

Piotr Bugajski, Barbara Mielenz

OCENA PRACY OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W WADOWICACH PRZED MODERNIZACJĄ

THE ASSESSMENT OF WORKING SEWAGE TREATMENT PLANT AT WADOWICE BEFORE THE MODERNIZATION

Streszczenie

W artykule przedstawiono ocenę działania oczyszczalni ścieków w Wadowicach na podstawie redukcji zanieczyszczeń w okresie od stycznia 2003 roku do grudnia 2005 roku. Dodatkowym celem była analiza ilości dopływających ścieków w badanym okresie.

Ocenę sprawności działania oczyszczalni oparto na wielkości redukcji 5 wybranych wskaźników zanieczyszczeń: BZT₅, ChZT, zawiesina ogólna, azot ogólny i fosfor ogólny. Wartości ww. wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych porównano do wartości z pozwolenia wodno-prawnego wydanego przez Starostę Wadowickiego dla Wadowickiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o. o. z dnia 28.03.2006 r.

Wyniki badań składu ścieków oczyszczonych wskazują, że średnie wielkości BZT₅, ChZT, zawiesiny ogólnej, azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego są niższe od wielkości dopuszczalnych z pozwolenia wodno-prawnego. W przypadku BZT₅ wielkość średnia na odpływie (14,0 mgO₂·dm⁻³) jest o blisko 7% niższa od wartości dopuszczalnej (15 mgO₂·dm⁻³), ChZT (wartość średnia 89,15 mgO₂·dm⁻³) – o 28,7% niższa od wartości dopuszczalnej (125 mgO₂·dm⁻³), zawiesiny ogólnej (wartość średnia 27,27 mg·dm⁻³) – o 22,1% niższa od wartości dopuszczalnej (35 mg·dm⁻³), azotu ogólnego (wartość średnia 22,17 mgN_{og}·dm⁻³) – o 26,1% niższa od wartości dopuszczalnej (30 mgN_{og}·dm⁻³) oraz fosforu ogólnego (wartość średnia 1,26 mgP_{og}·dm⁻³) – o 37% niższa od wartości dopuszczalnej. Średnia redukcja BZT₅ w procesie oczyszczania wyniosła 97,13%, ChZT – 90,56%, zawiesiny ogólnej – 90,87%, azotu ogólnego – 52,73% i fosforu ogólnego – 88,15%. Redukcja wszystkich analizowanych wskaźników z wyjątkiem azotu ogólnego była na poziomie wyższym od wytycznych podanych w Rozporządzeniu z dnia 31 lipca 2006 roku. Redukcja azotu ogólnego na poziomie 52,73% była niższa od normatywnej, lecz mimo to nie odnotowano przypadku przekroczenia wartości dopuszczalnej.

W pracy przedstawiono średnie miesięczne dopływy w analizowanych trzech latach badań. W roku 2003 średnia ilość dopływających ścieków wyniosła $6\,627\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$, w roku 2004 dopływało $6\,615\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ i w roku 2005 dopływało $6\,995\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$. Aczkolwiek średnioroczne dopływy były poniżej wartości dopuszczalnej ($8\,430\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$) w badanym okresie zdarzały się miesiące o dopływie większym od zakładanego. Obecnie trwa modernizacja obiektu celem zwiększenia jego przepustowości, tak aby można doprowadzić ścieki z kolejnych kanalizowanych miejscowości.

Słowa kluczowe: ścieki, oczyszczalnia ścieków, wskaźniki zanieczyszczeń

Summary

The article presents evaluation of sewage treatment plant in Wadowice operation on the basis of pollutants' reduction in the period from January 2003 to December 2005. Additional aim was analysing amount of inflowing sewage in the research period.

Evaluation of operation capacity was based on reduction size of 5 chosen pollutants' indexes: BOD_5 , COD, total suspended solids, general nitrogen and general phosphorus. Values of above mentioned pollutants' indexes in treated sewage were compared to values from water-law permission given by Wadowice Starost for Wadowice Waterworks and Sewerage Utility Sp. z o. o. from 28.03.2006.

Results of analyses of treated sewage composition show, that mean values of BOD_5 , COD, total suspended solids, general nitrogen and general phosphorus are lower than the admissible values from water-law permission. In the case of BOD_5 mean value on the outflow ($14,0\text{ mgO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$) is almost 7% lower than the admissible value ($15\text{ mgO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$), COD (mean value $89,15\text{ mgO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$) – 28,7% lower than the admissible value ($125\text{ mgO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$), total suspended solids (mean value $27,27\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) – 22,1% lower than the admissible value ($35\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), general nitrogen (mean value $22,17\text{ mgN}_{\text{gen}}\cdot\text{dm}^{-3}$) – 26,1% lower than the admissible value ($30\text{ mgN}_{\text{gen}}\cdot\text{dm}^{-3}$) and general phosphorus (mean value $1,26\text{ mgP}_{\text{gen}}\cdot\text{dm}^{-3}$) – 37% lower than the admissible value. Mean BOD_5 reduction in the treatment process was 97,13%, COD – 90,56%, total suspended solids - 90,87%, general nitrogen – 52,73% and general phosphorus – 88,15%. Reduction of all analysed indexes except general nitrogen was on the level higher than guidelines given by the Ordinance from 31st July 2006. General nitrogen reduction on the level of 52,73% was lower than the normative one, but even though no case of transgression of admissible value was stated.

The paper presents mean monthly inflows in analysed three years of research. In 2003 mean amount of inflowing sewage was $6\,627\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$, In 2004 $6\,615\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ flew in and in 2005 $6\,995\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ flew in. Although annual average inflows were lower than the admissible value ($8\,430\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$), some months occurred in the research period when the inflow was higher than the assumed one. Presently, modernisation of the object lasts, aiming at increasing its capacity, so that it is possible to collect sewage from next canalised towns.

Key words: sewage, sewage treatment plant, pollutants' indexes

WSTĘP

Wysokie tempo rozwoju wiejskich systemów zaopatrzenia w wodę, związane z sukcesywnym zwiększaniem się na wsi liczby mieszkań, z wysokim standardem wyposażenia w urządzenia sanitarne, powoduje stały wzrost ilości odprowadzanych ścieków z wiejskich jednostek osadniczych [Błażejewski 2003].

Przyrost ilości powstających ścieków powoduje konieczność budowy lub modernizacji już istniejących lub budowy nowych systemów kanalizacji i oczyszczania ścieków na terenach wiejskich. Powyższa problematyka znalazła swoje odzwierciedlenie w uchwale Rady Ministrów RP z dnia 16 grudnia 2003 roku zatwierdzającej Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych, który określa zadania inwestycyjne w gospodarce wodno-ściekowej do roku 2015, w realizacji zadań własnych w zakresie usuwania i oczyszczania ścieków do 31 grudnia 2015 roku [Bień 2004].

Oczyszczanie ścieków jest jedną z podstawowych metod rozwiązania problemu poprawy czystości wód. Jak trudne jest to zadanie wie każdy, kto zajmuje się tą dziedziną. W każdym przypadku chodzi o wykorzystanie nauk przyrodniczych (biologia, chemia) do opracowania rozwiązań technicznych, które będą odpowiadać lokalnym wymaganiom i jednocześnie umożliwią znalezienie odpowiednich rozwiązań ekonomicznych. Aby osiągnąć taki cel, rozwiązania tego muszą szukać naukowcy i inżynierowie z jednej strony oraz polityka i przemysł z drugiej [Bugajski, Bergel 2007; Kaczor, Bugajski 2006; Hartman 1996].

Zagadnienia dotyczące odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków z terenów wiejskich zaczynają jednak stopniowo narastać i można oczekiwać, że w ciągu najbliższych lat sytuacja w tej dziedzinie będzie się poprawiać. Ważnym aspektem konieczności budowy kanalizacji na wsi jest aktualnie tendencja do wyrównywania poziomu życia na wsi do warunków miejskich. Wyraża się to w wyposażeniu nowo budowanych i modernizowanych budynków mieszkalnych i zagrod w instalacje sanitarne w pełnym zakresie, w tym również w instalacje kanalizacyjne. Według stanu na koniec 2004 r. w Małopolsce działało 227 oczyszczalni ścieków. W obiektach tych oczyszczono 669 hm³ ścieków, co stanowi 58% ścieków odprowadzonych siecią kanalizacyjną z miast i wsi. Wskaźnik ten w większości krajów oscyluje wokół 70% [GUS 2005].

CEL I ZAKRES PRACY ORAZ METODYKA BADAŃ

Celem przeprowadzonych badań była ocena działania mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w Wadowicach. Ocena sprawności działania oczyszczalni oparto na wielkości redukcji 5 wybranych wskaźników zanieczyszczeń: BZT₅, ChZT, zawiesina ogólna, azot ogólny i fosfor ogólny. Wartości ww. wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych porównano do wartości z pozwolenia wodno-prawnego wydanego przez

Starostę Wadowickiego dla Wadowickiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o. o. z dnia 28.03.2006 r. Dodatkowym celem pracy jest analiza rzeczywistego dopływu ścieków i porównanie z zakładanym dopływem z pozwolenia wodno-prawnego.

Przeprowadzone badania obejmowały okres 3 lat od 1 stycznia 2003 r. do 31 grudnia 2005 r. Dane dotyczące wyników pomiarów zostały zaczerpnięte z pracy magisterskiej mgr. inż. Grzegorza Wójtowicza w ramach badań prowadzonych w Katedrze Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji na podstawie podpisanej umowy pomiędzy autorem a dziekanem Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Akademii Rolniczej w Krakowie [Wójtowicz 2007].

CHARAKTERYSTYKA SIECI KANALIZACYJNEJ W WADOWICACH

Ścieki z terenu miasta Wadowice odprowadzane są do oczyszczalni za pomocą systemu kanalizacji rozdzielczej i ogólnospławnej. Jej stan techniczny jest zróżnicowany, w zależności od czasu eksploatacji i materiału z jakiego została wykonana. Długość kanalizacji sanitarnej na terenie miasta wynosi 38,8 km, w tym 21,8 km to kanalizacja ogólnospławna. Długość przyłączy (przykanalików) do budynków wynosi 13,9 km. Szacuje się, że z miejskiej kanalizacji sanitarnej korzysta ok. 5370 gospodarstw domowych, czyli system sieciowy odprowadzania ścieków obsługuje około 15 460 mieszkańców Wadowic, co stanowi 79,7% ogółu mieszkańców miasta. W latach dziewięćdziesiątych XX w. wybudowano kanalizację sanitarną w części sołectw położonych na lewym brzegu rzeki Skawy. Ścieki z tych obszarów w ilości około $274 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ odprowadzane są i oczyszczane w oczyszczalni ścieków w Wadowicach. Sieć kanalizacji sanitarnej na wsiach wykonana jest z PCV, a jej stan techniczny nie budzi zastrzeżeń. Łączna długość sieci kanalizacyjnej w tych miejscowościach wynosi 38,5 km, natomiast długość przyłączy wynosi 8,1 km. W przeciwieństwie do obszaru miasta miejscowości wiejskie na terenie gminy są słabo skanalizowane. Z kanalizacji na tych terenach korzysta zaledwie 16,6% mieszkańców.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

Oczyszczalnia ścieków w Wadowicach oczyszcza ścieki z terenu miasta Wadowice oraz z części terenów wiejskich gminy Wadowice. Jest to obiekt zaprojektowany na przepustowość $8430 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ [Wójtowicz 2007].

W układzie technologicznym ścieki surowe dopływają kolektorem grawitacyjnym $\phi 800 \text{ mm}$ do studni zbiorczej, a następnie kierowane są na kraty rzadkie i gęste w celu oddzielenia skrątek. Skratki po zdezynfekowaniu wapnem trafiają na wysypisko śmieci. Ścieki kolejno płyną przez piaskownik o przepływie pionowym. Piasek z piaskowników odprowadzany jest za pomocą pomp do otwartego zbiornika, w którym następuje odsączanie piasku. Po usunięciu skra-

tek i piasku ścieki kierowane są do reaktora, tzw. bioxybloku, gdzie następuje biologiczne oczyszczanie ścieków. Bioxyblok składa się z trzech współśrodkowych komór, które tworzą strefy: niedotlenioną, tlenową i kieszeniowy osadnik wtórny jako pierścień zewnętrzny. W centrum walca, w kolumnie centralnej znajduje się zbiornik pośredni do odprowadzania osadu nadmiernego i recyrkulacji. Bioxyblok jest wyposażony w dwa systemy napowietrzania. Są to aeratory o średnicach 1,8 m i 2,0 m oraz system wspomagający, tj. drobnopęcherzykowe napowietrzanie realizowane za pomocą dyfuzorów rurowych, zawieszonych przy pomoście wraz z dostarczającą powietrze dmuchawą rotacyjną, stojącą na jednym z ramion czteroramiennego ruchomego pomostu. Ponadto do mieszania ścieków zainstalowano mieszadło śmigłowe wolnoobrotowe o średnicy 2,2 m, które znajduje się w strefie niedotlenionej. Do ścieków dozowany jest koagulant – siarczan żelazowy PIX wspomagający usuwanie fosforu ze ścieków. Dozowanie jest możliwe w dwóch punktach, tj. do komory tlenowej bioxybloku oraz do koryta odpływowego z piaskownika. Ścieki oczyszczone z bioxybloku odpływają kolektorem $\phi 1200$ mm do odbiornika – rzeki Skawy. Schemat układu technologicznego przedstawiono na rysunku 1.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

W pierwszym etapie badań scharakteryzowano skład ścieków surowych. Podstawowe parametry charakteryzujące wielkości wybranych wskaźników zanieczyszczeń, tj.: BZT₅, ChZT, zawiesina ogólna, azot ogólny i fosfor ogólny zamieszczono w tabeli 1. Skład fizykochemiczny ścieków surowych dopływających do oczyszczalni w Wadowicach ogólnie nie odbiega od składu typowych ścieków bytowych. Wielkość BZT₅ w ściekach surowych wahała się od 284,2 mgO₂·dm⁻³ do 815,4 mgO₂·dm⁻³. Średnia wartość tego wskaźnika w ściekach surowych wyniosła 487,2 mgO₂·dm⁻³. Również dość duże wahania odnoszą się do drugiego wskaźnika tlenowego ChZT, gdzie wartości w ściekach surowych wyniosły od 612,8 mgO₂·dm⁻³ do 1307,7 mgO₂·dm⁻³. Wartość średnia zawiesiny ogólnej w ściekach dopływających wyniosła 298,6 mg·dm⁻³. Wartości w ściekach surowych analizowanych dwóch wskaźników eutroficznych były również na zróżnicowanym poziomie. Wielkość azotu ogólnego wahała się od 31,0 mgN_{og}·dm⁻³ do 61,0 mgN_{og}·dm⁻³, natomiast fosforu ogólnego od 6,6 mgP_{og}·dm⁻³ do 20,6 mgP_{og}·dm⁻³. Przyczyną dużych wahań zanieczyszczeń dopływających w ściekach surowych do oczyszczalni może być dopływ innych ścieków niż ścieki bytowe. Do kanalizacji odprowadzane są ścieki z kilkunastu zakładów przemysłowych i usługowych, zlokalizowanych na terenie miasta i gminy. Z tych zakładów mogą odpływać ścieki o zdecydowanie większym ładunku zanieczyszczeń niż z gospodarstw domowych. Natomiast na rozcieńczenie ścieków (okresy dopływu ścieków o małej ilości zanieczyszczeń) mają wpływ ścieki opadowe dopływające kanalizacją ogólnospławną.

Tabela 1. Charakterystyka składu ścieków surowych oraz oczyszczonych w odniesieniu do wielkości dopuszczalnych z pozwolenia wodno-prawnego
Table 1. Characteristic of composition raw sewage and clean sewage with compare to permitted values from legislative documentation for sewage treatment plant

Wskaźnik zanieczyszczeń	Parametr		Jednostka	Wartość parametru		Wartość dopuszczalna wg pozwolenia wodno-prawnego
				ścieki surowe	ścieki oczyszczone	
BZT ₅	wielkość	maksymalna	mgO ₂ ·dm ⁻³	815,45	14,88	15,0
		średnia		487,25	14,00	
		minimalna		284,16	10,08	
ChZT	wielkość	maksymalna	mgO ₂ ·dm ⁻³	1307,75	120,00	125,0
		średnia		944,43	89,15	
		minimalna		612,83	66,20	
zawiesina ogólna	wielkość	maksymalna	mg·dm ⁻³	433,20	49,30	35,0
		średnia		298,56	27,27	
		minimalna		166,43	9,06	
azot ogólny	wielkość	maksymalna	mgN _{og} ·dm ⁻³	61,00	29,54	30,0
		średnia		46,90	22,17	
		minimalna		31,00	10,50	
fosfor ogólny	wielkość	maksymalna	mgP _{og} ·dm ⁻³	20,66	1,51	2,0
		średnia		10,63	1,26	
		minimalna		6,63	0,59	

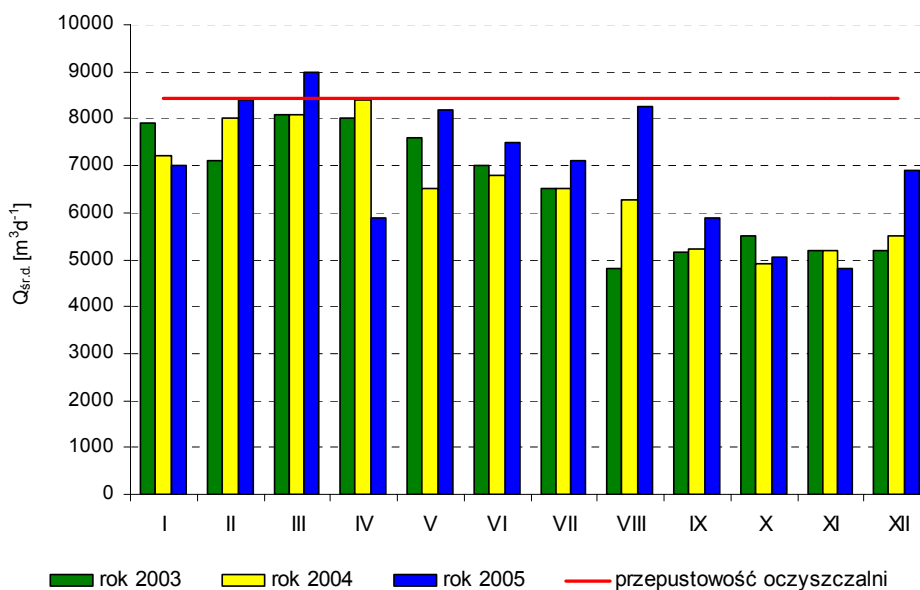
Wyniki badań składu ścieków oczyszczonych wskazują, że średnie wielkości BZT₅, ChZT, zawiesiny ogólnej, azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego są niższe od wielkości dopuszczalnych z pozwolenia wodno prawnego. W przypadku BZT₅ wielkość średnia na odpływie (14,0 mgO₂·dm⁻³) jest o blisko 7% niższa od wartości dopuszczalnej (15 mgO₂·dm⁻³), ChZT (wartość średnia 89,1 mgO₂·dm⁻³) – o 28,7% niższa od wartości dopuszczalnej (125,0 mgO₂·dm⁻³), zawiesiny ogólnej (wartość średnia 27,27 mg·dm⁻³) – o 22,1% niższa od wartości dopuszczalnej (35 mg·dm⁻³), azotu ogólnego (wartość średnia 22,17 mgN_{og}·dm⁻³) – o 26,1% niższa od wartości dopuszczalnej (30 mgN_{og}·dm⁻³) oraz fosforu ogólnego (wartość średnia 1,26 mgP_{og}·dm⁻³) – o 37% niższa od wartości dopuszczalnej. Wielkości ww. wskaźników w ściekach surowych oraz oczyszczonych przedstawiono w tabeli 1. Wielkości redukcji BZT₅, ChZT, zawiesiny ogólnej, azotu ogólnego i fosforu ogólnego w badanym okresie przedstawiono w tabeli 2. Średnia redukcja BZT₅ w procesie oczyszczania wyniosła 97,13%, ChZT – 90,56%, Zawiesiny ogólnej – 90,87%, azotu ogólnego – 52,73% i fosforu ogólnego – 52,73%.

nego – 88,15%. Redukcja wszystkich analizowanych wskaźników z wyjątkiem azotu ogólnego była na poziomie wyższym od wytycznych podanych w Rozporządzeniu z dnia 31 lipca 2006 roku. Redukcja azotu ogólnego na poziomie 52,73% była niższa od normatywnej, lecz mimo to nie odnotowano przypadku przekroczenia wartości dopuszczalnej.

Tabela 2. Wielkość redukcji poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń w badanej oczyszczalni

Table 2. Values of reduction of selected indices in sewage treatment plant

Wskaźnik zanieczyszczeń	Redukcja zanieczyszczeń w procesie oczyszczania [%]			Minimalny procent redukcji wg Rozporządzenia z dnia 31 lipca 2006 r.
	maksymalna	średnia	minimalna	
BZT ₅	99,09	97,13	96,62	90
ChZT	91,48	90,56	89,75	75
zawiesina ogólna	92,23	90,87	89,42	90
azot ogólny	58,86	52,73	45,31	80
fosfor ogólny	88,01	88,15	86,42	85



Rysunek 2. Ilość dopływających ścieków do oczyszczalni w Wadowicach w latach 2003–2005

Figure 2. Volume of sewage flowing into the sewage treatment plant in Wadowice in 2003–2005

W pracy poddano również analizie średnie miesięczne dopływy w analizowanym okresie trzech lat. W roku 2003 średnia ilość dopływających ścieków wyniosła $6\,627\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$, w roku 2004 dopływało $6\,615\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$, a w roku 2005 dopływało $6\,995\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$. Mimo iż średnioroczne dopływy były poniżej dopływu zakładanego w projekcie ($8430\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$) w badanym okresie zdarzały się miesiące o dopływach większych od zakładanego. Obecnie trwa modernizacja obiektu celem zwiększenia jego przepustowości, tak aby można doprowadzić ścieki z kolejnych kanalizowanych miejscowości.

WNIOSKI I STWIERDZENIA

Na podstawie przeprowadzonych badań, związanych z oceną działania oczyszczalni ścieków w Wadowicach, sformułowano następujące wnioski i stwierdzenia:

1. Skład ścieków surowych dopływających do badanej oczyszczalni pod względem zawartości poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń nie odbiega od typowych ścieków bytowych podawanych w literaturze. Średnia wartość BZT₅ wynosi $487,2\text{ mgO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$, ChZT – $944,4\text{ mgO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$, zawiesiny ogólnej – $298,6\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, azotu ogólnego – $31,0\text{ mgN}_{\text{og}}\cdot\text{dm}^{-3}$ i fosforu ogólnego – $10,6\text{ mgP}_{\text{og}}\cdot\text{dm}^{-3}$.

2. Wielkości poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych były niższe od wielkości dopuszczalnych z pozwolenia wodnoprawnego. Jedynie w przypadku zawiesiny ogólnej stwierdzono sporadyczne przekroczenia wartości dopuszczalnej. Przekroczenia wartości dopuszczalnej zawiesiny miały miejsce w trakcie dużych dopływów ścieków, a zwłaszcza w dniach, kiedy dopływ przekraczał przepustowość oczyszczalni.

3. W trakcie badań odnotowano wysoką redukcję dla wskaźników z grupy podstawowej (BZT₅, ChZT i zawiesiny ogólnej) – odpowiednio na poziomie 97%, 90% i 91%. Na wysokim poziomie była redukcja fosforu ogólnego 88,1%, natomiast redukcja drugiego wskaźnika eutroficznego, tj azotu ogólnego była na zdecydowanie niższym poziomie i wyniosła 45,3%.

4. W latach 2003–2005 średnia ilość dopływających ścieków wahała się w granicach od $6\,615\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ do $6\,995\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$. Były to ilości mniejsze o około 17% od zakładanego dopływu w projekcie, który wynosi $8430\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$. Aktualnie celem zwiększenia przepustowości wykonywana jest modernizacja obiektu, ponieważ konieczne jest podłączenie kolejnych kanalizowanych miejscowości.

BIBLIOGRAFIA

Bień J. *Krajowy program oczyszczania ścieków komunalnych – plan rozwoju gospodarki ściekowej w Polsce*. Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej nt: Kanalizacja wsi – stan obecny, perspektywy rozwoju. Poznań – Puszczykowo 18–20.02.2004, 2004.

- Błażejowski R. *Kanalizacja wsi*. PZITS Oddział Wielkopolski. Poznań 2003.
- Bugajski P., Bergel T. *Removing pollutions in a SBR sewage treatment plant as an alternative for typical activated sludge systems*. Polish Journal of Environmental Studies Vol. 16, No. 2A, Part III, 2007, s. 447–449.
- GUS. *Rocznik statystyczny województwa małopolskiego*. Główny Urząd Statystyczny 2005.
- Hartmann L. *Biologiczne oczyszczanie ścieków*. Instalator Polski. Warszawa 1996.
- Kaczor G., Bugajski P. 2006. *Usuwanie związków biogenych w przydomowych oczyszczalniach ścieków typu Turbojet i Biocompact*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 2/2(2006). PAN o/kraków, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi. 2006, s. 65–75.
- Wójtowicz G. 2007. *Ocena sprawności działania oczyszczalni ścieków w Wadowicach*. Praca magisterska wykonana w Katedrze Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji Akademii Rolniczej w Krakowie – maszynopis, 2007.

Dr inż. Piotr Bugajski
mgr inż. Barbara Mielenz
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Akademia Rolnicza w Krakowie
Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
tel. (012) 632-57-88.
pbugajsk@ar.krakow.pl,
rmmielen@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Węglarczyk*