

Justyna ZAMORSKA, Adam PIECH

Zakład Oczyszczania i Ochrony Wód
Politechnika Rzeszowska

WPŁYW OCZYSZCZONYCH ŚCIEKÓW NA JAKOŚĆ WÓD W ODBIORNIKU

INFLUENCE OF PURIFIED SEWAGES ON THE WATER QUALITY IN THE RECEIVER

Flowing surface waters are mostly the receiver of purified sewages in Poland. Their use is exclusively possible when the sewage discharge does not disturb the biological functioning of the ecosystem. The essential issue is not only to monitor the concentrations of pollution in purified sewages but also the definition of their influence on water of the receiver. The research done included the indication of the concentration of organic carbon and the chosen bacteriological indicators in the surface waters which are the receivers of sewages from the sewage treatment plant in the area of the Strug river basin (in places of Chmielnik, Hyżne, Błażowa) and in one point before the mouth of the Strug river into the Rzeszów Reservoir. The research proved that most of the observed sewage treatment plants feed water of the receivers with the sewages which influence their quality negatively. In all the studies, the number of the bacteria of the coli group is higher below the point of the sewage discharge from the sewage treatment plant into the examined water. The sewage treatment plants in the area of the Strug river basis also influence the content of DOC (dissolved organic carbon) in the receiver of sewages, whereas the influence on the content of dissolved and biodegradable organic carbon is not higher than the influence of the surface run-off while it is raining. The sewage treatment plants do not influence the content of BRWO (BDOC)-biodegradable dissolved organic carbon in the receivers of sewages during the usual work.

1. Wprowadzenie

Powszechnym problemem w obecnych czasach jest zanieczyszczenie rzek, które są odbiornikami ścieków. Pomimo rozwijających się technologii oczyszczania ścieków, a co za tym idzie poprawy wskaźników fizyczno-chemicznych rzek w Polsce, jakość bakteriologiczna jest nadal zła [1,2]. Większość ścieków trafia obecnie do oczyszczalni, ale i tak nie rozwiązuje to problemu zanieczyszczenia bakteriologicznego wód. Klasyczne oczyszczanie ścieków nie prowadzące specyficznej dezynfekcji redukują liczebność bakterii kałowych o 1-3 rzędów wielkości [3]. W badaniach oczyszczalni ścieków w Gdańsku Olańczuk-Neyman [4] stwierdziła w odpływie liczbę bakterii coli typu kałowego rzędu 10^4 - 10^5 /100 cm³, a w Dębogórze $12,4 \times 10^4$ - $2,5 \times 10^5$ w100 cm³. W Polsce nie ma obowiązku dezynfekcji ścieków przed ich wpuszczeniem do odbiornika,

a to woda powierzchniowa jest istotnym źródłem wody na cele konsumpcyjne i przemysłowe [5]. W związku z tym istotne jest ograniczanie zanieczyszczania rzek. Przyczyną są nie tylko względy czysto przyrodnicze, to jest ochrona bioróżnorodności, ale też względy praktyczne. Lepszej jakości woda w rzekach skutkuje mniejszymi kosztami jej uzdatniania do celów konsumpcyjnych i przemysłowych. Zwiększa też możliwości rozwoju gospodarczego w m. i. sektorze rekreacyjnym, turystycznym czy rybactwa.

Dbanie o jakość ścieków odprowadzanych do rzeki wymaga odpowiednich narzędzi i wskaźników, mogących precyzyjnie i jasno określać wpływ ścieków na stan wody, jednocześnie powinny być to metody łatwe do stosowania oraz tanie. Jakość wód powierzchniowych określana jest na podstawie wyników badań wskaźników fizycznych, chemicznych i biologicznych. Badanie wartości biodegradowalnego węgla rozkładalnego w wodzie powierzchniowej może być kolejnym wskaźnikiem świadczącym o jakości. W artykule przedstawiono wpływ wybranych oczyszczalni ścieków położonych na terenie zlewni rzeki Strug na jakość wód w odbiorniku. Zlewnia Strugu jest wartościowym obiektem badań z kilku powodów. Strug odprowadza swoje wody do Zbiornika Rzeszowskiego. Obecnie wraz z otoczeniem jest to teren rekreacyjny. Na terenie zlewni znajdują się trzy oczyszczalnie różnego typu. Każda oczyszczalnia jest położona na oddzielnym dopływie do Strugu, przy czym są to potoki podobnego typu położone w podobnym terenie. Czini to teren zlewni Strugu przydatnym do badań porównawczych.

2. Metodyka badań

Próbki zostały pobrane przed oraz po miejscach zrzutów ścieków oczyszczonych z oczyszczalni ścieków na terenie zlewni Strugu oraz w jednym punkcie przed ujściem Strugu do Zbiornika Rzeszowskiego. Stanowiska poboru prób przedstawiono na rysunku 1 (Rys.1.).

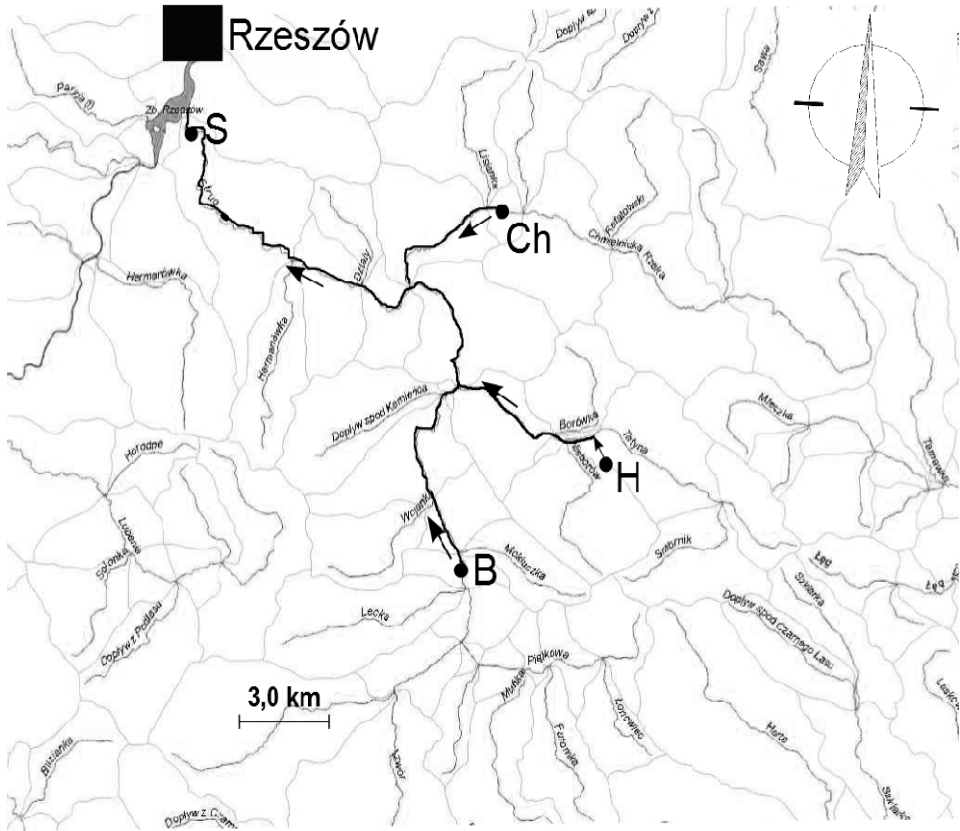
Oznaczania stanowisk poboru:

B – Oczyszczalnia Błazowa - Jest to mechaniczno-biologiczno-chemiczna oczyszczalnia ścieków typu SBR. Wykorzystuje ona metodę niskoobciążonego osadu czynnego z dodatkowym strącaniem związków fosforu za pomocą koagulantu PIX. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych zrzucanych okresowo jest potok Ryjak, który po połączeniu z potokiem Tatyna daje początek rzece Strug,

Ch – Oczyszczalnia Chmielnik – mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków sanitarno-bytowych zrzucająca ścieki w sposób ciągły. Odbiornikiem jest potok Chmielnik będący dopływem rzeki Strug,

H – Oczyszczalnia Hyżne – oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna, zrzucająca ścieki w sposób ciągły. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rów T-1, odprowadzający też wody z przysiółka Nieborów. Rów T-1 wpływa do potoku Tatyna, który łącząc się z potokiem Ryjak tworzy rzekę Strug,

S – ujście rzeki Strug.



Rys1. Stanowiska poboru prób wody

Fig.1. Water sampling stations

Zakres badań obejmował oznaczenia:

I. mikrobiologiczne:

1. ogólnej liczby bakterii w 22⁰ C po 72h (psychrofile) w 1 cm³ i ogólnej liczby bakterii w 36⁰ C po 48h (mezofile) w 1 cm³ zgodnie z PN-EN ISO 6222:2004. Oznaczenie to wykonywano z zastosowaniem pożywki agar A – agar referencyjny i wzbogaconej pożywki - agaru R2A,
2. liczbę (jtk·100 cm³) bakterii z grupy coli metodą filtracji membranowej na powierzchni podłoża Endo po 48 godzinach inkubacji w temperaturze 37°C zgodnie z PN-EN ISO 9308-2:2004,
3. liczbę (jtk·100cm³) beztlenowych bakterii zarodnikujących, redukujących siarczyny na podłożu Wilson-Blaira (po uprzedniej pasteryzacji prób wody przez 10 minut w temperaturze 80°C), po 18 godzinach inkubacji w temperaturze 37°C wg PN-EN 26461-2:2001
4. liczbę (jtk·100cm³) paciorkowców kałowych metodą filtracji membranowej na agarze Slanetz-Bartley'a wg PN-EN ISO 7899-2 :2004

II. stężenia frakcji rozpuszczonego węgla organicznego (RWO):

1. ogólne stężenie RWO. Oznaczenie wykonywano z wykorzystaniem analizatorów OWO Sievers: Innovox i 5310C
2. stężenie BRWO (Biodegradowalny Rozpuszczony Węgiel Organiczny). Obliczono je jako różnicę wartości stężenia RWO bezpośrednio po pobraniu próbek oraz po 28 dniach inkubacji objętości 200 ml w temperaturze 20°C. Próbkę do analiz wstępnie sterylizowano poprzez filtrację przez filtr membranowy o średnicy porów 0,22µm a następnie dodawano do nich inokulum w postaci 2 ml wody pobranej z punktu S, filtrowanej przez filtr strzykawkowy o średnicy porów 2µm
3. stężenie RRWO (Refrakcyjny Rozpuszczony Węgiel Organiczny). Obliczono jako różnicę RWO i BRWO

Wszystkie oznaczenia mikrobiologiczne wykonywano w 3 równoległych powtórzeniach z tej samej próby i oznaczano zgodnie z przyjętą w kraju techniką bakteriologicznego badania wody i zgodnie z wytycznymi zawartymi w Standard Methods. Badania przeprowadzono 4- krotnie w różnych porach roku.

3. Wyniki badań i ich omówienie

W tabeli 1 przedstawiono wartości liczebności bakterii będących wskaźnikami stanu sanitarnego wody.

Tab. 1. Liczba bakterii wskaźnikowych stanu sanitarnego (*coli*, *Clostridium perfringens* i paciorkowców kałowych) w wodach powierzchniowych

Tab. 1. Number of sanitary indicator bacteria (*coli*, *Clostridium perfringens* and fecal streptococci) in surface waters

Termin	Miejsce poboru prób	Bakterie grupy <i>coli</i> [100 cm ³]		<i>Clostridium perfringens</i> [100 cm ³]		Paciorkowce kałowe [100 cm ³]	
		Przed	Po	Przed	Po	Przed	Po
Wiosna	Ch	4000	6000	-	-	75000	78000
	B	4800	5200	-	-	56000	48000
	H	27000	140000	-	-	-	-
Lato	Ch	25000	54000	1000	2000	20000	120000
	B	96000	160000	30000	4000	170000	160000
	H	88000	200000	4000	2000	110000	410000
	S	3000		-		-	

Termin	Miejsce poboru prób	Bakterie grupy <i>coli</i> [100 cm ³]		<i>Clostridium perfringens</i> [100 cm ³]		Paciorkowce kałowe [100 cm ³]	
		Przed	Po	Przed	Po	Przed	Po
Jesień	Ch	45000	62000	-	-	20000	90000
	B	128000	164000	-	-	120000	100000
	H	120000	220000	-	-	80000	320000
	S	9800		-		10000	
Zima	Ch	150	750	200	400	1350	1300
	B	3000	3000	24800	35600	1700	1600
	H	3000	3000	200	3200	540	2200
	S	800		600		500	

We wszystkich badaniach liczba bakterii grupy *coli* jest większa po punkcie zrzutu ścieków z oczyszczalni do badanej wody. Wskazuje to na negatywny wpływ oczyszczonych ścieków na bakteriologiczną jakość wody. Także liczba bakterii *Clostridium perfringens* oraz paciorkowców kałowych w większości przeprowadzonych badań okazała się wyższa w punkcie po miejscu zrzutu ścieków z oczyszczalni.

Liczba bakterii *Clostridium perfringens* oraz paciorkowców kałowych w dwóch badaniach okazała się niższa po punkcie zrzutu ścieków z oczyszczalni w Błazowej. Powodem takich wyników z potoku Ryjak może być specyfika pracy oczyszczalni ścieków w Błazowej, gdyż polega ona na zastosowaniu reaktorów SBR. Wiąże się to ze spuszczeniem oczyszczonych ścieków do odbiornika co kilka godzin. Stąd trudności w uchwyceniu odpowiedniego momentu poboru prób. Takie wyniki mogą świadczyć o tym, iż zanieczyszczenie to nie jest trwałe, a zachodzące procesy samooczyszczania szybko przywracają stan pierwotny.

Wartości liczebności bakterii wskaźnikowych w próbach wody pobranych latem i jesienią w rzece Strug są zdecydowanie niższe od ich liczebności w pozostałych punktach. Wskazuje to na intensywnie zachodzące procesy samooczyszczania. Zimą natomiast proces ten jest zahamowany, stąd zanotowano zdecydowanie wyższe liczebności tych mikroorganizmów.

Tab. 2. Liczba bakterii mezofilnych i psychrofilnych

Tab. 2. Number of mesophilic and psychrophilic bacteria

Termin	Miejsce poboru prób	Mezofile [jtk/1 cm ³]				Psychrofile [jtk/1 cm ³]			
		Przed		Po		Przed		Po	
		Agar	Agar R2A	Agar	Agar R2A	Agar	Agar R2A	Agar	Agar R2A
Wiosna	Ch	400	600	320	470	5900	12500	4600	10700
	B	250	480	200	130	2100	8100	2000	7000
	H	540	740	6100	6400	4200	6200	15200	54000
Lato	Ch	1840	3400	2200	14000	8700	45000	12200	55000
	B	2720	14000	2080	15200	16300	203000	18000	140000
	H	2600	7600	12000	16000	30000	124000	12800	16000
	S			1200	4000			8000	10000
Jesień	Ch	500	1200	740	1300	2300	11000	3800	20000
	B	910	1400	1260	2100	3600	14000	5200	26000
	H	1200	3600	6800	8400	6200	47000	23000	76000
				640	2300			6000	70000
Zima	Ch	65	105	77	90	89	396	130	644
	B	300	300	220	240	616	621	516	314
	H	90	140	480	560	204	516	636	932
	S			53	80			196	224

Tab. 3. Stosunek ilościowy bakterii psychrofilnych do mezofilnych w próbach wody

Tab. 3. The ratio of psychrophilic bacteria to mesophilic in water samples

Termin	Miejsce poboru prób	Psychrofile/Mezofile Przed zrzutem ścieków Agar	Psychrofile/Mezofile Po zrzucie ścieków Agar
Wiosna	Ch	14,75	14,37
	B	8,4	10
	H	7,7	2,49
Lato	C	4,73	8,65
	B	9,48	8,63
	H	5,99	1,07
	S	-	6,67
Jesień	Ch	4,6	5,14
	Bł	3,96	4,13
	H	5,17	3,38
	S	-	9,37
Zima	Ch	1,37	1,69
	B	2,05	2,35
	H	2,27	1,33
	S	-	3,7

Według Ministry of Health [6] stosunek liczbowy bakterii psychrofilnych i mezofilnych w wodach czystych jest wyższy od 10, w wodach zanieczyszczonych jest niższy od 10. W badanych próbach wody obliczone wartości wskazują na zanieczyszczenie wody (Tab.3.). Sporadycznie uzyskano wynik większy od 10 (Chmielnik – w próbach pobranych wiosną zarówno przed, jak i po miejscu zrzutu ścieków).

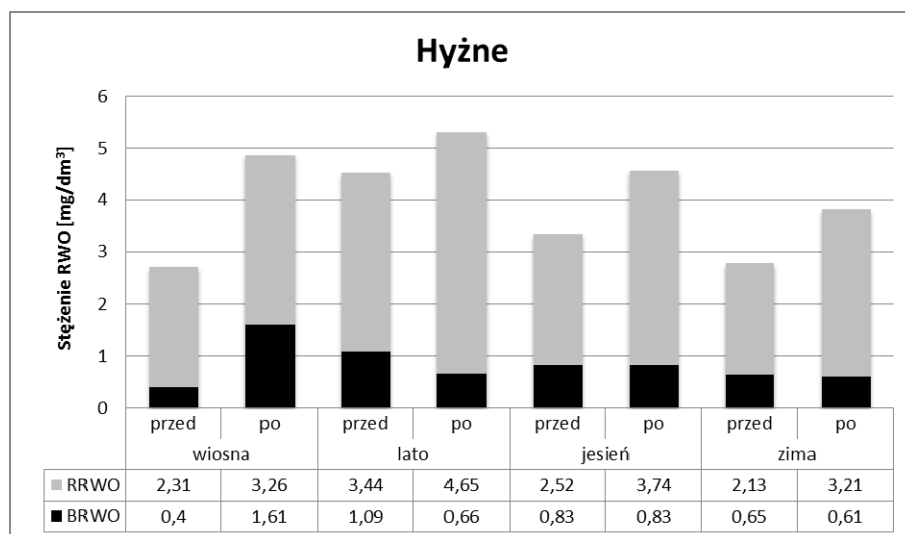
Bakterie psychrofilne i mezofilne hodowano na dwóch rodzajach pożywek: pożywce agar A oraz pożywce agar2R. Na podstawie uzyskanych wyników badań można zauważyć wyższą liczebność bakterii psychrofilnych i mezofilnych na agarze R w porównaniu z tradycyjnym agarem A.(Tab.2.). Agar R stymuluje rozwój zdecydowanie większej ilości bakterii, jest pożywką, która ma większą zawartość składników odżywczych. Stężenia ekstraktu drożdżowego, glukozy, peptonu i kazeiny hydrolizującej pozwala na rozwój szerokiego spektrum bakterii nie tłumiąc gatunków wolno rosnących. Zawartość pirogronianu i skrobi wspiera rozwój szczególnie wymagających bakterii [7].

Temperatura również ma znaczący wpływ na mikroorganizmy, warunkuje większość ich procesów życiowych, wpływa na zdolność oraz tempo ich rozmnażania[8]. Przeprowadzone badania wykazały wyraźnie większą liczebność bakterii psychrofilnych i mezofilnych w wodzie w okresie letnim, ze względu na wyższe temperatury wody (Tab.3.).

Na podstawie liczebności bakterii psychrofilnych i mezofilnych w przypadku oczyszczalni ścieków w Hyżnem i Chmielniku można stwierdzić negatywny wpływ oczyszczonych ścieków na jakość bakteriologiczną wody w odbiorniku. Wskazywałoby to na konieczność dezynfekowania ścieków po procesie ich oczyszczania. Natomiast w przypadku oczyszczalni ścieków w Białowej nie zaobserwowano negatywnego wpływu oczyszczonych ścieków na jakość wód odbiornika. Wpływ na to miała technologia oczyszczania ścieków – oczyszczalnia typu SBR, a co za tym idzie brak ciągłego dostarczania ścieków do wód odbiornika.

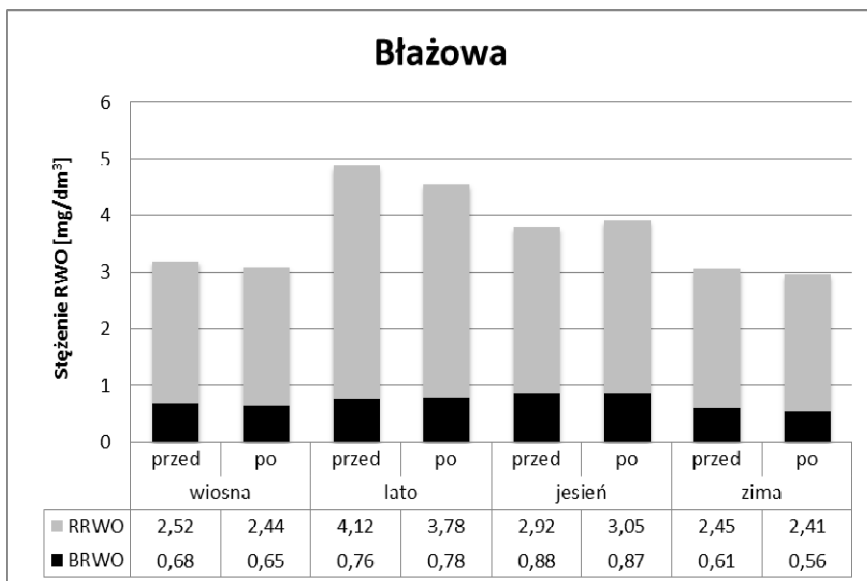
Rysunki 2 - 5 przedstawiają zawartość frakcji Rozpuszczonego Węgla Organicznego (RWO) z podziałem na frakcję RRWO (Refrakcyjny Rozpuszczony Węgiel Organiczny) i BRWO (Biodegradowalny Rozpuszczony Węgiel Organiczny). Analizując uzyskane wyniki można zauważyć iż zakres zmienności stężeń RWO w badanych wodach wynosił od 2,71 (H) do 4,88 (B) mg/dm^3 w warunkach naturalnych. Bezwzględnie najwyższa wartość odnotowana w okresie zimowym dla Chmielnika po zrzucie ścieków ($6,4 \text{ mg}/\text{dm}^3$) wynikała z awarii układu przeróbki osadów.

Za wyjątkiem Hyżnego nie zaobserwowano znaczącego wpływu ścieków oczyszczonych na zawartość RWO w potokach. W przypadku Białowej można to wytłumaczyć specyfiką pracy układu SBR a w Chmielniku małym udziałem ilości ścieków odprowadzanych z oczyszczalni w stosunku do przepływu w potoku.



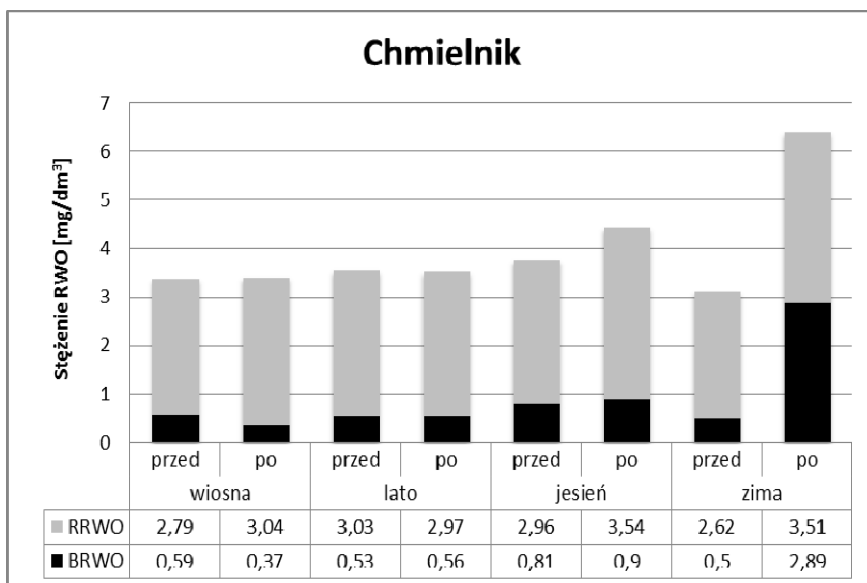
Rys.2. Zawartość frakcji (RWO) w punkcie H

Fig.2. The fraction of RWO in point H



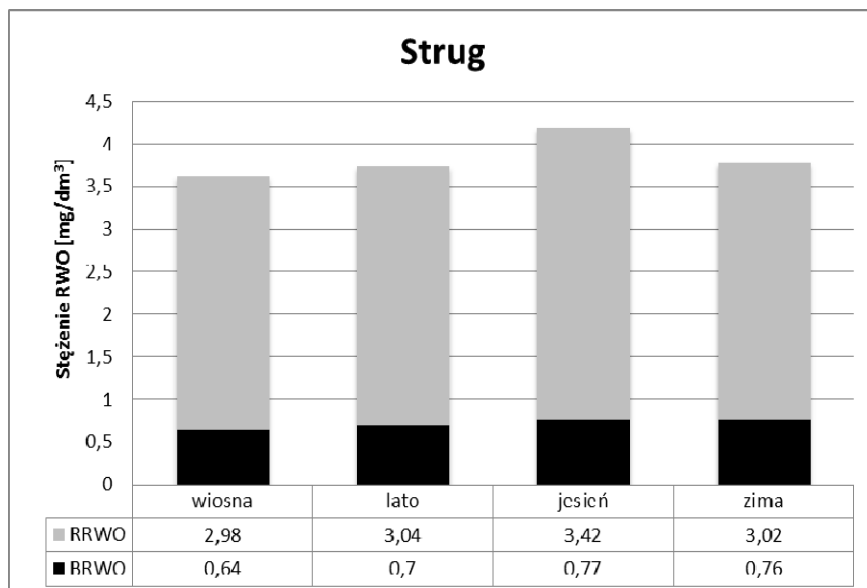
Rys.3. Zawartość frakcji (RWO) w punkcie B

Fig.3. The fraction of RWO in point B



Rys.4. Zawartość frakcji (RWO) w punkcie Ch

Fig.4. The fraction of RWO in point Ch



Rys.5. Zawartość frakcji (RWO) w rzece Strug

Fig.5. The fraction of RWO in river Strug

Największy wpływ na zawartość substancji organicznych w wodach podgórskiej strefy klimatu umiarkowanego ma zjawisko wymywania materii z podłoża glebowego. Przemiany zachodząca w środowisku wodnym mają wtórne znaczenie [9,10]. Potwierdzeniem tych zjawisk jest odnotowanie najwyższych stężeń RWO w okresie letnim, podczas opadów.

Zakres zmienności udziału frakcji BRWO zawierał się w granicach od 10,8% (Chmielnik przed zrzutem ścieków) do 45,1 % (Chmielnik po zrzucie). Średnia zawartość dla potoków przed zrzutem ścieków wynosiła 19,7 % natomiast po zrzucie 20,9 %. A zatem nie występuje znaczący wpływ oczyszczalnych ścieków na zawartość tej frakcji RWO. Wartości te są porównywalne z wynikami uzyskiwanymi dla innych rzek europejskich i świadczą o dobrym stanie jakościowym cieków [11].

Najmniejszy zakres zmienności stężeń RWO i BRWO dotyczył odcinka ujściowego rzeki Strug (Rys.5). Można to wytłumaczyć zmianą charakteru rzeki z potoku fliszowego w rzekę wyżynną.

4. Wnioski

1. Negatywny wpływ oczyszczonych ścieków na jakość bakteriologiczną wody w odbiorniku stwierdzono w przypadku oczyszczalni ścieków w Hyżnem oraz Chmielniku. Wskazywałyoby to na konieczność dezynfekcji ścieków po procesie ich oczyszczania.

2. Nie zaobserwowano negatywnego wpływu oczyszczonych ścieków na jakość bakteriologiczną wody w odborniku w potoku Ryjak ze względu na specyfikę pracy oczyszczalni ścieków w miejscowości Błazowa.
3. Jakość bakteriologiczna wody w rzece Strug ulega znaczącej poprawie i świadczy o intensywnie zachodzących procesach samooczyszczania.
4. Agar R2A stymuluje rozwój większej ilości bakterii psychrofilnych i mezofilnych niż agar referencyjny.
5. Poziom RWO i BRWO w analizowanych wodach powierzchniowych, należących do tego samego typu, jest zbliżony. Udział BRWO w RWO w wodach powierzchniowych, w typowych warunkach, kształtuje się na poziomie od ok. 15% do ok. 25% .
6. Oczyszczalnie na terenie zlewni Strugu nie mają wpływu na zawartość RWO w odborniku ścieków, przy czym wpływ na zawartość RWO i BRWO nie jest większy niż wpływ spływów powierzchniowych w czasie opadów.
7. Zmiana udziału BRWO w RWO w wodzie odbornika ścieków oczyszczonych może służyć jak wskaźnik prawidłowej pracy oczyszczalni.

W badaniach wykorzystano aparaturę zakupioną w ramach projektu nr POPW.01.03.00-18-012/09 z Funduszy Strukturalnych w ramach Programu Operacyjnego Rozwój Polski Wschodniej współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

Bibliografia

- [1] Mazur A., Wpływ spływu powierzchniowego na jakość wód rzeki Żółkiwka, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2/2013, s.64-66
- [2] Policht – Latawiec A., Kanownik W., Jakość i walory użytkowe rzeki Jabłonniczy w aspekcie jej retencjonowania w zbiorniku, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2/2013, s.83-86.
- [3] George I., P.Crop, P. Servai. Faecal removal in wastewater treatment plants studied by plate counts and enzymatic methods. *Water Res.* 2002, 36: 2601-2617
- [4] Olańczuk-Neyman K., Mikrobiologiczne aspekty odprowadzania ścieków do przybrzeżnych wód morskich, *Inżynieria Morska i Geotechnika*, 2003, 2: 55- 62
- [5] GUS, 2013, Ochrona środowiska 2013, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa .s. 170
- [6] MINISTRY OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. 1969. *The bacteriological examination of water supplies* 4 Ed. London, 1–390.

- [7] Siebel E., Wang Y., Egli T., Hammes F., Correlation between total cell concentration, total adenosine tri-phosphate concentration and heterotrophic plate counts during microbial of drinking water. *Drinking Water Engineering and Science*, 2008,1,1-6
- [8] Baj J. i inni, *Biologia molekularna bakterii* , Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007
- [9] Nelson P. N., Baldock J. A., i Oades J. M., Concentration and composition of dissolved organic carbon in streams in relation to catchment soil properties, *Biogeochemistry*, 1992,t. 19, nr 1, ss. 27–50,
- [10] Evans C. D., Monteith D. T., i Cooper D. M., Long-term increases in surface water dissolved organic carbon: Observations, possible causes and environmental impacts, *Environ. Pollut.*, 2005 t. 137, nr 1, ss. 55–71
- [11] Servais P., Anzil Z., Ventresque C., Simple Method for Determination of Biodegradable Dissolved Organic Carbon in Water, *Applied and Environmental Microbiology*, 1989, Vol. 55, No.10, str.2732-2734.