

Joanna Wyczarska-Kokot

Wpływ metody dezynfekcji na zawartość chloramin w wodzie basenowej

Woda basenowa jest mieszaniną wody uzupełniającej obieg zamknięty obiektu (najczęściej woda z sieci wodociągowej, spełniająca wymagania wody do spożycia) oraz wody z niecki basenowej, podlegającej procesowi ciągłego oczyszczania i dezynfekcji. Użytkownicy basenów wprowadzają do wody różne zanieczyszczenia (np. cząstki naskórka, pot, mocz), a także mikroorganizmy – jedna osoba może wprowadzić do wody basenowej nawet do miliarda bakterii, w tym również chorobotwórczych, które znajdują tam dogodne środowisko do rozwoju, co przy znacznej frekwencji może prowadzić do bardzo szybkiego rozprzestrzeniania się infekcji.

Zagrożenia biologiczne zdrowia osób korzystających z kąpielni są jednymi z lepiej rozpoznanych, udokumentowanych i opisanych w pracach naukowych [1–4]. W Polsce monitorowaniem jakości wody basenowej pod względem mikrobiologicznym zajmuje się państwowy powiatowy inspektor sanitarny, działając na mocy ustawy z 14 marca 1985 r. o Państwowej Inspekcji Sanitarnej (Dz. U. z 2011 r. nr 212, poz. 1263 z późn. zm.), a także ustawy z 5 grudnia 2008 r. o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi (Dz. U. nr 234, poz. 1570 z późn. zm.). Na podstawie zaleceń Państwowego Zakładu Higieny [5], większość powiatowych stacji sanitarno-epidemiologicznych wykonuje raz w miesiącu oznaczenia liczby jednostek tworzących kolonie *Escherichia coli*, ogólnej liczby bakterii w temperaturze 36°C po 48 h inkubacji oraz gronkowców koagulazododatnich. W przypadku niewłaściwej jakości wody pod względem bakteriologicznym wydaje się decyzję zarządzającą podjęcie działań naprawczych z rygiem natychmiastowej wykonalności.

W większości basenów czystość mikrobiologiczna wody, zgodna z wytycznymi sanitarno-higienicznymi, osiągnięta jest w procesie dezynfekcji związkami chloru (najczęściej przy zastosowaniu podchlorynu sodu – NaOCl). Właściwości dezynfekcyjne chloru związane są z jego zdolnością do utleniania związków organicznych i nieorganicznych, przy czym chlorowanie wody do spożycia lub wody basenowej może prowadzić do powstawania ubocznych produktów dezynfekcji, np. chloramin, odpowiedzialnych za tzw. zespół podrażnienia u pływaków. Już w 1953 r. E.W. Mood przedstawił hipotezę, że to nie chlor, lecz jego związek z azotem amonowym jest przyczyną suchości skóry, podrażnień błon śluzowych nosa, gardła i oczu u osób pływających [6], co zostało potwierdzone przez wielu innych autorów [7–13].

W Polsce jedynym przepisem prawnym, formułującym wymagania jakościowe, jakim powinna odpowiadać woda w basenach, jest ustawa z 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz. U. nr 72, poz. 747). Stwierdza się w niej, że jakość wody na potrzeby basenów kąpielowych i pływalni powinna odpowiadać wymogom zawartym w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. nr 61, poz. 417) wraz ze zmianami (Dz. U. z 2010 r., nr 72, poz. 466). Przepisem określającym wymagania jakościowe wody w basenach oraz dodatkowo wymagania projektowe i eksploatacyjne jest niemiecka norma DIN 19643 [14], na podstawie której w 1998 r. zostały opracowane wymagania sanitarno-higieniczne dla krytych pływalni, wydane przez Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych [15]. W 2004 r. został przygotowany projekt rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie warunków sanitarno-higienicznych obiektów sportowych i rekreacyjnych oraz zasad sprawowania nadzoru nad ich przestrzeganiem, a w 2012 r. została wystosowana delegacja ustawowa w tej sprawie. Ciągły brak takiego aktu wpływa niekorzystnie na zarządzanie basenami kąpielowymi, przede wszystkim zaś na przestrzeganie odpowiedniej jakości wody basenowej.

Według normy DIN 19643 zawartość chloru związanego w próbkach wody pobranej z niecki basenowej nie powinna przekraczać $0,2 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$. Z praktyki popartej licznymi analizami wiadomo, że w obiektach basenowych, w których stosuje się klasyczny model oczyszczania wody (filtracja wstępna – koagulacja powierzchniowa w złożu filtracyjnym – dezynfekcja – korekta pH) utrzymanie tak małej ilości chloru związanego, przy jednocześnie zalecanej zawartości chloru wolnego w zakresie $0,3 \div 0,6 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$, jest bardzo trudne lub nawet niemożliwe [16, 17].

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu metody dezynfekcji wody basenowej na zawartość chloramin w wybranym obiekcie basenowym, w którym ze względu na szczególne przeznaczenie – do rehabilitacji oraz nauki pływania małych dzieci – jakość wody powinna być ściśle przestrzegana.

Powstawanie i właściwości chloramin

Chloraminy (chlor związany) są związkami chemicznymi powstającymi podczas chlorowania wody zawierającej amoniak (NH_3), azot amonowy (NH_4^+) lub organiczne związki azotu. Jedna osoba pływająca w basenie przez około 2 godziny może wprowadzić do wody $20 \div 80 \text{ cm}^3$ moczu i $0,1 \div 1,0 \text{ dm}^3$ potu [18]. Substancje te zawierają znaczne

Tabela 1. Związki azotu wprowadzane do wody basenowej [18–20]
Table 1. Nitrogen compounds introduced into swimming pool water [18–20]

Związek zawierający azot	Pot		Mocz		Ilość wprowadzana przez 1 osobę* mg	
	Średnie stężenie g/m ³	Zawartość azotu %	Średnie stężenie g/m ³	Zawartość azotu %	min.	maks.
Mocznik	680	68	10240	84	320	840
Amoniak	180	18	560	5	30	60
Aminokwasy	45	5	280	2	15	50
Kreatynina	7	1	640	5	10	25
Inne związki	80	8	500	4	20	45
Azot ogólny	992	100	12220	100	395	1020

* na podstawie wydalanych ilości potu (0,1÷1,0 dm³) i moczu (20÷80 cm³) przez 1 osobę w czasie 2-godz. kąpeli w basenie

ilości związków azotu (tab. 1) i wchodząc w reakcje z chlorowym środkiem dezynfekcyjnym tworzą niepożądane produkty dezynfekcji, m.in. chloraminy.

W zależności od danego stosunku chloru do azotu amonowego, pH wody oraz jej zasadowości i temperatury mogą powstawać monochloramina (NH₂Cl), dichloramina (NHCl₂) lub trichloramina (NCl₃), jak również chlorowcopochodne organicznych związków azotowych [21,22]. Chloraminy w wodzie basenowej są główną przyczyną alergii, podrażnień oczu, błon śluzowych nosa, górnych dróg oddechowych oraz układu pokarmowego. Ponadto chloraminy są odpowiedzialne za charakterystyczny nieprzyjemny zapach wody basenowej i mają właściwości mutagenne [7–11,23].

Charakterystyka obiektu badawczego

W badanym obiegu basenowym wprowadzanie oczyszczonej wody do niecki basenu następuje poprzez zespół 14 dysz zainstalowanych w jej dnie. Odbiór wody następuje przez przelew górny (do rynny przelewowej), skąd woda jest kierowana do zbiornika wyrównawczego (przelewowego) o pojemności 5,2 m³. Z tego zbiornika woda jest zasysana przez pompę napływu wyposażoną w łapacz włókien i włosów do filtru ze złożem antracytowo-piaskowym, skąd woda oczyszczona kierowana jest za pomocą pompy do instalacji obiegowej. Bezpośrednio przed filtrem do wody dawkuje się koagulant (siarczan glinu), natomiast za filtrem, po naświetlaniu promieniami nadfioletowymi (w II etapie badań), dawkuje się podchloryn sodu (15% NaOCl) do dezynfekcji oraz kwas siarkowy (50% H₂SO₄) w celu korekty pH.

Układ oczyszczania wody jest sterowany za pomocą automatycznego analizatora monitorującego wartości wskaźników jakości wody odpływającej z niecki basenu (pH, chlor wolny, chlor związany, potencjał redoks, temperatura). Na podstawie wskazań urządzenia kontrolno-pomiarowego dawkuje się do obiegu wody odpowiednie ilości chemikaliów. Podstawowe dane i parametry charakteryzujące badany obiekt zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Charakterystyka badanego obiektu basenowego
Table 2. Analyzed swimming pool characteristics

Rodzaj obiektu badawczego	basen rehabilitacyjny
System przepływu wody	pionowy
Wydajność obiegu wody, m ³ /h	29,2÷30,0
Wymiary niecki basenowej, m	3,2×5,4
Głębokość niecki basenowej, m	1,2
Pojemność wodna, m ³	20,8
Całkowita powierzchnia użytkowa, m ²	17,2
Minimalna wymagana powierzchnia użytkowa, m ² /os.	2,7 [14]; 2,2 [5]
Średnia frekwencja, os./h	6,8
Rzeczywista średnia powierzchnia użytkowa, m ² /os.	2,5
Liczba filtrów, szt.	1
Wysokość warstwy filtracyjnej, m	1,2
Powierzchnia filtru, m ²	1
Wydajność zespołu filtracyjnego, m ³ /h	30
Prędkość filtracji, m/h	30
Czas trwania cyklu filtracyjnego, d	3
Rodzaj koagulantu	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18 H ₂ O
Środek do korekty pH	50% kwas siarkowy
Dezynfekcja końcowa	15% NaOCl, przy zalecanej zawartości chloru wolnego w wodzie 0,3÷0,6 gCl ₂ /m ³ (dawk. automatyczne)

Metody badań

Analiza obecności chloramin w wodzie basenowej obejmowała trzy etapy. W I etapie badano zawartość chloramin w wodzie z niecki basenowej, do której dopływała woda poddawana oczyszczaniu w układzie bez lampy UV. W II etapie do układu oczyszczania wody została włączona niskociśnieniowa amalgamatowa lampa UV, a w III etapie, po wcześniejszym demontażu lampy UV, stosowano w godzinach nocnych (23:00÷5:00) tzw. szokową dezynfekcję wody basenowej. Decyzja o zastosowaniu dezynfekcji wody większymi dawkami NaOCl w III etapie badań została podjęta przede wszystkim z uwagi na dzieci w wieku 1÷3 lat, uczestniczące w zajęciach nauki pływania.

Pobór próbek oraz oznaczenia wykonano zgodnie z obowiązującymi normami i metodami. Uzyskane rezultaty badań porównano z wymaganiami normy DIN 19643 oraz zaleceniami PZH [5, 14]. W każdym etapie badań pobierano próbkę wody z niecki basenowej w celu wykonania analiz mikrobiologicznych przy zastosowaniu metod zgodnych z PN-EN ISO 9308-1:2004 (*Escherichia coli*), PN-EN ISO 622:2004 (ogólna liczba bakterii w temp. 36°C po 48 h) oraz wytycznych PZH (gronkowce koagulazododatnie). Wartości pH wody, temperatury, potencjału redoks oraz zawartości chloru wolnego i chloru związanego były odczytywane codziennie, bezpośrednio z monitora urządzenia kontrolno-pomiarowego (dsc compact SCL Dinotec). Dodatkowo wykonywano pomiary kontrolne zawartości azotu amonowego, chlorków, chloru wolnego i związanego oraz wartości indeksu nadmanganianowego i pH wody basenowej, w oparciu o normę DIN 19643 [14], przy użyciu spektrofotometru DR5000 UV/VIS. Ponieważ parametrem istotnie wpływającym na obecność chloramin w wodzie basenowej jest tzw. stopień obciążenia basenu lub powierzchnia użytkowa lustra wody przypadająca na jedną osobę korzystającą z kąpielni, dlatego równoległe z odczytem wartości wskaźników jakości wody odnotowywano również frekwencję.

Wyniki badań

Podstawowym założeniem przy projektowaniu technologii oczyszczania wody basenowej jest zapewnienie osobom korzystającym z kąpielni maksymalnie bezpiecznej pod względem zdrowotnym wody w niecce basenowej. Ponieważ badany obiekt spełnia szczególną funkcję – jest basenem rehabilitacyjnym i od niedawna również basenem przeznaczonym do nauki pływania i zabaw dla małych dzieci w asyście rodziców, dlatego specjalną kontrolą objęto zawartość chloramin w wodzie. Na podstawie wyników analiz fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych próbek wody pobieranych z niecki basenowej w trakcie badań, porównano jakość wody basenowej, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości chloramin w zależności od ilości chloru wolnego i zastosowanego sposobu dezynfekcji wody. We wszystkich etapach badań wartości wskaźników kontrolnych jakości wody basenowej (pH, temperatura, chlor wolny, azot amonowy, chlorki, indeks nadmanganianowy oraz liczba *Escherichia coli*, gronkowców koagulazododatnich i ogólna liczebność mikroorganizmów) w każdej pobranej próbce wody z niecki basenowej odpowiadały wymaganiom normy DIN 19643 i wytycznym PZH [5, 14]. W tabeli 3 przedstawiono wyniki analiz bakteriologicznych, średnie wartości wskaźników fizyczno-chemicznych oraz frekwencję w poszczególnych etapach badań.

Tabela 3. Porównanie wartości wskaźników jakości wody w poszczególnych etapach badań

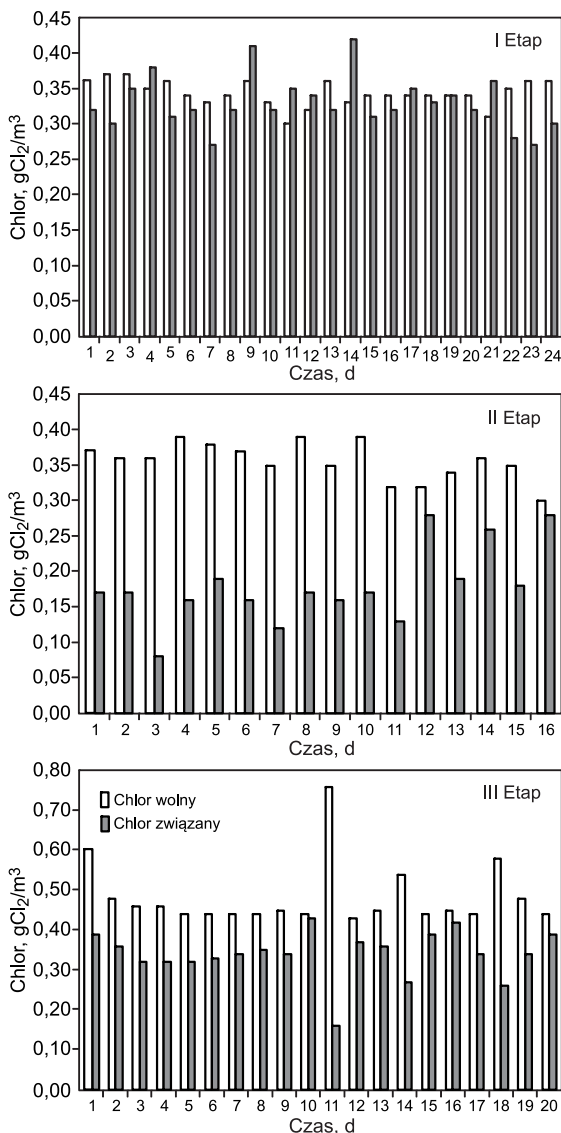
Table. 3. Comparison of quality parameters at particular study stages

Wskaźnik, jednostka	Etap badań		
	I	II	III
pH	7,17	7,17	7,07
Potencjał redoks, mV	681	698	755
Temperatura, °C	34,7	33,8	34,5
Chlor wolny, gCl ₂ /m ³	0,34	0,36	0,48
Chlor związany, gCl ₂ /m ³	0,33	0,18	0,33
Azot amonowy, gNH ₄ ⁺ /m ³	0,15	0,08	0,12
Chlorki, gCl ⁻ /m ³	102	94	96
Indeks nadmanganianowy, gO ₂ /m ³	2,73	1,77	2,15
<i>Escherichia coli</i> , jtk/100cm ³	0	0	0
Ogólna liczba mikroorganizmów w 36±2°C po 44±4h, jtk/cm ³	0	1	0
Gronkowce koagulazododatnie, jtk/100 cm ³	0	0	0
Frekwencja, os./h	6,9	6,7	6,7

We wszystkich etapach badań frekwencja była porównywalna i wynosiła 4÷10 os./h (śr. 6,9 os./h) w I etapie, 3÷10 os./h (śr. 6,7 os./h) w II etapie oraz 4÷10 os./h (śr. 6,7 os./h) w III etapie. Powierzchnia użytkowa lustra wody dla jednej osoby korzystającej z kąpielni wynosiła w zależności od frekwencji od 1,75 m²/os. do 5,70 m²/os. (śr. 2,50 m²/os., przy wymaganym minimum wg DIN 19643 2,7 m²/os. i zaleceniach PZH – 2,2 m²/os.).

Zmiany zawartości chloru wolnego i chloramin w wodzie przedstawiono na rysunku 1. W I etapie badań zawartość chloramin w wodzie z niecki basenowej przekraczała wartość dopuszczalną wg DIN 19643 (0,2 gCl₂/m³) we wszystkich próbkach i wynosiła od 0,27 gCl₂/m³ do 0,42 gCl₂/m³ (śr. 0,33 gCl₂/m³), natomiast zawartość chloru wolnego wynosiła od 0,30 gCl₂/m³ do 0,37 gCl₂/m³ (śr. 0,34 gCl₂/m³). W II etapie, w trakcie stosowania lampy UV do wspomaganego dezynfekcji, zawartość chloramin wynosiła od 0,08 gCl₂/m³ do 0,28 gCl₂/m³ (śr. 0,18 gCl₂/m³) i tylko w 3 na 24 pobrane próbki ilość chloru związanego przekroczyła wartość dopuszczalną. Zawartość chloru wolnego w tym etapie badań wynosiła od 0,30 gCl₂/m³ do 0,39 gCl₂/m³ (śr. 0,36 gCl₂/m³). W III etapie, po demontażu lampy UV, ale przy stosowaniu tzw. chlorowania szokowego, zawartość chloramin wynosiła od 0,05 gCl₂/m³ do 0,51 gCl₂/m³ (śr. 0,33 gCl₂/m³).

Przykładową (w 11. i 12. dobie badań) dynamikę zmian zawartości chloramin w wodzie po zastosowaniu chlorowania szokowego przedstawiono na rysunku 2. Dopuszczalna ilość chloramin występowała jedynie bezpośrednio po zastosowaniu dużych dawek NaOCl, gdy zawartość chloru wolnego znacznie przekraczała wartość dopuszczalną (0,6 gCl₂/m³), czyli w godzinach, w których do takiej sytuacji można było dopuścić, tj. między 21:00 a 7:00 i wynosiła odpowiednio w kolejnych dniach stosowania chlorowania szokowego: 0,77 gCl₂/m³, 1,51 gCl₂/m³, 0,75 gCl₂/m³, 0,89 gCl₂/m³, 0,82 gCl₂/m³, 1,00 gCl₂/m³ i 0,81 gCl₂/m³. W czasie trwania zajęć rehabilitacyjnych oraz nauki pływania dla małych dzieci, ilość chloru związanego przekraczała wartość dopuszczalną i wynosiła od 0,25 gCl₂/m³ do 0,38 gCl₂/m³. Zawartość chloru wolnego w tym etapie badań wahała się od 0,31 gCl₂/m³ do 1,51 gCl₂/m³ (śr. 0,48 gCl₂/m³).

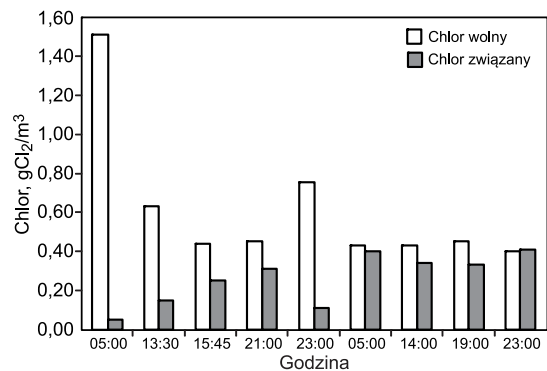


Rys. 1. Porównanie zawartości chloru wolnego i chloramin w wodzie w poszczególnych etapach badań

Fig. 1. Comparison of free chlorine and chloramine content in water at particular study stages

W analizowanym obiekcie basenowym dezynfekcja wody zastosowana w II etapie badań, polegająca na naświetlaniu strumienia wody obiegowej promieniami nadfioletowymi oraz dawkowaniu podchlorynu sodu, ograniczyła ilość chloramin do wartości dopuszczalnej, przy jednoczesnym zachowaniu obecności chloru wolnego w zakresie $0,3 \div 0,39 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$. Metody dezynfekcji oparte jedynie na dawkowaniu podchlorynu sodu (zastosowane w I i III etapie) nie dały zadowalających wyników. Zarówno stosowanie stałych dawek NaOCl (w I etapie), jak i dawek szokowych (w III etapie) nie pozwoliło na uzyskanie zawartości chloramin mniejszych niż $0,2 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$. W obu etapach badań średnia zawartość chloramin w wodzie przekraczała wartość dopuszczalną o 65%.

Zgodnie z zaleceniami PZH dezynfekcja wody w basenach, z których korzystają małe dzieci wraz z opiekunami, powinna opierać się na preparatach chlorowych, z tym, że zawartość chloru wolnego nie powinna przekraczać $0,3 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$. Stosowanie promieni nadfioletowych jest dopuszczalne, jednak zawsze w połączeniu z chlorowaniem wody – w takich przypadkach ilość chloru wolnego może zostać ograniczona do $0,1 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$, pod warunkiem



Rys. 2. Zawartość chloru wolnego i chloramin po zastosowaniu tzw. chlorowania szokowego (11. i 12. doba badań)

Fig. 2. Free chlorine and chloramine content after "shock" chlorination (11th and 12th day of research)

zachowania odpowiedniej jakości mikrobiologicznej wody. Dodatkowo należy przestrzegać zasady, aby na każdą osobę uczestniczącą w zajęciach przypadała powierzchnia lustra wody nie mniejsza niż $2,2 \text{ m}^2$, basen miał odrębny system cyrkulacji, a tzw. przewalowanie wody, czyli pełna wymiana objętości wody znajdującej się w niecce basenowej, powinno następować w czasie $1,0 \div 1,5 \text{ h}$ [5]. W związku z tym, że analizowany basen służy jako obiekt typowo rehabilitacyjny, a nauka pływania dla dzieci prowadzona jest jako zajęcia dodatkowe, dlatego należy w szczególności sposób dbać o jakość wody i przestrzegać stosownych zaleceń. Niecka tego basenu ma zapewniony własny system cyrkulacyjny i system oczyszczania, czas przewalowania wody w trakcie badań wynosił około 70 min, a na jedną osobę korzystającą z kąpeli przypadała powierzchnia lustra wody wynosząca średnio $2,5 \text{ m}^2$. Ponieważ w tego typu basenach istnieje wyjątkowo duże niebezpieczeństwo skażenia wody bakteriami chorobotwórczymi od osób rehabilitowanych i z obniżoną odpornością, nie zdecydowano się na ograniczenie ilości chloru wolnego do wartości $0,1 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$ i we wszystkich etapach badań dbano, aby w trakcie zajęć jego zawartość nie była mniejsza niż $0,3 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$.

Podsumowanie

Zapewnienie zgodnej z wymaganiami sanitarno-higienicznymi jakości wody basenowej, dbałość o bezpieczeństwo i ochronę zdrowia publicznego, zwłaszcza przed drobnoustrojami chorobotwórczymi, uzyskanie wody wolnej od ubocznych produktów dezynfekcji, zapewnienie komfortu przebywania w obiekcie basenowym (brak charakterystycznego chlorowego zapachu w hali basenowej) oraz stosowanie technologii oczyszczania wody basenowej dopasowanych do rodzaju i funkcji basenu (sportowy, rehabilitacyjny, do nauki pływania), to podstawy prawidłowo działającego obiektu basenowego.

W przypadku basenów rehabilitacyjnych, ze względu na prawdopodobieństwo wystąpienia specyficznego zanieczyszczenia wody bakteriami chorobotwórczymi, w przypadku basenów z hydromasażem, ze względu na większe obciążenie substancjami organicznymi oraz w przypadku basenów przeznaczonych dla małych dzieci, ze względu na wyższą temperaturę wody ($30 \div 36^\circ\text{C}$), ich obiegi wodne powinny być wyposażane w dezynfekcję dodatkową – realizowaną poprzez naświetlanie strumienia wody promieniami nadfioletowymi lub ozonowanie – poprzedzającą dezynfekcję końcową, realizowaną poprzez dawkowanie do strumienia wody obiegowej roztworu podchlorynu sodu.

Przedstawione porównanie zawartości chloru związanego w wodzie basenowej, w zależności od sposobu jej dezynfekcji wykazało, że nieprzekroczenie wartości $0,2 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$, określonej w normie DIN 19643, było możliwe przy zastosowaniu dezynfekcji podchlorynem sodu wspomaganą działaniem niskociśnieniowej lampy UV. Zastosowana w II etapie badań lampa emitująca promieniowanie nadfioletowe o mocy 395 W poprawiła jakość wody basenowej w stosunku do zastosowanego w I etapie chlorowania stałymi dawkami NaOCl (zawartość chloru wolnego w czasie użytkowania basenu wynosiła średnio $0,34 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$), a także w stosunku do zastosowanego w III etapie okresowego chlorowania szokowego, czyli zwiększonymi dawkami NaOCl (zawartość chloru wolnego w czasie użytkowania basenu wynosiła średnio $0,48 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$). W I i III etapie badań średnia zawartość chloru związanego w wodzie wynosiła $0,33 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$, a w II etapie $0,18 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$.

Wysokie wymagania w zakresie jakości wody basenowej są powodem poszukiwania nowych technologii oraz udoskonalania rozwiązań już istniejących. Podstawą dobrze pracujących systemów oczyszczania wody basenowej jest sprawna filtracja i dezynfekcja. Rozwój technologii oczyszczania wody basenowej, właśnie w zakresie tych dwóch procesów, jest najbardziej dynamiczny. Zastosowanie ozonowania w hybrydowych konfiguracjach z naświetlaniem wody promieniami nadfioletowymi i chlorowaniem [24–26], wykorzystanie procesów elektrolizy rurowej i membranowej do wytwarzania bardziej wydajnej postaci podchlorynu sodu, bezpieczna dezynfekcja chlorem gazowym, czy zastosowanie dwutlenku chloru, to niektóre przykłady rozwiązań w zakresie dezynfekcji wody basenowej, mające na celu maksymalne zabezpieczenie użytkowników pływalni przed szkodliwym działaniem czynników mikrobiologicznych (bakterie chorobotwórcze) i chemicznych (chlorowcopochodne).

LITERATURA

1. E. LEONI, P. LEGNANI, E. GUBERTI, A. MASOTTI: Risk of infection associated with microbiological quality of public swimming pools in Bologna, Italy. *Public Health* 1999, Vol. 113, pp. 227–232.
2. M. GUIDA, F. GALLE, M.L. MATTEI, D. ANASTASI, G. LIGUORI: Microbiological quality of the water of recreational and rehabilitation pools: A 2-year survey in Naples, Italy. *Public Health* 2009, Vol. 123, pp. 448–451.
3. J. WYCZARSKA-KOKOT: Effect of disinfection methods on microbiological water quality in indoor swimming pools. *Architecture Civil Engineering Environment* 2009, Vol. 4, pp. 145–152.
4. R. SZCZYGLÓWSKA, M. CHYC, B. BURZAŁA, B. KOLWZAN: Ocena jakości bakteriologicznej i fizyczno-chemicznej wody basenowej w wybranym obiekcie rekreacyjnym (Assessing bacteriological and physicochemical quality of swimming pool water in an indoor recreational object). *Ochrona Środowiska* 2012, vol. 34, nr 4, ss. 51–56.
5. Zalecenia dotyczące wymagań sanitarno-higienicznych dla obiektów basenowych i jakości wody w basenach przeznaczonych dla niemowląt i dzieci w wieku od 6 miesięcy do 3 lat. ZHK NIZP-PZH (www.pzh.gov.pl z 03-06-2012).
6. E.W. MOOD: Development and application of high-free residual chlorination in the treatment of swimming pool water. *American Journal of Public Health and the Nation's Health* 1953, Vol. 43, pp. 1258–1264.
7. A. FLORENTIN, A. HAUTEMANIERE, P. HARTEMANN: Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2011, Vol. 214, pp. 461–469.
8. I. FREUZE, S. BROSILLON, A. LAPLANCHE, D. TOZZA, J. CAVARD: Effect of chlorination on the formation of odorous disinfection by-products. *Water Research* 2005, Vol. 39, pp. 2636–2642.
9. J. LEE, M.-J. JUN, M.-H. LEE, S.-W. EOM, K.-D. ZOH: Production of various disinfection byproducts in indoor swimming pool waters treated with different disinfection methods. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2010, Vol. 213, pp. 465–474.
10. S.C. KAYDOS-DANIELS, M.J. BEACH, T. SHWE, J. MARGRI, D. BIXLER: Health effects associated with indoor swimming pools: A suspected toxic chloramines exposure. *Public Health* 2008, Vol. 122, No. 2, pp. 195–200.
11. N. MASSIN, A.B. BOHADANA, P. WILD, M. HERY, J.P. TOAMAIN, G. HUBERT: Respiratory symptoms and bronchial responsiveness in lifeguards exposed to nitrogen trichloride in indoor swimming pool. *Occupational and Environmental Medicine* 1998, Vol. 55, pp. 258–263.
12. C. VOISIN, A. SARDELLA, F. MARCUCCI, A. BERNARD: Infant swimming in chlorinated pools and the risk of bronchiolitis, asthma and allergy. *European Respiratory Journal* 2010, Vol. 36, No. 1, pp. 41–47.
13. A. BERNARD, M. NICKMILDER, C. VOISIN, A. SARDELLA: Impact of chlorinated swimming pool attendance on the respiratory health of adolescents. *Pediatrics* 2009, Vol. 124, No. 4, pp. 1110–1118.
14. DIN 19643: Aufbereitung von Schwimm und Badebeckenwasser. Düsseldorf 1997.
15. C. SOKOŁOWSKI: Wymagania sanitarno-higieniczne dla krytych pływalni. PZITS, Warszawa 1998, nr arch. 760.
16. J. WYCZARSKA-KOKOT, F. PIECHURSKI: Przyczyny modernizacji technologicznych układów oczyszczania wody basenowej. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, PZITS Oddział Wielkopolski, Gniezno 2008, ss. 737–748.
17. J. WYCZARSKA-KOKOT: System dezynfekcji wody basenowej wspomaganą naświetlaniem promieniami UV. *Rynek Instalacyjny* 2009, nr 12, ss. 96–99.
18. R.I. WOLFE, N.R. WARD, B.H. OLSON: Inorganic chloramines as drinking water disinfectants: A review. *Journal American Water Works Association* 1984, Vol. 76, No. 5, pp. 74–88.
19. Guidelines for Safe Recreational Waters. Volume 2. Swimming Pools and Similar Recreational-water Environments. WHO, Geneva 2006, p. 118.
20. AFFSET, 2010. Evaluation des risques sanitaires liés aux piscines Partie I: Piscines réglementées: 244.
21. A.L. KOWAL, M. ŚWIDERSKA-BRÓŹ: Oczyszczanie wody. Podstawy teoretyczne i technologiczne, procesy i urządzenia. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
22. W. ROESKE: Dezynfekcja wody pitnej. ProjprzemEKO, Bydgoszcz 2007.
23. M.M. SOZAŃSKI: Chemizm i technologia uzdatniania wody dla basenów kąpielowych. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę miast i wsi”, PZITS Oddział Wielkopolski, Poznań 1994, ss. 415–422.
24. E. BARBOT, P. MOULIN: Swimming pool water treatment by ultrafiltration-adsorption process. *Journal of Membrane Science* 2008, Vol. 314, pp. 50–57.
25. G.H. KRISTENSEN, M.M. KLAUSEN, H.R. ANDERSEN, L. ERDINGER, F. LAURITSEN, E. ARVIN, H.J. ALBRECHTSEN: Full scale test of UV-based water treatment technologies at Gladsaxe Sport Centre – with and without advanced oxidation mechanisms. Proc. of ‘Swimming Pool and Spa International Conference’, London 2009, paper 4.1.
26. T. GLAUNER, F. KUNZ, C. ZWIENER, F.H. FRIMMEL: Elimination of swimming pool water disinfection by-products with advanced oxidation process (AOPs). *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* 2005, Vol. 33, No. 6, pp. 585–594.

Wyczarska-Kokot, J. Impact of Disinfection Method on Chloramine Content in Swimming Pool Water. *Ochrona Srodowiska* 2014, Vol. 36, No. 2, pp. 37–42.

Abstract: Chloramine concentrations in pool water from a selected recreational object, with toddler swimming facilities, were compared in terms of water disinfection method. In the first stage the chloramine content was analyzed in the pool with water treated using sodium hypochlorite disinfection system. In the second stage, UV disinfection (low pressure UV lamp) was added to the system, while in the third stage, following removal of the UV lamp, so called 'shock' pool water disinfection with sodium hypochlorite was applied. The physicochemical and bacteriological

quality of pool basin water was assessed, with the main focus on variations in chloramine concentrations depending on free chlorine content and disinfection method used. The disinfection method applied in the second stage of the studies allowed reaching the chloramine concentration below the acceptable threshold ($0.2 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$) while maintaining free chlorine content in the range of 0.3 to $0.4 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$. The study results proved that pool water disinfection methods based solely on sodium hypochlorite use (I and III stage) did not give satisfactory results and the average chloramine concentration exceeded acceptable threshold by 65%.

Keywords: Recreational object, water treatment, microorganism inactivation.