

Iwona Lasocka-Gomuła, Agata Maciołek, Paulina Kania, Paweł Karolczak

Doświadczenia z wprowadzania dwutlenku chloru do dezynfekcji w stacji oczyszczania wody w Mosinie

Końcowym elementem procesu oczyszczania wody jest najczęściej dezynfekcja. Najistotniejszym kryterium wyboru odpowiedniego środka dezynfekcyjnego jest jakość ujmowanej wody, a także zastosowana technologia oczyszczania oraz wydajność stacji i rozległość sieci wodociągowej. Niektóre substancje chemiczne obecne w wodzie, takie jak rozpuszczony węgiel organiczny (RWO), są prekursorami szkodliwych dla ludzi związków chemicznych, które powstają podczas procesu dezynfekcji jako produkty uboczne. Z tego powodu trwają poszukiwania coraz to doskonalszych środków do dezynfekcji wody (o działaniu chemicznym i fizycznym), które będą pozbawione wad dotychczas stosowanych utleniaczy chemicznych. W ostatnich latach wiele stacji wodociągowych wycofało się z dezynfekcji wody chlorem gazowym na rzecz dwutlenku chloru. Było to podyktowane między innymi tym, że dwutlenek chloru nie tworzy ze związkami organicznymi szkodliwych trihalometanów (THM), co korzystnie wpływa na jakość wody. Ponadto lokalizacja chlorowni z chlorem gazowym ma istotne ograniczenia terenowe z powodu konieczności zachowania odpowiedniej strefy ochronnej względem zabudowy mieszkaniowej. O popularności dwutlenku chloru decyduje także jego duża skuteczność dezynfekcyjna w stosunku do wirusów i bakterii. Niestety dawkowanie dwutlenku chloru również pociąga za sobą powstawanie produktów ubocznych, z których najlepiej rozpoznane do tej pory są chloryny i chloryny.

Ciągle jeszcze nie do końca są rozpoznane związki organiczne, które – jako produkty uboczne – powstają w wyniku reakcji dezynfektantów z zawartymi w wodzie naturalnymi substancjami organicznymi. Są one czynnikiem wpływającym na stabilność biologiczną wody, a w szczególności ich najłatwiej przyswajalne frakcje, określane jako biodegradowalny rozpuszczony węgiel organiczny (BRWO). Substancje wchodzące w skład BRWO stanowią doskonałą bazę pokarmową dla mikroorganizmów tworzących na porowatej powierzchni sieci i urządzeń wodociągowych tzw. biofilm. Dotychczasowe doświadczenia w zakresie dezynfekcji wody pozwalają na stwierdzenie, że skuteczna dezynfekcja, czyli osiągnięcie i utrzymanie stabilności biologicznej wody w sieci dystrybucyjnej, zależy od równoczesnego spełnienia dwóch niezbędnych warunków – zastosowania odpowiedniej do jakości ujmowanej wody technologii oczyszczania oraz właściwego rodzaju i sposobu stosowania środków dezynfekcyjnych.

System wodociągowy Poznania

Aglomeracja poznańska jest zasilana w wodę z trzech stacji wodociągowych: „Mosina” (68%), „Wiśniowa” (27%) i „Gruszczyn” (5%). Wody ujmowane przez największą stację „Mosina” mają wiele cech wód podziemnych. Woda podawana do stacji „Wiśniowa” pochodzi z ujęcia infiltracyjnego, a do stacji „Gruszczyn” z ujęć głębinowych. Woda czysta w stacji „Mosina” tłoczona jest do Poznania dwiema magistralami o średnicy 1000 mm: tzw. nitką wschodnią, którą woda płynie bezpośrednio ze stacji do sieci oraz nitką zachodnią, na trasie której woda przepływa przez zbiorniki w Pożegowie o łącznej pojemności 60 tys. m³. Ważnym elementem systemu wodociągowego Poznania są końcowe zbiorniki retencyjne zlokalizowane w Morasku (północna część Poznania) o pojemności 30 tys. m³. Stacja „Mosina” dezynfekuje wodę mieszaną chloru i dwutlenku chloru, „Wiśniowa” stosuje tylko chlor gazowy, natomiast „Gruszczyn” zabezpiecza zbiorniki wody czystej zlokalizowane na terenie stacji niewielką dawką chloru gazowego, a na wyjściu ze stacji dawkuje dwutlenek chloru. W celu zapewnienia właściwej dezynfekcji wody wprowadzanej do sieci i jej ochronę przed wtórnym skażeniem bakteriologicznym, przedsiębiorstwo Aquanet SA realizuje program działań obejmujący:

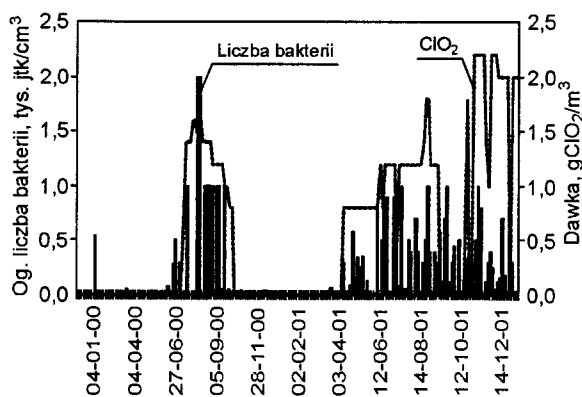
- analizę jakości wody ujmowanej z poszczególnych studni,
- analizę jakości wody oczyszczonej, ze szczególnym uwzględnieniem związków mających wpływ na zapotrzebowanie wody na dezynfektanty,
- analizę zużycia dezynfektantów w sieci wodociągowej.

Woda czysta przebywa w rozbudowanym systemie wodociągowym 3÷4 doby. Na potrzeby stałej kontroli jakości wody w sieci wyznaczono kilkadziesiąt punktów monitoringowych, z których najważniejsze to nitka zachodnia i wschodnia (na wyjściu ze stacji), magistrala wschodnia (Niwka) i magistrala zachodnia po zbiornikach w Pożegowie (czas przetrzymania wody ok. 1 d), punkty przy ul. Baranowskiej i ul. Palacza (przed dopływem wody mosińskiej do poznańskiej pętli, czas przetrzymania wody ok. 1,5 d) oraz przepompownia wody czystej przy ul. Koronnej, a także punkt za zbiornikami wody na Morasku.

Wprowadzanie dwutlenku chloru do dezynfekcji wody

Dezynfekcja wody w stacji „Mosina” była prowadzona do końca maja 2000 r. tylko chlorem gazowym, natomiast po uruchomieniu nowej instalacji dwutlenku chloru rozpoczęto powolne dawkowanie tego dezynfektanta do wody. Na początku bez zmiany dawki chloru rozpoczęto wprowadzanie

dwutlenku chloru w ilości około 10% całkowitej ilości obu środków. Zmiany dawek obu dezynfektantów dokonywano co kilka dni, wg założonego harmonogramu. Przez cały czas, w celu bieżącej analizy i oceny jakości bakteriologicznej wody, oprócz stałych punktów monitoringowych prowadzono dodatkową kontrolę w wyznaczonych punktach sieci wodociągowej. Po upływie miesiąca stosunek chloru gazowego do dwutlenku chloru wynosił 20%/80%. Na początku lipca 2000 r. pojawiły się pierwsze sygnały o dużej ogólnej liczbie bakterii w temp. 22 °C (rys. 1), w związku z czym sukcesywnie zwiększano dawkę dwutlenku chloru, aż do całkowitego wyłączenia chloru.

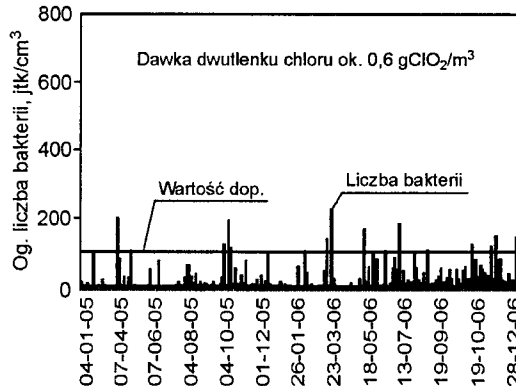


Rys. 1. Ogólna liczba bakterii w temp. 22 °C w punkcie kontrolno-pomiarowym przy ul. Baranowskiej w Poznaniu w latach 2000–2001 wraz z dawką dwutlenku chloru

Jednak stosowanie samego dwutlenku chloru nie zabezpieczyło wody w sieci przed rozwojem bakterii heterotroficznych, które powodują jej wtórne zanieczyszczenie. W miarę wzrostu udziału dwutlenku chloru zwiększała się ogólna liczba bakterii, natomiast wzrost udziału chloru wolnego (w październiku 2000 r.) spowodował dość szybkie zmniejszenie liczebności bakterii, a nawet ich eliminację do wymaganej wartości. Po tych doświadczeniach powrócono do stanu wyjściowego, to znaczy wyłączono dwutlenek chloru aż do kwietnia 2001 r. W tym czasie w badaniach laboratoryjnych określono zapotrzebowanie wody na oba środki dezynfekcyjne oraz określono ich wzajemne proporcje uwzględniając ich zużycie w funkcji czasu. W kwietniu 2001 r. ponownie podjęto próbę przejścia na dwutlenek chloru, sprawdzając wpływ proporcji obu środków dezynfekcyjnych na rozwój bakterii heterotroficznych w sieci wodociągowej. Założono, że stosując na początku mieszaninę obu dezynfektantów, w chwili osiągnięcia jednakowego ich udziału (50%/50%) dawka chloru będzie zmniejszana aż do stałej wartości około 0,3 gCl₂/m³, a dawka dwutlenku chloru będzie zmienna. Jednak po zmniejszeniu dawki chloru gazowego, podobnie jak wcześniej, zaczęły się pojawiać w wodzie bakterie we wszystkich punktach monitoringu. Tak więc zmiana sposobu dezynfekcji w stacji Mosina nie była prostym zadaniem i wymagała wiedzy przede wszystkim dotyczącej rozpoznania jakości wody poddawanej dezynfekcji silniejszym utleniaczem, jakim jest dwutlenek chloru. Na rysunku 1 przedstawiono zależność między dawką dwutlenku chloru a ogólną liczbą bakterii heterotroficznych w latach 2000–2001, czyli w czasie, kiedy stosowano różne proporcje obu dezynfektantów.

W miarę upływu czasu stosowania dwutlenku chloru, zwiększanie udziału chloru coraz mniej skutecznie oddziaływało na zmniejszenie liczebności bakterii, a wcześniejsze zależności stały się mniej czytelne (wrzesień 2001 r.). Te spostrzeżenia,

jak i przyczyny braku stabilności biologicznej wody mogą sugerować, że głównym czynnikiem odpowiedzialnym za rozwój bakterii heterotroficznych w sieci wodociągowej był nowy reagent chemiczny – dwutlenek chloru. Dlatego przez cały czas woda jest dezynfekowana mieszaniną chloru i dwutlenku chloru (60%/40%). Ponadto obecnie stosuje się stałą dawkę dwutlenku chloru, a dawka chloru gazowego jest zmienna. Na rysunku 2 przedstawiono ogólną liczbę bakterii w temperaturze 22 °C w punkcie kontrolno-pomiarowym przy ul. Baranowskiej w Poznaniu w latach 2005–2006. Stosowanie niewielkich ilości dwutlenku chloru w stosunku do chloru świadczy o tym, że woda w sieci Poznania jest stabilna i chroniona mikrobiologicznie za pomocą chloru, a nie dwutlenku chloru.



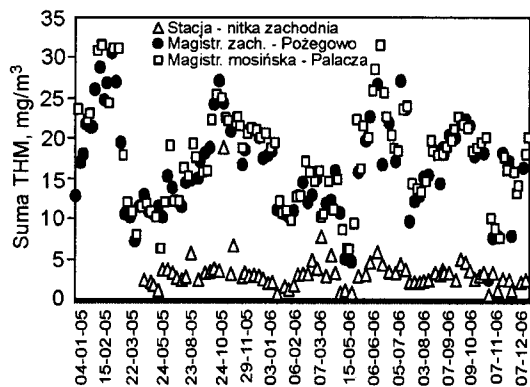
Rys. 2. Ogólna liczba bakterii w temp. 22 °C w punkcie kontrolno-pomiarowym przy ul. Baranowskiej w Poznaniu w latach 2005–2006

Dwutlenek chloru ma większe zdolności do utleniania zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych niż chlor. Ponadto reaguje szybciej niż chlor ze związkami humusowymi zawartymi w wodzie i rozbija je na drobne frakcje powodując tworzenie BRWO. Dawkowane do wody dezynfektanty zużywane są w niej równocześnie na procesy utleniania substancji organicznych.

Ze względu na ich dużą zawartość w wodzie mosińskiej, rola dwutlenku chloru jako dezynfektanta jest ograniczona, poprzez jego znaczne zużycie na utlenianie RWO. W badaniach pilotowych przeprowadzonych w stacji Mosina wykazano, że jednym z produktów ubocznych utleniania naturalnych substancji organicznych obecnych w wodzie mosińskiej są aldehydy, które są łatwo przyswajalne przez bakterie i mogą stymulować ich rozwój. Stwierdzono również, że zawartość aldehydów wzrasta wraz ze zwiększaniem czasu kontaktu substancji organicznych z dwutlenkiem chloru. Wynika stąd, że wprowadzenie nowego reagenta do wody zmieniło jej skład chemiczny. Na skutek tej zmiany nastąpiły zaburzenia w utrwalonej przez wiele lat mikrobiocenozie w sieci wodociągowej. Działanie nowych czynników chemicznych uaktywniło biofilm bakteryjny, którego rozwój mógł być dotąd hamowany, np. przez bakteriostatyczne oddziaływanie chloru. Naruszenie utrwalonej i kontrolowanej przez dezynfekcję równowagi uruchomiło wtórny rozwój bakterii, które zaczęły korzystać z nowych, łatwo przyswajalnych związków pokarmowych, powstających w wyniku reakcji dwutlenku chloru z substancjami organicznymi obecnymi w wodzie. Ponowne doprowadzenie do równowagi naruszonych (zaburzonych) układów było procesem długotrwałym, trudnym i musiało zmierzać w kierunku usunięcia zarówno przyczyn, jak i skutków.

Większa dawka wyjściowa nie powodowała powstawania ubocznych produktów chlorowania (THM) ze względu na brak prekursorów tych związków w wodzie mosińskiej. Na rysunku 3 przedstawiono sumę THM w trzech punktach pomiarowych:

- na stacji tuż po dezynfekcji,
- w Pożegowie (czas przebywania wody w sieci ok. 1 d),
- w punkcie kontrolno-pomiarowym przy ul. Palacza (czas przebywania wody w sieci ok. 1,5 d).

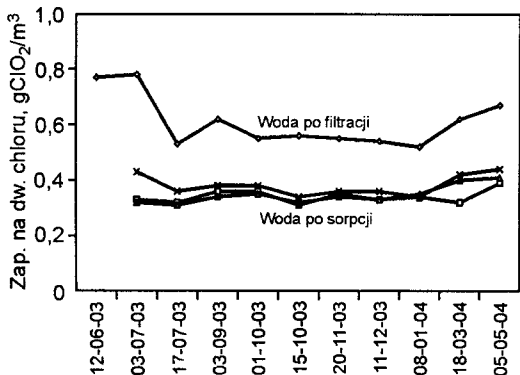


Rys. 3. Suma THM w latach 2005-2006 (nitka zachodnia)

THM krótko po zachlorowaniu wody na stacji wodociągowej występowały w niewielkiej ilości, co świadczyło o tym, że reakcja chloru z substancjami organicznymi była wolnozmienna, a zapoczątkowana w stacji oczyszczania wody w pełni zachodziła dopiero w sieci wodociągowej.

Modernizacja technologii oczyszczania wody z uwagi na dezynfekcję

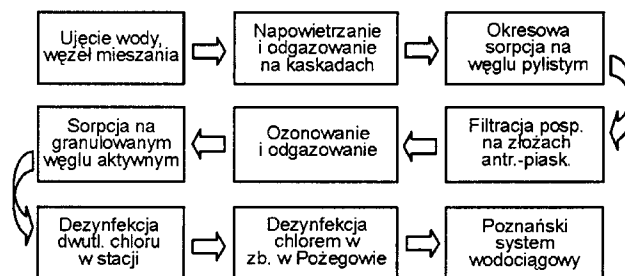
Coraz bardziej rygorystyczne przepisy prawa polskiego oraz wymogi Unii Europejskiej dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia, a także pogarszający się stan techniczny urządzeń spowodowały, że Aquanet SA podjął decyzję o zmodernizowaniu w najbliższym czasie stacji oczyszczania wody w Mosinie. Przygotowania rozpoczęto od badań pilotowych, które przeprowadzono w szerokim zakresie. Objęły one także proces dezynfekcji wody i relacje pomiędzy ilością rozpuszczonych substancji organicznych (BRWO) w wodzie po filtrach pospiesznych i drugim stopniu filtracji (ozonowanie i sorpcja na węglu aktywnym) a dawką i rodzajem środka dezynfekcyjnego. Wynikiem tych badań było uzyskanie optymalnej dawki dwutlenku chloru i chloru gazowego w zakresie zgodnym z obowiązującymi normami, przy zastosowaniu



Rys. 4. Zapotrzebowanie wody na dwutlenek chloru (badania pilotowe)

stosunkowo małej wyjściowej dawki dwutlenku chloru do wody z względnie małą zawartością rozpuszczonych substancji organicznych. Pozwoliło to w trakcie badań pilotowych na uzyskanie wysokiej stabilności zawartości chloru pozostałego w wodzie. Na rysunku 4 porównano zapotrzebowanie wody na dwutlenek chloru wody oczyszczonej tylko na filtrach pospiesznych oraz wody po procesie ozonowania i sorpcji na węglu aktywnym.

Na rysunku 5 przedstawiono układ technologiczny stacji w Mosinie, opracowany na podstawie wyników przeprowadzonych badań pilotowych.



Rys. 5. Schemat zmodernizowanego układu technologicznego oczyszczania wody w stacji „Mosina”

Badania pilotowe oraz wcześniejsze doświadczenia podczas dawkowania dwutlenku chloru do wody w stacji „Mosina” pozwoliły na ustalenie strategii dezynfekcji wody na wyjściu ze stacji i w sieci wodociągowej. Jednym z punktów prowadzonej w Aquanet SA stabilizacji biologicznej wody było opracowanie koncepcji dochlorowywania wody w sieci wodociągowej. Wybór dodatkowych punktów dochlorowania wody w sieci wodociągowej nie był łatwy i wymagał szczegółowej analizy pod względem:

- lokalizacji zbiorników retencyjnych w Pożegowie i na Morasku,
- czasu przetrzymania wody w systemie,
- odległości wybranych punktów od stacji oczyszczania wody,
- zawartości dezynfektanta w wodzie w sieci i liczebności bakterii heterotroficznych.

Docelowo przewiduje się dezynfekcję dwustopniową, tj. dwutlenkiem chloru na wyjściu ze stacji oraz chlorem gazowym za zbiornikami w Pożegowie. W ten sposób – stosując tylko niewielkie dawki dwóch różnych dezynfektantów – można uzyskać wodę stabilną biologicznie, czyli taką, w której zespół czynników fizyczno-chemicznych (uwzględniając rolę dezynfektanta) będzie się utrzymywał na poziomie wykluczającym dodatkowy rozwój bakterii.

Wnioski

◆ Rozbudowany system wodociągowy, jaki ma aglomeracja poznańska, wymaga dobrego zabezpieczenia wody przed wtórnym zanieczyszczeniem oraz ciągłej kontroli jej jakości, przede wszystkim w zakresie analizy bakteriologicznej.

◆ Zastosowanie samego dwutlenku chloru do dezynfekcji wody w stacji wodociągowej „Mosina”, bez zwiększenia skuteczności usuwania substancji organicznych, nie było możliwe.

◆ Stabilna biologicznie woda na wyjściu ze stacji oczyszczania gwarantuje małą i stałą zawartość dezynfektanta w wodzie w sieci wodociągowej, bez powstawania nadmiernych ilości ubocznych produktów dezynfekcji.

LITERATURA

1. T. SZYSZKA: Mechanizm rozwoju bakterii heterotroficznych w sieci wodociągowej miasta Poznania. Aquanet SA, Poznań 2003 (praca niepublikowana).
2. J. NAWROCKI [red.]: Wytyczne technologiczne dla modernizacji SUW w Mosinie. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań 2002 (praca niepublikowana).
3. Badania nad wprowadzeniem procesu koagulacji do ciągu technologicznego w modernizowanej Stacji Uzdatniania Wody Mosina. Aquacomp spółka z o.o., Warszawa 2004 (praca niepublikowana).
4. Wyniki analiz wody z lat 2000–2006. Aquanet SA, Laboratorium Badań Wody, Poznań 2006 (praca niepublikowana).

Lasocka-Gomuła, I., Maciołek, A., Kania, P., Karolczak, P. Experience with the Implementation of Chlorine Dioxide for Water Disinfection in Mosina Water Treatment Plant. *Ochrona Środowiska* 2007, Vol. 29, No. 4, pp. 53–56.

Abstract: The paper gives an account of the experience gained while implementing chlorine dioxide for water disinfection at the Mosina Water Treatment Plant, which supplies tap water to the city of Poznań. It was found that when the proportion of the chlorine used so far to the chlorine dioxide being implemented was 50%/50%, this was paralleled by an uncontrolled bacterial growth in the water, which was inhibited by increasing the proportion of chlorine in the mixture of the two disinfectants. Another finding produced by the study was that when both the disinfectants were applied, it was possible to vary the chlorine

dose while chlorine dioxide had to be dosed in the same amount. The addition of a new reagent brought about changes in the chemical composition of the water, thus disturbing the balance that had stabilized in the water-pipe network for many years. The process of restoring water stabilization in the pipeline was a long-term one. The large water supply system for the city of Poznań requires efficient actions to prevent water recontamination, as well as a reliable, continuous control of water quality primarily to ensure bacteriological safety. The application of chlorine dioxide alone to water disinfection at the Mosina Water Treatment Plant without increasing the efficiency of organic matter removal was found to be a failed attempt.

Keywords: Disinfection, chlorine, chlorine dioxide, heterotrophic bacteria, biological stability.