

## CHARAKTERYSTYKA ŚCIEKÓW SUROWYCH Z ZAKŁADU PRZETWÓRSTWA OWOCÓW I WARZYW

Monika Puchlik<sup>1</sup>, Krystyna Kosińska<sup>2</sup>, Joanna Smyk<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok. e-mail: m.puchlik@pb.edu.pl

<sup>2</sup> Zakładu Wodociągów i Kanalizacji Przedsiębiorstwa Komunalnego w Siemiatyczach

### STRESZCZENIE

Celem pracy była charakterystyka składu ścieków surowych z zakładu w województwie podlaskim produkującego soki owocowo-warzywne oraz mrożonki. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że ścieki z przemysłu owocowo-warzywnego zawierają duże ilości substancji organicznej wyrażonej w BZT<sub>5</sub> (od 900 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 2200 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>) oraz ChZT (od 1320 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 2316 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>) a ubogie są w azot i fosfor. Najwyższe ładunki związków organicznych przypadają na miesiące: sierpień i wrzesień, zaś najniższe na marzec oraz maj.

**Słowa kluczowe:** przemysł owocowo-warzywny, substancja organiczna, ścieki surowe

### CHARACTERISTICS OF RAW WASTEWATER FROM THE FRUIT AND VEGETABLE INDUSTRY

#### ABSTRACT

The aim of the study was to characterize the raw wastewaters with fruit and vegetable industry (vegetable fruit juices and frozen food) in Podlaskie. Based on the survey, it was found that raw wastewater in the fruit and vegetable industry contain large amounts of organic compound expressed in BOD (900 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> to 2200 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>) and COD (1320 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> to 2316 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>) and low in nitrogen and phosphorus. The highest values of organic compounds are of the August and September and the lowest in March and May.

**Keywords:** fruit and vegetable industry, organic compounds, raw wastewater

### WSTĘP

Przemysł spożywczy stanowi jeden z najważniejszych i najszybciej rozwijających się gałęzi polskiej gospodarki. W jego skład wchodzi zakłady sektora owocowo-warzywnego produkujące szeroki asortyment wyrobów. Według danych GUS [GUS 2013] w 2013 roku produkcja soków z owoców i warzyw wynosiła ponad 7058 hektolitrow, warzyw mrożonych 636 ton, konserw warzywnych 225,9 ton, natomiast dżemów z owoców (innych niż cytrusowe) 55,5 tony.

Z danych GUS [GUS 2014] wynika, że w 2014 r. firmy średnie i duże wyprodukowały 8016 hektolitrow soków, czyli o 10,3% więcej niż przed rokiem. W dużych przedsiębiorstwach wytwarza się kilka różnych produktów, nato-

miast w mniejszych dominuje jeden kierunek produkcji. Małe zakłady produkują głównie warzywa konserwowe, kiszonki oraz soki i przecier owocowo-warzywne, których podstawowym surowcem są świeże owoce i warzywa. Przetwarza się większą ilość owoców niż warzyw (około 60%). Najczęstszym surowcem są jabłka i truskawki, w mniejszym stopniu przerabia się czarną i czerwoną porzeczkę, wiśnie, śliwki, maliny, aronie i agrest. Wśród warzyw dominują marchew, buraki oraz pomidory. Przetwarza się także ogórki, kapustę, brukselkę, kalafior, cebulę, pory i selery, brokuł. Owoce i warzywa wykorzystuje się na bieżąco, gdyż dłuższe ich przechowywanie może powodować pogorszenie jakości surowca. W związku z tym większość zakładów magazynuje surowiec w ilości pozwalającej na produkcję jedno- lub dwudniową.

## CHARAKTERYSTYKA ŚCIEKÓW Z PRZEMYSŁU OWOCOWO-WARZYWNEGO

Przetwórstwo owocowo-warzywne charakteryzuje się kampanijnością produkcji, która przypada głównie na okres od czerwca do października [Soroko M. 2003, Kierczyńska S. 2008]. Ze względu na specyfikę oraz różnorodność przetwarzanego surowca ścieki z przemysłu owocowo-warzywnego są trudne do scharakteryzowania [Nawirska A. 2007]. Najwięcej ścieków powstaje w pierwszym etapie produkcji. Ścieki powstające z mycia owoców i warzyw wykorzystywane są zazwyczaj jednokrotnie. W większych zakładach woda zużyta w pierwszym etapie podczyszczana jest na sitach i zrzucana do kanalizacji po umyciu całej partii owoców i warzyw, a na jej miejsce pobierana jest nowa woda. Zdaniem Nawirskiej (2007) ścieki powstające w zakładach owocowo-warzywnych charakteryzują się dużą zawartością węglowodanów i związków mineralnych oraz zmiennym składem, zależnym od przerabianego surowca czy też od pory roku [Nawirska A. 2007]. Na ich skład mają również wpływ procesy mycia i dezynfekcji linii produkcyjnych. Proces mycia powoduje przeniesienie do ścieków zanieczyszczeń stałych, koloidalnych i rozpuszczonych, zależnych od rodzaju przerabianego surowca, a także stosowanego procesu technologicznego. Równocześnie do ścieków przedostają się trudne do określenia ilości różnych składników myjących i dezynfekujących. W zależności od miejsca powstawania ścieków można wyróżnić: mycie surowca, oczyszczanie, obieranie, blanszowanie, chłodzenie (wody po chłodnicze), napełnianie. Skład i ilość ścieków zależą także od: rodzaju, jakości, ustawienia i wielkości zmywarek, rodzaju i pochodzenia surowca [Nawirska A. i Szymański L. 2002, Puchlik M. 2016]. Ścieki powstające podczas wytwarzania koncentratów owocowych charakteryzują się odczynem w zakresie od 5,8 do 9,4 i wartością ChZT od 1 030 do 5 630 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> [Kopiec D. 2007]. W zakładach produkujących zróżnicowany asortyment, np. sałatki, przeciery, marynaty zakres odczynu może wynosić od 4,9 do 7,7, zaś wartość ChZT od 5 260 do 270 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Wielkości te uzależnione są od technologii produkcji i aktualnie przerabianego asortymentu [Kopiec D. 2007]. Ścieki z wyrobu owoców i warzyw są ubogie w azot, a ich głównym zanieczyszczeniem jest substancja organiczna. Według danych literaturowych wartość

BZT<sub>5</sub> kształtuje się od 500 do 5 000 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, a w okresie nasilenia produkcji przekracza nawet 5 000 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> [Soroko M. 2003, Koziarowski B. 1980, Meinck F. i in. 1975, Talik B. i Chudzik B. 2000]. Wartości te są znacznie wyższe niż w ściekach bytowo-gospodarczych [Soroko M. 2003, Puchlik M. i in. 2015, Bartkiewicz B. i Umiejewska K. 2010]. Sezonowe wahania ilości i jakości w składzie ścieków z przemysłu owocowo-warzywnego stały się problemem dla wielu konwencjonalnych oczyszczalni, do których są one odprowadzane.

## MATERIAŁY I METODY

Badania prowadzono w laboratoriach Katedry Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska. Próbkę ścieków surowych pobierano 3-4 razy w miesiącu od I do IX 2015r. z zakładu produkującego głównie soki przecierowe z owoców i warzyw oraz mrożonki. W pobranych próbkach ścieków zgodnie z obowiązującą metodyką oznaczano zawartość:

- ChZT<sub>Cr</sub> – metodą dwuchromianową wg: PN-74/C-04578.03,
- BZT<sub>5</sub> – metodą manometryczną systemem Oxi -Top Standard,
- Pog. – metodą spektrofotometryczną wg: PN-EN ISO 6878:2006
- Nog. – metodą spektrofotometryczną na spektrofotometrze UV-VIS Pharo 300
- odczyn – metodą potencjometryczną PN-EN ISO 10523:2012
- zawiesina ogólna – metodą wagową PN-EN 872:2007+Ap1:2007

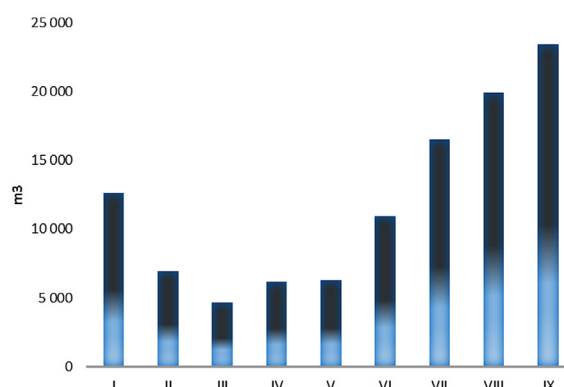
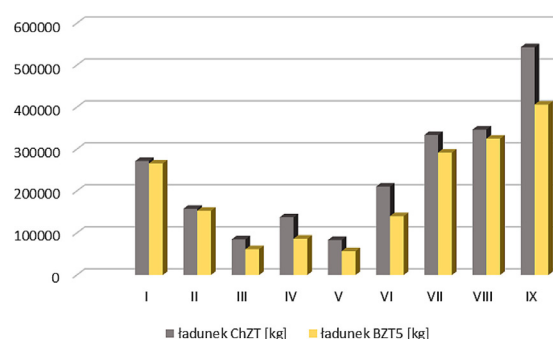
## WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

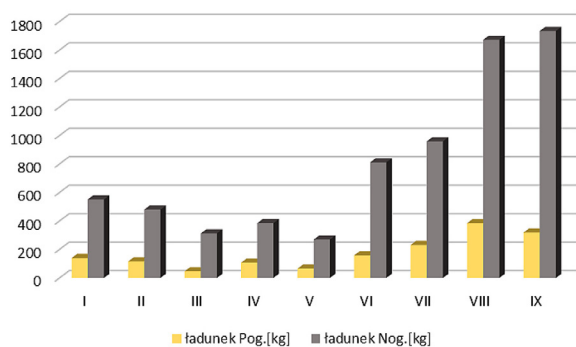
Ścieki z przetwórnictwa owocowo-warzywnego (tabela 1), charakteryzowały się, w porównaniu z typowymi ściekami z kanalizacji zbiorczych [Ignatowicz K. i Smyk J. 2014, Karolinczak B. 2014] wielokrotnie wyższymi wartościami BZT<sub>5</sub> i ChZT<sub>Cr</sub> oraz znacznie mniejszym stężeniem azotu i fosforu ogólnego. Rysunek 1 pokazuje zmienną udział objętość ścieków z przemysłu owocowo-warzywnego od stycznia do września 2015 roku. Najmniejszą objętość tych ścieków, stanowiącą 1320 m<sup>3</sup> odnotowano w maju, natomiast największą objętość wynoszącą 2316 m<sup>3</sup> we wrześniu, tuż po zbiorze owoców i warzyw.

**Tabela 1.** Średnie miesięczne wartości parametrów dla ścieków surowych**Table 1.** Mean monthly values of the parameters to raw wastewater

Miesiąc	pH	ChZT [mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	BZT <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	Pog. [mg P/dm <sup>3</sup> ]	Nog. [mg N/dm <sup>3</sup> ]	Zawiesina ogólna [mg/dm <sup>3</sup> ]
I	5,9–9,4	2 147	2 100	11	43,5	735
II	4,7–6,2	2 267	2 200	16,6	69	933
III	6,5–8,1	1 819	1 316	9,9	67	370
IV	6,3–7,6	2 227	1 400	17,4	62,3	397
V	5,4–7,3	1 320	900	10,4	42,6	253
VI	4,5–6,9	1 922	1 280	14,4	74	353
VII	4,4–7,9	2 021	1 766	14	58	408
VIII	4,5–7,9	1 741	1 633	19,3	84	362
IX	3,9–8,6	2 316	1 733	13,6	74	519
Średnia	–	1 976	1 592	14,1	63,8	481
Min	–	1 320	900	9,9	42,6	253
Max	–	2 316	2 200	19,3	84	933

Znaczny wzrost ilości ścieków z przemysłu owocowo-warzywnego obserwowany jest od czerwca do września (rys. 1). Związane jest to z sezonową pracą tego typu zakładów. Zakres zmian wartości BZT<sub>5</sub> oraz ChZT od stycznia do września przedstawiono w tabeli 1. Z wyliczeń wynika, iż stosunek ChZT do BZT<sub>5</sub> dla ścieków surowych z analizowanego zakładu jest mniejszy od 2 co wskazuje, iż ścieki są łatwo biodegradowalne. Na rysunku 2 przedstawiono zakres zmian średnich miesięcznych wartości ładunków ChZT i BZT<sub>5</sub> w ściekach surowych w 2015 roku dla zakładu wytwarzającego soki i przetwory owocowo-warzywno. Najwyższy ładunek ChZT w ściekach surowych odnotowano we wrześniu wynoszący 542 000 kg., natomiast najmniejszy w maju 83 000 kg. Maksymalny miesięczny ładunek dla BZT<sub>5</sub> w ściekach surowych zaobserwowano we wrześniu o wartości 406 000 kg. natomiast minimalny w maju 56 000 kg. Na rysunku 3 przedstawiono zmiany średniego miesięcznego ładunku dla azotu ogólnego i fosforu ogólnego w ściekach surowych. Najniższą wartość ładunku azotu ogólnego odnotowano w maju 269 kg, wzrastał on od 1671 kg w sierpniu do 1733 kg we wrześniu. Biorąc pod uwagę ładunek fosforu ogólnego sięgał on od 46 kg w marcu do 384 kg w sierpniu. Najwyższą średnią miesięczną wartość stężeń dla ChZT odnotowano we wrześniu, wynosiła ona 2316 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> natomiast najniższą w maju 1320 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (tab. 1). Średnia miesięczna ilość substancji organicznej wyrażona w BZT<sub>5</sub> w ściekach surowych wahała się od 900 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w miesiącu maju do 2200 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w lutym. Najniższe stężenie zawiesin ogólnych w ście-

**Rys. 1.** Średnie miesięczne objętości ścieków powstających w zakładzie produkującym soki owocowo-warzywno oraz mrożonki od stycznia do września 2015 r.**Fig. 1.** Monthly mean volume of effluents produced in fruit an vegetable industry from January to September 2015**Rys. 2.** Średnie miesięczne wartości ładunków ChZT oraz BZT<sub>5</sub> ścieków surowych z przemysłu owocowo-warzywnego od stycznia do września 2015 r.**Fig. 2.** Monthly mean values of COD and BOD loads raw wastewater from the fruit and vegetable industry from January to September 2015



**Rys. 3.** Średnie miesięczne wartości ładunków  $N_{og}$  oraz  $P_{og}$  ścieków surowych z przemysłu owocowo-warzywnego od stycznia do września 2015 r.

**Fig. 3.** Monthly mean values of  $N_{total}$  and  $P_{total}$  loads raw wastewater from the fruit and vegetable industry from January to September 2015

kach surowych wynosiło  $253 \text{ mg/dm}^3$  natomiast najwyższe odnotowano  $933 \text{ mg/dm}^3$  w lutym (tabela 1). Z analizy średnich miesięcznych stężeń azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego w ściekach surowych z przeróbki owoców i warzyw można stwierdzić, iż najwięcej azotu ogólnego  $84 \text{ mgN/dm}^3$  zanotowano w sierpniu, natomiast najmniej bo  $42,6 \text{ mgN/dm}^3$  w maju. Największe stężenie fosforu ogólnego w ściekach surowych wynosiło  $19,3 \text{ mgP/dm}^3$  w sierpniu, a w miesiącu marcu ponad 2 krotnie niższe wynoszące  $9,9 \text{ mgP/dm}^3$ . Zaobserwowano, że ścieki związane bezpośrednio z produkcją przetworów owocowo-warzywnych charakteryzuje zmienna wartość odczynu pH od 3,9 po 9,4 (tab. 1).

## WNIOSKI

1. Analiza wykonanych pomiarów pozwala na następujące stwierdzenia:
2. W przypadku badanych parametrów widoczna jest ich znaczna zmienność wywołana sposobem realizacji procesu produkcji w przetwórni owoców i warzyw. Charakteryzuje się ona bowiem występowaniem okresów wzmożonego wyrobu soków owocowo-warzywnych i mrożonek jak i przestojów na liniach technologicznych, w czasie których prowadzi się konserwację i płukanie urządzeń linii technologicznych.
3. Zaobserwowano znaczne wahania sezonowe w odprowadzeniu ścieków przemysłowych do kanalizacji zbiorczych. W okresie od czerwca do września wzrasta o 50% w stosunku do pozostałej części roku.

4. W ściekach z przetwórni owocowo-warzywniej podstawowym zanieczyszczeniem była substancja organiczna wyrażona w ChZT oraz  $BZT_5$ , natomiast stwierdzono niewielkie ilości związków azotu i fosforu.

5. Uzyskane wyniki badań ścieków surowych z zakładu produkującego soki i przeciery owocowo-warzywnie potwierdzają konieczność przeprowadzenia badań ilościowo-jakościowych odprowadzanych nieczystości.

## Podziękowanie

Pracę zrealizowano w ramach tematu badawczego pt. „Badania nad wpływem biopreparatu na proces oczyszczania ścieków z przetwórstwa owocowo-warzywnego w oczyszczalni ze złożem hydrofitowym”, finansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, w ramach pracy własnej nr MB/WBIIŚ/13/2015 w Katedrze Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska Politechniki Białostockiej oraz dzięki uprzejmości i pomocy Zakładu Wodociągów i Kanalizacji Przedsiębiorstwa Komunalnego w Siemiatyczach.

## LITERATURA

1. GUS 2013, <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ceny-handel/handel/dostawy-na-rynek-krajowy-oraz-spozycie-niektorych-artykułow-konsumpcyjnych>.
2. GUS 2014, <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ceny-handel/handel/dostawy-na-rynek-krajowy-oraz-spozycie-niektorych-artykułow-konsumpcyjnych>.
3. Soroko M., Oczyszczanie ścieków z małych przetwórni owocowo-warzywnych w oczyszczalniach hydrofitowych. Woda Środowisko Obszary Wiejskie, 3, 2003, 119–128.
4. Ignatowicz K., Smyk J., Ekologiczne rozwiązania gospodarki ściekowej i grzewczej w monasterze w Zwierkach. Inżynieria Ekologiczna, 40, 2014, 7–16.
5. Kierczyńska S., Produkcja warzyw i owoców oraz ich przetwórstwo w Polsce. Roczniki Seria, t. X, z. 4, 2008, 161–167.
6. Nawirska A., Gospodarka wodno-ściekowa w przemyśle owocowo-warzywnym. Agro Przemysł, 3, 2007, 65–67.
7. Nawirska A., Szymański L., 2002, Gospodarka wodno-ściekowa w zakładach przemysłu spożywczego. Wrocław, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.

8. Puchlik M. Application of constructed wetlands for treatment of wastewater from fruit and vegetable industry. *J. Ecol. Eng.* 17(1), 2016, 131–135.
9. Kopiec D., Ścieki z zakładów spożywczych – doświadczenia z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Błoniu, *Przegląd Komunalny*, 2, 2007, 47–50.
10. Koziorowski B., *Oczyszczanie ścieków przemysłowych*. WNT, Warszawa 1980, s. 622.
11. Meinck F., Stoof H., Kohlschutter. *Ścieki Przemysłowe*, 1975, 487–492.
12. Talik B., Chudzik B., *Oczyszczanie ścieków z małych przetwórní owocowo-warzywnych zlokalizowanych na wsi*. *Wiad. IMUZ*, t. 20, z. 3, 2000, 199–212.
13. Puchlik M., Ignatowicz K., Dąbrowski W. Influence of bio-preparation on wastewater purification process in constructed wetlands. *J. Ecol. Eng.*, 16(1), 2015, 159–163
14. Bartkiewicz B., Umiejewska K., *Oczyszczanie ścieków przemysłowych*. Wyd. PWN, Warszawa 2010, 188–213.
15. Karolinczak B., *Zastosowanie indywidualnych oczyszczalni ścieków w niekorzystnych warunkach gruntowo-wodnych*. *Inżynieria Ekologiczna*, 40, 2014, 129–136.