

Jan KUTERA, Stanisław HUS

Utylizacja i oczyszczanie ścieków na obszarach wiejskich

Abstract

Utilization and sewage treatment in rural areas. In order to maintain permanent purity of waters, it is recommended to use natural methods of waste treatment more frequently, in particular for that waste which is abundant in an organic substance and biogenic compounds. The 2nd and 3rd degree of waste treatment is obtained in a soil/plant environment, and after-waste waters are ranked among the 2nd and 3rd class of purity. The liquid manure utilization in agriculture, taking nitrogen as a balance basis, does not threaten the environment cleanliness. The waste with a high abundance of biogenic compounds may be utilized for nourishing the treatment process of noxious industrial waste.

Key words: waste, liquid manure, utilization, treatment, soil.

Wstęp

Najstarsze metody oczyszczania ścieków w naturalnym środowisku glebowo-roślinnym przetrwały do dzisiaj i są nadal atrakcyjne, ze względu na prostotę budowy, łatwą i taną eksploatację oraz dużą efektywność usuwania ze ścieków związków węgla i eutroficznych. Metody te zapewniają II i III stopień oczyszczania ścieków, pozwalają efektywnie zagospodarować ich potencjał wodny i nawozowy w produkcji roślin-

nej, przy tym są bardziej przyjazne dla środowiska naturalnego od metod tak zwanego sztucznego oczyszczania ścieków.

Obecnie budowane oczyszczalnie (z zastosowaniem metody osadu czynnego) cechują się bardzo dużym zużyciem energii elektrycznej – od 0,6 do 2,0 kWh/m³ oczyszczonych ścieków. Powodują wysokie koszty eksploatacji, często przekraczające możliwości ich użytkowników oraz przyczyniają się do wtórnego zanieczyszczenia środowiska za pośrednictwem elektrowni węglowych. Obliczono potrzeby energetyczne małych oczyszczalni ścieków w Polsce, które wytwarza elektrownia o mocy około 100 MW, a ta powoduje emisję do atmosfery 22,4 mln t dwutlenku siarki, 9,1 mln t tlenku azotu i 723 mln t dwutlenku węgla (Gajda i Gajda 1995). W przeciwieństwie do oczyszczalni sztucznych metody naturalnego oczyszczania są energooszczędne i nie wprowadzają do atmosfery dwutlenku węgla i azotu, które są asymilowane przez rośliny, przy czym te wydzielają do atmosfery tlen. Na przykład niektóre rośliny nawadniane ściekami mogą pobrać do 700 kg azotu z 1 ha/rok (Siuta i Wasiak 1995) oraz asymilować 14 tys. kg dwu-

tlenku węgla /ha na rok i wydzielić 12 tys. kg tlenu /ha na rok (Boćko 1979).

Budowane obecnie oczyszczalnie ścieków w znacznej mierze stosują już usuwanie azotu ze ścieków w procesie denitryfikacji oraz defoswatację biologiczną lub chemiczną. Ten trzeci stopień oczyszczania znacznie podnosi koszty jednostkowe i najczęściej nie daje wyników koncentracji związków biogenych, wymaganych w podwyższonych normach, zwłaszcza przewidzianych do stosowania w Polsce po roku 2000 (Bartoszewski, Szetela 1995; Miodoński i in. 1995). Trzeba przy tym zauważyć, że atmosfera naszego kraju jest już nadmiernie nasycona azotem (Sapek 1995) i stosowanie denitryfikacji w oczyszczalniach, które uwalniają duże ilości azotu gazowego ze ścieków, nie można uznać za przyjazne dla środowiska naturalnego.

Z powyższego wynika, że dla mniejszych oczyszczalni ścieków bytowo-gospodarczych, niekiedy wysoko obciążonych związkami eutroficznymi, często pochodzącymi ze zlewisk szamb, w terenach wiejskich mało zurbanizowanych, powinny być stosowane naturalne metody oczyszczania i ich utylizacji. Szczególnie wysoką efektywność wykazują oczyszczalnie naturalne, do których doprowadzana jest duża ilość ścieków z przetwórstwa płodów rolnych, niekiedy gnojówki i soków kiszonkowych, względnie zaprojektowane są dla ścieków przemysłu spożywczego.

Naturalne metody oczyszczania ścieków przeprowadzane są albo w środowisku wodnym, względnie w środowisku glebowo-roślinnym. W niniejszej pracy przedstawiamy niektóre osiągnięcia w

zakresie oczyszczania i utylizacji ścieków w środowisku glebowo-roślinnym, uzyskane w Instytucie Melioracji i Kształtowania Środowiska, Akademii Rolniczej we Wrocławiu oraz w Oddziale Wrocławskim Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych.

Oczyszczanie ścieków bytowo-gospodarczych w środowisku glebowo-roślinnym

Najnowsze badania wskazują na potrzebę zweryfikowania normatywów ilościowych i jakościowych ścieków bytowo-gospodarczych odpływających z osiedli miejskich i ze wsi (Heidrich 1995). Jednostkowe zużycie wody na wsi jest mniejsze, mniejsza też wypada ilość ścieków wiejskich na mieszkańca, występują tu znacznie większe współczynniki nierównomierności ich odpływu oraz większe koncentracje wskaźników tlenowych i biogenych niż ścieków z osiedli miejskich (Hus 1993, Heidrich 1995). Na zwiększenie koncentracji składników ścieków wiejskich ma często wpływ dopływ gnojówki czy wody gnojowej. Dla tego rodzaju ścieków łatwiej jest dobrać parametry oczyszczalni naturalnych niż sztucznych.

Wykonane w pełnych, wiarygodnych cyklach badania sprawdzające nie potwierdzają w pełni upowszechnionych rezultatów oczyszczania ścieków w większości, nawet najnowszych, oczyszczalni. W okresie normalnej pracy osadu czynnego uzyskiwaliśmy przeciętnie redukcję stężeń podstawowych wskaźników w ściekach miejskich: BZT₅ – 90 %, Nog. – 34 %, P – 17 %. W stosunku do ścieków tylko

po mechanicznym oczyszczaniu wody ściekowe po osadzie czynnym wykazują znaczny stopień zmineralizowania azotu (Majdowski 1988). Tak oczyszczone ścieki bytowo-gospodarcze kwalifikują się do dalszego oczyszczania i utylizacji w środowisku roślinno-glebowym. Potwierdziły to badania w lizymetrach, wypełnionych trzema rodzajami gleb (piaskiem słabogliniastym, piaskiem gliniastym mocnym i gliną lekką), przeprowadzone na stacji doświadczalnej rolniczego oczyszczania i wykorzystania ścieków IMUZ w Kamieńcu Wrocławskim (tab. 1).

W doświadczeniach tych wykazano prawie jednakowy stopień oczyszczania w glebie z roślinnością łąkową ścieków po mechanicznym, jak i mechaniczno-biologicznym oczyszczaniu. Odciek pościekowy kwalifikował się do I klasy czystości we wskaźnikach podstawowych, do II klasy eutroficznych i II względnie III klasy czystości w nieorganicznych. Żaden ze wskaźników nie wykazywał przekroczenia koncentracji zanieczyszczeń ustalonych dla ścieków odprowadzanych do wód. Odpływy pościekowe

były zbliżone do czystości odcieków z nawodnienia wodą czystą i pełnego nawożenia mineralnego.

Eutroficzne składniki ściekowe zostały niemal w całości zagospodarowane w masie zebranego plonu siana w ilości 8–10 ton/ha suchej masy (tab.2). Przy czym oddziaływanie na plon ścieków oczyszczonych mechanicznie było korzystniejsze niż ścieków oczyszczonych mechanicznie i biologicznie.

Efektywność rolniczego oczyszczania ścieków można regulować przez dobór dawek nawadniających, opierając się na bilansie azotu, agrotechnice i doborze roślin odznaczających się największym zużyciem azotu. Największą wydajność w eliminacji azotu ściekowego mają rośliny łąkowe. Z roślin łąkowych wyróżnia się w tym zakresie np. mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea* L.), która pobrała w ciągu roku 420 kg N, podczas gdy inna z popularnych traw życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum* Lam) zagospodarowała w tych samych warunkach tylko 270 kg N/ha na rok. Ze znanych roślin paszowych do rekordzistek w

TABELA 1. Średnie stężenie podstawowych składników ścieków bytowo-gospodarczych oczyszczonych wstępnie oraz odcieków z nawodnianych nimi gleb z roślinnością łąkową

Ścieki, nawodnienia i nawożenia	Stężenie (g/m ²)			pH
	BZT ₅	N	P	
Ścieki po oczyszczeniu mechanicznym	135,5	40,2	6,8	7,5
Ścieki po oczyszczeniu mechanicznym i biologicznym	23,3	30,0	6,3	7,5
Odciek z gleby po nawodnieniu ściekami oczyszczonymi mechanicznie: 8 x 60 mm	1,6	6,6	0,2	7,4
4 x 120 mm	2,7	7,7	0,2	7,5
Odciek z gleby po nawodnieniu ściekami oczyszczonymi mechaniczno-biologicznie: 8 x 60 mm	1,4	6,1	0,2	7,4
4 x 120 mm	2,1	7,1	0,2	7,4
Odciek z gleby po nawodnieniu czystą wodą 4 x 60 mm i nawożeniu mineralnym NPK (200 + 35 + 100 kg/ha)	0,7	10,3	0,1	7,4

TABELA 2. Średnie plony traw i pobrane w nich składniki biogenne ścieków bytowo-gospodarczych

Ścieki, nawodnienie i nawożenie	Dawka nawodnienia (mm)	Plon suchej masy traw (kg/ha)	Pobrały rośliny w plonie			
			(kg N/ha)	(kg P/ha)	N (%)	P (%)
Ścieki po oczyszczeniu mechanicznym	8 × 60	10561	200,7	40,5	103,5	125,2
	4 × 120	10313	196,1	39,5	102,2	120,5
Ścieki po oczyszczeniu mechaniczno-biologicznym	8 × 60	8075	141,5	30,1	100,0	98,8
	4 × 120	8415	150,0	31,3	102,0	100,2
Woda czysta i NPK (200 + 35 + 100 kg/ha)	4 × 60	10030	224,9	36,4	99,0	93,3

zagospodarowaniu azotu ściekowego można zaliczyć barszcz (*Heracleum Sosn*), który wykorzystał w ciągu roku 600 kg N ściekowego (Talik 1978, Czyżyk 1988).

Rozpowszechniające się w naszym kraju oczyszczanie ścieków w środowisku wodnoroślinnym: hydrobotaniczne, typu Lemna lub z nasadzeniami wikliny, nie wydaje się konkurencyjne w stosunku do metod oczyszczania w środowisku glebowym z roślinnością łąkową. Wymienione oczyszczalnie wodnoroślinne pracują znacznie gorzej w zimie i nie spełniają zastrzonych kryteriów eliminacji związków eutroficznych (Kowal 1994; Kowalik, Obarska-Pempkowiak, 1994; Kalisz i Sałbut 1995).

Na podstawie powyższych doświadczeń można zalecać, w niektórych przypadkach, uproszczenie procesu wstępnego oczyszczania ścieków przed stosowaniem naturalnych oczyszczalni w środowisku glebowo-roślinnym. Rozwiązania wdrożone dla ścieków przetwórstwa rol-

niczego wskazują niekiedy możliwości zastosowania sit łukowo-szczelinowych, zamiast klasycznego zestawu oczyszczalni mechanicznej.

Zastosowanie omawianej technologii oczyszczania pozwala znacznie łatwiej i taniej zagospodarować osady ściekowe.

Oczyszczanie ścieków z przetwórstwa płodów rolnych w środowisku glebowym z roślinnością łąkową

Pierwszeństwo w zastosowaniu naturalnych metod oczyszczania powinny mieć ścieki przemysłu rolno-spożywczego. Przy przetwórstwie płodów rolnych powstają ścieki pochodzenia glebowego i roślinnego o dużym ładunku substancji organicznej i składników biogenych, których przetworzenie i unieszkodliwienie wymaga wielostopniowych oczyszczalni. Dla mniejszych zakładów tego przemysłu, zlokalizowanych na terenach

wiejskich, pełne uzasadnienie ma zastosowanie naturalnych metod oczyszczania ścieków w środowisku glebowo-roślinnym. W tym zakresie instytuty nasze przeprowadziły pełne cykle badań wdrożeniowych i dysponujemy dla wielu rodzajów ścieków tego przetwórstwa wytycznymi technologicznymi i technicznymi ich oczyszczania w środowisku glebowo-roślinnym (Kutera 1985, 1986, 1990, 1991). Uzasadnieniem upowszechniania tej metody mogą być dane wskaźnikowe efektów oczyszczania ścieków przemysłu spożywczego na polach rolniczego

ich oczyszczania i wykorzystania, przytoczone w tabeli 3.

Z przytoczonych wskaźnikowych danych wynika, że wyższy standard oczyszczania ścieków uzyskuje się z nawodnień systemem deszczownianym – dawki polewowe 50 mm, niż systemem grawitacyjnym, gdzie ze względów technicznych muszą być stosowane dawki jednorazowe co najmniej 150 mm.

W 1995 r. zakończyliśmy wieloletnie badania nad rolniczym oczyszczaniem i utylizacją ścieków z mleczarni (Talik, Kutera 1995). Z uwagi na niedostatecznie skuteczne oczyszczanie ścieków z lic-

TABELA 3. Wskaźniki oczyszczania ścieków przemysłu spożywczego w glebie z roślinnością łąkową (Kutera 1990, 1991; Majdowski 1982)

Ścieki z przemysłu	Dawka nawodnienia (mm)	Redukcja ładunku (%)		
		BZT ₅	N	P
Ziemniaczanego	4 × 50	99,7	96,3	98,6
	2 × 150	98,3	83,6	94,5
Cukrowniczego + nawożenie NP	6 × 50	99,0	94,0	95,8
	3 × 150	95,4	83,5	95,7
Browarniczego	8 × 50	99,8	86,0	98,5
	4 × 150	97,6	83,6	96,5
Spirytusowo-drożdżowego rozcieńczone wodą 1:2	8 × 50	99,6	90,8	98,2
	4 × 150	95,5	83,4	95,2
Owocowo-warzywnego Utylizacyjnego	10 × 50	98,0	93,0	97,0
	4 × 150	98,8	87,5	98,4

TABELA 4. Średnie stężenia BZT₅, N i P w ściekach mleczarskich i ich odcieków pościekowych z trzech rodzajów gleb lekkich z roślinnością łąkową

Oznaczenia	Ścieki	Odcieki z gleby nawadnianej (mm)			
		10 × 25	10 × 50	5 × 150	5 × 200
BZT ₅ (g/m ³)	587	6	7	10	21
Azot og. – N (g/m ³)	33	12	15	16	17
Fosfor – P (g/m ³)	13	0,5	0,7	0,8	0,9
pH	7,3	7,7	7,4	7,4	7,2

TABELA 5. Średnie plony traw i pobrane z nich związki biogenne ścieków z mleczarni

Gleba	Dawka ścieków (mm)	Plon suchej masy (kg/ha)	Pobrały rośliny łąkowe w plonie			
			(kg N/ha)	(kg P/ha)	N (%)	P (%)
Piasek słabogliniasty	5 × 50	6850	136,4	23,6	160,5	76,8
	10 × 50	9410	186,6	33,0	109,7	53,7
	5 × 150	10070	218,7	32,3	97,8	32,3
	5 × 200	10560	244,5	36,2	74,1	27,4
Piasek gliniasty mocny	5 × 50	8130	164,2	30,4	194,2	99,1
	10 × 50	9540	211,4	36,1	131,5	58,9
	5 × 150	10440	242,9	35,8	98,7	35,8
	5 × 200	11770	285,8	39,2	86,6	29,7
Gлина lekka	5 × 50	8320	196,7	23,1	231,0	75,3
	10 × 50	10150	242,5	29,1	147,7	47,4
	5 × 150	10330	250,3	30,4	102,2	30,4
	5 × 200	10610	296,6	35,42	89,8	26,8

nych zakładów mleczarskich w tabeli 4 i 5 przedstawiliśmy dla upowszechnienia niektóre wyniki tych badań.

Ścieki z mleczarni, z którymi przeprowadzono badania uylitarne, można uznać za reprezentatywne dla mniejszych zakładów mleczarskich. Ścieki te o znacznej suchej masie, z przewagą organicznej, o pH około 7 mają wysokie wskaźniki tlenowe i średnią zasobność w związki eutroficzne i nieorganiczne oraz nie budzą zastrzeżeń sanitarnych.

W przeprowadzonych badaniach lizymetrycznych nie uzyskano istotnego różnicowania wskaźników oczyszczania ścieków mleczarskich w zależności od rodzaju gleby. Zastosowane gleby lekkie, o składzie piasków słabogliniastych, piasków gliniastych mocnych i gliny lekkiej, można uznać za odpowiednie do stosowania tej metody oczyszczania i uylizacji ścieków z mleczarni.

Odpiływy z profilów glebowych o miąższości 1,3 m, z roślinnością łąkową,

mają znamiona bardzo dobrego oczyszczania biologicznego – II° i eliminacji związków biogenych – III° ścieków mleczarskich. Stężenia zanieczyszczeń w tych wodach pościekowych spełniają warunki możliwości ich odprowadzania do wód i do ziemi. Przy mniejszych normach nawodnienia ściekami (10 × 25 mm i 10 × 50 mm w roku), odpowiadających systemom nawodnienia deszczowniane-go, koncentracje zanieczyszczeń w wodach pościekowych pozwalają je zaliczyć do II klasy czystości. Stosując zwiększone normy nawodnienia (5 × 150 mm i 5 × 200 mm w roku), odcieki glebowe oczyszczonych ścieków mleczarskich charakteryzowały się III klasą czystości.

Pod wpływem nawodnienia ściekami uzyskano stosunkowo duże plony suchej masy roślinności łąkowej, wyraźnie wzrastające ze zwiększoną dawką ścieków. Z danych tych można wnioskować, że optymalna norma nawodnienia ściekami mleczarskimi kształtuje się w grani-

cach 7500–1000 (m^3/ha) na rok. Przy tych normach stosowania ścieków z mleczarni uzyskuje się pełne pokrycie potrzeb wysokiego plonu traw na azot i fosfor z zasobów ściekowych, bez potrzeby nawożenia mineralnego, oraz uzyskuje się wystarczającą redukcję tych ściekowych wskaźników eutroficznych.

Unieszkodliwianie płynnych odchodów zwierzęcych poprzez ich rolnicze wykorzystanie

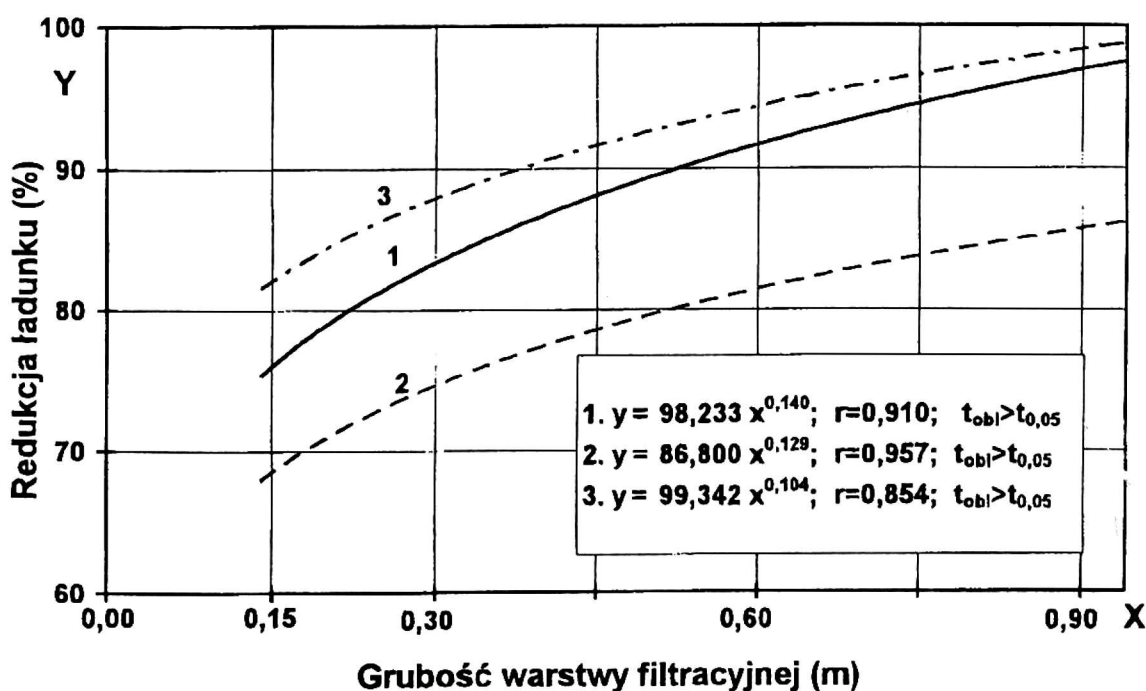
Odchody zwierzęce płynne – gnojowica, gnojówka i woda gnojowa – stanowią nadal potencjalne zagrożenie środowiska rolniczego w obrębie wsi i ferm hodowlanych. Rozwiązanie tego problemu widzi się poprzez zagospodarowanie nawozowe tych odpływów bez powiązania z systemami kanalizacyjnymi ścieków wiejskich.

Właściwe technologie wykorzystania gnojowicy i gnojówki w rolnictwie

pozwalają osiągnąć efekty w produkcji roślinnej, przy wysokim stopniu eliminacji jej obciążeń w środowisku glebowo-roślinnym. Badania lizymetryczne w glebie piaszczystej w warunkach laboratoryjnych wykazały, że znaczny wpływ na redukcję zanieczyszczeń gnojowicowych ma grubość warstwy filtracyjnej (rys.1). Wzrasta stopień oczyszczania gnojowicy ze zwiększaniem się miąższości profilu glebowego, ale efektywność oczyszczania jest największa w początkowej drodze filtracji, w warstwie do 30 cm.

Z wieloletnich badań lizymetrycznych wykonanych w warunkach polowych wynika, że efekt eliminacji zanieczyszczeń organicznych, wyrażony ładunkiem BZT_5 , w glebie piaszczystej wynosi prawie 100 % (tab.6).

Z wprowadzonych do gleby z gnojowicą składników biogenych fosfor jest również w 99 % zatrzymywany w glebie, natomiast azot mineralizuje się w glebie i



RYSUNEK 1. Redukcja podstawowych obciążeń gnojowicy w zależności od grubości warstwy filtracyjnej gruntu piaszczystego: 1 – utlenialności, 2 – azotu ogólnego, 3 – fosforu

TABELA 6. Wskaźniki oczyszczania gnojowicy w glebie lekkiej użytków zielonych deszczowanych wodą czystą

Dawka gnojowicy pełnej (m ³ /ha) na rok	Ładunki (kg/ha) na rok	BZT ₅	N	P
NPK mineralne	wprowadzone	6	330	46
	w odcieku z gleby	2	27	0,4
	zredukowane (%)	66,6	91,8	99,2
50	wprowadzone	1170	260	54
	w odcieku z gleby	6	25	0,3
	zredukowane (%)	99,5	90,4	99,4
100	wprowadzone	2570	477	80,2
	w odcieku z gleby	10	59	0,7
	zredukowane (%)	99,6	85,9	99,1
150	wprowadzone	4264	714	125
	w odcieku z gleby	13	205	1,0
	zredukowane (%)	99,7	71,3	99,3
200	wprowadzone	5550	942	189
	w odcieku z gleby	21	374	1,9
	zredukowane (%)	99,6	60,3	98,8

pewna część azotanów, nie wykorzystywanych przez rośliny, przenika do odcieku glebowego (Majdowski 1982, Kutera 1994).

Powyższe stwierdzenie uzasadnia stosowanie gnojowicy na podstawie bilansu azotu według proponowanego wzoru:

$$D = \frac{Z_N \cdot P_N}{C \cdot R_N \cdot 100} \text{ m}^3/\text{ha} \quad (1)$$

gdzie:

D – dawka gnojowicy lub gnojówki;

Z_N – zapotrzebowanie nawożenia azotowego roślin (kg/ha);

P_N – stopień pokrycia zapotrzebowania na azot (%);

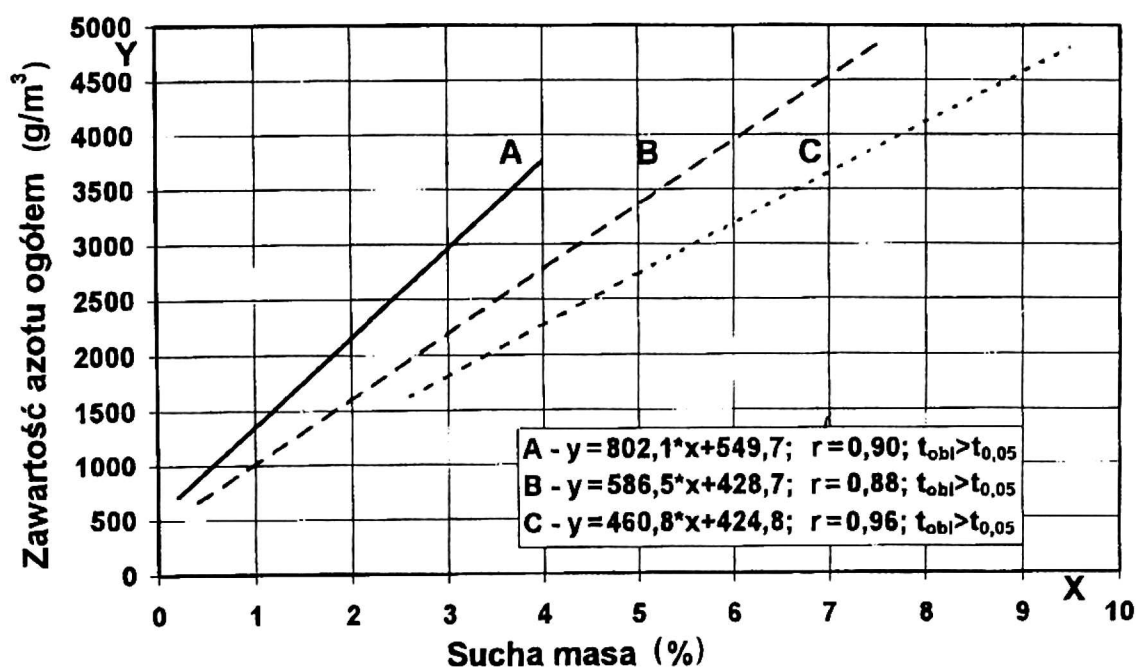
C – koncentracja azotu w gnojowicy lub w gnojówce (kg/m³);

R_N – równoważnik nawozowy azotu w zależności od gleby i terminu stosowania 0,25–0,60 (Kutera 1994).

Pomocne dla uzyskania wartości nawozowej azotu w gnojowicy i gnojówce mogą być wykazane na rysunku 2 zależności koncentracji azotu od suchej masy, którą dla gnojowicy lub gnojówki można oznaczyć bez udziału specjalistycznego laboratorium.

Oczyszczanie w środowisku glebowo-roślinnym uciążliwych ścieków przemysłowych z gnojowicą

Biorąc pod uwagę uciążliwość dostatecznego oczyszczania biologicznego niektórych ścieków z zakładów chemicz-



RYSUNEK 2. Zależność zawartości azotu ogółem od ilości suchej masy: A – gnojówki bydłowej, B – gnojowicy trzody chlewnej, C – gnojowicy bydłowej

nych ze względu na nieodpowiednie w nich stosunki koncentracji węgla organicznego do związków biogenych, w latach osiemdziesiątych przeprowadzono w IMUZ we Wrocławiu cykl badań nad oczyszczaniem ścieków zakładów włókien chemicznych i celulozowo-papierniczych w środowisku glebowym z roślinnością łąkową, z zastosowaniem pożywkowania ścieków gnojowicą (Majdo-

wski 1985). Niektóre syntetyczne wyniki tych badań zawiera tabela 7.

Rośliny łąkowe nawadniane mieszaniną tych ścieków przemysłowych z gnojowicą bydłą 4 razy w roku dawkami 60 mm dobrze się rozwijały. Wraz ze zwiększaniem udziału gnojowicy w mieszaniu tych ścieków, którymi nawadniano roślinność łąkową, wzrastały plony

TABELA 7. Średnie stężenia uciążliwych ścieków chemicznych pożywkowanych gnojowicą i ich odcieków z gleby z roślinnością łąkową

Kombinacja stosowania ścieków i gnojowicy	Koncentracja (g/m^3)				
	BZT ₅	N	P	SO ₄	Cl
Woda czysta + NP (200+80 kg/ha)	1,3	10,7	0,1	238	202
Ścieki celulozowo-papiernicze	281,0	15,5	3,4	192	392
Odcieki (mm)					
• ścieki 57,5 + gnojowica 2,5	2,3	11,0	0,1	245	208
• ścieki 55,0 + gnojowica 5,0	3,0	13,4	0,2	259	225
• ścieki 52,5 + gnojowica 7,5	3,9	18,5	0,2	280	244
Ścieki włókien chemicznych	65,8	14,4	2,2	626	533
Odcieki					
• ścieki 55,0 + gnojowica 5,0	2,7	13,5	0,2	500	331
• ścieki 52,5 + gnojowica 7,5	5,2	17,4	0,2	507	366

z 40,0 do 60,0 t/ha zielonej masy i ich wartość użytkowa była wyższa.

Uzyskano wysoki stopień oczyszczania ścieków celulozowo-papierniczych i włókien chemicznych pożywkowanych gnojowicą. Redukcja ładunków BZT₅ wynosiła 99,4–99,7%, azotu ogółem 91,1–94,5% i fosforu 99,0–99,6%.

Wnioski

1. Zgodnie z potrzebami utrzymania trwałej czystości wód wskazane jest częstsze stosowanie naturalnych metod oczyszczania ścieków w środowisku glebowo-roślinnym, zwłaszcza ścieków zasobnych w substancję organiczną i związki biogenne.

2. W środowisku gleb lekkich mineralnych z roślinnością łąkową uzyskuje się II i III^o oczyszczania ścieków w zakresie dopuszczalnych norm odprowadzania ścieków do wód i do ziemi, a wody pościekowe mieszczą się w II i III klasie czystości.

3. Wykorzystywanie gnojowicy i gnojówki do nawożenia w rolnictwie, stosowane według norm opracowanych na podstawie bilansu azotu, nie zagraża czystości wód.

4. W niektórych warunkach można oczyszczać w naturalnym środowisku glebowo-roślinnym również ścieki uciążliwe przemysłu chemicznego i celulozowo-papierniczego, wykorzystując do wspomaganie procesu pożywkowanie gnojowicą lub nawozami mineralnymi.

Literatura

- BARTOSZEWSKI K., SZETELA R. 1995: *Współczesne metody oczyszczania ścieków i przeróbki osadów*. Mat. Konf. naukowo-techn. nt.: Problemy oczyszczania ścieków w dorzeczu Odry. RZGW Wrocław, 12.
- BOĆKO J. 1979: *Oczyszczanie ścieków na użytkach zielonych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 221; 45–62.
- CZYŻYK F. 1988: *Nawodnienie roślin uprawnych miejskimi wodami ściekowymi*. Mat. semin. IMUZ 24; 28–40.
- GAJDA M., GAJDA I. 1995: *Małe oczyszczalnie ścieków realizowane przez Biuro Inżynierii Wodnej i Ochrony Środowiska w Gdańsku*. Mat. konf. 53–56.
- HEIDRICH Z. 1995: *Próba uporządkowania danych wyjściowych do projektowania przydomowych i zbiorczych oczyszczalni ścieków dla terenów wiejskich*. Mat. z VIII Ogólnop. Konf. Nauk.-Tech. z cyklu: Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych. Politechnika Białostocka, Wigry; 113–118.
- HUS S. 1993: *Wpływ gnojowicy oraz gnojówki i ścieków wiejskich na jakość wód niektórych potoków górskich w Sudetach* (rozprawa hab.) Zesz. Nauk. AR Wrocław 113; 1–85.
- KALISZ L., SAŁBUT J. 1995: *Efektywność oczyszczania ścieków w oczyszczalniach korzeniowych*. Mat. konf. nauk.-tech. nt: Problemy oczyszczania ścieków w dorzeczu Odry, RZGW we Wrocławiu, 8.
- KOWAL A.L. 1994: *System oczyszczania ścieków Lemna*. "Hydro" P.P. UPH Spółka z o.o. Kielce, 12.
- KOWALIK P., OBORSKA-PEMPKOWIAK H. 1994: *Zasady pracy małych hydrobotanicznych oczyszczalni ścieków*. Mat. inform. IMUZ, Falenty, 62.
- KUTERA J. 1985: *Wykorzystanie ścieków przemysłu ziemniaczanego w rolnictwie*. Mat. in- strukt. IMUZ 49; 33.

- KUTERA J. 1986: *Wykorzystanie ścieków przemysłu spirytusowo-drożdżowego w rolnictwie*. Mat. instrukt. IMUZ 52; 38.
- KUTERA J. 1990: *Wykorzystanie ścieków przemysłu owocowo-warzywnego w rolnictwie*. Mat. instrukt. IMUZ 81; 42.
- KUTERA J. 1991: *Rolnicze wykorzystanie ścieków przemysłu utylizacyjnego*. Mat. instrukt. IMUZ 16; 36.
- KUTERA J. 1994: *Gospodarka gnojowicą*. AR Wrocław; 1–370.
- MAJDOWSKI F. 1978: *Lisometric investigations on hog farm manure land disposal*. Environment Protection Engineering 1/78. Wrocław Technical University; 62–75.
- MAJDOWSKI F. 1982: *Oczyszczanie ścieków przemysłu spożywczego w glebie*. IMUZ Falenty, 100 (rozprawa hab.).
- MAJDOWSKI F. 1985: *Określenie możliwości wspólnego oczyszczania i wykorzystania uciążliwych ścieków przemysłowych z gnojowicą*. Raport z badań. IMUZ, Wrocław; 64.
- MAJDOWSKI F. 1988: *Oczyszczanie w glebie ścieków miejskich po mechanicznym, mechaniczno-biologicznym oczyszczaniu*. Mat. semin. IMUZ 24; 23–70.
- MIODOŃSKI J., KITOWSKI K., PRZEWŁOCKI J. 1995: *Wdrożone technologie i systemy oczyszczania ścieków w kraju*. Mat. konf. nauk.-tech. nt.: Problemy oczyszczania ścieków w dorzeczu Odry, RZGW we Wrocławiu; 20.
- SAPEK B. 1995: *Wymywanie azotanów oraz zakwaszanie gleby i wód gruntowych w aspekcie działalności rolniczej*. Mat. instrukt. IMUZ Falenty 30; 1–32.
- SIUTAJ., WASIAK G. 1995: *Podstawy gruntowo-roślinnego oczyszczania ścieków*. Mat. konf. Gdańsk; 147–152.
- TALIK B. 1978: *Wykorzystanie azotu i fosforu ze ścieków miejskich przez roślinność łąk i pastwisk*. Mat. konf. nauk. nt.: Rola melioracji w kształtowaniu środowiska przyrodniczego. IMUZ Falenty, 36–45.
- TALIK B., KUTERA J. 1995: *Oczyszczanie ścieków z mleczarni w środowisku glebowym z roślinnością łąkową*. Wiadomości IMUZ (w druku).

Adres autorów

J. Kutera, St. Hus

Instytut Melioracji i Kształtowania Środowiska

AR we Wrocławiu

50–363 Wrocław, pl. Grunwaldzki 24