

SKUTECZNOŚĆ USUWANIA ZANIECZYSZCZEŃ NA ZŁOŻU GRUNTOWO-ROŚLINNYM Z WIERZBĄ *SALIX VIMINALIS*

THE EFFICIENCY OF POLLUTION REMOVAL IN A SOIL-PLANT BED WITH WILLOW *SALIX VIMINALIS*.

Krzysztof Józwiakowski

Instytut Melioracji i Budownictwa Rolniczego AR w Lublinie

Wstęp

W ostatnich latach na obszarach wiejskich coraz częściej wprowadzane są hydrobotaniczne systemy oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych. Polegają one na wykorzystaniu właściwości roślin ekosystemów bagiennych do oczyszczania ścieków w warunkach naturalnych lub w sztucznie uformowanych złożach gruntowo-roślinnych. Powierzchnię złoża najczęściej obsadza się trzcina pospolitą (*Phragmites australis*), wierzbą (*Salix viminalis*) lub pałąką (*Typha*). Pierwsze obiekty tego typu powstały m.in. w Niemczech na podstawie prac badawczych prowadzonych przez Kickutha [1976] i Seidel [1981]. Technologia ta rozwinęła się także w Danii [Brix 1987], Wielkiej Brytanii [Cooper i in. 1989] i innych krajach Europy Zachodniej oraz w Stanach Zjednoczonych. Obecnie również w Polsce systemy hydrobotaniczne są przedmiotem badań wielu ośrodków naukowych [Obarska-Pempkowiak 1992; Kowalik, Obarska-Pempkowiak 1994, 1997; Osmulska-Mróz 1995; Błażejewski 1996; Biernacka, Obarska-Pempkowiak 1996; Soroko 1996]. Literatura na temat oczyszczania wód i ścieków przy udziale roślin jest bardzo obszerna. Jednak, jak dotychczas nie została ustalona jednolita systematyka roślinnych oczyszczalni ścieków oraz ich nazewnictwo [Roman 1997]. Kilka ośrodków realizuje specjalne programy badawcze, zmierzające do weryfikacji wyników krajowych w nawiązaniu do warunków zagranicznych.

Zaprezentowane w niniejszej pracy wyniki badań dotyczą przydomowej, oczyszczalni ścieków, w której jako filtr oczyszczający zastosowano złożo gruntowo-roślinne z wierzbą *Salix viminalis*. Według klasyfikacji hydrobotanicznych oczyszczalni ścieków [Obarska-Pempkowiak 1992; Kowalik, Obarska-Pempkowiak 1994, 1997; Biernacka, Obarska-Pempkowiak 1996] badany

obiekt określa się jako system gruntowo-roślinny z podpowierzchniowym przepływem ścieków, w literaturze anglojęzycznej znany jako: „constructed wetland with subsurface flow system” (VSB - vegetated submerged bed).

Celem opracowania jest ocena skuteczności oczyszczania ścieków w osadniku gnilnym oraz na złożu gruntowo-roślinnym w różnych porach roku, jak również określenie, czy jakość ścieków oczyszczonych odpowiada wymaganiom zawartym w Rozporządzeniu MOŚZNiL z dnia 5 listopada 1991 roku.

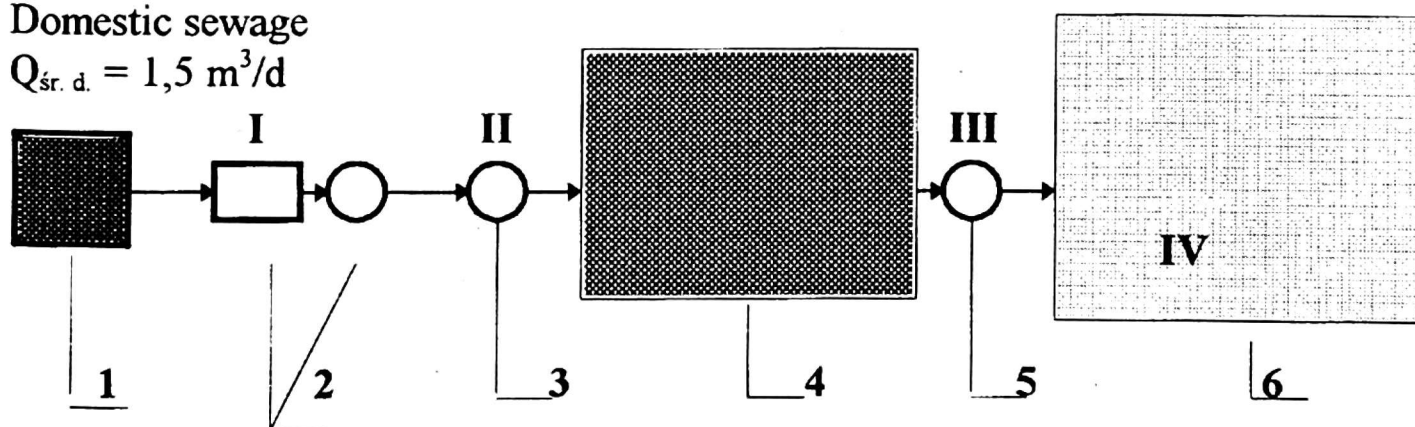
Charakterystyka badanego obiektu

Objęta badaniami oczyszczalnia ścieków zlokalizowana jest w miejscowości Jastków w woj. lubelskim i została oddana do eksploatacji w 1994 r. Środki finansowe na budowę oczyszczalni gmina Jastków otrzymała z Programu UNEP-WHO oraz z MOŚZNiL w ramach przedsięwzięcia „Kontrola zanieczyszczeń obszarowych pochodzących z rolnictwa w zlewni rzeki Wisły”. Projekt techniczny oczyszczalni opracowali Drupka i in.[1992]. Schemat technologiczny badanego obiektu przedstawiono na rysunku 1.

Ścieki bytowo-gospodarcze

Domestic sewage

$Q_{\text{śr. d.}} = 1,5 \text{ m}^3/\text{d}$



Rys.1. Schemat technologiczny przydomowej oczyszczalni ścieków w Jastkowie (wg rozwiązania IMUZ - Falenty -Drupka i in. 1992). Objasnienia: 1 - budynek mieszkalny, 2 - osadnik gnilny dwukomorowy, 3 - studzienka rozdzielcza (dopływ ścieków na złożo), 4 - złożo gruntowo-roślinne z wierzbą *Salix viminalis*, 5 - studzienka zbiorcza (odpływ ścieków ze złoża), 6 - staw (odbiornik ścieków oczyszczonych), I, II, III, IV - punkty poboru prób.

Fig.1. Technological scheme of the household sewage treatment plant at Jastków (by IMUZ-Falenty design - Drupka et al. 1992). Explanation: 1 - a house, 2 - two-chamber septic tank, 3 - distribution well (sewage influent on the bed), 4 - a soil-plant bed with willow *Salix viminalis*, 5 - collecting well (sewage effluent from the bed), 6 - pond (sewage effluent recipient), I, II, III, IV - points of taking samples.

Badany obiekt służy wyłącznie do unieszkodliwiania ścieków bytowo-gospodarczych pochodzących z gospodarstwa domowego. Obecnie rodzina składa się z 6 osób (w sezonie letnim dodatkowych 8 osób - pracownicy najemni). Budynek mieszkalny zaopatrywany jest w wodę z wodociągu gminnego. Określona na podstawie założeń projektowych średnia dobową ilość ścieków dopływających na oczyszczalnię wynosi 2,05 m³/dobę. W rzeczywistości jednak, ilość powstających ścieków bytowo-gospodarczych jest mniejsza. Średnia dobową ilość ścieków, określona na podstawie zużycia wody, wynosiła w 1997 roku około 1,5 m³/dobę.

Zgodnie z przyjętą technologią, ścieki surowe doprowadzane są do dwukomorowego osadnika (o łącznej pojemności około 15 m³), w którym następuje wstępne ich oczyszczanie. Następnie kierowane są grawitacyjnie do studzienki rewizyjnej, z której systemem rur rozsączających rozprowadzane są na złożo gruntowo-roślinne o powierzchni 186 m² i średniej głębokości 1,1 m, zbudowane z warstwy gruntu (piasek średni i żwir), pod którą znajduje się nieprzepuszczalna folia. Powierzchnia złoża porośnięta jest wierzbą *Salix viminalis*. Ścieki oczyszczone na złożu gruntowo-roślinnym odprowadzane są do odbiornika, którym jest staw o powierzchni 0,12 ha (rys.1.).

Material i metody badań

Badania nad skutecznością usuwania zanieczyszczeń ze ścieków na złożu gruntowo-roślinnym z wierzbą *Salix viminalis* przeprowadzono w 1997 roku. Wykonano cztery serie pomiarowe (luty, czerwiec, sierpień i listopad). Próbki ścieków do analiz pobierano w czterech punktach całego układu oczyszczania: 1) z osadnika wstępnego, 2) ze studzienki - przed wejściem na złożo, 3) ze studzienki - po oczyszczeniu na złożu, 4) ze stawu - odbiornika ścieków oczyszczonych (rys.1.). W sumie pobrano 16 prób ścieków, w których oznaczano: związki organiczne - BZT₅ i ChZT_{Cr}, związki biogenne - azot ogólny i fosfor ogólny oraz zawiesiny ogólne. Ponadto dokonywano pomiaru temperatury oraz zawartości tlenu w ściekach w poszczególnych etapach oczyszczania. Analizy chemiczne wykonywano w laboratorium Instytutu Melioracji i Budownictwa Rolniczego AR w Lublinie według obowiązujących metod.

Wyniki badań

Wyniki badań, dotyczące poziomu BZT₅, ChZT_{Cr}, N_{og}, P_{og} i zawiesiny ogólnej w ściekach surowych, w dopływie i odpływie ze złoża gruntowo-roślinnego oraz jakości wód w stawie przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Skuteczność usuwania zanieczyszczeń na złożu gruntowo-roślinnym z wierzwą *Salix viminalis* w 1997.
 Tab. 1. The efficiency of pollution removal in a soil-plant bed with willow *Salix viminalis* in 1997.

Wskaźniki Parameters	Okres badań Period of investigation	Ścieki surowe Raw sewage	Dopływ do złoża Influent on the bed	Odpływ ze złoża Effluent from the bed	Woda ze stawu Water from the pond	Skuteczność oczyszczania ścieków w % The efficiency of sewage treatment in %		
						W osadniku In septic tank	Na złożu For the bed	W całej oczyszczalni For whole treatment plant
BZT ₅ BOD ₅ (mg O ₂ /dm ³)	luty - February	240	208	58	-	13,3	72,1	75,8
	czerwiec - June	380	200	34	6,5	47,4	83,0	91,0
	sierpień - August	240	150	27	4,8	37,5	82,0	88,7
	listopad - November	210	145	30	4,4	30,9	79,3	85,7
	Srednia - mean value	267	176	37	5,2	34,1	79,0	86,1
ChZT _{Cr} COD (mg O ₂ /dm ³)	luty - February	446	392	99	-	12,1	74,7	77,8
	czerwiec - June	875	407	94	34	53,5	76,9	89,3
	sierpień - August	445	363	134	52	18,4	63,1	69,9
	listopad - November	404	201	105	56	50,2	47,8	74,0
	Srednia - mean value	542	341	108	47	37,1	68,3	80,1
Azot ogólny Total nitrogen (mg N/dm ³)	luty - February	70,2	62,0	39,1	-	11,7	36,9	44,3
	czerwiec - June	106	88,8	56,7	2,1	16,2	36,1	46,4
	sierpień - August	60,5	41,1	29,1	2,2	32,1	29,2	51,9
	listopad - November	67,7	37,1	30,0	2,4	45,2	19,1	55,7
	Srednia - mean value	76,1	57,2	38,7	2,2	24,8	32,3	49,1
Fosfor ogólny Total phosphorus (mg P/dm ³)	luty - February	8,4	8,1	4,3	-	3,6	46,9	48,8
	czerwiec - June	30,2	31,0	1,8	0,37	-2,6	94,2	94,0
	sierpień - August	19,3	20,2	1,7	<0,2	-4,7	91,6	91,2
	listopad - November	9,5	9,2	1,1	<0,2	3,2	88,0	88,4
	Srednia - mean value	16,8	17,1	2,2	0,12	-1,8	87,1	86,9
Zawiesiny ogólne Suspended solids (mg/dm ³)	luty - February	-	-	-	-	-	-	-
	czerwiec - June	207	107	57	12	48,3	46,7	72,4
	sierpień - August	863	106	30	13	87,7	71,7	96,5
	listopad - November	109	80	52	1,6	26,6	35,0	52,3
	Srednia - mean value	393	98	46	8,9	75,1	53,1	88,3

Na podstawie otrzymanych wartości obliczono skuteczność oczyszczania ścieków w osadniku i na złożu oraz w całej oczyszczalni. Średnią sprawność usuwania zanieczyszczeń w 1997 roku obliczono na podstawie średnich rocznych wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach.

Jakość ścieków powstających w gospodarstwie wykazuje znaczne zróżnicowanie w czasie z powodu okresowego użytkowania urządzeń sanitarnych. Analizowane ścieki surowe charakteryzują średnie stężenia zanieczyszczeń : BZT₅ - 267 mg O₂/dm³, ChZT_{Cr} - 542 mg O₂/dm³, azot ogólny - 76,1 mg N/dm³, fosfor ogólny - 16,8 mg P/dm³ oraz zawiesiny ogólne - 393 mg/dm³. Temperatura ścieków surowych zmieniała się w ciągu roku od 5,4 °C w lutym do 19,5 °C w sierpniu, a zawartość tlenu rozpuszczonego była zazwyczaj mniejsza od 1 mg O₂/dm³. Skuteczność oczyszczania ścieków w osadniku gnilnym była bardzo zmienna w ciągu roku i charakteryzowała się przeciętnym obniżeniem zawartości zawiesin o 75 %, BZT₅ o 34 %, ChZT o 37 % i azotu ogólnego o 25 %. Zawartość fosforu ogólnego po osadniku często wzrastała - średnio o 1,8 %.

Wyływające z osadnika ścieki, oczyszczone mechanicznie, doprowadzane są na złożo gruntowo-roślinne z wierzbą *Salix viminalis*. Po przefiltrowaniu przez złożo najczęściej uwidaczniał się nieznaczny przyrost ilości tlenu rozpuszczonego w ściekach. Ich temperatura w ciągu roku zmieniała się od 0,9 °C w lutym do 16,1 °C w sierpniu i była zbliżona do średniej temperatury powietrza występującej w określonym czasie na tym obszarze. Warunki panujące w złożu sprzyjały redukcji związków organicznych i biogennych oraz zawiesin, co potwierdzają uzyskane wyniki badań.

Wartości wskaźników zanieczyszczeń w odpływie ze złoża były znacznie niższe niż w dopływie do niego. Ich średnie stężenia podczas badań wynosiły: BZT₅ - 37 mg O₂/dm³, ChZT_{Cr} - 108 mg O₂/dm³, azot ogólny - 38,7 mg N/dm³, fosfor ogólny - 2,2 mg P/dm³ oraz zawiesiny ogólne - 46 mg/dm³. W lutym i czerwcu w ściekach oczyszczonych zawartości BZT₅, azotu ogólnego i zawiesin przekraczały normy zawarte w Rozporządzeniu MOŚZNiL [1991]. Skuteczność usuwania zanieczyszczeń na złożu gruntowo-roślinnym wynosiła średnio dla BZT₅ - 79 %, ChZT - 68,2 %, azotu ogólnego - 32,3 %, fosforu ogólnego 87,1 % i zawiesin ogólnych - 53,1 %. Zimą zaobserwowano wyraźny spadek skuteczności oczyszczania ścieków w przypadku BZT₅ (72,1 %) i fosforu ogólnego (46,9 %).

Analiza wskaźników zanieczyszczeń w wodzie ze stawu, wskazuje na jej dosyć dobrą jakość w ciągu całego roku. Według Rozporządzenia MOŚZNiL [1991] wodę ze stawu należy zaliczyć do II klasy czystości. Można zatem stwierdzić, że staw pełnił funkcję doczyszczającą, a ścieki odprowadzane ze złoża (mimo występujących czasami ponadnormatywnych wartości zanieczyszczeń) nie powodowały eutrofizacji jego wód.

Podsumowanie

Z przedstawionych danych wynika, że badany system nie zapewniał dostatecznej redukcji zanieczyszczeń organicznych i związków biogenych w całym okresie badań. Skuteczność usuwania zanieczyszczeń w całej oczyszczalni, przede wszystkim, uzależniona była od efektów uzyskiwanych na złożu gruntowo-roślinnym z wierzbą *Salix viminalis*. Badana przydomowa oczyszczalnia ścieków wykazała przeciętne zmniejszenie BZT₅ o 86 %, ChZT o 80%, fosforu ogólnego o 87 %, azotu ogólnego o 49 %, a zawiesiny ogólnej o 88 %. Stosunkowo wysoki stopień redukcji zanieczyszczeń uzyskano w okresie letnim (sierpień). W pozostałych miesiącach efekty usuwania zanieczyszczeń były zadowalające, jednak w wielu przypadkach stężenia badanych wskaźników w ściekach oczyszczonych przekraczały wartości dopuszczalne zawarte w Rozporządzeniu MOŚZNiL z 1991 r. Wyraźny spadek skuteczności oczyszczania ścieków zaobserwowano w okresie zimowym.

Badany system oczyszczania ścieków jest możliwą ekologiczną alternatywą ochrony zasobów wód powierzchniowych i podziemnych przed zanieczyszczeniami antropogenicznymi. Oczyszczalnie tego typu mogą być stosowane na obszarach wiejskich o zabudowie rozproszonej, gdzie koszty budowy podziemnej sieci kanalizacyjnej, zakończonej oczyszczalnią zbiorczą są zbyt wysokie. Zaletą tego systemu jest to, że dobrze wkomponowuje się w krajobraz, a jego koszty budowy i eksploatacji są niewielkie.

Dalsze badania nad skutecznością oczyszczania ścieków na złożach gruntowo-roślinnych dostarczą niezbędnych wyników badań, na podstawie których będzie można określić przydatność tej technologii oczyszczania ścieków w warunkach polskich.

Literatura

- Biernacka E., Obarska-Pempkowiak H. 1996. *Kryteria i warunki stosowania systemów wodno-roślinnych i gruntowo-roślinnych w oczyszczalniach ścieków*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, nr 293, Konf. 13, tom 1: 133-145.
- Błażejowski R. 1996. *Hydrobotaniczne oczyszczalnie ścieków. Przegląd systemów i zasad ich projektowania*. Oczyszczalnie Hydrobotaniczne. II Międzynarodowa Konf. Nauk.-Tech., Poznań, 2-3 września 1996: 25-32
- Brix H. 1987. *Treatment of wastewater in the rhizosphere of wetland plants - the root - zone method*. Water science and Technology. vol. 19: 107-118.
- Cooper P.E., Hobson J.A., Jones S. 1989. *Sewage treatment by reed bed systems, the present situation in the UK*. Journal of the Institution of Water and Environment Managements. vol. 3, no. 1: 60-74.

- Drupka S., Sikorski M., Borys K. 1992. *Projekt techniczny korzeniowej oczyszczalni ścieków dla gospodarstwa indywidualnego p. J. Podstawki, gmina: Jastków. Falenty, (maszynopis).*
- Kickuth R. 1976. *Degradation in corporation of nutrients from rural waste waters by plant rhizosphere under limnic conditions.* In: Utilization of Manure Land Spreading. Coordination of Agricultural Research Comission of the European Communities: 335-347.
- Kowalik P., Obarska-Pempkowiak H. 1994. *Zasady pracy małych hydrobotanicznych oczyszczalni ścieków.* Mat. Inf. nr 28. Falenty, IMUZ: ss.62.
- Kowalik P., Obarska-Pempkowiak H. 1997. *Oczyszczalnie hydrofitowe w Polsce.* W: Materiały IX Ogólnopolskiej Konf. Nauk-Tech. pod red. D. Wawrentowicza. Oczyszczanie ścieków. Nowe trendy, modernizacja istniejących oczyszczalni i gospodarka osadowa, Rajgród: 32-44.
- Obarska-Pempkowiak H. 1992. *Oczyszczanie ścieków metodą hydrobotaniczną z wykorzystaniem filtrów gruntowych i stawów ściekowych.* Rozpr. Zesz. Nauk. Politechniki Gdańskiej, nr 489, Budownictwo Wodne 38: ss. 96.
- Osmulska-Mróż B. 1995. *Oczyszczalnie korzeniowe (bagienne).* Lokalne systemy unieszkodliwiania ścieków. Poradnik, IOŚ, Warszawa: 128-156.
- Roman M. 1997. *Roślinne oczyszczalnie ścieków.* Gospodarka Wodna. nr 5: 150-156
- Rozporządzenie MOŚZNiL z dnia 5.XI.1991 r. Dziennik Ustaw nr 116, poz. 503.
- Seidel K., Happel H. 1981. *Pflanzenkl „ranlage” Krefelder systeme”.* Sicherheit in Chemic and Umwelt, 1: 127-129.
- Soroko M. 1996. *Oczyszczanie ścieków bytowo-gospodarczych w złożach gruntowo-korzeniowych z przepływem podpowierzchniowym i pionowym.* Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, nr 293, Konf. 13, tom 1: 243-251.

Summary

The efficiency of pollution removal in a soil-plant bed with willow *Salix Viminalis*. The paper presents the results of investigations on the efficiency of pollution removal in the constructed wetland for wastewater treatment, serving a 6-person family household. The studied object is a constructed wetland with the subsurface flow system - "vegetated submerged bed"(VSB). The sewage treatment plant is located at Jastków in the Lublin province. The research was carried out in 1997. The samples for analysis were taken in February, June, August and November. The analyses of these showed an average decrease of 86 % in BOD₅, 80 % in COD, 87 % in total-P, 49% in total-N and 88 % in suspended solids. In the winter the efficiency wastewater treatment was lower than in the summer.

The studied sewage treatment system is a possible "ecological" alternative in developing rural areas to protect the surface- and ground-water resources from "anthropogenic" pollution. The advantage of the system is that it fits well in the landscape and that it has low construction and operation costs compare with conventional systems.

Krzysztof Józwiakowski
Instytut Melioracji i Budownictwa Rolniczego
Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Leszczyńskiego 7
20-069 Lublin