

Adam MASŁOŃ<sup>1</sup>  
Janusz A. TOMASZEK<sup>2</sup>

## OCENA EFEKTYWNOŚCI OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W LUBACZOWIE

Oczyszczanie ścieków jest jedną z podstawowych metod rozwiązania problemu poprawy czystości środowiska wodnego. Wobec tego konieczne jest odprowadzanie ścieków oczyszczonych o odpowiedniej jakości, również pod względem zawartości związków biogennych. Od zaprojektowanych i eksploatowanych oczyszczalni ścieków oczekuje się wysokiej sprawności, skuteczności i niezawodności usuwania zanieczyszczeń w pełnym zakresie ich obciążenia. Przedmiotem pracy jest ocena efektywności oczyszczalni ścieków w Lubaczowie (woj. podkarpackie). Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków w Lubaczowie została oddana do eksploatacji w 1998 roku. Projektowana przepustowość wynosi  $2660 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , a równoważna liczba mieszkańców została określona na poziomie 10676 RLM. Proces oczyszczania ścieków opiera się na mechanicznym oraz biologicznym usuwaniu zanieczyszczeń metodą osadu czynnego. Przeprowadzona analiza wyników badań z okresu 2006-2010 wykazała prawidłową pracę oczyszczalni ścieków oraz efektywne usuwanie zanieczyszczeń. Obciążenie hydrauliczne oczyszczalni ścieków w Lubaczowie w analizowanym okresie kształtowało się na poziomie  $1384,0 \div 3148,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Dodatkowo ścieki surowe dopływające do oczyszczalni w Lubaczowie w analizowanym pięcioleciu charakteryzowały się bardzo nierównomiernym składem jakościowym. Mimo zmiennego obciążenia substratowo-hydraulicznego oczyszczalni w Lubaczowie parametry ścieków oczyszczonych charakteryzują się bardzo wysoką stabilnością. Jakość ścieków oczyszczonych odpowiadała wymaganiom określonym w pozwoleniu wodnoprawnym. Wyznaczona średnia efektywność usunięcia zanieczyszczeń ze ścieków, określonych wskaźnikami, wyniosła:  $\text{BZT}_5 - 97,8\%$ ,  $\text{ChZT} - 92,9\%$ , zawiesina og. -  $96,6\%$ ,  $\text{N}_{\text{og}} - 77,9\%$ ,  $\text{P}_{\text{og}} - 89,9\%$ . Mimo że oczyszczalnia ścieków w Lubaczowie nie posiada obowiązku eliminacji związków biogennych, wykazuje bardzo duże możliwości zintegrowanego usuwania C, N i P ze ścieków. W analizowanym okresie uzyskano w ściekach oczyszczonych wartości  $<10 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$

---

<sup>1</sup> 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

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

i  $<1,0 \text{ mg P-dm}^{-3}$ . Dodatkowo wyznaczone wskaźniki niezawodności potwierdzają wysokosprawne i niezawodne funkcjonowanie oczyszczalni ścieków.

**Słowa kluczowe:** ścieki komunalne, biologiczne oczyszczanie ścieków, osad czynny

## 1. Wprowadzenie

Ścieki komunalne są jednym z głównych źródeł przedostawania się związków biogennych do rzek i jezior. Substancje te umożliwiają i intensyfikują procesy wzrostu biomasy. Znajdując się w wodach w nadmiernych ilościach, zaburzają naturalną równowagę w akwenie, prowadząc do eutrofizacji. Wody powierzchniowe są najważniejszym odbiornikiem ścieków, a równocześnie stanowią główne źródło zaopatrzenia w wodę do picia wielu aglomeracji miejskich, np. Krosna, Rzeszowa, Przemyśla, Jarosławia na Podkarpaciu. Są niezbędne w procesach technologicznych prawie wszystkich gałęzi przemysłu oraz w rolnictwie. Właśnie fakt wykorzystywania powierzchniowych zasobów wodnych do dwóch przeciwstawnych sobie celów – odbiornika ścieków i źródła wody, jest przyczyną bardzo wielu problemów i konfliktów, które mogą być rozwiązywane bądź optymalnie regulowane tylko poprzez funkcjonowanie kompleksowego systemu zarządzania gospodarką wodną, prowadzonego w naturalnych granicach hydrograficznych na wydzielonych obszarach dorzeczy lub zlewni.

Oczyszczanie ścieków jest jedną z podstawowych metod rozwiązania problemu poprawy czystości środowiska wodnego. Wobec tego konieczne jest odprowadzanie ścieków oczyszczonych o odpowiedniej jakości, również pod względem zawartości związków biogennych. Od zaprojektowanych i eksploatowanych oczyszczalni ścieków oczekuje się wysokiej sprawności, skuteczności i niezawodności usuwania zanieczyszczeń w pełnym zakresie ich obciążenia [5].

Oczyszczalnie ścieków o wielkości  $RLM < 14999$  zgodnie z RMS [10] nie są prawnie zobowiązane do usuwania związków biogennych. W 489 miastach (do 10 000 mieszkańców) oraz na terenach wiejskich, zamieszkałych przez 39% ludności Polski, nie ma wymagań dotyczących usuwania ze ścieków związków biogennych. Dane wykazują, że we wsiach i miastach poniżej 20 000 mieszkańców żyje w Polsce 51,31% ludzi. Oznacza to, że ponad 50% ścieków w Polsce trafia do odbiorników bez usunięcia z nich związków azotu i fosforu [11]. Takie postępowanie będzie prowadzić do stałego pogarszania jakości i tak bardzo skromnych zasobów wodnych. Ze względu na ochronę wód powierzchniowych odpowiednie władze terenowe mogą wprowadzić obowiązek usuwania związków biogennych i w perspektywie sprostać wymaganiom dotyczącym poprawy jakości wód w Polsce do stanu co najmniej dobrego [9].

W pracy przeprowadzono ocenę efektywności oczyszczalni ścieków w Lubaczowie na przestrzeni lat 2006 – 2010.

## 2. Charakterystyka technologiczna oczyszczalni ścieków w Lubaczowie

Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków w Lubaczowie (woj. Podkarpackie) została oddana do eksploatacji w 1998 roku. Projektowana przepustowość wynosi  $Q_{\text{śrd}} = 2660 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  w okresie bezdeszczowym i  $Q_{\text{maxd}} = 3066 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Równoważna liczba mieszkańców została określona na poziomie 10676 RLM. Obiekty komunalnej oczyszczalni ścieków zlokalizowane są w południowej części miasta Lubaczów. Wokół oczyszczalni występują użytki zielone łąk i pastwisk. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka Lubaczówka w km 51+750, prawy dopływ Sanu [8].

Do oczyszczalni doprowadzane są ścieki bytowe z gospodarstw domowych i obiektów użyteczności publicznej, ścieki przemysłowe oraz ścieki deszczowe z terenu miasta Lubaczów za pomocą 2 kolektorów ogólnospławnych. Ponadto ścieki z terenów nie wyposażonych w sieć kanalizacyjną dowożone są wozami asenizacyjnymi do punktu zlewnego na oczyszczalni [8].

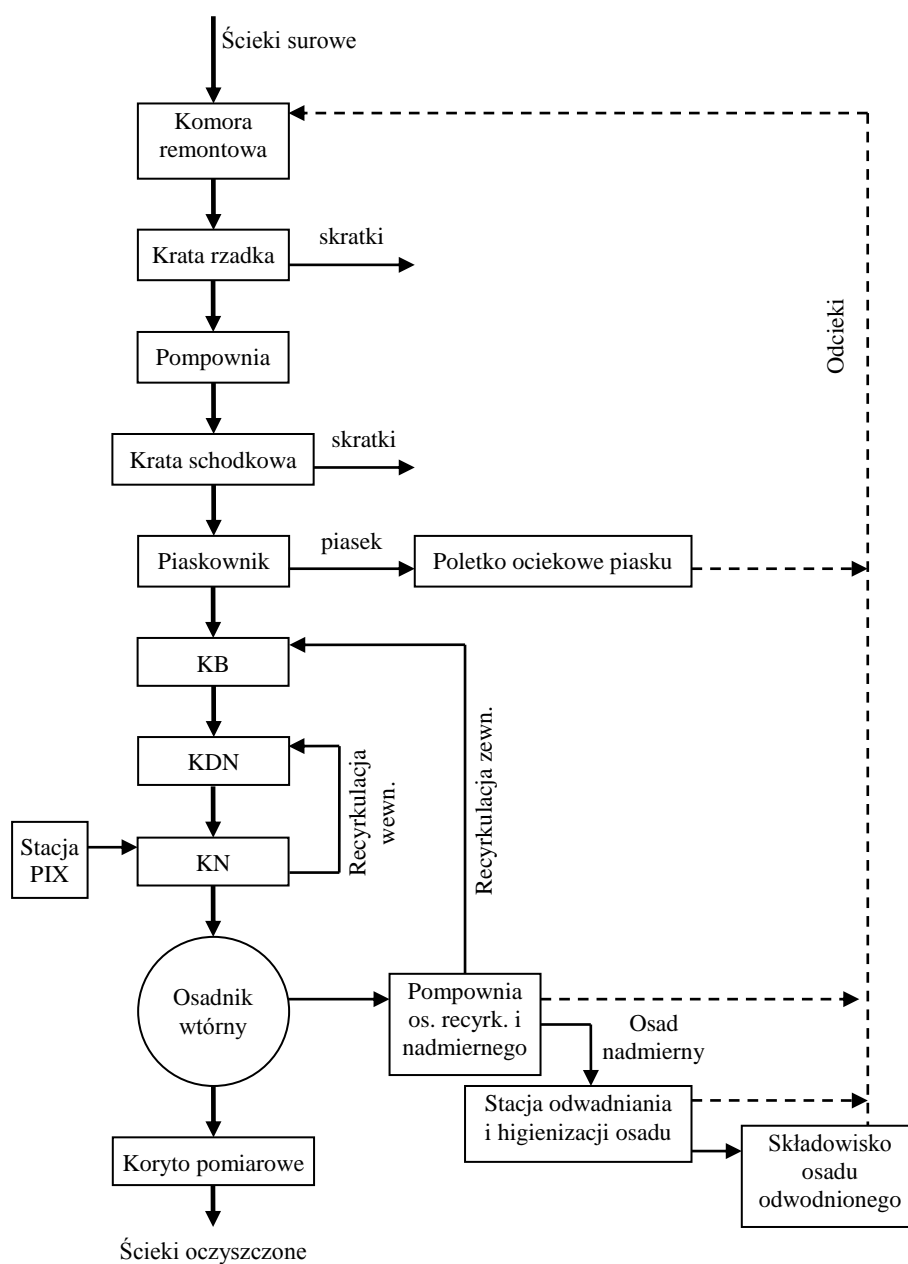
Proces oczyszczania ścieków opiera się na mechanicznym oraz biologicznym usuwaniu zanieczyszczeń metodą osadu czynnego (rys. 1). Ścieki z kolektorów ogólnospławnych i z punktu zlewnego kierowane są do komory połączeniowej, zwanej "remontową" ze względu na jej drugą funkcję, umożliwiającą wyłączenie z pracy pompowni na okres remontu. Nadmiar wód deszczowych w okresie opadów burzowych odprowadzany jest z komory remontowej do kanału deszczowego, wykonanego jako rów otwarty. W komorze zainstalowano zastawkę kanałową na sytuacje awaryjne dla odciążenia dopływu ścieków na oczyszczalnię (*by-pass* oczyszczalni ścieków). Z komory remontowej ścieki są kierowane do przepompowni poprzez kratę rzadką typu koszowego o prześwicie 40 mm. Skratki usuwane są mechanicznie do pojemników i dezynfekowane wapnem chlorowanym. W pompowni umieszczono 2 mieszadła, utrzymujące ścieki w wymieszaniu. Duża pojemność pompowni, około  $360 \text{ m}^3$ , umożliwia przyjęcie pierwszej fali wód deszczowych. Z pompowni ścieki za pomocą 3 pomp zatapialnych tłoczone są do kanału otwartego, w którym zainstalowana jest krata schodkowa o prześwicie 6 mm. Następnie ścieki trafiają do piaskownika poziomego-podłużnego o długości 19 m. Pozbawione zanieczyszczeń mineralnych ścieki kierowane są do reaktora biologicznego. Reaktor zaprojektowany jest jako dwa zblokowane ze sobą i pracujące równolegle reaktory biologiczne (w warunkach awaryjnych cała ilość ścieków może zostać skierowana do jednego z reaktorów), w którym wydzielono komorę beztlenową (KB), denitryfikacji (KDN) i nityfikacji (KN). Proces technologiczny oczyszczania ścieków w komorze osadu czynnego (Bardenpho 3) zapewnia, poprzez tworzenie

odpowiednich warunków beztlenowo-tlenowych, biologiczne usunięcie ze ścieków zanieczyszczeń organicznych oraz związków biogennych na drodze defosfatacji, nityfikacji i denityfikacji [8].

Ścieki po mechanicznym węźle oczyszczania trafiają bezpośrednio do komory beztlenowej, do której recykulowany jest również osad z osadników wtórnych w stosunku 1:1 do ilości dopływających ścieków. Z komór KB, w których w warunkach beztlenowych następuje uwalnianie fosforanów z komórek mikroorganizmów, ścieki przepływają do komór denityfikacji (KDN), gdzie zostają wymieszane z osadem recykulowanym z komór napowietrzania. W komorach denityfikacji w warunkach niedotlenienia, przy ilości tlenu rozpuszczonego  $<0,5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ , przebiega proces denityfikacji azotanów (V). Do pełnego wymieszania ścieków z recykulowanym osadem, komory KB i KDN wyposażone są w mieszadła zatapialne. Z kolei do recyrkulacji wewnętrznej zastosowano 2 mieszadła pompujące. Poziomą recyrkulacji wewnętrznej wynosi 200%. Z komór KDN ścieki przepływają otworami zlokalizowanymi przy dnie ścian dzielących komory, do komór KN, w których zachodzi proces nityfikacji. W komorach tych ścieki są natleniane przy pomocy rusztów napowietrzających, z dyfuzorami drobnopełcherzykowego napowietrzania. Dla zapewnienia procesu utleniania azotu amonowego w komorach utrzymywane jest stężenie tlenu na poziomie  $1,5\text{-}2,5 \text{ g O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Sprężone powietrze doprowadzane jest do komór KN z hali dmuchaw, zlokalizowanej w budynku techniczno-socjalnym. Dla wspomaganie procesu biologicznego usuwania fosforu przewidziano dodatkowe strącanie fosforu na drodze chemicznej przez dozowanie koagulantu PIX. Z komór nityfikacji mieszanina osadu czynnego i ścieków odprowadzana jest poprzez koryto przelewowe do dwóch osadników wtórnych poziomych - podłużnych z płaskim dnem, pracujących równolegle. Osad z dna osadników usuwany jest w sposób ciągły przy pomocy zgarniacza ssawkowo-lewarowego, a następnie kierowany do pompowni osadu recykulowanego i nadmiernego. Ścieki oczyszczone przepływają przez koryta przelewowe do kanału zbiorczego, a następnie wylotem odprowadzane są do odbiornika [8].

Technologia przetwarzania osadów ściekowych w oczyszczalni ścieków w Lubaczowie obejmuje odwadnianie osadu nadmiernego w prasie filtracyjnej SKID SUPER ECO ze wstępnym zagęszczaniem, higienizację wapnem palonym oraz składowanie na placu. Ustabilizowany osad ściekowy kierowany jest do nierolniczego wykorzystania [8].

Aktualnie oczyszczalnia ścieków w Lubaczowie posiada pozwolenie wodnoprawne na eksploatację urządzeń i obiektów technologicznych oraz na wprowadzanie oczyszczonych ścieków do rzeki Lubaczówki, wydane przez Starostę Lubaczowskiego dla Gminy Miejskiej w Lubaczowie [3]. Zgodnie z niniejszym pozwoleniem ścieki odprowadzane do odbiornika nie mogą przekraczać parametrów:  $\text{BZT}_5 - 25,0 \text{ mg O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $\text{ChZT} - 125,0 \text{ mg O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ , zawiesina og. -  $35,0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Ze względu na wielkość  $\text{RLM} < 15\ 000$ , oczyszczalnia ścieków w Lubaczowie nie posiada obowiązku usuwania związków biogennych.



Rys. 1. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Lubaczowie; KB-komora beztlenowa, KN-komora nityfikacji, KDN-komora denityfikacji

Fig. 1. Technological scheme of WWTP in Lubaczów; KB-anaerobic tank, KN-nitrification tank, KDN-denitrification tank

Ocenę efektywności oczyszczalni ścieków w Lubaczowie na przestrzeni lat 2006-2010 dokonano w oparciu o miesięczne wyniki badań laboratoryjnych ścieków surowych i oczyszczonych udostępnione przez eksploatatora obiektu [8].

### 3. Wyniki pracy oczyszczalni ścieków

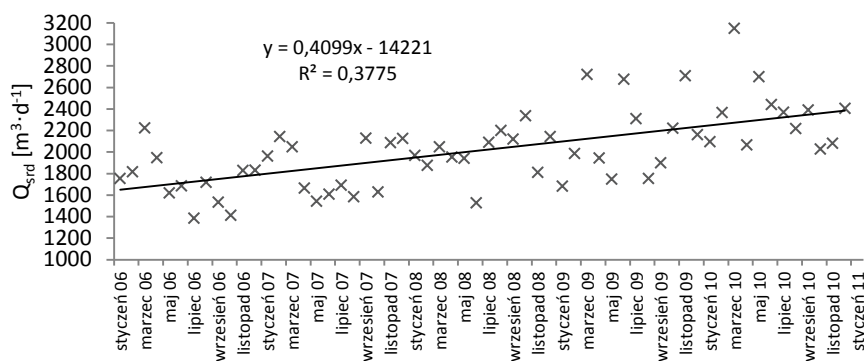
Obciążenie hydrauliczne oczyszczalni ścieków w Lubaczowie w analizowanym okresie kształtowało się na poziomie od 1384,0÷3148,0 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>, stanowiąc średnio 87% przepustowości projektowanej (tab. 1) [8]. W kolejnych latach odnotowano systematyczny wzrost ilości ścieków dopływających do oczyszczalni. W latach 2006-2009 dobową ilość oczyszczanych ścieków wzrastała rocznie o ok. 7÷8%. Natomiast w okresie ostatnich dwóch rozpatrywanych lat stwierdzono dynamiczniejszy ok. 18% wzrost przepływów oczyszczalni ścieków. Z uwagi na regularny wzrost infrastruktury komunalnej i dynamiczny rozwój miasta średnia przepustowość lubaczowskiej oczyszczalni ścieków w roku 2010 zwiększyła się o ok. 47% w stosunku do 2006 roku. Wyrażna progresja ilości dopływających ścieków będzie się utrzymywać w kolejnych latach eksploatacji obiektu (tab. 1, rys. 2).

**Tabela 1. Charakterystyka ilościowa ścieków dopływających do oczyszczalni w Lubaczowie w latach 2006-2010**

Table 1. Characteristic of wastewater inflows into the Lubaczów WWTP in the years 2006-2010

| $Q_{\text{śrd}} [\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}]$ | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Wartość średnia</b>                            | 1726,0 | 1850,0 | 2000,0 | 2150,0 | 2538,0 |
| <b>Mediana</b>                                    | 1735,0 | 1825,0 | 2006,0 | 2073,3 | 2367,5 |
| <b>Wartość minimalna</b>                          | 1384,0 | 1542,0 | 1528,0 | 1680,0 | 2026,0 |
| <b>Wartość maksymalna</b>                         | 2224,0 | 2141,6 | 2336,0 | 2720,0 | 3148,0 |
| <b>Odch. standardowe</b>                          | 232,0  | 248,7  | 208,9  | 383,0  | 318,3  |
| <b>Wsp. zmienności</b>                            | 0,13   | 0,13   | 0,10   | 0,18   | 0,13   |
| <b>Rozstęp</b>                                    | 840,0  | 599,6  | 808,0  | 1040,0 | 1122,0 |

Ścieki surowe dopływające do oczyszczalni w Lubaczowie w analizowanym pięcioleciu charakteryzowały się bardzo nierównomiernym składem jakościowym (tab. 2). Oprócz sezonowego, typowego dla jednostek miejskich zróżnicowania jakości ścieków surowych, odnotowano znaczące zmiany zawartości zanieczyszczeń w ujęciu wieloletnim. Najwyższe stężenia związków organicznych i związków biogenych odnotowano w latach 2006-2007, z kolei niższe w okresie po 2009 roku.



Rys. 2. Średniomiesięczne przepływy  $Q_{srd}$  doprowadzane do oczyszczalni w latach 2006-2010

Fig. 2. Monthly untreated wastewater inflow fluctuation in years 2006-2010

Tabela 2. Wybrane statystyki opisowe wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych w latach 2006-2010

Table 2. Values of selected descriptive statistics parameters of raw wastewater in the years 2006-2010

| Wybrane statystyki | Wskaźnik zanieczyszczeń                                    |  |                                    |   |   |
|--------------------|--|--|------------------------------------|---|---|
|                    | BZT <sub>5</sub><br>[mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ] | ChZT<br>[mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ] | Zaw. og.<br>[mg·dm <sup>-3</sup> ] | N <sub>og</sub><br>[mg N·dm <sup>-3</sup> ] | P <sub>og</sub><br>[mg P·dm <sup>-3</sup> ] |
| Średnia            | 261,6  | 657,7  | 326,2                              | 73,79                                       | 12,88                                       |
| Mediana            | 270,0  | 621,0  | 270,0                              | 67,3  | 10,1  |
| Minimum            | 110,0  | 276,0  | 106,0                              | 38,6  | 6,92  |
| Maksimum           | 408,0  | 1317,0   | 760,0                              | 120,0                                       | 25,2  |
| Wsp. zmienn.       | 0,32   | 0,32   | 0,61                               | 0,34  | 0,42  |
| Odch. Stand.       | 82,6   | 253,3  | 198,0                              | 25,1  | 5,4   |
| Rozstęp            | 298,0  | 1041,0   | 654,0                              | 81,4  | 18,3  |
| Percentyl 10%      | 139,5  | 318,9  | 119,0                              | 43,54                                       | 8,32  |
| Percentyl 90%      | 361,0  | 937,7  | 640,4                              | 105,8                                       | 20,2  |

Dynamika zmian jakościowo-ilościowych ścieków surowych wskazuje, że oczyszczalnia pracowała z bardzo zmiennym obciążeniem substratowym. Średnie dobowe obciążenie oczyszczalni ładunkiem zanieczyszczeń organicznych wynosiło  $259,4 \div 872,5$  kg O<sub>2</sub>·d<sup>-1</sup> (BZT<sub>5</sub>) i  $638,7 \div 2277,1$  kg O<sub>2</sub>·d<sup>-1</sup> (ChZT). Z kolei rozkład dobowych ładunków zawiesiny ogólnej kształtował się na poziomie  $183,3 \div 1792,1$  kg·d<sup>-1</sup>. Dobowy ładunek związków biogenych obejmował zakres  $38,6 \div 120,0$  kg N·d<sup>-1</sup> i  $6,92 \div 25,2$  kg P·d<sup>-1</sup>. Odnotowane obciążenia

substratowe bywały większe od przyjętych ponad 15 lat temu wartości projektowych wynoszących odpowiednio: 771,4 kg O<sub>2</sub>·d<sup>-1</sup> (BZT<sub>5</sub>), 816,0 kg·d<sup>-1</sup> (ChZT); 151,62 kg N·d<sup>-1</sup> i 31,8 kg P·d<sup>-1</sup>. We wszystkich przypadkach nastąpił wzrost zakładanych ładunków dopływających do oczyszczalni ścieków, z wyjątkiem N<sub>og</sub> i P<sub>og</sub>. Spowodowane jest to z pewnością ograniczeniem stosowania fosforanów w produkcji detergentów (po 2000 roku), które są podstawowym źródłem fosforu w ściekach bytowo-gospodarczych. Mimo że odnotowano spadek zawartości zanieczyszczeń w ściekach surowych to odnotowuje się po 2009 roku wzrost ładunku dopływającego do oczyszczalni z uwagi na zwiększoną ilość ścieków (tab. 3). Analiza przebiegu zmienności obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń pozwala w znaczny sposób wyjaśnić zmienną skuteczność biologicznego oczyszczania ścieków. Obciążenie oczyszczalni determinuje bowiem efektywność biochemicznych procesów usuwania zanieczyszczeń ze ścieków w systemach z osadem czynnym [5].

**Tabela 3. Ładunki zanieczyszczeń w ściekach dopływających do oczyszczalni (1) i odprowadzanych do odbiornika (2)**

Table 3. Pollutants loads in wastewater flowing into WWTP (1) and wastewater flowing out receiver (2)

| Wskaźnik zanieczyszczeń                                     |     | 2006     | 2007     | 2008     | 2009     | 2010     |
|---|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| BZT <sub>5</sub><br>[kg O <sub>2</sub> ·rok <sup>-1</sup> ] | (1) | 194052,3 | 182664,3 | 149650,0 | 196297,0 | 240991,3 |
|   | (2) | 1735,6   | 3579,7   | 2390,8   | 4808,0   | 7380,3   |
| ChZT<br>[kg O <sub>2</sub> ·rok <sup>-1</sup> ]             | (1) | 491773,6 | 484838,6 | 408252,5 | 402786,6 | 569555,1 |
|   | (2) | 22734,0  | 26824,8  | 29054,0  | 33650,3  | 34641,2  |
| Zaw. og.<br>[kg·rok <sup>-1</sup> ]                         | (1) | 236666,0 | 273476,3 | 122640,0 | 188248,8 | 387310,6 |
|   | (2) | 5947,7   | 5976,9   | 4234,0   | 8893,2   | 8305,6   |
| N <sub>og</sub><br>[kg N·rok <sup>-1</sup> ]                | (1) | 60079,0  | 52368,4  | 40880,0  | 50954,0  | 57578,8  |
|   | (2) | 7052,7   | 11632,6  | 11643,5  | 13180,2  | 12650,9  |
| P <sub>og</sub><br>[kg P·rok <sup>-1</sup> ]                | (1) | 8836,7   | 8066,5   | 9964,5   | 6818,2   | 7230,7   |
|   | (2) | 396,9    | 669,8    | 2328,7   | 668,0    | 259,2    |

Podstawą oceny efektywności oczyszczalni ścieków w Lubaczowie jest stopień obniżenia wartości analizowanych wskaźników zanieczyszczeń. Skuteczność oczyszczania ścieków, wyrażoną jakością ścieków oczyszczonych oraz redukcją procentową zanieczyszczeń, przedstawiono tabelarycznie (tab. 4) oraz zobrazowano na wykresach (rys. 3, 4). Mimo zmiennego obciążenia substrato-hydraulicznego oczyszczalni w Lubaczowie parametry ścieków oczyszczonych charakteryzują się bardzo wysoką stabilnością. O małej zmienności analizowanych parametrów jakościowych świadczą przede wszystkim niskie wartości odchylenia standardowego. Tylko w przypadku azotu ogólnego wartości

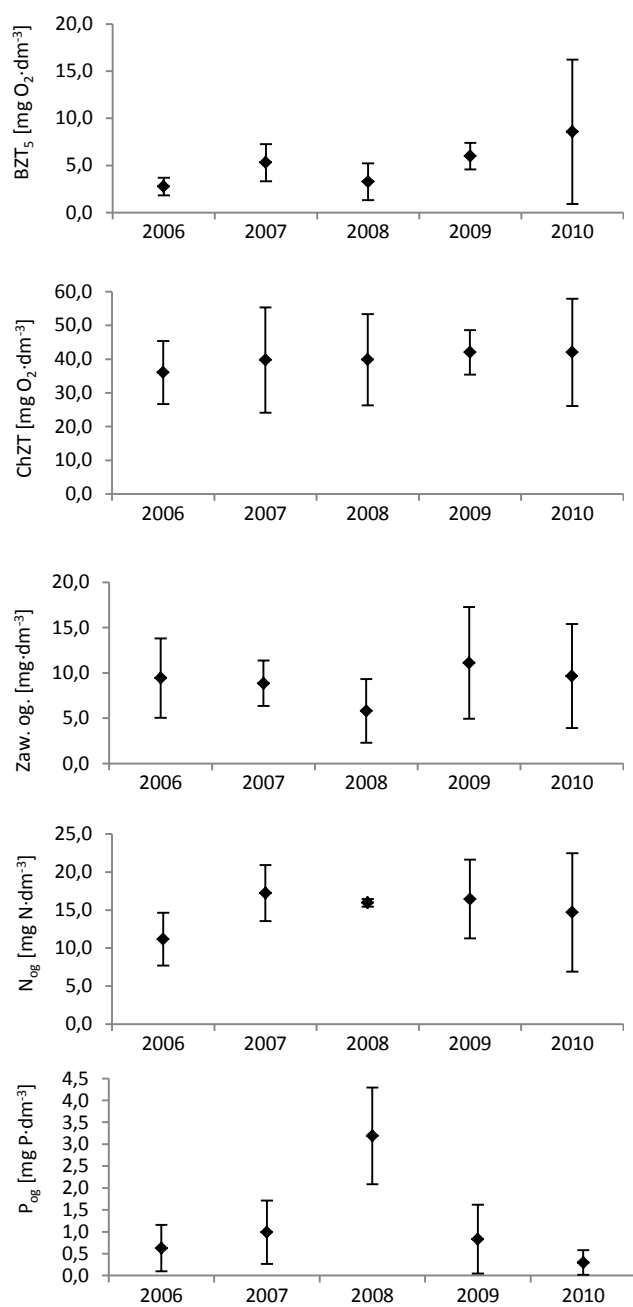
statystyczne wskazują na pewne przypadki niestabilności prowadzenia procesów nitryfikacji/denitryfikacji. Z kolei chemiczne wspomaganie koagulantami chemicznymi pozwala uzyskać zawartość fosforu ogólnego  $<1,0 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$ , mimo że oczyszczalnia nie jest zobligowana do usuwania związków biogenych.

**Tabela 4. Wybrane statystyki opisowe wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych w latach 2006-2010**

Table 4. Values of selected descriptive statistics parameters of treated wastewater in the years 2006-2010

| Wybrane statystyki | Wskaźnik zanieczyszczeń                                    |  |                                     |   |   |
|--------------------|--|--|-------------------------------------|---|---|
|                    | BZT <sub>5</sub><br>[mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ] | ChZT<br>[mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ] | Zaw. og.<br>[mg ·dm <sup>-3</sup> ] | N <sub>og</sub><br>[mg N·dm <sup>-3</sup> ] | P <sub>og</sub><br>[mg P·dm <sup>-3</sup> ] |
| Średnia            | 5,18   | 39,6   | 9,0                                 | 14,8  | 1,10  |
| Mediana            | 4,2  | 37,7   | 8,6                                 | 15,65                                       | 0,59  |
| Minimum            | 1,4  | 16,9   | 2,0                                 | 7,4   | 0,10  |
| Maksimum           | 20,0   | 64,0   | 20,0                                | 22,5  | 3,97  |
| Wsp. zmienn.       | 0,76   | 0,29   | 0,50                                | 0,29  | 1,04  |
| Odch. stand.       | 3,9  | 11,5   | 4,5                                 | 4,4   | 1,1   |
| Rozstęp            | 18,6   | 47,1   | 18,0                                | 15,1  | 3,87  |
| Percentyl 10%      | 2,33   | 28,0   | 4,93                                | 9,5   | 0,21  |
| Percentyl 90%      | 7,0  | 52,7   | 15,55                               | 20,2  | 2,3   |

Stężenia analizowanych wskaźników zanieczyszczeń w odpływie z oczyszczalni ścieków w Lubaczowie były znacznie niższe od określonych w pozwoleniu wodnoprawnym. Skuteczność usuwania zanieczyszczeń organicznych, określonych wskaźnikami BZT<sub>5</sub> i ChZT, wynosiła odpowiednio 93,1÷99,5% i 81,7÷97,9%, a wartości tych wskaźników w odpływie kształtowały się na poziomie poniżej 3,9 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> i 49,0 O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Dzięki uzyskanej wysokiej efektywności usuwania zawiesiny ogólnej (92,0-99,3%) osiągnięto w ściekach oczyszczonych jej zawartość na poziomie  $<20 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Efektywność usuwania związków biogenych była wysoka, pozwalając na uzyskanie w ściekach oczyszczonych średnio 14,8 mg N·dm<sup>-3</sup> i 1,1 mg P·dm<sup>-3</sup>. Wskutek chemicznego strącania fosforu odnotowano jego zawartość w odpływie nawet w ilości mniejszej niż 0,5 mg P·dm<sup>-3</sup>. Poziom zmniejszenia wszystkich analizowanych wskaźników zanieczyszczeń był wyższy od wymaganego stopnia redukcji zanieczyszczeń, określonego w Rozp. Min. Środowiska dla obiektów o wielkości RLM = 10000÷14999. Najwyższą efektywność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków odnotowano w okresach letnich, przede wszystkim w ostatnich analizowanych latach 2009-2010.



**Rys. 3. Jakość ścieków oczyszczonych**

Fig. 3. The quality of treated wastewater

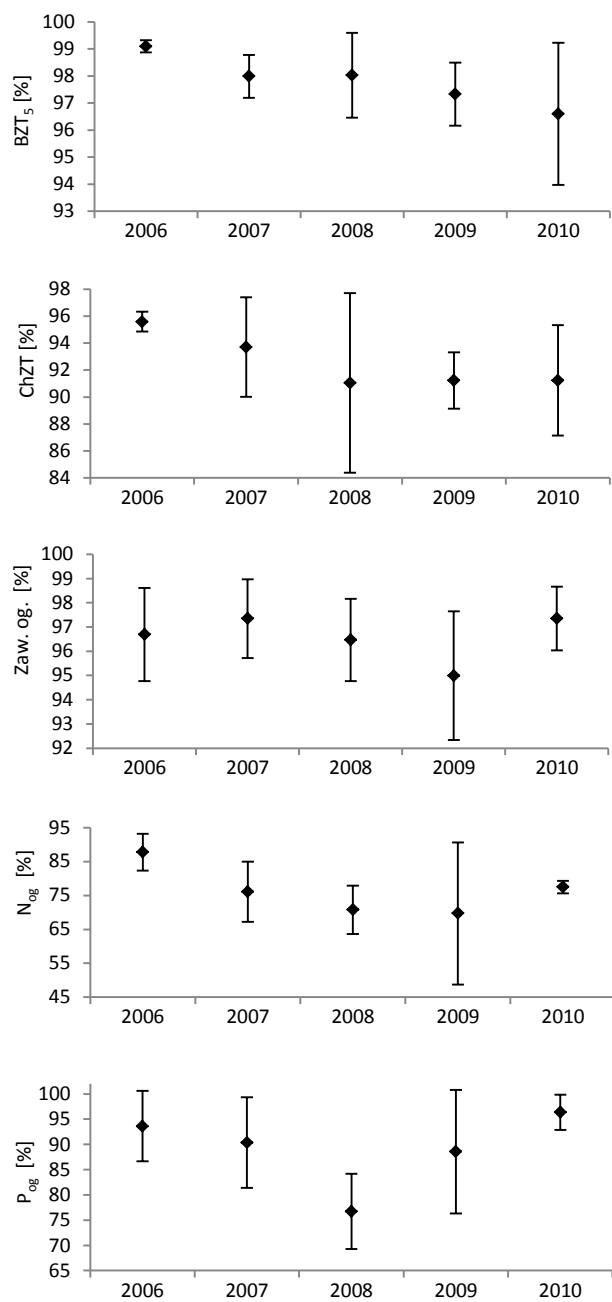
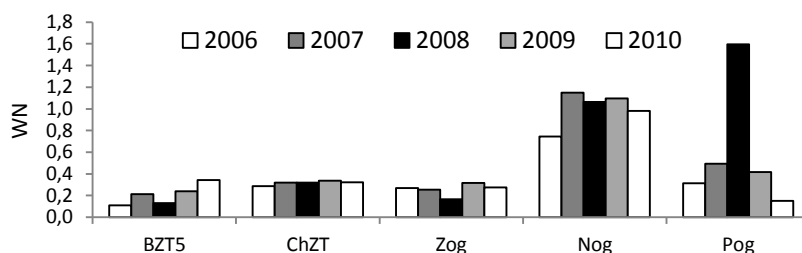
**Rys. 4. Efektywność usuwania zanieczyszczeń**

Fig. 4. The pollutants' removal effectiveness in the Lubaczów WWTP

W rozpatrywanym okresie nie odnotowano jakichkolwiek zaburzeń pracy poszczególnych stopni oczyszczania ścieków, w tym komory osadu czynnego, przekładających się na jej nieprawidłową pracę i niską efektywność oczyszczania. Skuteczność usuwania wszystkich zanieczyszczeń ze ścieków w rozpatrywanym okresie utrzymuje się na stabilnym poziomie. Dodatkowo analiza wyników wskazuje, że sprawność przedmiotowej oczyszczalni jest porównywalna do efektywności innych obiektów, zbliżonych pod względem przepustowości i przyjętej technologii (wielofazowy osad czynny) [2, 4, 6, 7].

Do oceny efektywności oczyszczalni ścieków przydatne staje się określenie niezawodności technologicznej w odniesieniu do uzyskania założonych wymagań jakości ścieków oczyszczonych. Podstawę obliczeń niezawodnościowych stanowi współczynnik niezawodności (WN) [1, 12]. Współczynnik niezawodności technologicznej określany jest jako iloraz średniej wartości stężenia w odpływie i wartości dopuszczalnej w odpływie z oczyszczalni [1]. Przeprowadzona analiza parametru WN wykazała bardzo wysoką niezawodność pracy oczyszczalni pod względem usuwania ze ścieków zanieczyszczeń organicznych i zawiesiny ogólnej (rys. 5). Średnia wartość WN w rozpatrywanym okresie wynosiła odpowiednio: BZT<sub>5</sub> – 0,207; ChZT – 0,316; zawiesiny og. – 0,256. W przypadku związków azotu i fosforu współczynniki niezawodności, określone dla wymagań określonych w RMS [10], osiągnęły z kolei poziom 0,990 (N<sub>og</sub>) oraz 0,548 (P<sub>og</sub>). W przypadku konieczności usuwania związków biogenych wskazana jest optymalizacja biologicznego oczyszczania ścieków celem uzyskania wymaganej jakości w odpływie i WN < 1,0. Określone dla oczyszczalni ścieków w Lubaczowie wskaźniki niezawodności potwierdzają jej bardzo dobrą i niezawodną pracę.



Rys. 5. Wskaźnik niezawodności technologicznej oczyszczalni ścieków w Lubaczowie

Fig. 5. Technological reliability indicator of the WWTP in Lubaczów

#### 4. Wnioski

Sporządzenie bilansu jakościowo-ilościowego oczyszczanych ścieków oraz konfrontacja z wymaganiami pozwolenia wodnoprawnego pozwoliło na doko-

nianie rzetelnej oceny efektywności oczyszczalni w Lubaczowie w latach 2006-2010.

W oparciu o wyniki jakościowe ścieków surowych i oczyszczonych można stwierdzić, że oczyszczalnia w Lubaczowie pracuje prawidłowo, zapewniając wysoki stopień usuwania zanieczyszczeń ze ścieków pomimo zmiennego obciążenia hydraulicznego i substratowego. Wyznaczona średnia efektywność usunięcia zanieczyszczeń ze ścieków w rozpatrywanym okresie wyniosła: BZT<sub>5</sub> – 97,8%; ChZT – 92,9%; Z<sub>og</sub> – 96,6%, N<sub>og</sub> – 77,9 i P<sub>og</sub> – 89,9%. Jakość ścieków oczyszczonych odpowiadała warunkom określonym w pozwoleniu wodno-prawnym. Mimo że oczyszczalnia ścieków w Lubaczowie nie posiada obowiązku eliminacji związków biogennych, wykazuje bardzo duże możliwości zintegrowanego usuwania C, N i P ze ścieków niezależnie od obciążenia oczyszczalni ładunkiem zanieczyszczeń. W analizowanym okresie uzyskano w ściekach oczyszczonych wartości <10 mg N·dm<sup>-3</sup> i <1,0 mg P·dm<sup>-3</sup>, wobec czego oczyszczalnia w Lubaczowie jest w pełni przygotowana na potencjalne zmiany w zakresie nowych, bardziej rygorystycznych wymagań dla ścieków odprowadzanych do wód powierzchniowych w aspekcie usuwania związków biogennych. Dodatkowo wyznaczone wskaźniki niezawodności potwierdzają wysokosprawne i niezawodne funkcjonowanie oczyszczalni ścieków.

## Literatura

- [1] Andraka D.: Modelowanie pracy oczyszczalni ścieków z wykorzystaniem symulacji Monte Carlo, Inżynieria Ekologiczna, nr 24, 2011, s. 7-16.
- [2] Boniaczuk P.: Proces modernizacji i rozbudowy komunalnej oczyszczalni ścieków w Lęborku, Forum Eksploatatora, nr 2, 2007, s. 13-15.
- [3] Decyzja Starosty Lubaczowskiego z 4 października 2005 r. z sprawie pozwolenia wodno-prawnego na wprowadzanie oczyszczonych ścieków do rzeki Lubaczówki.
- [4] Długosz J., Gawdzik J., Ocena poprawności funkcjonowania miejskiej oczyszczalni ścieków w Ostrowcu Świętokrzyskim, Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, nr 13, 4, 2011, s. 1-12.
- [5] Dymaczewski Z.: Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków. PZITS. 2011
- [6] Masłoń A., Kida J.: Ocena efektywności oczyszczalni ścieków komunalnych w Janowie Lubelskim, Forum Eksploatatora, nr 6, 2012, s. 66-71.
- [7] Masłoń A., Tomaszek J.A.: Analiza pracy oczyszczalni ścieków w Sokołowie Małopolskim. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Seria: Budownictwo i Inżynieria Środowiska. 2013. W druku.
- [8] Materiały informacyjne udostępnione przez Oczyszczalnię ścieków w Lubaczowie.
- [9] Ramowa Dyrektywa Wodna 2000/60/WE.
- [10] 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).

- [11] Sadecka Z.: Wymagania stawiane oczyszczalniom ścieków w aspekcie odbiorników ścieków oczyszczonych, Forum Eksploatatora, nr 5, 2009, s. 38-43.
- [12] Wałęga A.: Ocena funkcjonowania oczyszczalni ścieków metodami statycznymi, Forum Eksploatatora, nr 5, 2009, s. 30-34.

## EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF WASTEWATER TREATMENT PLANT IN LUBACZÓW

### Summary

Wastewater treatment is a fundamental way to solve the problem of improving the purity of the water environment. Therefore, it is necessary to pipe treated water of suitable quality, also in terms of the content of the biogenic compounds. The high performance, efficiency and reliability of pollutants removal in the full range of workloads are expected from designed and operated WWTP. The paper presents the evaluation of functioning of wastewater treatment plant in Lubaczów (Podkarpackie Province). The wastewater treatment process is based on the mechanical and biological removal of pollution by activated sludge. The WWTP was put into operation in 1998. The planned capacity is  $Q_{\text{śrd}} = 2660 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  and 10 676 PE. The conducted investigations in the paper are showed in the period from Januar 2006 to December 2010 the correct work of the WWTP and the high efficiency of pollutions removal. Hydraulic load of WWTP in the analyzed period was on the level of  $1384,0 \div 3148,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Raw wastewaters were characterized by a very non-uniform composition during a five year period. Effluent parameters characterized by very high stability despite the varying substrate and hydraulic loads. The quality of treated wastewater answers definite conditions in water-legal permit. The mean removal of pollutants definite coefficients was:  $\text{BOD}_5 - 97,8\%$ ,  $\text{COD} - 92,9\%$ ,  $\text{TSS} - 96,6\%$ ,  $\text{TN} - 77,9\%$  and  $\text{TP} - 89,9\%$ . The WWTP in Lubaczów has a very high potential of integrated removal of C, N and P from wastewater even though it hasn't got the obligation to eliminate the biogenic compounds. In addition, the calculated technological reliability indicators confirm high-performance and reliable operation of the WWTP in Lubaczów.

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

DOI: 10.7862/rb.2013.48

*Przesłano do redakcji w sierpniu 2013 r.*

*Przyjęto do druku we wrześniu 2013 r.*