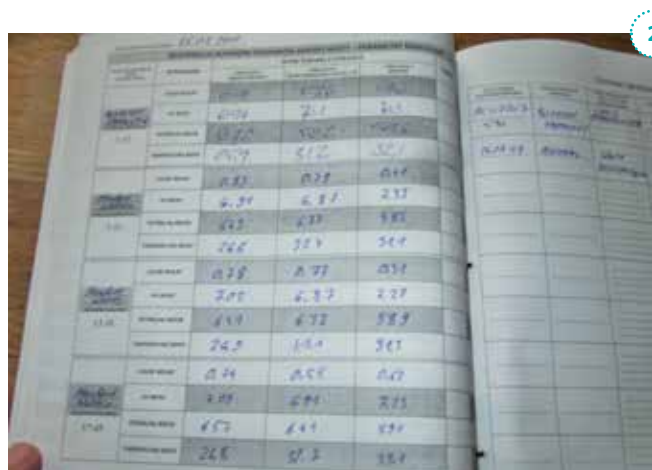


Jak poprawić jakość wody basenowej

Zastosowanie urządzenia SPiD



1 WIDOK ZESPOŁU ELEKTROD POMIAROWYCH DLA WODY Z NIECKI BAsENU



2 DZIENNIK NADZORU Z WPISAMI Z BADAŃ WODY Z BAsENÓW I Z CYRKULACJI

TEKST I FOTO | DR INŻ. FLORIAN G. PIECHURSKI

Zgodnie z obowiązującymi wytycznymi i przepisami, a przede wszystkim zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 9 listopada 2015 r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda na pływalniach (Dz.U. z 2015 r. poz. 2016) w obiekcie prowadzone są badania jakości wody przy pomocy urządzeń pomiarowo-regulacyjnych. Elektronicznie w systemie ciągłym (fot. 1), przy pomocy fotometru i notowane w dzienniku nadzoru pracy urządzeń i jakości wody czterokrotnie w ciągu doby, chlor związany – raz dziennie (fot. 2).

Systemy do ciągłego pomiaru są wyposażone w elektrody do pomiaru chloru wolnego, pH, potencjału redox oraz temperatury wody. W układzie brakuje niestety celki z elektrodą do pomiaru chloru związanego, która nie jest wymagana, ale pozwala wykorzystywać informacje do szybkiej reakcji obsługi na zwiększanie się tego parametru. W obiekcie dla basenu pływackiego i rekreacyjnego są zastosowane zespoły filtrów podciśnieniowych (fot. 3). Dla brodzika i wanień spa są stosowane filtry ciśnieniowe ze złożem z aktywnego szkła filtracyjnego AFM (fot. 4).

Istniejące systemy oczyszczania wody na podstawie danych z eksploatacji nie są w stanie utrzymać poziomu chloru związanego w wodzie na wymaganym poziomie poniżej $0,2 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ dla brodzika i $0,3 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ dla pozostałych instalacji a w instalacji cyrkulacji $0,2 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$. Pierwsze oznaki problemów pojawiły się w badaniach z 8 marca 2017 r. w wodzie w brodziku w jednej ze ślaskich, krytych pływalni. Badania z 10 maja wykazały przekroczenia w basenie rekreacyjnym, wannach spa i brodziku. W wodzie

basenowej basenu rekreacyjnego występowały bakterie typu *Pseudomonas aeruginosa*, co całkowicie zakazuje możliwość kąpieli. Bakteria ta ma minimalne potrzeby żywieniowe, przez co bardzo łatwo rozwija się w najprostszycy środowiskach. Optymalna temperatura do jej rozwoju to $37\text{--}42^\circ\text{C}$. Bakteria może powodować u użytkownika basenu infekcje ucha środkowego i zewnętrznego, zakażenia ran, zakażenia układu moczowego, kości i stawów oraz bakteryjne zapalenie rogówki. Według rozporządzenia ministra zdrowia z 9 listopada 2015 r. najwyższa dopuszczalna liczba pałeczki ropy błękitnej w 100 ml wody wynosi 0, niezależnie od rodzaju basenu.

Działania naprawcze podejmowane w obiekcie przez zarządzającego

W trakcie analizy działań związanych z próbami obniżenia głównego problemu podwyższonej zawartości chloru związanego, który pojawia się w badaniach kontrolnych przeprowadzonych 24 stycznia 2017 r., obsługa wprowadziła zwiększoną częstotliwość płukania filtrów, z przechlorowaniem wody w zbiorniku przed płukaniem filtrów. Badania kontrolne przeprowadzone 7 lutego 2017 r. wykazały poprawę. Zawartość chloru związanego we wszystkich instalacjach wody basenowej była poniżej progu wymaganego w rozporządzeniu.

Badania kontrolne przeprowadzone 8 marca 2017 r. wykazały, że zawartość chloru związanego wody w brodziku została przekroczona do $0,3 \text{ Cl}_2/\text{dm}^3$. W pozostałych instalacjach była poniżej progu wymaganego w rozporządzeniu. Obsługa wprowadziła zmianę w oczyszczaniu wody, wprowadzając zamiast chloru,

3



FILTR PODCIŚNIENIOWY W TRAKCIE FILTRACJI

związki dwutlenku chloru do zbiornika przed płukaniem. Badania przeprowadzone 27 kwietnia 2017 r. wykazały przekroczenia zawartości chloru związanego we wszystkich badanych instalacjach.

Badania kontrolne przeprowadzone 10 maja 2017 r. wykazały, że zawartość chloru związanego nie była przekroczona jedynie w wodzie w basenie sportowym B1. W pozostałych instalacjach występowało przekroczenie poziomu $0,3 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ wymaganego w rozporządzeniu ministra zdrowia. Najwyższe przekroczenia występowały:

- w wodzie wanny spa 1 - $0,38 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$,
- w wodzie wanny spa 2 - $0,41 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$,
- w wodzie basenu rekreacyjnego B2 - $0,37 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$,
- w wodzie brodzika B3 - $0,27 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$,
- w instalacji cyrkulacji basenu sportowego B1 - $0,22 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$.

W badaniach z 10 maja 2017 r. wykazano występowanie liczby mikroorganizmów:

- w wodzie basenu sportowego B1 - 16 jtk/1 ml,
- w instalacji cyrkulacji B1 - 15 jtk/1 ml,
- w wodzie basenu rekreacyjnego B2 - 192 jtk/1 ml,
- w instalacji cyrkulacji B2 - 193 jtk/1 ml,
- w wodzie wanny spa 1 - 185 jtk/1 ml,
- w wodzie wanny spa 2 - 210 jtk/1 ml,
- w wodzie brodzika B3 - 17 jtk/1 ml,
- w instalacji cyrkulacji brodzika B3 - 170 jtk/1 ml.

W badaniach z 10 maja 2017 r. wykazano występowanie bakterii typu *Pseudomonas aeruginosa*:

- w wodzie basenu sportowego B1 - 5 jtk/100 ml,
- w instalacji cyrkulacji B1 - 0 jtk/100 ml,
- w wodzie basenu rekreacyjnego B2 - 3 jtk/100 ml,
- w instalacji cyrkulacji B2 - 140 jtk/100 ml,
- w wodzie wanny spa 1 - 0 jtk/100 ml,
- w wodzie wanny spa 2 - 0 jtk/100 ml,
- w wodzie brodzika B3 - 10 jtk/100 ml,
- w instalacji cyrkulacji brodzika B3 - 149 jtk/100 ml.

Badania bakteriologiczne dyskwalifikują wodę we wszystkich obiegach dla kąpiących się, zgodnie z wymaganiami zawartymi w rozporządzeniu ministra zdrowia.

4



FILTR CIŚNIENIOWY W OBIEKCIE DLA BRODZIKA

Wprowadzenie radykalnych działań naprawczych

Zdecydowano się wypożyczyć urządzenie mobilnego systemu dezynfekcji ozonem – SPiD z firmy WOFIL (fot. 5). System dezynfekcji ozonem SPiD jest autonomicznym urządzeniem, zdolnym do przygotowania roztworu dezynfekcyjnego na bazie wody wysokozaosonowej, do pracy którego potrzebna jest tylko woda i energia elektryczna. Monitoring parametrów pracy oraz ich regulacja odbywa się za pomocą dotykowego panelu sterującego z oprogramowaniem. Praca całego układu, czyli dopływ wody, wypływ czynnika dezynfekcyjnego, regulacja nasycenia wody ozonem i utrzymanie jego stałej, zadanej dawki, jest w pełni zautomatyzowana. Przyłącza wodne są przystosowane do instalacji we wszystkich możliwych kombinacjach. Ozon wykorzystywany do przygotowania wody ozonowej jest wytwarzany przez generator ozonu o wydajności 60 lub 120 gO_3/h , wyposażony w jeden moduł wyładowczy z płytą aluminiową chłodzoną powietrzem. Ze względu na charakter zastosowania, moduł ozonatora ma zwiększoną odporność na uszkodzenia spowodowane wstrząsami w trakcie transportu.

Ozon jest wytwarzany z tlenu pozyskiwanego z otaczającego powietrza przez wytwornicę tlenu. Wytwornica jest przymocowana na stałe do ramy, dodatkowo jest przygotowane miejsce do montażu drugiej, przenośnej wytwornicy tlenu, dołączanej do układu w trybie równoległym dla zwiększenia jego mocy. Wydajność nominalna całego systemu to 4–8 m^3/h wody zaosonowanej (maks. 6 ppm O_3 resztkowego), przy ciśnieniu 4–12 bar.

Dla bezpieczeństwa obsługi, kolumny kontaktowe wyposażono w pułapkę wodno-gazową

z przelewem, wentylator przedmuchiwy, urządzenia pomiarowe on-line ozonu resztkowego w wodzie, urządzenia pomiarowe on-line ozonu w powietrzu, zintegrowane z alarmem dźwiękowym oraz destruktor ozonu podłączany elastycznym węzłem, ze stalową spiralą uziemiającą. Układ pompowy może służyć do dozowania wody zaosonowanej bezpośrednio do uzdatnianej wody cyrkulującej w basenie czy wannie z hydromasażem spa. System SPiD można także wykorzystywać do bezpiecznego mycia i dezynfekcji różnego rodzaju powierzchni za pomocą lancy natryskowej, wyposażonej w dysze bezmgłowe, z węzłem umiejscowionym na rozwijanym



MOBILNY SYSTEM DEZYNFEKCJI OZONEM W PODBASENIU W TRAKCIE DZIAŁAŃ NAPRAWCZYCH



◆ MIEJSCE ZAINSTALOWANIA SPiD W PODBASIENIU

bębnie. Na rurociągu zasilającym znajduje się zawór ręczny, służący do regulacji dopływu wody oraz przepustnica z napędem elektrycznym automatycznie dopuszczającą wodę do 1 kolumny kontaktowej.

W pierwszej kolejności wykonano czyszczenie za pomocą lancy-natryskowej, wyposażonej w dyszę bezmgłową, mieszkanką wody z ozonem resztkowym – wodą wysokozaozonowaną rynien przelewowych wraz z rurami odpływowymi we wszystkich nieckach. W trakcie tych czynności były prowadzone badania zawartości ozonu i chloru wolnego i związanego w wodzie w poszczególnych nieckach. Płukanie prowadzone było w godzinach nocnych. Badania zostały przeprowadzone przez laboratorium 22 maja 2017 r. Wyniki badań wody wykazały brak mikroorganizmów i bakterii oraz znaczące obniżenie zawartości chloru związanego w wodzie z poszczególnych nieckach:

- ◆ basen sportowy B1 – 0,08 mgCl₂/dm³,
- ◆ basen rekreacyjny B2 – 0,12 mgCl₂/dm³,
- ◆ wanna spa 1 – 0,12 mgCl₂/dm³,
- ◆ wanna spa 2 – 0,10 mgCl₂/dm³,
- ◆ brodzik B3 – 0,09 mgCl₂/dm³.

W drugiej kolejności działań naprawczych wykonano próbę włączenia instalacji wody z ozonem resztkowym – wody wysokozaozonowanej do instalacji oczyszczania wody basenowej. Ale próby nie powiodły się, ze względu na bark króćców w instalacjach oczyszczania wody, umożliwiających włączenie instalacji wody zaozonowanej. Po konsultacjach podjęto próbę wprowadzania wody ze SPiD-u do zbiorników wody obiegowej. W pierwszej próbie prowadzono dozowanie w okresie nocnym i w drugiej kolejności również w ciągu dnia z oznaczaniem zawartości ozonu w wodzie i powietrzu. Te działania pozwoliły na obniżenie zawartości ogólnej liczby mikroorganizmów i bakterii typu *Pseudomonas aeruginosa*, ale nie udało się całkowicie zlikwidować tych bakterii. Badania z 26 i 31 maja potwierdziły, że nie udało się obniżyć liczby bakterii w instalacji cyrkulacji wody basenu rekreacyjnego i brodzika przy bardzo znaczącym obniżeniu zawartości chloru związanego.

W trzeciej kolejności wykonano czyszczenie ścian zbiorników i instalacji atrakcji przy użyciu dyszy bezmgłowej mieszkanką wody z ozonem resztkowym – wodą zaozonowaną. Te działania pozwoliły na likwidację bakterii typu *Pseudomonas aeruginosa* zarówno w wodzie z niecek, jak i instalacji cyrkulacji poszczególnych basenów. Badania wykonane 5 czerwca 2017 r. przez laboratorium CBI DGP dały następujące wyniki. Zawartość ogólnej liczby mikroorganizmów poniżej wymagań rozporządzenia ministra zdrowia (100 i 20 jtk/1 ml):

- ◆ w wodzie basenu sportowego B1 – 69 jtk/1 ml,
- ◆ w instalacji cyrkulacji B1 – 10 jtk/1 ml,



◆ MIEJSCE POBORU WODY DO OZONOWANIA – BAsEN PŁYWACKI

- ◆ w wodzie basenu rekreacyjnego B2 – 90 jtk/1 ml,
- ◆ w wodzie wanny spa 1 – 11 jtk/1 ml,
- ◆ w wodzie wanny spa 2 – 70 jtk/1 ml,
- ◆ w wodzie brodzika B3 – 43 jtk/1 ml,
- ◆ w instalacji cyrkulacji brodzika B3 – 17 jtk/1 ml.

Zawartość chloru związanego poniżej wymagań rozporządzenia ministra zdrowia (0,3–0,2 mgCl₂/dm³):

- ◆ w wodzie basenu sportowego – 0,27 mgCl₂/dm³,
- ◆ w instalacji cyrkulacji B1 – 0,17 mgCl₂/dm³,
- ◆ w wodzie basenu rekreacyjnego – 0,07 mgCl₂/dm³,
- ◆ w instalacji cyrkulacji B2 – 0,05 mgCl₂/dm³,
- ◆ w wodzie wanny spa 1 – 0,06 mgCl₂/dm³,
- ◆ w wodzie wanny spa 2 – 0,21 mgCl₂/dm³,
- ◆ w wodzie brodzika – 0,08 mgCl₂/dm³,
- ◆ w instalacji cyrkulacji brodzika B3 – 0,05 mgCl₂/dm³.

Zawartość chloroformu (trichlorometan) poniżej wymagań rozporządzenia ministra zdrowia (0,03 mgCl₂/dm³):

- ◆ w wodzie basenu sportowego – 0,022 mgCl₂/dm³,
- ◆ w instalacji cyrkulacji B1 – 0,030 mgCl₂/dm³,
- ◆ w wodzie basenu rekreacyjnego – 0,023 mgCl₂/dm³,
- ◆ w instalacji cyrkulacji B2 – 0,019 mgCl₂/dm³,
- ◆ w wodzie wanny spa 1 – 0,025 mgCl₂/dm³,
- ◆ w wodzie wanny spa 2 – 0,023 mgCl₂/dm³,
- ◆ w wodzie brodzika – 0,012 mgCl₂/dm³,
- ◆ w instalacji cyrkulacji brodzika B3 – 0,013 mgCl₂/dm³.

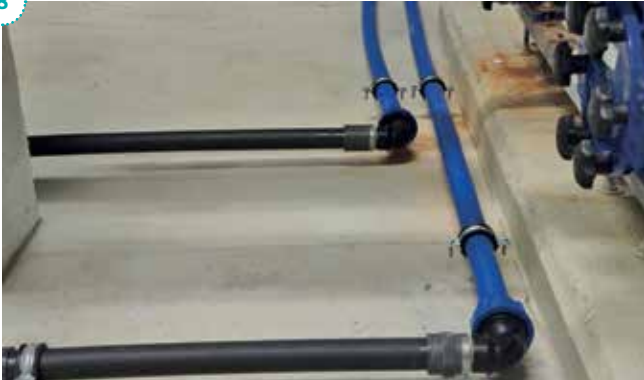
Zawartość THM – suma poniżej wymagań rozporządzenia ministra zdrowia (0,1 mgCl₂/dm³):

- ◆ w wodzie basenu sportowego – 0,030 mgCl₂/dm³,
- ◆ w instalacji cyrkulacji B1 – 0,039 mgCl₂/dm³,
- ◆ w wodzie basenu rekreacyjnego – 0,040 mgCl₂/dm³,
- ◆ w instalacji cyrkulacji B2 – 0,033 mgCl₂/dm³,
- ◆ w wodzie wanny spa 1 – 0,042 mgCl₂/dm³,
- ◆ w wodzie wanny spa 2 – 0,038 mgCl₂/dm³,
- ◆ w wodzie brodzika – 0,038 mgCl₂/dm³,
- ◆ w instalacji cyrkulacji brodzika B3 – 0,046 mgCl₂/dm³.

Ocena skuteczności proponowanych rozwiązań

Analizując okres od stycznia do lutego, można zauważyć wzrost wszystkich parametrów zarówno w niecce basenu, jak i w systemie cyrkulacji. W czerwcu przedstawiono wyniki po zastosowaniu systemu mobilnego ozonowania (tab. 1).

8



FRAGMENT WYKONANEJ INSTALACJI DO PROWADZENIA OKRESOWEGO OZONOWANIA



MIEJSCE WPROWADZENIA WODY ZAOZONOWANEJ DO INSTALACJI CYRKULACJI - BASEN PŁYWACKI

TABELA 1. ZESTAWIENIE PARAMETRÓW W STYCZNIU, LUTYM I CZERWCU - BASEN REKREACYJNY

	JEDNO-STKA	2017			
		STYCZEŃ	LUTY	CZERWIEC	
	pH	-	6,82	6,86	6,9
	Chlor wolny	mg/dm ³	0,43	0,46	0,71
	Chlor związany	mg/dm ³	0,5	0,58	0,07
Cyrkulacja	pH	-	6,79	6,79	6,6
	Potencjał redox	mV	748	780	720
	Chlor wolny	mg/dm ³	0,48	0,53	0,52
	Chlor związany	mg/dm ³	0,57	0,58	0,13

Zawartość chloru związanego została przekroczona w styczniu i w lutym, natomiast po procesie ozonowania zawartość ta spadła ośmiokrotnie, dzięki czemu spełniała dopuszczalne wartości 0,3 Cl₂mg/dm³. Podjęte działania z użyciem mobilnego ozonatora typu SPiD przyniosły poprawę jakości wody, ale było to bardzo trudne ze względu na brak możliwości wykorzystania w pełni tego urządzenia - brak przygotowania instalacji oczyszczania wody do włączenia instalacji ozonowania. Jednak doświadczenia uzyskane przy awaryjnym użyciu urządzenia typu SPiD pozwalają na wdrożenie w przyszłości procedur naprawczych w następującej kolejności:

R E K L A M A





REKTOR UV W INSTALACJI CYRKULACJI WODY DLA BASENU PŁYWACKIEGO

1. czyszczenie, mycie za pomocą lancy natryskowej wyposażonej w dyszę bezmgłową, mieszanką wody z ozonem resztkowym – wody woskozaozonowanej rynien przelewowych wraz z rurami odpływowymi we wszystkich nieckach,
2. czyszczenie, mycie za pomocą lancy natryskowej wyposażonej w dyszę bezmgłową, mieszanką wody z ozonem resztkowym – wody woskozaozonowanej zbiorników i instalacji atrakcji,
3. włączenie instalacji wody woskozaozonowanej do instalacji oczyszczania wody.

Od momentu uzyskania pozytywnych wyników, pozwalających na ponowne uruchomienie obiektu dla kąpiących, zarządzający obiektem dołożyli wszelkich starań, żeby zakupić urządzenie typu SPiD. Zakupu i montażu urządzenia dokonano we wrześniu 2018 r. Ze względu na brak możliwości technicznych SPiD został zamontowany jako stacjonarny a nie jako mobilny (fot. 6). Zostały wykonane



ZAWÓR DO WPROWADZENIA WODY ZAOZONOWANEJ W INSTALACJI OCZYSZCZANIA WODY W BRODZIKU

cztery instalacje, pozwalające na prowadzenie okresowego ozonowania wody we wszystkich basenach. Na fot. 7–9 pokazano miejsca poboru wody, rozwiązania instalacji doprowadzających i miejsce wprowadzenia wody zaozonowanej do instalacji cyrkulacyjnej dla basenu sportowego z filtrem podciśnieniowym. W instancji został zabudowany rektor średniociśnieniowy UV (fot. 10). Wykonano instalacje również dla instalacji cyrkulacji dla brodzika (fot. 11) i wani spa z filtrami ciśnieniowymi.

W trakcie pierwszego okresu eksploatacji, instalacja wody zaozonowanej była przełączana co sześć godzin z założoną dawką $0,3 \text{ mgO}_3/\text{dm}^3$ (fot. 12). Pomimo krótkiego czasu pracy (i w zasadzie bardzo minimalnej zalecanej dawki ozonu) uzyskano znaczące obniżenie zawartości chloru związanego z poziomu od $0,8\text{--}1,0 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ do średnio $0,34\text{--}0,38 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ w basenach pływakim i rekreacyjnym oraz $0,24\text{--}0,31 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ w brodziku i $0,34\text{--}0,38 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ w wannach spa.

W dalszych działaniach zalecono zmiany czasów dozowania wody zaozonowanej przez 12 godzin w każdej instalacji z dawką $0,6 \text{ mgO}_3/\text{dm}^3$, a następnie przejście na pracę co 24 godziny w każdym z czterech obiegów z oceną zawartości chloru związanego. Takie działania pozwolą na ustalenie sposobu prowadzenia okresowego ozonowania.

Podsumowanie

Problemy z dobrą jakością wody basenowej występują w bardzo wielu basenach. Przedstawione wcześniejsze próby różnych działań naprawczych w jednej ze śląskiej pływalni nie przyniosły oczekiwanych efektów. W sytuacji krytycznej zastosowanie systemu SPiD z produkcją wody woskozaozonowanej przyniosło sukces związany z likwidacją zagrożenia bakteriologicznego oraz znaczące obniżenie zawartości chloru związanego, nawet poniżej wymaganego poziomu. Jednorazowe wykorzystanie systemu pozwoliło na krótki czas poprawić jakość wody. Jednak brak tych działań przez rok ponownie doprowadził do znaczącego zwiększenia poziomu chloru związanego, ale nie odnotowano już zagrożenia bakteriologicznego. Dokonano zakupu i montażu urządzenia SPiD i wykonano dodatkową instalację do stosowania wody zaozonowanej we wrześniu 2018 r. Pomimo ustalenia krótkiego czasu i ostrożnego dozowania O_3 uzyskano znaczące obniżenie zawartości chloru związanego. Dalsze działania będą monitorowane.



dr inż. Florian G. Piechurski – Politechnika Śląska, Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice.



WIDOK URZĄDZENIA SPiD W TRAKCIE PRACY