

Monika PUCHLIK, Joanna STRUK-SOKOŁOWSKA, Piotr OFMAN,
Dawid ŁAPIŃSKI, Urszula WYDRO*

OCENA EFEKTYWNOŚCI PRACY STACJI UZDATNIANIA WODY W BIAŁYMSTOKU

W artykule scharakteryzowano wody powierzchniowe stanowiące źródło wody do spożycia dla Białegostoku oraz metody i procesy stosowane na stacji uzdatniania wody Wasilków-Pietrasze. Przedstawiono również etapy modernizacji SUW. Analizie poddano próbki wody surowej i uzdatnionej, pobierane w poszczególnych miesiącach 2014 roku. W miesiącach od stycznia do grudnia badano parametry fizyczno-chemiczne oraz mikrobiologiczne wody. Częstotliwość wykonywanych badań wynosiła 10 razy w miesiącu. Celem pracy była ocena efektywności stosowanych metod uzdatniania wody powierzchniowej oraz jakości wody uzdatnionej.

1. WSTĘP

Jednym ze skutków ubocznych postępu cywilizacji jest pogarszający się stan środowiska naturalnego. Objawia się to między innymi niekorzystnymi zmianami składu chemicznego wód naturalnych. W ostatnich latach nawet w wodach podziemnych zauważa się wzrastający poziom zanieczyszczeń antropogenicznych. Woda jest najcenniejszym bogactwem naturalnym decydującym o stanie środowiska przyrodniczego oraz zdrowiu i życiu ludzi. Wody czystej, niezbędnej do życia jest coraz mniej, a jej znaczenie wzrasta. Polska jest jednym z krajów o stosunkowo małych zasobach wodnych. Dodatkowym problemem jest zły stan sanitarny rzek, spowodowany odprowadzeniem do wód nieoczyszczonych lub oczyszczonych w niewystarczającym stopniu ścieków komunalnych oraz spływami obszarowymi z terenów wiejskich o nieuregulowanej gospodarce wodno-ściekowej. Stan czystości wód rzecznych na obszarze całego kraju doskonale świadczy o stopniu

* Politechnika Białostocka, Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok, m.puchlik@pb.edu.pl, j.struk@pb.edu.pl.

zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego w Polsce. Egzystencja biologiczna większości wód jest zagrożona, a wiele z nich osiągnęło poziom skażenia uniemożliwiający życie organizmom wyższym. Jest to głównie wynikiem bezpośredniego odprowadzania do nich ścieków górniczych, przemysłowych i komunalnych, odcieków ze składowisk odpadów. Negatywny wpływ mają również spływy powierzchniowe z obszarów zanieczyszczonych przez emisje pyłowe, a także z intensywnie nawożonych terenów rolniczych. Ładunek przedostających się do rzek i w nich akumulowanych zanieczyszczeń bardzo często znacznie przekracza ograniczone możliwości ich samooczyszczania.

1.1. CHARAKTERYSTYKA WÓD POWIERZCHNIOWYCH PŁYNĄCYCH

Wody powierzchniowe tworzą się w wyniku spływu wód opadowych, podziemnych i gruntowych do naturalnych lub sztucznych zagłębień terenu. Klasyfikuje się je według zasolenia, pochodzenia, zawartości składników mineralnych, temperatury i możliwości przemieszczania się. Ruch wody jest jednym z podstawowych kryteriów podziału wód powierzchniowych na wody płynące, potoki, strumienie i rzeki oraz wody stojące – stawy, jeziora i sztuczne zbiorniki wodne [10, 16].

Woda w rzekach ustawicznie się przemieszcza zgodnie z nachyleniem terenu od źródeł aż do ujścia do morza. Powoduje to dużą zmienność brzegów oraz dna, szczególnie w okresach wezbrania wód i suszy. Ilość i wahania okresowe poziomu wody w rzekach są uzależnione głównie od ilości opadów atmosferycznych w dorzeczu, a także od przesiąkliwości utworów geologicznych i zagospodarowania zlewni [24]. Ruch wody wywiera na ogół korzystne działanie na rozwój flory i fauny wodnej. Dzięki niemu dochodzi do rozprowadzenia ciepła w zbiorniku wodnym i do wymieszania się substancji chemicznych zawartych w wodzie, a tym samym do wyrównania ciśnienia osmotycznego i odczynu. Ruchy wody wpływają również na proces natleniania zbiornika wodnego. Z drugiej strony koryta rzek są naturalną drogą transportu materiału pochodzącego z erozji dorzecza i koryt oraz dostarczanego przez człowieka [6]. Rzeki są nieustannie zanieczyszczane pierwiastkami śladowymi, w tym metalami ciężkimi, co ma szczególne znaczenie ze względu na rolę wód rzecznych w krążeniu toksycznych składników chemicznych między różnymi elementami środowiska [12, 15].

Istnieje wiele czynników kształtujących skład chemiczny wody rzecznej. Głównie zależy on od budowy geologicznej zlewni, a także od zmian poziomu wody w rzece, które powodują okresowe, zwykle krótkotrwałe, oddziaływanie na gleby dorzecza [24]. Wpływ ma ponadto prędkość i natężenie przepływu wody w rzece, jej kontakt z atmosferą, procesy fizyczne i chemiczne zachodzące w środowisku wodnym, procesy wietrzenia i rozpuszczania minerałów budujących zlewnię, jak również panujące warunki atmosferyczne. Duże znaczenie ma także sposób i stopień

zagospodarowania zlewni, decydujące o ilości i rodzaju dopływających do wód zanieczyszczeń.

Wody deszczowe, zawierające dwutlenek węgla, rozpuszczają minerały gleb i skał, wypłukują związki organiczne i nieorganiczne, przenikają do wód gruntowych, a następnie przedostają się do rzek. Substancje transportowane w ciekach różnią się istotnie, gdyż mogą stanowić roztwór lub zawiesinę, mogą być związkami organicznymi lub nieorganicznymi oraz różnić się składem chemicznym. Według Bernera i Berner [2] można je podzielić na następujące grupy:

- woda;
- zawieszona materia nieorganiczna (w tym główne składniki, tj. Al, Fe, Si, Ca, K, Mg, Na i P);
- rozpuszczone jony główne (K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-);
- rozpuszczone substancje biogenne (N, P i częściowo Si);
- zawieszona i rozpuszczona materia organiczna;
- gazy (N_2 , CO_2 , O_2);
- metale śladowe (rozpuszczone i w zawiesinie).

W zależności od stężeń, w jakich te substancje przeciętnie występują w wodach naturalnych możemy wyróżnić składniki podstawowe (od kilkunastu do kilkuset $mg \cdot dm^{-3}$), makroskładniki (od kilkuset $mg \cdot dm^{-3}$ do kilkunastu $mg \cdot dm^{-3}$) i mikroskładniki, zwane substancjami śladowymi (poniżej kilkuset $mg \cdot dm^{-3}$) [8]. Wpływ zanieczyszczeń doprowadzonych do wód w wyniku działalności człowieka może znacznie zmienić skład wód naturalnych. Ogólną cechą składu chemicznego współcześnie płynących wód jest bowiem wzrost zasolenia spowalniający ich procesy samooczyszczania się.

Degradująco na środowisko wód powierzchniowych wpływają składniki migrujące wraz z wodą jako spływ powierzchniowy z terenów rolniczych, obszarów będących pod presją zanieczyszczeń przemysłowych, z dróg oraz składowisk odpadów [3]. Filipek [9] zauważył, że szczególnie duże niebezpieczeństwo skażenia środowiska ma miejsce wówczas, gdy gleby mają kontakt ze ściekami, osadami ściekowymi, odpadami komunalnymi i przemysłowymi. Do wód przedostają się także zanieczyszczenia pochodzące z hodowli, przetwórstwa i budownictwa rolnego. Składniki nawozowe, które nie zostały wykorzystane przez rośliny mogą być wymywane z gleb przez wody opadowe, częściowo spływające bezpośrednio po powierzchni terenu do cieków i zbiorników wodnych oraz częściowo infiltrujące przez gleby i skały podłoża, tworząc wody gruntowe zasilające po pewnym czasie rzeki [20].

Ogromny wpływ na skład chemiczny wód rzecznych ma rodzaj okrywy roślinnej [5]. Pokrycie gleby naturalnymi zespołami roślinności drzewiastej w sposób bardzo istotny wpływa na krążenie wody, a tym samym na ilość i jakość wód odpływających ze zlewni [27]. Obecność zbiorowisk leśnych jest bardzo korzystna, gdyż wpływają one na dużą intercepcję opadów, a także na zmianę spływu powierzchniowego na

podziemny w wyniku zmniejszenia prędkości spływającej wody przez roślinność i ściółkę [14]. Specyficzny mikroklimat leśny sprzyja w okresie wiosennym przedłużonej retencji śniegu, która ułatwia przenikanie wody do wód podziemnych z wolno topniejącego śniegu [26]. Lasy pełnią więc funkcję regulatora odpływu wód z powierzchni zlewni, zmniejszają gwałtowność wiosennych spływów roztopowych, a tym samym zmniejszają erozyjne wynoszenie z gleb biogennych składników chemicznych. Mniejszy i równomierny odpływ zanieczyszczeń ze zlewni leśnych wiąże się ze wzrostem roślinności w ciągu całego roku i ciągłym pobieraniem jonów z roztworu glebowego [11]. Ściółka i warstwa gleby stanowi często swoisty filtr wychwytyjący z roztworu niektóre substancje. Mniejsze stężenia substancji zanieczyszczających

w ciekach leśnych są także spowodowane tym, że lasy porastają gleby uboższe w składniki pokarmowe [27]. Jednak zlewnie, w obrębie których znajdują się duże powierzchnie lasów iglastych wpływają zakwaszająco na spływające wody, z ich ściółki bowiem wymywane są pewne ilości fulwokwasów będących składnikiem związków humusowych [24, 25]. Woda powierzchniowa stanowi więc zazwyczaj główne źródło ich zaopatrzenia. Aby mogła spełnić wymagania stawiane wodzie przeznaczonej do spożycia, niezbędne jest poddanie jej kosztowym procesom uzdatniania [4, 21]. Ich prowadzenie utrudnia duża zmienność składu zanieczyszczeń i temperatury wody powierzchniowej. Jej główne zanieczyszczenia stanowią zawiesiny, związki koloidalne i glony, dlatego też pierwszym procesem jej uzdatniania jest cedzenie. Zawiera ona także dużo bakterii i wirusów. W wodzie tej znajdują się również rozpuszczone związki mineralne i organiczne, produkty ich biologicznego rozkładu, trudno-rozkładalne związki refrakcyjne i mikrozanieczyszczenia [4, 18].

We wszystkich wodach powierzchniowych żyją bakterie, które w większości są saprofitami. Bakterie te wpływają na wartość higieniczną wody i są naturalnymi przeciwnikami bakterii chorobotwórczych niebezpiecznych dla organizmu ludzkiego. Najważniejsze choroby przewodu pokarmowego przenoszone przez bakterie chorobotwórcze w środowisku wodnym to: tyfus brzuszny, czerwonka, cholera oraz dur rzekomy. O zanieczyszczeniu wody fekaliami wskazuje obecność bakterii grupy coli, jak np. *Escherichia coli* oraz paciorkowiec kałowy (*Streptococcus faecalis*) i *Bacillus perfringens*. Zdaniem Świderskiej-Bróz [17], przyczyną skażenia bakteriologicznego wód powierzchniowych są również spływy roztopowe wnoszące do wód mikroorganizmy, w tym patogenne.

1.2. CHARAKTERYSTYKA UJĘCIA WODY

Głównym przedmiotem działalności Wodociągów Białostockich jest ujmowanie, uzdatnianie, dystrybucja i sprzedaż wody oraz usługi w zakresie odbioru i oczyszczania ścieków. Obecnie Spółka eksploatuje m.in. dwa ujęcia i trzy stacje

uzdatniania wody, miejską oczyszczalnię ścieków, ponad 1000 km sieci wodociągowej, prawie 600 km kanalizacji sanitarnej oraz nieliczne odcinki kanałów ogólnospławnych i deszczowych (sieć kanalizacji deszczowej obsługiwana jest przez inny podmiot). Głównym źródłem wody jest rzeka Supraśl. Dobowa zdolność produkcyjna ujęć wody to 103550 m³. Długość sieci wodociągowej w 2013 roku stanowiła 1094,3 km w tym: magistralna: 62,1 km, rozdzielcza: 587,1 km przyłącza: 445,1 km [13].

Ujęcie wody Pietrasze-Wasilków, wybudowane w 1891 roku, jest najstarszym obiektem w Wodociągach Białostockich. Obecnie na rzece Supraśl znajdują się ujęcia: powierzchniowe i infiltracyjne (ujęcie brzegowe, 6 stawów infiltracyjno-retencyjnych, 18 studni pobierających wodę infiltracyjną z głębokości od 5 do 25 metrów) oraz ciąg uzdatniania wody infiltracyjnej (SUW Wasilków). Najważniejsze modernizacje technologii uzdatniania w tym obiekcie, to wprowadzenie ozonowania wody infiltracyjnej zamiast chlorowania wstępnego w 1997 roku i zastąpienie dezynfekcji chlorem gazowym przez dwutlenek chloru w 2004 roku [13].



Rys. 1. Budynek ozonowania wstępnego SUW Pietrasze [13]

Od 1987 roku ciąg uzdatniania wody powierzchniowej jest całkowicie realizowany w SUW Pietrasze (ok. 2 km od ujęcia wody i SUW Wasilków). Do najważniejszych modernizacji należą (rys. 4): wprowadzenie ozonowania wstępnego w miejsce utleniania chlorem w 2000 roku (rys. 1), modernizacja i pełna automatyzacja procesu dezynfekcji chlorem (2000 rok), pełna modernizacja bloku chemicznego w 2001 roku (rys. 2), budowa układu ozonowania pośredniego i filtrów węglowych w 2006 roku, etapowa modernizacja filtrów pospiesznych – wymiana starego drenażu na system TRITON i złoża na antracytowo-piaskowe w 2008 roku (rys. 3). W 2006 roku ciąg

wody infiltracyjnej (wydajność: 15000 m³/dobę) został połączony z ciągiem wody powierzchniowej (wydajność: 36000 m³/dobę) [13].



Rys. 2. Pulsator w SUW Pietrasze [13]



Rys. 3. Filtry grawitacyjne pospieszne w SUW Pietrasze [13]

Jakość wody wodociągowej w Białymstoku jest na bieżąco monitorowana przez wodociągowe Laboratorium Badania Wody, a także Powiatową oraz Wojewódzką Stację Sanitarno-Epidemiologiczną. Laboratorium wykonuje badania fizyczno-chemiczne i mikrobiologiczne próbek wody w zakresie monitoringu kontrolnego i przeglądowego zgodnie z zatwierdzonym systemem jakości prowadzonych badań, decyzją nr 57/D-I/HK/2014 z dnia 19.12.2014 r. wydaną przez Podlaskiego Państwowego Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego w Białymstoku. Decyzja jest

potwierdzeniem spełnienia wymagań aktualnie obowiązującej normy PN-EN ISO/IEC 17025 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”.

2. METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono w 2014 roku w miesiącach od stycznia do grudnia. W każdym z nich wykonano 10 cykli pomiarowych. Wyniki badań zostały udostępnione przez Laboratorium Badania Wody Wodociągów Białostockich. W próbkach wody powierzchniowej surowej i uzdatnionej zgodnie z podaną poniżej metodyką oznaczono [22, 23]:

- Amonowy jon ($0,10 \text{ mg NH}_4^+/\text{dm}^3$ – $10,0 \text{ mg}/\text{dm}^3$) metoda spektrofotometryczna - PN-ISO 7150-1:2002
- Azotany ($0,10 \text{ mg NO}_3/\text{dm}^3$ – $200 \text{ mgNO}_3/\text{dm}^3$) metoda spektrofotometryczna - PN-82/C-04576/08
- Azotyny ($0,03 \text{ mg NO}_2/\text{dm}^3$ – $2 \text{ mgNO}_2/\text{dm}^3$) metoda spektrofotometryczna - PN-EN26777:1999
- Barwa ($5 \text{ mg Pt}/\text{dm}^3$ – $350 \text{ mg Pt}/\text{dm}^3$) metoda spektrofotometryczna - PN-EN ISO 7887: 2012 Metoda C
- Chlorki ($5,0 \text{ mg}/\text{dm}^3$ – $400 \text{ mg}/\text{dm}^3$) metoda miareczkowa- PN-ISO 9297: 1994
- Indeks nadmanganianowy ($0,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ – $80 \text{ mg}/\text{dm}^3$) metoda miareczkowa - PN-EN ISO 8467: 2001
- Mangan ($20 \text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$ – $4000 \text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$) metoda spektrofotometryczna - PN-92/C-04590/03 dla próbek o zawartości żelaza < $500 \text{ }\mu\text{g}/\text{L}$
- Mangan ($10 \text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$ – $600 \text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$) metoda GFAAS - PN-EN ISO 15586: 2005
- Mętność ($0,20 \text{ NTU}$ – 1000 NTU) metoda nefelometryczna - PN-EN ISO 7027: 2003 rozdz. 6
- Odczyn (4 pH – 10 pH) metoda elektrometryczna- PN-EN ISO 10523: 2012 (E)
- Przewodność właściwa ($100 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$ – $3000 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$) metoda konduktometryczna - PN-EN 27888: 1999
- Żelazo ($20 \text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$ – $25000 \text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$) metoda spektrofotometryczna - PN-ISO 6332: 2001
- Żelazo ($20 \text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$ – $250 \text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$) metoda GFAAS - PN-EN ISO 15586: 2005
- Żelazo ($100 \text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$ – $5000 \text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$) metoda FAAS- PRB-09 wyd. 1 z dn. 25.09.2014
- Tlen rozpuszczony ($2,0 \text{ mg}/\text{dm}^3$ – $20,0 \text{ mg}/\text{dm}^3$) metoda elektrometryczna - PN-EN 25814: 1999
- Temperatura do 25°C [22]
- Liczba bakterii grupy coli (NPL) w 100 cm^3 wody (0 – 2000) bakterii/ 100 cm^3 metoda enzymatyczna (Colilert) - PRB-14 wyd. 2 z dn. 06.10.2010

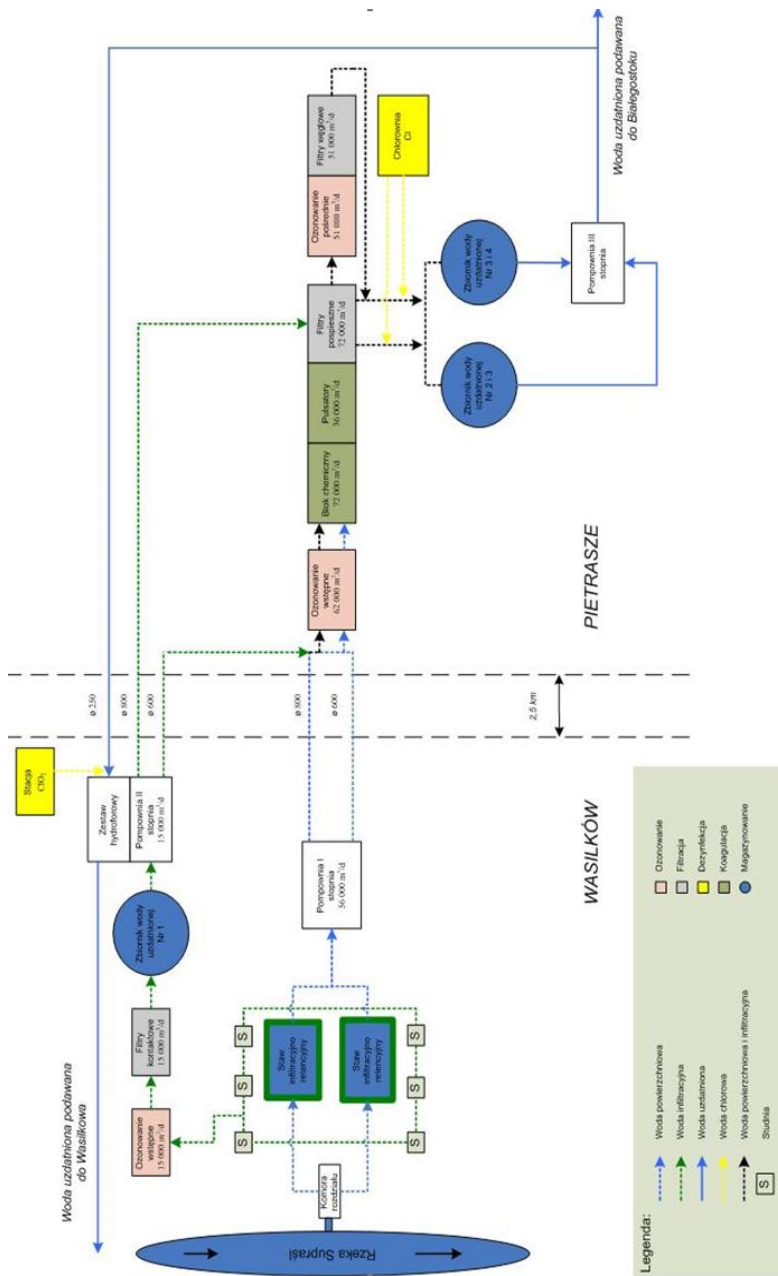
- Liczba bakterii grupy coli w 100 cm³ wody (0–100) jtk/100 cm³ metoda filtracji membranowej agar TTC z Tergitolem -PN-EN ISO 9308-1:2004+Ap1:2005+AC:2009
- Liczba Escherichia coli (NPL) w 100 cm³ wody (0–2000) bakterii/100 cm³ metoda enzymatyczna (Colilert)- PRB-14 wyd. 2 z dn. 06.10.2010
- Liczba Escherichia coli w 100 cm³ wody (0–100) jtk/100 cm³ metoda filtracji membranowej agar TTC z Tergitolem-PN-EN ISO 9308-1:2004+Ap1:2005+AC:2009
- Liczba Enterokoków kałowych (NPL) w 100 cm³ wody (0–2000) bakterii/100 cm³ metoda enzymatyczna (Enterolert)- PRB-14 wyd. 2 z dn. 06.10.2010.

Podane w tabelach 1 i 2 wyniki stanowią średnią z uzyskanych w miesięcznym cyklu badawczym.

3.WYNIKI BADAŃ

W tabeli 1 podano wyniki badań przeprowadzonych w próbkach wody surowej w poszczególnych miesiącach 2014 roku, natomiast w tabeli 2 w próbkach wody uzdatnionej w tym samym okresie czasowym. W tabeli 3 podano charakterystykę wody uzdatnionej w styczniu 2015 roku. Dane te podane zostały na stronie Wodociągów Białostockich (www.wobi.pl).

Barwa wody powierzchniowej ujmowanej na potrzeby Białegostoku w 2014 roku zmieniała się w zakresie od 21,2 we wrześniu do 41,8 mg Pt/dm³ w czerwcu. W analizowanym roku najwyższą mętność wody surowej (3,6 NTU) odnotowano w maju, natomiast najniższą (1,4 NTU) we wrześniu. Wartości te były zdecydowanie niższe od prezentowanych przez Pawełka i Grenda [19] oraz Adamczyka i Jachimowskiego [1], którzy analizowali ten parametr w wodach stanowiących źródło wody do spożycia dla Krakowa. Odczyn wody zmieniał się w przedziale od 7,7–8,5.



Rys. 4. Schemat technologiczny ujmowania i uzdatniania wody powierzchniowej i infiltracyjnej na SUW Pietrasze-Wasilków [13]

Tabela 1. Parametry surowej wody powierzchniowej [13]

Parametr	Jednostka	miesiąc w 2014 roku											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Temperatura	°C	1,2	0,8	4,2	9	15	16,8	20,6	18,6	12,8	8,5	3,1	1,1
Barwa	mg Pt/dm ³	36,6	31,8	34,3	32,6	32,9	41,8	35	26,9	21,2	23,7	25,4	32,8
Mętność	NTU	2,9	3,5	3,1	3,4	3,6	3	2,5	2,1	1,4	2,3	2,9	2,9
Odczyn		7,7-8	7,7-8	7,9-8,2	8-8,3	8-8,5	7,9-8,4	7,9-8,3	7,9-8,1	8-8,1	7,9-8,2	8-8,1	7,8-8
Przewodność właściwa	µS/cm	384	363	360	371	370	363	370,6	385	391,5	393,8	395,8	403,3
Jon amonowy	mgNH ₄ /dm ³	0,16	0,19	0,13	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,17
Azotany	mg NO ₃ /dm ³	5,8	5,8	5,3	4,2	3,2	2,3	1,1	1,7	1,7	4,1	5,7	6,4
Azotany	mgNO ₂ /dm ³	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,04	0,07	0,05
Mangan	µg Mn/dm ³	82,3	102,2	84,8	80	91,8	66,3	50	41,8	35,8	66	49,8	71,3
Żelazo ogólne	µg Fe/dm ³	525	515	549	529	456	468	423	313	232	291	363	452
Indeks nadmanganianowy	mgO ₂ /dm ³	9,4	8,4	9,8	9,6	9,1	10,7	9,6	6,8	5,4	4,8	4,5	6,2
Bakterie grupy coli	jtk/100 cm ³	2509	3415	589	612	1858	3018	5812	6048	1909	1582	1994	1450
Escherichia coli	NPL/100 cm ³	891	608	103	44	53	79	34	37	15	25	51	388
Enterokoki	NPL/100 cm ³	109	106	13	9	6	12	8	38	13	48	15	29
Tlen rozpuszczony	mgO ₂ /dm ³	11,4	11,6	10,9	11,5	11,4	n.b.	8	7,5	9,5	11,2	11,9	12,6

Przewodność właściwa surowej wody powierzchniowej była zbliżona i wynosiła od 360 (marzec) do 403,3 µS/cm (grudzień 2014). Najwyższe stężenia jonu amonowego w wodzie surowej wahające się od 0,16 do 0,19 mg NH₄/dm³ stwierdzono w okresie od stycznia do marca 2014 roku. Podobną wartość wskaźnika biochemicznego rozkładu organicznych związków azotowych wynoszącą 0,17 mg NH₄/dm³ odnotowano w grudniu 2014. W miesiącach od kwietnia do listopada stężenia jonu amonowego nie przekraczało 0,1 mgNH₄/dm³. Zbliżone wartości tego parametru w wodach powierzchniowych podali Czaplicka-Kotas i in. [7] w wodach Jeziora Goczałkowickiego oraz Adamczyk i Jachimowski [1] w wodach z rzek Rudawa, Dłubnia, Sanka oraz Zbiornika Dobczyckiego. Stężenie azotanów w wodzie surowej wynosiło od 1,1 do 6,4 mgNO₃·dm⁻³. Najwyższe stwierdzono w grudniu, a najniższe w lipcu 2014 roku (tab. 1). Uzyskane wyniki są niższe od podanych przez Pawełka i Grenda [19] oraz Adamczyka i Jachimowskiego [1].

Tabela 2. Parametry wody uzdatnionej [13]

Parametr	jednostka	miesiąc w 2014 roku											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Temperatura	°C	4,3	3,9	6,6	10,1	14,7	16,0	18,4	18,6	14,3	10,6	7,5	4,8
Barwa	mg Pt/dm ³	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Mętność	NTU	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Odczyn		7- 7,2	7- 7,3	7- 7,2	6,9- 7,3	7-7,3	6,7- 7,2	6,8- 7,1	6,9- 7,2	7,1- 7,3	7,1- 7,4	7,2- 7,5	7- 7,4
Przewodność właściwa	µS/cm	451	444	439	449	447	436	444	451	458	454	459	455
Amoniak	mg NH ₄ /dm ³	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Azotany	mg NO ₃ /dm ³	5,2	5,3	5,1	3,9	4,0	2,8	1,9	2,3	1,9	4,6	5,1	5,9
Azotyny	mg NO ₂ /dm ³	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Mangan	µg Mn/dm ³	<20	<20	<20	<20	<20	20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Żelazo ogólne	µg Fe/dm ³	<20	<20	<20	<20	<20	20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Chlorki	mg Cl/dm ³	10,9	10,6	9,2	8,8	8,9	9,0	9,3	8,8	9,2	11,0	10,9	9,9
Twardość ogólna	mgCaCO ₃ /dm ³	202	220	212	229	222	222	220	210	224	210	225	230
Indeks nadmanganianowy	mgO ₂ /dm ³	2,0	2,1	2,2	2,1	1,9	1,9	1,8	1,5	1,4	1,6	1,6	1,9
Bakterie grupy coli	jtk/100 cm ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escherichia coli	NPL/100cm ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enterokoki	NPL/100cm ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Najwyższe stężenie azotynów w wodzie surowej wynoszące 0,07 mg NO₂·dm⁻³ odnotowano w listopadzie 2014 roku. Było ono zbliżone do stwierdzonego przez Adamczyka i Jachimowskiego [1] w wodach Zbiornika Dobczyckiego. W pozostałych miesiącach stężenie azotanów III nie przekraczało 0,05 mg NO₂/dm³.

Najniższe stężenie Fe (232 µg Fe/dm³) i Mn (35,8 µg Mn/dm³) w surowej wodzie powierzchniowej odnotowano w miesiącu wrześniu. Najwyższe stężenie żelaza (549 µgFe/dm³) stwierdzono w marcu, zaś manganu (102,2 µg Mn/dm³) w lutym.

Indeks nadmanganianowy w surowej wodzie powierzchniowej zmieniał się od 4,5 mg O₂/dm³ w listopadzie do 10,7 mg O₂/dm³ w czerwcu (tab. 1). Najniższe stężenia tlenu rozpuszczonego w ujmowanej wodzie stwierdzono w lipcu, sierpniu i wrześniu, gdy wynosiło odpowiednio 8, 7,5 i 9,5 mg O₂/dm³.

Odnutowano zdecydowane różnice ilościowe bakterii grupy coli w ujmowanej wodzie. Najwięcej (6048 jtk/100 cm³) stwierdzono w próbkach wody pobieranych w sierpniu, zaś najmniej (589 jtk/100 cm³) w marcu. Podczas styczniowych cykli badawczych stwierdzono w próbkach wody największe ilości bakterii z grup *Escherichia coli* (891 NPL/100 cm³) i *Enterokoki* (109 NPL/100 cm³).

Tabela 3. Wymagania dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi na podstawie [22, 23]

Parametr	jednostka	Wartości wymagane [22, 23]	Wartości podane na www.wobi.pl w styczniu 2015 r.
Temperatura	°C	-	-
Barwa	mgPt/dm ³	15	<5
Mętność	NTU	1	<0,2
Odczyn		6,5–9,5	7,1
Przewodność właściwa	µS/cm	2500	-
Amoniak	mg NH ₄₊ /dm ³	0,5	<0,1
Azotany	mg NO ₃ /dm ³	50	6,4
Azotyny	mg NO ₂ /dm ³	0,5	<0,03
Mangan	µg Mn/dm ³	50	<10
Żelazo ogólne	µg Fe/dm ³	200	<20
Chlorki	mg Cl/dm ³	250	10,6
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ /dm ³	60–500	2,2
Indeks nadmanganianowy	mg O ₂ /dm ³	5	-
Bakterie grupy coli	jtk/100 cm ³	0	-
Escherichia coli	NPL/100 cm ³	0	-
Enterokoki	NPL/100 cm ³	0	-

4. WNIOSKI

Biorąc pod uwagę stężenia substancji zawartych w wodzie oraz ich wartości dopuszczalne określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z 20 kwietnia 2010 roku stwierdzono, że procesy zachodzące w SUW Pietrasze-Wasilków zachodzą z wysoką efektywnością. Układ uzdatniania wody pozwala na spełnienie wymagań określonych normami, a wartości parametrów w wodzie uzdatnionej są niższe od dopuszczalnych.

1. Wody powierzchniowe ujmowane na potrzeby Białegostoku charakteryzują się wysoką jakością w porównaniu do wód ujmowanych na potrzeby innych miast w Polsce.
2. Wyniki badań fizyczno - chemicznych i mikrobiologicznych potwierdzają uzyskiwanie głębokiego oczyszczania wody w stacji uzdatniania poprzez prowadzenie procesu ozonowania oraz zastosowanie filtrów pospiesznych (system TRITON oraz złoża antracytowo-piaskowe).
3. Znaczne zmniejszenie ilości manganu i żelaza ogólnego oraz całkowite pozbawienie wody nieprzyjemnego smaku i zapachu czyni jej jakość akceptowalną przez konsumenta.

Praca powstała w ramach realizacji pracy statutowej S/WBiŚ/3/2014 oraz pracy własnej W/WBiŚ/8/2015 w Katedrze Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska Politechniki Białostockiej, a także dzięki uprzejmości i pomocy Wodociągów Białostockich Sp. z o.o.

LITERATURA

- [1] ADAMCZYK W., JACHIMOWSKI A., *Wpływ składników biogenych na jakość i eutrofizację powierzchniowych wód płynących, stanowiących źródło wody pitnej Krakowa*, Żywność, Nauka, Technologia, Jakość, 2013, Vol. 91, No. 6, 175–190.
- [2] BERNER E.K., BERNER R.A., *The Global Water Cycle*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1987.
- [3] BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., *Charakterystyka geochemiczna aluwii głównych rzek Polski*, Prz. Geol., 1992, No. 1, 16–20.
- [4] BORODZIUK E., KAROLINCZAK B., *O wodzie którą pijemy*, Inżynieria Środowiska Młodym Okiem 2014.
- [5] BOROWIEC S., ZABŁOCKI Z., *Wpływ rolniczego użytkowania i okrywy roślinnej na stężenia azotanów w ciekach i odciekach drenarskich północno-zachodniej Polski*, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, Vol. 440, 19–25.
- [6] CZAJKA A., *Transport i sedymentacja materiału unoszonego w korycie Odry w Kotlinie Raciborskiej*, Prz. Geol., 2004, vol. 52, No. 11, 1081–1089.
- [7] CZAPLICKA-KOTAS A., ŚLUSARCZYK Z., PIĘTA M., SZOSTAK A., *Analiza zależności między wskaźnikami jakości wody w jeziorze Goczalkowickim w aspekcie zakwitów fitoplanktonu*, Ochrona Środowiska, 2012, Vol. 34, No. 1, 21–27.
- [8] DOLJIDO J.R., *Chemia wód powierzchniowych*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 1995.
- [9] FILIPEK T., *Podstawy i skutki chemizacji agroekosystemów*, Wydawnictwo AR, Lublin 2002.
- [10] GIZIŃSKI A., FALKOWSKA E., *Hydrobiologia stosowana: ochrona wód powierzchniowych*, Wyższa Szkoła Humanistyczno-Ekonomiczna we Włocławku 2003.
- [11] GÓRNIAK A., ZIELIŃSKI P., *Wpływ lesistości zlewni na jakość wód rzecznych województwa białostockiego*, Prz. Nauk. z. 16 sesja II i III, Warszawa 1998, 231–241.
- [12] HELIOS-RYBICKA E., WARDAS M., *Metale ciężkie w dolinie Wisły i jej dopływów w rejonie Krakowa*, Prz. Geol., 1989, No. 6, 327–329.
- [13] <http://www.wobi.pl/> [22.01.2015 r.]
- [14] JÓZEFACIUK A., JÓZEFACIUK CZ., *Mechanizm i wskazówki metodyczne badania procesów erozji*, PIOŚ, Warszawa 1996.
- [15] KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., *Biogeochemia pierwiastków śladowych*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1999.
- [16] KOWAL A.L., *Oczyszczanie wody*, Wydawnictwo PWN, Warszawa-Wrocław 1997.
- [17] KOWAL A.L., ŚWIDERSKA-BRÓŹ M., *Oczyszczanie wody. Podstawy teoretyczne i technologiczne, procesy i urządzenia*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2009.
- [18] MAGREL L., *Uzdatnianie wody i oczyszczanie ścieków: urządzenia, procesy, metody*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, 2000.
- [19] PAWEŁEK J., GRENDA W., *Wpływ zbiornika retencyjnego na ujęciu z Rudawy na jakość wody przeznaczonej do zaopatrzenia Krakowa*, Ochrona Środowiska, 2011, Vol. 33, No. 4, 63–66.

- [20] PONDEL H., *Wpływ nawożenia mineralnego na chemiczne właściwości gleb oraz na wody glebo-wo-gruntowe i powierzchniowe*, [w:] Wybrane zagadnienia związane z chemicznym zanieczyszczeniem gleb, pod red. A. KABATA-PENDIAS, Wydawnictwo PWN, 1989, 11–39.
- [21] RAUBA E., *Koszty operatorów usług wodnych w Polsce*, w: *Materiały do studiowania ekonomiki zaopatrzenia w wodę i ochrony wód*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 2008.
- [22] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z 27 listopada 2002r. (Dz.U. 2002 Nr. 204 poz. 1728) Wymagania jakim powinny odpowiadać kategorie jakości wody A1-A3.
- [23] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA z dnia 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
- [24] STARMACH K., WRÓBEL S., PASTERNAK K., *Hydrobiologia: limnologia*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1976.
- [25] WACŁAWSKI M., *Geologia inżynierska i hydrogeologia*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1995.
- [26] WILGAT T., *Ochrona zasobów wodnych Polski*, Wydawnictwo PWN, Warszawa-Łódź 1984.
- [27] WRÓBEL S., *Ekochemia wód śródlądowych. [W]: Ekologia wód śródlądowych*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1988, 139–186.

EVALUATION OF THE WORK EFFECTIVENESS OF WATER TREATMENT STATION IN BIAŁYSTOK

The article describes the surface waters as a source of drinking water for Białystok and the methods and processes used at the water treatment plant Wasilków-Pietrasze. It also presents WTP modernization steps. Analyzed samples of raw water and treated water collected in each months of 2014 year. In the months from January to December was studied physical - chemical and microbiological parameters of the water. The frequency of testing was 10 times a month. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of water treatment methods and the quality of treated water.