

Lucyna PRZYWARA¹, Anna ADAMIEC¹, Mariusz KUGLARZ¹ i Klaudiusz GRÜBEL¹

ZMIANY FRAKCJI ChZT ŚCIEKÓW KOMUNALNYCH PODCZAS BEZTLENOWEGO OCZYSZCZANIA

COD FRACTIONS CHANGES OF MUNICIPAL SEWAGE DURING ANAEROBIC TREATMENT

Abstrakt: Optymalizacja procesów biologicznego oczyszczania ścieków wymaga coraz więcej informacji dotyczących składu oczyszczanych ścieków. W celu scharakteryzowania zawartości substancji organicznej w trakcie oczyszczania ścieków komunalnych czy przemysłowych stosuje się powszechnie biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT), chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT), ogólny węgiel organiczny (OWO). Szczegółowa charakterystyka substancji organicznych w ściekach może być osiągnięta przez wyznaczenie frakcji ChZT. Celem badań było wyznaczenie frakcji ChZT oraz ich zmiany w ściekach komunalnych podczas beztlenowego oczyszczania. Efektem zastosowanego beztlenowego procesu oczyszczania ścieków komunalnych była zmiana udziału poszczególnych frakcji ChZT: obniżenie udziału frakcji substancji biologicznie rozkładalnych z 57,0 do 46,4% całkowitego ChZT oraz wzrost udziału związków biologicznie nierozkładalnych z 43,0 do 53,6% całkowitego ChZT dla ścieków z oczyszczalni A oraz obniżenie udziału frakcji substancji biologicznie rozkładalnych z 54,2 do 42,0% całkowitego ChZT oraz wzrost udziału związków biologicznie nierozkładalnych z 45,8 do 58,0% całkowitego ChZT dla ścieków z oczyszczalni B.

Słowa kluczowe: frakcje ChZT, oczyszczanie beztlenowe, substancje biodegradowalne, substancje niebiodegradowalne

Wprowadzenie

Badania fizyczno-chemiczne ścieków wykonywane są najczęściej w celu analizy właściwości ścieków dopływających i odpływających z oczyszczalni, na podstawie których kontroluje i określa się funkcjonowanie oczyszczalni. Do prawidłowej oceny pracy oczyszczalni nie wystarcza tylko określenie podstawowych parametrów (składu) oczyszczanych ścieków wymaganych Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [1], m.in. BZT₅, bowiem oznaczenie BZT ogranicza się jedynie do wyznaczenia ilości substancji łatwo biodegradowalnych. Konieczny jest pomiar ChZT z uwzględnieniem frakcji, który określa również ilość materii rozpuszczonej inertej oraz zawieszonych mogących wpływać niekorzystnie na proces oczyszczania.

Jak podają Łomotowski i Szpindor [2], spośród wszystkich związków organicznych zawartych w ściekach ok. 19,5% jest łatwo rozkładalnych, natomiast ok. 18% nie ulega przemianom biochemicznym. Zawiesinę stanowi ok. 57% ChZT. Koloidy oraz związki rozpuszczalne stanowią po ok. 21,5% składu ścieków bytowo-gospodarczych, czyli w sumie 43% ChZT. Żywe komórki bakteryjne stanowią ok. 20% związków organicznych dla tego rodzaju ścieków, z tego ok. 2% to bakterie autotroficzne, reszta to heterotrofy [2].

¹ Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska, Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, tel. 33 82 79 157, email: l.przywara@ath.bielsko.pl

Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole' 16, Zakopane, 5-8.10.2016

Podstawowy podział ChZT oparty jest na określeniu w ChZT całkowitym frakcji rozkładalnej biologicznie (biodegradowalnej) i frakcji nierozkładalnej biologicznie (niebiodegradowalnej). Kolejny podział określa, jaką część ChZT frakcji biodegradowalnej stanowi frakcja rozpuszczalna (Ss) i frakcja zawieszona (Xs) oraz jaką część ChZT frakcji niebiodegradowalnej stanowią frakcja rozpuszczona (Si) i frakcja zawieszona (Xi) [3].

W celu oczyszczenia ścieków bytowo-gospodarczych można zastosować wszystkie procesy jednostkowe bądź też ich kombinacje. Stosowane są zarówno metody biologiczne, fizykochemiczne, jak i rozwiązania je integrujące. Podstawowym warunkiem możliwości zastosowania oczyszczania biologicznego ścieków jest ich (wysoka) podatność na biodegradację, oceniana w oparciu o wartości ilorazu $BZT_5/ChZT$ [4] lub $ChZT/BZT_5$ [5]. Wartość ilorazu $ChZT/BZT_5$ powyżej 2,5 wskazuje na powolny rozkład i dużą zawartość substancji niebiodegradowalnych, natomiast wartość ilorazu poniżej 1,8 wskazuje na podatność zanieczyszczeń na rozkład biologiczny [5].

Wyróżnić można oczyszczanie biologiczne tlenowe, beztlenowe lub układy beztlenowo tlenowe, które zapewniają usuwanie zanieczyszczeń w różnym stopniu. Oczyszczanie biologiczne tlenowe może być realizowane w komorach osadu czynnego, sekwencyjnych reaktorach porcjowych (SBR - sequencing batch reactors), złożach biologicznych, bioreaktorach membranowych, natomiast beztlenowe, zachodzące w środowisku bakterii anaerobowych, bez dostępu powietrza w osadnikach gnilnych, wydzielonych komorach fermentacyjnych (WKF) [6, 7]. Proces beztlenowy zalecany jest dla ścieków o wyższym stopniu zanieczyszczenia związkami organicznymi ($ChZT > 1000 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$), a tlenowy dla ścieków o niższym stopniu zanieczyszczenia związkami organicznymi ($ChZT < 1000 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$). Przy oczyszczaniu ścieków bytowych zastosowanie beztlenowego oczyszczania przed tlenowym nie jest wskazane, bowiem usunięcie ze ścieków części związków organicznych przyczynia się do pogorszenia stosunków azotu ogólnego N_{og}/BZT_5 i fosforu ogólnego P_{og}/BZT_5 , co niekorzystnie wpływa na efekt usuwania azotu i fosforu ze ścieków [2]. Jednocześnie podczas beztlenowego oczyszczania ścieków w procesie fermentacji następuje częściowy rozkład związków organicznych, prowadzący do powstania prostych związków organicznych, które określa się jako rozpuszczalne związki łatwo biodegradowalne i niebiodegradowalne. Celem prowadzonych badań było określenie wpływu procesu biologicznego oczyszczania prowadzonego w warunkach beztlenowych na zmiany ilościowe i jakościowe substancji organicznych w ściekach wyrażonych za pomocą frakcji ChZT. W badaniach jako podstawową technologię oczyszczania ścieków zastosowano proces fermentacji metanowej prowadzony w warunkach psychrofilowych.

Materiał i metodyka

Celem prowadzonych badań było określenie wpływu procesu biologicznego oczyszczania prowadzonego w warunkach beztlenowych na zmiany ilościowe i jakościowe substancji organicznych w ściekach wyrażonych za pomocą frakcji ChZT. W tym celu oznaczono niezbędne parametry do wyznaczenia następujących frakcji ChZT:

- Ss - ChZT rozpuszczonych związków organicznych biologicznie łatwo rozkładalnych,
- Si - ChZT rozpuszczonych związków organicznych biologicznie nierozkładalnych,

Xs - ChZT nierozpuszczalnych substancji organicznych biologicznie wolno rozkładalnych,

Xi - ChZT nierozpuszczalnych substancji organicznych biologicznie nierozkładalnych.

Dzięki oznaczeniu powyższych frakcji określono $\text{ChZT}_{\text{biodegradowalne}}$ (suma frakcji Ss i Xs), $\text{ChZT}_{\text{niebiodegradowalne}}$ (suma frakcji Si i Xi) oraz ChZT całkowite, będące sumą $\text{ChZT}_{\text{biodegradowalne}}$ i $\text{ChZT}_{\text{niebiodegradowalne}}$. Metodyka oznaczania frakcji została opracowana na podstawie wytycznych ATV-131 [8].

Badania beztlenowego procesu w warunkach psychrofilowych prowadzono w zamkniętym reaktorze o pojemności 12 dm³ i średnicy wewnętrznej 0,01 m, stosując wypełnienie w postaci pierścieni Białeckiego. Zastosowano czas zatrzymania 48 godzin i temp. 20°C.

Do badań zastosowano ścieki rzeczywiste pobrane z dwóch oczyszczalni (oczyszczalnia A i oczyszczalnia B) znajdujących się na terenie województwa śląskiego. Średnia ilość ścieków dopływających do oczyszczalni A kształtuje się na poziomie ok. 32 000 m³/d. Oczyszczalnia oczyszcza średnio około 12 mln m³/rok ścieków bytowych oraz przemysłowych, a Równoważna Liczba Mieszkańców (RLM) aglomeracji wynosi ponad 170 000. Przepustowość oczyszczalni B wynosi 15 000 m³/dobę. Dla oczyszczalni A wykonano dziesięć serii badań, a dla oczyszczalni B trzy serie, polegające na wykonaniu analiz fizyczno-chemicznych ścieków przed i po procesie fermentacji psychrofilowej. W pobranych próbach każdorazowo oznaczono zgodnie z obowiązującą metodyką:

- chemiczne zapotrzebowanie tlenu ChZT - metodą z dwuchromianem potasu według PN-ISO 6060:2006 [9],
- biochemiczne zapotrzebowanie na tlen BZT₅ - metodą manometryczną za pomocą systemu pomiarowego OxiTop Control OC110 firmy WTW.

Odczyn określono pH-metrem firmy WTW inoLab Level2 wyposażonym w elektrodę Sen Tix K1.

Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

Wyniki badań i dyskusja

Charakterystyka ścieków

Zarówno ścieki dopływające do oczyszczalni A, jak i do oczyszczalni B charakteryzują się zróżnicowanymi wartościami wskaźników zanieczyszczeń organicznych określonych jako BZT i ChZT. W okresie prowadzonych badań w ściekach surowych pobranych z oczyszczalni A wartości wskaźników zanieczyszczeń organicznych zmieniały się odpowiednio: ChZT od 502 do 835 mg O₂/dm³, BZT₅ od 250 do 560 mg O₂/dm³. Natomiast ścieki pobrane z oczyszczalni B charakteryzowały się następującymi wartościami wskaźników: ChZT od 899 do 1331 mg O₂/dm³, BZT₅ od 430 do 540 mg O₂/dm³. Średnie ChZT ścieków dopływających do oczyszczalni A było na poziomie ok. 600 mg O₂/dm³, co stanowiło wartość prawie dwukrotnie mniejszą niż uzyskana wartość ChZT w ściekach dopływających do oczyszczalni B. Natomiast średnie BZT₅ ścieków surowych z obu oczyszczalni było na zbliżonym poziomie i wynosiło odpowiednio 523 mg O₂/dm³ dla oczyszczalni A i 503 mg O₂/dm³ dla oczyszczalni B.

Wyznaczony średni stosunek ChZT/BZT₅ dla ścieków surowych z oczyszczalni A wyniósł 1,97. Taka wartość świadczy o obecności w ściekach zanieczyszczeń organicznych

podatnych na rozkład w procesach biochemicznych. W przypadku ścieków pobranych z oczyszczalni B średni stosunek ChZT/BZT₅ wyniósł 2,18, co wskazuje na obecność w ściekach substancji organicznych odpornych na procesy biologicznego rozkładu [5]. Przeprowadzone badania ukazały różnice w wartościach i stężeniach analizowanych parametrów w ściekach oczyszczonych w warunkach beztlenowych. Średnie wartości BZT₅ i ChZT dla ścieków z oczyszczalni A wynosiły odpowiednio 209 i 372 mg O₂/dm³, a dla ścieków z oczyszczalni B - BZT₅ - 300 mg O₂/dm³ i ChZT - 682 mg O₂/dm³. Efektywność usuwania związków organicznych określonych jako BZT₅ w ściekach z oczyszczalni A w procesie fermentacji psychrofilowej średnio wyniosła 34%, a ChZT 36%, natomiast dla ścieków z oczyszczalni B - BZT₅ 40% i ChZT 37%.

Średnie, minimalne i maksymalne wartości stężeń zanieczyszczeń organicznych w ściekach nieoczyszczonych i oczyszczonych w warunkach beztlenowych przedstawiono dla ścieków z oczyszczalni A w tabeli 1, a dla ścieków z oczyszczalni B w tabeli 2.

Wartości ChZT i BZT₅ w ściekach nieoczyszczonych i oczyszczonych z oczyszczalni A

Tabela 1

The values of COD and BOD in wastewater non-treated and treated from treatment plant A

Table 1

Wartość	Analizowane parametry			
	Ścieki nieoczyszczone		Ścieki oczyszczone	
	BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	ChZT [mg O ₂ /dm ³]	BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	ChZT [mg O ₂ /dm ³]
Średnia	523	596	209	372
Minimum	250	502	140	221
Maksimum	560	835	310	504

Wartości ChZT i BZT₅ w ściekach nieoczyszczonych i oczyszczonych z oczyszczalni B

Tabela 2

The values of COD and BOD in wastewater non-treated and treated from treatment plant B

Table 2

Wartość	Analizowane parametry			
	Ścieki nieoczyszczone		Ścieki oczyszczone	
	BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	ChZT [mg O ₂ /dm ³]	BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	ChZT [mg O ₂ /dm ³]
Średnia	503	1092	300	682
Minimum	430	899	240	576
Maksimum	540	1331	340	759

Uzyskane wyniki analiz wskaźników zanieczyszczeń potwierdzają, że skład ścieków komunalnych jest zróżnicowany i zależy od charakteru czy wielkości aglomeracji oraz udziału ścieków przemysłowych [3]. Tak zróżnicowany skład ścieków ma istotny wpływ na zawartość poszczególnych frakcji ChZT.

Zmiany udziału poszczególnych frakcji ChZT - oczyszczalnia A

Na podstawie uzyskanych wyników ChZT i BZT₅ obliczono zgodnie z podaną metodyką [8] frakcje organiczne występujące w badanych ściekach. W tabeli 3

przedstawiono wyznaczone w badaniach wartości frakcji ChZT w ściekach z oczyszczalni A, a w tabeli 4 ich udział procentowy.

Wartości frakcji ChZT w ściekach z oczyszczalni A

Tabela 3

The values of COD fractions in wastewater from treatment plant A

Table 3

Frakcje ChZT	Seria									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Xs [mg O ₂ /dm ³]	253	348	199	310	166	471	524	671	301	532
Xi [mg O ₂ /dm ³]	84	116	66	103	55	157	174	223	100	177
Ss [mg O ₂ /dm ³]	180	85	217	156	117	95	176	262	315	34
Si [mg O ₂ /dm ³]	346	384	266	384	144	243	248	243	186	306

Procentowy udział frakcji ChZT w ściekach z oczyszczalni A

Tabela 4

Percentage share of COD fractions in wastewater from treatment plant A

Table 4

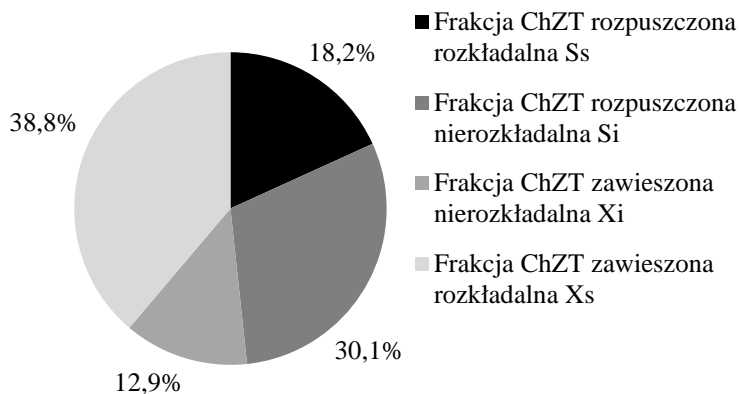
Frakcje ChZT	Seria									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Xs [%]	29	37	27	33	34	49	47	48	35	51
Xi [%]	10	12	9	11	12	16	16	16	11	17
Ss [%]	21	10	28	16	24	10	16	19	33	3
Si [%]	40	41	36	40	30	25	22	17	21	29

W badanych ściekach pobranych z oczyszczalni A frakcje biologicznie rozkładalne (Ss i Xs) stanowiły od 47 do 68%, z czego na frakcje Xs przypadało od 27 do 51%, średnio 38,8%. W analizowanym okresie badań można wyodrębnić ścieki z dominującym udziałem frakcji rozpuszczalnej nieulegającej rozkładowi Si (serie 1-4) w zakresie od 36 do 41%, co uzyskali również w swoich badaniach Dąbrowski i Puchlik [10], oraz ścieki z dominującym udziałem frakcji związków wolno rozkładalnych Xs (serie 5-10) w zakresie od 33 do 51%, co koresponduje z wynikami prezentowanymi w literaturze [11-14].

Zanieczyszczenia wchodzące w skład frakcji Si mogą pochodzić ze specyficznych ścieków przemysłowych, ale również z pochodnych ubocznych produktów przemian mikrobiologicznych. Mogą również powstawać w procesie hydrolizy frakcji Xs [15, 16].

W analizowanym przypadku na udział poszczególnych frakcji ChZT w ściekach dla serii 1-4 z dominującą frakcją Si miał wpływ zwiększony dopływ specyficznych ścieków przemysłowych.

Ze względu na duże różnice w wartościach procentowych udziałów poszczególnych frakcji w ściekach analizowanych dla każdej serii badań określone zostały średnie wartości udziału frakcji, które przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Średni procentowy udział frakcji ChZT w ściekach z oczyszczalni A

Fig. 1. The average values of percentage of COD fractions in wastewater from treatment plant A

W tabelach 5 i 6 przedstawiono odpowiednio wartości frakcji ChZT w ściekach oczyszczonych w warunkach beztlenowych i ich procentowy udział.

Tabela 5
Wartości frakcji ChZT w ściekach z oczyszczalni A po procesie beztlenowym

Tabela 5

The values of COD fractions in wastewater from treatment plant A after anaerobic treatment

Table 5

Frakcje ChZT	Seria									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Xs [mg O ₂ /dm ³]	250	266	233	384	233	294	433	500	516	316
Xi [mg O ₂ /dm ³]	83	89	78	127	78	96	144	167	172	105
Ss [mg O ₂ /dm ³]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Si [mg O ₂ /dm ³]	346	384	266	384	144	243	248	243	186	306

Tabela 6
Procentowy udział frakcji ChZT w ściekach z oczyszczalni A po procesie beztlenowym

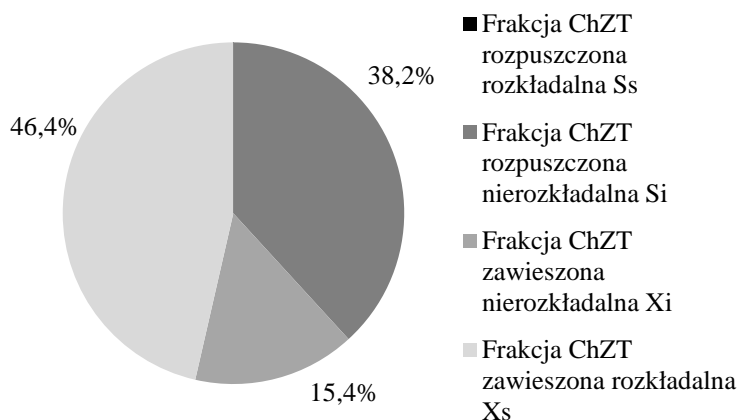
Tabela 6

Percentage share of COD fractions in wastewater from treatment plant A after anaerobic treatment

Table 6

Frakcje ChZT	Seria									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Xs [%]	37	37	40	43	51	47	53	55	59	44
Xi [%]	12	12	14	14	17	15	17	18	20	15
Ss [%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Si [%]	51	51	46	43	32	38	30	27	21	41

Po oczyszczaniu beztlenowym zaobserwowano wzrost udziału frakcji związków organicznych rozpuszczonych biologicznie nierozkładalnych Si średnio z 30,1 do 38,2% oraz biologicznie wolno rozkładalnych Xi z 12,9 do 15,4% i rozkładalnych Xs z 38,8% do ponad 46%. Średni procentowy udział wyznaczonych frakcji ChZT w ściekach oczyszczonych w warunkach beztlenowych przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Średni procentowy udział frakcji ChZT w ściekach po beztlenowym oczyszczaniu

Fig. 2. The average values of percentage of COD fractions in wastewater after anaerobic treatment

Zmiany udziału poszczególnych frakcji ChZT - oczyszczalnia B

Wyznaczone w badaniach wartości frakcji ChZT w ściekach pobranych z oczyszczalni B i ich procentowy udział przedstawiono w tabeli 7, a po beztlenowym oczyszczaniu w tabeli 8. Natomiast średni procentowy udział wyznaczonych frakcji ChZT w ściekach oczyszczanych i oczyszczonych przedstawiono odpowiednio na rysunkach 3 i 4.

Wartości frakcji ChZT oraz ich procentowy udział w ściekach z oczyszczalni B

Tabela 7

Table 7

The values of COD fractions and their percentage share in wastewater from treatment plant B

Frakcje ChZT	Seria					
	1		2		3	
	[mg O ₂ /dm ³]	[%]	[mg O ₂ /dm ³]	[%]	[mg O ₂ /dm ³]	[%]
Xs	631	39	525	33	329	27
Xi	210	13	175	11	122	10
Ss	269	17	364	23	292	24
Si	514	31	520	33	475	39

Tabela 8

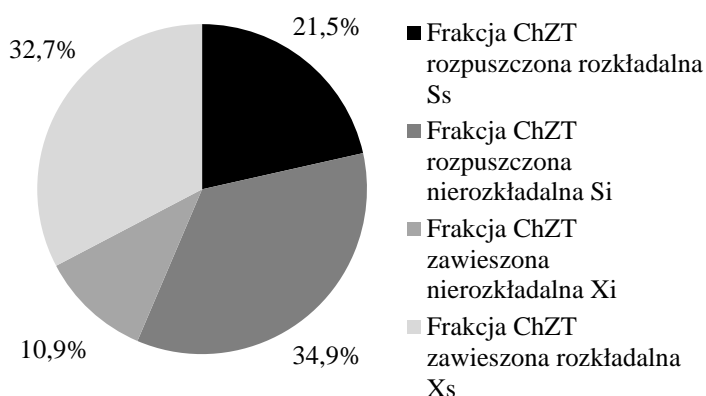
Wartości frakcji ChZT oraz ich procentowy udział w ściekach z oczyszczalni B po procesie beztlenowym

Table 8

The values of COD fractions and their percentage share in wastewater from treatment plant B after anaerobic treatment

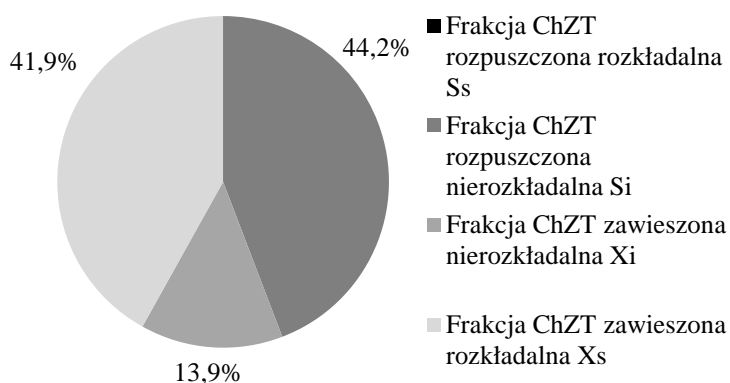
Frakcje ChZT	Seria					
	1		2		3	
	[mg O ₂ /dm ³]	[%]	[mg O ₂ /dm ³]	[%]	[mg O ₂ /dm ³]	[%]
Xs	400	38	566	44	533	43
Xi	133	13	188	15	177	15
Ss	0	0	0	0	0	0
Si	514	49	520	41	530	42

Ze względu na ilość wykonanych serii badań analizę zmiany udziału poszczególnych frakcji ChZT w ściekach pobranych z oczyszczalni B i oczyszczonych w warunkach beztlenowych oparto o wartości średnie. Stwierdzono, że w badanych ściekach z oczyszczalni B frakcja związków organicznych rozpuszczonych biologicznie łatwo rozkładalnych była średnio na poziomie 21,5%. Frakcje biologicznie rozkładalne (Ss i Xs) stanowiły od 51 do 56%. Po oczyszczaniu beztlenowym zaobserwowano wzrost udziału frakcji nierozpuszczonej (Xs i Xi) średnio z 43,6 do 55,8%, a frakcji związków organicznych rozpuszczonych biologicznie nierozkładalnych Si z 34,9 do 44,2%. Zmiany udziału frakcji Xi wynikają z hydrolizy frakcji cząsteczkowej wolno biodegradowalnej [16]. W ściekach oczyszczonych frakcje inertne (Si i Xi) stanowiły średnio 58,1%.



Rys. 3. Średni procentowy udział frakcji ChZT w ściekach z oczyszczalni B

Fig. 3. The average values of percentage of COD fractions in wastewater from treatment plant B



Rys. 4. Średni procentowy udział frakcji ChZT w ściekach po beztlenowym oczyszczaniu

Fig. 4. The average values of percentage of COD fractions in wastewater after anaerobic treatment

Jak już wcześniej wspomniano, udziały procentowe frakcji ChZT ścieków komunalnych zależą od wielkości jednostki osadniczej, jaką obsługuje oczyszczalnia. Ścieki dopływające do obiektów o większej przepustowości charakteryzują się mniejszym udziałem substancji rozpuszczonych łatwo biodegradowalnych (Ss) i większym udziałem substancji nierozkładalnych Xi [8], co zostało potwierdzone w badaniach. W ściekach z oczyszczalni A o przepływie 32 tys. m³/d stwierdzono udział frakcji Ss na poziomie 18,2%, a frakcji Xi 12,9%, natomiast dla oczyszczalni B o przepływie 15 tys. m³/d frakcje Ss i Xi kształtowały się odpowiednio na poziomie 21,5 i 10,9%. Na taki udział frakcji w ściekach komunalnych w większych jednostkach osadniczych ma wpływ dłuższy czas retencji ścieków w systemach kanalizacyjnych oraz udział ścieków przemysłowych [8].

Wnioski

1. W ściekach surowych z oczyszczalni A średnio 57% ChZT całkowitego stanowiły frakcje biologicznie rozkładalne Xs i Ss, a dla ścieków z oczyszczalni B średnio 54,2%.
2. Znaczące udziały frakcji Xs i Si odpowiednio na poziomie 46,4 i 38,2% stwierdzono w ściekach oczyszczonych z oczyszczalni A, a 41,9 i 44,2% dla ścieków oczyszczonych z oczyszczalni B.
3. Oczyszczanie beztlenowe w warunkach psychrofilowych przyczyniło się w największym stopniu do zwiększenia procentowego udziału frakcji Si i Xs. Frakcja Si w ściekach surowych oczyszczalni A stanowiła średnio 30,1%, a w ściekach oczyszczonych 38,2%, natomiast w ściekach z oczyszczalni B 34,9%, a w oczyszczonych 44,2%.
4. Udziały procentowe frakcji nierozkładalnej Xi w ściekach oczyszczonych w warunkach beztlenowych na poziomie 15,4% dla ścieków z oczyszczalni A i 13,9% dla ścieków z oczyszczalni B świadczą o wbudowywaniu w kłaczki osadu.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. <http://www.infor.pl/akt-prawny/DZU.2006.137.0000984>.
- [2] Łomotowski J, Szpindor A. Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków. Warszawa: Wydawnictwo Arkady; 2002.
- [3] Struk-Sokołowska J, Wiater J, Rodziewicz J. Charakterystyka związków organicznych w ściekach na podstawie frakcji ChZT. *Gaz Woda Techn. Sanit.* 2016;3:92-98. DOI: 10.15199/17.2016.3.3.
- [4] Smyk J, Ignatowicz K. Cod fractions changes during sewage treatment with constructed wetland. *J Ecol Eng.* 2015;16:21-26. DOI: 10.12911/22998993/2804.
- [5] Jin XL, Jing M, Chen X, Zhuang ZX, Wang XR, Lee FS. A study on the relationship between BOD(5) and COD in a coastal seawater environment with a rapid BOD measurement system. *Water Sci Technol.* 2010;61(6):1499-503. DOI: 10.2166/wst.2010.810.
- [6] Moretti Ch, Das D, Kistner B, Gullicks H, Hung Y. Activated sludge and other aerobic suspended culture processes. *Water.* 2011;3:806-818. DOI: 10.3390/w3030806.
- [7] Foresti E, Zaiat M, Vallero M. Anaerobic processes as the core technology for sustainable domestic wastewater treatment: Consolidated applications, new trends, perspectives, and challenges. *Rev Environ Sci Biotechnol.* 2006;5:3-19. DOI: 10.1007/s11157-005-4630-9.
- [8] Wytyczne ATV-131. Wymiarowanie jednostopniowych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym. Warszawa: Wyd Seidel-Przywecki; 2000.

- [9] Polska Norma PN-ISO 6060:2006. Jakość wody - oznaczanie chemicznego zapotrzebowania tlenu. <http://sklep.pkn.pl/pn-iso-6060-2006p.html>.
- [10] Dąbrowski W, Puchlik M. Udział frakcji ChZT w ściekach mleczarskich w oczyszczalni stosującej intensywne usuwanie związków węgla azotu i fosforu. *Rocznik Ochr Środ.* 2010;12:735-746. http://www.old.ros.edu.pl/text/pp_2010_041.pdf.
- [11] Myszograj S, Sadecka Z. Frakcje ChZT w procesach mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków na przykładzie oczyszczalni ścieków w Sulechowie. *Rocznik Ochr Środ.* 2004;6:233-244. http://ros.edu.pl/images/roczniki/archive/pp_2011_071.pdf.
- [12] Zdebik D, Głodniok M. Wyniki badań podatności ścieków na rozkład biologiczny - frakcje ChZT na przykładzie oczyszczalni ścieków w Rybniku. *Prace Nauk GIG, Górnictwo Środ.* 2010;4:97-114. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BSL9-0046-0023>.
- [13] Sadecka Z, Płuciennik-Koropcuk E. Frakcje ChZT ścieków w mechaniczno-biologicznej oczyszczalni. *Rocznik Ochr Środ.* 2011;13:1157-1172. http://ros.edu.pl/images/roczniki/archive/pp_2011_071.pdf.
- [14] Struk-Sokołowska J. Wpływ ścieków mleczarskich na frakcje ChZT ścieków komunalnych. *Inż Ekolog.* 2011;24:130-144. <http://www.archive.ineko.net.pl/pdf/24/13.pdf>.
- [15] Smyk J, Ignatowicz K. Analiza frakcji ChZT w procesach mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków. *Inż Ekolog.* 2015;45:21-26. DOI: 12912/23920629/60590.
- [16] Sadecka Z, Płuciennik-Koropcuk E, Sieciechowicz A. Frakcje ChZT ścieków w modelach biokinetycznych. *Forum Eksploatatora* 2011;54(3):72-77. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPC1-0005-0023>.

COD FRACTIONS CHANGES OF MUNICIPAL SEWAGE DURING ANAEROBIC TREATMENT

Institute of Environmental Protection and Engineering, University of Bielsko-Biala

Abstract: The optimization of sewage treatment biological processes requires increasing amount of information concerning the composition of treated sewage. Biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD) and total organic carbon (TOC) are traditionally used to characterize organic matter in wastewater. Detailed characteristics of organic substances in wastewater can be achieved by determining COD fractions. The aim of this study was to determine COD fractions, and their changes in the municipal sewage during anaerobic treatment. The effect of anaerobic treatment of municipal sewage was the change of COD fractions share, i.e.: decrease in the proportion of biodegradable fraction from 57 to 46% of the total COD and increase in the proportion of biologically decomposable fraction from 43 to 54% of the total COD for wastewater treatment plant A. For wastewater treatment plant B, decrease in the proportion of biodegradable fraction from 54 to 42% of the total COD and increase in the proportion of biologically decomposable fraction from 46 to 58% of the total COD, occur or was observed.

Keywords: COD fractions, anaerobic treatment, biodegradable matter, non-biodegradable matter