

Alicja PUSZKAREWICZ
Politechnika Rzeszowska

WODA BASENOWA – UTRZYMANIE STANDARDÓW JAKOŚCIOWYCH

W artykule przedstawiono wytyczne dotyczące jakości wody basenowej. Omówiono podstawowe procesy technologiczne związane z jej uzdatnianiem i zapewniające wysoką jakość wody basenowej. Należą do nich głównie: właściwe oczyszczanie wody obiegowej (filtracja, koagulacja), optymalna dezynfekcja, rekta odczynu oraz odświeżanie obiegu.

1. Wstęp

Współczesne obiekty basenowe powinny gwarantować użytkownikom bezpieczeństwo sanitarne i komfort. Jakość wody basenowej jest zagadnieniem o tyle ważnym, że w głównej mierze decyduje o popularności basenów wśród korzystających z nich osób, a nawet o istnieniu takich ośrodków. Aby zapewnić odpowiednią jakość wody pod względem mikrobiologicznym i fizykochemicznym, stosuje się urządzenia zapewniające jej uzdatnianie i dezynfekcję, jak również odpowiedni dopływ, wymieszanie wody w niecce i prawidłowe jej odprowadzenie. Szczególny nacisk kładzie się na zagadnienia projektowania instalacji uzdatniania wody basenowej, pozwalającej jej osiągnąć warunki wody do picia oraz czystą powierzchnię lustra wody. Specyficzna technologia uzdatniania wody basenowej, spowodowana obowiązkowym obiegiem zamkniętym (cyrkulacją) wody w basenach rekreacyjnych, związana jest z utrzymaniem jej jakości na poziomie obowiązujących wymagań prawnych.

2. Podstawowe standardy dotyczące jakości wody basenowej

Zadaniem regulacji prawnych dotyczących jakości wody w basenach jest zapewnienie jak największego bezpieczeństwa zdrowotnego ich użytkownikom. Zanieczyszczenia występujące w wodzie basenowej mogą zagrażać zdrowiu ich użytkowników, prowadząc niekiedy do masowych zachorowań.

Baseny funkcjonujące w otwartym systemie obiegu wody basenowej, bez jej uzdatniania, można potraktować jak kąpieliska. W związku z tym, można

odnieć się do warunków i wymagań dotyczących wody basenowej podanych w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach (Dz.U. z 2002 r., Nr 183, poz. 1530).

W Polsce, ze względu na brak wytycznych dotyczących jakości wody w basenach z obiegiem zamkniętym, pomocne są standardy obowiązujące w innych krajach. Najważniejszymi zagranicznymi normami, które zawierają niezbędne wymagania techniczno-eksploatacyjne możliwe do zastosowania w kraju, są:

- Niemiecka Norma DIN 19643: „Uzdatnianie i dezynfekcja wody basenów pływackich i kąpielowych” z 1997 r.,
- Branżowa Norma firmy CULLIGAN: „Standardy uzdatniania wody dla publicznych, prywatnych i terapeutycznych basenów do kąpiei”.

Polskie organa kontrolne (Sanepidy) wymagają, aby wody zasilająca (najczęściej wodociągowa) i basenowa odpowiadały pod względem bakteriologicznym wodzie do picia [1]. Odnośnie do wskaźników fizyczno-chemicznych, to zarządzający tymi obiektami mogą kierować się wymienionymi wcześniej wytycznymi branżowymi. Normy te określają dopuszczalne wartości wskaźników fizykochemicznych i bakteriologicznych w wodzie basenowej (w niecce) oraz uzdatnianej (krążącej w obiegu), określanych w zależności od przyjętego procesu uzdatniania.

W myśl tych wymogów, do najistotniejszych parametrów jakościowych wody basenowej, z punktu widzenia doboru technologii uzdatniania wody, zalicza się:

- barwę – max 0,5 l/m,
- mętność – 0,5 TNU,
- wartość pH – 6,5-7,6,
- amoniak (NH_4) – max 5,5 mg/dm³,
- utlenialność (O_2) – max 0,75 mg/dm³,
- chlor wolny [mgCl₂/dm³] – 0,3-0,6 bez ozonowania, 0,2-0,5 z ozonowaniem,
- chlor związany [mgCl₂/dm³] – max 0,2 bez ozonowania max 0,1 z ozonowaniem,
- THM (przeliczony na chloroform) – max 0,02 mg/dm³,
- ozon – 0 mg/dm³.

Ważnym wskaźnikiem jakości wody zasilającej, chociaż nielimitowanym, jest twardość. Zbyt wysoka twardość węglanowa (tj. > 5 mval/dm³) może powodować negatywne skutki podczas eksploatacji, np. zmętnienie wody basenowej oraz odkładanie się kamienia kotłowego, a co za tym idzie – zwiększenie używanych do uzdatniania wody obiegowej reagentów, nadmierną kolmatację filtrów itp. Dlatego przy bardzo wysokiej twardości węglanowej wodę zasilającą należałoby częściowo zmiękczać (np. na wymiennicach jonowych – kationach) [2].

Stosowanie się do wymienionych założeń daje gwarancję, że otrzyma się wodę spełniającą najostrzejsze wymagania sanitarne.

3. Technologia uzdatniania wody basenowej

3.1. Wprowadzenie

Woda w basenie jest w ciągły sposób zanieczyszczana przez jego użytkowników. Już w pierwszym okresie czasu kontaktu skóry z wodą wydostają się z niej mikrozanieczyszczenia, które przedostają się do wody. Woda wypływająca z basenu ma podwyższoną mętność i barwę, co jest spowodowane zwiększoną ilością zawieszin, substancji koloidalnych i rozpuszczonych. Utrzymanie wysokiej jakości wody obiegowej jest procesem trudnym, czasem kosztownym, ale powinno być celem nadrzędnym zarówno dla inwestora, projektanta, jak i eksploatatora basenu [3].

W nowoczesnych basenach woda znajduje się zawsze w obiegu zamkniętym i jest jedynie uzupełniana ze względu na: wymagania sanitarne, straty spowodowane odparowaniem, wychłapywaniem i wynoszeniem jej przez kąpielących się, bądź potrzeby wynikające z konieczności płukania filtrów. Najczęściej woda basenowa jest wodą wodociagową w sposób ciągły uzdatnianą. System uzdatniania wody basenowej jest kombinacją jednostkowych procesów technologicznych, zależnych w głównej mierze od fizykochemicznego składu wody surowej, przewidywanego obciążenia powierzchni lustra wody kąpielącymi się oraz kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych [4, 5].

Zapewnienie wysokiej jakości wody basenowej, związanej z jej uzdatnianiem, zależy głównie od [2, 6]:

- właściwego oczyszczania wody obiegowej (filtracja, koagulacja),
- optymalnej dezynfekcji,
- korekty odczynu,
- zapobiegania tworzeniu się i rozwojowi glonów,
- rozcieńczania świeżą wodą (odświeżanie obiegu).

3.2. Oczyszczanie wody obiegowej

Filtracja wstępna rozpoczyna się w miejscu zamontowania przed pompami filtrów wstępnych, popularnie zwanych łapaczami włosów i włókien. Głównym zadaniem tych urządzeń jest ochrona pompy przed jej zniszczeniem przez włosy i włókna, resztki roślin itp.

Koagulacja powierzchniowa stanowi główny proces oczyszczania wody basenowej, przebiega przy zastosowaniu różnego rodzaju koagulantów, filtrów i złóż filtracyjnych.

W tym rozwiązaniu koagulant dodaje się przed filtrami, za pomocą specjalnych pompek dozujących, bezpośrednio do rurociągu prowadzącego wodę na

filtr. Samoistne dobre wymieszanie koagulantu w wodzie jest możliwe, gdy długość rurociągu od punktu dozowania do filtra wynosi minimum 30-krotność wymiaru średnicy tego rurociągu [7, 8]. Używane w technice basenowej koagulanty (najczęściej siarczan glinu: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times 18\text{H}_2\text{O}$) stosuje się w dawkach 2-5 g/m³ [9].

We współczesnej technice basenowej stosowane są prawie wyłącznie zamknięte filtry ciśnieniowe z jednowarstwowym lub wielowarstwowym złożem. Filtry takie wykonywane są z poliestru, polietylenu lub stali nierdzewnej. Wypełnienie w filtrach jednowarstwowym stanowi piasek kwarcowy. W filtrach wielowarstwowym złożę filtrujące zbudowane jest z wielu różnych materiałów o różnej granulacji i gęstości. Na przykład, na warstwach piasku znajduje się dodatkowa warstwa z ziarnistego węgla aktywnego lub antracytu, co powoduje, że tworzące się kłaczkii pokoagulacyjne mogą głębiej wnikać w złożę. W takim rodzaju złoża opory filtracji narastają znacznie wolniej niż przy zastosowaniu standardowego złoża piaskowego. Wytyczne w normie DIN 19 643 podają, aby prędkość przepływu w filtrach nie była większa niż 30 m/h [8].

Zastosowanie koagulacji pozwala na osiągnięcie następujących efektów [10]:

- usunięcie związków organicznych,
- obniżenie potencjału tworzenia trihalometanów (THM),
- usunięcie bakterii i wirusów zaadsorbowanych na cząstkach koloidów,
- obniżenie stężenia związków podatnych na sorpcję,
- obniżenie zapotrzebowania na związek do dezynfekcji wody.

3.3. Dezynfekcja

Celem dezynfekcji jest zniszczenie występujących w wodzie żywych organizmów chorobotwórczych, takich jak: bakterie, wirusy, glony, oraz zapobieżenie ich wtórnemu rozwojowi w instalacjach basenowych.

Chlorowanie jest najtańszą metodą dezynfekcji wody. Najczęściej wykorzystywanymi związkami chloru są: podchloryn sodu, podchloryn wapnia, chlor gazowy, chlor związany (chloraminy) i stabilizowane lub utwardzane związki chloru. Wielkość potencjału utleniającego chloru zależy od odczynu wody (zalecany poniżej 7,4 pH) [11].

Niepożądanym skutkiem dezynfekcji wody chlorem jest pogorszenie jej smaku i zapachu oraz powstawanie ubocznych produktów utleniania – trihalometanów (THM), które przy dużych stężeniach są substancjami toksycznymi i rakotwórczymi. Wskutek dużej lotności ich opary ulatniają się z wody i gromadzą w powietrzu bezpośrednio nad lustrem wody, ponieważ są cięższe od powietrza. Wdychane przez pływających wnikają przez płuca do krwi [12]. Stąd też ważne jest, by dawka chloru była precyzyjnie dobrana do jakości wody i zapewniała dopuszczalną ilość chloru użytecznego w wodzie basenowej. Potencjał Redox (oksydacyjno-redukcyjny) jest głównym parametrem jakości-

wym wody basenowej, pozwalającym na kontrolowane dozowanie środka do dezynfekcji za pomocą pompy dawkującej. Ponieważ jest on miarą zdolności utleniających lub redukcyjnych substancji dezynfekujących, to dzięki niemu w basenie zostaje utrzymany ich stały, optymalny poziom [10, 11].

Brom, podobnie jak chlor, reaguje z amoniakiem, tworząc bromianiny, które mają silniejsze działanie bakteriobójcze od chloramin.

Zaletą stosowania bromu jest to, że:

- związany właściwie nie ma zapachu,
- wysokość potencjału utleniającego bromu nie zależy od odczynu wody (nie trzeba go korygować).

Zastosowanie związków bromu wymaga większych dawek od chloru i jest kosztowniejsze. W Polsce brom jest bardzo rzadko stosowany w basenach kąpielowych, bywa używany w basenach terapeutycznych i rehabilitacyjnych [9, 10].

Ozon jest najskuteczniejszym środkiem dezynfekcyjnym z tradycyjnie stosowanych utleniaczy. Powoduje to, że jest on używany w oczyszczaniu wody jako czynnik dezynfekujący lub jako utleniacz wspomagający proces koagulacji powierzchniowej. Jest gazem bardzo reaktywnym, a równocześnie nietrwałym. Dawka ozonu, którą wprowadza się do wody basenowej, to średnio ok. 1 g/m³. Ozon nie reaguje z azotem amonowym, co jest jego zaletą. Istotną wadą ozonu jako dezynfekanta jest jego krótka trwałość, a więc niebezpieczeństwo wtórnego rozwoju bakterii. Wtórny rozwój mikroorganizmów w wodzie ozonowanej jest możliwy, ponieważ powstające produkty reakcji związków organicznych z ozonem są łatwo biodegradowalne. Przy braku w wodzie aktywnego dezynfekanta może więc występować zintensyfikowany rozwój bakterii w obecności łatwo przyswajalnych substratów pokarmowych (produktów ozonowania). W związku z tym, woda po ozonowaniu musi być chlorowana. Obecność ozonu w wodzie zwiększa zapotrzebowanie na chlor, zatem woda powinna być chlorowana po zaniku ozonu. Zastosowanie filtrów z węglem aktywnym po procesie ozonowania zdecydowanie zmniejsza zapotrzebowanie na chlor, a tym samym ilość produktów ubocznych utleniania.

Zaletą tej metody utleniania jest właściwie całkowity rozkład zanieczyszczeń organicznych. Zastosowanie ozonu pozwala więc na uzyskanie wody wolnej od zapachów, związków kancerogennych oraz alergogennych, doskonałej przejrzystości, a tym samym zapewnia pełen komfort i bezpieczeństwo kąpieli [6, 11].

W ostatnim czasie na znaczeniu zyskuje fizyczna metoda dezynfekcji, jaką jest **naświetlanie promieniami UV**. Dezynfekcja wody promieniami UV pozwala uniknąć wprowadzenia do wody środków chemicznych, nie zmienia składu fizykochemicznego, smaku i zapachu wody. Nie grozi również przedawkowaniem środka dezynfekcyjnego. Promieniowanie ultrafioletowe jest promieniowaniem elektromagnetycznym o długości fali 200-400 nm, które powoduje błyskawiczną reakcję fotochemiczną w kwasie dezoksyrybonukleinowym (DNA), decydującym o życiu wszystkich mikroorganizmów. Zastosowanie technologii

UV średniociśnieniowej do usuwania chloramin (odpowiedzialnych za smak i zapach wody) oraz dezynfekcji wody basenowej w układach zamkniętych, w połączeniu z chlorowaniem końcowym, daje bardzo dobre efekty i jest, obok ozonowania, najskuteczniejszą metodą dezynfekcji wody. Zastosowanie lamp UV pozwala znacznie ograniczyć dawkę chloru, gdyż zasadniczą funkcję dezynfekcji wody dopływającej do niecki basenowej spełnia ultrafiolet. Na skuteczność procesu nie wpływa wartość pH ani obecność zredukowanych substancji organicznych i nieorganicznych, na które nie oddziałują promienie UV [13].

3.4. Korekta odczynu pH

Odpowiednia wartość pH wody jest niezbędna do prawidłowego przebiegu procesów w technologii uzdatniania wody basenowej. Odczyn pH ma decydujący wpływ na przebieg dezynfekcji wody, filtracji i koagulacji, działanie korozyjne, jak również na samopoczucie korzystających z basenu. Wartość pH wody musi być optymalna dla osób kąpiących się i wynosić od 7,0 do 7,4. Korygowanie odczynu wody basenowej jest konieczne ze względu na fakt, że dozowanie do wody innych substancji chemicznych – dezynfekantów czy koagulantów – zmienia jej wymagany odczyn.

Wyższa wartość odczynu pH (powyżej 7,4) może spowodować:

- zaczerwienienie oczu i podrażnienia skóry,
- obniżenie skuteczności działania środka dezynfekującego,
- nasilenie wytrącania i odkładanie się kamienia kotłowego CaCO_3 , powodującego zmętnienie wody i zatykanie filtrów.

Niskie wartości odczynu pH (poniżej 7,0) sprawiają, że występuje niebezpieczeństwo:

- korozyj części metalowych,
- podrażnienia śluzówki spowodowane powstawaniem chloranów,
- wydzielania się nieprzyjemnego zapachu.

Najczęściej w celu skorygowania odczynu wody stosuje się: kwas solny (HCl), rzadziej kwas siarkowy (H_2SO_4), węglan sodu (Na_2CO_3) i wodorotlenek sodu (NaOH). Dawkowanie środków do korekty pH odbywa się z reguły automatycznie za pomocą pomp dozujących, dla których sygnałem wejściowym jest wynik automatycznego pomiaru odczynu pH wody w niecce basenowej [1, 8].

3.5. Odświeżanie wody obiegowej

Woda świeża uzupełniająca powinna pokrywać straty oraz powodować sukcesywną wymianę wody obiegowej. Wodę uzupełniającą należy wprowadzić do obiegu basenowego poprzez dozowanie do zbiornika przelewowego. Odświeżanie obiegu wpływa korzystnie na przebieg procesów uzdatniania i jakość wody basenowej. Z badań przeprowadzonych we Francji (na krytych basenach) wynika, że przy prawidłowo prowadzonej i kontrolowanej eksploatacji filtrów

oraz bardzo dobrej jakości wody uzupełniającej, zadowalająca jej ilość to 10 dm³/os. Inaczej sytuacja ma się w przypadku basenów odkrytych, pozbawionych stacji uzdatniania wody, gdzie wymiana wody i uzupełnienie wodą świeżą pozwala na usunięcie zanieczyszczeń z niecki basenowej. W takich ośrodkach, pozbawionych urządzeń do uzdatniania, dopływ wody świeżej zalecany jest w normatywnych ilościach, tj. 30 dm³/os. [1, 2].

3.6. Zapobieganie tworzeniu się i rozwojowi glonów

Intensywna eksploatacja basenów i wysokie temperatury sprzyjają procesowi tworzenia się glonów. Glony rozmnażają się bardzo szybko, często w ciągu kilku godzin i pokrywają ściany basenu, schody i dno śliską warstwą, która jest nie tylko nieestetyczna, ale stwarza również niebezpieczeństwo wypadków. Glony dostają się do basenu z otoczenia, w formie zarodników lub przez suche formy przetrwalnikowe, poprzez pył i kurz zawarty w powietrzu. Mogą jednak wystąpić glony brązowe i czarne, które żyją głównie w ciemnych częściach basenu, zawsze mocno przylegają do dna i ścian basenu. Obumarłe glony stanowią pożywkę dla bakterii i grzybów obecnych w wodzie, zatem konieczne jest zapobieganie rozrastaniu się w glonów w basenie. Samo chlorowanie jest niewystarczającym zabiegiem, gdyż glony przyzwyczajają się do obecności chloru i nabywają określoną odporność. Glony występują najczęściej w miejscach o niskim przepływie wody, w spoinach, narożnikach, schodach, drabinkach i rynnach. Obecnie dostępne są gotowe roztwory środków glonobójczych, które doskonale spełniają swoją rolę. Należą do nich biocydy. Preparaty te, razem z chlorem działają synergicznie, co powoduje, że można zastosować mniejszą dawkę chloru do dezynfekcji końcowej [9, 11].

4. Podsumowanie

Polskie przepisy prawne nie regulują w żaden sposób wymagań odnoszących się do funkcjonowania pływalni publicznych, w tym również do jakości wody basenowej. Konieczne jest zatem, aby w najbliższej przyszłości powstało odrębne rozporządzenie, które szczegółowo omówi zagadnienia związane z wymogami dla takich obiektów. Baseny, z uwagi na swą specyfikę (różnorodność rozwiązań konstrukcyjnych, warunki i intensywność użytkowania, konieczność ciągłego uzdatniania wody), wymagają nieco innych kryteriów oceny jakości wody niż kąpieliska otwarte, do których odnosi się osobne rozporządzenie.

W aspekcie bezpieczeństwa dla zdrowia osób korzystających z basenów, korzystny wpływ zdrowotny kąpieli jest możliwy jedynie w obiektach, w których panują nienaganne warunki higieniczne, a priorytetem jest zapewnienie wody o wysokich standardach jakościowych. Tylko prawidłowa realizacja jed-

nostkowych procesów uzdatniania wody oraz rzetelna kontrola wszystkich wskaźników może zagwarantować wysoką jakość wody basenowej.

Niekwestionowana skuteczność ozonu oraz zdolność lamp UV średniociśnieniowych do dezynfekcji i usuwania substancji organicznych z wody sprawiają, że coraz więcej pływalni i ośrodków sportowych w Polsce rozważa zakup takich urządzeń, które na całym świecie zdobyły już szerokie uznanie i zaufanie klientów. W przeciwieństwie do tradycyjnego chlorowania, ozon bądź UV nie wpływają na smak czy zapach wody oraz nie wytwarzają toksycznych produktów ubocznych, np. THM-ów.

Literatura

- [1] Sokołowski Cz.: *Wymagania sanitarno-higieniczne dla krytych pływalni*. Wydawn. PZliTS, Warszawa 1998.
- [2] Piechurski F.: *Problemy utrzymania jakości wody basenowej (cz. 1)*. Rynek Instalacyjny, nr 11, 2002, Wyd. Medium, Warszawa.
- [3] Piechurski F.: *Możliwości rozwiązania instalacji wody basenowej*. Rynek Instalacyjny, nr 5, 1999, Wydawn. Medium, Warszawa.
- [4] Tokarczyk J.: *Kompleksowe systemy uzdatniania wody basenowej*. Mat. konf. II Sympozjum Naukowo-Technicznego „Instalacje basenowe”, Oficyna Wydawn. Politechniki Śląskiej, Ustroń 1999.
- [5] Wałęga A.: *Instalacje technologiczne uzdatniania wody basenowej*. Instal, nr 2, 2000, Wydawn. Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”, Warszawa.
- [6] Piechurski F.: *Procesy uzdatniania wody basenowej*. Sport, nr 1, 2006. Wydawn. Urzędu Kultury Fizycznej i Sportu, Warszawa.
- [7] Gradowski G.: *Technologia basenowa – koagulacja. Woda czysta jak łza*. Magazyn Instalatora, nr 9(13), 1999, Wydawn. Technika Budowlana, Gdańsk.
- [8] Jeżowiecki J., Nowakowski E.: *Filtracja i filtry ciśnieniowe wody basenowej*. Mat. konf. VI Sympozjum Naukowo-Badawczego „Instalacje basenowe”, Oficyna Wydawn. Politechniki Śląskiej, Zakopane 2007.
- [9] Grzybowski T.: *Środki chemiczne w uzdatnianiu wody basenowej*. Materiały Budowlane, 2, 2000,
- [10] Piechurski F.: *Problemy utrzymania jakości wody basenowej (cz. 2)*. Rynek Instalacyjny, nr 12, 2002, Wydawn. Medium, Warszawa.
- [11] Mielczarek M.: *Dezynfekcja wody basenowej*. Mat. konf. II Sympozjum Naukowo-Technicznego „Instalacje basenowe”, Oficyna Wydawn. Politechniki Śląskiej, Ustroń 1999.
- [12] Taggesell M., Straczycki M.: *Ryzyko infekcji w obiegu wody basenowej*. Mat. konf. VI Sympozjum Naukowo-Badawczego „Instalacje basenowe”, Oficyna Wydawn. Politechniki Śląskiej, Zakopane 2007.
- [13] Zamajski R.: *Dezynfekcja ultrafioletem w technice basenowej*. Mat. konf. II Sympozjum Naukowo-Technicznego „Instalacje basenowe”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Śląskiej, Ustroń 1999.

SWIMMING POOL WATER – MAINTAINING OF WATER QUALITY STANDARDS

S u m m a r y

Basic guidelines for swimming-pool water quality are presented. Basic technological processes for pool water conditioning and those for ensuring pool water quality are discussed, including: correct purification of circulated water (filtration, coagulation), optimum disinfection, pH correction and circulation refreshing.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w maju 2008 r.