

ŚRODOWISKO

CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

WYDAWNICTWO

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1-Ś/2011

ZESZYT 1

ROK 108

ISSUE 1

YEAR 108

WŁADYSŁAW GREندا, TADEUSZ BOCHNIA*

CIĄGŁOŚĆ DOSTAW WODY DO SIECI MIEJSKIEJ
Z ZAKŁADU UZDATNIANIA WODY „RUDAWA”
NA PODSTAWIE ZBIORNIKÓW WODY SUROWEJ
„PODKAMYK”

CONTINUITY OF DRINKING WATER DELIVERY
TO WATER DISTRIBUTION SYSTEM FROM WATER
TREATMENT PLANT “RUDAWA” BASED ON RAW WATER
RESERVOIR “PODKAMYK”

Streszczenie

Celem artykułu jest ukazanie niezbędności posiadania zbiorników wody surowej w celu ciągłości zaopatrzenia ZUW w wodę o odpowiedniej jakości do celów konsumpcyjnych.

Słowa kluczowe: uzdatnianie wody, system dystrybucji wody, zbiorniki wody surowej, ciągłość dostawy wody

Abstract

The paper presents indispensability of possession of raw water reservoir to continuity delivery of good quality raw water to the water treatment plant.

Keywords: water treatment, water distribution system, raw water reservoir, continuity of water delivery

* Mgr inż. Władysław Grenda, dr Tadeusz Bochnia, Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji S.A.

1. Wstęp

Zakład Uzdatniania Wody „Rudawa” funkcjonuje od 1955 roku. Uzdatnia on wodę ujmowaną z lewobrzeżnego dopływu Wisły – rzeki Rudawy i zaopatruje północno-zachodnią część miasta Krakowa. Obecnie moc produkcyjna zakładu to 55 200 m³/d, a średnia produkcja wynosi 26 000 m³/d.

Zakład posiada dwa zbiorniki retencyjne w Podkamyku oddane do eksploatacji w 1998 roku, będące siedmiodniową rezerwą wody surowej. Zadaniem zbiorników zapasowych jest utrzymanie zapasu wody z przeznaczeniem na określony cel. Celem w tym przypadku jest w okresie konieczności wyłączenia ujęcia spowodowanego czasowym pogorszeniem się jakości wody jako skutków intensywnych opadów, roztopów bądź skażenia wody. Produkowana woda jest natomiast tłoczona do sieci – zakład nie posiada zbiorników wody uzdatnionej, w których nadwyżki produkcji mogłyby być magazynowane, co pozwalałoby na zaprzestanie pobory z rzeki na określony czas.

Analizę funkcjonowania ZUW przeprowadzono na podstawie danych z eksploatacji dotyczącej skażeń i stanów wysokiej mętności rzeki z okresu 1998–2009. Źródłem informacji były dokumenty wypełniane przez dyspozytora ZUW Rudawa, tj. „Raport zmianowy dyspozytora” i „Raport nadzwyczajny”

2. Układ technologiczny

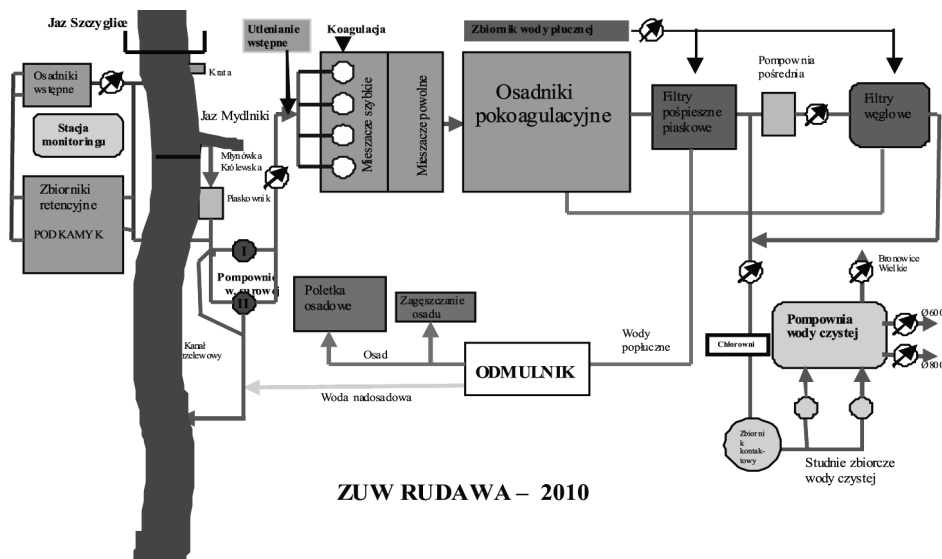
Ujęcie w Szczyglicach 8,8 km rzeki Rudawy jest ujęciem brzegowym, opartym o pobór wody piętrzonej na jazie. Spiętrzona woda w ilości ok. 1 m³/s. doprowadzalnikiem Młynówką, wpływa do dwóch stawów osadowych o wymiarach 120 × 25 m. Zamknięcie poboru wody do ZUW odbywa się w komorze rozdziału i może być wykonane w sposób automatyczny drogą radiową po stwierdzeniu przekroczenia określonych zawartości zanieczyszczeń.

Ciągłe badanie wody w zakresie: mętności, obecności tłuszczu, związków fosforu i amoniaku, pH, temperatury, toksyczności odbywa się w stacji monitoringu usytuowanej w rejonie syfonu zasilającego zbiorniki retencyjne. Tu też są prowadzone okresowe badania analityczne innych wskaźników.

Woda może być okresowo lub w sposób ciągły poddawana procesowi koagulacji w celu strącenia zawiesiny i związków fosforu.

Osadniki są to otwarte, prostokątne zbiorniki ziemne o głębokości 1,5 m (napelnienie wodą od dna do przelewu). Każdy z nich ma wymiary 120 × 25 metrów. Na ich dnie ułożone są płyty betonowe tworzące nieprzepuszczalną warstwę. Kiedy mętność rzeki przekracza 100 NTU, stosowana jest koagulacja wstępna. Do rurociągu doprowadzającego wodę dawkowany jest wtedy koagulant (PAX 16). Średnia dawka PAX 16 jest na poziomie 50 g/m³. Czas zatrzymania wody w osadnikach wynoszący ok. 3 h (w zależności od przepływu) wystarczy, aby wytworzyły się kłaczkowe koagulantu, a następnie, aby opadły na dno. Osadniki czyszczone są pojedynczo raz w roku przy użyciu specjalistycznego sprzętu.

Z osadników woda wpływa do dwóch zbiorników retencyjnych o łącznej objętości 800 000 m³. Możliwe jest również zaopatrywanie zbiorników z pominięciem osadników, jednak wariant ten jest rzadko stosowany. Spowodowane jest to odkładaniem się zawieszin na dnie samych zbiorników. Odpływ ze stawów zapewnia dwanaście ujęć wieżowych. Włączenie poszczególnych ujęć odbywa się przez ręczne odkręcenie zasuw. Woda odpływa dwoma betonowymi kolektorami o średnicy Ø 1200 mm i długości 2,5 km do rurociągu doprowadzającego wodę do ZUW.



Rys. 1. Schemat technologiczny ZUW Rudawa

Fig. 1. Technological scheme of WTP Rudawa

Tabela 1

Dane techniczne zbiorników retencyjnych

	Ogółem	Zbiornik I	Zbiornik II
Całkowita objętość wody w zbiornikach [m ³]	981 000	516 000	465 000
Całkowita objętość wody dyspozycyjnej dla wodociągów [m ³]	755 000	417 000	338 000
Powierzchnia zw. wody [ha]	36,7	19,1	17,6
Nieprzekraczalny poziom piętrzenia [m n.p.m.]	–	216,50	215,50
Poziom czerpania wody [m n.p.m.]	–	214,25	213,50
Głębokość warstwy czerpanej [m]	–	2,25	2,00
Średnia głębokość zalewu w zbiornikach [m]	–	2,8 m	2,75
Czas zatrzymania wody w warunkach normalnej eksploatacji [d]	–	6,6	6,0

Poniżej jazu w Szczyglicach znajduje się jaz Mydlniki. Ujęcie to nie jest obecnie eksploatowane, lecz jest sprawne technicznie i stanowi ujęcie rezerwowe.

Na terenie Zakładu Uzdatniania woda ujmowana jest w 2 studnie zbiorczej wody surowej z pompami zatapialnymi firmy KSB. Zanim woda zostanie poddana koagulacji, dawkuje się do niej nadmanganian sodu (Carusol) w celu wstępnego utleniania związków organicznych. Dzięki temu zmniejsza się zapotrzebowanie wody na chlor przy końcowej dezynfekcji. Średnia dawka Carusolu wynosi $0,5 \text{ mg/dm}^3$.

Woda pompowana przez agregaty pompowni wody surowej wpływa do czterech komór mieszaczy szybkich, gdzie przepływa z dołu do góry i jest jednocześnie intensywnie mieszana przez mieszadła szybkoobrotowe AMAMIX. Czas przepływu wody przez komorę mieszacza o pojemności 11 m^3 wynosi około 1 min.

Od 1997 roku stosuje się koagulant – polichlorek glinu – PAX 16. Dozowany jest do wody surowej tuż przed dopływem do komór mieszaczy szybkich przez zespół pomp membranowych w zależności od zadysponowanej dawki.

Z każdego mieszacza szybkiego woda przepływa do dwóch poziomych komór powolnej reakcji o wymiarach $9 \times 4,8 \times 3 \text{ m}$ każdy ($\times 8$ sztuk) o łącznej pojemności 1040 m^3 , przez które przepływa przez 30 minut.

W każdej z komór powolnego mieszania zamontowane są dwa mieszacze hydrauliczne (od października 2001 r.) sterowane falownikiem. z 8 komór powolnego mieszania skoagulowana woda przepływa przez ścianę perforowaną do 8 komór osadnika o długości 83 m, w których następuje proces sedymentacji skoagulowanej zawiesiny. Czas zatrzymania wody w osadnikach wynosi ok. 5 godzin 30 min. Pozbawiona w znacznym stopniu zawiesiny woda z komór osadnika wpływa na dwanaście filtrów pośpiesznych piaskowych.

Każda z komór filtracyjnych ma powierzchnię 30 m^2 , a złoża miąższości 1,1 m. Złoże to tworzy warstwa podtrzymująca żwir o granulacji 5–40 mm i piasku kwarcowego o granulacji – 0,5–0,8 mm.

Średnia szybkość filtracji 5–5,2 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ zaś średnia wydajność filtra to: 150–200 m^3/h . Przefiltrowana przez filtry piaskowe woda przepompowywana jest przez pompownię pośrednią na 6 filtrów węglowych. Komory filtrów węglowych posiadają identyczne wymiary, co filtry piaskowe, i zasypane są węglem aktywnym F 300 o miąższości 220 cm. Czas kontaktu wody z węglem aktywnym wynosi ok. 18 min.

Przez filtry węglowe przepływa 100% wody przefiltrowanej przez filtry piaskowe.

Płukanie filtrów piaskowych dokonywane jest raz na dobę, a filtrów węglowych raz na 7 dni, za pomocą powietrza i wody. Wody popłuczne odprowadzane są do odmulnika.

Przefiltrowana woda przed wpłynięciem do zbiorników kontaktowych wody pitnej jest dezynfekowana dwutlenkiem chloru wytwarzanym na miejscu w generatorach Bello-Zone na bazie chlorynu sodowego 25%, kwasu solnego 32% i wody. Dawki dwutlenku chloru ustalane są na podstawie badań laboratoryjnych i wskazań ciągłego układu pomiarowego przepływającej z filtrów wody.

W dwóch zbiornikach kontaktowych o poj. 1000 m^3 każdy następuje mieszanie wody przefiltrowanej z dwutlenkiem chloru, a czas zatrzymania wynosi ok. 1 h.

Następnie uzdatniona woda przepływa do dwóch studni zbiorczych wody pitnej, skąd zasysana jest przez sześć agregatów pompowych „OMEGA” o wydajności: 1200 m^3/h , 720 m^3/h i 480 m^3/h . Pompy o najmniejszej wydajności sterowane są za pomocą przemienników częstotliwości, współpracujących z miernikiem ciśnienia, co pozwala na utrzymanie

stałego ciśnienia w rurociągach tłocznych. Woda pitna tłoczona jest do dwóch rurociągów Ø 600 i Ø 800 ze stałym ciśnieniem 4,7 atm.

3. Jakość wody surowej (z rzeki)

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (Dz. U. Nr 204, poz 1728) – ustala trzy kategorie jakości wody, w zależności od wartości granicznych wskaźników jakości wody, które z uwagi na ich zanieczyszczenie muszą być poddane standardowym procesom uzdatniania w celu uzyskania wody przeznaczonej do spożycia. Pobierana woda z rzeki Rudawy należy do kategorii A3 – woda wymagająca wysokosprawnego uzdatniania fizycznego i chemicznego, w szczególności utleniania, koagulacji, flokulacji, dekantacji, filtracji, adsorpcji na węglu aktywnym, dezynfekcji (ozonowania, chlorowania końcowego).

Rzeka Rudawa zawdzięcza swoją nazwę rdzawej barwie wody. Woda ta charakteryzuje się również podwyższoną twardością (średnio około 280 mg CaCO₃/dm³). Jest to wynikiem jej kontaktu ze skałami wapiennymi. Średnia mętność wody surowej z rzeki (na przestrzeni ostatnich 3 lat) waha się w granicach 16 NTU, natomiast w czasie roztopów lub wezbrań podczas gwałtownych opadów mętność wody w rzece wzrasta od kilkuset do kilku tysięcy NTU. Maksymalna zanotowana mętność wynosi 7900 NTU.

Wahania stanów wody i przepływów uzależnione są głównie od roztopów i opadów. Rzeka reaguje silnie na ulewy, a słabiej na niewielkie deszcze do 20 mm/d. w latach mokrych Rudawa charakteryzuje się dużymi wezbrzeniami letnimi, trwającymi 1–8 dni. Przewyższają one znacznie wezbrzenia wiosenne. w latach przeciętnych i suchych wezbrzenia wiosenne trwają od kilku do kilkunastu dni i przewyższają wezbrzenia letnie [5].

Wody Rudawy zanieczyszczane są przez mieszkańców okolicznych miejscowości ściekami bytowo-gospodarczymi. Świadczą o tym mikrobiologiczne wskaźniki zanieczyszczenia wody zebrane w tabeli nr 2 za ostatnie 3 lat. Miejsce poboru Młynówka (doprowadzalnik) – wartości uśrednione.

Tabela 2

Wskaźnik	Jednostka	2007	2008	2009
Bakterie grupy <i>coli</i>	jtk /100 ml	4150	8300	28300
Bakterie grupy <i>coli</i> typu kałowego (termotolerancyjne)	jtk /100 ml	3150	6125	22850
Enterokoki (paciorkowce kałowe)	jtk /100 ml	565	1550	3963
<i>Clostridium perfringens</i> (łącznie ze sporami)	jtk /100 ml	770	630	2328

Przypadki skażeń rzeki (1998–2009) – pobór wody ze zbiorników

Lp.	Data	Zgłoszenie zagrożeń				Środki zaradcze
		gdzie	przyczyna	zanieczyszczenie	objawy	
1	1998. 11.05	biała substancja powyżej ujęcia	–	–	Biała substancja	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
2	1999. 06.10	Krzyszowice oczyszczalnia	Wpuszczono do rzeki ścieki nieoczyszczone	Ścieki	Skażenie	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
3	2000. 07.27	Krzyszowice CPN	Płukanie beczek	Substancje ropopochodne	Plamy ropopochodne	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
4	2000. 09.15	Czatkowice	Wypadek cysterny z paliwem	Substancje ropopochodne	Plamy ropopochodne	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
5	2001. 05.21	teren zakładu	–	Substancje ropopochodne	Zapach nafty, ropy	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
6	2001. 05.22	Młynówka	–	Ścieki	Silny zapach, wysoki poziom amoniaków i fenoli	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
7	2001. 08.06	Paczółtowiec– pola golfowe	Budowa pól golfowych (usunięcie darni)	Ulewa splukała glebę	Mętność 7900 NTU	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
8	2002. 04.07	teren zakładu	–	–	Silny zapach chemiczny, wykryto tłuszcz i fenole	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
9	2002. 05.28	skała Kmity	Opróżnienie cysterny do rzeki	Substancje ropopochodne	–	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników

10	2003. 02.15	Nawojowa Góra	-	Substancje ropopochodne	Plamy ropopochodne	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
11	2003. 05.09	Szczyglice	Pożar firmy chemicznej „Dragon”	Substancje ropopochodne	Plamy ropopochodne	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
12	2003. 08.02	Rudawa – powyżej ujęcia		-	Śnięte ryby	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
13	2003. 08.03	Paczótwice – pola golfowe	Budowa pól golfowych (usunięcie darni)	Ulewa splukała glebę	Mętność 7800 NTU	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
14	2004. 08.20	Zabierzów	Wypadek cysterny z paliwem	Substancje ropopochodne		Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
15	2005. 03.17	jaz Szczyglice	Stan powodziowy	-	Duża mętność, możliwość skażenia	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
16	2005. 04.14	rzeka Dulówka	-	Ścieki	Skażenie	Uczulono pracowników na możliwość skażenia rzeki – zwiększono częstotliwość analiz
17	2005. 04.29	Zabierzów	-	Ścieki	Skażenie	Uczulono pracowników na możliwość skażenia rzeki – zwiększono częstotliwość analiz
18	2005. 04.30	Rudawa	-	Ścieki	Skażenie	Uczulono pracowników na możliwość skażenia rzeki – zwiększono częstotliwość analiz
19	2006. 04.27	dopływ w Modlniczce	-	Ścieki	Skażenie	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników

20	2006. 12.28	zawartość amoniaku w rzece 0,65 mg/l	-	Ścieki	Skażenie	Ograniczono pobór z rzeki do 30 %
21	2007. 01.30	Krzyszowice oczyszczalnia	-	Ścieki	Skażenie	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
22	2007. 05.21	Dopływ Kluczowoda	-	Ścieki	Skażenie	Ograniczono pobór z rzeki do 40 %
23	2008. 05.02	Potok Młynka	Wpuszczone nieczyszczone ścieki		Skażenie	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
24	2008. 11.07	dopływ Krzeszówka	-	Ścieki	Skażenie	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
25	2009. 03.20	Dopływ Krzeszówka	Wpuszczone nieczyszczone ścieki	Ścieki	Skażenie	Uczulono pracowników na możliwość skażenia rzeki– zwiększono częstotliwość analiz
26	2009. 05.28	teren zakładu	Zapach chemiczny	-	-	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników
27	2009. 12.25	Zabierzów	Wpuszczone nieczyszczone ścieki	Ścieki	Skażenie	Zamknięto ujęcie – pobór ze zbiorników

Te oraz wiele innych czynników sprawiają, że Rudawa zaliczana jest do rzek z pozakładowymi wodami.

Woda w rzece często bywa skażona. Przyczyny skażeń są różne (tabela 3). Zbiorniki retencyjne wody surowej odgrywają istotną rolę w niezawodności ujęcia oraz całego zakładu. Wcześniejsze skażenia rzeki kończyły się przestojem ZUW i przerwą w dostawie wody do sieci miejskiej. Jeszcze przed oddaniem zbiorników do eksploatacji w trakcie przeprowadzania rozruchu zbiorniki potwierdziły swoją przydatność. w czasie lipcowej powodzi w 1997 roku w wyniku skażenia rzeki, nagromadzona woda w zbiornikach stała się jedynym źródłem poboru dla ZUW. Pierwszy raz skażenie rzeki nie spowodowało przymusowego przestoju zakładu.

Przedstawione w tabeli przypadki świadczą o częstym skażeniu rzeki. Gdyby nie możliwość korzystania z zapasu wody ze zbiorników, każdy z tych przypadków kończyłby się dłuższym bądź krótszym postojem zakładu, co miałoby wpływ na jakość parametrów dostarczanych do odbiorcy – spadek ciśnienia w strefie zasilania przez ZUW Rudawa.

Nie najlepsza jakość wody w zbiornikach w 4 przypadkach uniemożliwiła pobór w 100% zmagazynowanej wody. Spowodowane jest to dużym poziomem chlorofilu, gdyż w okresie wiosenno-letnim jakość wody w zbiornikach ulega gwałtownemu pogorszeniu na skutek intensywnych zakwitów glonów.

4. Wnioski

1. Zbiorniki potwierdzają swą funkcję. Zapewniają stały dopływ wody w ilości 1,0 m³/s do ZUW, niezależnie od wahań przepływów w korycie Rudawy oraz zapewnienie 7-dobowego zapasu wody w przypadku skażeń rzeki. w technologii uzdatniania wody spełniają rolę urządzeń do wstępnego oczyszczania wody, a także zmniejszają zakres wahań wskaźników jakości wody dopływającej do ZUW.

2. Przedstawione wyniki bakteriologiczne rzeki (tabela 2) świadczą o stałym dopływie zanieczyszczeń. Zanieczyszczenia te są w 100% usuwane w czasie skomplikowanego procesu technologicznego. Jednostkowe wpuszczenie dużego ładunku nieczyszczonych ścieków do rzeki zmusza do zamknięcia dopływu wody do zbiorników i poboru wody zmagazynowanej w zbiornikach. Ze względu na długość rzeki Rudawy, która wynosi zaledwie nieco ponad 30 km od źródeł do ujęcia w Szczyglicach, w czasie jednostkowego skażenia woda na całej długości wymienia się w ciągu jednej doby. Po stwierdzeniu minięcia zagrożenia, już czasem na drugi dzień, można uzupełnić stan wody w zbiornikach zapasowych.

Literatura

- [1] Pawełek J., *Zmiana mętności wody ujmowanej z Rudawy dla potrzeb Krakowa poprzez zastosowanie zbiorników zapasowych*, IX Krajowa, II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Zakopane–Kościelisko, maj 2000.
- [2] Pawełek J., *Wykorzystanie zapasu wody w celu zabezpieczenia ujęć wodociągowych z rzek i potoków górskich przy stanach podwyższonych mętności i zawiesin*, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej 1996.

- [3] Z i m a c h I., *Analiza niezawodnościowa jako narzędzie optymalizacji warunków techniczno-technologicznego funkcjonowania stacji uzdatniania wody*, „Gaz, woda i technika sanitarna” nr 11, 2006.
- [4] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (Dz. U. Nr 204, poz 1728).
- [5] Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej Oddział w Krakowie, *Operat wodno-prawny na eksploatację zbiorników retencyjnych dla ZUW Rudawa*.
- [6] MPWiK S.A. w Krakowie, materiały własne.
- [7] W i e r z b i c k i R., *Wodociągi Krakowa*, 2001.