

Adam MASŁOŃ¹
Janusz A. TOMASZEK²

ANALIZA PRACY OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W SOKOŁOWIE MAŁOPOLSKIM

Przedmiotem opracowania jest analiza pracy oczyszczalni ścieków w Sokołowie Małopolskim. Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków w Sokołowie Małopolskim została uruchomiona w 1994 r., a następnie w 2004 r. poddana modernizacji. Projektowana średniodobowa przepustowość wynosi $Q_{\text{srđ}}=1200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, a równoważna liczba mieszkańców stanowi 10000 RLM. Aktualnie oczyszczalnia ścieków obsługuje ok. 8700 mieszkańców. Ciąg technologiczny obiektu stanowi: kratka schodkowa, piaskownik pionowy, komora osadu czynnego oraz osadniki wtórne. Technologia przeróbki osadów ściekowych obejmuje z kolei zagęszczanie grawitacyjne, odwadnianie mechaniczne oraz składowanie na poletku osadowym. W okresie od stycznia 2009 do grudnia 2010 roku oczyszczalnia w Sokołowie Małopolskim pracowała w zmiennych warunkach obciążeń hydraulicznych. Średni przepływ dla rozpatrywanego okresu wynosił $1099,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Najmniej ścieków dopływało do oczyszczalni w październiku 2009 r. ($645,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$), a najwięcej ($1404,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$) w styczniu 2010 roku. Analiza dostępnych wyników badań wykazała prawidłową pracę oczyszczalni ścieków oraz efektywne usuwanie zanieczyszczeń. Podczas dwuletniej eksploatacji oczyszczalni w Sokołowie Młp. nie zaobserwowano nieprawidłowości pracy kolejnych stopni oczyszczania. W rozpatrywanym okresie jakość ścieków oczyszczonych odpowiadała warunkom określonym w pozwoleniu wodnoprawnym. Średnia efektywność usunięcia zanieczyszczeń ze ścieków określonych wskaźnikami wyniosła: BZT₅ – 97,9%, ChZT – 93,1%, zawiesina og. – 95,9%, N_{og} – 92,9%, P_{og} – 90,9%. Oczyszczalnia w Sokołowie Młp., mimo że nie jest zobowiązana do usuwania związków biogenych ze ścieków, to posiada znaczący potencjał w zakresie zintegrowanego usuwania C, N i P ze ścieków, czego przejawem są wyniki jakościowe ścieków oczyszczonych. Równocześnie określone wskaźniki niezawodności potwierdzają wysoko-sprawne i niezawodne funkcjonowanie technologiczne oczyszczalni ścieków.

Słowa kluczowe: ścieki komunalne, biologiczne oczyszczanie ścieków, osad czynny, związki biogenne

¹ Autor do korespondencji: Adam Masłoń, Politechnika Rzeszowska, Katedra Inżynierii i Chemii Środowiska, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel.: 17 743 24 07, amaslon@prz.edu.pl

² Janusz A. Tomaszek, Politechnika Rzeszowska, Katedra Inżynierii i Chemii Środowiska, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel.: 17 865 13 61, tomaszek@prz.edu.pl

1. Wprowadzenie

Podstawowym zadaniem oczyszczalni ścieków, będącej jednym z ogniw powiązanej ze sobą gospodarki wodnej i ściekowej, jest ochrona ekosystemów wodnych przed zanieczyszczeniami. Osiągnięcie odpowiedniego poziomu oczyszczania ścieków jest uwarunkowane prawidłowo zaprojektowanym procesem technologicznym i jego realizacją zgodnie z przyjętą technologią. Czynnikiem decydującym o redukcji zanieczyszczeń jest przestrzeganie parametrów technologicznych procesu oczyszczania i prawidłowa eksploatacja urządzeń.

W przypadku, gdy ścieki oczyszczone nie spełniają wymaganych parametrów, konieczne jest ustalenie przyczyny i usunięcie nieprawidłowości, aby zapobiec zagrożeniom ekologicznym. Wszelkie zaburzenia w funkcjonowaniu oczyszczalni ścieków powodują wprowadzenie do środowiska wodnego zwiększonych ilości zanieczyszczeń, których następstwem jest pogorszenie jakości wód odbiornika i stanu środowiska naturalnego. W konsekwencji nieprawidłowa eksploatacja oczyszczalni ogranicza przydatność wód powierzchniowych do celów rolniczych, przemysłowych, a przede wszystkim zaopatrzenia w wodę pitną [5].

W pracy przeprowadzono analizę funkcjonowania oczyszczalni ścieków w Sokołowie Małopolskim w latach 2009 – 2010 r.

2. Charakterystyka oczyszczalni ścieków w Sokołowie Małopolskim

Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków zlokalizowana jest na wschód od centrum miasta Sokołów Małopolski. Została uruchomiona w 1994 r., a następnie w 2004 r. poddana modernizacji. Projektowana średniodobowa przepustowość dla pogody bezdeszczowej stanowi $Q_{\text{srđ}}=1200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, a maksymalna dobowa przepustowość wynosi $Q_{\text{maxd}}=1500 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Równoważna liczba mieszkańców stanowi 10000 RLM. Aktualnie oczyszczalnia ścieków obsługuje ok. 8700 mieszkańców. Przyjmuje i oczyszcza ścieki bytowo-gospodarcze z miasta i gminy Sokołów Młp. oraz ścieki przemysłowe pochodzące z dwóch zakładów mięsnych, jak również odcieki z gminnego składowiska odpadów. Oczyszczone ścieki są odprowadzane rowem T-4 o długości ok. 1250 m do odbiornika, którym jest rzeka Trzebośnica, dopływ Sanu [8].

Do oczyszczalni ścieki dopływają siecią kanalizacyjną grawitacyjną. Na terenie oczyszczalni do głównego kolektora o średnicy 600 mm doprowadzane są ścieki ze stacji zlewczej, która przeznaczona jest do przyjmowania ścieków dowożonych wozami asenizacyjnymi z pobliskich, nieskanalizowanych miejscowości. Ścieki te przed wprowadzeniem do układu technologicznego są mieszane w celu wyrównania składu jakościowego oraz ustabilizowania obciążenia oczyszczalni ładunkiem zanieczyszczeń [8].

Oczyszczalnia ścieków w Sokołowie została zmodernizowana i rozbudowana tak, aby spełniać warunki pozwolenia wodnoprawnego, udzielonego w dniu 8 sierpnia 2003 r. decyzją Starosty Rzeszowskiego na odprowadzenie ścieków do rzeki Trzebońnicy [4]. Wymagania jakościowe dla ścieków oczyszczonych są porównywalne z wartościami podawanymi przez polskie ustawodawstwo [9], niemniej jednak przedmiotowa oczyszczalnia nie posiada obowiązku usuwania związków biogenych ze ścieków (tab. 1).

Tabela 1. Dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych dla oczyszczalni w Sokołowie Małopolskim

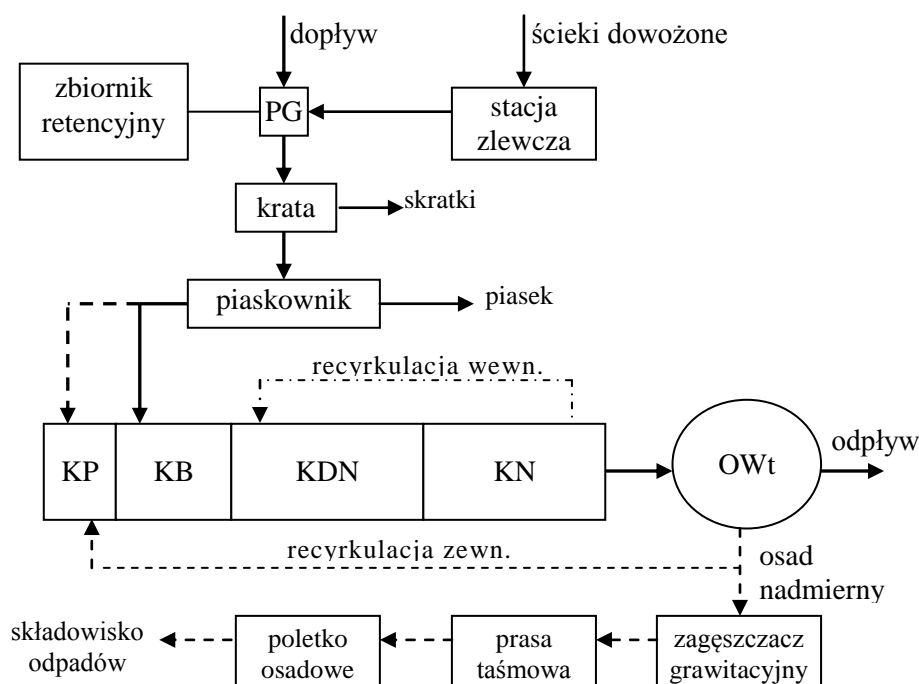
Table 1. Permissible concentration of pollutants in the treated wastewater for WWTP in Sokołów Małopolski

Najwyższe dopuszczalne wartości zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych	Wskaźnik zanieczyszczeń				
	BZT ₅ [mg O ₂ ·dm ⁻³]	ChZT [mg O ₂ ·dm ⁻³]	Zaw. og. [mg·dm ⁻³]	Azot og. [mg·dm ⁻³]	Fosfor og. [mg·dm ⁻³]
wg Rozporządzenia [9]	25,0	125,0	35,0	15,0*	2,0*
wg pozwolenia wodnoprawnego [4]	25,0	125,0	35,0	–	–

* - wartości wymagane wyłącznie w ściekach wprowadzanych do jezior i ich dopływów oraz bezpośrednio do sztucznych zbiorników wodnych usytuowanych na wodach płynących.

Ciąg technologiczny oczyszczalni ścieków stanowią następujące urządzenia: krata schodkowa, piaskownik pionowy, komora osadu czynnego oraz osadniki wtórne (rys. 1) [8]. W pierwszej kolejności ścieki dopływają w sposób grawitacyjny do pompowni głównej (PG) oczyszczalni ścieków. Pompownię stanowi zbiornik podziemny o średnicy 3 m, wyposażony w pompy zatapialne, które tłoczą ścieki na mechaniczną kratę schodkową o prześwicie 6 mm. Następnie ścieki, pozbawione dużych zanieczyszczeń, kierowane są do dwukomorowego piaskownika o przepływie pionowym. Do piaskownika doprowadzane jest sprężone powietrze do napowietrzania w celu separacji piasku oraz do wzruszania piasku przed spustem do odwadniania na instalacji DRAIMAD.

Po części mechanicznej ścieki wpływają do komory osadu czynnego (2 równoległe ciągi technologiczne). Reaktor biologiczny w oczyszczalni ścieków w Sokołowie Młp. jest obiektem zmodernizowanym, pracującym w technologii osadu czynnego w oparciu o system Bardenpho. Ścieki przepływają kolejno przez komorę beztlenową (KB), denitryfikacji (KDN) i nitryfikacji (KN). Dodatkowo istnieje możliwość doprowadzania pewnej ilości ścieków (ok. 40%) bezpośrednio do komory predenitryfikacji osadu recyrkulowanego (KP). Kolejno ścieki dopływają do osadników wtórnych (OWt), w których następuje separacja osadu od oczyszczonych ścieków. Oczyszczone ścieki odpływają kanałem wylotowym do odbiornika [8].



Rys. 1. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Sokółwie Małopolskim; PG-pompownia główna, KP-komora predenitryfikacji, KB-komora beztlenowa, KDN-komora denitryfikacji, KN-komora nityfikacji, OWt-osadnik wtórny

Fig. 1. Scheme of WWTP in Sokół Małopolski; PG-pumping station, KP-predenitrification tank, KB-anaerobic tank, KDN-denitrification tank, KN-nitrification tank, OWt-secondary clarifier

Technologia przeróbki osadów ściekowych obejmuje zagęszczanie grawitacyjne, odwadnianie mechaniczne oraz składowanie na poletku osadowym. Osad nadmierny z przepompowni trafia do zagęszczacza grawitacyjnego, będącego obiektem żelbetowym o średnicy 4,5 m i głębokości czynnej 3,0 m. Zastosowany zagęszczacz może pracować w sposób okresowy lub ciągły. Okresowe zagęszczanie obejmuje cztery fazy: (1) napełnianie zagęszczacza osadem nadmiernym, (2) zagęszczanie, podczas którego czynne jest mieszadło, (3) odprowadzenie wody nadosadowej, (4) odprowadzenie osadu zagęszczonego. Następnie zagęszczony osad kierowany jest do stacji mechanicznego odwadniania osadu, w której następuje odwadnianie osadu na prasie taśmowej. Do kondycjonowania osadu, które stosuje się przy mechanicznym odwadnianiu w celu poprawy szybkości odwadniania, stosowany jest polielektrolit F-29 SNF. Odwodniony osad transportowany jest podajnikiem ślimakowym do mieszarki osadu z wapnem celem higienizacji. Zwapnowany osad podawany jest przeno-

śnikiem taśmowym na składowisko operacyjne osadu. Jest to plac składowy zadaszony o wymiarach 15x15 m, z trzema boksami osadowymi. Pojemność składowiska zapewnia gromadzenie osadu przez trzy miesiące, podczas których osad ulega dalszemu odwadnianiu i stabilizacji. Odciek jest odprowadzany do kanalizacji własnej oczyszczalni. Po okresie ok. 2 tygodni leżakowania ustabilizowany osad wywożony jest na składowisko odpadów komunalnych [8].

Analizę usuwania zanieczyszczeń ze ścieków przeprowadzono na podstawie średnich miesięcznych wyników badań ścieków surowych i oczyszczonych, udostępnionych przez laboratorium oczyszczalni, z okresu od stycznia 2009 do grudnia 2010 r. [8]. Ocenę sprawności działania oczyszczalni oparto na wielkości zmniejszenia wskaźników zanieczyszczeń BZT₅, ChZT, zawiesiny ogólnej. Ze względu na wartość RLM < 15 000, oczyszczalnia ścieków w Sokołowie Małopolskim nie posiada obowiązku usuwania związków biogenych. Niemniej jednak z uwagi na dostępność wyników badań prowadzonych przez laboratorium [8] analiza usuwania związków biogenych również została umieszczona w niniejszej pracy.

3. Analiza pracy oczyszczalni ścieków

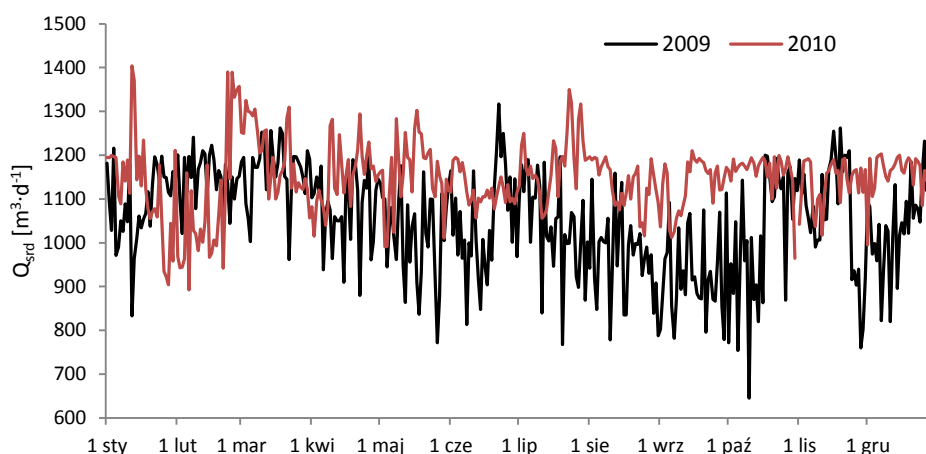
3.1. Analiza obciążenia hydraulicznego oczyszczalni ścieków

W okresie od stycznia 2009 do grudnia 2010 roku oczyszczalnia w Sokołowie Małopolskim pracowała w zmiennych warunkach obciążeń hydraulicznych (tab. 2, rys. 2), typowych dla miejskich obiektów komunalnych [5].

Tabela 2. Charakterystyka ilościowa ścieków dopływających do oczyszczalni Sokołów Młp.

Table 2. Qualitative characteristic of wastewater flowing into the WWTP in Sokołów Młp.

$Q_{\text{śrd}} [\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}]$	2009 rok	2010 rok
Wartość średnia	1052,2	1147,0
Mediana	1061,0	1155,0
Wartość minimalna	645,0	892,0
Wartość maksymalna	1361,0	1404,0
Odch. standardowe	121,6	80,4
Wsp. zmienności	0,12	0,07
Rozstęp	716,0	512,0



Rys. 2. Ilość ścieków doprowadzonych do oczyszczalni w latach 2009-2010

Fig. 2. Amount of wastewater flowing into WWTP in years 2009-2010

Średni przepływ dla rozpatrywanego okresu wynosił $1099,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, czyli średnie obciążenie w tym okresie stanowiło 92% obciążenia projektowanego dla pogody bezdeszczowej, więc rezerwy oczyszczalni są niewielkie. Ilość ścieków dopływających do oczyszczalni w analizowanym okresie wahała się w granicach od 54% do 117% przepływu średniodobowego. Dynamika zmian ilości dopływających do oczyszczalni ścieków wskazuje, że maksymalne wartości przepływów przypadają na miesiące wiosenne, głównie marzec-maj. Może to świadczyć o tym, że kanalizacją współpracującą z oczyszczalnią przyjmuje również wody pochodzące z roztopów lub opadów. Najmniej ścieków dopływało do oczyszczalni w październiku 2009 r. ($645,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$), a najwięcej ($1404,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$) w styczniu 2010 roku. W 2009 roku średnia ilość ścieków dopływających do oczyszczalni wynosiła $1052,2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, a w 2010 roku $1147,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Średnia dobowa ilość ścieków oczyszczonych w 2010 roku wzrosła w stosunku do 2009 roku o ok. 95 m^3 , co stanowi 9%. Wzrost ten może być spowodowany między innymi rozwojem infrastruktury komunalnej i wzrostem gospodarczym miasta Sokołów Małopolski.

3.2. Jakość ścieków surowych

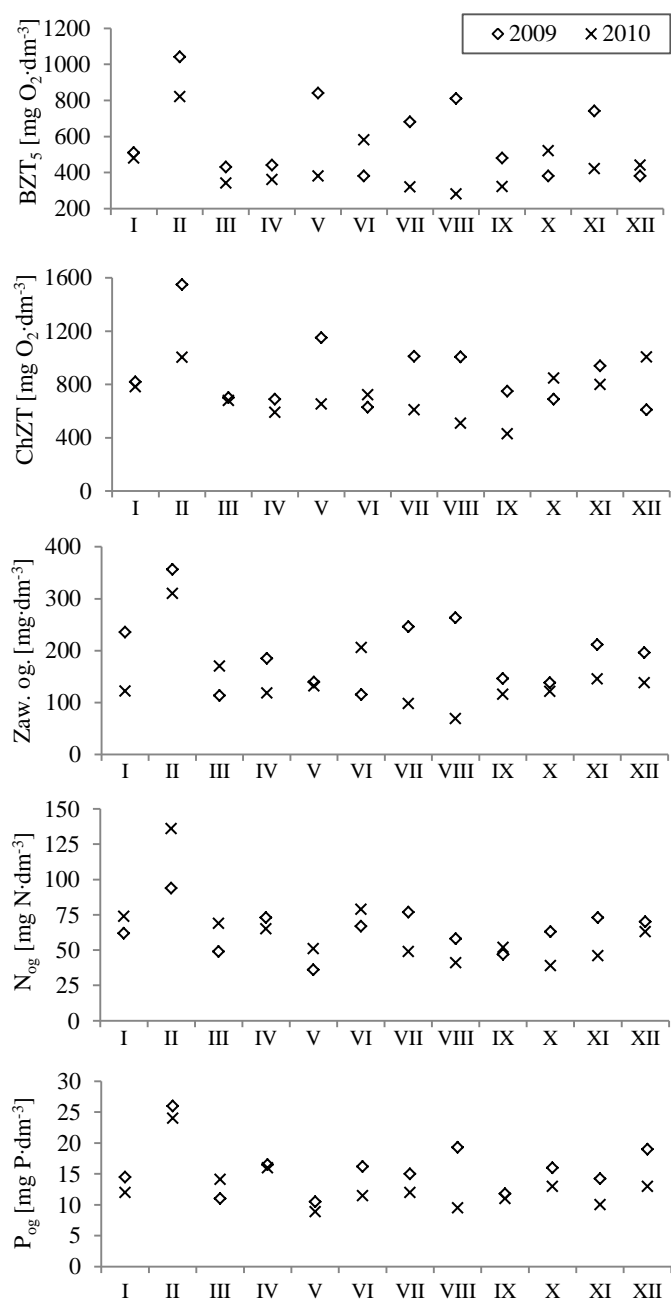
W rozpatrywanym okresie jakość ścieków surowych, dopływających do oczyszczalni ścieków w Sokołowie Małopolskim, charakteryzowała się znacznym zróżnicowaniem sezonowym, jednak charakterystycznym dla ścieków miejskich (tab. 3, rys. 3).

Tabela 3. Zestawienie statystyk opisowych wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych dla oczyszczalni w Sokolowie Małopolskim w latach 2009-2010

Table 3. Values of descriptive statistics parameters in raw wastewater at WWTP in Sokolów Małopolski in years 2009-2010

Wskaźnik zanieczyszczeń	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Wsp. zmien.	Odch. stand.	Rozstęp	
BZT ₅	2009	592,5	495,0	380,0	1040,0	0,37	221,1	660,0
	2010	438,4	400,0	280,0	820,0	0,34	149,7	540,0
ChZT	2009	879,0	785,0	610,0	1550,0	0,31	272,7	940,0
	2010	719,9	701,0	430,0	1007,0	0,25	179,3	577,0
Zaw. og.	2009	195,3	190,5	113,0	356,0	0,37	72,0	243,0
	2010	145,4	127,0	69,0	310,0	0,43	62,1	241,0
N _{og}	2009	64,1	65,0	36,0	94,0	0,24	15,4	58,0
	2010	63,7	57,5	39,0	136,0	0,41	26,2	97,0
P _{og}	2009	15,8	15,5	10,5	26,0	0,27	4,3	15,5
	2010	13,0	12,0	8,9	24,0	0,31	4,0	15,1

Najniższą wartość BZT₅, wynoszącą 280 mg O₂·dm⁻³, odnotowano w sierpniu 2010 r., natomiast najwyższą wartość, wynoszącą 1040,0 mg O₂/dm³ w lutym 2009 roku. Dobowy rozkład ładunków zanieczyszczeń BZT₅ mieścił się w granicach od 317,32 kg O₂·d⁻¹ do 1195,1 kg O₂·d⁻¹. Najniższe i najwyższe wartości wskaźnika ChZT stwierdzono, odpowiednio, we wrześniu 2010 r. (430,0 mg O₂·dm⁻³) oraz w lutym 2009 roku (1550,0 mg O₂·dm⁻³). Rozkład dobowy ładunków ChZT dopływających do oczyszczalni wyniósł 487,3÷1781,1 kg O₂·d⁻¹. Większe stężenia zanieczyszczeń organicznych w ściekach surowych wystąpiły w miesiącu lutym ze względu na cykliczny dowóz odcieków ze składowiska odpadów komunalnych. Najmniejsze i największe stężenie zawiesiny ogólnej zaobserwowano w sierpniu 2010 r. (69,0 mg·dm⁻³) i w maju 2009 r. (356,0 mg·dm⁻³). Rozpiętość dobowych ładunków zawiesiny ogólnej kształtowała się na poziomie 78,2 kg·d⁻¹÷362,5 kg·d⁻¹. W analizowanym okresie najniższe i najwyższe stężenie azotu ogólnego stwierdzono w maju 2009 r. (36,0 mg N·dm⁻³) oraz w lutym 2010 r. (136,0 mg N·dm⁻³). Zakres dobowych ładunków azotu ogólnego kształtował się na poziomie 36,7 kg N·d⁻¹÷147,95 kg N·d⁻¹. W przypadku zawartości fosforu ogólnego w ściekach surowych, w maju 2010 r. stwierdzono jego najniższe – 8,9 mg P·dm⁻³, a w lutym 2009 r. najwyższe stężenie – 26,0 mg P·dm⁻³. Dobowy rozkład ładunku fosforu ogólnego osiągał przedział 10,32 kg P·d⁻¹÷29,9 kg P·d⁻¹. Analiza jakościowa ścieków surowych wykazała, z wyjątkiem azotu ogólnego, zmniejszenie stężenia rozpatrywanych zanieczyszczeń w ściekach surowych w roku 2010 w stosunku do 2009 roku.



Rys. 3. Jakość ścieków surowych doprowadzonych do oczyszczalni w Sokolowie Młp. w latach 2009-2010

Fig. 3. Quality of raw wastewater flowing into Sokółów Małopolski WWTP in years 2009-2010

3.3. Efektywność oczyszczania ścieków

Kryterium oceny efektywności oczyszczalni ścieków w Sokołowie Małopolskim stanowi stopień obniżenia wartości wskaźników zanieczyszczeń. Sprawność oczyszczania ścieków, wyrażoną jakością ścieków oczyszczonych oraz redukcją procentową zanieczyszczeń, przedstawiono tabelarycznie (tab. 4) oraz zobrazowano na wykresach (rys. 4, 5).

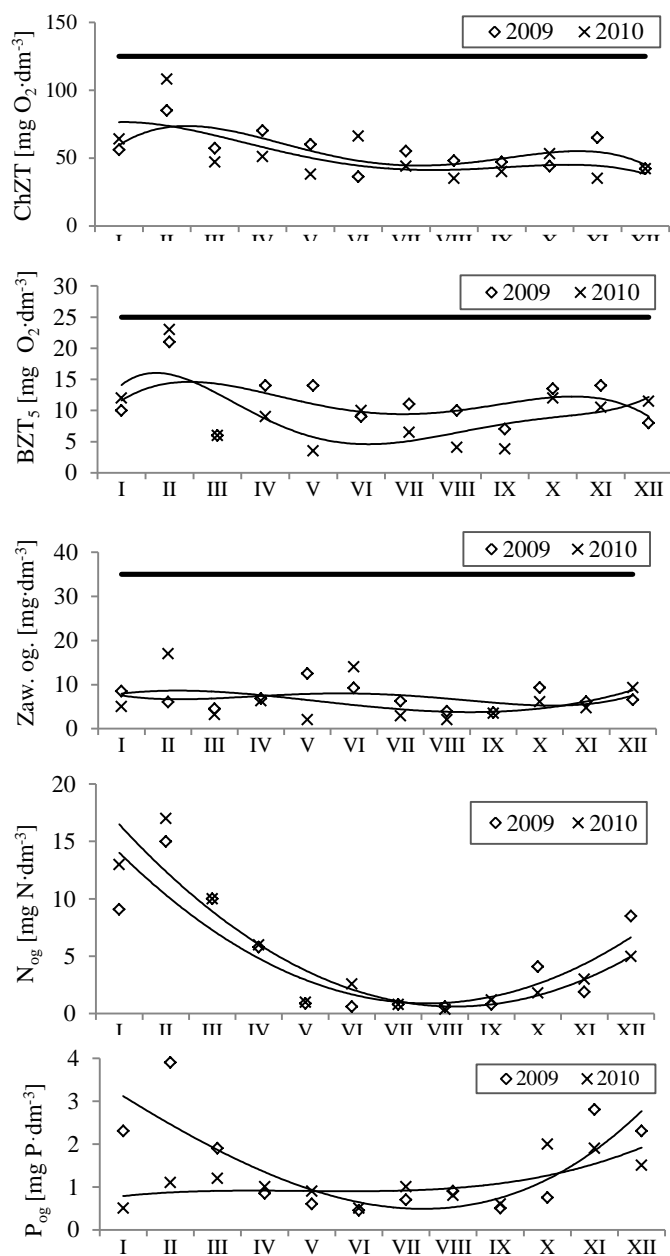
Tabela 4. Zestawienie statystyk opisowych wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych dla oczyszczalni w Sokołowie Małopolskim w latach 2009-2010

Table 4. Values of descriptive statistics parameters in treated wastewater at WWTP in Sokołów Małopolski in years 2009-2010

Wskaźnik zanieczyszczeń		Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Wsp. zmien.	Odch. stand.	Rozstęp
BZT ₅	2009	11,7	11,0	6,0	21,0	0,36	4,2	15,0
	2010	9,3	9,5	3,5	23,0	0,58	5,4	19,5
ChZT	2009	55,4	55,5	36,0	85,0	0,24	13,5	49,0
	2010	51,9	45,5	35,0	108,0	0,39	20,4	73,0
Zaw. og.	2009	6,9	6,35	3,6	12,5	0,37	2,6	8,9
	2010	6,3	4,85	2,0	17,0	0,76	4,8	15,0
N _{og}	2009	4,84	3,0	0,6	15,0	1,0	4,8	14,4
	2010	5,15	2,8	1,4	17,0	1,02	5,3	16,2
P _{og}	2009	1,5	0,88	0,45	3,9	0,75	1,1	3,45
	2010	1,08	1,0	0,5	2,0	0,46	0,5	1,5

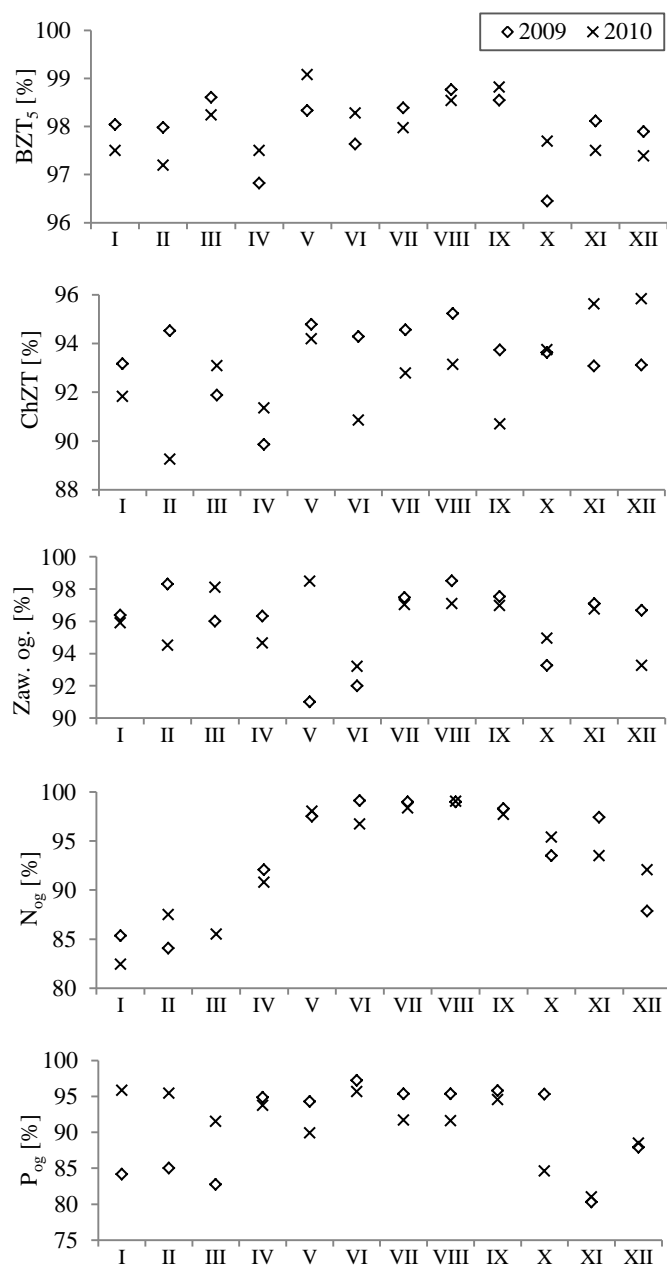
Stężenia analizowanych zanieczyszczeń w odpływie z oczyszczalni ścieków były znacznie niższe od określonych w pozwoleniu wodnoprawnym. W analizowanym okresie wskaźniki zanieczyszczeń BZT₅, ChZT i zawiesiny ogólnej charakteryzowały się stosunkowo niewielką zmiennością w odpływie, przede wszystkim w 2009 roku. Świadczy to o tym, że oczyszczanie biologiczne ścieków przebiegało sprawnie. Wyższe wartości tych zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych, w stosunku do pozostałych, zaobserwowano tylko w miesiącu lutym, zarówno w 2009, jak i w 2010 r. Spowodowane jest to znacznie większym dopływem zanieczyszczeń w tym miesiącu (rys. 3).

Najniższą wartość wskaźnika BZT₅ w ściekach oczyszczonych, wynoszącą 3,5 mg O₂·dm⁻³, odnotowano w maju 2010 roku, z kolei najwyższą (23 mg O₂·dm⁻³) w lutym 2010 r. Zakres dobowych ładunków BZT₅ wyniósł 4,1÷25,0 kg O₂·d⁻¹. Najwyższą i najniższą wartość ChZT w ściekach oczyszczonych stwierdzono odpowiednio w sierpniu 2010 r. (35,0 mg O₂·dm⁻³) oraz w lutym 2010 (108,0 mg O₂·dm⁻³). Rozkład dobowych ładunków mieścił się w granicach 39,7÷117,5 kg O₂·d⁻¹.



Rys. 4. Wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych w latach 2009-2010. Linia ciągłą pogrubioną zaznaczono wartości dopuszczalne wg pozwolenia wodnoprawnego

Fig. 4. The values of pollutants in the treated wastewater in years 2009-2010. The continuous bold lines represents the limit for a water legal-permit



Rys. 5. Efektywność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków w oczyszczalni w Sokółowie Małopolskim w latach 2009-2010

Fig. 5. The effectiveness of removal pollutants from wastewater in Sokółów Małopolski WWTP in years 2009-2010

Efektywność usuwania związków organicznych, oznaczonych wskaźnikiem BZT₅ i ChZT, przekroczyła odpowiednio poziom 95% i 85%. Najniższa skuteczność zmniejszenia wartości wskaźnika BZT₅ wystąpiła w październiku 2009 r. i wyniosła 96,4%. Z kolei najwyższa, wynosząca 99,1%, wystąpiła w maju 2010 r. Średnia skuteczność zmniejszenia BZT₅ w analizowanym okresie wyniosła 97,9%. Najniższą i najwyższą skuteczność zmniejszenia ChZT odnotowano kolejno w lutym 2010 roku (89,3%) oraz w grudniu 2010 r. (95,8%). Średnia efektywność usuwania zw. organicznych, wyrażonych ChZT, wyniosła 93,1%. W przypadku wskaźnika ChZT w 2010 r. nastąpił spadek efektywności usuwania w porównaniu do roku poprzedniego.

W zakresie dynamiki czasowej usuwania zawiesiny ogólnej ze ścieków w maju 2010 roku odnotowano najniższe jej stężenie ($2,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), natomiast w lutym 2010 roku najwyższe ($17,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Rozpiętość dobową ładunku zawiesiny ogólnej kształtowała się na poziomie $2,3 \div 18,5 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$. Najniższa skuteczność usunięcia zawiesiny ogólnej została zaobserwowana w maju 2009 r. i wynosiła 91 %, z kolei najwyższa odnotowana została w sierpniu 2010 r. (98,5%).

Zaobserwowano zmniejszenie się stężenia rozpatrywanych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych w 2010 roku w stosunku do 2009 roku, co przekłada się na zmniejszenie odprowadzanego do odbiornika ładunku zanieczyszczeń. Najlepszą skuteczność usuwania związków biogennych zaobserwowano w miesiącach letnich, co związane jest bezpośrednio z wyższą aktywnością bakterii nitryfikacyjnych i większą wydajnością biologicznego oczyszczania ścieków. Najniższe stężenie azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych odnotowano w czerwcu 2009 r., wynosiło $0,6 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$. W lutym 2010 r. zaobserwowano najwyższe stężenie azotu ogólnego ($17 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$). Rozkład dobowych ładunków w odpływie z oczyszczalni kształtował się na poziomie $0,63 \div 18,5 \text{ kg N} \cdot \text{d}^{-1}$. Skuteczność zmniejszania azotu ogólnego wahała się w granicach od 79,6% (marzec 2009 r.) do 99,0% (sierpień 2010 r.). Średnia skuteczność usunięcia azotu ze ścieków w latach 2009 - 2010 osiągnęła poziom 92,9%. Najwyższe i najniższe stężenie fosforu ogólnego zanotowano odpowiednio w czerwcu 2009 roku ($0,45 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz w lutym 2009 r. ($3,9 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$). Dobowy rozkład fosforu ogólnego osiągnął poziom $0,5 \div 4,5 \text{ kg P} \cdot \text{d}^{-1}$. W przypadku fosforu ogólnego najniższa skuteczność jego usuwania ze ścieków wystąpiła w listopadzie 2009 roku i wynosiła 80,3%. Natomiast najwyższa miała miejsce w czerwcu 2009 r. (97,2%). Średnia skuteczność usuwania fosforu ogólnego wyniosła w rozpatrywanym okresie 90,9%. Zaobserwowano również, że stężenie wskaźników azotu i fosforu w ściekach oczyszczonych w 2010 r. kształtowało się na podobnym poziomie co w 2009 r. W rozpatrywanym okresie efektywność związków biogennych ze ścieków w latach 2009-2010 kształtowała się na podobnym poziomie. Mimo że oczyszczalnia ścieków nie jest zobligowana do usuwania związków biogennych, wykazuje bardzo duży potencjał w zakresie wysokoefektywnej biologicznej defosfatacji i usuwania

azotu na drodze nitryfikacji i denitryfikacji. Efektywność analizowanej oczyszczalni ścieków jest zbliżona do sprawności innych obiektów pod względem technologicznym [2, 6, 7]. Niemniej jednak określona sprawność usuwania związków biogennych niniejszej oczyszczalni jest wyższa niż innych obiektów opartych na podobnych systemach wielofazowego osadu czynnego w Polsce [3].

Na podstawie uzyskanej analizy stwierdzono wysoką efektywność oczyszczania ścieków. Podczas dwuletniej eksploatacji oczyszczalni w Sokołowie Młp. nie zaobserwowano nieprawidłowości pracy kolejnych stopni oczyszczania. Analiza wyników badań wskazuje, iż najwyższą efektywność oczyszczania ścieków uzyskano w miesiącach letnich (lipiec-wrzesień). Zaobserwowano również, że efektywność usuwania zawiesiny ogólnej i zanieczyszczeń, określonych wskaźnikiem BZT₅, w rozpatrywanym okresie utrzymuje się na tym samym poziomie.

Pomocniczym kryterium oceny sprawności oczyszczania ścieków jest określenie niezawodności oczyszczalni w aspekcie uzyskania wymaganej jakości ścieków oczyszczonych. Za podstawę obliczeń niezawodnościowych przyjęto współczynnik niezawodności WN [1, 10]. Analiza parametru WN wykazała bardzo wysoką niezawodność funkcjonowania przedmiotowej oczyszczalni pod względem eliminacji ze ścieków zanieczyszczeń organicznych i zawiesin ogólnych w okresie 2009-2010 r. (BZT₅ – 0,420; ChZT – 0,429; zawiesiny og. – 0,189). W przypadku związków biogennych współczynniki niezawodności, określone dla wymagań podawanych w Rozporządzeniu [9], wyniosły odpowiednio 0,336 (N_{og}) oraz 0,645 (P_{og}) i również świadczą o prawidłowej pracy oczyszczalni ścieków. Wartości wskaźników niezawodności dla oczyszczalni ścieków w Sokołowie Małopolskim potwierdzają jej bardzo dobre i niezawodne funkcjonowanie.

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników jakościowych ścieków surowych i oczyszczonych jednoznacznie można stwierdzić, że oczyszczalnia pracuje prawidłowo i zapewnia wysoki stopień usuwania zanieczyszczeń. Wielkości poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych były niższe od dopuszczalnych z pozwolenia wodnoprawnego. W analizowanym okresie odnotowano wysoki stopień usuwania zanieczyszczeń dla wskaźników BZT₅, ChZT, zawiesiny ogólnej, azotu i fosforu ogólnego, odpowiednio na średnim poziomie 97,9%, 93,1%, 95,9%, 92,9%, 90,9%. W latach 2009-2010 średnia ilość ścieków dopływających do oczyszczalni wahała się w granicach 1100 m³·d⁻¹. Były to ilości średnio niższe o ok. 9% od przepływu projektowanego, który wynosi 1200 m³·d⁻¹. Oczyszczalnia w Sokołowie Młp., mimo że nie jest zobowiązana do usuwania związków biogennych ze ścieków,

to posiada znaczący potencjał w zakresie zintegrowanego usuwania C, N i P ze ścieków, czego przejawem są wyniki jakościowe ścieków oczyszczonych. Równocześnie określone wskaźniki niezawodności potwierdzają wysokosprawne i niezawodne funkcjonowanie technologiczne oczyszczalni ścieków.

Ze względu na ciągły rozwój infrastruktury gminy i związany z tym wzrost ilości ścieków dopływających do oczyszczalni oraz małe rezerwy oczyszczalni, w najbliższym czasie należy wziąć pod uwagę możliwość jej modernizacji w celu zwiększenia przepustowości. Zmiany w przepisach dotyczących gospodarki osadami ściekowymi zmuszają także do szukania nowych rozwiązań w kwestii ostatecznego usuwania osadów z terenu oczyszczalni, ponieważ zabronione będzie składowanie ich na składowiskach odpadów. Rozwiązaniem tego problemu może okazać się rolnicze wykorzystanie ustabilizowanych osadów ściekowych.

Literatura

- [1] Andraka D.: Modelowanie pracy oczyszczalni ścieków z wykorzystaniem symulacji Monte Carlo, *Inżynieria Ekologiczna*, nr 24, 2011, s. 7-16.
- [2] Chmielowski K., Satora S., Wałęga A.: Ocena niezawodności działania oczyszczalni ścieków dla gminy Tuchów, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, nr 9, 2009, s. 63-73.
- [3] Chmielowski K., Satora S., Wałęga A.: Skuteczność oczyszczania ścieków na przykładzie oczyszczalni dla miasta Krynica-Zdrój, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, nr 9, 2009, s. 73-83.
- [4] Decyzja Starosty Rzeszowskiego z 8 sierpnia 2003 r. z sprawie pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków z oczyszczalni ścieków m. Sokołów Młp.
- [5] Dymaczewski Z.: *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*, PZITS. 2011
- [6] Lewandowska-Robak M., Górski Ł., Kowalkowski T., Dąbrowska-Naskręt H., Miesikowska I.: Wpływ ścieków oczyszczonych odprowadzanych z Oczyszczalni Ścieków w Tucholi na jakość wody w strudze Kicz, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, nr 14(3), 2011, s. 209-221.
- [7] Masłoń A., Kida J.: Ocena efektywności oczyszczalni ścieków komunalnych w Janowie Lubelskim, *Forum Eksploatatora*, nr 6, 2012, s. 66-71.
- [8] Materiały informacyjne udostępnione przez Zakład Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej w Sokołowie Małopolskim.
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. nr 137, poz. 984 z późniejszymi zmianami).
- [10] Wałęga A.: Ocena funkcjonowania oczyszczalni ścieków metodami statycznymi, *Forum Eksploatatora*, nr 5, 2009, s. 30-34.

THE EVALUATION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT IN SOKOŁÓW MAŁOPOLSKI

Summary

The aim of the paper is the evaluation of wastewater treatment plants in Sokołów Małopolski. Mechanical-biological treatment plant in Sokołów Małopolski was launched in 1994 and then it was modernized in 2004. The proposed average daily capacity is $Q_{\text{srđ}}=1200 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ and population equivalent is 10000 PE. Currently WWTP serves around 8,700 inhabitants. Technological line of wastewater treatment is a step screen, a grit vertical, an activated sludge reactor and secondary clarifiers. Technology of processing sewage sludge includes gravity thickening, mechanical dewatering and storage on residual sub-plot. The WWTP in Sokołów Małopolski worked under varying conditions of hydraulic loads in the period from January 2009 to December 2010. The average flow of raw wastewater amounted to $1099,6 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$. Least wastewater flowing into WWTP was in October 2009 ($645,0 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$) and the highest in January 2010 ($1404,0 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$). Conducted investigations in the paper showed in the analyzed period the correct work of the WWTP and the high efficiency of pollutions removal. The quality of treated wastewater answers definite conditions in water-legal permit. The mean removal of pollutants definite coefficients was: BOD₅ – 97,9%, COD – 93,1%, TSS– 95,9%, TN – 92,9% and TP – 90,9%. The WWTP in Sokołów Młp has considerable potential for integrated removal of C, N and P, although it isn't required for the removal of nutrients from wastewater. Additionally, the technological reliability indicators confirm high-performance and reliable operation of the WWTP in Sokołów Małopolski.

Keywords: municipal wastewater, biological wastewater treatment, activated sludge, nutrients

DOI: 10.7862/rb.2013.47

Przesłano do redakcji w sierpniu 2013 r.

Przyjęto do druku we wrześniu 2013 r.