

SKŁAD I WŁAŚCIWOŚCI ŚCIEKÓW OCZYSZCZONYCH

*Dorota Bobrecka-Jamro*¹, *Agnieszka Kwiatkowska*², *Wacław Jarecki*¹

¹ Katedra Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie

² Firma „ATECH” w Rzeszowie

Wstęp

Wzrastające zagrożenie zanieczyszczenia środowiska naturalnego, w tym wód powierzchniowych oraz podziemnych, wymusiło pilną potrzebę budowy nowych oraz modernizację nieefektywnych oczyszczalni ścieków. Wprowadzenie nowych restrykcyjnych przepisów prawnych, dotyczących ochrony wodnych zasobów przyrody przed zanieczyszczeniami spowodowało, że uzyskano znaczącą poprawę czystości odbiorników poprzez zwiększenie redukcji stężenia zawiesin ogólnych od 88% do 92% stężenia BZT₅ oraz stężenia ChZT do 94%. Znacznie mniejszy efekt oczyszczania osiągnięto w procesie usuwania substancji biogenych ze ścieków, średnia wartość redukcji stężenia azotu kształtowała się na poziomie 69%, zaś fosforu 65% [FISCHER, STIER 1998; ROCZNIK 2003]. Dopływ zanieczyszczeń zawartych w ściekach oczyszczonych do odbiorników wpływa negatywnie na zmianę struktury biocenozy oraz linii tlenowej wód.

Korzystnym wydaje się zastosowanie takiego sposobu doczyszczania ścieków, w którym staną się one surowcem możliwym do wykorzystania przyrodniczego.

Składniki zawarte w ściekach wróca wówczas do miejsca, w którym zostały wyprodukowane, zamyka się obieg materii przerwany rozwojem techniki i cywilizacji. Wprowadzone do gleby substancje w sprzyjających warunkach pobudzają wzrost i aktywność biochemiczną mikroflory glebowej. Produktami finalnymi reakcji mineralizacji związków węgla, azotu i fosforu są łatwo przyswajalne substancje pokarmowe, potrzebne do wzrostu i rozwoju roślin [HARTMAN 1996]. Zastosowanie metody doczyszczania ścieków w środowisku glebowym pozwala na wykorzystanie ich do nawadniania gleb [KRISTIANSEN 1981a, b, c].

Celem badań było określenie wartości nawozowej ścieków pod kątem możliwości wykorzystania ich do nawadniania plantacji rzepaku jarego uprawianego dla celów energetycznych. Roślinę tę wybrano ze względu na wysokie wymagania pokarmowe, a zwłaszcza pobieranie azotu oraz wody w czasie jej wzrostu i rozwoju [BUDZYŃSKI, OJCZYK 1996].

Materiał i metody badań

Badania składu chemicznego ścieków oczyszczonych odprowadzanych z wicjskiej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni w Gliniku Dolnym (gmina Frysztak), przeprowadzono od marca do października w latach 2002–2004.

Ścieki surowe o charakterze bytowo-gospodarczym poddawane były procesowi oczyszczania metodą osadu czynnego w dwufazowym reaktorze biologicznym. Rzeczywista średniodobowa ilość ścieków dopływających do oczyszczalni wynosiła $Q_{\text{rzst}} = 31 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w 2002, $Q_{\text{rzst}} = 80 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w 2003, $Q_{\text{rzst}} = 134 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w 2004 roku. Projektowana średniodobowa ilość ścieków surowych wynosi $Q_{\text{proj.śr}} = 256 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$.

Próbki zlewanych z 24 godzin ścieków oczyszczonych pobierano z kolektora raz w tygodniu. W każdej pojedynczej próbie mierzono temperaturę ścieków odpływających z oczyszczalni, stężenie tlenu rozpuszczonego sondą tlenową firmy WTW oraz odczyn pH-metrem firmy WTW. Ocenę przydatności ścieków do celów nawozowych dokonano w oparciu o uzyskane w laboratorium wyniki następujących wskaźników chemicznych: BZT₅, ChZT, azotu amonowego, azotu azotanowego, azotu ogólnego, fosforanów rozpuszczonych, fosforu ogólnego. Oznaczenia wartości wskaźników zanieczyszczeń wykonano zgodnie z zalecaną metodyką [HERMANOWICZ i in. 1976], spektrofotometrem D-300. Stężenie magnezu, wapnia, cynku, kadmu, manganu, chromu ogólnego, ołowiu, niklu i miedzi oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej. Potas i sód oznaczono metodą fotometrii płomieniowej.

Wyniki i dyskusja

Wyniki badań ścieków oczyszczonych w mechaniczno-biologicznej oczyszczalni w Gliniku Dolnym wykazały, że temperatura ścieków kształtowała się w granicach od 11 do 19,5°C w całym okresie badawczym. Porównanie wszystkich odnotowanych wartości temperatur z literaturą potwierdza ich korzystny wpływ na rozwój systemu korzeniowego roślin, łatwość pobierania substancji pokarmowych z roztworu glebowego oraz efektywność przemian azotowych w glebie [GORLACII, MAZUR 2002].

Zawartość azotu w glebach jest związana z udziałem materii organicznej, która poddana zostaje mineralizacji i humifikacji. Produktem końcowym procesów rozkładu nie zawsze są przyswajalne formy azotu. Zależy to od stosunku węgla do azotu, w mineralizowanej materii organicznej. Im mniejszy jest stosunek węgla do azotu, tym większa jest dostępność azotu dla gleby i roślin [SOSULSKI 2002]. Traktując ścieki oczyszczone jako materiał organiczny możemy stwierdzić, że stosunek węgla do azotu w miesiącach letnich całego okresu badawczego kształtował się w granicach 1 : 1 i był wynikiem niskiego stężenia BZT₅, ChZT oraz azotu ogólnego. Średnie stężenie azotu amonowego w ściekach oczyszczonych od czerwca do października w kolejnych latach badań kształtowało się na poziomie 3,8 mg·dm⁻³, natomiast ilość azotu azotanowego wynosiła 14,5 mg·dm⁻³. Boćko [1979] uważa, że azot występujący w ściekach w formie amonowej jest całkowicie zatrzymywany przez glebę, inaczej jest w przypadku azotu azotanowego. Według literatury nie jest on sorbowany przez glebę. Niepobrany przez rośliny ulega denitryfikacji w warunkach beztlenowych.

Dostępność tlenu zawartego w ściekach wprowadzanych do gleby wpływa na szybkość mineralizacji materii organicznej. Zachodzące przemiany dostarczają roślinom jony amonowe, azotanowe i ortofosforanowe [KUTERA 1988; RUTKOWSKA 2002].

Tabela 1; Table 1

Właściwości fizykochemiczne ścieków oczyszczonych
Physical and chemical properties of treated sewage

Wyszczególnienie Specification		Lata Years		
Oznaczenia Determination	zakres; range	2002	2003	2004
Temperatura Temperature (°C)	minimalny; minimal	15,0	12,0	11,0
	maksymalny; maximal	20,5	19,5	18,7
	średni; medium	16,5	15,0	14,8
Tlen rozpuszczony Dissolved oxygen (mg O ₂ ·dm ⁻³)	minimalny; minimal	4,0	3,6	3,4
	maksymalny; maximal	8,5	8,7	8,3
	średni; medium	8,0	7,6	7,0
Odczyn Reaction pH	minimalny; minimal	6,80	6,86	6,84
	maksymalny; maximal	7,10	7,08	7,07
	średni; medium	6,90	7,05	7,02
BZT ₅ BOD (mg O ₂ ·dm ⁻³)	minimalny; minimal	20	21	24,6
	maksymalny; maximal	27,3	27,1	26,9
	średni; medium	25,6	26,8	25,9
ChZT COD (mg O ₂ ·dm ⁻³)	minimalny; minimal	49,5	36	38,1
	maksymalny; maximal	110,1	130,3	94,6
	średni; medium	62,5	72	68
N-NH ₄ (mg·dm ⁻³)	minimalny; minimal	3,5	4,2	4,0
	maksymalny; maximal	15	13	14
	średni; medium	4,5	3,8	3,3
N-NO ₃ (mg·dm ⁻³)	minimalny; minimal	7,3	5,5	2,2
	maksymalny; maximal	13,4	18,2	16,1
	średni; medium	12,7	15,2	14,4
N ogólny Total N (mg·dm ⁻³)	minimalny; minimal	27,5	30	29,8
	maksymalny; maximal	32,5	35,6	34,9
	średni; medium	28	28,9	27,1
P-PO ₄ (g·dm ⁻³)	minimalny; minimal	1,1	1,7	2,5
	maksymalny; maximal	8,7	12,6	10,6
	średni; medium	6,5	7,7	5,3
P ogólny Total P (g·dm ⁻³)	minimalny; minimal	1,6	2,0	2,8
	maksymalny; maximal	11,1	14,3	13,4
	średni; medium	6,8	8,1	5,5

Zawartość tlenu w ściekach z oczyszczalni w Gliniku Dolnym była wysoka i utrzymywała się na poziomie $7,5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$.

Badania dowodzą, że gleby nawożone ściekami, na których uzyskuje się około 10 ton suchej masy plonu z 1 ha łąki, asymilują $16,5 \text{ ton CO}_2$ i wydzielają 12 ton O_2 [Boćko 1979].

Obecność tlenu w glebie stymuluje biologiczny proces utleniania azotu amonowego do azotu azotanowego oraz azotynów do azotanów. W trakcie przebiegu reakcji obniża się jednak odczyn gleby.

Ścieki odpływające z oczyszczalni charakteryzowały się odczynem obojętnym, a to w środowisku glebowo-roślinnym ułatwia transport składników pokarmowych do roślin, utrudnia dostępność metali ciężkich zawartych w glebie oraz ogranicza szybkość rozkładu substancji organicznej w glebie [FOTYMA, MERCIK 1992]. Stężenia wszystkich analizowanych wskaźników zanieczyszczeń w okresie letnim 2002–2004 roku wskazują na dużą efektywność biologicznego oczyszczania ścieków. Charakterystykę ścieków oczyszczonych przedstawiono w tab. 1.

Obserwowane w okresie wiosny i jesieni zrzuty zgnitych ścieków do oczyszczalni pochodzących ze starych szamb wpływały na obniżenie sprawności procesów mineralizacji zanieczyszczeń w osadzie czynnym.

Zawartość azotu ogólnego w ściekach odpływających do odbiornika wzrosła do wartości $34 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Średnie stężenie BZT₅ utrzymywało się na poziomie $39,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, zawartość ChZT wynosiła $111 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Wartość stosunku węgla do azotu kształtowała się na poziomie $1,6 : 1$ i była 5-krotnie mniejsza niż w oborniku przefermentowanym [FOTYMA, MERCIK 1992].

Podobnie jak w przypadku związków azotu, występujące trudności eksploatacyjne w oczyszczalni skutkowały zwiększeniem zawartości w ściekach oczyszczonych rozpuszczonego oraz ogólnego fosforu uwalnianego z osadu czynnego. Średnia zawartość fosforu rozpuszczonego wynosiła $10,7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a fosforu ogólnego $13 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono również, że zrzuty zgnitych ścieków ze zbiorników bezodpływowych do oczyszczalni powodowały obniżenie odczynu ścieków oczyszczonych do wartości 6,85. Na podstawie literatury można stwierdzić, że jego wartość nie powinna wpłynąć na wzrost przyswajalności mikroelementów pobieranych przez rośliny w formie kationów ani na zahamowanie aktywności biologicznej gleby [GORLACH, MAZUR 2002].

Wartość nawozową ścieków oczyszczonych podnoszą kationy wapnia, magnezu, sodu i potasu, które wniesione do gleby współdziałają z kompleksem sorpcyjnym i przechodzą w formę wymienną, pozostając w postaci przyswajalnej dla roślin (tab. 2).

Stosunek ilościowy N : P : K we wszystkich latach prowadzonych badań utrzymywał się na średnim poziomie $6,4 : 1 : 8,4$. Ścieki stanowią cenne źródło substancji pokarmowych potrzebnych do wzrostu i rozwoju roślin. Zawarte w nich koloidy organiczne wpływają na poprawę właściwości sorpcyjnych gleb. Według KUTERY [1988] wykorzystanie ścieków do nawożenia gleb i roślin pozwala na uzyskanie o około 30% wyższych plonów niż na polach nawadnianych czystą wodą i nawożonych nawozami mineralnymi.

Boćko [1979] podaje, że „w systemach rolniczego wykorzystania ścieków, gleby irygowane eliminują od 30–60% związków biogenych, a na glebach nawadnianych szerokoprzestrzennie 90–100% tych związków”.

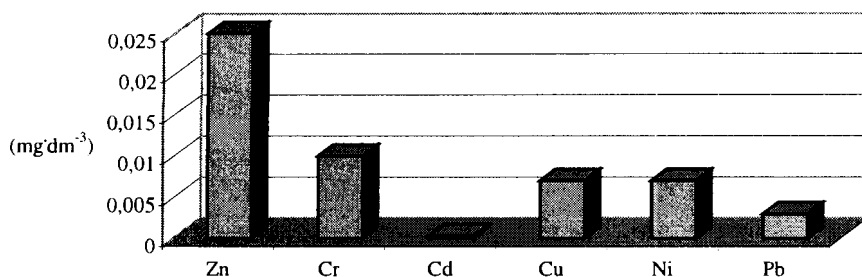
Tabela 2; Table 2

Charakterystyka ścieków oczyszczonych
Characteristic of treated sewage

Wyszczególnienie; Specification		Lata; Years		
Oznaczenia; Determination	zakres; range	2002	2003	2004
K ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)	maksymalny; maximal	55	53,6	54,9
	minimalny; minimal	47,7	50,0	46,5
	średni; medium	51	52,6	49,4
Ca ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)	maksymalny; maximal	57	58	58
	minimalny; minimal	53	55	54,3
	średni; medium	55	57	50
Mg ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)	maksymalny; maximal	16,1	14,9	15,3
	minimalny; minimal	15,2	14,0	15,0
	średni; medium	14,7	14,4	15,5
Na ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)	maksymalny; maximal	105	103	105,8
	minimalny; minimal	100	94	96,2
	średni; medium	103	105	101

Rolnicze użytkowanie ścieków jest możliwe, gdy ilość występujących w nich metali ciężkich jest zgodna z wymogami stawianymi w Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 8 lipca 2004 roku [ROZPORZĄDZENIE 2004].

Badane ścieki odpływające z oczyszczalni w Gliniku Dolnym zawierały dopuszczalną ilość metali ciężkich, co przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Średnia koncentracja metali ciężkich w badanych ściekach oczyszczonych w latach 2002–2004

Fig. 1. Average concentration of heavy metals in treated sewage for the years 2002–2004

Badanie składu chemicznego gleby wykazało, iż stężenia wszystkich analizowanych pierwiastków (tab. 3) nie przekraczają zalecanych norm wymaganych w glebach ciężkich występujących w miejscowości Glinik Dolny.

Tabela 3; Table 3

Porównanie dopuszczalnej zawartości metali ciężkich w glebach [ROZPORZĄDZENIE 2004] oraz w glebie pobranej w miejscowości Glinik Dolny
Physical and chemical composition of treated sewage and the soil sampled in Glinik Dolny [ROZPORZĄDZENIE 2004]

Metale Metals	Zawartość metali w badanej próbce gleby (mg·kg ⁻¹ s.m.) Contents of metals (mg·kg ⁻¹ soil DM)	Zawartość metali w glebach (mg·kg ⁻¹ s.m.); Contents of metals mg·kg ⁻¹ soil DM according to the disposal act		
		lekkich; light	średnich; medium	ciężkich; heavy
Kadm; Cadmium	0,23	1	2	3
Chrom; Chromium	27,9	50	75	100
Miedź; Copper	20,6	25	50	75
Nikiel; Nickel	26,9	20	35	50
Ołów; Lead	16,6	40	60	80
Cynk; Zinc	73,2	80	120	180

W badanych próbach zlewanych ścieków oczyszczonych stwierdzono: 28 mg N·dm⁻³; 6,8 mg P·dm⁻³, 51 mg K·dm⁻³, 57 mg Ca·dm⁻³, 14,7 mg Mg·dm⁻³, 103 mg Na·dm⁻³.

Do obliczeń przyjęto dawkę nawodnieniową równą 100 mm badanych ścieków w sezonie wegetacyjnym rzepaku jarego, co przy założonej średniej dawce nawodnieniowej stanowi: 28 kg N, 6,8 kg P, 51 kg K, 57 kg Ca, 14,7 kg Mg, 103 kg Na na hektar uprawianego pola. Ilość otrzymanych składników nawozowych, ze względu na ich wymywanie, nie zapewnia zalecanej dla rzepaku dawki azotu, fosforu, wapnia, magnezu i potasu.

Wniosek

Stężenia składników pokarmowych w ściekach z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Gliniku Dolnym w sezonie wegetacyjnym wynosiły: 28 mg N·dm⁻³, 6,8 mg P·dm⁻³, 51 mg K·dm⁻³, 57 mg Ca·dm⁻³, 14,7 mg Mg·dm⁻³, 103 mg Na·dm⁻³, co przy średniej dawce nawodnieniowej równej 100 mm odpowiadało 28 kg N, 6,8 kg P, 51 kg K, 57 kg Ca, 14,7 kg Mg, 103 kg Na na hektar uprawianego pola.

Literatura

- BOĆKO J. 1979. *Oczyszczanie ścieków na użytkach zielonych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 221: 79–88.
- BUDZYŃSKI W., OJCZYK T. 1996. *Rzepak, produkcja surowca olejowego*. Wyd ART, Olsztyn: 159–172.
- FISCHER M., STIER E. 1998. *Podręczny poradnik eksploatacji oczyszczalni ścieków*. Wyd. – Seidel-Przywecki: 479 ss.
- FOTYMA M., MERCIK S. 1992. *Chemia rolna*. PWN, Warszawa: 340 ss.

- GORLACH E., MAZUR T. 2002. *Chemia rolna*. PWN, Warszawa: 346 ss.
- HARTMAN L. 1996. *Biologiczne oczyszczanie ścieków*. Wydawnictwo Instalator Polski, Warszawa: 217–226.
- HERMANOWICZ W., DOŻAŃSKA W., DOJLIDO J., KOZIOROWSKI B. 1976. *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*. Arkady, Warszawa: 847 ss.
- KRISTIANSEN R. 1981a. *Sand-filter trenches for purification of septic tank effluent: I. The clogging mechanism and soil physical environment*. J. Environ. Qual. 10: 353–357.
- KRISTIANSEN R. 1981b. *Sand-filter trenches for purification of septic tank effluent: II. The fate of nitrogen*. J. Environ. Qual. 10: 358.
- KRISTIANSEN R. 1981c. *Sand-filter trenches for purification of septic tank effluent: III. The microflora*. J. Environ. Qual. 10: 361–364.
- KUTERA J. 1988. *Wykorzystanie ścieków w rolnictwie*. PWRiL, Warszawa: 509.
- ROCZNIK 2003. *Rocznik Statystyczny Województwa Podkarpackiego*.
- ROZPORZĄDZENIE 2004. *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 lipca 2004 w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska*. Dz.U. nr 168, poz. 1763.
- RUTKOWSKA B. 2002. *Mikroelementy w glebie*, w: *Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne*. Praca zbiorowa pod redakcją S. Mercika: 155–164.
- SOSULSKI T. 2002. *Zawartość azotu w glebach*, w: *Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne*. Praca zbiorowa pod redakcją S. Mercika: 187–193.

Słowa kluczowe: nawożenie, ścieki oczyszczone

Streszczenie

W latach 2002–2004 od marca do października badano skład chemiczny ścieków odprowadzanych z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w miejscowości Glinik Dolny (gmina Frysztak). Celem badań była ocena przydatności ścieków oczyszczonych przeznaczonych do celów nawozowych rzepaku jarego.

Ścieki zawierały średnio 28 mg N·dm⁻³, 6,8 mg P·dm⁻³, 51 mg K·dm⁻³, 57 mg Ca·dm⁻³, 14,7 mg Mg·dm⁻³, 103 mg Na·dm⁻³, co przy założonej dawce nawodnieniowej wynoszącej 100 mm w sezonie wegetacyjnym stanowi: 28 kg N, 6,8 kg P, 51 kg K, 57 kg Ca, 14,7 kg Mg, 103 kg Na na hektar uprawianego pola.

COMPOSITION AND PROPERTIES OF TREATED SEWAGE

Dorota Bobrecka-Jamro¹, Agnieszka Kwiatkowska², Wacław Jarecki¹

¹Department of Plant Production, Rzeszów University, Rzeszów
²„ATECH” Co., Rzeszów

Key words: fertilization, treated sewage

Summary

Chemical composition of the sewage from mechanical-biological treatment plant in Glinik Dolny, commune Frysztak, was investigated from March to October in the years 2002–2004. The usability of treated sewage to fertilization of the spring rape was estimated.

The treated sewage samples contained on average 28 mg N·dm⁻³, 6.8 mg P·dm⁻³, 51 mg K·dm⁻³, 57 mg Ca·dm⁻³, 14.7 mg Mg·dm⁻³, 103 mg Na·dm⁻³. At assumed irrigation rate of 100 mm during vegetation season following amounts of nutrients would be supplied per 1 ha cultivated land: 28 kg N, 6.8 kg P, 51 kg K, 57 kg Ca, 14.7 kg Mg, 103 kg Na.

Mgr inż. Agnieszka **Kwiatkowska**
Firma „ATECH”
ul. Nazimka 3 m. 27
35–302 RZESZÓW