

OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW Z MAŁYCH PRZETWÓRNI OWOCOWO-WARZYWNYCH W OCZYSZCZALNIACH HYDROFITOWYCH

Marek SOROKO

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Dolnośląski Ośrodek Badawczy we Wrocławiu

Słowa kluczowe: BZT₅, ChZT_{Cr}, substancja organiczna, ścieki z przetwórní owocowo-warzywnych, złoża hydrofitowe

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące oczyszczania ścieków z małych przetwórní owocowo-warzywnych w 4 oczyszczalniach hydrofitowych. W ściekach tych, ubogich w azot i fosfor, głównym zanieczyszczeniem była substancja organiczna – BZT₅ tych ścieków wynosiło od 1 100 do 7 100 g O₂·m⁻³, zaś ChZT_{Cr} – od 1400 do 10 200 g O₂·m⁻³. Średnia skuteczność usuwania substancji organicznej ze ścieków oczyszczanych na złożach hydrofitowych z podpowierzchniowym poziomym przepływem, wyrażona zmniejszeniem BZT₅, wynosiła od 34 do 67%, a zmniejszeniem ChZT_{Cr} – od 31 do 71%, w zależności od obciążenia tych złożów ściekami. Lepsze, lecz jeszcze dalece niewystarczające rezultaty, uzyskano w złożu z przepływem pionowym. Średnie zmniejszenie wartości wskaźnika BZT₅ sięgało tam 86,9%, a ChZT_{Cr} – 82,6%.

WSTĘP

Przetwórstwem owocowo-warzywnym zajmuje się w kraju około 130 dużych i średnich zakładów oraz ponad 1000 małych przetwórní, w których zatrudnienie nie przekracza 50 osób, a produkcja roczna – 1000 t [TALIK, CHUDZIK, 2000]. Według danych GUS [Ochrona ..., 2001], w 2000 r. wytworzyły one 10 hm³ ścieków wymagających oczyszczania, w tym 2,5 hm³ nieoczyszczonych i 1,0 hm³ oczyszczonych mechanicznie, które odprowadzono bezpośrednio do wód po-

Adres do korespondencji: dr inż. M. Soroko, Dolnośląski Ośrodek Badawczy IMUZ, ul. Powstańców Śląskich 98, 53-333 Wrocław, tel. +48 (71) 367 80 92, e-mail: dob@dob-imuz.pl

wierzchniowych lub do ziemi, powodując znaczne zanieczyszczenie środowiska wodnego.

Przetwórstwo owocowo-warzywno charakteryzuje się kampanijnością produkcji. Jej nasilenie przypada na okres od czerwca do października, co utrudnia oczyszczanie ścieków metodami konwencjonalnymi. Utrudnieniem dla biologicznego oczyszczania tych ścieków, na ogół bardzo bogatych w substancję organiczną, może być również o wiele za mała ich zasobność w składniki pokarmowe.

W latach 90. XX w. do oczyszczania ścieków z małych przetwórnictw owocowo-warzywnych zaczęto wykorzystywać w Polsce uszczelnione filtry, w których ścieki przepływają przez grunt zasiedlony roślinnością hydrofitową. Oczyszczalnie te wcześniej zaczęto stosować do usuwania zanieczyszczeń ze ścieków bytowo-gospodarczych na terenach wiejskich. Zyskały one popularność ze względu na prostą budowę, łatwą i taną eksploatację, odporność na zmiany ilości i jakości dopływających ścieków oraz dość dużą skuteczność. Warunkiem dobrej pracy tych obiektów jest jednak prawidłowe ich zaprojektowanie, wykonanie i eksploatacja.

W literaturze krajowej i zagranicznej brak jest w zasadzie doniesień o skuteczności oczyszczania specyficznych ścieków z przetwórstwa owocowo-warzywnego w oczyszczalniach hydrofitowych. Z publikacji MAKOWSKIEJ i KOKOSZKI [1996] wynika tylko, że na monitorowanym przez nie złożu z podpowierzchniowym poziomym przepływem zastosowano zbyt mało przepuszczalny materiał do jego wypełnienia – glinę piaszczystą, co powodowało częste przepływy powierzchniowe ścieków i bardzo małą skuteczność ich oczyszczania. Celem badań zaprezentowanych w niniejszej pracy było określenie skuteczności usuwania zanieczyszczeń z tych ścieków w oczyszczalniach hydrofitowych, w zależności od obciążenia złóż ściekami, rodzaju materiału wypełniającego złoża oraz od kierunku przepływu ścieków przez złoża i związanej z tym intensywności natleniania złóż.

ZAKRES I METODY BADAŃ

Pomiary prowadzono w latach 1999-2001 w 4 oczyszczalniach hydrofitowych, przyjmujących ścieki z dwóch małych przetwórnictw owocowo-warzywnych (A i B). W zakładzie A ścieki powstawały tylko w okresie letnim, podczas mycia oraz sortowania truskawek i wiśni przeznaczonych do zamrożenia. Średnie dobowe ilości ścieków z cykli produkcyjnych trwających około miesiąca wynosiły od 45 do 145 m³·d⁻¹. Wytwarzane ścieki były oczyszczane mechanicznie na kracie i w 4-komorowym osadniku wstępnym, o łącznej objętości czynnej 17,4 m³. Następnie dopływały na wybudowane w 1994 r. złoża hydrofitowe 1., z podpowierzchniowym poziomym przepływem. Złoże miało 34 m długości, 30 m szerokości i 0,6 m głębokości. Było wypełnione lokalną glebą piaszczystą, z dodatkami wspomagającymi filtrację, takimi jak: bentonit, słoma, wapno rolnicze i kora mielona (metoda Kickutha). Złoże porastała trzcina pospolita (*Phragmites australis*).

W zakładzie B, pracującym w cyklu całorocznym, przetwarzano owoce i warzywa na około 28 rodzajów produktów, a średnia dobowo ilość wytwarzanych ścieków wynosiła około $60 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Ścieki te, po oczyszczeniu na kracie, były gromadzone w 2 zbiornikach o objętości 300 m^3 każdy, gdzie odbywało się ich dalsze mechaniczne oczyszczanie. Ścieki te były następnie wykorzystywane rolniczo. Ze zbiorników magazynujących pobierano też ścieki do doświadczeń modelowych w skali technicznej na trzech złożach hydrofitowych. Złoża te znajdowały się na Stacji Doświadczalnej IMUZ – DOB Wrocław. Dwa z nich (2. i 3.), to złoża z podpowierzchniowym poziomym przepływem, o długości 5,5 m, szerokości 1,8 m i głębokości 0,6 m. Złoże 2. było wypełnione piaskiem średnio ziarnistym ($d_{10} = 0,22 \text{ mm}$), a złoże 3. – drobnym żwirem ($d_{10} = 0,8\text{--}1,2 \text{ mm}$). Złoże 4., z przepływem pionowym, różniło się głębokością (0,8 m) i było wypełnione do wysokości 0,5 m piaskiem średnio ziarnistym ($d_{10} = 0,22 \text{ mm}$), a wyżej – glebą lekką. Złoża 2. i 3. były porośnięte trzcina pospolitą (*Phragmites australis*), a złoże 4. – wierzbą wiciową (*Salix viminalis*). Złoża 2. i 4., zbudowane w 1993 r., były wcześniej wykorzystywane do oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych, a złoże 3. zbudowano w 1999 r., przed rozpoczęciem badań. Złoża 2. i 3. były zasilane ściekami spływającymi grawitacyjnie ze zbiorników na ich przednią, wlotową część, a na złożu 4. ścieki rozdeszczowywano na całej jego powierzchni. Złoża 2. i 3. pracowały w warunkach spiętrzenia ścieków do poziomu ich powierzchni, a złoże 4. – bez spiętrzenia, w warunkach nienasyconych. Badania prowadzono przez cały rok, z podziałem na okresy pozazimowe i zimowe. Stosowano zróżnicowane obciążenie złóż ściekami.

Analizowano ścieki surowe (tylko z przetwórni A), oczyszczone mechanicznie oraz odpływające ze złóż hydrofitowych. Pobór próbek odbywał się w cyklu około 1-miesięcznym. W oczyszczalni przykładowej (przetwórnia A) próbki pobierano pod koniec każdego cyklu produkcyjnego, a próbki do analiz były uśredniane z 3 dobowych powtórzeń. Na oczyszczalniach modelowych gromadzono w zbiornikach całodobowe odpływy ze złóż i z nich pobierano comiesięcznie uśrednione próbki. Oznaczano zanieczyszczenia podstawowe i eutroficzne. Stosowano następujące metody oznaczeń: pH – potencjometrycznie, BZT₅ – metodą rozcieńczeń, ChZT_{Cr} – metodą dwuchromianową, azot Kjeldahla (po mineralizacji), N-NH₄, N-NO₃ i P_{og} – metodą kolorymetryczną. Azot ogólny obliczano jako sumę azotu Kjeldahla i N-NO₃.

Skuteczność oczyszczania ścieków w osadniku wstępnym i w złożach hydrofitowych obliczano według wzoru:

$$\eta = \frac{C_0 - C_e}{C_0} 100\%$$

gdzie:

- η – skuteczność usuwania zanieczyszczeń,
- C_0 – koncentracja zanieczyszczeń w dopływach,
- C_e – koncentracja zanieczyszczeń w odpływach.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ścieki z 2 małych przetwórni owocowo-warzywnych (A i B), stosowane do zasilania złóż hydrofitowych (tab. 1 i 2), charakteryzowały się, w porównaniu z typowymi ściekami z wiejskich kanalizacji zbiorczych [SIKORSKI, 1998], średnio 10–20-krotnie większymi wartościami BZT₅ i ChZT_{Cr} oraz znacznie mniejszymi stężeniami azotu ogólnego. Z tego powodu, głównym zagadnieniem w prezentowanej pracy stała się możliwość osiągnięcia na badanych złożach odpowiednio wysokiego stopnia usuwania substancji organicznej z tych ścieków.

Tabela 1. Usuwanie zanieczyszczeń ze ścieków z przetwórni owocowo-warzywnej A w osadniku wstępnym – wartości średnie

Table 1. Removal of contaminants from wastewater produced by fruit and vegetable processing plant A in a settling tank – mean values

Wskaźnik Index	Wartość ¹⁾ Value ¹⁾		Skuteczność usuwania, % Efficiency of removal, %
	dopływ influent	odpływ effluent	
BZT ₅ BOD ₅	3 132	2 766	11,7
ChZT _{Cr} COD _{Cr}	5 078	4 096	19,3
Zawiesina ogólna Suspended solids	626	296	53,2
N _{og} N _{tot}	48	34	29,2
P _{og} P _{tot}	9	6,6	26,6

¹⁾ BZT₅ i ChZT_{Cr} w g O₂·m⁻³, pozostałe w g·m⁻³.

¹⁾ BOD₅ and COD_{Cr} in gO₂·m⁻³, other in g·m⁻³.

Przed doprowadzeniem na złoża, ścieki były oczyszczane mechanicznie. Średnią skuteczność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków wytworzonych w przetwórni A w osadniku wstępnym podano w tabeli 1.

Obciążenie hydrauliczne złoża oczyszczalni hydrofitowej 1., przyjmującej ścieki z przetwórni A, w 3 kolejnych sezonach było bardzo zmienne – wynosiło od 25 do 165 mm·d⁻¹ (tab. 2). BZT₅ ścieków z tej przetwórni zmieniało się od około 1000 do 7000 g O₂·m⁻³. W rezultacie obciążenie złoża ładunkami substancji organicznej, wyrażonymi w BZT₅, osiągało wartości od 28 g O₂·m⁻²·d⁻¹, (to jest około 2-krotnie większe niż 15 g O₂·m⁻²·d⁻¹ – szacowane przez KOWALIKA i OBARSKĄ-PEMPKOWIAK [1994] jako dopuszczalne na tego typu złożach), do maksymalnie –

541 g O₂·m⁻²·d⁻¹. W warunkach wielokrotnych przeciążeń złoża ładunkami zanieczyszczeń organicznych, skuteczność ich usuwania nie była duża i osiągała, w zależności od obciążenia, od 33,1 do 54,4% w przypadku BZT₅ i od 28,2 do 55,0% w przypadku ChZT_{Cr}. Prowadziło to do wielokrotnego przekraczania w odpływach z oczyszczalni dopuszczalnych wartości wskaźników tych zanieczyszczeń w ściekach z zakładów mięsnych odprowadzanych do wód lub do ziemi, wynoszących w przypadku BZT₅ – 25 g O₂·m⁻³, a w przypadku ChZT_{Cr} – 125 g O₂·m⁻³ [Rozporządzenie ..., 2002]. Przekroczenia te osiągały 21–174-krotność dla BZT₅ i 5–54-krotność dla ChZT_{Cr}.

Średnie stężenie azotu ogólnego w ściekach dopływających z osadnika wstępnego do złoża 1. wynosiło 34,5 g·m⁻³, a fosforu ogólnego 6,6 g·m⁻³. W warunkach średniej skuteczności usuwania tych zanieczyszczeń w złożu, wynoszącej odpowiednio 44,0 i 33,0%, ich stężenia w odpływach z oczyszczalni wynosiły 19,0 g N_{og}·m⁻³ i 4,4 g P_{og}·m⁻³, a więc były mniejsze lub zbliżone do dopuszczalnych w Rozporządzeniu ... [2002], wynoszących 30 g·m⁻³ w przypadku N_{og} i 3 g·m⁻³ w przypadku P_{og}.

W złożach modelowych (2., 3. i 4.) zastosowano małe obciążenia hydrauliczne ściekami, wynoszące od 3 do 10 mm·d⁻¹ (tab. 2). Obciążenie tych złożów ładunkami substancji organicznej, wyrażone w BZT₅, wynosiło od 12 do 50 g O₂·m⁻²·d⁻¹. Obciążenie to było znacznie mniejsze od obciążenia złoża przykładowego 1.

W złożach modelowych 2. i 3., z podpowierzchniowym poziomym przepływem, jednakowo obciążanych ściekami, skuteczność usuwania substancji organicznej wyrażonej w BZT₅ była najmniejsza w pierwszych dwóch okresach badań w warunkach stosowania obciążeń ładunkami zanieczyszczeń wynoszących od 32 do 45 g O₂·m⁻²·d⁻¹. Szczególnie mała była ona na złożu żwirowym 3. – wynosiła 20–40% – co można uzasadnić jego wpracowywaniem się. W czasie dalszych pomiarów, w warunkach mniejszego obciążenia, wynoszącego 12–25 g O₂·m⁻²·d⁻¹, skuteczność usuwania w obu złożach wynosiła 53–66%. Nie stwierdzono w tym okresie wyraźnej zależności skuteczności od rodzaju złoża oraz od warunków sezonowych. W tym czasie wskaźniki BZT₅ i ChZT_{Cr} w odpływach ze złożów przekraczały wartości dopuszczalne odpowiednio 61–94 i 17–25 razy [Rozporządzenie ..., 2002].

Znacznie lepsze wyniki uzyskano w złożu 4. z przepływem pionowym, gdzie przy większych obciążeniach substancją organiczną, jej usuwanie wyrażone zmniejszeniem wartości BZT₅ dochodziło do 86,9%, a ChZT_{Cr} – do 82,6%. Pomimo to, odnotowano jeszcze znaczne przekroczenia dopuszczalnych wartości tych wskaźników w odpływach, co najmniej 21-krotne w przypadku BZT₅ i 8-krotne w przypadku ChZT_{Cr}.

Średnie stężenie azotu ogólnego w ściekach dopływających do złożów modelowych wynosiło 27,4 g·m⁻³, a fosforu ogólnego 2,5 g·m⁻³. Były to więc wartości mniejsze od stężeń dopuszczalnych w ściekach odprowadzanych do wód i do ziemi [Rozporządzenie ..., 2002]. W złożach z podpowierzchniowym poziomym prze-

Tabela 2. Usuwanie substancji organicznej wyrażonej w BZT₅ i ChZT_{Cr} ze ścieków w złożach hydro-**Table 2.** Removal of organic substances as BOD₅ and COD_{Cr} from wastewater in constructed

Producent ścieków Producer of sewage	Nr złoża No of bed	Charakterystyka złoż Characteristics of the beds	Okres badań – lata Period of investigation – years	Obciążenie hydrauliczne Loading rate mm·d ⁻¹
A	1	Przepływ podpowierzchniowy poziomy, gleba piaszczysta Subsurface horizontal flow, sandy soil	P-99-T	66
			P-99-W	44
			P-00-T	25
			P-00-T	165
			P-00-W	128
			P-01-T	102
			P-01-W	78
B	2	Przepływ podpowierzchniowy poziomy, piaskowe Subsurface horizontal flow, sandy soil	P-99	10
			Z-00	10
			P-00	5
			P-00	3
			Z-01	5
	3	Przepływ podpowierzchniowy poziomy, żwirowe Subsurface horizontal flow, gravel	P-99	10
			Z-00	10
			P-00	5
			P-00	3
			Z-01	5
	4	Przepływ pionowy, piaskowe Vertical flow, sandy	P-00	10
			P-00	6
			Z-01	6

P – okres pozazimowy, Z – okres zimowy, T – mycie truskawek, W – mycie wiśni.

P – non-winter time, Z – winter time, T – washing of strawberries, W – washing of cherries.

plywem ścieków średnia skuteczność usuwania N_{og} i P_{og} wynosiła odpowiednio 36,0 i 19,0%, a w złożu z przepływem pionowym – 39,0 i 31,0%.

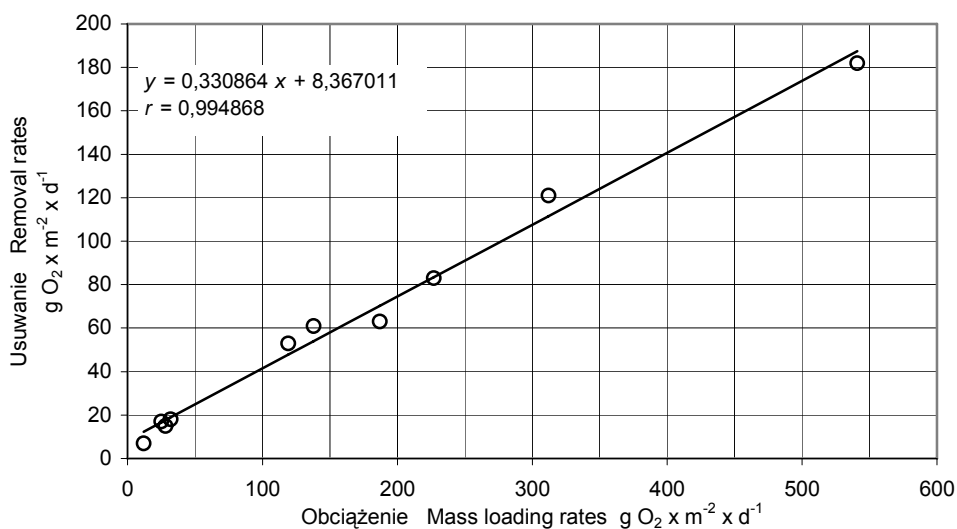
Ogólną średnią efektywność usuwania substancji organicznej z analizowanych ścieków w złożach hydrofitowych z podpowierzchniowym poziomym przepływem przedstawiono na rysunkach 1. i 2. Z uzyskanych zależności wynika, że w zakresie obciążeń złoż ładunkami substancji organicznej wyrażonymi w BZT₅ i wynoszącymi od 25 do 550 g O₂·m⁻²·d⁻¹, średnia skuteczność usuwania substancji organicznej osiągała od 34,0 do 67,0%. W przypadku obciążenia złoż ładunkami substancji organicznej wyrażonymi w ChZT_{Cr}, wynoszącymi od 30 do 900 g O₂·m⁻²·d⁻¹, skuteczność jej usuwania osiągała średnio od 31 do 64%.

fitowych – wartości średnie

wetlands – mean values

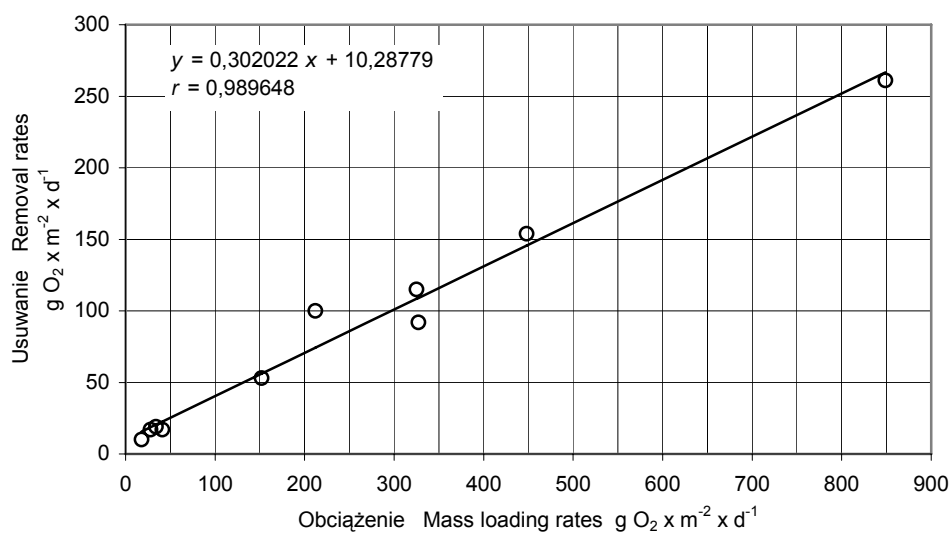
BZT ₅ BOD ₅				ChZT _{Cr} COD _{Cr}			
dopływ influent	odpływ effluent	obciążenie złóż loading rates	skutecz- ność usu- wania removal	dopływ influent	odpływ effluent	obciążenie złóż loading rates	skutecz- ność usu- wania removal
g O ₂ ·m ⁻³		g O ₂ ·m ⁻² ·d ⁻¹	%	g O ₂ ·m ⁻³		g O ₂ ·m ⁻² ·d ⁻¹	%
1800	1000	119	44,4	2298	1493	152	35,0
7100	4350	312	38,7	1017	6689	448	34,2
1110	520	28	53,4	1368	615	34	55,0
1375	875	227	36,3	1984	1423	327	28,2
4225	2825	541	33,1	6625	4593	849	30,7
1350	750	138	44,4	2082	1097	212	47,3
2400	1587	187	33,9	4166	2688	325	35,5
3225	1425	32	55,8	4093	2359	41	42,4
4500	2900	45	35,5	6261	3691	63	41,0
5020	1700	25	66,1	5658	2147	28	62,0
3964	1768	12	55,4	5991	2553	18	57,4
4283	1612	21	62,4	7080	3137	35	55,6
3225	1937	32	39,9	4093	3127	41	23,6
4500	3583	45	20,4	6261	5361	63	14,4
5020	2360	25	53,0	5658	2560	28	54,8
3942	1532	12	61,3	5991	2172	18	63,7
4283	1737	21	59,4	7080	2569	35	63,7
5020	1070	50	78,7	5658	1464	57	74,1
3942	517	24	86,9	5991	1044	36	82,6
4283	1037	26	75,7	7080	1958	42	72,3

Oczyszczanie ścieków z małych przetwórni owocowo-warzywnych na pracujących samodzielnie złożach hydrofitowych z poziomym podpowierzchniowym przepływem ścieków okazało się zdecydowanie niewystarczające w stosunku do aktualnych wymagań formalno-prawnych. Wynikało to głównie ze słabego natlenienia tych złóż, pracujących w warunkach stałego podtopienia, oraz z bardzo dużych zawartości substancji organicznej, która stanowiła główne zanieczyszczenie ścieków. Zawartości te były na ogół znacznie większe niż podawane w literaturze dla ścieków z przemysłu owocowo-warzywnego, które wynoszą przeważnie od około 500 do 1500 g O₂·m⁻³ [KOZIOROWSKI, 1980, KUTERA, TALIK, 1997]. Utrudnieniem biologicznego oczyszczania tych ścieków na złożach hydrofitowych mógł



Rys. 1. Zmniejszanie BZT₅ ścieków z przetworni owocowo-warzywnych w złożach hydrofitowych 1. i 2., z poziomym podpowierzchniowym przepływem

Fig. 1. Removal of BOD₅ from wastewater from fruit and vegetable processing plants in constructed wetland 1 and 2 with the subsurface horizontal flow



Rys. 2. Zmniejszanie ChZT_{Cr} ścieków z przetworni owocowo-warzywnych w złożach hydrofitowych 1. i 2., z poziomym podpowierzchniowym przepływem

Fig. 2. Removal of COD_{Cr} from wastewater from fruit and vegetable processing plants in constructed wetland 1 and 2 with the subsurface horizontal flow

być też niekorzystny dla rozwoju mikroorganizmów iloraz BZT₅ i azotu oraz fosforu ogólnego. Wynosił on średnio 85:1–156:1 w przypadku N_{og} i 418:1–1710:1 w przypadku P_{og}, a oceniany jako minimalny w ściekach oczyszczanych metodą osadu czynnego wynosi 32:1 w przypadku N_{og} i 100:1 w przypadku P_{og} [CYWIŃSKI i in., 1972].

Znacznie lepsze, chociaż niewystarczające, rezultaty usuwania substancji organicznej ze ścieków z przetwórni owocowo-warzywnych, uzyskano w złożu z przepływem pionowym, gdzie w warunkach cyklicznego dawkowania ścieków na niepodtopiony filtr, przeważały warunki tlenowe. Uzasadnia to potrzebę dalszych badań nad poprawą warunków tlenowych w tych złożach, w celu zintensyfikowania procesów rozkładu substancji organicznej. Do poprawy tych warunków może się przyczynić m.in.:

- właściwy dobór materiału do wypełnienia złożeń oraz wielkość i częstość obciążania ich ściekami [FELDE, KUNST, 1996],
- stosowanie tego typu złożeń w układzie szeregowym [GRAY i in., 1996].

WNIOSKI

1. W ściekach z małych przetwórni owocowo-warzywnych podstawowym zanieczyszczeniem była substancja organiczna.

2. Skuteczność usuwania substancji organicznej w złożach hydrofitowych z podpowierzchniowym poziomym przepływem była o wiele za mała w stosunku do aktualnych wymagań, nawet w przypadku stosowania minimalnych obciążeń. Było to spowodowane bardzo dużymi jej stężeniami w dopływających ściekach i słabymi możliwościami natleniania złożeń hydrofitowych.

3. Znacznie lepsze, lecz jeszcze dalece niewystarczające rezultaty, uzyskano w złożu z przepływem pionowym.

4. Ostateczna ocena przydatności złożeń z przepływem pionowym do oczyszczania ścieków z małych przetwórni owocowo-warzywnych wymaga dalszych badań nad możliwościami poprawy ich skuteczności.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego KBN nr 5PO6H 073 16.

LITERATURA

- CYWIŃSKI B., GDULA S., KEMPA E., KURBIEL J., PŁOSZAŃSKI H., 1972. *Oczyszczanie ścieków miejskich*. Warszawa: Arkady ss. 631.
- FELDE K., KUNST S., 1996. N and COD removal in vertical flow system. Proc. 5th Conf. on wetland system for water pollution control. Vienna, Austria, I/8.
- GRAY K., BIDDLESTONE A., THAYANJITHY K., JOB G., BERE S., EDWARDS J., SUN G., COOPER D., 1996. Use of reed beds treatment systems for the removal of BOD and ammoniacal – nitrogen

- from agricultural „dirty wastes”. Proc. 5th Conf. on wetland system for water pollution control. Vienna, Austria, XII/1.
- KOZIOROWSKI B., 1980. Oczyszczanie ścieków przemysłowych. Warszawa: WTN ss. 622.
- KOWALIK P., OBARSKA-PEMPKOWIAK H., 1994. Zasady pracy małych hydrobotanicznych oczyszczalni ścieków. Mater. Inf. nr 28. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 62.
- KUTERA J., TALIK B., 1997. Możliwości oczyszczania i wykorzystania ścieków z przemysłu owocowo-warzywnego. W: Metody oczyszczania i utylizacji ścieków przemysłu rolno-spożywczego oraz odchodów zwierzęcych z ferm i obiektów inwentarskich. Pr. zbior. Red. J. Kutera, F. Czyżyk. Mater. z semin. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 64–72.
- MAKOWSKA M., KOKOSZKA A., 1996. Skuteczność usuwania zanieczyszczeń w wybranych złożach trzcinowych na terenie woj. poznańskiego. W: Oczyszczalnie hydrobotaniczne. Mater. semin. II Konf. nauk.-tech. Poznań: AR, UAM s. 174–183.
- Ochrona środowiska, 2001. Informacje i opracowania statystyczne. Warszawa: GUS ss. 556.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 29.11.2002 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi. Dz.U. 2002 nr 212 poz. 1799.
- SIKORSKI M., 1998. Gospodarka ściekami bytowymi jako czynnik ochrony środowiska. Rozpr. Habil. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 133.
- TALIK B., CHUDZIK B., 2000. Oczyszczanie ścieków z małych przetwórní owocowo-warzywnych zlokalizowanych na wsi. Wiad. IMUZ t. 20 z. 3 s. 199–212.

Marek SOROKO

THE TREATMENT OF WASTEWATER FROM SMALL FRUIT AND VEGETABLE PROCESSING PLANTS IN THE CONSTRUCTED WETLANDS

Key words: BOD₅, COD_{Cr}, organic substance, wastewater from fruit and vegetable processing plants, constructed wetland

S u m m a r y

Efficiency of 4 constructed wetlands in contaminants removal from wastewater produced in fruit and vegetable processing plants has been investigated. The main contaminant in this wastewater, otherwise poor in N and P, was the organic substance. Its concentration as BOD₅ was 1 100 to 7 100 g O₂·m⁻³ and as COD_{Cr} – 1400 to 10 200 g O₂·m⁻³. Mean BOD₅ and COD_{Cr} removal on 3 beds with the horizontal subsurface flow depended on the organic substances loading rates and varied in a wide range between 34 and 67 % for BOD₅ and between 31 and 64 for COD_{Cr}. Better, but still very insufficient results were obtained on the bed with a vertical flow. Its mean removal of BOD₅ reached 86.9 % and that of COD_{Cr} – 82.6 %.

Recenzenci:

dr hab. inż. Hanna Obarska-Pempkowiak – prof. nadzw. PG

dr hab. inż. Mikołaj Sikorski – prof. PŚk

Praca wpłynęła do Redakcji 22.07.2002 r.

