

# Modernizacja ozonowania wody w ZUW Raba



tekst: **ANNA BIEDRZYCKA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne  
zdjęcia: **WODOCIĄGI MIASTA KRAKOWA SA**



W Zakładzie Uzdatniania Wody Raba w Dobczycach rozpoczęła się modernizacja systemu ozonowania wody, polegająca na zastąpieniu wyeksploatowanej instalacji nową, wytwarzającą ozon z ciekłego tlenu. Inwestycja ma na celu dostosowanie obiektu do obowiązujących oraz przewidzianych do wprowadzenia w nieodległej przyszłości wymagań prawnych. Przeprowadzona modernizacja pozwoli na utrzymanie bardzo wysokiego poziomu bezpieczeństwa i jakości wody dostarczanej mieszkańcom Krakowa.

Położony ok. 30 km od Krakowa ZUW Raba został uruchomiony w 1974 r. Jest największym producentem wody w krakowskim systemie wodociągowym. Woda pobierana z utworzonego na Rabisie Jeziora (Zbiornika) Dobczyckiego jest dostarczana do ponad 60% mieszkańców Krakowa. W 2021 r. zakład uzdatnił ponad 36 mln m<sup>3</sup> wody. Składa się z dwóch ciągów technologicznych: Raba I i Raba II. Proces uzdatniania wody w obu niezależnych liniach technologicznych rozpoczyna się od wspólnego dla obu ciągów wstępnego ozonowania wody.

Decyzja o modernizacji systemu ozonowania była podyktowana wiekiem obecnie pracującej instalacji (została uruchomiona w 1996 r.) i wynikającym z tego znacznym stopniem zużycia poszczególnych jej elementów. Inwestycja ma też ścisły związek ze zmianami legislacyjnymi wprowadzonymi dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z 16 grudnia 2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (*Drinking Water Directive – DWD*).

## Dyrektywa 2020/2184

DWD 2020/2184 weszła w życie 4 stycznia 2021 r. Jest znacznie rozszerzoną aktualizacją pierwszej europejskiej DWD – 98/83/WE z 3 listopada 1998 r. W ciągu lat do tej dyrektywy wprowadzono kolejne zmiany, a największe obciążenie dla wodociągów spowodowała zmiana z 2015 r. Zastosowano wówczas nowe podejście do bezpieczeństwa wody, oparte na zarządzaniu ryzykiem w całym łańcuchu dostaw. W Polsce przełożyło się

to na zmiany wprowadzone ustawą z 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (obowiązującą od 1 stycznia 2018 r.), zobowiązującą przedsiębiorstwa wodociągowe do przeprowadzenia w ciągu trzech lat (do 2021 r.) analizy ryzyka na potrzeby ustanowienia stref ochrony pośredniej ujęć wody, a także na zmiany wprowadzone rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2017, poz. 2294).

Debata nad treścią nowej dyrektywy trwała kilka lat, a jej zapisy były szeroko konsultowane. Na implementację nowej DWD państwa członkowskie UE mają dwa lata. Dyrektywa nie zajmuje się jedynie jakością wody do spożycia – jak wskazuje jej tytuł, ale także bezpieczeństwem i szeroką dostępnością wody. W świetle jej zapisów odbiorca staje się jeszcze ważniejszy, należy mu się więcej informacji oraz bezwzględne prawo do czystej i zdrowej wody, i to również wtedy, gdy go na nią nie stać. Nowe prawo stanowi też odpowiedź na inicjatywę obywatelską Right2Water na rzecz poprawy dostępu wszystkich Europejczyków do bezpiecznej wody z kranu. Inicjatywę tę podpisało ponad 1,8 mln osób. To pierwsza europejska inicjatywa obywatelska, która wymogła zmiany w prawie. W ramach Right2Water jako odrębny problem zidentyfikowano fakt, że część populacji, w szczególności grupy zmarginalizowane, nie ma dostępu do wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, a zapewnienie takiego dostępu stanowi zobowiązanie w ramach celu nr 6 Agendy Narodów Zjednoczonych na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju

2030. Dostęp do czystej wody grupom szczególnie wrażliwym ma umożliwić budowa instalacji w przestrzeniach publicznych na zewnątrz i w budynkach, m.in. instalowanie kranów lub pitników.

Nowe przepisy uaktualniają normy jakości wody z kranu, ustalając maksymalne limity niektórych substancji zanieczyszczających. Nowością jest objęcie regulacjami dyrektywy jakości wody w instalacjach wewnętrznych. Ustalają one również minimalne wymogi higieniczne dla materiałów mających kontakt z wodą do spożycia (takich jak rury lub kran), aby uniknąć zanieczyszczeń. Substancje zaburzające gospodarkę hormonalną, produkty lecznicze i mikroplastiki będą monitorowane w ramach tworzonych list obserwacyjnych, dzięki którym nadzór unijny będzie mógł nadążać za najnowszymi odkryciami naukowymi.

Kraje członkowskie mogą zachęcać do oferowania wody z kranu za darmo lub za niewielką opłatą w restauracjach. Konsumenci mają mieć ułatwiony dostęp do informacji o jakości oraz cenie wody z kranu – na rachunku lub przez aplikację na smartfonie.

Każde państwo członkowskie ma zapewnić, aby ustanowione zostały programy monitorowania w celu sprawdzenia, czy woda przeznaczona do spożycia przez ludzi spełnia wymogi dyrektywy. Monitorowanie do celów dyrektywy będzie w głównej mierze prowadzone przez dostawców wody. Mają oni pewien stopień elastyczności, jeśli chodzi o parametry, które będą monitorować do celów oceny ryzyka i zarządzania ryzykiem w systemie zaopatrzenia. Jeżeli dany parametr nie zostanie wykryty, dostawcy wody będą mogli zmniejszyć częstotliwość monitorowania lub całkowicie go zaprzestać w odniesieniu do tego parametru. Ocena ryzyka i zarządzanie ryzykiem w systemie zaopatrzenia będą jednak prowadzone w odniesieniu do większości parametrów. Podstawowy zestaw parametrów ma podlegać monitorowaniu z określoną minimalną częstotliwością. W dyrektywie określono głównie przepisy dotyczące częstotliwości monitorowania do celów kontroli zgodności i nieliczne przepisy dotyczące monitorowania do celów operacyjnych. Konieczna będzie reorganizacja systemu kontroli jakości wody przez firmy wodociągowe, a w dłuższej perspektywie będą też miały one obowiązek monitoringu i redukcji wycieków.

Poważnym wyzwaniem dla dostawców wody jest wspomniany wyżej obowiązek zarządzania ryzykiem w całym łańcuchu dostaw – od obszaru zasilania, poboru, uzdatniania, magazynowania i dystrybucji wody, aż do punktu zgodności. System zarządzania ryzykiem będzie podzielony na trzy części: obszar zasilania, system zaopatrzenia w wodę oraz wewnętrzny system wodociągowy.

Bardzo istotnym zapisem, którego domagała się m.in. branża wodociągowa, jest zwrócenie uwagi na ścisły związek dyrektywy z Ramową Dyrektywą Wodną. Niedopuszczalne jest pogorszenie zasobów wykorzystywanych do poboru wody surowej. Artykuł 7 RDW podkreśla konieczność redukcji poziomu uzdatniania wymaganego przy produkcji wody do spożycia. W nowej dyrektywie napisano, że ocena ryzyka i zarządzanie ryzykiem w obszarach zasilania punktów poboru wody powinny uwzględniać holistyczne podejście i być nakierowane na zredukowanie poziomu uzdatniania wymaganego do produkcji wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, m.in. przez zmniejszenie presji powodujących zanieczyszczenie lub ryzyko zanieczyszczenia części wód wykorzystywanych do poboru wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. W praktyce jest to możliwe tylko wówczas,

gdy wdroży się unijną zasadę ostrożności oraz kontroli u źródła, a siły i środki zostaną skoncentrowane na konsekwentnej poprawie zasobów wodnych. Rozwiązania polegające na rozbudowie technologii wymuszanej coraz gorszą jakością wody ujmowanej idą wbrew unijnemu prawu, ale przedsiębiorstwa wodociągowe nie mają wyjścia i muszą reagować na pogarszającą się sytuację z jakością zasobów wodnych. Wpisanie wymogu art. 7 RDW jest więc bardzo istotnym krokiem w dobrym kierunku.

W Wodociągach Miasta Krakowa już w 2012 r. wprowadzono kompleksową metodę oceny i zarządzania ryzykiem w całym łańcuchu dostaw wody, zgodną z metodyką określoną w wytycznych WHO (w rozdziale 4 tych wytycznych opisano metodologię oceny ryzyka w systemach zaopatrzenia w wodę pod nazwą Planu Bezpieczeństwa Wody – *Water Safety Plan*, WSP, których wdrożenie jest zalecane jako najskuteczniejsze narzędzie ciągłego zapewnienia bezpieczeństwa zaopatrzenia w wodę) oraz nową normą PN-EN 15975, cz. 2. Na wielobarierową ochronę jakości wody do spożycia składają się trzy główne elementy: ochrona ujęć, ochrona procesów uzdatniania oraz ochrona systemów dystrybucji. Spółka dysponuje bardzo nowoczesnym i sprawnym systemem kontroli jakości, który obejmuje monitoring w całym łańcuchu dostaw wody, począwszy od stref sanitarnych rzek stanowiących źródła wody do spożycia, przez stacje osłonowe zabezpieczające ujęcia wody przed incydentalnymi zanieczyszczeniami, kontrolę ciągów technologicznych w zakładach uzdatniania, a skończywszy na kompleksowych badaniach wody dostarczanej do miejskiej sieci wodociągowej oraz wody z ponad 60 punktów stałego monitoringu na końcówkach sieci. Spełnienie norm jakościowych dostarczanej wody jest kontrolowane przez posiadające akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (nr AB776) Centralne Laboratorium, które należy do ścisłej krajowej czołówki pod względem liczby wdrożonych metod analitycznych (200 metod) i wykonywanych badań (ok. 110 tys. rocznie).

„Nowa DWD 2020/2184 w art. 9 *Ocena ryzyka i zarządzanie ryzykiem w systemie zaopatrzenia* w pkt. 3d nakłada obowiązek zapewnienia, aby w przypadku gdy dezynfekcja stanowi część przygotowania lub dystrybucji wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, wszelkie zanieczyszczenia ubocznymi produktami dezynfekcji były utrzymywane na jak najniższym poziomie – mówi dr inż. Tadeusz Żaba, dyrektor produkcji w Wodociągach Miasta Krakowa SA. – W wyniku prowadzonej w sposób ciągły oceny ryzyka w krakowskim systemie zaopatrzenia w wodę w ramach Planów Bezpieczeństwa Wody zidentyfikowaliśmy nowe potencjalne zagrożenie dotyczące dotychczas niemonitorowanych ubocznych produktów dezynfekcji – kwasów halogenooctowych (HAA), które po raz pierwszy zostały ujęte w nowej DWD. Istotnym środkiem zaradczym, minimalizującym to zagrożenie, jest prowadzenie zaawansowanych procesów technologicznych eliminujących prekursorów ubocznych produktów dezynfekcji, co w przypadku ZUW Raba realizowane jest w procesie wstępnego utleniania wody – wysokosprawnego ozonowania wstępnego wody”.

### System ozonowania w ZUW Raba

Woda z Jeziora Dobczyckiego pobierana jest z trzech poziomów, co umożliwia pobór wody o najlepszej jakości w danym dniu. Następnie jest poddawana wieloetapowemu uzdatnianiu, kolejno ozonowaniu, koagulacji, sedymentacji i filtracji. Ostatnim etapem jest dezynfekcja. W zakresie ostatniego etapu już





Sprężarka tłocząca powietrze do zbiorników



Zbiorniki sprężonego powietrza



System oczyszczania i przygotowania powietrza



Obecnie pracujące generatory ozonu

dokonano zasadniczych zmian. W latach 2012–2015 zbudowano instalację do ultrafioletu oraz instalację elektrolizerów do produkcji podchlorynu sodu wraz z potrzebną infrastrukturą, rezygnując tym samym z dotychczasowej dezynfekcji chlorem gazowym. Promienniki UV zamontowano na rurociągach tłocznych w nowo zbudowanej komorze. Wykonane są w formie rury kwarcowej z wtopionymi na końcach elektrodami. W rurze znajduje się próżnia z niewielką ilością rtęci, źródłem promieniowania jest wyładowanie elektryczne w parach rtęci. Wytwarzane w promiennikach promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali 230–290 nm ma oddziaływanie bakteriobójcze. Promienie UV radzą sobie nawet z bakteriami z rodzaju *Clostridium*, bardzo trudnymi do zwalczania innymi metodami. Jednak ze względu na odległość zakładu uzdatniania od odbiorców wprowadzono jeszcze drugi stopień dezynfekcji wody w postaci dawkowania podchlorynu sodu, substancji znanej od 200 lat i stosowanej m.in. w medycynie. Podchloryn sodu w połączeniu z promieniami UV zapewnia pełne bezpieczeństwo mikrobiologiczne. Obecnie zajęto się początkowym etapem uzdatniania.

Po wtłoczeniu pobranej z ujęcia wody na teren zakładu proces technologiczny rozpoczyna się od ozonowania wstępnego, którego celem jest utlenienie zanieczyszczeń, szczególnie bakterii i mikroorganizmów. Woda surowa dopływa do zbiornika kontaktowego, w którym następuje proces wstępnego utleniania za pomocą ozonu. Zbiornik kontaktowy jest podzielony na dwie komory pracujące równolegle o łącznej pojemności 9 tys. m<sup>3</sup>. Każda komora zbiornika kontaktowego ma 50 m długości, 11,5 m szerokości i 7,6 m wysokości. Posiada zabudowane przegrody, które wymuszają przepływ wody w sposób sinusoidalny. Ozon podawany jest do wody za pomocą dysz zamontowanych w dnie zbiornika. W celu zapewnienia odpowiedniej jakości procesu technologicznego raz w roku komory są wyłączane z eksploatacji i czyszczone. Wówczas też wymieniane są w nich uszkodzone dyfuzory. Zwykle jest ich ok. 200 na komorę. Ozon wytwarzany jest z powietrza atmosferycznego. W skład instalacji wchodzi trzy sprężarki, trzy zbiorniki sprężonego powietrza, trzy stacje oczyszczania i osuszania powietrza, cztery generatory ozonu i dwa destruktorzy resztek ozonu.

Pobrane powietrze po sprężeniu magazynowane jest w zbiornikach sprężonego powietrza, a następnie kierowane do stacji oczyszczania i osuszania. Istotnym elementem jest zapewnienie odpowiedniej jakości powietrza kierowanego do ozonatorów. Za przygotowanie powietrza odpowiadają desykatory.

Powietrze o temperaturze punktu rosy poniżej 65 °C trafia do generatorów, gdzie pod wpływem napięcia 10 kV część tlenu zawarta w powietrzu zamienia się w ozon. Zakład dysponuje czterema generatorami ozonu. Stężenie ozonu w powietrzu zależy od mocy generatora, jeden generator jest w stanie wyprodukować 7,5 kg O<sub>3</sub>/h. Dawka ozonu jest na bieżąco ściśle dopasowywana do jakości wody ujmowanej. Obecna instalacja pozwala na utrzymywanie dawkowania ozonu do zbiornika kontaktowego w zakresie 0–4 g O<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> w pełnym zakresie wydajności zakładu.

Po ozonowaniu woda wpływa do wyposażonej w odpowiednie mieszadło komory mieszania i rozdziału, gdzie dozowane są do wody środki chemiczne. Komora ma kształt studni o wymiarach 5,5 x 5,5 m i głębokości 8 m, co daje pojemność 0,25 tys. m<sup>3</sup>. Resztki ozonu niewykorzystane w procesie dmuchawy kierują do destruktorów, które rozkładają go do tlenu – do atmosfery trafia powietrze bez ozonu.



## Nowa instalacja

Modernizacja systemu wstępnego ozonowania wody w ZUW Raba obejmuje projekt i wykonanie układu wytwarzania ozonu z tlenu i wprowadzania go do wody wraz z wszystkimi instalacjami, urządzeniami i wyposażeniem towarzyszącym, niezbędnym do prawidłowego działania instalacji ozonowania zgodnie z aktualnie obowiązującymi przepisami. Modernizacja odbywa się w istniejącym obiekcie, który w trakcie prac modernizacyjnych musi zapewnić ciągłość procesu uzdatniania wody.

Podstawowym zadaniem systemu wstępnego ozonowania w ZUW Raba jest utlenienie zanieczyszczeń, przede wszystkim organicznych, które znajdują się w wodzie pobieranej ze zbiornika zaporowego, zbudowanego i eksploatowanego na potrzeby zaopatrzenia w wodę mieszkańców Krakowa. Specyfika metabolizmu organizmów bytujących w zbiornikach wodnych wymusza konieczność dostosowania dawki ozonu do aktualnego stanu jakościowego wody. Z kolei ilość ozonu wprowadzonego do wody jest zależna od wielkości produkcji. Proces ozonowania został sprawdzony w praktyce ZUW Raba, gdyż jest on stosowany nieprzerwanie od 26 lat, a obecna modernizacja służy wymianie wyeksploatowanego sprzętu i urządzeń. Tlen będzie dostarczany autocysternami w postaci ciekłej, następnie odparowywany i w postaci gazowej dostarczany do generatorów ozonu pracujących w reżimie automatycznym.

Zakres robót instalacyjnych w ramach zadania *Modernizacja systemu wstępnego ozonowanie wody w ZUW Raba Dobczyce* obejmuje następujące elementy składowe:

- budowę systemu przechowania tlenu technicznego do zasilania ozonatorów – zbiorniki tlenu wraz z konstrukcją ich fundamentów, rurociągi doprowadzające, monitoring, urządzenia pomiarowe (np. ilości pozostałego tlenu) i wszystkie elementy wyposażenia niezbędne do działania tych zbiorników;
- wymianę ozonatorów na urządzenia produkujące ozon z tlenu technicznego: trzy generatory ozonu o wydajności min. 10,5 kg O<sub>3</sub>/h przy zachowaniu stężenia ozonu w gazie 10–100% oraz zapewnionym ciśnieniu gazu min. 1,7 b. Wydajność została określona dla temperatury wody chłodzącej 25 °C. Przyjęto, że układ generowania ozonu zapewni maksymalną wydajność przy dwóch pracujących generatorach, a trzeci stanowił będzie rezerwę;
- wymianę układu wprowadzania ozonu – będzie oparty na dyfuzorach radialnych (dyskowych);
- wymianę całego układu dystrybucji ozonu w obiekcie (rurociągów rozprowadzających) oraz monitorowania przepływów i sterowania dawkami ozonu;
- pomiar zawartości ozonu w wodzie będzie wykonywany w dwóch strefach – bezpośrednio po dozowaniu i w rurociągu odpływowym zbiornika kontaktowego;
- montaż detektorów online ozonu – w powietrzu w pomieszczeniach (w liczbie zgodnej z obowiązującymi przepisami i charakterystyką urządzeń), dwa urządzenia po destruktorach i jeden w komorze rozdziału; pomiar stężenia ozonu w tlenie będzie wykonywany na wyjściu każdego z generatorów O<sub>3</sub>;
- instalację destruktorów ozonu uwolnionego w przestrzeni powietrznej komór kontaktowych ozonu. Nowe destruktory termiczno-katalityczne, w liczbie co najmniej dwóch, zostaną dobrane i zamontowane tak, aby zapewnić wytworzenie podciśnienia w komorach kontaktowych. Układ destrukcji musi posiadać możliwość prawidłowego funkcjonowania w przypadku awarii jednego z urządzeń. Każde z urządzeń



Rurociągi przesyłające wodę po procesie ozonowania

ma posiadać wydajność niezbędną do obsługi dwóch komór, a układ zasuw umożliwi zasysanie gazów z jednej lub dwóch komór zbiornika;

- dostosowanie zbiorników kontaktowych do nowej instalacji ozonowania (niezbędne remonty i modernizacje – roboty budowlane);
  - demontaż pozostałych (zbędnych) instalacji.
- Na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych oraz mając na względzie perspektywiczną produkcję wody w ZUW Raba, opracowano następujące założenia technologiczne koncepcji ozonowania:

- max. wydajność ZUW: 186 000 m<sup>3</sup>/d;
- max. godzinowa wydajność produkcji wody: 7750 m<sup>3</sup>/h;
- min. godzinowa wydajność produkcji wody: 2500 m<sup>3</sup>/h;
- sposób ozonowania: ozonowanie wstępne;
- dawka ozonu do ozonowania wstępnego w zakresie 2,0–4,0 g/m<sup>3</sup> na podstawie określonego zapotrzebowania i wydajności. W wyniku analizy technologicznej układu uzdatniania obejmującej ocenę wielkości dawki ozonu oraz nierównomierności jego produkcji wynikającej z nierównomiernej jakości wody surowej oraz nierównomiernego rozkładu godzinowego pracy ZUW określono następujące zapotrzebowanie na ozon: max. 31,0 kg O<sub>3</sub>/h, min. 5,0 kg O<sub>3</sub>/h. Maksymalna produkcja ozonu będzie miała miejsce wtedy, gdy dozowana będzie maksymalna dawka tego gazu przy jednocześnie maksymalnej produkcji godzinowej. A zatem przez maksymalną dawkę rozumie się stężenie ozonu dozowanego do wody na poziomie ok. 4,0 g/m<sup>3</sup> przy max. produkcji wody 7750 m<sup>3</sup>/h. Minimalna dawka ozonu jest liczona dla wydajności 2500 m<sup>3</sup>/h i dawki dozowanego ozonu równej 2,0 g/m<sup>3</sup>.

Planowany jest też kompleksowy remont pomieszczeń komory ozonowania, obejmujący m.in. modernizację systemów ogrzewania, wentylacji i wymianę pokrycia dachowego. Termin zakończenia wszystkich prac przewidziano w 2023 r. Ciekawostką jest, że zdecydowano o pozostawieniu w formie ekspozycji jednego aktualnie pracującego ciągu technologicznego, który będzie obrazował historię rozwoju techniki wodociągowej.

[www.wodociagi.krakow.pl](http://www.wodociagi.krakow.pl)



Czytaj więcej





**WODOCIĄGI**  
**Miasta Krakowa**

*121 lat jesteśmy z Wami. Każdego dnia!*



[wodociagi.krakow.pl](http://wodociagi.krakow.pl)

