wartość dopuszczalną średnio o 70% i wynosiły 0,25 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> – 0,38 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Bardzo istotnym wskaźnikiem jakości wody basenowej pozwalającym na ocenę procesu chlorowania i prędkości niszczenia bakterii jest potencjał redox. Jego wysoka wartość informuje o dobrym zabezpieczeniu osób kąpiących się przed ryzykiem zakażenia w czasie kąpieli [12,23].

Ze względu na zastosowanie dużych dawek dezynfektanta wartości potencjału redox, w większości próbek wody były wyższe niż wymagane minimum 750 mV przy pH=6,5÷7,3 (rys. 5). Średnia wartość potencjału redox wynosiła 755 mV.

Dużym stężeniom chloru wolnego (> 0,4 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>) w większości przypadków odpowiadały stosunkowo wysokie wartości potencjału redox (> 750 mV) i stosunkowo małe stężenia chloru związanego (< 0,3 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>), co szczególnie widoczne było w 11, 14 i 18 dniu badań (rys. 6).

## Wnioski

W rozpatrywanym obiekcie basenowym zastosowane chlorowanie szokowe miało na celu przede wszystkim zabezpieczenie rehabilitowanych osób przed skażeniem mikrobiologicznym i działaniem ubocznych produktów dezynfekcji.

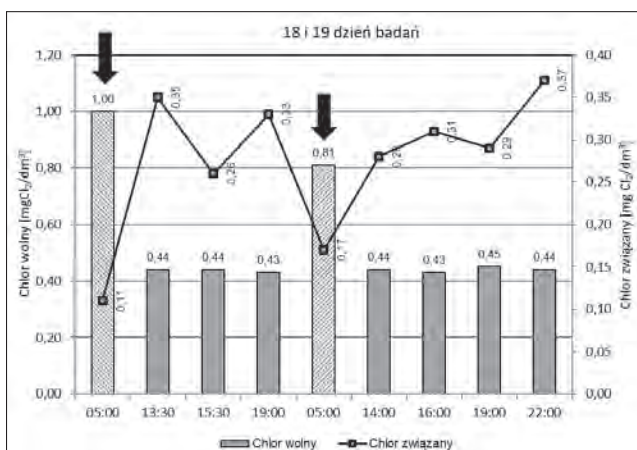
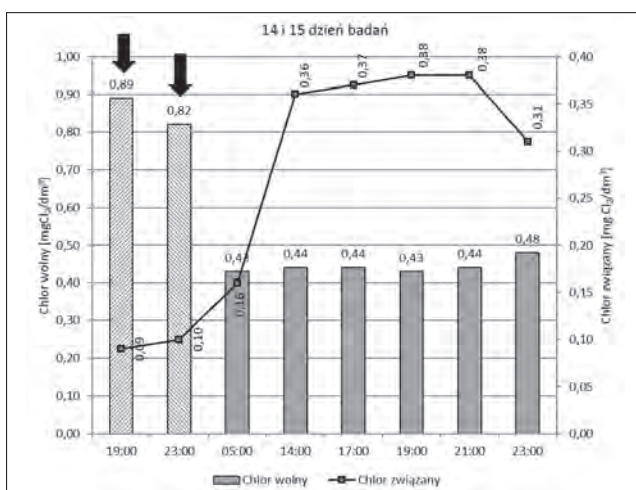
Przy stosowaniu chlorowania szokowego (w ciągu 20 dni badań, powtórzono 7 razy w różnych odstępach czasowych) stwierdzono jedynie krótkotrwałe, kilkugodzinne obniżenie stężenia chloramin do wartości poniżej 0,2 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

W ciągu dnia, pomimo utrzymywania dość dużego stężenia chloru wolnego (0,43 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> – 0,48 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>) zawartość chloramin stopniowo zwiększała się, osiągając ok. godz. 19.00 (przed zamknięciem basenu) wartość 0,29 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> – 0,38 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Analiza wpływu wielkości potencjału redox na zawartość chloramin pozwoliła stwierdzić, że wartości redox powyżej 750 mV, przy jednocześnie dużych stężeniach chloru wolnego (> 0,4 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>) istotnie

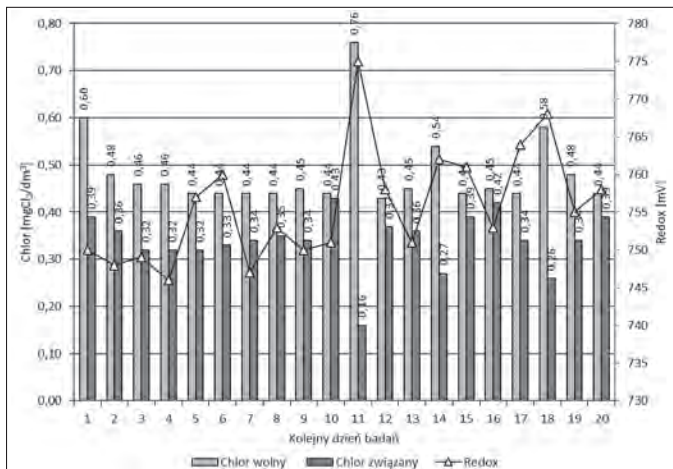
Rys. 4. Zawartość chloru związanego w zależności od zawartości chloru wolnego (14 i 15 dzień badań)

Fig. 4. The combined chlorine content depending on the free chlorine content (14<sup>th</sup> and 15<sup>th</sup> day of research)



Rys. 5. Zawartość chloru związanego w zależności od zawartości chloru wolnego (18 i 19 dzień badań)

Fig. 5. The combined chlorine content depending on the free chlorine content (18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> day of research)



Rys. 6. Zawartość chloru związanego w zależności od zawartości chloru wolnego i wartości potencjału redox Fig. 6. The combined chlorine content depending on the free chlorine content and redox potential value

wpływały na zmniejszenie zawartości chloramin.

Poszukiwanie sposobów na zmniejszenie zawartości chloramin w wodach basenowych, ze względu na ich niekorzystny wpływ na zdrowie osób korzystających z kąpeli, powinno być szczególnie ważne w basenach typu rehabilitacyjnego.

W odniesieniu do przedstawionych wyników badań, w obiektach basenowych z przeznaczeniem do rehabilitacji, systemy oczyszczania wody oparte o klasyczne rozwiązanie mogą nie gwarantować jakości wody do kąpeli zgodnej z bardzo rygorystycznymi wymaganiami w tym zakresie. Dlatego też, na etapie projektowania tego typu basenów, powinno się rozważyć

zastosowanie dodatkowych systemów filtracyjnych (np. mikrofiltracji, ultrafiltracji) lub dezynfekcyjnych (np. ozonowania, naświetlania promieniami UV, dozowania dwutlenku chloru).

*Badania zostały sfinansowane z dotacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonej na działalność statutową.*

*Praca powstała we współpracy z Instytutem Ochrony i Inżynierii Środowiska Akademii Techniczno-Humanistycznej w Białymostku w ramach stażu naukowego prowadzonego w tej jednostce.*

*Wyniki badań były prezentowane podczas Sympozjum „Instalacje basenowe”, Ustroń, 27-29 listopad 2019 r.*

## LITERATURA

- [1] W.L. Bradford, What bathers put into a pool: A critical review of body fluids and a body fluid analog, *Int. J. Aquat. Res. Educ.* 8 (2014) 168–181. doi:10.1123/ijare.2013-0028.
- [2] T.L.L. Teo, H.M. Coleman, S.J. Khan, Chemical contaminants in swimming pools: Occurrence, implications and control, *Environ. Int.* 76 (2015) 16–31. doi:10.1016/j.envint.2014.11.012.
- [3] A. Kanan, T. Karanfil, Formation of disinfection by-products in indoor swimming pool water: The contribution from filling water natural organic matter and swimmer body fluids, *Water Res.* 45 (2011) 926–932. doi:10.1016/j.watres.2010.09.031.
- [4] Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser (Water treatment for swimming and bathing pools), Beuth-Verlag, Berlin, 2012.
- [5] C. Saunus, Planung von Schwimmbädern (Planning of swimming pools), Krammer Verlag Düsseldorf AG, Düsseldorf, 1998.
- [6] H. Gosling, B. Guthrie, R. Riley, J. Calvert, G. Nichols, A. Elphick, P. Penny, D. Whittingham, eds., *Swimming pool water: Treatment and quality standards for pools and spas*, 3rd ed., Pool Water Treatment Advisory Group (PWTAG), 2017.
- [7] C.M. Villanueva, S. Cordier, L. Font-Ribera, L.A. Salas, P. Levallois, Overview of Disinfection By-products and Associated Health Effects, *Curr. Environ. Heal. Reports.* 2 (2015) 107–115. doi:10.1007/s40572-014-0032-x.
- [8] A. Gomà, R. de Luis, J. Roca-Ferrer, J. Lafuente, C. Picado, Respiratory, ocular and skin health in recreational and competitive swimmers: Beneficial effect of a new method to reduce chlorine oxidant derivatives, *Environ. Res.* 152 (2017) 315–321. doi:10.1016/j.envres.2016.10.030.
- [9] M. Zarzoso, S. Llana, Potential negative effects of chlorinated swimming pool attendance on health of swimmers and associated staff, *Biol. Sport.* 27 (2010) 233–240.
- [10] S. Chowdhury, K. Al-hooshani, T. Karanfil, Disinfection byproducts in swimming pool: Occurrences, implications and future needs, *Water Res.* 53 (2014) 68–109. doi:10.1016/j.watres.2014.01.017.
- [11] T. Manasfi, B. Coulomb, J.-L. Boudenne, Occurrence, origin, and toxicity of disinfection byproducts in chlorinated swimming pools: An overview, *Int. J. Hyg. Environ. Health.* 220 (2017) 591–603. doi:10.1016/j.ijheh.2017.01.005.
- [12] Guidelines for Safe Recreational Water Environments. Volume 2: Swimming Pools and Similar, WHO, Geneva, 2006.
- [13] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 9 listopada 2015 r. w sprawie wymagań jakim powinna odpowiadać woda na pływalniach, *Dz. U.* 2015, poz. 2016.
- [14] J. Wyczarska-Kokot, The problem of chloramines in swimming pool water – technological research experience, *Desalin. Water Treat.* 134 (2018) 7–14. doi:10.5004/dwt.2018.22455.
- [15] C.M. Villanueva, L. Font-Ribera, Health impact of disinfection by-products in swimming pools., *Ann. Ist. Super. Sanita.* 48 (2012) 387–96. doi:10.4415/AN12\_04\_06.
- [16] A. Florentin, A. Hautemanière, P. Hartemann, Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools, *Int. J. Hyg. Environ. Health.* 214 (2011) 461–469. doi:10.1016/j.ijheh.2011.07.012.
- [17] J. Wyczarska-Kokot, M. Dudziak, A. Lempart, Effects of modernization of the water treatment system in a selected swimming pool, *Environ. Prot. Eng.* 45 (2019) 31–43. doi:10.5277/epe190103.
- [18] J. Wyczarska-Kokot, Przyczyny modernizacji technologicznych układów oczyszczania wody basenowej, *INSTAL.* 7–8 (2010) 14–19.
- [19] J. Wyczarska-Kokot, Nowoczesne i innowacyjne technologie oczyszczania wody basenowej (cz. 4), *Rynek Instalacyjny* 5 (2013) 36–39.
- [20] J. Dojłido, W. Dożańska, W. Hermanowicz, B. Koziorowski, J. Zerbe, Fizyko-chemiczne badanie wody i ścieków, Arkady, Warszawa, 1999.
- [21] H.G. Schlegel, Mikrobiologia ogólna, Wydanie dr, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2008.
- [22] K. Kaul, Handbook of Water and Wastewater Analysis, Atlantic Publishers and Dist, New Delhi, 2007.
- [23] W. Roeske, Dezynfekcja wody pitnej, Oficyna Wydawnicza PROJPRZEMKO, Bydgoszcz, 2007.