

BADANIA DOBOWEJ I SEZONOWEJ ZMIENNOŚCI SKŁADU ŚCIEKÓW MLECZARSKICH

Joanna Struk-Sokołowska¹

¹ Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, 15-351 Białystok, ul. Wiejska 45E, e-mail: j.struk@pb.edu.pl

STRESZCZENIE

Celem badań było wykazanie zmienności składu ścieków mleczarskich, dopływających do oczyszczalni komunalnej w ciągu doby oraz w różnych porach roku. Analizom poddano ścieki z zakładu przetwórstwa mleka zlokalizowanego w Polsce północno-wschodniej. Określono charakterystykę produkcji zakładu przetwórstwa mleka, odprowadzającego ścieki mleczarskie do oczyszczalni komunalnej oraz ilości i ładunki ścieków mleczarskich i komunalnych. Analizy składu ścieków mleczarskich dokonywano w czerwcu oraz listopadzie 2014 roku. W każdym miesiącu wykonano 4 serie pomiarowe. Próbkę ścieków mleczarskich podlegały analizom 8 razy w ciągu doby. Na podstawie wyników badań wyznaczono zależności pomiędzy wskaźnikami zanieczyszczeń organicznych oraz biogennych. Uzyskane wyniki porównano z podanymi w literaturze. Ścieki mleczarskie z Olecka charakteryzują się dużą zmiennością składu w ciągu doby, co może negatywnie oddziaływać na proces oczyszczania w oczyszczalni komunalnej. Stwierdzono różnice w ilości związków organicznych w ściekach mleczarskich w okresie letnim i jesiennym. Zdecydowanie wyższymi wartościami wskaźników BZT₅ i ChZT charakteryzowały się ścieki w okresie wegetacyjnym.

Słowa kluczowe: ścieki mleczarskie, ładunek zanieczyszczeń, oczyszczanie ścieków, oczyszczalnia komunalna.

RESEARCH OF DAILY AND SEASONAL VARIABILITY OF DAIRY WASTEWATER COMPOSITION

ABSTRACT

Purpose of the study was to demonstrate the variability of dairy wastewater flowing into municipal WWTP per day and in different seasons. Research was carried out on effluent from Olecko milk processing plant located in north-eastern Poland. Characteristics of milk processing plant sewage discharge to the municipal treatment plant and the amount and loads of dairy and municipal wastewater was presented. The analysis of the qualitative composition of dairy wastewater was carried out in June and November 2014 year. Every month 4 series of measurements were performed and dairy effluent samples were analyzed 8 times a day. Based on the test results the relationship between indicators of organic pollutants and nutrients was determined. The results were compared with those presented in literature. Dairy wastewater from Olecko is characterized by varying composition during the day, which may negatively affect the purification process of municipal wastewater. There were differences in the amount of organic compounds in the dairy wastewater in summer and autumn. Significantly higher values of BOD₅ and COD indicators were found in the sewage during the vegetation season.

Keywords: dairy wastewater, pollutant load, wastewater treatment, municipal wastewater treatment plant.

WSTĘP

Przemysł mleczarski jest jedną z ważniejszych gałęzi gospodarki. Polska zajmuje obecnie 14 miejsce na świecie i 4 miejsce w Unii Europejskiej pod względem produkcji mleka [Rynek Mleka 2015, www.strefabiznesu.polskatimes.pl].

Na przestrzeni lat 2005–2014 produkcja w tym przemyśle w Polsce zwiększyła się z 11920 mln. litrów do 13049 mln. litrów. Uwarunkowania przyrodnicze i względy ekonomiczne powodują, że zakłady produkcji mleka i jego przetworów zlokalizowane są w Polsce centralnej i wschodniej. Na tym obszarze produkcja mleka w przeli-

czeniu na powierzchnię użytków rolnych jest największa w kraju. Zniesienie systemu limitowania produkcji mleka (tzw. kwot mlecznych), poprawa opłacalności, wzrost wydajności, koncentracja i głęboka specjalizacja produkcji rolniczej prowadzą do dalszego wzrostu produkcji i przetwórstwa mleka [Seremek-Bulge 2015].

Ilość powstających ścieków mleczarskich charakteryzuje się dużą zmiennością sezonową, około 20% wzrostem w miesiącach wiosennych i letnich. Dodatkowe wahania dotyczą zmienności dobowej i godzinowej, uzależnionej od wielkości, profilu produkcji i wielozmianowości zakładu przetwórstwa mleka. Na świecie obserwuje się tendencję spadkową ilości powstających ścieków mleczarskich na jednostkę produkcji, co jest związane m. in. z ciągłym rozwijaniem automatyzacji linii produkcyjnych, wprowadzeniem systemów mycia Cleaning in Place (CIP) i recyklingiem strumieni wody z płukania. Zmniejszenie ilości ścieków mleczarskich wynikające ze spadku ilości zużywanej wody, wiąże się ze wzrostem ładunku zanieczyszczeń. Ścieki mleczarskie mogą być odprowadzane do oczyszczalni zakładowej. Sytuacja taka ma miejsce w przypadku największych zakładów przetwórstwa mleka. Natomiast ze średnich i mniejszych mleczarni ścieki odprowadzane są najczęściej do oczyszczalni komunalnych. Mogą one tam trafiać bezpośrednio z zakładu przetwórstwa mleka (czyli bez podczyszczenia i uśrednienia składu) lub po procesach podczyszczenia z zastosowaniem wstępnego napowietrzania, neutralizacji czy flotacji. Sezonowa i dobową nierównomierność dopływającego wraz ze ściekami mleczarskimi ładunku zanieczyszczeń może być problemem dla oczyszczalni komunalnych [Dąbrowski 2014, Struk-Sokołowska 2011, 2015].

Celem badań było określenie różnic składu ścieków mleczarskich w ciągu doby oraz ich zmienności sezonowej, jak również wyznaczenie proporcji pomiędzy wskaźnikami zanieczyszczeń w tych ściekach, świadczących o zdolności składników organicznych do biologicznego rozkładu.

CHARAKTERYSTYKA ŚCIEKÓW MLECZARKICH

Ścieki mleczarskie charakteryzują się wysoką zawartością substancji organicznych. W ich skład wchodzi tłuszcz rozpuszczony i skrzepiony (glicerol, trójglicerydy), cukry (laktoza) oraz białka (kazeina) w formie koloidalnej i w postaci

skrzepu. Udziały tych substancji mogą być zróżnicowane i zależą od profilu produkcji zakładu przetwórstwa mleka [Demirel i in. 2005; Janczukowicz i in., 2008; Neczaj i in., 2008; Tawfik i in., 2008; Mehrdadi i in. 2012; Struk-Sokołowska i Ignatowicz, 2013]. Duża ilość fosforu w ściekach powoduje, że oczyszczalnie ścieków mleczarskich muszą stosować jego chemiczne strącanie. Ilość azotu amonowego jest natomiast niższa niż w ściekach komunalnych [Dąbrowski i Puchlik 2010]. Azot w ściekach mleczarskich występuje w postaci azotu organicznego (białka, mocznik, kwasy nukleinowe) i jonów NH_4^+ , NO_2^- i NO_3^- , a jego głównym źródłem są białka mleka [Rodriguez i in. 2007].

W ściekach mleczarskich znajdują się również związki używane do mycia aparatury i instalacji. Do tego celu wykorzystywane są środki zawierające NaOH , Na_2CO_3 , HNO_3 , H_3PO_4 [Janczukowicz i in. 2008; Bartkiewicz i Umiejewska 2010]. Nowoczesne środki czyszczące i dezynfekujące są łatwo biodegradowalne, a ścieki z mycia aparatury i rurociągów są bardziej podatne na biologiczny rozkład niż powstające w innych liniach technologicznych w zakładzie przetwórstwa mleka. Wartość pH ścieków mleczarskich waha się od 4,0 do 12,0. Ścieki charakteryzują się także dużą zmiennością temperatury. Są to istotne czynniki wpływające na proces biologicznego oczyszczania. Kwaśne i zasadowe ścieki mleczarskie negatywnie oddziałują na ścieki komunalne.

Produktem ubocznym w przemyśle mleczarskim jest serwatka. Zawiera ona laktozę, białka, związki wapnia i fosforu, kwasy organiczne oraz witaminy. W zależności od metody wytrącania białek z mleka oraz technologii produkcji zakłady mleczarskie wytwarzają dwa typy serwatki: podpuszczkową (słodką pH 5,2–6,7) przy produkcji serów dojrzewających i kwaśną (pH 3,8–4,6) z produkcji twarogów. Dzięki upowszechnieniu technik separacji membranowej z serwatki odzyskiwane są wartościowe substancje. W Polsce i w większości krajów jest ona suszona. Przetwórnictwo mleka, które nie posiadają proszkowni sprzedają ją innym zakładom. Serwatka nie jest odprowadzana do ścieków tylko traktowana jako surowiec do produkcji artykułów spożywczych, farmaceutycznych lub komponentów paszowych. Możliwe jest także zasilanie nią reaktorów do beztlenowej przeróbki osadów. Pojawienie się serwatki w sieci kanalizacyjnej znacznie zwiększa ładunek zanieczyszczeń znajdujących się w ściekach [Wojnicz 2009]. Charakterystykę ścieków mle-

Tabela 1. Charakterystyka ścieków z zakładów przetwórstwa mleka**Table 1.** Characteristics of wastewater from milk processing plants

BZT ₅	ChZT	ChZT/BZT ₅	Nog	Pog	Źródło
[mg O ₂ ·dm ⁻³]	[-]	[mg n·dm ⁻³]		[mg p·dm ⁻³]	
565–5722	785–7619	1,39–13,48	14–140	29–181	Danalewicz i in. 1998
1856	2855	1,55	91	71	
–	1150–9200	–	14–272	8–68	Demirel i in. 2005
4000–5000	6000–7500	1,2–1,88	80	25	Neczaj i in. 2008
451–5786	–	–	160	2–3	Anielak 2008
1748	4442	2,54	–	–	Janczukowicz i in. 2008
1941	3383	1,74	51	22	Tawfik i in. 2008
882	1632	1,85	–	–	Munavalli i Saler 2009
1683	3642	2,16	302	12	Bartkiewicz i Umiejewska 2010
2000–2900	1700–4000	–	21–49	2–4	Kaewsuk i in. 2010
1225	2520	2,06	183	32	Ayeche 2012
1450	2600	1,79	100	75	Mehrdadi i in. 2012
11000	13050	1,19	69	13	Amini i in. 2013
2200	3500	1,59	120	–	Mutamim i in. 2013
1012–2694	1624–4372	–	–	6–47	Dąbrowski 2014
1120	2938	2,62	49,8	–	Andrade i in. 2014

czarskich podano w tabeli 1, gdzie zestawiono dane literaturowe z lat 1998–2014.

Oczyszczanie biologiczne ścieków mleczarskich jest wysokoefektywne ze względu na znaczący udział substancji łatwo biodegradowalnych [Janczukowicz i in. 2008; Munavalli i Saler 2009; Ayeche 2012; Mutamim i in. 2013]. Zawierają one związki niezbędne do wzrostu mikroorganizmów podczas oczyszczania tlenowego.

MATERIAŁ ORAZ METODY

Materiał do badań stanowiły ścieki mleczarskie pobierane z Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej w Olecku. W ostatnich latach w zakładzie zrealizowano inwestycje, mające na celu dostosowanie produkcji i warunków przetwórstwa mleka do wymogów Unii Europejskiej. Należą do nich m. in. oddanie do użytku urządzeń do zagęszczania serwatki w 2004 roku, wymiana całej instalacji chłodniczej w 2005 roku, wybudowanie i wyposażenie działu solowni w 2011 roku (www.osmolecko.pl). Wiodącym produktem Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej w Olecku są sery typu holenderskiego. Produkowane są także masło, mleko spożywcze, twaróg, śmietana, maślanka i cukierki krówki.

Badania prowadzono w czerwcu i listopadzie 2014 roku w celu określenia zmienności sezonowej składu ścieków. Próbkę zmieszanych ścieków

mleczarskich pobierano co 2 godziny (od 7:00 do 21:00). W każdym miesiącu wykonano 4 serie pomiarowe. Przedstawione wartości stanowią średnią z uzyskanych wyników.

W zakładzie, gdzie powstają ścieki mleczarskie ustalono ilość przerabianego mleka, wskaźnik ilości ścieków mleczarskich na jednostkę produkcji, profil produkcji, sposób i miejsce odprowadzania ścieków mleczarskich. W oczyszczalni ścieków, do której odprowadzane są ścieki z omawianego zakładu mleczarskiego określono objętościowy udział ścieków mleczarskich w ściekach komunalnych, ładunek BZT₅ i ChZT ścieków mleczarskich oraz udział ładunku BZT₅ i ChZT ścieków mleczarskich w ściekach komunalnych.

Zakres analiz wykonanych w próbkach ścieków mleczarskich obejmował BZT₅, ChZT_{Cr}, Nog, N-NH₄⁺, Pog i zawiesiny ogólne. Badania wykonano zgodnie z polskimi normami.

Na podstawie wyników badań obliczono zmiany zależności pomiędzy wskaźnikami zanieczyszczeń organicznych i biogenych w ściekach mleczarskich w ciągu doby.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Wytypowany do badań zakład przetwórstwa mleka przetwarza 100 m³·d⁻¹ surowca. W anali-

zowanym zakładzie wskaźnik ilości ścieków na jednostkę produkcji wynosił $5,1 \text{ m}^3/\text{m}^3$ przerebionego mleka i był zbliżony do podanego przez Dąbrowskiego [2014]. Ścieki z zakładu mleczarskiego odprowadzane są do oczyszczalni komunalnej.

Średnie przepływy oraz ładunki BZT_5 i ChZT , objętościowy udział ścieków mleczarskich w ściekach komunalnych dopływających do oczyszczalni w Olecku według danych eksploatacyjnych z okresu 2011–2014 podano w tabeli 2.

Zmiany ilości związków organicznych (wyrażonych parametrami BZT_5 i ChZT) oraz zawiesin ogólnych w ciągu doby w ściekach mleczarskich dopływających do oczyszczalni w Olecku w czerwcu przedstawiono na rys. 1, natomiast w listopadzie na rysunku 2.

Ścieki mleczarskie dopływające do oczyszczalni komunalnej w Olecku w listopadzie zawierały zdecydowanie mniej związków organicznych (rys. 1, 2). Może to wynikać z wyższej zawartości tłuszczu w mleku w okresie letnim. Podobną zależność stwierdzono w przypadku zawiesin ogólnych. Średnia wartość BZT_5 w ściekach mleczarskich w czerwcu wynosiła $706,5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, podczas gdy w listopadzie zaledwie $179,1 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. Wartość BZT_5 ścieków mleczarskich określona w czerwcu mieściła się w zakresach podanych przez Danalewicha i in. [1998] i Anielak [2008].

Średnia wartość ChZT w ściekach mleczarskich w czerwcu wynosiła $2135,4 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ i

była zbliżona do podanych przez Danalewicha i in. [1998], Demirel'a i in. [2005], Munavalli'ego i Salera'a [2009], Kaewsuk'a i in. [2010]. Natomiast średnia wartość ChZT ścieków mleczarskich w listopadzie ($498,1 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$) była zdecydowanie niższa od prezentowanej w literaturze (tab. 1). Średnie stężenie zawiesin ogólnych w ściekach mleczarskich w czerwcu ($247,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) było blisko trzykrotnie wyższe niż w listopadzie ($94,7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Najwyższe stężenie BZT_5 ($1380 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$) odnotowano w ściekach mleczarskich pobranych w czerwcu. Dąbrowski [2014] podaje, że ilość materii organicznej wyrażonej w BZT_5 w ściekach dopływających do 10 oczyszczalni mleczarskich w Polsce północno-wschodniej wynosiła od $1011,6 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ w Bielsku Podlaskim do $2694,4 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ w Wysokiem Mazowieckiem. Wartości te zależą przede wszystkim od profilu produkcji zakładu przetwórstwa mleka oraz ilości zmian w ciągu doby. Ilość związków organicznych wyrażonych przez ChZT w ściekach mleczarskich wahała się od 218 (w listopadzie) do $3100 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ (w czerwcu). Według danych literaturowych wartość ChZT w ściekach mleczarskich wynosiła od $1623,9 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ w Sejnach do $4371,6 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ w Wysokiem Mazowieckiem [Dąbrowski, 2014]. Podobnie jak w przypadku BZT_5 , wartość ChZT w ściekach mleczarskich zależy przede wszystkim od profilu produkcji zakładu przetwórstwa mleka.

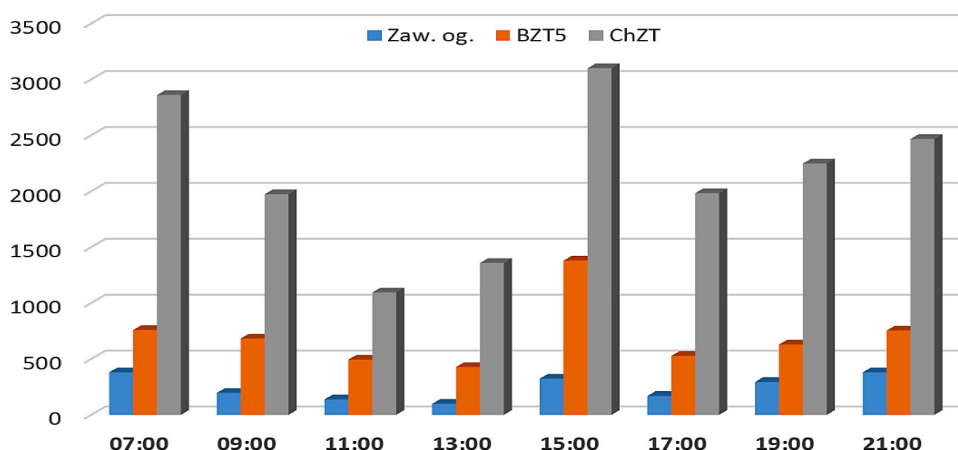
Na podstawie wyników badań obliczono zmiany zależności pomiędzy BZT_5 i ChZT w ściekach mleczarskich w ciągu doby w czerwcu i listopadzie (rys. 3).

Podatność związków organicznych zawartych w ściekach mleczarskich na rozkład biologiczny oceniono na podstawie wartości ilorazu ChZT/BZT_5 . Porównując uzyskane na podstawie badań wartości ilorazu z danymi literaturowymi [Klimiuk i Łebkowska 2008, Dymaczewski 2011] należy stwierdzić, że ścieki mleczarskie z OSM w Olecku nie należą do łatwo biodegradowalnych (iloraz ChZT/BZT_5 poniżej 2), ani nawet do średnio biodegradowalnych (iloraz ChZT/BZT_5 od 2 do 2,5). Ścieki te należy zaliczyć do wolno biodegradowalnych (iloraz ChZT/BZT_5 od 2,5 do 5). Dane literaturowe dotyczące podatności ścieków mleczarskich na biologiczny rozkład jednoznacznie klasyfikują je jako łatwo biodegradowalne [Struk-Sokołowska 2015]. Należy stwierdzić, iż ocena podatności związków organicznych w ściekach na podstawie ilorazu ChZT/BZT_5 nie jest doskonała i

Tabela 2. Ilości i udziały ładunku zanieczyszczeń ścieków mleczarskich w komunalnej oczyszczalni ścieków w Olecku [Dane oczyszczalni ścieków w Olecku]

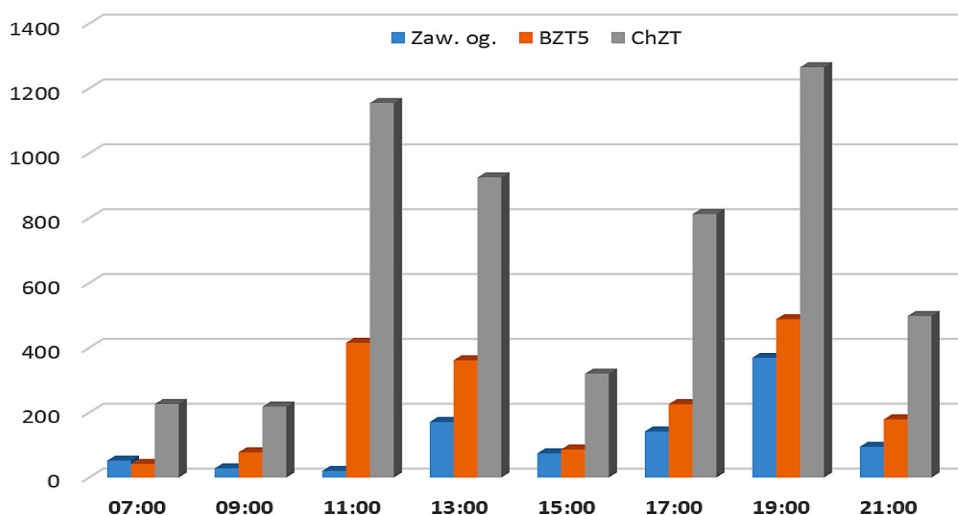
Table 2. Amount and share of pollution load of dairy wastewater in municipal wastewater treatment plant in Olecko

Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
Q_{dmax}	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	5870
$Q_{\text{dśr}}$	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	3000
$Q_{\text{dśr}}$ nieczystości ciekłe	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	16
RLM	–	31800
$Q_{\text{dśr}}$ mleczarskie	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	510
Udział objętościowy ścieków mleczarskich w ściekach komunalnych	%	17
Udział ładunku BZT_5 ścieków mleczarskich w ściekach komunalnych	%	19
Udział ładunku ChZT ścieków mleczarskich w ściekach komunalnych	%	21



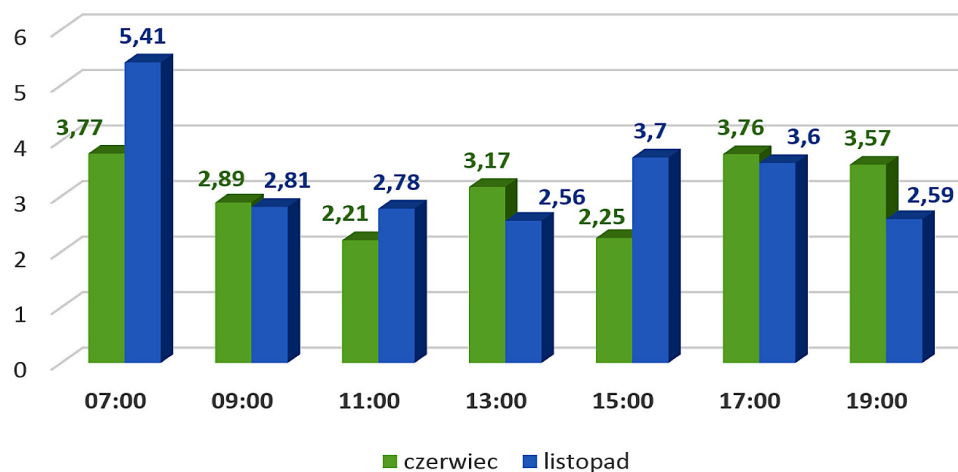
Rys. 1. Zmiany ilości związków organicznych i zawiesin ogólnych w ściekach mleczarskich z Olecka w ciągu doby w czerwcu

Fig. 1. Changes in the quantity of organic compounds and suspended solids in dairy wastewater from Olecko per day in June



Rys. 2. Zmiany ilości związków organicznych i zawiesin ogólnych w ściekach mleczarskich z Olecka w ciągu doby w listopadzie

Fig. 2. Changes in the quantity of organic compounds and suspended solids in dairy wastewater from Olecko per day in November



Rys. 3. Zmiany ilorazu ChZT/BZT₅ w ściekach mleczarskich
Fig 3. Changes in ratio ChZT/BZT₅ in dairy wastewater

należy w tym celu wykorzystywać inne, bardziej zaawansowane metody np.: frakcjonowania materii organicznej za pomocą ChZT.

Zmiany ilości związków biogenych w ciągu doby w ściekach mleczarskich dopływających do oczyszczalni w Olecku z uwzględnieniem różnych pór roku przedstawiono na rysunkach 4 i 5.

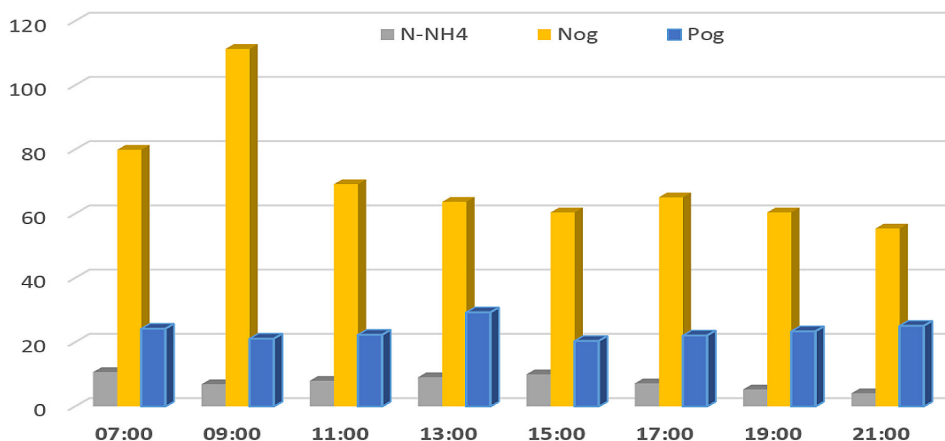
Ścieki mleczarskie dopływające do oczyszczalni komunalnej w Olecku w okresie letnim zawierały zdecydowanie więcej związków biogenych od ścieków analizowanych w okresie jesiennym. Największe różnice stwierdzono w przypadku azotu ogólnego. Średnie stężenie tej formy azotu w ściekach w czerwcu wynosiło $70,7 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ (maks. $111,3 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$, min. $55,4 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$), natomiast w listopadzie $53,6 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ (maks. $65,9 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$, min. $44 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$). Uzyskane wyniki badań są zbliżone do podanych w literaturze (tab. 1).

Średnie stężenie fosforu ogólnego w ściekach mleczarskich w czerwcu i listopadzie było zbliżone. Wynosiło odpowiednio $23,5$ i $19,2 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$ (rys. 4, 5) i mieściło się w zakresach podanych

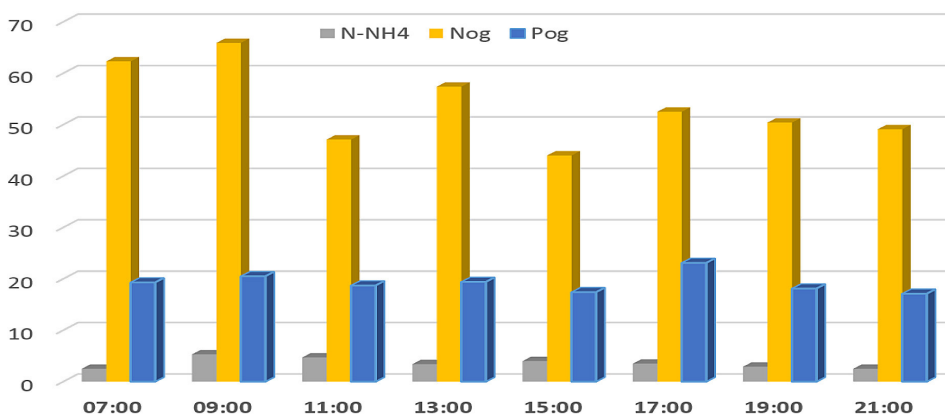
przez Demirel'a i in. 2005, Neczaj i in. 2008, Tawfik'a i in. 2008 oraz Amini'ego i in. 2013.

Na podstawie wyników badań określono proporcje między ilością substancji organicznych oraz związków biogenych w ściekach mleczarskich pobieranych w okresie letnim i jesiennym.

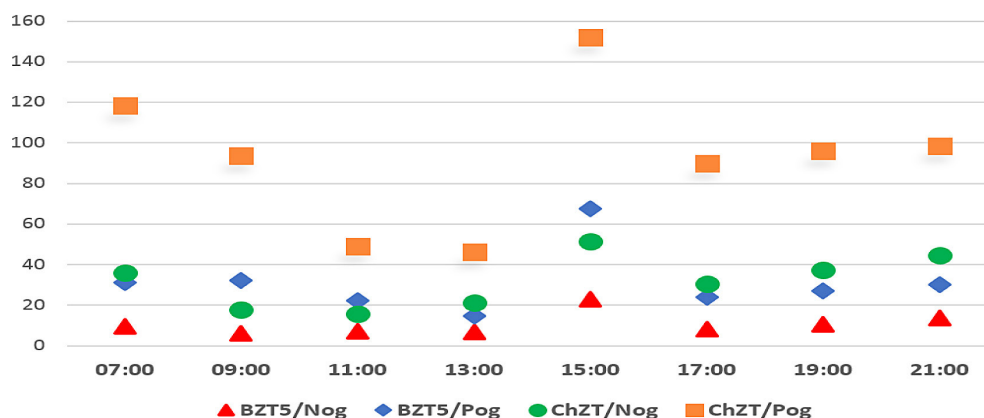
Największą wartość ilorazu $\text{BZT}_5/\text{N}_{\text{og}}$ ($22,85 \text{ mg BZT}_5 \cdot \text{mg N}_{\text{og}}^{-1}$) stwierdzono w ściekach mleczarskich pobieranych w czerwcu (rys. 6), zaś najmniejszą ($0,67 \text{ mg BZT}_5 \cdot \text{mg N}_{\text{og}}^{-1}$) w ściekach pobieranych w godzinach wczesno porannych w listopadzie (rys. 7). W tych samych seriach badań w ściekach mleczarskich odnotowano największą i najmniejszą wartość ilorazu $\text{BZT}_5/\text{P}_{\text{og}}$ (odpowiednio $67,65$ i $2,17 \text{ mg BZT}_5 \cdot \text{mg P}_{\text{og}}^{-1}$). Zdecydowanie większym stosunkiem doprowadzonego substratu organicznego (wyrażonego wartością wskaźnika ChZT) do stężenia azotu ogólnego charakteryzowały się ścieki mleczarskie pobierane w czerwcu (rys. 6). Analogiczną sytuację stwierdzono w przypadku ilorazu $\text{ChZT}/\text{P}_{\text{og}}$. Proporcje między ilością substancji organicznych oraz związków biogenych w



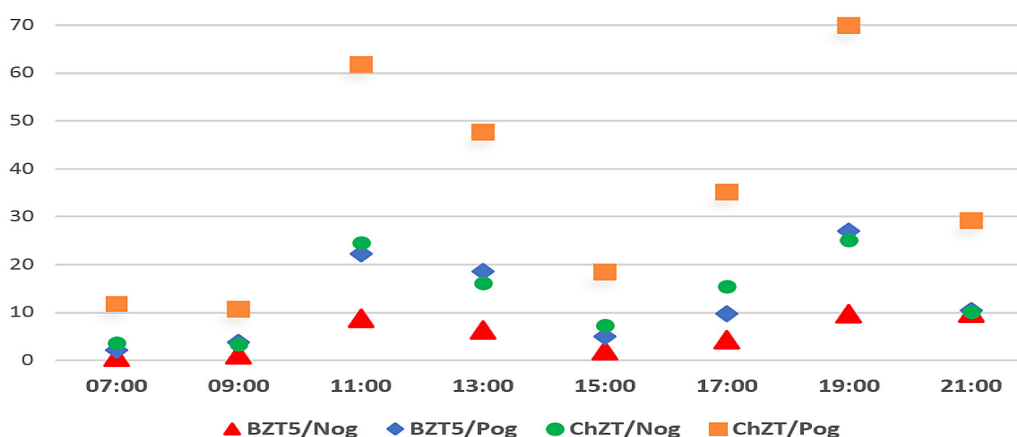
Rys. 4. Zmiany ilości związków biogenych w ściekach mleczarskich z Olecka w ciągu doby w czerwcu
Fig. 4. Changes in the quantity of nutrients in dairy wastewater from Olecko per day in June



Rys. 5. Zmiany ilości związków biogenych w ściekach mleczarskich z OSM w Olecku w ciągu doby w listopadzie
Fig. 5. Changes in the quantity of nutrients in dairy wastewater from Olecko per day in November



Rys. 6. Wartości ilorazu BZT₅ i ChZT do Nog i Pog w ściekach mleczarskich w czerwcu
 Fig. 6. Ratio BOD₅ and COD to N_{tot} and P_{tot} in dairy wastewater in June



Rys. 7. Wartości ilorazu BZT₅ i ChZT do Nog i Pog w ściekach mleczarskich w listopadzie
 Fig. 7. Ratio BOD₅ and COD to N_{tot} and P_{tot} in dairy wastewater in November

ściekach mleczarskich z Olecka były zbliżone do podanych przez Janczukowicza 2005 i Struk-Sokołowską 2015.

WNIOSKI

Analiza wyników wykonanych pomiarów i obliczeń pozwala na następujące stwierdzenia:

1. Ścieki mleczarskie z Olecka charakteryzują się dużą zmiennością składu w ciągu doby, co może negatywnie oddziaływać na proces oczyszczania w oczyszczalni komunalnej.
2. Stwierdzono różnice w ilości związków organicznych w ściekach mleczarskich w okresie letnim i jesiennym. Zdecydowanie wyższymi wartościami wskaźników BZT₅ i ChZT charakteryzowały się ścieki w okresie wegetacyjnym.
3. Na podstawie ilorazu ChZT/BZT₅ można zakwalifikować ścieki mleczarskie z Olecka do wolno biodegradowalnych.

4. Iloraz BZT₅/N_{og} wynoszący powyżej 4 w ściekach mleczarskich z Olecka gwarantuje wysoką efektywność procesów biologicznego usuwania związków azotu.
5. Z powodu zbyt małej ilości łatwo biodegradowalnych związków organicznych w ściekach mleczarskich w okresie jesiennym (ChZT/P_{og} poniżej 36) efektywność procesu biologicznej defosfatacji może być niewystarczająca i wymusić konieczność zastosowania procesu chemicznego strącania fosforu. Sytuacji takiej nie stwierdzono w ściekach pobieranych w okresie wegetacyjnym.

Podziękowania

Podziękowania kieruję do Pana Wiesława Klauza z PWIK w Olecku.

Publikacja finansowana ze środków pracy statutowej S/WBiŚ/3/2014.

LITERATURA

1. Amini M., Younesi H., Lorestani A.Z.Z., Najafpour G. 2013. Determination of optimum conditions for dairy wastewater treatment in UAASB reactor for removal of nutrients. *Bios. Tech.*, 145, 71–79.
2. Andrade L.H., Mendes F.D.S., Espindola J.C., Amaral M.C.S. 2014. Nanofiltration as tertiary treatment for the reuse of dairy wastewater treated by membrane bioreactor. *Separ. Purific. Techn.*, 126, 21–29.
3. Anielak A.M. 2008. Gospodarka wodno-ściekowa przemysłu mleczarskiego. *AgroPrzemysł*, 2, 57–59.
4. Ayeche R. 2012. Treatment by coagulation-flocculation of dairy wastewater with the residua lime of National Algerian Industrial Gases Company (NIGC-Annaba). *Energy Proc.*, 18, 147–156.
5. Bartkiewicz B., Umiejewska K. 2010. *Oczyszczanie ścieków przemysłowych*. PWN, Warszawa.
6. Danalewich J.R., Papadiannis T.G., Belyea R.L., Tumbleson M.E., Raskin L. 1998. Characterization of dairy waste streams, current treatment practices and potential for biological nutrient removal. *Wat. Res.*, 32, 12, 3555–3568.
7. Dąbrowski W. 2014. *Oczyszczanie odcieków z oczyszczalni mleczarskich w systemach hydrofitowych*. Oficyna Wydawnicza Pol. Białost.
8. Dąbrowski W., Puchlik M. 2010. Udział frakcji ChZT w ściekach mleczarskich w oczyszczalni stosującej intensywne usuwanie związków węgla, azotu i fosforu. *Rocznik Ochrony Środowiska (Annual Set of Environment Protection)*, 12, 735–746.
9. Demirel B., Yenigun O., Onay T.T. 2005. Anaerobic treatment of dairy wastewaters: a review. *Proc. Biochem.*, 40, 2583–2595.
10. Dymaczewski Z. 2011. *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*. PZiTS.
11. Janczukowicz W. 2005. Usuwanie fosforu ze ścieków mleczarskich w bioreaktorze sekwencyjnym w obecności wybranych lotnych kwasów tłuszczowych (LKT). *Rozprawy i monografie*. Wyd. UWM, Olsztyn.
12. Janczukowicz W., Zieliński M., Dębowski M. 2008. Biodegradability evaluation of dairy effluents originated in selected sections of dairy production. *Biores. Techn.*, 99, 4199–4205.
13. Kaewsuk J., Thorasampan W., Thanuttamavong M., Seo G.T. 2010. Kinetic development and evaluation of membrane sequencing batch reactor (MSBR) with mixed cultures photosynthetic bacteria for dairy wastewater treatment. *J. Env. Manag.*, 91, 1161–1168.
14. Klimiuk E., Łebkowska M. 2008. *Biotechnologia w ochronie środowiska*. PWN, Warszawa.
15. Mehrdadi N., Nabi Bidhendi G.R., Shokouhi M. 2012. Determination of dairy wastewater treatability by bio-trickling filter packed with lava rocks – case study PEGAH dairy factory. *Wat. Scie. & Tech.*, 65, 8, 1441–1447.
16. Munavalli G.R., Saler P.S. 2009. Treatment of dairy wastewater by water hyacinth. *Wat. Scie.&Tech.*, 59, 4, 713–722.
17. Mutamim N.S.A., Noor Z.Z., Hassan M.A.A., Yuniarto A., Olsson G. 2013. Membrane bioreactor: Applications and limitations in treating high strength industrial wastewater. *Chem. Engine. Journ.*, 225, 109–119.
18. Neczaj E., Kacprzak M., Kamizela T., Lach J., Okoniewska E. 2008. Sequencing batch reactor system for the co-treatment of landfill leachate and dairy wastewater. *Desalination*, 222, 404–409.
19. Rodriguez L., Villasenor J., Fernandez F.J. 2007. Use of agro-food wastewater for the optimisation of the denitrification process. *Wat. Scie. Tech.*, 55, 10, 63–70.
20. Seremek-Bulge J. 2015. *Rynek mleka – stan i perspektywy*. IERiGŻ – PIB, ARR, MRiRW, Warszawa.
21. Struk-Sokołowska J. 2011. Zmiany udziału frakcji ChZT podczas oczyszczania ścieków komunalnych z dużym udziałem ścieków mleczarskich. *Rocznik Ochrony Środowiska (Annual Set of Environment Protection)*, 13, 2015–2032.
22. Struk-Sokołowska J., Ignatowicz K. 2013. Współoczyszczanie ścieków komunalnych i mleczarskich przy zastosowaniu technologii SBR. *Rocznik Ochrony Środowiska (Annual Set of Environment Protection)*, 15, 1881–1898.
23. Struk-Sokołowska J. 2015. Zmiany frakcji ChZT w procesie oczyszczania ścieków komunalnych i mleczarskich w oczyszczalni typu SBR. *Rozpr. Dokt. PB*.
24. Tawfik A., Sobhey M., Badawy M. 2008. Treatment of a combined dairy and domestic wastewater in an up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor followed by activated sludge (AS system). *Desalination* 227, 167–177.
25. Wojnicz M. 2009. Wpływ modyfikacji układu faz procesowych na efektywność oczyszczania ścieków przemysłu mleczarskiego w systemie SBR. *Mon. Kom. Inż. Środ. PAN Lublin*, 59, 2.