

Dynamika zmian mikroflory bakteryjnej w składowanych osadach ściekowych

Katarzyna Budzińska, Anita Jurek, Magdalena Michalska,
Krzysztof Berleć, Bożena Szejniuk
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

1. Wstęp

Racjonalne wykorzystywanie osadów ściekowych obok trudności technicznych, stanowi ważny i niedostatecznie rozpoznany problem natury higienicznej. Należy pamiętać, że sanitarne właściwości osadów ściekowych mają charakter zmienny i są kształtowane przez wiele czynników, takich jak: standard życia i stan zdrowotny mieszkańców na danym terenie, rodzaj oczyszczalni ścieków oraz stosowane metody przeróbki osadów. Gospodarka osadowa znajduje się często na marginesie procesów oczyszczania ścieków. Niewielkie ilości osadów powstających w małych oczyszczalniach prowadzą często do pomijania lub bagatelizowania tego problemu przez projektantów i inwestorów [5, 9].

Osady ściekowe ze względu na skład fizyko-chemiczny, a szczególnie dużą zawartość substancji organicznej zasiedlone są przez mikrofaunę i mikroflorę tworząc swoistą biocenozę. W jej skład wchodzi wirusy, bakterie, grzyby, pasożytnicze bezkręgowce i ich jaja. Wśród nich występują zarówno mikroorganizmy patogenne, groźne dla człowieka, jak i saprofityczne, obojętne z sanitarnego punktu widzenia [7, 17, 18]. Marcinkowski [12] podaje, że w ściekach i osadach ściekowych najczęściej występują następujące gatunki bakterii: *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Clostridium botulinum*, *Vibrio cholerae*, *Mycobacterium tuberculosis*. W przypadku przyrodniczego wykorzystania osadów, bardzo ważna jest znajomość czasu przeżywalności organizmów chorobotwórczych. Konieczność prawidłowego, z punktu widzenia zagadnień sanitarno-higienicznych, unieszkodliwiania osadów przed wykorzystaniem do produkcji rolniczej sprawia, że badania biologicznych skażeń osadów poddanych procesom technologicznym stają się sprawą ważną i pilną.

Celem pracy była ocena składu ilościowego i gatunkowego bakterii patogennych lub względnie chorobotwórczych w czasie składowania komunalnych osadów ściekowych.

2. Materiał i metody

2.1. Pobieranie próbek do badań

Materiałem badawczym były komunalne osady ściekowe mechanicznie odwodnione na prasie hydraulicznej typu VSMI. Poddane badaniom osady ściekowe charakteryzowały się średnią zawartością suchej masy 17,45% wartością pH 6,6. Na poletku zdrenowanym o powierzchni 177 m² usypano z osadów luźną przyzmę o wymiarach 2x1,5x4 m. Próbki składowanych osadów były pobierane po uprzednim zdjęciu wierzchniej warstwy o grubości 20 cm z wyznaczonych punktów do szklanych sterylnych pojemników. Masa próbki laboratoryjnej wynosiła 1000g. Pobrany materiał poddano analizom w odstępach miesięcznych analizy ilościowe i jakościowe bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* i innych pałeczek gram-ujemnych, paciorkowców oraz gronkowców i mikrokoków.

2.2. Analiza ilościowa bakterii

Ilościowego oznaczenia bakterii z wymienionych grup taksonomicznych dokonano metodą płytkową. Do kolb o pojemności 1000 ml odważono po 100 g osadów, następnie dolano po 900 ml płynu fizjologicznego (0,85% NaCl). Próby zostały poddane homogenizacji na wytrząsarce typu 358S przez 1 godzinę, przy obrotach 120/minutę. Z otrzymanego homogenatu wykonano rząd rozcieńczeń dziesiętnych od 10⁻¹ do 10⁻⁵. Z każdego przygotowanego rozcieńczenia wykonywano posiewy, rozprowadzając trójkątem bakteriologicznym 0,1 ml na odpowiednie podłoże stałe. Zastosowano następujące pożywki: agar Mac Conkeya, Chapmana, D-Docosel. Tak przygotowane posiewy inkubowano w temperaturze 37°C przez 24 godziny. Po upływie tego czasu policzono wyrosłe kolonie. Liczbę bakterii podano w 1g świeżej masy osadu stosując następujący wzór:

$$L = \frac{C}{(N_1 + 0,1 \cdot N_2) \cdot d} \cdot 10 \quad (1)$$

gdzie:

- C – suma kolonii na wszystkich liczonych płytkach,
- N₁ – liczba płytek w pierwszym liczonym rozcieńczeniu,
- N₂ – liczba płytek w drugim liczonym rozcieńczeniu,
- d – wskaźnik rozcieńczenia odpowiadający pierwszemu liczonemu rozcieńczeniu.

2.3. Identyfikacja gatunkowa bakterii

Rozpoznanie gatunkowe bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* i innych pałeczek gram-ujemnych, paciorkowców oraz gronkowców i mikrokoków dokonano za pomocą systemu API przy użyciu następujących mikrotestów: API 20 E, API 20 STREP i API STAPH.

2.4. Obliczenia statystyczne

Wyniki badań przeżywalności bakterii w składowanych osadach zweryfikowano, a następnie poddano analizie statystycznej w oparciu o zmiany ich liczby w czasie według wzoru:

$$\log (N) = ax + b \quad (2)$$

gdzie:

- N – liczba bakterii w danym czasie,
- a – współczynnik kierunkowy, odpowiadający średniej zmianie liczby bakterii w postaci log na jeden miesiąc,
- x – czas w miesiącach,
- b – wyraz wolny odpowiadający teoretycznie log liczby bakterii w czasie zerowym, zaangażowanych w dany proces.

Ustalono teoretyczny czas przeżycia, a także tempo eliminacji bakterii w osadach na podstawie przebiegu krzywych regresji.

3. Wyniki badań i ich omówienie

Obecność organizmów patogennych w osadach ściekowych jest jednym z istotnych elementów stwarzających zagrożenie sanitarne, który musi być brany pod uwagę przy rozważaniu dalszego sposobu postępowania z tym rodzajem odpadów. Do najczęściej oznaczanych rodzajów i gatunków bakterii należą: *Escherichia spp.*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus anthracis*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio cholerae*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Streptococcus pyogenes*, *Proteus vulgaris* [1, 19].

Analiza mikrobiologiczna wykazała w badanych osadach występowanie licznych bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* i innych pałeczek gram-ujemnych. Na początku doświadczenia liczba tych drobnoustrojów kształtowała się na poziomie $6,6 \cdot 10^5$ jtk/g. W czasie trwania składowania średnia liczba pałeczek gram-ujemnych w osadach ulegała zmniejszeniu, przy czym przez pierwsze cztery miesiące badań eliminacja tych bakterii nie przekroczyła 1 log. Dalsze badania wykazały ciągłą zamieralność komórek enterobakterii, po trzech miesiącach składowania ich ilość obniżyła się o 2 jednostki logarytmiczne.

W końcowej fazie eksperymentu wykrywano w badanych osadach pałeczki gram-ujemne w liczbie $6,6 \cdot 10^3$ jtk/g. Tempo eliminacji bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w omawianych osadach podczas magazynowania wynosiło $-0,36$ log/miesiąc. Obliczony z równań regresji teoretyczny czas przeżywania tych mikroorganizmów w osadach określono na 17,6 miesiąca (tabela 1, rys. 1). Analizowane osady cechowały się dużą różnorodnością składu gatunkowego mikroorganizmów, ponieważ w okresie prowadzenia badań wyizolowano 16 rodzajów pałeczek gram-ujemnych. Najczęściej identyfikowanymi gatunkami były: *Escherichia coli*, *Serratia odorifera*, *Citrobacter freundii*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas fluorescens*, *Klebsiella ozaenae*, *Proteus vulgaris*, (tabela 2). Podkreślić należy, że we wszystkich próbkach stwierdzono obecność pałeczek *Salmonella spp.* Larski i Truszczyński [10] uważają, że wszystkie serotypy *Salmonella* należy uznać za potencjalnie chorobotwórcze dla człowieka i zwierząt.

Tabela 1. Liczba bakterii w składowanych osadach ściekowych w okresie prowadzonych badań

Table 1. Number of bacteria from sewage sludge during the experimental period

Miesiące badań	Liczba bakterii (jtk/g)		
	<i>Enterobacteriaceae</i> i inne pałeczki gram-ujemne	Paciorkowce	Gronkowce i mikrokoki
IV	$6,6 \cdot 10^5$	$9,7 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$
V	$5,9 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$	$6,7 \cdot 10^4$
VI	$1,3 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^4$
VII	$1,6 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^4$
VIII	$2,4 \cdot 10^4$	$4,1 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^3$
IX	$6,3 \cdot 10^4$	$3,8 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^3$
X	$6,6 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^3$	$7,3 \cdot 10^2$

Według aktualnie obowiązującego stanu prawnego w Polsce [13] osady ściekowe mogą być stosowane w środowisku przyrodniczym pod warunkiem, że nie stwierdza się w nich obecności pałeczek z rodzaju *Salmonella*. Doniesienia naukowe wskazują jednak, że jest to niewystarczający wskaźnik sanitarny. Zaobserwowano, że w składowanych osadach ściekowych, w których nie występowały pałeczki *Salmonella* były izolowane inne bakterie patogenne. Sahlström i wsp. [14] stwierdzili, że po dwóch miesiącach składowania osadów nie izolowano *Salmonella*, gdy tymczasem inne bakterie chorobotwórcze występowały licznie nawet po upływie jednego roku przetrzymywania tych odpadów. Podobne wyniki prezentują Berggren i wsp. [1]. Gibbs i wsp. [6] natomiast podają, że *Salmonella* w osadach ściekowych może przeżywać znacznie dłużej, nawet przez okres jednego roku. Kaźmierczuk i Kalisz [8] również wskazują na fakt, że *Salmonella* nie powinna być jedynym mikrobiologicznym wskaźnikiem

przydatności osadów do stosowania w rolnictwie. Autorzy twierdzą, że często pod nieobecność tych bakterii w osadach występują inne drobnoustroje chorobotwórcze, stwarzające poważne ryzyko z epidemiologicznego punktu widzenia. Proponują rozszerzenie kryteriów oceny jakości osadów do rolniczego wykorzystania o oznaczanie w nich bakterii hemolizujących.

Badania dotyczące enterobakterii w osadach komunalnych wskazują na liczne ich występowanie od $2,7 \cdot 10^4$ jtk/g [5] do $2,2 \cdot 10^7$ jtk/g [2, 3, 5]. Skład gatunkowy bakterii z tej grupy taksonomicznej wyizolowanych z osadów ściekowych był podobny do gatunków występujących w osadach z innych komunalnych oczyszczalni, jak i osadów z zakładów mięsnych, przetwórstwa owocowo-warzywnego [3, 4].

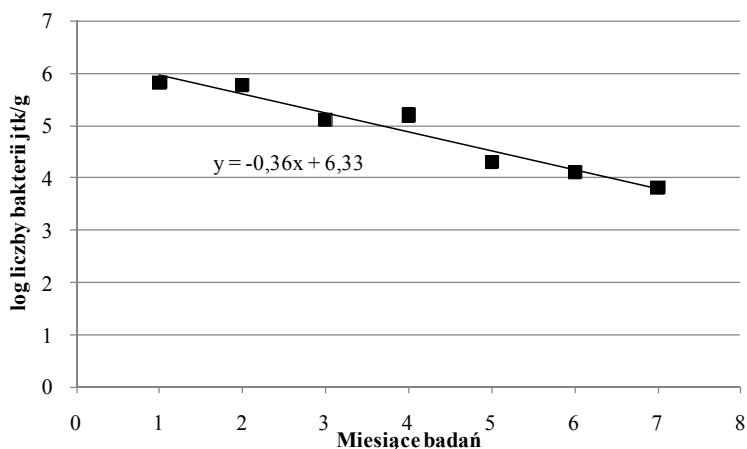
Tabela 2. Izolowane najczęściej gatunki bakterii w osadach ściekowych w okresie prowadzonych badań

Table. 2. Bacteria species isolated most often from sewage sludge during the experimental period

<i>Enterobacteriaceae</i> i inne pałeczki gram-ujemne	Paciorkowce	Gronkowce i mikrokoki
<i>Escherichia coli</i> , <i>Citrobacter freundii</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Serratia odorifera</i> , <i>S.marcescens</i> , <i>S.liquefaciens</i> , <i>Pantoea spp</i> , <i>Shigella spp.</i> , <i>Salmonella spp</i> , <i>Klebsiella ozaenae</i> , <i>K.pneumoniae</i> , <i>K.oxytoca</i> , <i>Vibrio fluvialis</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>P.fluorescens</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Enterococcus faecalis</i> , <i>E.faecium</i> , <i>E.durans</i> , <i>Streptococcus uberis</i> , <i>S.sanguis</i> , <i>S.salivarius</i> , <i>S.pneumoniae</i> , <i>S.pyogenes</i> , <i>Lactococcus lactis</i> , <i>Aerococcus viridans</i> , <i>Gemella haemolysans</i> , <i>G. morbillosum</i> , <i>Leucostoc spp.</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> ,	<i>Staphylococcus lentus</i> , <i>S.hominis</i> , <i>S. sciuri</i> , <i>S. xylosus</i> , <i>S. haemolyticus</i> , <i>S. simulans</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>S.warnerii</i> , <i>S. capitis</i> , <i>S.caprae</i> , <i>Micrococcus spp.</i>

W badaniach osadów ustalono liczbę paciorkowców na poziomie od $9,7 \cdot 10^5$ na początku doświadczenia do $3,3 \cdot 10^3$ jtk/g w końcowej jego fazie. W czasie składowania osadów zaobserwowano we wszystkich przypadkach sukcesywny spadek liczebności tych bakterii. Analiza regresji wykazała zamieralność komórek tych drobnoustrojów w tempie $-0,36$ log/miesiąc. Wykazano również podobnie długi do enterobakterii okres przeżywania tych mikroorganizmów w środowisku osadów ściekowych (17,8 miesiąca) (tabela 1, rys. 2). Sahlström i wsp. [14] stwierdzili po rocznym okresie składowania osadów ściekowych obecność paciorkowców kałowych na poziomie 3,2 log. Podczas iden-

tyfikacji gatunkowej drobnoustrojów w osadach stwierdzono bardzo bogatą mikroflorę wśród, której dominującymi gatunkami były: *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *Aerococcus viridans*, *Streptococcus sanguis* oraz *Gemella spp.*, *Leuconostoc spp.* (tabela 2). Stwierdzony skład gatunkowy paciorkowców w analizowanych osadach był podobny do identyfikowanych gatunków w innych doświadczeniach. Wśród paciorkowców oznaczanych w osadach możemy odnaleźć gatunki nie stanowiące zagrożenia dla zdrowia ludzi i zwierząt, jednak większość stanowią paciorkowce zaliczane według klasyfikacji Lancefielda do grupy D, nazywane paciorkowcami kałowymi [20].



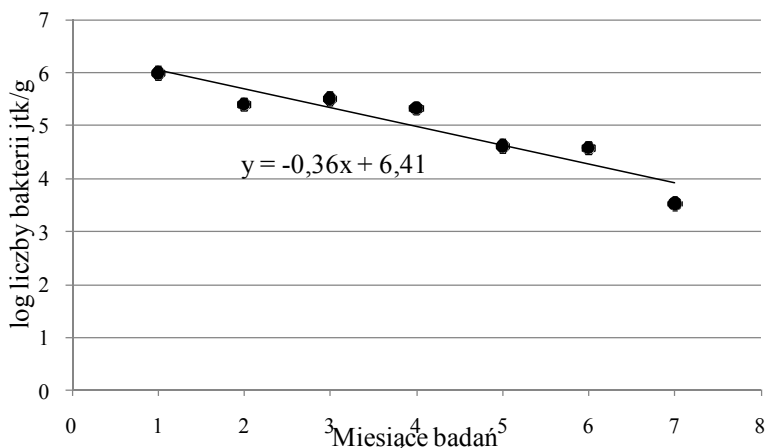
Rys. 1. Tempo eliminacji bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* z osadów ściekowych w okresie prowadzonych badań

Fig. 1. Elimination rate *Enterobacteriaceae* from sewage sludge during the experimental period

Bakterie z tej grupy bardzo często stają się istotnym czynnikiem powstawania chorób zakaźnych, w szczególności mogą być przyczyną zapalenia górnych dróg oddechowych, układu rozrodczego, a także ostrych i podostrych zakażeń przyrannych [15, 16]. Ziarniaki gram-dodatnie są jednymi z najczęstszych czynników etiologicznych chorób u ludzi i zwierząt, mogą uczestniczyć zarówno w zakażeniach pierwotnych, jak i wtórnych. Drobnoustroje te są zazwyczaj bardziej odporne na wzrost temperatury i lityczne działania różnych związków chemicznych niż bakterie gram – ujemne [20].

Bakteriami występującymi powszechnie w środowisku naturalnym (glebie, wodzie, powietrzu, ściekach, na roślinach) są gronkowce i mikrokoki. Gram-dodatnie ziarniaki bardzo licznie występowały w analizowanych osadach. Na początku doświadczenia drobnoustroje te stwierdzono w liczbie $1,6 \cdot 10^5$ jtk

w 1 gramie osadów. Podobnie jak w przypadku enterobakterii i paciorkowców w okresie prowadzonych badań odnotowano zmniejszanie się populacji tych mikroorganizmów, przy czym w 7 miesiącu eksperymentu średnia ich liczba kształtowała się na poziomie $7,3 \cdot 10^2$ jtk/g. Tempo eliminacji gronkowców i mikrokoków z osadów wynosiło 0,42 log/miesiąca (tabela 1, rys. 3). Czas przeżywalności tych drobnoustrojów w czasie składowania osadów ściekowych był znacznie krótszy w porównaniu do paciorkowców i pałeczek gram-ujemnych i wyniósł 13,8 miesiąca. Identyfikacja gatunkowa wykazała występowanie wielu izolatów należących do rodziny *Micrococcaceae* w badanym materiale. Drobnoustrojami identyfikowanymi najczęściej były: *Staphylococcus xylosum*, *S.lentus*, *S.hominis*, *S.caprae*, *S.epidermidis*, *S.aureus* oraz *Micrococcus spp.* (tabela 2).

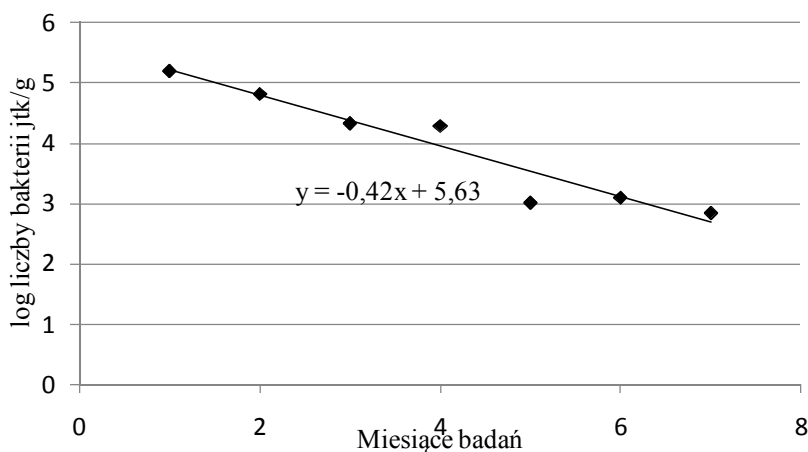


Rys. 2. Tempo eliminacji paciorkowców z osadów ściekowych w okresie prowadzonych badań

Fig.2. Elimination rate of streptococci from sewage sludge during the experimental period

Składowane osady ściekowe przechodzą przez szereg procesów biochemicznych, w których kluczową rolę odgrywają organizmy heterotroficzne mineralizujące masę osadu. Obniżająca się sukcesywnie baza pokarmowa w trakcie dojrzewania osadów staje się czynnikiem ograniczającym rozwój bakterii chorobotwórczych, prowadząc w konsekwencji do higienizacji osadów. Malej i Boguski [11] wskazują, że składowanie osadów w lagunach, to proces mało efektywny w niszczeniu organizmów chorobotwórczych, powoduje częściowe obniżenie wirusów, natomiast w odniesieniu do bakterii, grzybów i jaj pasożytniczych bezkręgowców proces ten nie jest skuteczny. Według tych autorów redukcja bakterii z rodzaju *Salmonella* następuje dopiero po okresie rocznego

magazynowania. W Polsce często stosowaną praktyką w małych oczyszczalniach ścieków jest miesięczny, czasami dwumiesięczny okres składowania osadów, a następnie ich przekazywanie do rolniczego wykorzystania. Niepokoi zwłaszcza fakt, że wyniki badań udostępnionych przez oczyszczalnie ścieków komunalnych prawie nigdy nie wykazują w osadach obecności bakterii *Salmonella*.



Rys. 3. Tempo eliminacji bakterii z rodzaju *Staphylococcus* i *Micrococcus* z osadów ściekowych w okresie prowadzonych badań

Fig. 3. Elimination rate of *Staphylococcus* and *Micrococcus* from sewage sludge during the experimental period

Wynika z tego, że składowanie, jako jedna z form przejściowego postępowania, może służyć poprawie stanu sanitarnego osadów. Efekt higienizacji zależy od czasu składowania, jak również od wrażliwości organizmów zasiedlających osad. Należy stwierdzić, iż składowanie osadów bez procesu higienizacji nie zapewnia eliminacji mikroorganizmów stanowiących wskaźniki oceny sanitarno-higienicznej. Wyłączne składowanie osadów nawet przez okres roku nie jest skutecznym sposobem usunięcia skażeń mikrobiologicznych, mogących stanowić zanieczyszczenia środowiska naturalnego. W związku z tym nasuwa się konieczność prowadzenia higienizacji osadów ściekowych poprzez ich wapnowanie lub kompostowanie.

4. Wnioski

1. Ocena mikrobiologiczna osadów z oczyszczalni ścieków komunalnych wykazała występowanie w nich licznych bakterii patogennych i względnie chorobotwórczych.

2. Składowanie osadów ściekowych przyczynia się do obniżenia skażenia bakteriologicznego, jednak nie zapewnia dostatecznej ich higienizacji.

Literatura

1. **Berggren I., Albiñ A., Johansson M.:** *The effect of the temperature on the survival of pathogenic bacteria and Ascaris suum in stored sewage sludge.* In: Sustainable organic waste management for environmental protection and food safety. Vol 2. Scientific paper RAMIRAN conference, Murcia, Spain 6-9,10, 2004.
2. **Budzińska K.:** *Mikrobiologiczna ocena osadów z oczyszczalni ścieków komunalnych.* Pr. Komis. Nauk Rol. i Biol. ser .B, 45, 33, 177-186, 1999a.
3. **Budzińska K.:** *Ocena sanitarno-higieniczna osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków zakładów mięsnych.* Pr. Komis. Nauk Rol. i Biol. ser. B, 45, 33, 145-152, 1999b.
4. **Budzińska K.:** *Bacterial and Fungal Microflora Evaluation of Sludge from Municipal Sewage Treatment Plant.* Proceedings of the XTH International Congress on Animal Hygiene 2 – 6 July Maastricht, 2, 1029-1031, 2000.
5. **Budzińska K.:** *Bakteriologiczna ocena osadów surowych i składowanych na polstkach osadowych z oczyszczalni ścieków bytowych.* Ekologia i Technika. 9, 2, 56-63, 2001.
6. **Gibbs R.A., Hu C.J., Ho G.E., Phillips P.A., Unkovich I.:** *Regrowth of faecal coliforms and Salmonellae in stored biosolids and soil amended with biosolids.* Water Science and Technology 35 (11-12), 269-275, 1997.
7. **Estrada I.B., Aller A., Aller F., Gomez X., Moran A.:** *The survival of Escherichia coli faecal coliforms and enterobacteriaceae in general in soil treated with sludge from wastewater treatment plants.* Bioresource Technology. 93, 2004.
8. **Każmierczuk M, Kalisz L.:** *A propos al for extending biological criteria applied in sanitary control of sewage sludge intended for agricultural use.* Polish Journal of environmental studies, 17, 5, 721-727, 2008.
9. **Kosarewicz O., Firlus I., Uniejewska G.:** *Usuwanie mikroorganizmów chorobotwórczych w oczyszczalniach ścieków miejskich.* GWiTS, 8, 292-297, 1999.
10. **Larski Z., Truszczyński T.:** *Zarys mikrobiologii weterynaryjnej.* Rozdziały 56 i 57, poświęcone mikologii, opracował Wiśniewski J. Wydawnictwo ART. Olsztyn, 204-207, 521-525, 1992.
11. **Malej J., Boguski A.:** *Projekt koncepcyjny higienizacji odpadów i osadów ściekowych na miejskiej oczyszczalni w Sławnie.* Zesz. Nauk. Wydz. Budown. Inż. Środ. Politechnika Koszalińska, 15, 613-629, 1999.
12. **Marcinkowski T.:** *Alkaliczna stabilizacja komunalnych osadów ściekowych.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 76, ser. 43, 6-7, 11, 23, 2004.
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych. (Dz. U. Nr 134, poz. 1140).
14. **Sahlström L.A., Bagge E., Berggren I., Albiñ A.:** *Reduction of pathogenic microorganism after conventional treatment of sewage sludge.* ISAH 2005 – Warsaw, Poland, 2, 317-320, 2005.

15. **Strauch D.:** *Przeżywalność drobnoustrojów chorobotwórczych i pasożytów w wydalinach, nawozie i szlamie ściekowym.* Med. Wet., 49, 2, 59-60, 1993.
16. **Strauch D.:** *Przeżywalność drobnoustrojów chorobotwórczych i pasożytów w wydalinach, nawozie i szlamie ściekowym.* Med. Wet., 49, 3, 117-119, 1993.
17. **Sun Y.H., Luo Y.M., Wu L.H., Li Z.G., Song J., Christie P.:** *Survival of faecal coliforms and risks in soils treated with municipal sewage sludges.* Environmental Geochemistry and Health. 28, 97-10, 2006.
18. **Szejniuk B.:** *Mikrobiologiczne skażenie osadów ściekowych pochodzenia bytowego.* Pr. Komis. Nauk Rol. i Biol. ser. B, 53, 39, 215-219, 2004.
19. **Zamorska J.:** *Organizmy patogenne w osadach ściekowych.* Zesz. Nauk. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Oddział w Rzeszowie, 9, 91-98, 2007.
20. **Zaremba M. L., Borowski J.:** *Mikrobiologia lekarska* Wyd. Lek. PZWL Warszawa, 1997.

Dynamics of Changes in Bacterial Microflora of Stored Sewage Sludge

Abstract

The subject of the study was mechanically dewatered municipal sewage sludge, which was subjected to deposition process. At the beginning of the experiment, the total number of bacteria from the family *Enterobacteriaceae* and other gram-negative bacilli, streptococci and staphylococci and micrococci was determined in the tested material. The number of gram-negative bacilli at the beginning of the experiment was equal $6.6 \cdot 10^5$ cfu/g, while at final stage of research the number of isolated bacteria was on the level of $6.6 \cdot 10^3$ cfu/g. The number of streptococci in researches of sewage sludge ranged from $9.7 \cdot 10^5$ cfu/g (first month of experiment) to $3.3 \cdot 10^3$ cfu/g (last month of experiment). Micrococci and staphylococci in initial stage of research were isolated in number $1.6 \cdot 10^5$ cfu in 1g of sewage sludge. The reduction of these bacteria during the storage of sewage sludge was observed, just like in case of *Enterobacteriaceae* and streptococci. The average number of micrococci and staphylococci was equal $7.3 \cdot 10^2$ cfu/g in 7 month of experiment. Then the bacteriological composition of sludge was analysed at monthly intervals. The results of the study indicated that numerous Gram-negative bacilli, streptococci and staphylococci occur in raw sludge. Pathogenic species were identified among isolated microorganisms: *Serratia odorifera*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella ozaenae*, *Proteus vulgaris*, *Aerococcus viridans*, *Streptococcus sanguis* oraz *Gemella spp.*, *Leuconostoc sp.*, *Staphylococcus xylosus*, *S.lentus*, *S.hominis*, *S.caprae*, *S.epidermidis*, *S.aureus*. The fact that the presence of *Salmonella sp.* was observed in all samples is very significant. It was stated that dying of pathogenic bacteria cells in sewage sludge during its deposition proceeds slowly. Consequently, their survival rate amounted to 13÷18 months. The results obtained indicate that municipal sewage sludge subjected only to deposition should not be used in agriculture for sanitary and hygienic reasons.