INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 13/2010, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 123–132
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Tomáš Vítěz, Monika Szostková

ZANIECZYSZCZENIE MIKROBIALNE PIASKÓW Z OCZYSZCZALNI WÓD ODPADOWYCH

MICROBIAL CONTAMINATION OF SAND FROM WASTE WATER TREATMENT PLANT

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono analizę piasków z oczyszczalni wód odpadowych z możliwością ich wykorzystania w rolnictwie. Długo trwającym badaniom poddano piaski z oczyszczalni wód odpadowych, z analizą ich właściwości mikrobialnych, które mogłyby mieć negatywny wpływ na ich wykorzystanie.

Słowa kluczowe: oczyszczanie wód odpadowych, wstępne czyszczenie mechaniczne, łapacz piasku, piaski oczyszczalniane, zanieczyszczenie mikrobialne

Summary

In the paper we focus on the analysis of sand from wastewater treatment plants and their possibile use in agriculture. Were subjected to long-term monitoring of sand from a sewage treatment plant, which we assess their microbial properies, which could have a negative impact on their future use.

Key words: *wastewater treatment plant, mechanical clearing, sand trap, waste sand, microbial contamination*

WSTĘP

Wstępne czyszczenie mechaniczne komunalnych wód odpadowych obejmuje szeroki zakres procesów fizykalnych i chemicznych, które czy to w sposób bezpośredni, czy pośredni wpływają na działanie całej oczyszczalni. Taki wpływ pod wieloma względami może mieć zasadnicze znaczenie. W wielu oczyszczal-

niach niniejsza problematyka jest niedoceniana zarówno ze strony użytkowników, jak i ze strony projektantów. Źle zaprojektowane lub źle eksploatowane wstępne czyszczenie mechaniczne może prowadzić do nadmiernego wzrostu kosztów eksploatacyjnych. Chodzi przede wszystkim o negatywny wpływ na biologiczny stopień czyszczenia i gospodarkę kałową, ale o także o większą ilość przechwyconego piasku – odpadu, który zostaje poddany dalszej obróbce.

Piasek jest doprowadzany do oczyszczalni wód odpadowych wraz z wodą odpadową system kanalizacyjnym. Do zatrzymania piasku dochodzi w łapaczu piasku, którego głównym zadaniem jest zatrzymanie jak największej ilości substancji mineralnych, znajdujących się w wodach odpadowych tak, aby substancje organiczne pozostały w zawiesinie i przepływały do następnego stopnia czyszczenia [Shuval, Fattal 2003]. Konstrukcja łapaczy powinna umożliwiać tylko osadzanie się piasku bez substancji organicznych. Taki stan jest trudny do osiągnięcia ze względu na znacznie nierównomierne dopływy, dlatego zazwyczaj piaski zawierają wysoką koncentrację masy organicznej.

Łapacz piasku poza tym pełni funkcję ochronną, tzn., że chroni dalsze zespoły technologiczne przed nadmiernym zużyciem. Odpowiednio zaprojektowany łapacz piasku musi zatrzymać wszelki piasek, to znaczy cząstki mineralne o wielkości ziarna powyżej 0,2 mm (o masie jednostkowej 2400 kg/m^3 i więcej). Oznacza to, że łapacz piasku powinien być tak zaprojektowany, aby bez względu na stany przepływowe mogła przez niego przepływać woda odpadowa ze stałą prędkością. Jeśli łapacz piasku nie działa prawidłowo, wówczas mieszanka materiału organicznego tworzy warstwę osadu, który w dalszych stopniach czyszczenia oczyszczalni wód odpadowych powoduje poważne problemy.

Piasek, oddzielony w procesie oczyszczania wód odpadowych, może zawierać mikroorganizmy chorobotwórcze, które przy wysokich stężeniach mogą stanowić ryzyko przy jego dalszym wykorzystaniu [Gerardi, Zimmerman 2004; Bitton 2005].

Wymagania legislacyjne. Problematyka wykorzystania piasku z oczyszczalni wód odpadowych od strony legislacyjnej nie jest do końca opracowana. Z punktu widzenia obowiązującej jurysdykcji przede wszystkim czeskiej ustawy o odpadach Dz.U. nr 185/2001, w brzmieniu późniejszych przepisów, ew. jej rozporządzenia wykonawczego Dz.U. nr 381/2001, które ustanawia katalog odpadów, w brzmieniu późniejszych przepisów, piasek z łapacza piasku, według załącznika nr 1 do powyższego rozporządzenia, jest w katalogu ujęty pod nazwą „odpady z łapacza piasku", z numerem 190802, jako odpad pozostały (O) i w ten sposób piaskiem się gospodaruje. I to pomimo tego, że taki odpad może mieć minimalnie jedną z niebezpiecznych właściwości wymienionych w załączniku nr 2 do ustawy Dz.U. nr 185/2001, lub zawierać jeden ze składników, które powodują, że odpad niebezpieczny w sensie załącznika nr 5 do ustawy Dz.U 185/2001.

Tą właściwością jest podatność na zakażenie. Dlatego piaski z oczyszczalni wód odpadowych poddaliśmy analizom mikrobiologicznym. Z powyższego wynika, że nie ma jednoznacznego rozwiązania dla zagospodarowania piasków z oczyszczalni wód odpadowych, dlatego do tej problematyki podchodzi się według zasad dotyczących zagospodarowania kałów oczyszczalnianych, konkretnie według rozporządzenia wykonawczego o warunkach wykorzystania w rolnictwie przetworzonych kałów Dz.U. nr 382/2001, w brzmieniu późniejszych przepisów. W wymienionym rozporządzeniu są określone warunki techniczne dotyczące wykorzystania kałów na gleby rolne, stężenia limitowe wybranych niebezpiecznych substancji w kałach i w glebie włącznie z kryteriami mikrobiologicznymi [Matějů 2001]. Wymienione rozporządzenie określa dopuszczalną ilość wskaźnikowych szczepów mikoorganizmów (tab 1.). Chodzi o termotolerancyjne bakterie koliformne, enterokoki i *Salmonella* sp.

Tabela 1. Kryteria mikrobiologiczne, dotyczące wykorzystania kałów na glebie rolnej
Table 1. Microbiological Criteria: Use of Sludge on Argiculture Land

Kategoria kałów	Dopuszczalne ilości mikroorganizmów (KTJ*) w 1 gramie suchej masy stosowanych kałów		
	termotolerancyjne bakterie koliformne	enterokoki	*Salmonella sp.*
I	$<10^3$	$<10^3$	nie stwierdzono
II	10^3–$<10^6$	10^3–$<10^6$	nie określa się

KTJ – kolonie tworzące jednostkę. Źródło – Dz.U. nr 382/2001.
Kategoria I – kały, które można normalnie używać na gleby w rolnictwie przy zachowaniu pozostałych postanowień rozporządzenia.
Kategoria II – kały, które można używać na gleby przeznaczone do uprawy roślin technicznych i na gleby, na których minimalnie 3 lata po zastosowaniu kałów oczyszczalnianych nie będą uprawiane warzywa rolne i na których nie będzie przebiegać intensywne wysadzenie drzew owocowych. Oczywiście, przy zachowaniu zasad ochrony zdrowia przy pracy i pozostałych postanowień rozporządzenia.

Ponieważ najczęstszym sposobem usuwania piasku jest umieszczanie go na składowisku, występuje konieczność spełnienia kolejnych wymagań wypływających z obowiązujących przepisów. Dotyczy to przede wszystkim warunków składowania piasku z łapaczy piasku na składowiskach. Określa je rozporządzenie o warunkach składowania odpadu na składowiskach i ich wykorzystaniu na powierzchni terenu (Dz.U. nr 294/2005, w brzmieniu późniejszych przepisów). Wymienione rozporządzenie w sposób jasny specyfikuje, jakie warunki muszą być spełnione, aby piasek z łapaczy można było umieszczać na składowisku. Rozporządzenie rozróżnia dla grupy pozostały odpad trzy podgrupy składowisk S-OO1, S-OO2, S-OO3, przy czym piasek z łapaczy piasku można składować na składowiskach z oznaczeniem S-OO1, S-OO2, a mianowicie według warunków w sposób jasny specyfikowanych w załączniku nr 4 do rozporządzenia Dz.U. nr 294/2005 największym problemem jest zawartość całkowita węgla organicznego (TOC), która nie miałaby przekroczyć 5%, w przypadku przekroczenia zawarto-

ści TOC ważnym parametrem staje się rozpuszczony węgiel organiczny (DOC), którego zawartość jest określana w ekstrakcie wodnym składowanego piasku i którego wartość nie miałaby przekroczyć 80 mg/l. Starania mające na celu uniemożliwienie składowania materiałów organicznie powoli się rozkładających, doprowadziły do włączenia parametrów TOC I DOC do czeskiej jurysdykcji, co powoduje cały szereg problemów. Problemem jest przede wszystkim ścisłe zdefiniowanie wymienionych pojęć i wybór odpowiedniej metody analitycznej dla określenia TOC i DOC, w praktyce bowiem można dojść do diametralnie odmiennych i wzajemnie niekompatybilnych form i wartości danych parametrów w analizowanych próbkach. Tego faktu nie rozwiązuje ani narzędzie normatywne do określenia zawartości TOC, ČSN EN 13-137 – określenie TOC w odpadach, kałach i sedymentach, gdzie jako jedyną metodą określania jest zaproponowana metoda spalania próbek w atmosferze tlenowej przy wysokich temperaturach.

Problemy związane z zagospodarowaniem piasków oczyszczalnianych prowadziły do poszukiwania innych możliwości ich wykorzystania, jedną z nich jest wykorzystanie piasków w glebach ornych pod warunkiem spełnienia parametrów danych w rozporządzeniu Dz.U. nr 382/2001 (tab. 1).

MATERIAŁ I METODYKA

Próbki piasku były pobrane w 9. oczyszczalniach wód odpadowych (ČOV) w województwie południowomorawskim (Jihmoravský kraj). W każdej oczyszczalni pobrano średnio 15 próbek w horyzoncie czasowym od września 2005 do grudnia 2008 roku. Pobieranie próbek przebiegło według ČSN-ISO 10381-6:1998 Jakość gleby – Pobieranie próbek – część 6. Próbki w dniu pobrania były transportowane do laboratorium w sterylnych pojemnikach przy temperaturze do 5° C tak, aby mogło dojść do wtórnej kontaminacji. Natychmiast po przyjęciu próbki ważono, określono zawartość suchej masy, stratę po wyżarzaniu i przeprowadzono analizę mikrobiologiczną.

Metody pobierania próbek, analiz i metody dla określenia mikrobiologicznego. Rozporządzenie czeskiego Ministerstwa Środowiska Naturalnego (MŽP) Dz.U. nr 382/2001 określa w §4 sposoby pobierania próbek kałów i gleby oraz metody ich analizy.

Metody do określania mikoorganizmów wskaźnikowych dla kryteriów mikrobiologicznych po zastosowaniu kałów na glebie rolnej są opracowane zgodnie z rozporządzeniem o warunkach wykorzystania przetworzonych kałów na glebie rolnej Dz.U. nr 382/2001.

ČSN EN ISO 6887-1:1999 Mikorobiologia produktów spożywczych i pasz (Mikrobiologie potrawin a krmiv). Norma w części 1 opisuje przygotowanie próbek analitycznych, przygotowanie wyjściowej zawiesiny i dziesięciokrotnych rozcieńczeń.

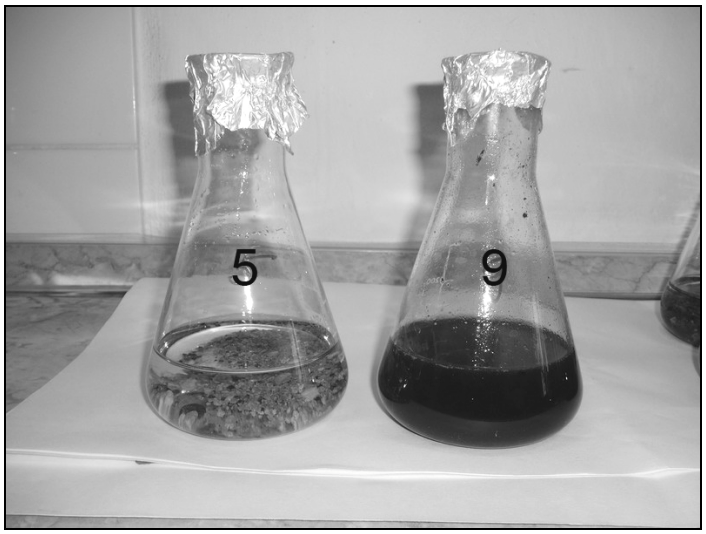
Metodykę analizy fizykochemicznej kałów, tj. określania całkowitej zawartości suchej masy, resztek po wyżarzaniu i straty w następstwie wyżarzania określa ČSN 83 0550 w części 3.

Do zasadniczych przepisów legislacyjnych wykorzystywanych w niniejszej pracy należą: ČSN ISO 4832:1995, ČSN EN ISO 7899-2:2001 i ČSN-EN 12824:1999.

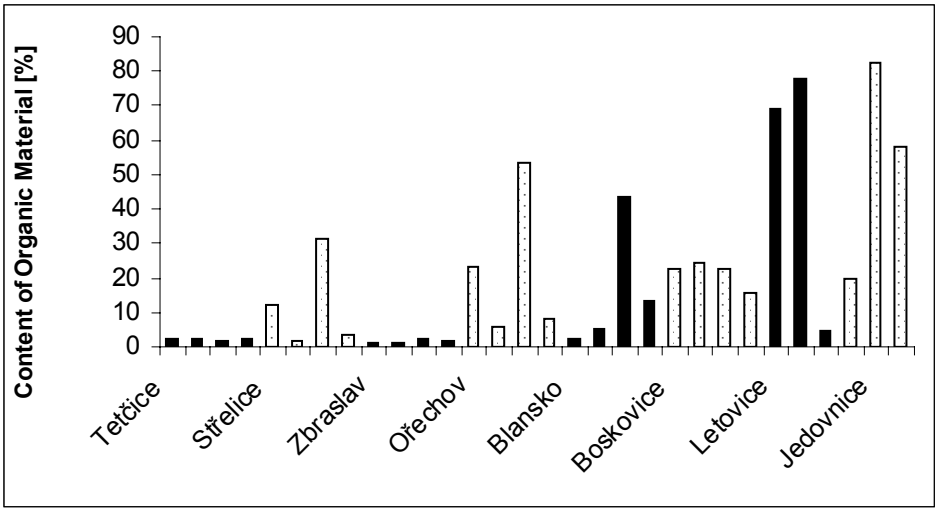
WYNIKI

Próbki piasku oczyszalnianego pobrane w różnych oczyszczalniach (ČOV) na pierwszy rzut oka wykazały inne zawartości części organicznych. Takie różnice demonstruje rysunek 1 na przykładzie próbek pobranych w oczyszczalni ČOV Zbraslav (po lewej) i ČOV Ořechov (po prawej). Próbka nr 5 jest klarowna, zawiera 95% suchej masy, zaś strata po wyżarzaniu wynosi tylko 1,2%. Natomiast próbka nr 9 jest wyraźnie mętna, zawiera tylko 68% suchej masy, zaś stratę po wyżarzaniu określono na 23% (rys. 2).

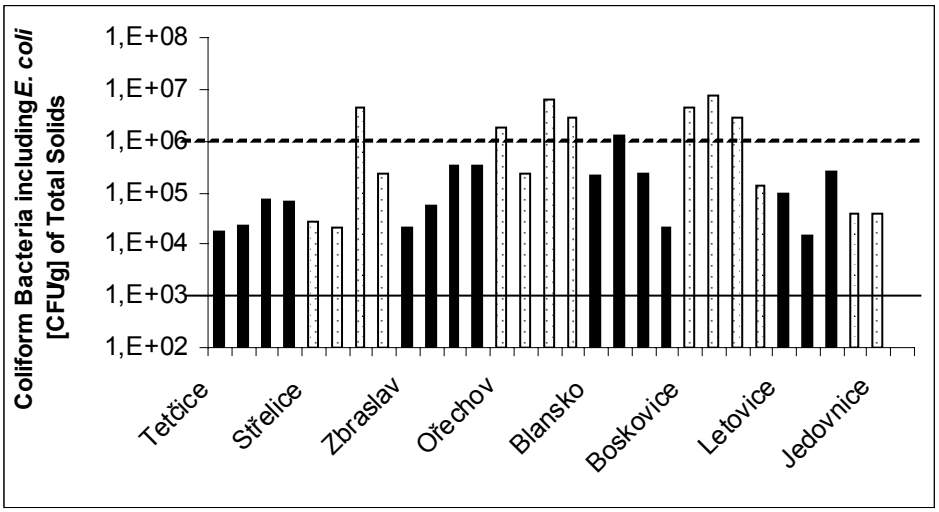
Wszystkie pobrane próbki poddano analizie mikrobiologicznej, której celem było określenie wskaźnikowych grup mikroorganizmów, które są normalnie określane w kałach oczyszczalnianych przed ewentualnym wykorzystaniem ich w rolnictwie. Są to bakterie koliformne włącznie z *Escherichia coli*, enterokoki i fekalne bakterie koliformne (rys. 3, 4, 5).



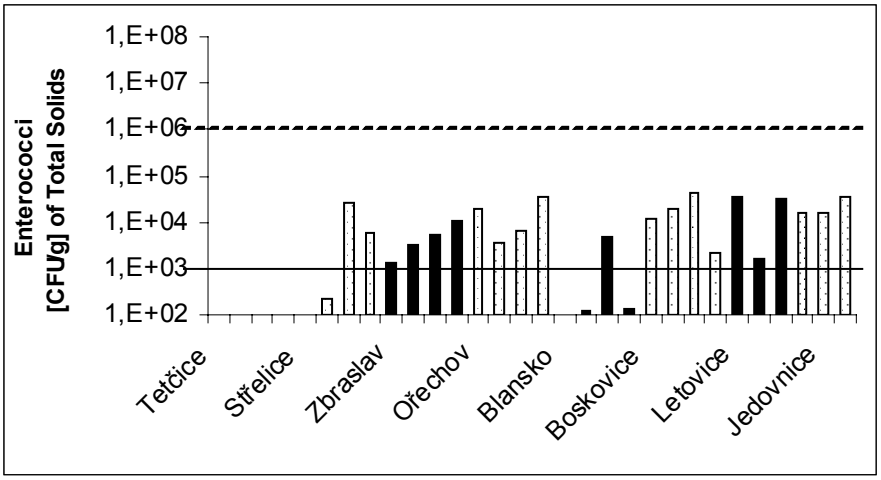
Rysunek 1. Próbki piasku po 20 minutach trzepania w destylowanej wodzie (foto Szostkova)
Figure 1. Sample of sand after 20 minutes of stirring in distilled water (Photo Szostkova)



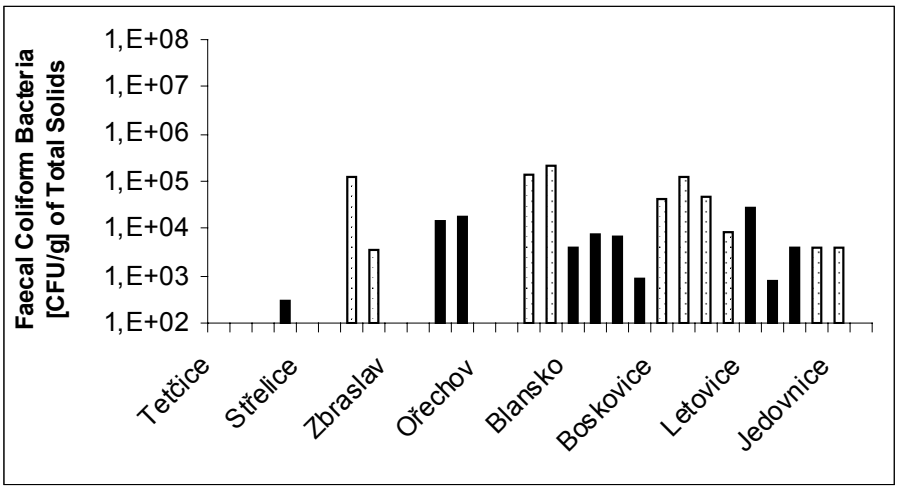
Rysunek 2. Strata po wyżarzaniu próbek piasku z różnych oczyszczalni
Figure 2. Content of organic material in samples of sand from various WWTPs



Rysunek 3. Bakterie koliformne i *E coli* w próbkach piasku z różnych oczyszczalni
Figure 3. Coliform bacteria incl. *E coli* in samales of sand various WWTPs



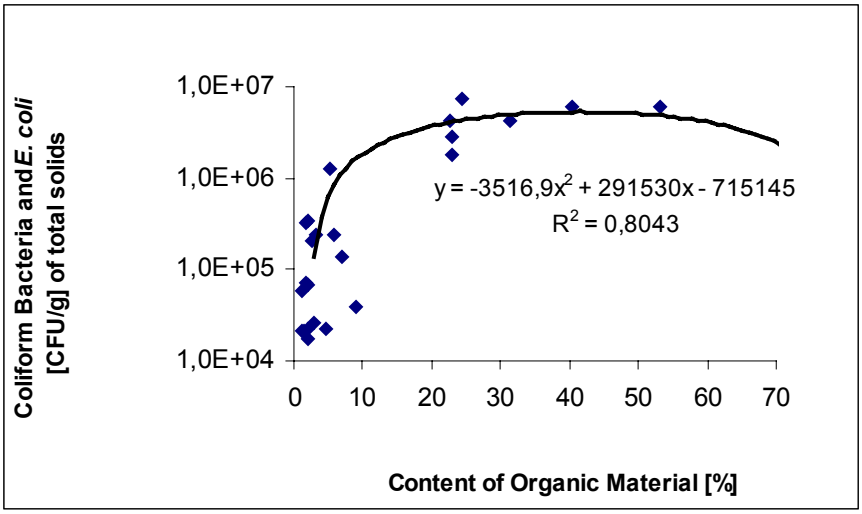
Rysunek 4. Enterokoki w próbkach piasku z różnych oczyszczalni
Figure 4. Enterococci in samples of sand from various WWTPs



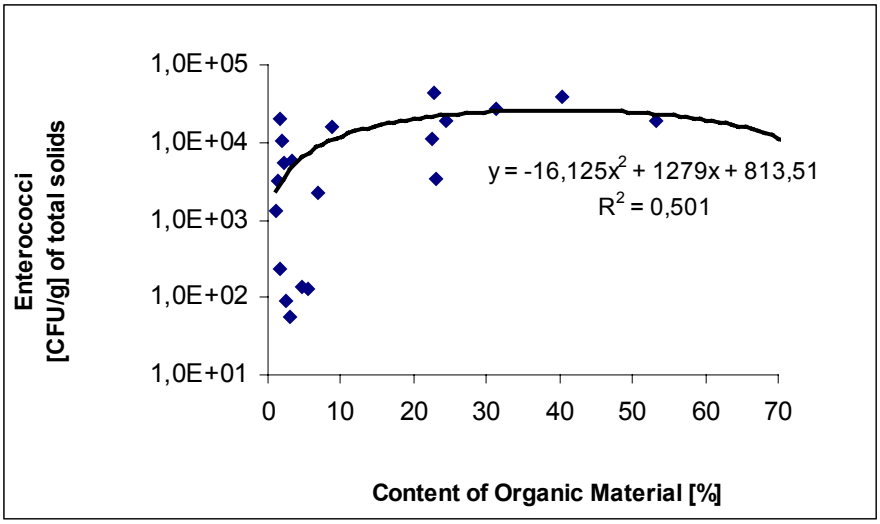
Rysunek 5. Fekalne bakterie koliformne w próbkach piasku z różnych oczyszczalni
Figure 5. Faecal coliform bacteria in samples of sand from various WWTPs

Na grafach na rysunkach 3, 4, 5 są wyznaczone wartości limitowe dla kałów kategorii I (10^3) ciągła linia i kategorii II (10^6) linia przerywana.

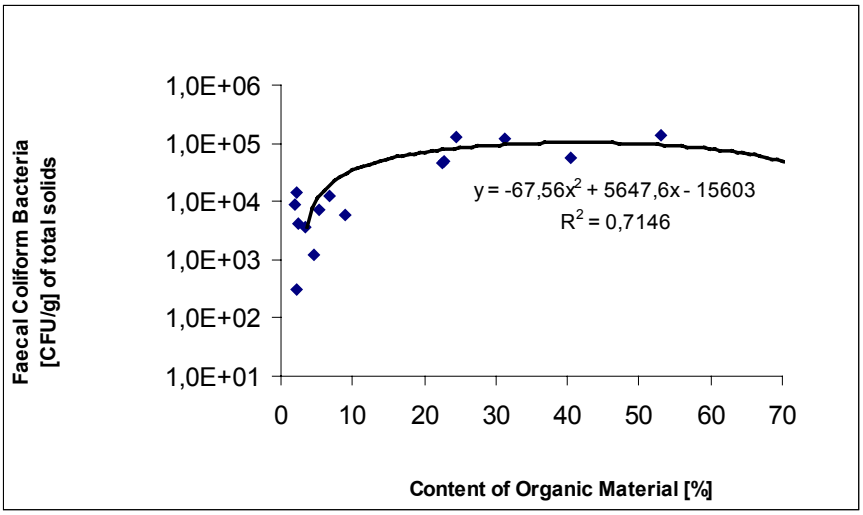
Dla oceny zależności suchej masy organicznej od kontaminacji próbek wskaźnikowymi grupami mikroorganizmów uzyskane wyniki porównano graficznie (rys. 6, 7, 8).



Rysunek 6. Zależność kontaminacji próbek mikoorganizmami koliformnymi od zawartości suchej masy
Figure 6. Relation between contamination of samples by coliform bacteria and the content of organic material



Rysunek 7. Zależność kontaminacji próbek enterokokami od zawartości suchej masy
Figure 7. Relation between contamination of samples by enterococci and the content of organic material



Rysunek 8. Zależność kontaminacji próbek fekalnych mikroorganizmami koliformnymi od zawartości suchej masy
Figure 8. Relation between contamination of samples by faecal coliform bacteria and the content of organic material

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Przedstawione wyniki dokumentują stan kontaminacji bakteryjnej próbek piasku z dziewięciu oczyszczalni wód odpadowych w województwie południowomorawskim. Próbki pobierane stopniowo w przeciągu 3 lat wykazywały wtórne podobne parametry, np. w oczyszczalni ČOV Tetčice, natomiast w innych oczyszczalniach uzyskiwane wartości wykazywały silne wahania. W oczyszczalni ČOV Střelice między poszczególnymi próbkami stwierdzono aż 160-krotne różnice w ilościach mikroorganizmów koliformnych i 470-krotną różnicę w ilości enterokoków (rys. 3, 4). Wyniki są odzwierciedleniem wyposażenia technologicznego poszczególnych oczyszczalni, opadów atmosferycznych przed pobieraniem próbek i wielu innych czynników, które mogą wpływać na jakość napływającej wody odpadowej i tym samym na jej kontaminację bakteryjną. Z grafu na rysunku 3 wypływa dosyć wysoka kontaminacja próbek bakteriami kolormnymi. Jedna trzecia próbek nie spełnia kryteriów mikrobiologicznych pod względem wykorzystania kałów w kategorii II w rolnictwie (tab. 1). Pod względem zawartości enterokoków i fekalnych bakterii koliformnych wymagania ww. kryteriów spełniają wszystkie analizowane próbki piasków oczyszczalnianych (rys. 4, 5). Obecność *Salmonella sp.* nie stwierdzono.

Można więc kontastować, że przy wprowadzaniu np. stabilizacji aerobowej piasków z oczyszczalni wód odpadowych można byłoby w przypadkach,

gdy nie dojdzie do naruszenia jakości gleby rolnej, wykorzystać piaski w rolnictwie i w ten sposób rozszerzyć możliwość wykorzystania takich materiałów. Dzięki temu doszłoby do obniżenia kosztów eksploatacyjnych, związanych przede wszystkim z opłatami za składowanie piasku oczyszczalnianego na składowiskach.

BIBLIOGRAFIA

Bitton G. *Wastewater Microbiology*. 3rd ed. Gainesville: Wiley-Interscience, 2005, s. 746.

Gerardi M. H., Zimmerman M.C. *Wastewater Pathogens*. Gainesville: Wiley-Interscience, 2004, s. 179.

Matějů L. *Acta hygienica, epidemiologia et microbiologica*. SZU, Praha 2001.

Shuval H., Fattal B. *Control of pathogenic microorganisms in wastewater recycling and reuse in agriculture.* Handbook of Water and Wastewater Mircrobiology. 2003, s. 241–262.

Schroeder E., Wuertz S. *Bacteria* [w:] *The Handbook of Water and Wastewater Microbiology.* D. Mara, N. Horan (Eds.). Academic Press, London 2003, s. 57–68.

Ing. Tomáš Vítěz, Ph.D.
Uniwersytet Rolnicta i Leśnictwa im. Mendela
Wydział Agronomiczny
Insytut Techniki Rolniczej, Spożywczej i Enwironmentalnej
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita
Agronomická fakulta
Ustav zemědělskě, potravinářske a environmentální techniky
Zemědělská 1, 613 00 Brno
Tel.: 00420 545 132 382
Fax: 00420 545 132 914
Email: vitez@mendelu. cz
Republika Czeska

Mgr. Monika Szostková Ph. D.
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita
Agronomická fakulta
Ustav zemědělskě, potravinářske a environmentální techniky
Zemědělská 1, 613 00 Brno
Tel: 00420 545 133 323
Fax: 00420 545 133 096
E-mail: szostkov@mendelu.cz
Republika Czeska

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Gruszczyński*