

Joanna STRUK-SOKOŁOWSKA, Elżbieta WOŁEJKO, Monika PUCHLIK,
Urszula WYDRO*

ZMIANY SKŁADU ŚCIEKÓW MLECZARSKICH NA WYBRANYM PRZYKŁADZIE

W artykule przedstawiono zmiany składu ścieków mleczarskich odprowadzanych z zakładu przetwórstwa mleka zlokalizowanego na terenie Wielkich Jezior Mazurskich. Scharakteryzowano również komunalną oczyszczalnię ścieków przyjmującą ścieki z przemysłu spożywczego. Obiekt wybrano ze względu na szeroki profil produkcji, wyjątkową lokalizację oraz jakość wykorzystywanego surowca. Analizie poddawano próbki ścieków mleczarskich pobierane w 2015 roku. Na podstawie wyników badań wyznaczono zależności pomiędzy wskaźnikami zanieczyszczeń organicznych oraz biogennych w ściekach mleczarskich. Uzyskane wyniki porównano z podanymi w literaturze. Ścieki mleczarskie z OSM w Giżycku charakteryzują się dużą zmiennością składu w ciągu roku, co może negatywnie oddziaływać na proces oczyszczania w oczyszczalni komunalnej. Jednak na podstawie zależności pomiędzy BZT₅ i ChZT ścieki te zaliczono do łatwo biodegradowalnych. Zależności pomiędzy ilością związków organicznych oraz związków azotu i fosforu w ściekach mleczarskich z Giżycka wskazują na możliwość przebiegu wysoko efektywnych procesów usuwania azotu i fosforu z tych ścieków w oczyszczalni komunalnej.

1. WPROWADZENIE

Przetwórstwo mleka to jedna z najważniejszych gałęzi przemysłu w Polsce. Na przestrzeni lat 2005–2014 produkcja mleka zwiększyła się z 11,92 do 13,05 mln. m³ [19]. Przewiduje się, że ilość produkowanego mleka będzie nadal rosła. Wpływ na to mają: zniesienie kwot mlecznych (system limitowania), poprawa opłacalności, wzrost wydajności, koncentracja i głęboka specjalizacja produkcji rolniczej [10]. Uwarunkowania przyrodnicze i względy ekonomiczne powodują, że hodowla bydła w przeliczeniu na jednostkę powierzchni jest największa w Polsce północno-wschodniej.

* Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, 15–351 Białystok, ul. Wiejska 45E, j.struk@pb.edu.pl.

W związku z tym, ilość zakładów produkcji mleka i jego przetworów w tym regionie kraju jest znacząca. Wzrost ilości mleka wiąże się ze wzrostem jego przetwórstwa, a w dalszej kolejności ze wzrostem ilości powstających ścieków mleczarskich. Problem oczyszczania ścieków mleczarskich, szczególnie w przypadku średnich i małych zakładów przetwórstwa mleka (nie posiadających oczyszczalni zakładowych) jest nadal bardzo istotny [14].

Celem niniejszego opracowania było określenie składu ścieków mleczarskich odprowadzanych z okręgowej spółdzielni mleczarskiej zlokalizowanej w województwie warmińsko-mazurskim. Dodatkowo, określono zależności pomiędzy ilością substancji organicznych oraz związków azotu i fosforu w tych ściekach, co może mieć wpływ na proces oczyszczania ścieków w oczyszczalni komunalnej.

1.1. CHARAKTERYSTYKA ŚCIEKÓW Z PRZEMYSŁU MLECZARSKIEGO

Skład ścieków powstających w zakładach przetwórstwa mleka uzależniony jest przede wszystkim od profilu produkcji oraz ilości zmian w ciągu doby. Kolejnymi czynnikami wpływającymi na ładunek ścieków są wykorzystywane surowce, poziom technologiczny zakładu, procesy mycia i dezynfekcji oraz ilość zużytej wody [11, 12, 15]. Ścieki mleczarskie charakteryzują się wysokim ładunkiem ChZT oraz BZT₅ (tłuszcze, cukry, białka) oraz dużą zmiennością ilościową i jakościową (fazy mycia linii produkcyjnych) [2, 4, 9, 13]. Jak wynika z danych literaturowych ścieki mleczarskie ze wszystkich linii produkcyjnych mogą być oczyszczane łącznie [6]. Nie-równomierność ładunku zanieczyszczeń dopływających wraz ze ściekami mleczarskimi może stanowić obciążenie dla oczyszczalni komunalnej [13].

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 [5]. 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 zasilenie nią reaktorów do beztlenowej przeróbki osadów. Pojawienie się serwatki w sieci kanalizacyjnej znacznie zwiększa ładunek zanieczyszczeń znajdujących się w ściekach [16].

1.2. CHARAKTERYSTYKA OKRĘGOWEJ SPÓŁDZIELNI MLECZARSKIEJ W GIŻYCKU

Okręgowa Spółdzielnia Mleczarska w Giżycku (rys. 1) rocznie przetwarza około 145 mln dm³ mleka. Zlokalizowana jest na terenie Wielkich Jezior Mazurskich. W trosce o środowisko naturalne w zakładzie zainstalowano urządzenia do zagęszczenia serwatki metodą odwróconej osmozy, pozwalające zagospodarować całość produkowanej serwatki. Spółdzielnia mleczarska posiada nowoczesną zautomatyzowaną linię do produkcji twarogu mazurskiego oraz linię do produkcji serów dojrzewających. Do najważniejszych inwestycji podczas modernizacji zakładu należały: instalacja nowoczesnej aparatuwni i odbieralni mleka, magazyn chłodniczy, myjnia samochodowa oraz warzelnia serów o przerobie mleka wynoszącym 300 tys. dm³ na dobę. Spółdzielnia mleczarska w Giżycku sprzedaje produkty na terenie Unii Europejskiej.

Wiodącymi produktami Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej w Giżycku są: sery dojrzewające, sery niedojrzewające (twarogi), rolada ustrzycka, masło extra, serwatka w proszku oraz mleko odtłuszczone w proszku.

Okręgowa Spółdzielnia Mleczarska w Giżycku jest nowoczesnym zakładem o bogatej, długoletniej tradycji produkcyjnej. Doświadczenie produkcyjne, wprowadzenie standardów Dobrej Praktyki Produkcyjnej (GMP), System Analizy Zagrożeń i Krytycznych Punktów Kontroli (HACCP), nowoczesne linie produkcyjne wykonane zgodnie z normami unijnymi oraz wysoka jakość skupowanego mleka (wyłącznie klasa extra) z Regionu Zielonych Płuc Polski sprawiają, że produkty spółdzielni cieszą się dużym powodzeniem. Skup mleka prowadzony jest na terenie województwa warmińsko-mazurskiego. Zakład jest laureatem wielu nagród i wyróżnień [17].



Rys. 1. Okręgowa Spółdzielnia Mleczarska w Giżycku [17]



Rys. 2. Widok na odbieralnię mleka w OSM w Giżycku [17]

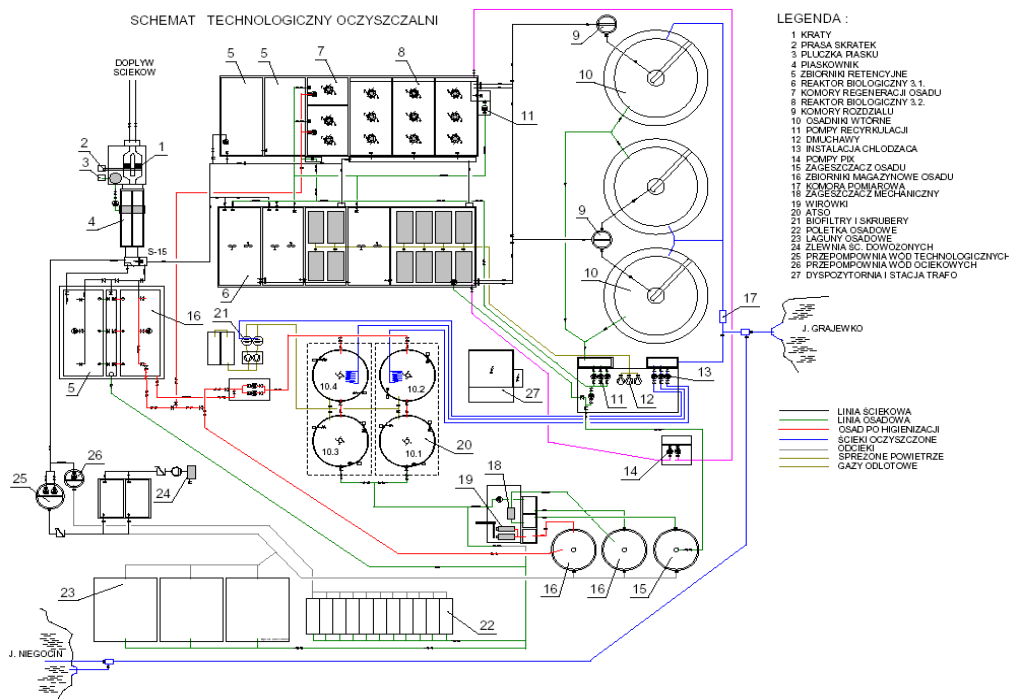
1.3. CHARAKTERYSTYKA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W BYSTRYM K. GIŻYCKA

Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków w Byстрых k. Giżycka (widok obiektu przedstawiono na rys. 3, schemat urządzeń na rys. 4) została oddana do użytku w 1995 roku. Obiekt zmodernizowano w latach 2002–2003. Maksymalna dobową przepustowość oczyszczalni wynosi 14000 m³/d, natomiast średnia dobową kształtuje się na poziomie 6400 m³/d. Równoważna liczba mieszkańców (RLM) dla obiektu wynosi 98615. Oczyszczalnia komunalna przyjmuje ścieki mleczarskie z Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej w Giżycku. Nieczystości ciekłe dowożone są taborem asenizacyjnym w ilości ok. 9000 m³/rok do punktu zlewnego, zlokalizowanego na terenie obiektu.

Ścieki surowe dopływają do oczyszczalni systemem kanalizacji grawitacyjnej i tłocznej. Wstępne mechaniczne oczyszczanie ścieków następuje w budynku krat. Gromadzące się na kracie skratki w trybie automatycznym kierowane są do podajnika ślimakowego, podlegają odwodnieniu przy pomocy praski hydraulicznej i przetransportowane są do kontenera skratek. Kolejnym etapem oczyszczania mechanicznego jest piaskownik, w którym wskutek zwolnienia przepływu ścieków następuje wytrącenie i sedymentacja zawiesiny mineralnej. Dodatkowo piaskownik jest napowietrzany sprężonym powietrzem w celu lepszego flotowania części pływających. Zgromadzona, zanieczyszczona związkami organicznymi pulpa piaskowa transportowana jest do separatora i płuczki piasku. Wyplukany i odwodniony piasek kierowany jest do pojemnika, natomiast odcieki do dalszego oczyszczania biologicznego.

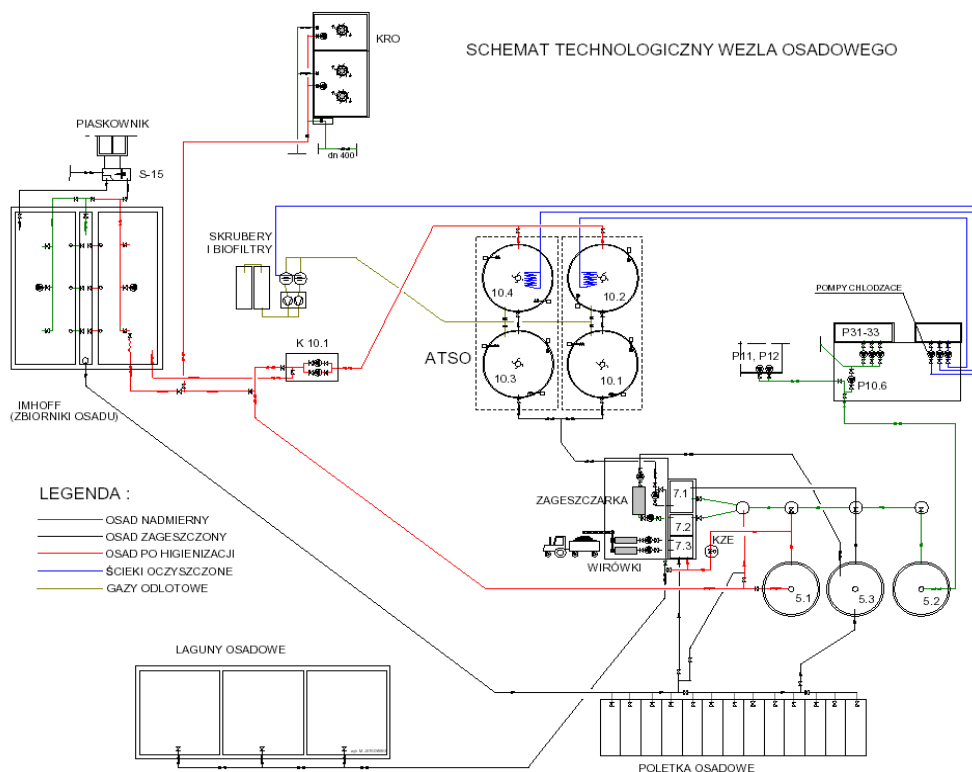


Rys. 3. Widok na oczyszczalnię ścieków w Bystrym k. Giżycka [18]



Rys. 4. Schemat urządzeń w oczyszczalni ścieków w Bystrym k. Giżycka [18]

Po oczyszczeniu mechanicznym ścieki przepływają do układu komór biologicznych, pełniących podstawową funkcję oczyszczania biologicznego. W pierwszym etapie ścieki dopływają do komory defosfatacji (beztlenowej), następnie do komór denitryfikacji (niedotlenionych), do której recykulowany jest strumień azotanów z komór nityfikacji (recykulacja wewnętrzna). Ścieki z komory denitryfikacji przepływają do komór nityfikacji (tlenowych). W komorach denitryfikacji i nityfikacji następuje biologiczne oczyszczanie ścieków w oparciu o procesy życiowe biomasy osadu czynnego. Po oczyszczeniu w reaktorach biologicznych mieszanina osadu czynnego i ścieków dopływa poprzez przelewy do komór rozdziału i dalej do dwóch osadników wtórnych. W osadnikach następuje rozdział osadu czynnego od ścieków oczyszczonych w warunkach zwolnionego przepływu. Osad gromadzący się na dnie osadnika zgarniany jest do leja osadowego i trafia do przepompowni osadu recykulowanego i nadmiernego, skąd tłoczony jest na początek układu biologicznego oczyszczania (recykulacja zewnętrzna) lub jako osad nadmierny odprowadzany jest do grawitacyjnego zagęszczacza osadu nadmiernego (rys. 5).



Rys. 5. Schemat urządzeń węzła osadowego w oczyszczalni ścieków w Bystrym k. Gizycka [18]

Osad z oczyszczalni ścieków w Bystrym k. Giżycka może być wykorzystywany rolniczo. Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi decyzją Nr 205/08, z dn. 17.X.2008 r., na podst. art. 4 ust. 2 ustawy z dnia 10.VII.2007 r. o nawozach i nawożeniu, wydał zezwolenie na wprowadzenie do obrotu nawozu organicznego pn. "ZÓWAN" produkowanego przez Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Giżycku. W badaniach rolniczych przeprowadzonych przez Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy, udowodniono korzystny wpływ nawozu ZÓWAN na plonowanie roślin testowych (rajgras i kukurydzy) i pobieranie składników pokarmowych. Zastosowanie nawozu zwiększa zawartość fosforu i potasu w glebie. Nawóz jest przydatny do nawożenia roślin rolniczych w uprawach polowych, na gruntach ornych, zwłaszcza na glebach o małej zawartości materii organicznych i przyswajalnego fosforu [18].

2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiły zmieszane ścieki mleczarskie pobierane z Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej w Giżycku. Analizy składu ścieków mleczarskich dokonywano w poszczególnych miesiącach 2015 roku. Badania obejmowały następujące parametry: pH, BZT₅, ChZT_{Cr}, azot amonowy, azot azotanowy (III), azot azotanowy (V), azot Kjeldahla, azot ogólny, fosfor ogólny, chlorki, siarczany, zawiesiny ogólne oraz substancje ekstrahujące się eterem naftowym. Analizy wykonywano zgodnie z normami podanymi w tabeli 1. W każdym cyklu badawczym wykonano po 3 serie pomiarowe. Wartości przedstawione w tabeli 2 stanowią średnią z uzyskanych wyników.

Tabela 1. Wykaz norm stosowanych podczas wykonywania analiz

parametr	norma
pH	PN-EN ISO 10523:2012
BZT ₅	PN-EN 1899-1:2002
ChZT _{Cr}	PN- ISO 6060:2006
Azot amonowy	PN- ISO 7150-1:2002
Azot azotanowy (III)	PN-EN ISO 10304-1:2009
Azot azotanowy (V)	PN-EN ISO 10304-1:2009
Azot Kjeldahla	PN-EN 25663:2009
Azot ogólny	PB-13/2006/PG wyd. 3 z 02.012013
Fosfor ogólny	PN-EN ISO 6878:2006+Ap1. 2010+Ap2.:2010 p.7
Chlorki	PN-EN ISO 10304-1:2009
Siarczany	PN-EN ISO 10304-1:2009
Zawiesiny ogólne	PN-EN 872:2007+Ap1:2007
Substancje ekstrahujące się eterem naft.	PN-C-04573-01:1986

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

3.1. ZMIENNOŚĆ JAKOŚCIOWA ŚCIEKÓW MLECZARSKICH

Parametry ścieków mleczarskich z Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej w Giżycku w 2015 roku podano w tabeli 2.

Średnia wartość BZT₅ w ściekach mleczarskich dopływających do oczyszczalni w Bystrym k. Giżycka wynosiła 632 mg O₂·dm⁻³ i była niższa od podanych w literaturze [3, 4, 7, 8]. Ilość związków organicznych mierzonych wartością BZT₅ wahała się od 519 do 720 mg O₂·dm⁻³ i mieściła się w zakresach podanych przez Danalewicha i in. [3] i Anielak [1]. Wartość ChZT ścieków mleczarskich wynosiła od 1000 do 1240 mgO₂·dm⁻³ (średnio 1092 mg O₂·dm⁻³) i mieściła się w zakresie podanym przez Anielak [1]. Wartość ChZT ścieków mleczarskich zmieniała się w zakresie od 1000 do 1240 mg O₂·dm⁻³ (średnio 1092 mg O₂·dm⁻³) i była niższa od prezentowanej w literaturze [3, 7, 8, 9]. Może to wynikać z wysokiej sprawności urządzeń do zagęszczania serwatki metodą odwróconej osmozy. Średnie stężenie zawiesin ogólnych w ściekach mleczarskich z analizowanego obiektu było niskie i wynosiło 156,5 mg·dm⁻³. Nie odnotowano gwałtownych wahań stężenia zawiesin ogólnych (min. 150 mg·dm⁻³, maks. 166 mg·dm⁻³). Odczyn ścieków mleczarskich wahał się od 6,9 do 12,1 pH. Analizując związki azotu stwierdzono, że ścieki mleczarskie charakteryzują się niską zawartością azotu amonowego (od 1,6 do 4,4 mg N-NH₄·dm⁻³). Stężenie azotu ogólnego w tych ściekach wahało się od 76,1 do 112 mg N·dm⁻³ (średnio 95,8 mg N·dm⁻³). Stężenie fosforu ogólnego w ściekach mleczarskich było zbliżone na przestrzeni okresu badań i wynosiło od 13,4 do 18,6 mg P·dm⁻³. Stężenie fosforu ogólnego w ściekach mleczarskich z Giżycka w czasie cykli badawczych w 2015 roku było wyższe od podanego przez Anielak [1], natomiast niższe od odnotowanego przez innych badaczy [3, 7, 8, 9]. Ilość chlorków w ściekach mleczarskich charakteryzowała się większą zmiennością. Stężenie chlorków wahało się od 120 do 210 mg·dm⁻³). Natomiast stężenie siarczanów w tych ściekach było zbliżone i wynosiło od 17 do 24 mg·dm⁻³. Ilość substancji ekstrahujących się eterem naftowym w ściekach mleczarskich z analizowanego obiektu zmieniała się w szerokim zakresie od 17 do 69 mg·dm⁻³.

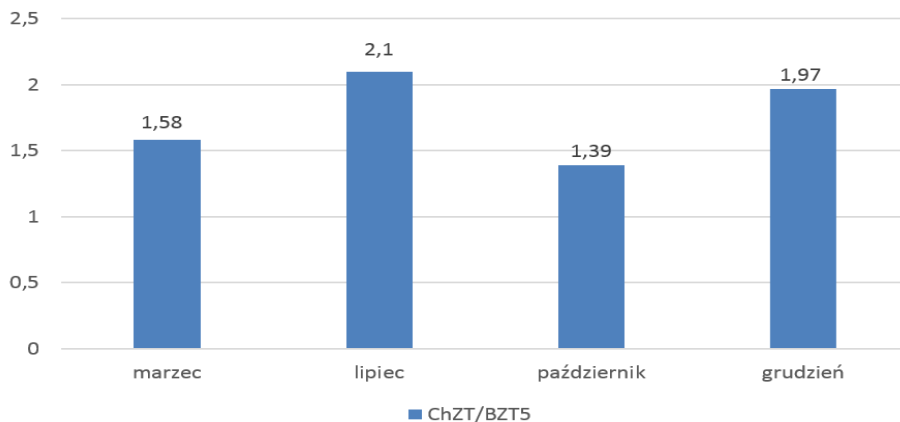
Tabela 2. Skład ścieków mleczarskich z OSM w Giżycku w poszczególnych miesiącach 2015 roku

parametr	jednostka	2015 rok				średnio
		marzec	lipiec	październik	grudzień	
pH	-	6,9 ± 0,2 T _{pom} = 22,0°C	12,1 ± 0,2 T _{pom} = 11,2°C	7,7 ± 0,3 T _{pom} = 10,7°C	7,8 ± 0,3 T _{pom} = 15,5°C	-
BZT ₅	mg O ₂ ·dm ⁻³	700,0 ± 168,0	590,0 ± 153,0	720,0 ± 187,0	519,0 ± 135,0	632,3
ChZT _{Cr}	mg O ₂ ·dm ⁻³	1107,0 ± 122,0	1240,0 ± 186,0	1000,0 ± 150,0	1020,0 ± 153,0	1091,8
Azot amonowy	mg N- NH ₄ ·dm ⁻³	2,6 ± 0,24	1,6 ± 0,2	4,4 ± 0,6	3,3 ± 0,4	3,0
Azot azotanowy (III)	mg N- NO ₂ ·dm ⁻³	24,0 ± 3,0	1,7 ± 0,2	2,3 ± 0,3	3,0 ± 0,4	7,8
Azot azotanowy (V)	mg N- NO ₃ ·dm ⁻³	52,0 ± 5,0	58,0 ± 8,0	86,0 ± 12,0	35,0 ± 5,0	57,8
Azot Kjeldahla	mg N·dm ⁻³	31,2 ± 3,4	28,3 ± 4,2	24,1 ± 3,6	39,1 ± 5,9	30,7
Azot ogólny	mg N·dm ⁻³	107,0 ± 12,0	88,0 ± 9,0	112,0 ± 13,0	76,1 ± 7,7	95,8
Fosfor ogólny	mg P·dm ⁻³	14,7 ± 1,8	13,4 ± 2,0	18,6 ± 2,8	14,0 ± 2,1	15,2
Chlorki	mg Cl·dm ⁻³	160,0 ± 18,0	180,0 ± 22,0	210,0 ± 25,0	120,0 ± 16,0	167,5
Siarczany	mg SO ₄ ·dm ⁻³	22,0 ± 2,0	24,0 ± 3,0	17,0 ± 2,2	17,0 ± 2,0	20,0
Zawiesiny ogólne	mg·dm ⁻³	150,0 ± 11,0	166,0 ± 20,0	160,0 ± 19,0	150,0 ± 18,0	156,5
Substancje ekstrah. się eterem naft.	mg·dm ⁻³	68,0 ± 12,0	n.b	17,0 ± 3,0	21,0 ± 3,0	35,3

n.b. – nie badano

3.2. OCENA PODATNOŚCI SKŁADNIKÓW ŚCIEKÓW NA BIOLOGICZNY ROZKŁAD

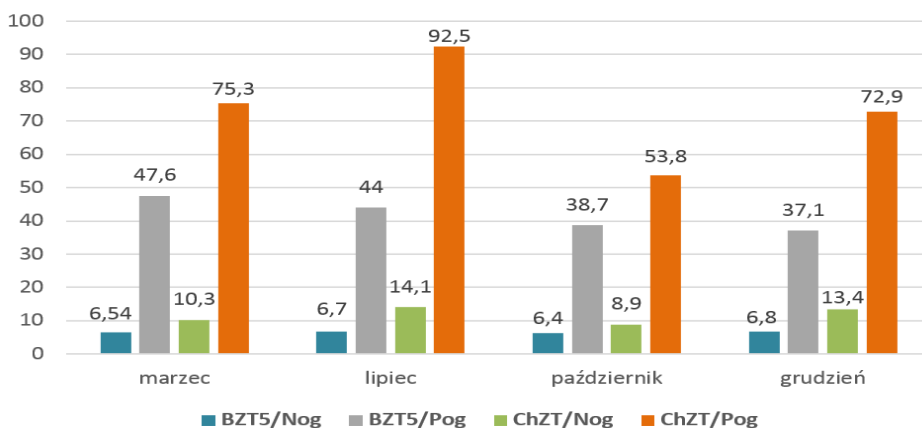
Stosunek ilości substancji organicznych mierzonych ChZT oraz substancji mierzonych BZT₅ w ściekach mleczarskich w wybranych miesiącach 2015 roku przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Proporcje między ilością substancji organicznych w ściekach mleczarskich

Podatność związków organicznych zawartych w ściekach mleczarskich na rozkład biochemiczny oceniono na podstawie wartości ilorazu ChZT/BZT₅. Należy stwierdzić, że ścieki mleczarskie z OSM w Giżycku należą do łatwo biodegradowalnych (iloraz ChZT/BZT₅ poniżej 2, w marcu, październiku i grudniu) lub średnio biodegradowalnych (iloraz ChZT/BZT₅ od 2 do 2,5, w lipcu).

Na podstawie wyników badań określono również proporcje między ilością substancji organicznych oraz związków azotu i fosforu w ściekach mleczarskich z analizowanego obiektu (rys. 7).



Rys. 7. Proporcje między ilością substancji organicznych oraz związków azotu i fosforu w ściekach mleczarskich

Wartość ilorazu BZT_5/N_{og} w ściekach mleczarskich na przestrzeni roku była zbliżona i wynosiła od 6,4 do 6,8 $mg\ BZT_5 \cdot mg\ N_{og}^{-1}$. Jak podają Wojnicz i Anielak [15] stosunek ilości substancji organicznych (wyrażonych BZT_5) do azotu wynoszący co najmniej 4:1 zapewnia wysoką efektywność biologicznego usuwania azotu. Iloraz BZT_5/P_{og} wahał się w szerszym zakresie od 37,1 do 47,6 $mg\ BZT_5 \cdot mg\ P_{og}^{-1}$. Największą wartością ilorazu substratu organicznego (wyrażonego wskaźnikiem ChZT) do azotu ogólnego (14,1 $mg\ ChZT \cdot mg\ N_{og}^{-1}$) charakteryzowały się ścieki mleczarskie pobierane w lipcu (rys. 7), zaś najmniejszą wartością (8,9 $mg\ ChZT \cdot mg\ N_{og}^{-1}$) – ścieki pobierane w październiku. Zgodnie z danymi literaturowymi [5, 14] iloraz $ChZT/N_{og} > 9$ gwarantuje bardzo wysoką efektywność usuwania azotu ze ścieków. Analogiczną sytuację stwierdzono w przypadku ilorazu $ChZT/P_{og}$, zapewniającego wysoką sprawność biologicznej defosfatacji (przy wartości > 50). Największą wartość tego ilorazu (92,5 $mg\ ChZT \cdot mg\ P_{og}^{-1}$) odnotowano w ściekach pobieranych w lipcu, zaś najmniejszą wartość (53,8 $mg\ ChZT \cdot mg\ P_{og}^{-1}$) - w ściekach pobieranych w październiku.

4. PODSUMOWANIE

Analiza wyników badań składu ścieków mleczarskich z OSM w Giżycku pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

1. Ścieki mleczarskie z Giżycka charakteryzują się zbliżonym składem w ciągu roku, co pozytywnie oddziałuje na proces oczyszczania w oczyszczalni komunalnej.
2. Na podstawie ilorazu $ChZT/BZT_5$ należy klasyfikować ścieki mleczarskie z Giżycka jako łatwo biodegradowalne.
3. Iloraz BZT_5/N_{og} wynoszący powyżej 4 w ściekach mleczarskich z Giżycka gwarantuje wysoką efektywność procesów biologicznego usuwania związków azotu z tych ścieków.
4. Proporcja pomiędzy ilością związków organicznych (wyrażonych ChZT) i fosforem ogólnym w ściekach mleczarskich z Giżycka wynosząca powyżej 50 zapewnia wysoką efektywność procesu biologicznej defosfatacji.

Podziękowania pracownikom PWiK w Giżycku, a w szczególności **Pani Sylwii Wyrobek**. Artykuł jest wynikiem realizacji pracy statutowej S/WBiŚ/3/2014.

LITERATURA

- [1] ANIELAK A.M., *Gospodarka wodno-ściekowa przemysłu mleczarskiego*, AgroPrzemysł, 2008, No. 2, 57–59.
- [2] BUCZAK B., *Oczyszczanie ścieków mleczarskich z uwzględnieniem usuwania azotu-mity i rzeczywistość*, III Konf. Naukowo-Techniczna Woda i ścieki w przemyśle spożywczym. 2010, Białystok.
- [3] DANALEWICH J.R., PAPADIANNIS T.G., BELYEA R.L., TUMBLESÓN M.E., RASKIN L., *Characterization of dairy waste streams, current treatment practices and potential for biological nutrient removal*, Water Research, 1998, Vol. 32, No. 12, 3555–3568.
- [4] DEMIREL B., YENIGUN O., ONAY T.T., *Anaerobic treatment of dairy wastewater: a review*, Process Biochemistry, 2005, Vol. 40, 2583–2595.
- [5] JANCZUKOWICZ W., *Usuwanie fosforu ze ścieków mleczarskich w bioreaktorze sekwencyjnym w obecności wybranych lotnych kwasów tłuszczowych (LKT)*, Rozprawy i monografie, Wyd. UWM, Olsztyn 2005.
- [6] JANCZUKOWICZ W., ZIELIŃSKI M., DĘBOWSKI M., *Biodegradability evaluation of dairy effluents originated in selected sections of dairy production*, Bioresource Technology, 2008, Vol. 99, 4199–4205.
- [7] KAEWSUK J., THORASAMPAN W., THANUTTAMAVONG M., SEO G.T., *Kinetic development and evaluation of membrane sequencing batch reactor (MSBR) with mixed cultures photosynthetic bacteria for dairy wastewater treatment*, Journal of Environmental Management, 2010, Vol. 91, 1161–1168.
- [8] MUNAVALLI G.R., SALER P.S., *Treatment of dairy wastewater by water hyacinth*, Water Science & Technology, 2009, Vol. 59, No. 4, 713–722.
- [9] NECZAJ E., KACPRZAK M., KAMIZELA T., LACH J., OKONIEWSKA E., *Sequencing batch reactor system for the co-treatment of landfill leachate and dairy wastewater*, Desalination, 2008, Vol. 222, 404–409.
- [10] SEREMEK-BULGE J., *Rynek Mleka – stan i perspektywy*, IERiGŻ – PIB, ARR, MRiRW, Warszawa 2015.
- [11] STRUK-SOKOŁOWSKA J., *Zmiany udziału frakcji ChZT podczas oczyszczania ścieków komunalnych z dużym udziałem ścieków mleczarskich*, Rocznik Ochrony Środowiska (Annual Set of Environment Protection), 2011, Vol. 13, 2015–2032.
- [12] STRUK-SOKOŁOWSKA J., *Wpływ ścieków mleczarskich na frakcje ChZT ścieków komunalnych*, Inżynieria Ekologiczna, 2011, Vol. 24, 130–144.
- [13] STRUK-SOKOŁOWSKA J., IGNATOWICZ K., *Współoczyszczanie ścieków komunalnych i mleczarskich w oczyszczalniach typu SBR*, Rocznik Ochrony Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 2013, Vol. 15, 1881–1898.
- [14] STRUK-SOKOŁOWSKA J., *Zmiany frakcji ChZT w procesie oczyszczania ścieków komunalnych i mleczarskich w oczyszczalni typu SBR*, 2015, Rozprawa Doktorska PB.
- [15] WOJNICZ M., ANIELAK A. M., *Badania nad możliwością oczyszczania ścieków przemysłu mleczarskiego w systemie SBR z wykorzystaniem zeolitu naturalnego*, [w:] Oczyszczanie ścieków i przeróbka osadów ściekowych, Oficyna Wyd. Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2008, No. 2, 133–142.
- [16] WOJNICZ M., *Wpływ modyfikacji układu faz procesowych na efektywność oczyszczania ścieków przemysłu mleczarskiego w systemie SBR*, Monografia Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, 2009, Vol. 59, No. 2, Lublin.
- [17] www.osm-gizycko.com.pl.
- [18] www.pwikgizycko.pl.
- [19] www.strefabiznesu.polskatimes.pl.

ANNUAL FLUCTUATION IN THE COMPOSITION OF DAIRY WASTEWATER
BASED ON SELECTED EXAMPLE

The article presents changes in the composition of dairy wastewater discharged from a dairy milk processing plant located in the Great Mazury Lakes area (North Poland) and the data from a municipal wastewater treatment plant receiving wastewater from the food industry. The WWTP was chosen because of the wide production profile, unique location and quality of the raw material used. Analyzed samples of dairy wastewater were collected in 2015. On the basis of the test results the relationship between indicators of organic pollutants and nitrogen and phosphorous compounds in dairy wastewater was determined. The results were compared with those in literature. Dairy effluents from Giżycko are highly unstable throughout the year, which may negatively affect the purification process in wastewater treatment utilities. However, based on the relationship between BOD₅ and COD wastewater classified as easily biodegradable. The ratio between the amount of organic compounds and nitrogen and phosphorous compounds in the dairy effluent from Giżycko indicate the possibility of highly efficient removal of nitrogen and phosphorus from the wastewater during treatment.