

ZMIANY W USUWANIU BIOGENÓW ZE ŚCIEKÓW BYTOWO-GOSPODARCZYCH PO WIELOLETNIEJ EKSPLOATACJI OCZYSZCZALNI ROŚLINNO-GLEBOWEJ

Krzysztof KUCZEWSKI¹⁾, Katarzyna KWIECIŃSKA¹⁾,
Magdalena KOZDRAŚ²⁾

¹⁾ Akademia Rolnicza we Wrocławiu, Instytut Budownictwa i Architektury Krajobrazu

²⁾ Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Dolnośląski Ośrodek Badawczy we Wrocławiu

Słowa kluczowe: azot amonowy, azot ogólny, BZT₅, efekt oczyszczania, eksploatacja, fosfor

Streszczenie

W artykule przedstawiono zmiany skuteczności oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych po siedmiu latach eksploatacji oczyszczalni roślinno-glebowej, przeznaczonej do oczyszczania ścieków pochodzących ze wsi Brzeżno. Budowa i zasada pracy tej oczyszczalni różni się istotnie od oczyszczalni roślinno-gruntowych. W artykule przedstawiono efekty oczyszczania, które uzyskano po oddaniu jej do eksploatacji, w rozbiciu na okres zimowy i letni, oraz po siedmiu latach pracy. Analizie poddano następujące wskaźniki zanieczyszczeń: BZT₅, stężenie azotu amonowego, azotu ogólnego oraz fosforu. Z badań wynika, że średnia skuteczność oczyszczania ścieków po siedmiu latach eksploatacji oczyszczalni, uwzględniająca okres zimowy i letni, wynosi: BZT₅ – ponad 99%, fosforu – 97,3%, azotu ogólnego – 95,9%, a azotu amonowego – 99,5%. Średnia zawartość fosforu w ściekach oczyszczonych w latach 2002–2003 wyniosła 0,3 mg P·dm⁻³, azotu ogólnego – 4,8 mg N·dm⁻³, a azotu amonowego – 0,3 mg N_{NH4}·dm⁻³.

WSTĘP

W ostatnich latach w Polsce do oczyszczania małych ilości ścieków (zwłaszcza na terenach wiejskich) wykorzystywano głównie oczyszczalnie roślinno-gruntowe

Adres do korespondencji: prof. dr hab. K. Kuczewski, Akademia Rolnicza, Instytut Budownictwa i Architektury Krajobrazu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław; tel. +48 (71) 348-28-50, e-mail: Kuczew@ozi.ar.wroc.pl

[BŁAŻEJEWSKI, SKARBK, 1996; KALISZ, SALBUT, 1993; JUCHERSKI, 1999; KOWALIK, 1996; SOROKO, 1995]. Obiekty te często są również nazywane oczyszczalniami bagiennymi, trzcinowymi, wierzbowymi, hydrobotanicznymi lub filtrami roślinno-glebowymi. Są to sztucznie uformowane niecki uszczelnione folią, łem lub gliną, wypełnione piaskiem, żwirem bądź mieszanką zawierającą glebę z dodatkiem preparatów chemicznych wspomagających usuwanie fosforu. Roślinami najczęściej porastającymi powierzchnię oczyszczalni są trzcina lub różne gatunki wierzby. W niektórych publikacjach takie obiekty są nazywane oczyszczalniami roślinno-glebowymi, co należy uznać za niewłaściwe [BŁAŻEJEWSKI, SKARBK, 1996]. Usuwanie ze ścieków związków biogenych na takich obiektach (udokumentowane w licznych publikacjach) wynosi od kilku do kilkudziesięciu procent [KOWALIK, 1996; KUCZEWSKI, KERCEL, 1997; SROKO, 1995].

Zupełnie inaczej przebiega oczyszczanie ścieków w oczyszczalni roślinno-glebowej. Proces oczyszczania ścieków w takiej oczyszczalni polega na zamknięciu obiegu materii zawartej w ściekach. Wykorzystywana jest tu biologicznie czynna wierzchnia warstwa gleby oraz roślinność porastająca powierzchnię oczyszczalni. Oczyszczalni tego typu nie należy utożsamiać z rolniczym wykorzystaniem ścieków. Badania BOŃKI [1964], BOŃKI i PALUCHA [1970], CZYŻYKA [1994], KUTERY [1991], prowadzone pod kątem rolniczego wykorzystania ścieków, dowodzą, że w środowisku glebowym, w odpowiednich warunkach, można skutecznie oczyszczać ścieki bez ryzyka zanieczyszczenia wód gruntowych.

Pierwsza w Polsce oczyszczalnia roślinno-glebowa przeznaczona do oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych pochodzących ze wsi Brzeźno (woj. dolnośląskie) została wybudowana w 1996 roku i pracuje nieprzerwanie, niezależnie od pory roku. W artykule przedstawiono wyniki badań skuteczności oczyszczania ścieków ze związków biogenych, uwzględniając wieloletnią eksploatację tej oczyszczalni. W analizie materiału badawczego uwzględniono także wskaźnik tlenowy BZT₅ ułatwiający interpretację wyników badań.

METODY BADAŃ

Ścieki bytowo-gospodarcze na oczyszczalni w Brzeźnie, wstępnie oczyszczone w dwóch trzykomorowych osadnikach przepływowych, są gromadzone w zbiorniku akumulacyjno-dozującym o pojemności 110 m³ (równej dobowej objętości ścieków z osiedla wiejskiego). Po napełnieniu się tego zbiornika ścieki, za pomocą urządzenia lewarowego, samoczynnie, w ciągu godziny odpływają do doprowadzalnika, z którego są kierowane na jedną z kwater dostosowanych do ich odbioru.

Aktywna część oczyszczalni, na którą są wprowadzane mechanicznie oczyszczone ścieki składa się z 21 kwater. Kwatery są oddzielone od siebie grobelkami. Pod grobelkami, na głębokości około 1,0 metra, znajdują się ciągi drenarskie zbierające oczyszczone ścieki, które przesączyły się przez warstwę gleby zalegającą

nad drenażem. Podczas formowania grobelek warstwę naturalnej gleby na kwaterach pozostawiono w stanie nienaruszonym. Wszystkie kwatery są obsiane mieszanką traw (dostosowanych do wykorzystywania składników biogenych zawartych w ściekach), a osiemnaście z nich jest dodatkowo obsadzonych topolą niekłańską (*Populus robusta*). Nawodnienie każdej kwatery następuje co 21 dni.

Gleby występujące na terenie oczyszczalni można zaliczyć do gleb brunatnych, o profilach O–A–B_{brg}–G_{ca}. W podłożu terenu oczyszczalni występuje swobodne zwierciadło wód gruntowych. Wody te są zawieszone w warstwie piasków średnich i drobnych. Współczynnik filtracji tych utworów wynosi od 10^{-5} do $8 \cdot 10^{-5}$ m·s⁻¹. Ustabilizowane zwierciadło wód gruntowych zalega na głębokości od 1,2 do 1,4 m p.p.t.

Systematyczne badania fizykochemiczne składu ścieków surowych i oczyszczonych są prowadzone od października 1997 r. Ścieki wstępnie oczyszczone, które były wprowadzane na poszczególne kwatery oczyszczalni, pobierano do analiz chemicznych ze zbiornika dozującego, a oczyszczone – z wylotu kanału odprowadzającego je do odbiornika. Próbkę do analiz chemicznych pobierano przeciętnie co cztery tygodnie. Analizy chemiczne składu ścieków wykonywano według obowiązujących procedur. Skuteczność usuwania biogenów w oczyszczalni roślinno-glebowej oceniano na podstawie wskaźnika tlenowego BZT₅, stężenia azotu ogólnego i amonowego oraz fosforu ogólnego. Ze względu na zmienne warunki meteorologiczne wydzielono okres letni (odpowiadający okresowi wegetacyjnemu) i zimowy (okres pozawegetacyjny), trwające odpowiednio od 1 kwietnia do 30 września i od 1 października do 31 marca.

Analizie poddano pracę oczyszczalni w latach 1997–2000 oraz 2002–2003, co umożliwiło ocenę zmian w usuwaniu biogenów ze ścieków po kilku latach eksploatacji oczyszczalni roślinno-glebowej. Wyniki badań terenowych i laboratoryjnych poddano analizie statystycznej wykorzystując program komputerowy Statistica 5.

WYNIKI BADAŃ

Wartości wskaźników zanieczyszczeń ścieków dostarczanych na oczyszczalnię roślinno-glebową w latach 1997–2000 dla całego okresu badań oraz dla okresu letniego i zimowego przedstawiono w tabeli 1. Jest to charakterystyka ścieków mechanicznie podczyszczonych w dwóch trzykomorowych osadnikach przepływowych. Przed wybudowaniem oczyszczalni roślinno-glebowej ścieki o tych wskaźnikach zanieczyszczeń były odprowadzane do pobliskiego cieku. Ścieki te po wprowadzeniu na oczyszczalnię roślinno-glebową, uległy oczyszczeniu (tab. 2). Z badań wynika, że nie występuje istotna różnica między wartościami wskaźników zanieczyszczeń dla okresu letniego i zimowego.

W latach 2002–2003 przeprowadzono ponowne badania, służące określeniu zmian w usuwaniu biogenów w oczyszczalni. Z badań tych wynika, że skład ście-

Tabela 1. Charakterystyka ścieków dopływających na oczyszczalnię roślinno-glebową w okresie 1997–2000 [NOWAK, KUCZEWSKI, 2002]**Table 1.** Characteristics of the sewage input to the plant-soil treatment plant in the period 1997–2000 [NOWAK, KUCZEWSKI, 2002]

Wskaźnik Index	Okres badawczy Study period	Wartość Value			SD
		średnia mean	max	min	
BZT ₅ BOD ₅ mg O ₂ ·dm ⁻³	X 1997–XII 2000	163,1	280,0	30,0	58,3
	X–III	158,0	240,0	90,0	43,3
	IV–IX	168,9	280,0	30,0	72,8
Azot ogólny Total nitrogen mg N·dm ⁻³	X 1997–XII 2000	65,2	21,0	147,9	29,8
	X–III	61,9	21,0	147,9	27,9
	IV–IX	96,1	28,0	130,0	32,2
Azot amonowy Ammonium nitrogen mg N _{NH4} ·dm ⁻³	X 1997–XII 2000	54,8	240,0	54,8	34,4
	X–III	50,0	80,0	50,0	15,5
	IV–IX	60,3	240,0	60,3	48,0
Fosfor ogólny Total phosphorus mg P·dm ⁻³	X 1997–XII 2000	9,5	15,9	1,1	3,9
	X–III	9,6	12,9	1,1	3,4
	IV–IX	9,5	13,9	3,0	4,6

SD – odchylenie standardowe. SD – standard deviation.

Tabela 2. Charakterystyka ścieków oczyszczonych odpływających z oczyszczalni roślinno-glebowej w okresie 1997–2000 [NOWAK, KUCZEWSKI, 2002]**Table 2.** Characteristics of the treated sewage flowing out of the plant-soil treatment plant in the period 1997–2000 [NOWAK, KUCZEWSKI, 2002]

Wskaźnik Index	Okres badawczy Study period	Wartość Value			SD
		średnia mean	max	min	
BZT ₅ BOD ₅ mg O ₂ ·dm ⁻³	X 1997–XII 2000	3,25	7,55	0,94	1,34
	X–III	3,07	7,55	0,94	1,62
	IV–IX	3,51	5,73	2,43	0,98
Azot ogólny Total nitrogen mg N·dm ⁻³	X 1997–XII 2000	7,02	15,71	2,11	3,65
	X–III	7,21	15,71	2,11	4,11
	IV–IX	6,72	14,13	3,28	3,21
Azot amonowy Ammonium nitrogen mg N _{NH4} ·dm ⁻³	X 1997–XII 2000	0,59	4,04	0,02	0,73
	X–III	0,47	1,62	0,02	0,46
	IV–IX	0,74	4,04	0,06	0,98
Fosfor ogólny Total phosphorus mg P·dm ⁻³	X 1997–XII 2000	0,23	0,84	0,01	0,21
	X–III	0,19	0,84	0,01	0,21
	IV–IX	0,28	0,69	0,01	0,21

SD – odchylenie standardowe. SD – standard deviation.

ków dostarczanych na oczyszczalnię uległ zmianie (tab. 3), a skuteczność oczyszczania w tym okresie była tak duża, że średnie wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych były takie jak wód powierzchniowych o II lub III klasie czystości (tab. 4). Wartości wskaźników zanieczyszczeń były mniejsze niż te, które uzyskano w latach 1997–2000.

Tabela 3. Średnie wartości wskaźników zanieczyszczeń ścieków surowych dostarczanych na oczyszczalnię roślinno-glebową w latach 2002–2003

Table 3. Mean concentrations of pollutants in raw sewage flowing to the plant-soil treatment plant in the period 2002–2003

Wartość Value	BZT ₅ BOD ₅ mg O ₂ ·dm ⁻³	Fosfor Phosphorus mg P·dm ⁻³	Azot ogólny Total nitrogen mg N·dm ⁻³	Azot amonowy Ammonium nitrogen mg N _{NH₄} ·dm ⁻³	Azot azotanowy Nitrate nitrogen mg N _{NO₃} ·dm ⁻³
2002					
Średnia Mean	120,3	8,8	90,5	66,6	0,3
Min	160,0	4,7	38,0	20,5	0,002
Max	242,0	12,8	143,0	100,0	0,7
SD	37,0	5,7	74,2	33,3	0,3
2003					
Średnia Mean	325,0	20,0	126,8	112,5	0,2
Min	200,0	10,2	96,0	40,0	0,2
Max	560,0	25,0	186,0	180,0	0,2
SD	160,3	7,0	40,3	58,5	0,0

SD – odchylenie standardowe. SD – standard deviation.

Tabela 4. Średnie wartości wskaźników zanieczyszczeń ścieków oczyszczonych odpływających z oczyszczalni roślinno-glebowej w latach 2002–2003

Table 4. Mean concentrations of pollutants in treated sewage flowing out of the plant-soil treatment plant in the period 2002–2003

Wartość Value	BZT ₅ BOD ₅ mg O ₂ ·dm ⁻³	Fosfor Phosphorus mg P·dm ⁻³	Azot ogólny Total nitrogen mg N·dm ⁻³	Azot amonowy Ammonium nitrogen mg N _{NH₄} ·dm ⁻³	Azot azotanowy Nitrate nitrogen mg N _{NO₃} ·dm ⁻³
1	2	3	4	5	6
2002					
Średnia Mean	1,7	0,6	4,6	0,5	1,3
Min	0,5	0,2	0,5	0,01	0,042
Max	3,0	1,0	8,6	1,2	5,2
SD	1,0	0,6	5,7	0,5	2,2

cd. tab. 4

1	2	3	4	5	6
2003					
Średnia Mean	0,5	0,2	4,9	0,1	1,1
Min	0,5	0,06	3,0	0,04	0,1
Max	0,5	0,27	6,6	0,3	2,0
<i>SD</i>	0,0	0,1	1,6	0,1	1,1

SD – odchylenie standardowe. *SD* – standard deviation.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Zaprezentowane wyniki badań świadczą o tym, że oczyszczalnia roślinno-glebowa bardzo skutecznie oczyszcza ścieki także w okresie zimowym (tab. 2). Skuteczności usuwania azotu i fosforu, a także zmniejszenie wartości BZT₅ w okresie zimowym i letnim były do siebie zbliżone (tab. 5).

Tabela 5. Skuteczność oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych w oczyszczalni roślinno-glebowej w okresie 1997–2000 [NOWAK, KUCZEWSKI, 2002]

Table 5. The efficiency of domestic sewage treatment in the plant-soil treatment plant in the period 1997–2000 [NOWAK, KUCZEWSKI, 2002]

Wskaźnik Index	Okres badawczy Study period	Skuteczność, % Efficiency, %
BZT ₅	X 1997–XII 2000	98,0
BOD ₅	X–III	98,1
	IV–IX	97,9
Azot całkowity Total nitrogen	X 1997–XII 2000	89,3
	X–III IV–IX	88,1 90,3
Fosfor ogólny Total phosphorus	X 1997–XII 2000	97,6
	X–III IV–IX	98,0 97,0

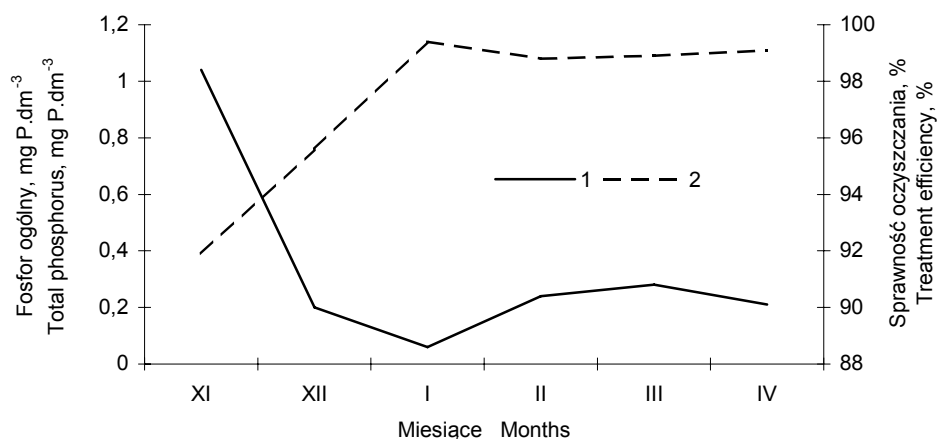
Z badań wynika także, że oczyszczalnia roślinno-glebowa po siedmioletniej eksploatacji nadal bardzo skutecznie oczyszcza ścieki bytowo-gospodarcze (tab. 4 i 6, rys. 1 i 2).

Bardzo istotną cechą oczyszczalni roślinno-glebowych jest to, że ilość ścieków wprowadzana na oczyszczalnię jest większa od odpływających z niej. Współczynnik odpływu określony na podstawie wcześniejszych badań KUCZEWSKIEGO i PALUCHA [1997], w zależności od pory roku, może wynosić od 0,4 do 0,6. Mniej-

Tabela 6. Skuteczność oczyszczania ścieków (%) w oczyszczalni roślinno-glebowej w latach 2002–2003**Table 6.** The sewage treatment efficiency (%) in the plant-soil treatment plant in the period 2002–2003

Wartość Value	Skuteczność usuwania Treatment efficiency			
	BZT ₅ BOD ₅	fosforu phosphorus	azotu ogólnego total nitrogen	azotu amonowego ammonium nitrate
2002				
Średnia mean	99,1	93,8	95,4	99,3
Min	98,1	91,9	93,8	98,3
Max	99,7	95,7	98,7	99,9
SD	0,6	2,7	2,1	0,8
2003				
Średnia mean	99,8	99,1	95,7	99,8
Min	99,8	98,8	93,9	99,7
Max	99,9	99,4	98,4	99,9
SD	0,1	0,3	2,1	0,2

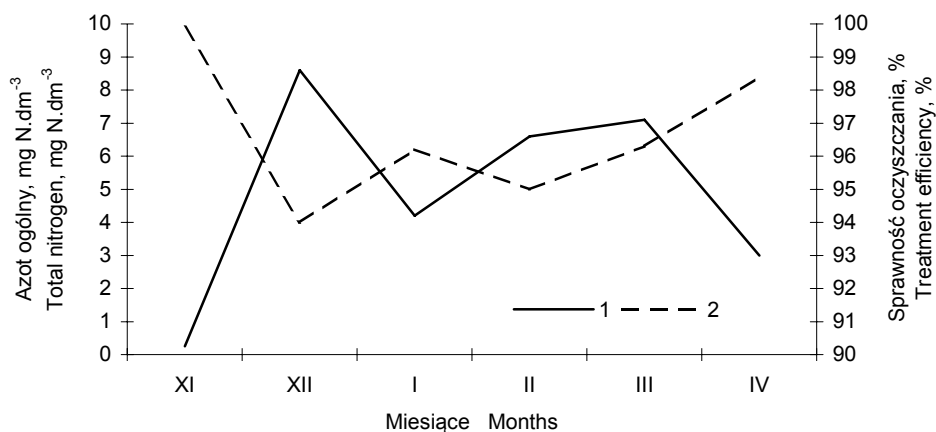
SD – odchylenie standardowe. SD – standard deviation.



Rys. 1. Zmiany stężenia fosforu ogólnego (1) w ściekach odpływających z oczyszczalni roślinno-glebowej oraz sprawność oczyszczania (2) po 7 latach eksploatacji

Fig. 1. Changes in total phosphorus concentrations (1) in treated sewage in the plant-soil treatment plant and the treatment efficiency (2) after 7 years exploitation

sze wartości przyjmuje on w okresie letnim, a większe w zimie. Wielkość odpływu zależy od ewapotranspiracji, temperatury powietrza, opadów atmosferycznych, a także wilgotności gleby. Rzeczywista efektywność usuwania substancji zawar-



Rys. 2. Zmiany stężenia azotu ogólnego (1) w ściekach odpływających z oczyszczalni roślinno-glebowej oraz sprawność oczyszczania (2) po 7 latach eksploatacji

Fig. 2. Changes in total nitrogen concentrations (1) in treated sewage in the plant-soil treatment plant and the treatment efficiency (2) after 7 years exploitation

tych w ściekach, wyznaczona na podstawie ładunków zanieczyszczeń, byłaby jeszcze większa od podanych w tabelach 5 i 6.

Niezmiernie istotną rolę w procesie oczyszczania ścieków w oczyszczalni roślinno-glebowej odgrywają rośliny porastające powierzchnię oczyszczalni, które w tego typu oczyszczalniach powinny być systematycznie usuwane. Szczegółowe badania przeprowadzone przez KUCZEWSKIEGO [2001] w latach 1998 i 1999 wykazały, że sumaryczna ilość poszczególnych makroelementów zawartych w masie roślinnej usuwanej z terenu oczyszczalni, pochodzi ze ścieków wprowadzanych na oczyszczalnię roślinno-glebową (tab. 7). Daje to jednoznaczną odpowiedź, dlatego oczyszczalnia roślinno-glebowa charakteryzuje się bardzo dużą skutecznością usuwania związków biogenych mimo wieloletniej eksploatacji. Można wnioskować, że dalsza właściwa eksploatacja oczyszczalni nie zmniejszy zdolności oczyszczania ścieków.

Tabela 7. Stosunek ilości makroelementów zatrzymanej w masie roślinnej usuniętej z oczyszczalni roślinno-glebowej w 1998 i 1999 roku do ilości zawartej w dostarczonych ściekach [KUCZEWSKI, 2001; NOWAK, KUCZEWSKI, 2002]

Table 7. The percent of macroelements accumulated in plant biomass which was removed from the plant-soil treatment plant in 1998 and 1999 in relation to the amount delivered in domestic sewage [KUCZEWSKI, 2001; NOWAK, KUCZEWSKI, 2002]

Rok Year	Azot Nitrogen	Fosfor Phosphorus	Potas Potassium	Wapń Calcium
1998	96,2	90,5	25,1	19,6
1999	108,1	82,7	490,1	25,2

Niezmierne ważną rolę w procesie oczyszczania ścieków odgrywa także gleba. W górnej warstwie gleby gromadzi się substancja, której frakcja koloidalna jest głównym siedliskiem drobnoustrojów, tak ważnych w procesie oczyszczania ścieków.

Przedstawione tu czynniki mają bezpośredni wpływ na skuteczność oczyszczania ścieków w omawianej oczyszczalni. Mała wartość wskaźników zanieczyszczeń oczyszczonych ścieków umożliwia przyrównanie ich do obowiązujących dla poszczególnych klas jakości wód powierzchniowych [Rozporządzenie ..., 2004]. Maksymalne wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych, które wystąpiły w okresie badań były mniejsze od dopuszczalnych dla IV (BZT₅ i stężenie azotu ogólnego i fosforu) i V (stężenie azotu amonowego) klasy jakości wód powierzchniowych. Średnie z całego okresu badawczego wartości wskaźników zanieczyszczeń ścieków oczyszczonych były mniejsze od dopuszczalnych dla III (BZT₅), II (azot amonowy i fosfor ogólny) i III (azot ogólny) klasy jakości wód powierzchniowych.

Badania Kuczewskiego i Nowak [KUCZEWSKI, NOWAK, 1999; NOWAK, KUCZEWSKI, 2002] dotyczące oddziaływania oczyszczalni roślinno-glebowej na jakość wód podziemnych zalegających pod oczyszczalnią wykazały, że ich jakość była porównywalna z jakością wód podziemnych sprzed oczyszczalni, nie stwierdzono zatem negatywnego wpływu oczyszczalni na jakość wód podziemnych zalegających pod nią. Zawdzięczać to można bardzo dużej skuteczności oczyszczania ścieków w całym okresie eksploatacji oczyszczalni.

WNIOSKI

1. Po siedmiu latach eksploatacji oczyszczalni roślinno-glebowej, skuteczność oczyszczania nie zmniejszyła się w stosunku do pierwszych lat jej eksploatacji.

2. Zmniejszenie BZT₅ w ściekach oczyszczonych przekraczające 99% powodowało, że średnie wartości tego wskaźnika były mniejsze od dopuszczalnych dla III klasy jakości wód powierzchniowych.

3. Średnie zawartości azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych w latach 2002–2003 wynosiły odpowiednio 4,6 i 4,9 mg N·dm⁻³ i były mniejsze od dopuszczalnych dla III klasy jakości wód powierzchniowych, w tej samej klasie mieścił się azot amonowy.

4. Średnia zawartość fosforu w ściekach oczyszczonych wynosiła od 0,2 (2003 r.) do 0,6 (2002 r.) mg P·dm⁻³ i była mniejsza od dopuszczalnej dla I–III klasy jakości wód powierzchniowych.

LITERATURA

- BŁĄŻEJEWSKI R., SKARBEK R., 1996. Oczyszczalnie glebowo-korzeniowe systemu profesora Kickutha. *Wiad. Melior.* nr 2 s. 78–81.
- BOĆKO J., 1964. Gleba jako środowisko do oczyszczania ścieków. Wrocław: WSR ss. 89.
- BOĆKO J., PALUCH J., 1970. Oddziaływanie ściekami miejskimi na stan sanitarny wód gruntowych. *Zesz. Nauk. WSR Wroc. Melior.* nr 90. s. 49–58.
- CZYŻYK F., 1994. Wpływ wieloletnich nawodnień ściekami miejskimi na glebę, wody gruntowe i rośliny. *Rozpr. Habil. Wrocław-Falenty: Wydaw. MUZ.* ss. 77.
- JUCHERSKI A., 1999. Wpływ wybranych czynników technicznych na skuteczność oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych w oczyszczalniach roślinno-gruntowo-glebowych w rejonach górzystych. *Pr. dokt., Tylicz: IBMER, maszyn.* ss. 216.
- KALISZ L., SALBUT J., 1993. Wykorzystanie makrofitów w tzw. oczyszczalniach korzeniowych. Warszawa: IOŚ ss. 117.
- KOWALIK P., 1996. Efekty oczyszczania ścieków w oczyszczalniach hydrobotanicznych. *Wiad. Melior.* nr 1. s. 15–20.
- KUCZEWSKI K., 2001. Wpływ masy roślinnej usuwanej z powierzchni oczyszczalni na efekt oczyszczania ścieków. *Probl. Inż. Rol.* nr 3 s. 67–73.
- KUCZEWSKI K., KERCEL J., 1997. Ocena rzeczywistej skuteczności oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych w wybranych typach zagrodowych oczyszczalni ścieków. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* nr 314 s. 137–148.
- KUCZEWSKI K., NOWAK I., 1999. Oddziaływanie oczyszczalni roślinno-glebowej na wody podziemne. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* nr 361 s. 329–337.
- KUCZEWSKI K., PALUCH J., 1996. Skuteczność usuwania biogenów w oczyszczalni typu roślinno-glebowych. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* nr 293 s. 147–159.
- KUCZEWSKI K., PALUCH J., 1997. Oczyszczalnie roślinno-glebowe na terenach wiejskich. *Probl. Inż. Rol.* nr 4 s. 174–159.
- KUTERA J., 1991. Oczyszczanie ścieków w środowisku glebowym i wykorzystanie ich potencjału w produkcji masy roślinnej. *Pr. IBL* nr 692 s. 5–19.
- NOWAK I., KUCZEWSKI K., 2002. Oczyszczanie ścieków bytowo-gospodarczych w oczyszczalni roślinno-glebowej. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* nr 453 Monogr. 29 ss. 92.
- SOROKO M., 1995. Efekty oczyszczania ścieków na złożach trzcinowych w okresie ich wpracowywania. W: *Oczyszczalnie hydrobotaniczne. Mater. Konf. Gdańsk 1–3 września* s. 153–157.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. *Dz. U.* nr 32 poz. 284.

Krzysztof KUCZEWSKI, Katarzyna KWIECIŃSKA, Magdalena KOZDRAŚ

**CHANGES IN NUTRIENT REMOVAL FROM DOMESTIC SEWAGE
AFTER 7 YEARS EXPLOITATION OF A PLANT-SOIL TREATMENT PLANT**

Key words: ammonium nitrogen, BOD₅, exploitation, total nitrogen, total phosphorus, treatment efficiency

S u m m a r y

The article shows changes in the efficiency of domestic sewage treatment after 7 years exploitation of a plant-soil treatment plant. The plant purifies domestic sewage from the village Brzeźno. The construction and operation principles of the plant-soil treatment plant differ markedly from constructed wetlands.

The paper shows results of operation in the winter and summer periods after 7 years exploitation. Analysed parameters included: BOD₅, ammonium nitrogen, total nitrogen and total phosphorus. The studies show that the mean sewage treatment efficiency amounts 99% for BOD₅, 97.3% for total phosphorus, 95.9% for total nitrogen and 99.5% for ammonium nitrogen. Mean concentrations of total phosphorus, total nitrogen and ammonium nitrogen in treated sewage in the years 2002–2003 were 0.3 mg·dm⁻³, 4.8 mg·dm⁻³ and 0.3 mg·dm⁻³, respectively.

Recenzenci:

prof. dr hab. Elżbieta Biernacka

prof. dr hab. Andrzej Sapek

Praca wpłynęła do Redakcji 19.12.2003 r.

