



Analiza zmian udziału frakcji ChZT w procesie denitryfikacji z zewnętrznym źródłem węgla

Joanna Smyk^{}, Katarzyna Ignatowicz^{*}, Jacek Piekarski^{**}*
^{}Politechnika Białostocka,*
*^{**}Politechnika Koszalińska*

1. Wstęp

Różnorodność jednostkowych procesów biochemicznych występujących w zintegrowanym usuwaniu zanieczyszczeń ze ścieków ma istotny wpływ na zastosowanie symulacji komputerowych przy projektowaniu poszczególnych etapów usuwania zanieczyszczeń z oczyszczanych ścieków. Projektowanie technologicznych układów oczyszczania ścieków w większości przypadków odnosi się do ilości materii organicznej charakteryzowanej BZT₅. Wskaźnik ten dostarcza tylko informacji o zanieczyszczeniach łatwo ulegających biodegradacji. Nie są jednak brane pod uwagę zanieczyszczenia nie ulegające biodegradacji, które to obniżają skuteczność biologicznego oczyszczania ścieków. Dość częstym problemem jest uzyskanie efektywnego usuwania związków azotu. Skuteczna denitryfikacja wymaga określonej ilości związków węgla łatwo ulegających rozkładowi w procesie obróbki biologicznej. Denitryfikacja zachodzi bez zakłóceń, jeżeli stosunek ChZT/N jest na poziomie od 5 do 10. Mniejsza jego wartość powoduje, że zachodzi konieczność wprowadzania do ścieków zewnętrznego źródła węgla (Elefsioris, Li 2006; Kulikowska i in. 2009; Płuciennik-Koropczuk i in. 2013; Przywara 2015; Sadecka, Płuciennik-Koropczuk 2011; Struk-Sokołowska 2014; Wu i in. 2014).

Fracjonowanie ChZT pozwala na zidentyfikowanie łatwo i trudno rozkładalnych frakcji z podziałem na zawartość rozpuszczoną i nierozpuszczalną. Znajomość wielkości poszczególnych frakcji ChZT, jak również ich zmian po kolejnych etapach oczyszczania, może znacząco wpłynąć na poprawę efektywności usuwania związków węgla i azotu ze ścieków (Pasztor i in. 2009; Struk-Sokołowska 2014; Wu i in. 2014).

ChZT ścieków, z podziałem na frakcje, można obliczać według zależności (Płuciennik-Koropcuk 2009; Sadecka, Myszograj 2004; Zdebik, Głodniok 2010; Ignatowicz, Puchlik 2011):

$$\text{ChZT} = S_S + S_I + X_S + X_I$$

gdzie:

S_S – ChZT rozpuszczonych związków organicznych biologicznie łatwo rozkładalnych (COD soluble readily biodegradable substrates),

S_I – ChZT rozpuszczonych związków biologicznie nierozkładalnych (COD inert soluble organic material),

X_S – ChZT nierozpuszczalnych związków biologicznie wolno rozkładalnych (COD particulate slowly biodegradable substrates),

X_I – ChZT nierozpuszczalnych organicznych biologicznie nierozkładalnych (COD inert particulate organic material).

2. Metodyka badań

2.1. Obiekt badań

Obiektem badań była oczyszczalnia ścieków w Białymstoku. Przyjmuje ona ścieki z ponad trzystutysięcznej aglomeracji, a jej średnia przepustowość wynosi około 70 000 m³/d. Jest to mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia, która pracuje wykorzystując technologię osadu czynnego.

W części biologicznej komora predenitryfikacji (denitryfikacji I stopnia) oraz defosfatacji pełniły pierwotnie funkcję osadników wstępnych. Do komory predenitryfikacji jest recyrkulowany osad z osadników wtórnych, gdzie ulega procesowi częściowej denitryfikacji. W komorze defosfatacji mikroorganizmy osadu czynnego pobierają łatwo przyswajalną materię organiczną jednocześnie uwalniając zakumulowane ortofosforany. W tym miejscu wraz z odciekami z przeróbki osadów dostarczane są lotne kwasy tłuszczowe wytworzone podczas zagęszczania osa-

dów wstępnych w zagęszczaczach grawitacyjnych. Pozwala to na zwiększenie efektywności procesu defosfatacji.

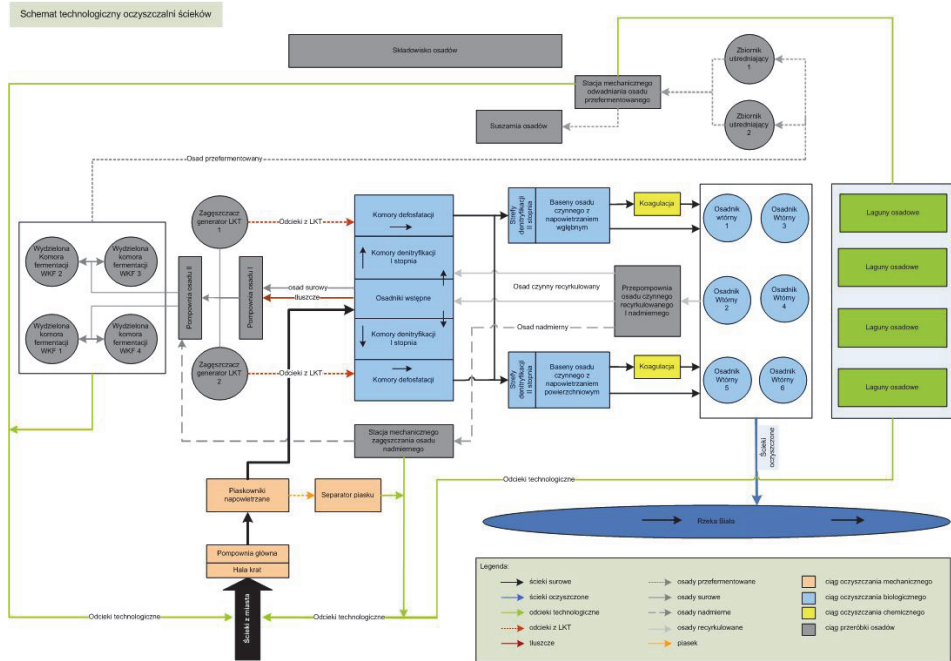
Komora osadu czynnego podzielona jest na dwa główne baseny. W jednym z nich napowietrzanie jest prowadzone za pomocą dyfuzorów, natomiast w drugim przez aeratory. Każdy z basenów składa się z czterech komór osadu czynnego. Z kolei każda komora podzielona jest na sześć stref. Elementem wspólnym dwóch głównych basenów jest kanał recyrkulacji gdzie dawkowane jest zewnętrzne źródło węgla.

Pierwszym elementem komory osadu czynnego jest strefa denitryfikacji II stopnia. Recyrkulacja wewnętrzna (z ostatniej strefy nitryfikacji do strefy denitryfikacji) wynosi tu od 300 do 700%. Kolejną komorą jest tzw. strefa przejściowa, gdzie prowadzony jest przemienne proces nitryfikacji (przy włączonym aeratorze) prowadzony z procesem denitryfikacji poprzez wyłączenie napowietrzania.

Miejsce dawkowania zewnętrznego źródła węgla ustalono doświadczalnie i znajduje się w komorze osadu czynnego w odległości 40 m od przelewu do strefy anoksycznej. Wspomaganie procesu denitryfikacji zewnętrznym źródłem węgla prowadzone jest przez cały rok z wyłączeniem okresów, kiedy temperatura ścieków w komorach ulega obniżeniu poniżej wartości wynoszącej 12°C (Simson 2009, 2008).

2.2. Metodyka badań

Badania prowadzono w październiku 2015 roku. Próbki ścieków, oprócz ścieków surowych i oczyszczonych, (3 serie) były pobierane bezpośrednio z komór biologicznych. Każdorazowo pobierano manualnie około 2 dm³ ścieków w oczyszczalni ścieków w następującej kolejności: ścieki surowe, z komory predenitryfikacji (denitryfikacji I stopnia), komory defosfatacji, z komory denitryfikacji (denitryfikacji II stopnia) w miejscu dawkowania zewnętrznego źródła węgla - Brenntaplust VP1, z komory denitryfikacji w kilkumetrowej odległości od miejsca dawkowania zewnętrznego źródła węgla oraz ścieki oczyszczone.



Rys. 1. Schemat oczyszczalni ścieków w Białymstoku; źródło: Wodociągi Białostockie

Fig. 1.

W pobranych próbkach ścieków oznaczano zgodnie z obowiązującą metodyką (Simson 2009; Ignatowicz, Kozłowski 2011):

- ChZT_{Cr} – metodą dwuchromianową PN-74/C-04578.03,
- BZT₅ – metodą manometryczną systemem OxiTop Standard,
- N-NH₄ – metodą spektrofotometryczną wg: PN-ISO 7150-1:2002,
- N-NO₃ – metodą spektrofotometryczną wg: PN-82/C-04576/08,
- Nog – metodą spektrofotometryczną wg: PN-EN ISO 6878:2006,
- Pog – metodą spektrofotometryczną wg: PN-EN ISO 6878:2006.

W literaturze najczęściej spotykana jest metodologia wyznaczania poszczególnych frakcji ChZT na podstawie wytycznych ATW_A 131 (Sadecka, Myszograj 2004; Kulikowska i in. 2009; Sadecka, Płuciennik-Koropczuk 2011; Płuciennik-Koropczuk i in. 2013; Przywara 2015; Struk-Sokołowska 2014; Zdebik, Głodniok 2010; Wojciechowska 2014). Tak więc analogicznie z innymi autorami frakcje ChZT: S_S, S_I, X_S, X_I

wyznaczono na podstawie wytycznych ATV-A 131 (Wytyczne ATV-DVWK-A 131.2000):

- Stężenie rozpuszczonej materii organicznej określono w ściekach surowych, jako ChZT ścieków.
- W celu wyznaczenia frakcji rozpuszczonej biologicznie nierozkładalnej S_I (ChZT) próbkę ścieków oczyszczonych przesączono przez bibułowaty sączone twardy o średnicy oczek $0,45 \mu\text{m}$, a następnie oznaczono ChZT ścieków.
- Frakcję biologicznie łatwo rozkładalną S_S wyznaczono jako różnicę ogólnego stężenia rozpuszczonej materii organicznej i biologicznie nierozkładalnej materii organicznej S_I :

$$S_S = S_{\text{ChZT}} - S_I, [\text{mg O}_2/\text{dm}^3]$$

- W celu oznaczenia frakcji nierozpuszczalnych materii organicznej wolno rozkładalnych X_S , wyznaczono doświadczalnie BZT₅ ścieków surowych niesączonych, a następnie przyjmując stałą szybkości biochemicznego rozkładu $k_1=0,6$ obliczono wartość całkowitego BZT_C:

$$\text{BZT}_C = \text{BZT}_5 / 0,6, [\text{mg O}_2/\text{dm}^3]$$

Mając określoną wartość BZT_C oraz wartość rozpuszczonej frakcji biologicznie łatwo rozkładalnej S_S , frakcję związków nierozpuszczalnych wolno rozkładalnych X_S wyznaczono z równania:

$$X_S = \text{BZT}_C - S_S, [\text{mg O}_2/\text{dm}^3]$$

- Całkowite stężenie materii organicznej nierozpuszczalnej określono korzystając z zależności podanej w normie ATV-131:

$$X_I = A \times X_{\text{ChZT}}, [\text{mg O}_2/\text{dm}^3]$$

Przy czym, w zależności od pochodzenia ścieków lub też od czasu ich zatrzymania w osadniku wstępnym, wartość współczynnika A może zmieniać się od 0,2 do 0,35. Dla ścieków bytowych przyjmuje się $A=0,25$. Podstawiając do równania :

$$X_{\text{ChZT}} = X_S + X_I \text{ zależność } X_I = 0,25 \times X_{\text{ChZT}},$$

otrzymano:

$$X_{\text{ChZT}} = X_S / 0,75, [\text{mg O}_2/\text{dm}^3]$$

- Frakcję związków nierozpuszczalnych biologicznie nierozkładalnych X_I określono z różnicy wartości X_{ChZT} i X_S :

$$X_I = X_{\text{ChZT}} - X_S, [\text{mg O}_2/\text{dm}^3].$$

3. Wyniki i ich interpretacja

Wyniki przeprowadzonych badań umieszczono w tabeli 1.

Na początku części mechanicznej, przed częścią biologiczną proces oczyszczania powoduje zmniejszenie stężenia substratu materii organicznej potrzebnej mikroorganizmom do usuwania związków azotu. W komorze predenitryfikacji stężenie związków materii organicznej określonej ChZT w stosunku do ścieków surowych zostało obniżone o 64,8%, natomiast BZT₅ o 75,0%. Zaobserwowano spadek stężenia azotu ogólnego o 76,3%, azotu amonowego o 86,9%, azotanów(V) o 42,3% oraz fosforu ogólnego o prawie 30,0%. W komorze defosfatacji nastąpił wzrost związków węgla określanych jako ChZT oraz BZT₅ z powodu dopływających odcieków z zagęszczaczy grawitacyjnych bogatych w lotne kwasy tłuszczowe. Również skutkiem tego procesu jest wzrost stężenia związków fosforu z 6,1 mg P/dm³ do ponad 25,0 mg P/dm³. Łatwo przyswajalne związki węgla są natychmiast pobierane przez mikroorganizmy biorące udział w procesie defosfatacji, jednocześnie uwalniając zakumulowane wcześniej ortofosforany. Między komorą defosfatacji a komorą denitryfikacji nastąpiło obniżenie stężenia fosforu do 1 mg P/dm³ skutkując niskim stężeniem 0,7 mg P/dm³ w odpływie, co świadczy o właściwym przebiegu procesu defosfatacji.

W komorze denitryfikacji w pobliżu miejsca dawkowania zewnętrznego źródła węgla zaobserwowano spadek stężenia materii organicznej charakteryzowanej za pomocą parametru ChZT o 12,8% między tą komorą a komorą defosfatacji. Również nastąpił ubytek materii organicznej określanej za pomocą parametru BZT₅ o 12,5%. Teoretycznie obniżenie ich wartości powinno być większe, jednakże zawartość związków węgla wyrażanych jako ChZT oraz BZT₅ jest uzupełniane poprzez dawkowanie zewnętrznego źródła węgla. W innej części komory oddalonej od źródła dawkowania widoczny jest wyraźny spadek ilości materii organicznej ChZT o 47,5% i BZT₅ o 28,3%.

Tabela 1. Wyniki pomiarów
Table 1. Results

Przeptyw: ok. 53 500 m ³ /d Dawka Brenntaplus VP1: ok. 90g/m ³									
Parametr	ChZT	BZT ₅	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	Nog	Pog	pH		
	mg O ₂ / dm ³		mg N/dm ³			mg P/dm ³			
Miejsce poboru próbki									
ścieki surowe	488,0	240,0	2,6	70,8	118,0	8,7	8,5		
kom.predenitryfikacji	172,0	60,0	1,5	9,3	18,0	6,1	8,0		
kom. defosfatacji	203,0	65,0	<1,0	23,8	32,0	25,0	7,9		
kom. denitryfikacji + węgiel	177,0	35,0	3,9	2,7	14,0	1,0	7,9		
kom. denitryfikacji	93,0	25,0	3,1	1,4	13,0	1,2	8,0		
ścieki oczyszczone	87,0	10,0	4,6	0,0	9,4	0,7	7,9		

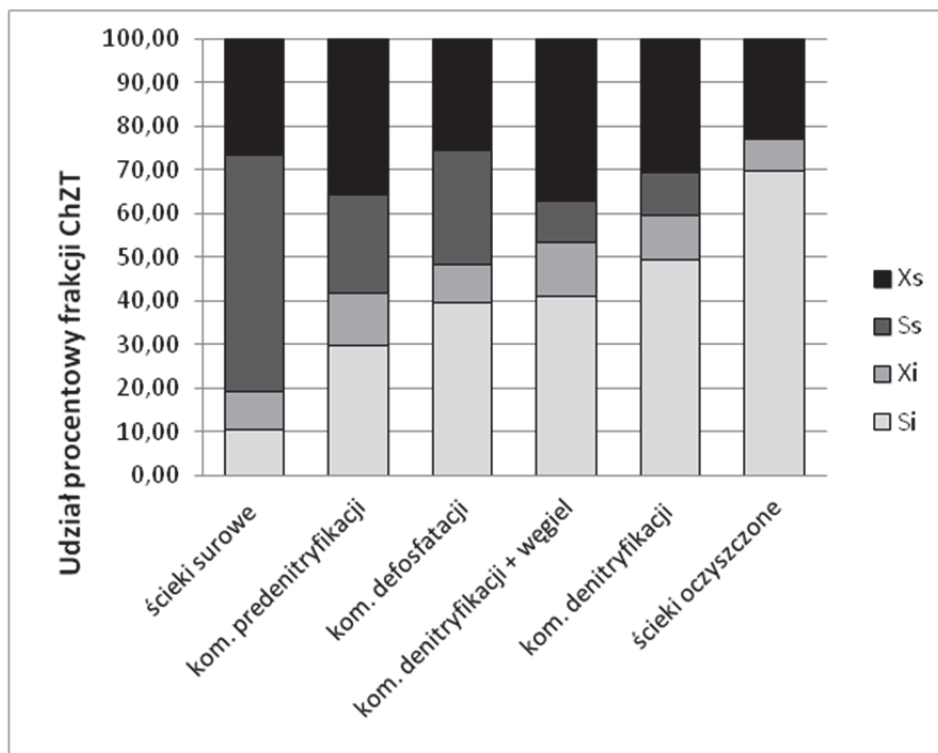
Do komory denitryfikacji przepływają ścieki po procesie nityfikacji stąd widoczny jest spadek stężenia azotu amonowego między ściekami surowymi ($23,8 \text{ mg N/dm}^3$) a ściekami w komorze denitryfikacji ($2,7 \text{ mg N/dm}^3$). Przemiany te powodują wzrost stężenia azotanów(V) w komorze denitryfikacji, ponieważ ścieki bogate w ten związek są recyrkulowane z komory nityfikacji. W pewnej odległości od miejsca dawkowania węgla można zauważyć zachodzący proces denitryfikacji – obniżenie stężenia azotanów(V) o $0,8 \text{ mg N/dm}^3$.

W ściekach oczyszczonych odnotowano stężenie materii organicznej określanej jako ChZT na poziomie $87,0 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ oraz BZT₅ $10,0 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$. Jest to około o 82,0% obniżenie wartości ChZT oraz 96,0% BZT₅ w porównaniu do ścieków surowych. O skuteczności procesu usuwania azotu świadczą niskie stężenia w ściekach oczyszczonych. Zmniejszenie stężenia azotu amonowego do zera świadczy o efektywnym procesie nityfikacji. Stężenie azotu ogólnego ($9,4 \text{ mg N/dm}^3$) oraz fosforu ogólnego ($0,7 \text{ mg P/dm}^3$) w ściekach oczyszczonych spełnia dopuszczalne stężeń podane w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Niskie stężenie azotanów(V) w ściekach oczyszczonych ($4,6 \text{ mg N/dm}^3$) jest efektem właściwie dobranych parametrów technicznych prowadzenia procesu denitryfikacji, jak również dzięki dawkowaniu zewnętrznego źródła węgla.

Obliczone wartości stężeń frakcji ChZT i ich udział podano w tabeli 2. oraz przedstawiono graficznie na rysunku 2.

Tabela 2. Stężenie oraz procentowy udział frakcji ChZT w ściekach
Table 2. Concentrations and partition in COD fraction in wastewater

Frakcje ChZT	S _I		X _I		S _S		X _S	
	mg O ₂ /l	%	mg O ₂ /l	%	mg O ₂ /l	%	mg O ₂ /l	%
Miejsce poboru próbki								
ścieki surowe	51,0	10,3	44,0	8,9	268,0	54,1	132,0	26,7
kom. predenitryfikacji	51,0	29,8	20,3	11,9	39,0	22,8	61,0	35,6
kom. defosfatacji	51,0	39,7	10,9	8,5	34,0	26,5	32,7	25,4
kom. denitryfikacji + węgiel	51,0	40,9	15,4	12,4	12,0	9,6	46,3	37,1
kom. denitryfikacji	51,0	49,4	10,6	10,2	10,0	9,7	31,7	30,7
ścieki oczyszczone	51,0	69,7	5,6	7,6	0,0	0,0	16,7	22,8



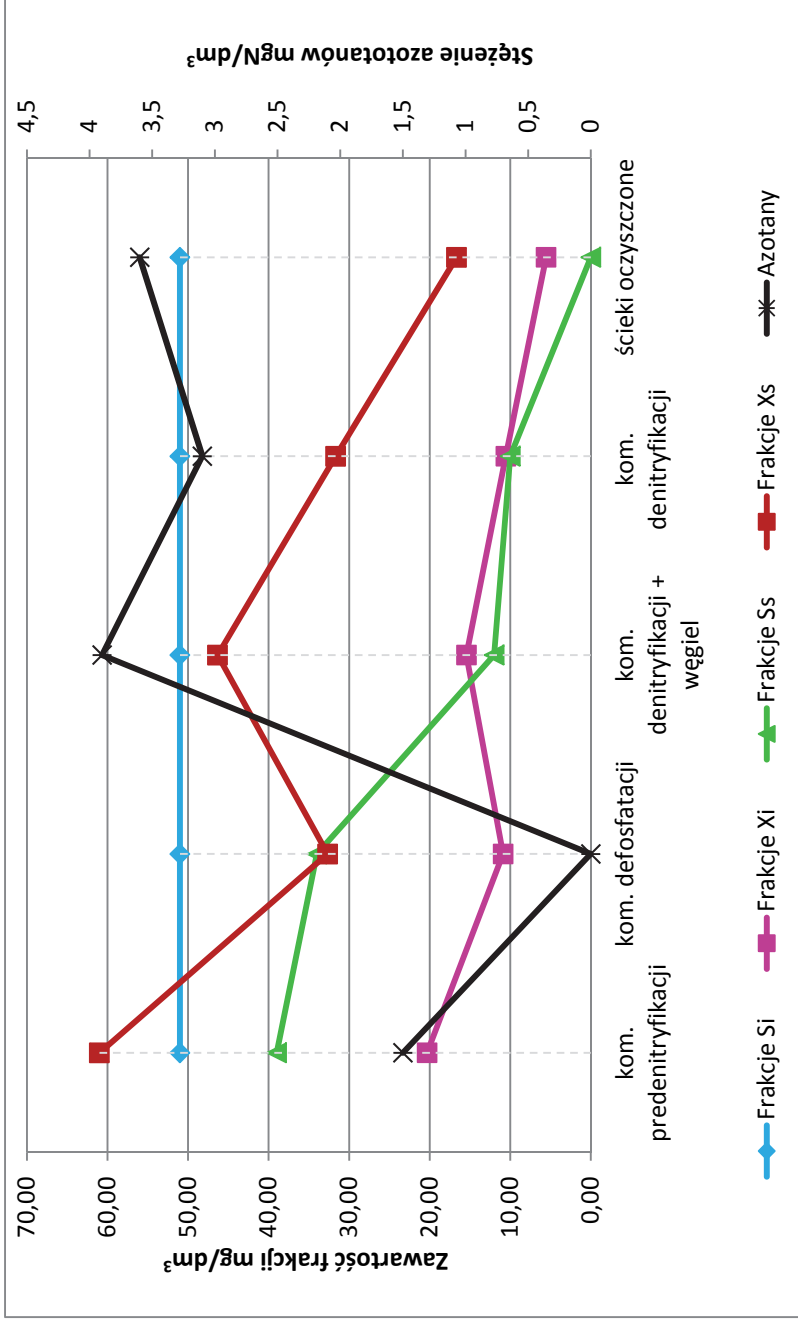
Rys. 2. Procentowy udział frakcji ChZT w kolejnych etapach oczyszczania
Fig. 2. Percentage of COD fraction after subsequent steps of treatment

Na podstawie obliczonych wartości stężeń frakcji ChZT stwierdzono, że ścieki surowe charakteryzują się zdecydowanym udziałem materii łatwo biodegradowalnej rozpuszczonej – 54,1% i trudno rozkładalnej nierozpuszczalnej – 26,7%. Najniższy udział miał miejsce w frakcji nierozkładalnej nierozpuszczalnej – 8,9%. W komorze predenitryfikacji udział poszczególnych frakcji ulega całkowitej zmianie. Najwyższą procentową zawartość ma frakcja X_S – 35,6%, natomiast frakcja S_I stanowi 29,8%. Frakcja rozpuszczona łatwo biodegradowalna stanowi tylko 22,8% całkowitego ChZT. W dalszym ciągu najniższy udział ma frakcja X_I – 11,9%. W komorze defosfatacji substancje ulegające biodegradacji są w dalszym ciągu pobierane przez mikroorganizmy, a ich zawartość procentowa wynosi 26,5% – S_S oraz do 25,4 – X_S . Najwyższy udział procentowy stwierdzono dla frakcji rozpuszczonej nierozkładalnej, która do

końca procesu oczyszczania ścieków będzie stanowiła większość całkowitego ChZT. W komorze denitryfikacji w miejscu dawkowania zewnętrznego źródła węgla można zaobserwować wyraźny spadek udziału frakcji S_S do 9,6%. Zwiększa się procentowa zawartość frakcji biodegradowalnej nierozpuszczalnej z 25,4% do 37,1%. Najwyższy procentowy udział ma frakcja S_I – 40,9%. Po wymieszaniu ścieków w komorze denitryfikacji stężenie frakcji S_S nie uległo zmianie. Nastąpiło natomiast obniżenie stężenia frakcji nierozpuszczalnej X_S o ok. 7,0% oraz X_I w związku z czym udział procentowy frakcji S_I uległ zwiększeniu. Frakcja rozpuszczona łatwo rozkładalna została usunięta całkowicie ze ścieków oczyszczonych. Niewielki udział procentowy ma frakcja nierozpuszczalnych związków organicznych biologicznie nierozkładalnych – ok. 8,0%, natomiast frakcja X_S stanowi ok. 23,0% całkowitego ChZT w ściekach oczyszczonych. Zdecydowaną większość (prawie 70,0%) stanowiła frakcja S_I .

Na rysunku 3. przedstawiono zestawienie wielkości poszczególnych frakcji ChZT wraz ze stężeniem azotanów w procesie biologicznego oczyszczania ścieków. Materia organiczna we frakcji łatwo biodegradowalnej między komorą predenitryfikacji a defosfatacji uległy pobraniu przez mikroorganizmy i umożliwiły przemianę związków azotu. Jest to powodem obniżenia zawartość azotanów (V) w ściekach. Między komorą defosfatacji a komorą denitryfikacji w pobliżu miejsca dawkowania zewnętrznego źródła węgla nastąpił duży wzrost stężenia azotanów (V) spowodowanych recyrkulacją azotu amonowego z komory nityfikacji. W komorze denitryfikacji nastąpiło intensywne przyswajanie materii organicznej we frakcji S_S dlatego stężenie azotanów (V) utrzymywało się na niskim poziomie. Prawdopodobnie bez dawkowania węgla stężenia byłyby wyższe.

Dodanie zewnętrznego źródła węgla do komory denitryfikacji spowodowało nagłe podwyższenie wartości stężeń związków organicznych nierozpuszczalnych biologicznie wolno rozkładalnych X_S o prawie 14 mg O_2/dm^3 . Nastąpiło również uwolnienie przez kłaczkę osadu niewielkiej ilości frakcji nierozkładalnej X_I co jest zjawiskiem korzystnym.



Rys. 3. Stężenie frakcji ChZT i azotanów (V) w procesie biologicznego oczyszczania ścieków
Fig. 3. The concentration of fraction of COD and nitrates (V) in the process of biological wastewater treatment

W pewnej odległości od miejsca dawkowania węgla stężenie frakcji X_S ulega ponownemu obniżeniu o prawie tyle samo ile nastąpił wzrost w okolicy miejsca dawkowania zewnętrznego źródła węgla. W dalszym ciągu następuje pobieranie frakcji rozpuszczonej łatwo przyswajalnej. W komorze denitryfikacji można zauważyć podobny spadek stężenia azotanów (V) o $0,8 \text{ mg N/dm}^3$ i frakcji S_S – o 2 mg N/dm^3 . Niestety uprzednio uwolniona frakcja X_I ponownie zostaje wbudowana w kłaczkę osadu.

Przepływ ścieków przez część biologiczną oczyszczalni spowodował obniżenie wszystkich frakcji ChZT z wyjątkiem frakcji S_I - frakcja ta pozostała bez zmian. Mała zawartość ilościowa frakcji ChZT nierozpuszczonej nierozkładalnej X_I w ściekach oczyszczonych świadczy o wbudowywaniu jej w kłaczkę osadu czynnego, co jest zjawiskiem nie pożądanym ze względu na zwiększenie się masy osadu. W niewielkim stopniu wzrasta stężenie azotanów (V) w ściekach oczyszczonych, jednakże utrzymują się na niskim poziomie i nie ma potrzeby zwiększania dawki zewnętrznego źródła węgla ze względu na wysokie koszty.

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych analiz sformułowano następujące wnioski:

- W ściekach surowych doprowadzanych do oczyszczalni ścieków ponad 80% materii organicznej określanej jako ChZT stanowiły frakcje biologicznie rozkładalne X_S i S_S ,
- Niskie stężenie udziału procentowego materii organicznej we frakcji S_S oraz X_S w ściekach oczyszczonych świadczy o przyswajaniu tych frakcji przez mikroorganizmy biorące udział w procesach usuwania związków azotu i fosforu,
- Niskie stężenie i procentowy udział materii organicznej we frakcji ChZT nierozpuszczalnej nierozkładalnej X_I w ściekach oczyszczonych świadczy o wbudowywaniu jej w kłaczkę osadu czynnego,
- Układ technologiczny oczyszczania ścieków analizowanej oczyszczalni nie miał wpływu na zmianę stężenia rozpuszczonej frakcji biologicznie nierozkładalnej S_I w ściekach.
- Niskie stężenie azotanów (V) w ściekach oczyszczonych zostało uzyskane z powodu dawkowania zewnętrznego źródła węgla,

- Usuwanie zanieczyszczeń w oczyszczalni ścieków w Białymstoku przebiega prawidłowo i jest zgodne z polskimi regulacjami prawnymi.

Podziękowania

Praca powstała w ramach realizacji pracy statutowej S/WBIS/3/2014 oraz pracy MB/WBiŚ/9/2016 w Katedrze Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska Politechniki Białostockiej, a przede wszystkim dzięki życzliwości i pomocy Pana Grzegorza Simsona z Oczyszczalni Ścieków z Białegostoku.

Literatura

- Elefsioris, P., D., Li, (2006). The effect of temperature and carbon source on denitrification using volatile fatty acids. *Biochemical Engineering Journal*, 28(2), 148-155.
- Ignatowicz, K., Kozłowski, D. (2015). Intensyfikacja procesu denitryfikacji przy zastosowaniu preparatu Brenntaplus VP1 jako zewnętrznego źródła węgla. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 17, 25-50.
- Ignatowicz, K., Puchlik, M. (2011). Złoża biologiczne jako alternatywa oczyszczania małych ilości ścieków. *Rocznik Ochrona Środowiska*. 13, 1385-1404.
- Ignatowicz, K. (2011). Metals content chosen for environmental component monitoring in graveyards. *Fresenius Environmental Bulletin*, 20(1a), 270-273.
- Kogut P., Piekarski J., Ignatowicz K., (2014). Rozruch instalacji biogazowej z wykorzystaniem osadu zaszczipowego. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 16, 534-545.
- Kulikowska, D., Drzewnicki, A., Tomczykowska, M. (2009). Intensyfikacja procesu denitryfikacji ścieków na przykładzie oczyszczalni w Tyrowie. *Czasopismo Techniczne*, z. 11. Środowisko z. 3-Ś.
- Pasztor, I., Thury, P., Pulai, J. (2009). Chemical oxygen demand fractions of municipal wastewater for modeling of wastewater treatment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 6(1), 51-56.
- Pluciennik-Koropczuk, E., Sadecka, Z., Myszograj, S. (2013). COD fractions in raw and mechanically treated wastewater. *Civil And Environmental Engineering Reports*, 11.
- Pluciennik-Koropczuk, E. (2009). Frakcje ChZT miarą skuteczności oczyszczania ścieków. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, VII-VIII, 11-13.
- Przywara, L. (2015). Analiza przemian materii organicznej podczas beztlenowego oczyszczania ścieków z produkcji tłuszczu jadalnych. *Inżynieria Ekologiczna*, 41, 142-147.

- Sadecka, Z., Myszograj, S. (2004). Frakcje ChZT w procesach mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków na przykładzie oczyszczalni ścieków w Sulechowie. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 6, 233-244.
- Sadecka, Z., Płuciennik-Koropczuk, E. (2011). Frakcje ChZT ścieków w mechaniczno-biologicznej oczyszczalni, *Rocznik Ochrona Środowiska*, 13, 1157-1172.
- Simson, G. (2009). Intensyfikacja procesu denitryfikacji w Oczyszczalni ścieków w Białymstoku poprzez dozowanie preparatu Brenntaplus VP1 jako zewnętrznego źródła węgla organicznego – doświadczenia eksploatacyjne (część 2). *Forum Eksploatatora*, 6, 49-52.
- Simson, G. (2008). Pierwsze doświadczenia – test technologiczny z zastosowaniem preparatu Brenntaplus VP1 jako zewnętrzne źródło węgla organicznego do intensyfikacji procesu denitryfikacji w Białostockiej Oczyszczalni Ścieków. *Forum Eksploatatora*, 6, 24-26.
- Struk-Sokołowska, J. (2014). Specjacja materii organicznej za pomocą ChZT w ściekach na wybranym przykładzie. *Materiały Eko-dok*.
- Wojciechowska, E. (2011). Analiza podatności na rozkład biologiczny odcieków składowiskowych oczyszczanych w wielostopniowym systemie hydrofilowym. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 17(4), 703-712.
- Wu, J., Yan, G., Zhou, G., Xu, T. (2014). Wastewater COD biodegradability fractionated by simple physical-chemical analysis. *Chemical Engineering Journal* 258,450-459.
- Wytyczne ATV-DVWK-A 131.2000. Wymiarowanie jednostopniowych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym, Wydawnictwo Seidel- Przywecki.
- Zdebik, D., Głodniok, M. (2010). Wyniki badań podatności ścieków na rozkład biologiczny - frakcje ChZT na przykładzie oczyszczalni ścieków w Rybniku, *Prace Naukowe Gig. Górnictwo I Środowisko*, 4.

Analysis of COD Fractions Changes During Denitrification Process with External Carbon Source

Abstract

The article presents results of analysis on concentration of COD fractions in mechanical-biological treatment plant with a size > 1000 000 RLM, located in Białystok. Additionally determined BOD₅, ammonia nitrogen, nitrates (v), total nitrogen and total phosphorus.

The samples were tested: raw sewage, from the chamber pre-denitrification, from chamber of phosphorus removal, from the denitrification chamber in place of the dosage of external carbon source - Brenntaplus VP1, from the denitrification chamber at a distance from the place of dosing external

carbon source and samples of treated sewage. Methodology for determining the fraction of COD was developed based on the guidelines of ATV-131. During the study identified the following fractions: S_S – COD of soluble organic easily biodegradable substances, S_I – COD of soluble organic non-biodegradable substances, X_S – COD of organic slowly biodegradable suspensions, X_I – COD of organic non-biodegradable suspensions.

Based on the study was formed the following conclusions that in raw wastewater, the dominating percent-age was recorded for fractions of biodegradable contaminants (S_S and X_S) reaching about 80% of the total COD of sewage. Low share content of organic matter in the fraction of S_S and X_S treated wastewater shows the absorption of these fractions by the microorganisms involved in processes for the removal of nitrogen and phosphorus. Low content of quantitative and percentage of organic compounds in the fraction of undissolved COD irreducible X_I in treated wastewater, testifies to its incorporation in activated sludge floc. The technological system of wastewater treatment plant does not change the concentration of the dissolved fraction in the wastewater biologically decomposable S_I . Low concentration of nitrates (V) in the treated wastewater was obtained by dosing an external source of carbon. Removal of pollutants in waste water treatment plant in Białystok is correct and is in line with the requirements of Polish law.

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczące stężeń frakcji ChZT w mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków o wielkości >1000 000 RLM, zlokalizowanej w Białymstoku. Dodatkowo oznaczono BZT₅, azot amonowy, azotany (V), azot ogólny oraz fosfor ogólny.

Analizowano próbki ścieków surowych, z komory predenitryfikacji, komory defosfatacji, komory denitryfikacji w miejscu dawkowania zewnętrznego źródła węgla - Brenntaplast VP1, komory denitryfikacji w pewnej odległości od miejsca dawkowania zewnętrznego źródłem węgla oraz ścieki oczyszczone. Metodyka wyznaczania stężeń frakcji ChZT została opracowana na podstawie wytycznej ATV-131. Podczas wykonywania analizy określono następujące frakcje: nierozpuszczalnej materii organicznej, biologicznie wolno rozkładalnej (X_S), rozpuszczonej materii organicznej, biologicznie łatwo rozkładalnej, (S_S), nierozpuszczalnej materii organicznej, biologicznie trudno rozkładalnej (X_I) i rozpuszczonej materii organicznej, biologicznie nierozkładalnej (S_I).

Przeprowadzona analiza pokazała, że w ściekach surowych doprowadzanych do oczyszczalni ścieków ponad 80% materii organicznej określanej jako ChZT stanowiły frakcje biologicznie rozkładalne X_S i S_S . Niskie stężenie udziału procentowego materii organicznej we frakcji S_S oraz X_S w ściekach

oczyszczonych świadczy o przyswajaniu tych frakcji przez mikroorganizmy biorące udział w procesach usuwania związków azotu i fosforu. Niskie stężenie i procentowy udział materii organicznej we frakcji ChZT nierozpuszczalnej nierozkładalnej X_I w ściekach oczyszczonych świadczy o wbudowywaniu jej w kłaczkę osadu czynnego. Układ technologiczny oczyszczania ścieków analizowanej oczyszczalni nie miał wpływu na zmianę stężenia rozpuszczonej frakcji biologicznie nierozkładalnej S_I w ściekach. Niskie stężenie azotanów (V) w ściekach oczyszczonych zostało uzyskane z powodu dawkowania zewnętrznego źródła węgla. Usuwanie zanieczyszczeń w oczyszczalni ścieków w Białymstoku przebiega prawidłowo i jest zgodne z polskimi regulacjami prawnymi.

Słowa kluczowe:

oczyszczanie ścieków, frakcje ChZT, zanieczyszczenia biodegradowalne i niebiodegradowalne, denitryfikacja, zewnętrzne źródło węgla

Keywords:

wastewater treatment, COD fractions, pollution biodegradable and biodegradable, denitrification, the external carbon source