



Skuteczność usuwania zanieczyszczeń bakteriologicznych w procesach oczyszczania ścieków z zastosowaniem stawów biologicznych

*Katarzyna Budzińska, Anita Jurek,
Bożena Szejniuk, Grzegorz Wroński*
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

1. Wstęp

Jednym z etapów oczyszczania ścieków jest proces biologiczny, który stosuje się gdy metody zastosowane wcześniej nie zapewniają odpowiedniej klasy czystości wody zrucanej do odbiorników. Istotną funkcję w tych przemianach stanowi działalność metaboliczna mikroorganizmów, które warunkują rozkład substancji organicznych. Technologie biologicznego oczyszczania ścieków stworzone są przez człowieka, jednakże opierają się głównie na procesach naturalnych. Zasada oczyszczania jest taka sama, jak w przypadku naturalnego samooczyszczania się zbiorników wodnych, przy czym różnica polega na stworzeniu optymalnych warunków usuwania zanieczyszczeń ze ścieków (obecność tlenu, pożywki, mieszanie mechaniczne, temperatura, pH, itp.), które zwiększają szybkość i skuteczność procesu [11]. Jedną z metod biologicznego oczyszczania ścieków jest wykorzystanie stawów ściekowych.

Najczęściej występują stawy tlenowe, naturalne, zwane też stabilizacyjnymi, tlenowe napowietrzane oraz fakultatywne (tlenowo-beztlenowe). Stawy biologiczne stosowane są do oczyszczania ścieków pochodzących z małych miejscowości, najczęściej z terenów wiejskich [5]. W stawach ściekowych zachodzi proces samooczyszczania w wyniku działania procesów fizycznych i biochemicznych, przebiegających pod wpływem światła i tlenu oraz przy udziale mikroorganizmów wodnych, lub w warunkach beztlenowych. Podczas oczyszczania następuje znaczna redukcja zawartości azotu, potasu i fosforu, czyli pierwiastków w największym stopniu odpowiedzialnych za eutrofizację wód. Stawy ściekowe zmniejszają wydzielanie amoniaku do atmosfery, odpowiedzialne są również za usuwanie mikroorganizmów chorobotwórczych. Redukcja liczebności mikroorganizmów patogennych w tym systemie może wynosić 93÷98% [2, 14].

Oczyszczanie ścieków bytowo gospodarczych stanowi bardzo istotny element eliminacji drobnoustrojów chorobotwórczych, gdyż wprowadzenie do wód powierzchniowych ścieków skażonych bakteriologicznie bez końcowej dezynfekcji może znacznie pogorszyć ich stan sanitarny i stwarzać poważne zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi oraz zwierząt. W pracy dokonano oceny skuteczności oczyszczania ścieków poprzez analizę eliminacji bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*, paciorkowców kałowych, *E.coli* i bakterii z rodzaju *Salmonella* na poszczególnych etapach procesów oczyszczania z zastosowaniem stawów ściekowych.

2. Opis obiektu badań

Obiekt, w którym przeprowadzono badania przeznaczony jest do oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych. Ścieki surowe dopływają do oczyszczalni kolektorem tłocznym z przepompowni sieciowej. Trafiają do studzienki rozprężonej, z której przepływają grawitacyjnie do komory pełniącej funkcję oddzielnicy zanieczyszczeń mineralnych. Kolejny układ technologiczny oczyszczalni stanowi osadnik Imhoffa, składający się z komory przepływowej i fermentacyjnej, których celem jest wydzielenie ze ścieków zawiesiny oraz beztlenowa stabilizacja i magazynowanie osadu wydzielonego ze ścieków. Tak oczyszczone ścieki trafiają do szeregowo ułożonych stawów: napowietrzanego, sedymentacyjnego i dwóch stawów stabilizacyjnych. Staw napowietrzany stanowi wybetonowany zbiornik

o głębokości 2,8 m i pojemności całkowitej 6 602 m³, czas przetrzymania ścieków wynosi 28 dni. Pełne wymieszanie zbiornika realizowane jest za pomocą urządzeń napowietrzających, o zdolności napowietrzania 4,5 kg O₂/h. Następnie ścieki trafiają do stawu sedymentacyjnego, w którym ścieki przebywają 9 dni. Staw ten służy do oddzielenia zawiesiny zawartej w stawie napowietrzonym. Jest to wybetonowany zbiornik o głębokości 2,8 m i objętości 2298 m³. W dalszej kolejności ścieki doprowadzane są do stawów stabilizacyjnych, w których ma miejsce biologiczne oczyszczanie ścieków. Oba stawy mają głębokość 1,6 m, a czas przetrzymania ścieków wynosi dla pierwszego stawu 9 dni, a dla drugiego 14 dni. Ścieki ze stawów stabilizacyjnych trafiają do filtru zwirowego, którego zadaniem jest usunięcie ze ścieków planktonu pochodzącego z produkcji stawów. Powstający w procesie oczyszczania osad kierowany jest na poletka osadowe, gdzie następuje jego odwadnianie. Oczyszczone ścieki odprowadzane są do rzeki Drwęcy.

3. Materiał i metody badań

Pobieranie próbek do badań

Przedmiotem badań były ścieki bytowo-gospodarcze pobierane z oczyszczalni znajdującej się w województwie kujawsko-pomorskim. Pobierano następujące próbki ścieków:

- A – ścieki surowe,
- B – ścieki po oczyszczeniu mechanicznym,
- C – ścieki oczyszczone w stawie stabilizacyjnym I,
- D – ścieki oczyszczone w stawie stabilizacyjnym II,
- E – ścieki po filtrach piaszkowych, odprowadzane do rzeki Drwęcy.

Próbki ścieków pobierano zgodnie z instrukcją pobierania, postępowania i przechowywania podaną w EN 25667-2 i PN-EN ISO 5667-3. Analizy pobranych ścieków wykonano 7-krotnie w okresie jesienno-zimowym oraz wiosenno-letnim. W ściekach oznaczono liczbę bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*, *Escherichia coli*, paciorkowców kałowych oraz obecność drobnoustrojów z rodzaju *Salmonella*.

Procedura przeprowadzania badań mikrobiologicznych

Oznaczenie liczby bakterii Escherichia coli

Zasada metody polegała na wykrywaniu bakterii *Escherichia coli* metodą fermentacyjną-probówkową, poprzez określenie zdolności tych bakterii do fermentowania laktozy z wytworzeniem kwasu, gazu i aldehydu. Ilościowe oznaczenie drobnoustrojów prowadzone było w oparciu o obliczenie najbardziej prawdopodobnej liczby (NPL), zestawem 3-probówkowym, posługując się tablicami Mc Cread'ego. W pierwszym etapie wykonano w trzech powtórzeniach rozcieńczenia dziesiętne ścięzków od 10^{-1} do 10^{-8} wykorzystując podłoże płynne z laktozą i purpurą bromokrezolową – Mac Conkey Bulion. Następnie próby poddano inkubacji w temperaturze 37°C przez 24÷48h. Próby dodatnie i wątpliwe potwierdzano stosując podłoże stałe wybiórcze – Tergitol-7-agar (inkubacja 24 h/ 37°C). Ocena poszczególnych prób polegała na stwierdzeniu, w przypadku pożywki płynnej, zmiany barwy bulionu z fioletowej na żółtą-rozkład laktozy oraz obecność gazu w rurce Durhama. Jeżeli zaobserwowano wyżej wymienione cechy to taką próbę oceniano pozytywnie. Na pożywce stałej bakterie *Escherichia coli* rosły w postaci żółtych kolonii, wokół nich następowała zmiana barwy podłoża na kolor żółty [PN-77/C-04615].

Oznaczenie liczby paciorkowców kałowych

W celu oznaczenia liczby paciorkowców kałowych w ściekach w pierwszym etapie badań zastosowano bulion z azydkiem i dekstrozą [Merck nr kat. 101590]. Obecny w pożywce azydek i siarczan (IV) hamują rozwój gram-ujemnych bakterii towarzyszących, a gram-dodatnie są lekko hamowane niskimi stężeniami fioletu krystalicznego, natomiast paciorkowce nie ulegają działaniu tego związku w takim stężeniu. Wykonane w ten sposób posiewy inkubowano w temperaturze 37°C przez 24 lub 48h. Za wynik dodatni badania wstępnego uznano zmętnienie pożywki [PN-82/C04615.25]. Ze wszystkich dodatnich hodowli w próbkach z pożywką namnażająco – selektywną z badania wstępnego wykonano posiewy rysowe na agar z kanamycyną, eskuliną i azydkiem. Inkubacje prowadzono w temperaturze 37°C przez 24÷48h. Wynik dodatni badania potwierdzającego obecność paciorkowców kałowych to mleczno białe, drobne kolonie wraz z czarnym zabarwieniem podłoża. Na pod-

stawie dodatnich wyników badania potwierdzającego określa się ostateczny wynik w postaci najbardziej prawdopodobnej liczby żywych bakterii w 1 ml ścieków [PN-77/C-04615].

Oznaczanie ogólnej liczby bakterii z rodziny Enterobacteriaceae

Oznaczenie liczby bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* przeprowadzono na agarze Mac Conkey'a, metodą posiewu powierzchniowego. Oznaczenie to polegało na rozproszczeniu 0,1 ml odpowiedniego rozcieńczenia na płytkach Petriego z pożywką stałą. Tak przygotowane posiewy inkubowano w temperaturze 37°C przez 24 h. Po upływie tego czasu policzono wyrosłe kolonie. Liczbę bakterii podano w 1ml ścieków.

Metoda wykrywania obecności bakterii z rodzaju Salmonella

Metoda wykrywania pałeczek *Salmonella* w ściekach podlegających analizie, polegała na stwierdzeniu obecności tych bakterii za pomocą hodowli na podłożach namnażających i różnicująco-selektywnych [PN-Z-19000-1]. Pierwszym etapem było przednamnażanie w zbuforowanej wodzie peptonowej, a następnie selektywne namnażanie na płynnej pożywce wybiórczo-namnażającej według Rappaporta z dodatkiem tetracionianu i zieleni malachitowej. W dalszej kolejności hodowle przeniesiono na podłoże agarowe BPLA z zielenią brylantową, czerwienią fenolową i laktozą oraz na podłoże XLD z ksylozą, lizyną i dezoksychoalanem. Typowe kolonie *Salmonella* na podłożu BPLA rosły w postaci blado-różowych koloni, wokół których występowało charakterystyczne zabarwienie agaru na różowo. Na agarze XLD typowe kolonie bakterii rosły w postaci drobnych kolonii z czarnym środkiem, otoczone jasnoczerwoną strefą. Końcowa identyfikacja polegała na zastosowaniu testów serologicznych – surowicy poliwalentnej HM i mikrotestu API 20 E.

4. Wyniki i dyskusja

Ścieki bytowo-gospodarcze, które trafiają do oczyszczalni zawierają zanieczyszczenia biologiczne w postaci bakterii, wirusów, grzybów i pasożytniczych robaków, które przez wzgląd na swój charakter mogą stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt. Do najczęściej izolowanych należą m.in.: *Escherichia coli*, *Shigella spp.*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens*, *Streptococcus faecalis*, *Leptospira spp.*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Shigella flexneri*,

oraz *Vibrio cholera*. Drobnoustroje chorobotwórcze mogą przeżyć poza ustrojem żywiciela przez pewien okres, dlatego też ich obecność w ściekach, osadach ściekowych, w wodzie czy w glebie stanowi zagrożenie sanitarne [9].

Przy sanitarnej ocenie ścieków korzysta się z metody pośredniej, polegającej na wykrywaniu bakterii uznanych za tzw. wskaźniki sanitarne. W prezentowanej pracy do oceny sanitarnej ścieków jako wskaźniki przyjęto bakterie *E.coli*, paciorkowce kałowe, pałeczki z rodzaju *Salmonella*, a także drobnoustroje należące do rodziny *Enterobacteriaceae*. Z przeprowadzonych analiz wynika, że najliczniejszą grupą mikroorganizmów występujących w ściekach surowych były bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae*, których liczbę odnotowano w zakresie od $4,42 \cdot 10^6$ do $1,55 \cdot 10^8$ komórek/ml. Średnia liczba tych drobnoustrojów wynosiła $5,71 \cdot 10^7$ komórek w 1 ml ścieków nieoczyszczonych. Z pośród oznaczanych w ściekach bakterii paciorkowce kałowe stanowiły najmniej liczną grupę. Liczba tych mikroorganizmów kształtowała się na poziomie od $3,0 \cdot 10^4$ do $9,5 \cdot 10^5$ komórek w 1 ml ścieków surowych, przy czym średnia dla całego okresu badawczego wynosiła $3,42 \cdot 10^5$ komórek/ml (tab. 1). Podobną zależność stwierdzili Walczak i Donderski [15]. W ściekach nieoczyszczonych stwierdzono występowanie znacznej liczby bakterii *Escherichia coli*, średnio $8,71 \cdot 10^6$ komórek w 1 ml. Odnotowano istotne różnice pomiędzy poszczególnymi próbami ścieków wynoszące 2 jednostki logarytmiczne (rys. 2).

Podczas oczyszczania ścieków obok usuwania zanieczyszczeń organicznych następuje obniżenie liczby mikroorganizmów chorobotwórczych, przy czym efektywność ich usuwania zależy między innymi od przyjętej technologii oczyszczania ścieków. Na ogół im wyższy stopień oczyszczania, tym wyższa efektywność ich usuwania. Próbkę ścieków pobrane po etapie mechanicznego oczyszczania charakteryzowały się obniżeniem liczby bakterii wskaźnikowych. Bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae* stwierdzono średnio na poziomie $8,97 \cdot 10^6$ ($6,18 \cdot 10^5 \div 3,45 \cdot 10^7$ komórek/ml). Mechaniczne oczyszczanie ścieków spowodowało eliminację tych mikroorganizmów wynoszącą 85,5%. Mniej efektywnie były usuwane komórki bakterii *E.coli*, których średnia liczba na tym etapie oczyszczania wynosiła $8,71 \cdot 10^6$ w 1 ml ścieków. Procent redukcji po tej fazie procesu usuwania zanieczyszczeń ze ścieków obliczono na 63,59. W badaniach po mechanicznym oczyszczaniu, Kawamura i Kaneko [6] udowadniają zmniejszenie się liczby *E.coli*

o 60÷70%. Najniższym tempem eliminacji cechowały się na tym etapie paciorkowce kałowe (48,50%). W procesie sedymentacji usuwane są głównie mikroorganizmy zaadsorbowane na cząstkach zawieszonych znajdujących się w ściekach. W zależności od efektywności procesu sedymentacji, w osadach wstępnych można usunąć od 25÷75% bakterii [7].

Zastosowanie dodatkowych procesów oczyszczania ścieków pozwala na dalszą obniżkę zawartości mikroorganizmów [9]. Przeprowadzone badania wykazały wysoką redukcję liczebności bakterii wskaźnikowych w procesie biologicznego oczyszczania ścieków w stawach stabilizacyjnych. Liczba bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w ściekach po stawie stabilizacyjnym I wynosiła średnio $2,67 \cdot 10^5$ komórek/ml, natomiast po oczyszczeniu w stawie stabilizacyjnym II $3,39 \cdot 10^3$. Eliminacja tych mikroorganizmów wynosiła odpowiednio 97,82% po stawie I i 99,99% po stawie stabilizacyjnym II. Liczba *Escherichia coli* w ściekach oczyszczonych w stawach stabilizacyjnych kształtowała się na poziomie $10^3 \div 10^4$ komórek/ml, natomiast procent redukcji wynosił odpowiednio 98,64 i 99,92%. Dizer i wsp. [3] zauważyli, że w stawach stabilizacyjnych o kilkudniowym czasie zatrzymania ścieków w okresie letnim redukcję *E.coli* sięga 99÷99,9%. Bonde [1] analizował skuteczność biologicznego oczyszczania ścieków i zaobserwował, że liczba bakterii *E.coli* spada o 95%, natomiast Szumilas i wsp. [13] podają, że nowoczesne oczyszczalnie ścieków są w stanie zredukować na drodze biologicznego oczyszczania więcej niż 99,999% bakterii z grupy coli. W badaniach prowadzonych przez autorów liczba bakterii *Escherichia coli* po oczyszczeniu biologicznym wynosiła od 10^5 do 10^6 jtk/ml.

Wyniki badań dotyczące występowania bakterii wskaźnikowych w ściekach oczyszczonych wskazują, że pomimo wysokiego procentu redukcji sięgającego 99,99% w odniesieniu do wszystkich oznaczanych drobnoustrojów liczba pozostałych w ściekach mikroorganizmów jest nadal wysoka. W ściekach oczyszczonych najliczniej występowały enterobakterie ($9,97 \cdot 10^2$). Paciorkowce kałowe odnotowano na poziomie $4,57 \cdot 10^2$, natomiast liczba *E.coli* w 1 ml ścieków oczyszczonych wynosiła $1,19 \cdot 10^2$ komórek. Walczak i Donderski [15] stwierdzili, że w procesie mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków można osiągnąć eliminację fekalnych bakterii grupy coli na poziomie 97,28%, paciorkowców kałowych 85,97%, natomiast bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae* usuwane są 96,18%. Podobnie wysoki procent redukcji podają inni autorzy [8, 4].

Tabela 1. Średnia liczba bakterii w ściekach na poszczególnych etapach oczyszczania

Table 1. The average number of bacteria in sewage at particular stages of treatment

Wyszczególnienie	Liczba bakterii w ściekach (komórki/ml)				
	A	B	C	D	E
<i>E.coli</i>	$8,71 \cdot 10^6$	$3,24 \cdot 10^6$	$3,74 \cdot 10^4$	$5,49 \cdot 10^3$	$1,19 \cdot 10^2$
Paciorkowce kałowe	$3,42 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$4,18 \cdot 10^4$	$1,05 \cdot 10^3$	$4,57 \cdot 10^2$
Bakterie z rodziny <i>Enterobacteriaceae</i>	$5,71 \cdot 10^7$	$8,97 \cdot 10^6$	$2,67 \cdot 10^5$	$3,39 \cdot 10^3$	$9,97 \cdot 10^2$

Tabela 2. Redukcja liczby *E.coli*, paciorkowców kałowych i bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w ściekach na poszczególnych etapach oczyszczania

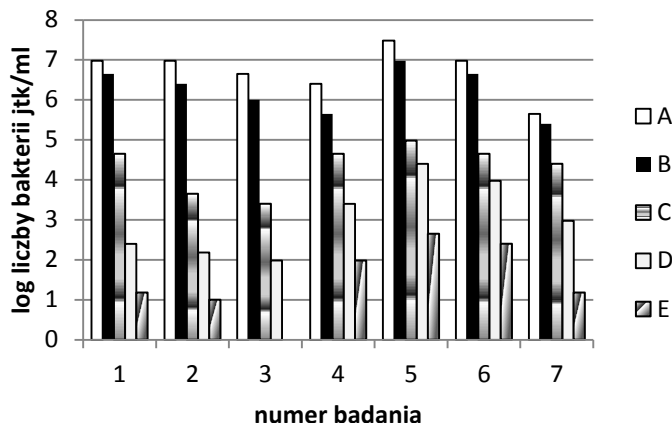
Table 2. Reduction in the number of *E.coli*, fecal streptococci and bacteria of the *Enterobacteriaceae* family in sewage at particular stages of treatment

Wyszczególnienie	% redukcji liczby bakterii po oczyszczeniu			
	B	C	D	E
<i>E.coli</i>	63,59	98,64	99,92	99,99
Paciorkowce kałowe	48,50	91,62	98,92	99,29
Bakterie z rodziny <i>Enterobacteriaceae</i>	85,5	97,82	99,99	99,99

Analiza ścieków surowych wykazała obecność pałeczek z rodzaju *Salmonella* w 70% pobranych próbek. Po mechanicznym etapie oczyszczania stwierdzono nieznaczną redukcję liczebności tych bakterii. Oczyszczanie ścieków w stawach biologicznych pozwoliło na ich eliminację. Po tym etapie oczyszczania ścieków w 28% pobranych próbek stwierdzono obecność pałeczek *Salmonella*. W ściekach oczyszczonych na 21 analizowanych próbek w 2 stwierdzono obecność bakterii z rodzaju *Salmonella*, co stanowi 10% z wszystkich badanych prób.

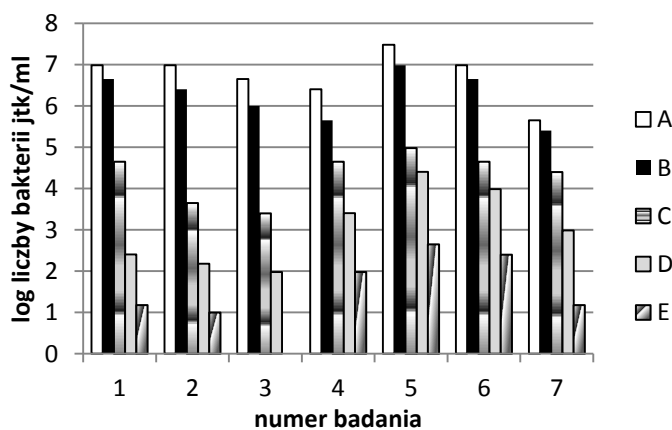
Salmonella stwarza szczególne zagrożenie. Jest ona często izolowana z wody z rzek, co zostało potwierdzone przez badania próbek z 1549 strumieni wody wykorzystywanej do kąpieli w południowej Bawarii, które wykazały 195 pozytywnych przypadków [12]. Badania wody

z Zatoki Gdańskiej i Puckiej, będące zlewiskiem znacznej ilości polskich rzek, wykazały występowanie tych bakterii w około 30% próbek [10].



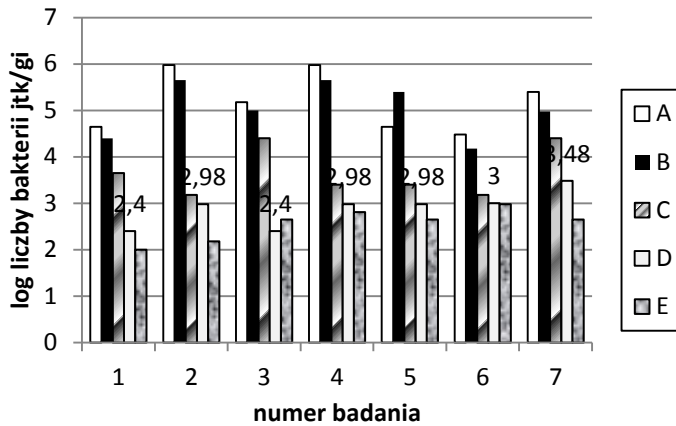
Rys. 1. Liczba bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* (log komórek/ml) w ściekach na poszczególnych etapach oczyszczania

Fig. 1. The number of bacteria of the *Enterobacteriaceae* family (log cells/ml) in sewage at particular stages of treatment



Rys. 2. Liczba bakterii *E.coli* (log komórek/ml) w ściekach na poszczególnych etapach oczyszczania

Fig. 2. The number of *E.coli* bacteria (log cells/ml) in sewage at particular stages of treatment



Rys. 3. Liczba paciorkowców kałowych (log komórek/ml) w ściekach na poszczególnych etapach oczyszczania

Fig. 3. The number of fecal streptococci (log cells/ml) in sewage at particular stages of treatment

5. Wnioski

1. W surowych ściekach stwierdzono, że najliczniej występującymi bakteriami wskaźnikowymi były bakterie z rodziny Enterobacteriaceae, natomiast paciorkowce kałowe stanowiły najmniej liczną grupę mikroorganizmów.
2. Oczyszczanie ścieków z zastosowaniem stawów biologicznych przyczyniło się do eliminacji mikroorganizmów wskaźnikowych na poziomie 99,99%, jednak liczba pozostałych bakterii wskazuje na możliwość występowania drobnoustrojów chorobotwórczych w ściekach odprowadzanych do wód powierzchniowych.
3. Szczególnie niepokojący jest fakt występowania w ściekach oczyszczonych pałeczek z rodzaju *Salmonella* (10% próbek ścieków). Stwarza to potencjalne ryzyko skażenia środowiska naturalnego.

Literatura

1. **Bonde G.J.:** *Pollution of a marine environment*. Water Poll. Contr. Fed. Washington, 2, 45. 1990.
2. **Botero L., Montiel M., Estrada P., Villalobis M., Herrera L.:** *Microorganism removal in wastewater stabilization ponds in Maracaibo*. Venezuela. Water Science and Technology. 35, 11÷12, 205÷209. 1997.

3. **Dizer H., Althoff H.N., Bartoba W., Dorau W., Grahmon A., Lopez-Pila S.H., Seidel K.:** *Inaktivierung von Bakterien Viren in Klarwerkablaufen durch Flackungesfittation. UV – Bestrahlung und Mikrofiltration in verschiedenen Pilotanlagen. Bericht zum Fschungsvoutraben A 2 – 1342 – 22 Institut fur Wasser – Boden und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin 1993.*
4. **George I., Crop PH., Servais P.:** *Fecal coliform removal in wastewater treatment plants studied by plate counts and enzymatic methods.* Water Research, 36,10, 2607÷2617. 2002.
5. **Jóźwiakowski K., Kotulska M.:** *Charakterystyka technologii usuwania zanieczyszczeń w biologicznych stawach ściekowych.* Zesz. Nauk. AR im. H. Kołłątaja w Krakowie, 28, 434. 2006.
6. **Kawamura K., Kaneko M.:** *Microbial quality of human wastes and treatment plant effluent.* Water Sci. Techn.18, 257. 1986.
7. **Kaźmierczuk M.:** *Biologiczne skażenie osadów pochodzących z miejskich oczyszczalni ścieków.* Człowiek i Środowisko, 7, 417. 1983.
8. **Koivunen J., Siitonen A., Heinonen-Tanski H.:** *Elimination of enteric bacteria in biological-chemical wastewater treatment and tertiary filtration units.* Water Research, 37, 3, 690÷698. 2003.
9. **Kosarewicz O., Firlus J., Uniejewska G.:** *Usuwanie mikroorganizmów chorobotwórczych w oczyszczalniach ścieków miejskich.* GWiTS, 73, 8, 292÷297. 1999.
10. **Kwiatek K.:** *Epidemiologia, zwalczanie i wykrywanie salmoneloz w Polsce.* Gospodarka Mięsna. 8, 42. 1999.
11. **Łagód G., Sobczuk H., Suchorab Z.:** *Application of a saprobiontic microorganisms community analysis in the calibration of a model description of sewage self-purification in sewer systems.* Ecol Chem and Engine. 13, 3÷4, 265÷275. 2006.
12. **Schindler P.R.G., Gerson D., Vogt H., Metz H.:** *Über das Vorkommen von Salmonellen in Seen und im Trinkwasser aus Sudbayern. /landesuntersuchungsamt fur das Gesundheitswesen Sudbayern, OberschleiBheim. 1991.*
13. **Szumilas T., Michalska M., Bartoszewicz M.:** *Charakterystyka zanieczyszczenia ścieków komunalnych z dużej aglomeracji miejskiej i ocena stopnia redukcji tego zanieczyszczenia w procesie biologicznego oczyszczania ścieków.* Roczniki PZH, 52, 2, 155. 2001.
14. **Varon M.R.:** *Waste stabilization ponds for wastewater treatment.* <http://www.irc.nl/page/8237>. 2003.
15. **Walczak M., Donderski W.:** *Elimination of Indicators (TC, FC, FS) and Enterobacteriaceae family bacteria during the sewage treatment process.* Polish Journal of Natura Science, 22, 2, 294÷304. 2007.

Efficiency of Bacteriological Pollution Removal in Sewage Treatment Using Biological Ponds

Abstract

The subject of this study was household sewage from treatment plant working in biological ponds technology (aerated and stabilized), located in the kujawsko-pomorskie province. The study involved assessment of sewage treatment efficacy through the analysis of indicator bacteria elimination at particular stages of treatment processes. Raw sewage, after mechanical treatment in two stabilization ponds and after sand filters were examined. Sewage samples were collected according to the instruction of sampling, handling and storage given in EN 25667-2 and PN-EN ISO 5667-3. Analyses of collected sewage were made 7 times in the autumn-winter and spring-summer periods. The number of bacteria of the *Enterobacteriaceae* family, *Escherichia coli*, fecal streptococci and presence of microorganisms of *Salmonella* genus were determined in sewage. Carried out analyses show that the most numerous group of microorganisms occurring in raw sewage were bacteria of the *Enterobacteriaceae* family, which number was from 10^6 to 10^8 cells ml^{-1} . Raw sewage was also characterized by occurrence of a very large number of *Escherichia coli* (10^7 cells in 1 ml). Fecal streptococci constituted the least numerous group of bacteria determined in sewage. Number of those microorganisms ranged from 10^4 to 10^5 cells in 1 ml of raw sewage. The study indicated the presence of bacilli of the *Salmonella* genus in 70% of analyzed samples. Mechanical sewage treatment contributed to elimination of indicator bacteria, and the least percentage of reduction was observed in the case of fecal streptococci (48.5%), while the highest to bacteria of the *Enterobacteriaceae* family (85.5%). Bacteria *Escherichia coli* were reduced in 63.6%. Sewage treatment in stabilization ponds allowed a considerable decrease in the number of determined bacteria, which elimination level was within the range 98%-99%, whereas streptococci were removed in least effective way at this stage of treatment. Sewage treated on sand filters – discharged to the river Drweca – were characterized by the occurrence of indicator bacteria at a level of 10^2 cells/ml, in spite of obtaining a high reduction level of those bacteria, which amounted to 99.99%. In treated sewage, bacteria of the *Enterobacteriaceae* family, constituted the largest group and *Escherichia coli* occurred in the smallest amounts. The number of other fecal bacteria and enterobacteria indicates a possibility of occurrence of pathogenic microorganisms in sewage discharged to surface waters. The fact of bacilli of the *Salmonella* genus occurring in treated sewage (10% of sewage samples) is particularly alarming. This creates a potential risk of pollution of the natural environment.