

Justyna Koc-Jurczyk, Justyna Różak

SKŁAD ODCIEKÓW POCHODZĄCYCH Z REKULTYWOWANEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW KOMUNALNYCH

Streszczenie. Zgodnie z polskimi normami prawnymi, ocieki powstające na składowisku odpadów powinny być gromadzone i poddawane unieszkodliwianiu. Sprawia to, że gospodarka ściekowa jest jednym z najtrudniejszych technologicznych zagadnień związanych z prowadzeniem składowiska. Skład odcieków zależy głównie od typu składowanych odpadów oraz wieku składowiska, przy czym ocieki powstają również po zakończeniu jego eksploatacji. W pracy analizowany jest skład odcieków z zamkniętego i rekultywowanego składowiska w Paszcznie (województwo podkarpackie), na którym w latach 2003 – 2009 deponowano zmieszane odpady pochodzące z trzech gmin wiejskich. Analizując wyniki badań parametrów fizykochemicznych odcieków stwierdzono, że w większości przypadków nie przekraczały one wartości określonych polskim prawem. Jedynie wartości OWO w latach 2003, 2004 oraz 2007, wynoszące odpowiednio 52, 53 i 93 mg/dm³, kwalifikowały ocieki do dalszego oczyszczania.

Słowa kluczowe: ocieki, składowisko zamknięte, WWA, OWO, metale ciężkie.

Badania realizowane w ramach grantu MNiSW nr N N523 481434: Wpływ warunków technologicznych na efektywność oczyszczania odcieków składowiskowych z uwzględnieniem dynamiki populacji wybranych gatunków AOB i NOB w osadzie czynnym”

WPROWADZENIE

Ustawa o odpadach z 27 kwietnia 2001 roku z późniejszymi zmianami definiuje składowisko odpadów jako zlokalizowany i urządzony zgodnie z przepisami obiekt budowlany przeznaczony do zorganizowanego deponowania odpadów o znanych właściwościach [19]. Składowiska są obiektami służącymi do składowania odpadów na powierzchni terenu w sposób nie uciążliwy dla środowiska, zarówno podczas eksploatacji, jak i po jej zakończeniu. Są one nieodłącznym elementem systemu gospodarki odpadami, ponieważ nie jest możliwa utylizacja całej masy powstających odpadów. Pomimo zastosowania najlepszych zabezpieczeń składowanie odpadów jest zawsze uciążliwym dla środowiska, a jednocześnie nieuniknionym elementem systemu gospodarowania odpadami.

Jednym z problemów występujących na składowiskach odpadów są ocieki. Zgodnie z przepisami ocieki powinny zostać ujęte i poddane unieszkodliwieniu, i to właśnie stanowi jedno z najtrudniejszych zagadnień technologicznych. Decydują

o tym takie czynniki jak duża różnorodność zanieczyszczeń w odciekach, ich zmienny skład, ilość oraz sposób eksploatacji składowiska [3]. Również związane jest to z faktem zaostrożenia się wymogów dotyczących jakości ścieków oczyszczonych wprowadzanych nie tylko do wód powierzchniowych, ale i kanalizacji miejskiej [10].

Największe ilości odcieków są emitowane przez składowisko w okresie eksploatacji. Wraz ze starzeniem się złoża składowiska ilość odcieków wzrasta, co należy przypisać wysyceniu zdolności retencyjnej odpadów przy jednoczesnym zmniejszaniu się ich pojemności wodnej w wyniku mineralizacji substancji organicznej. Krótco po właściwym zamknięciu składowiska powstaje coraz mniej odcieków [10].

Ilość oraz zawartość zanieczyszczeń w odciekach uzależniona jest od wielu czynników, od których zależy intensywność przemian biochemicznych w hałdzie odpadów [3, 8]. Na jakość odcieków największy wpływ mają cztery podstawowe czynniki. Pierwszym z nich jest skład materiałowy i granulometryczny składowanych odpadów. Odpady z dużych miast zawierają z reguły więcej frakcji organicznych, biologicznie rozkładalnych, dlatego odcieki z dużych składowisk wykazują wyższe wartości parametrów tlenowych oraz wyższe stężenia azotu amonowego i organicznego niż odcieki z małych składowisk, przyjmujących odpady o małej zawartości frakcji biologicznie rozkładalnych z gmin o charakterze wiejskim. Drugim czynnikiem jest wiek składowiska. Odcieki fazy kwasogennej wykazują wyższe wartości większości tzw. wskaźników tlenowych i związków azotowych niż odcieki fazy metanogennej. Nie bez znaczenia jest również sposób eksploatacji składowiska, ponieważ silne zagęszczanie odpadów przy pomocy kompaktora prowadzi do wyższych stężeń większości parametrów odcieków (wskutek szybkiego wdrożenia fermentacji kwasogennej, a następnie metanogennej) niż w przypadku słabego zagęszczania odpadów (rozkład substancji organicznych w warunkach tlenowo – beztlenowych). Na jakość odcieków wpływają także parametry geometryczne składowiska – wysokość złoża odpadów, szybkość przyrostu wysokości, szybkość ułożenia pierwszej warstwy odpadów na dnie składowiska itp. [17].

Z punktu widzenia standardowego monitoringu środowiska w rejonie składowisk najbardziej istotne jest Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów [12]. Regulacja ta jasno precyzuje minimalny zakres monitoringu środowiska, prowadzonego w rejonie projektowanych (faza przedeksploatacyjna), działających (faza eksploatacji) i zamkniętych (faza poeksploatacyjna) składowisk odpadów. Rozporządzenie to ustala lokalizację oraz zakres badań dla poszczególnych punktów monitoringowych.

W cytowanym rozporządzeniu został przedstawiony wymagany zakres wskaźników, których kontrola jest konieczna w badaniach monitoringowych wokół składowisk, do których należą: pH, przewodność elektrolityczna właściwa, OWO, zawartość metali ciężkich Cu, Zn, Pb, Cd, Cr⁺⁶, Hg oraz suma WWA.

Celem niniejszej pracy jest dokonanie analizy parametrów wskaźnikowych odcieków surowych pochodzących ze składowiska odpadów komunalnych Gminy

Dębica w Paszczynie będącego w fazie rekultywacji. Analiza została dokonana na podstawie wyników badań odcieków przeprowadzonych w latach 2003-2009, wymaganych Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów.

METODYKA BADAŃ

Niniejsza praca jest analizą parametrów odcieków pochodzących z rekultywowanego składowiska odpadów komunalnych w Paszczynie w województwie podkarpackim, na którym deponowane były zmieszane, bezużyteczne odpady komunalne pochodzące z terenu trzech gmin wiejskich – Dębica, Czarna, Żyraków. Podjęta analiza odcieków przeprowadzona została na przestrzeni 7 lat, tj. od roku 2003 do 2009.

Na składowisko odpadów w Paszczynie kierowane były odpady z dwóch strumieni:

- zmieszane niesegregowane odpady komunalne, dowożone śmieciarkami i po zważeniu na wadze wysypywane na kwatery eksploatacyjne. Odpady następnie rozplantowywano, zagęszczano i przysypywano warstwą izolacyjną ziemi. Strumień ten był głównym strumieniem odpadów deponowanym na składowisku;
- segregowane odpady komunalne, docierające do Zakładu z selektywnej zbiórki u źródła. Odpady te podlegały procesowi wtórnego sortowania w sortowni, gdzie grupowano odpady nadające się do wykorzystania. Powstający w tym procesie balast przewożony był okresowo z sortowni w miejsce kwater eksploatacyjnych.

Wyniki analiz fizyko-chemicznych odcieków uzyskano z Przedsiębiorstwa Gospodarowania Odpadami Sp. z o.o. w Paszczynie będącego obecnie zarządcą składowiska.

WYNIKI I DYSKUSJA

W okresie siedmiu lat (2003-2009) średnie roczne wartości pH odcieków wykazywały tendencję spadkową. Spadek ten wynosi od 7,8 w 2003 roku do 6,5 w 2008 roku, tj. o 1,3 jednostki.

Odczyn badanych odcieków jest porównywalny do odczynu wód naturalnych (6,5-9,5) oraz mieści się w jego granicach. Porównując wartość pH ze składowiska w Paszczynie z wartością pH odcieków nowo powstałego składowiska w Ujkwie Starym, dla których pH wykazywało odczyn zasadowy (pH = 8,2) [6], zauważa się, iż wartość pH w 2003 roku dla składowiska w Paszczynie była niższa i wynosiła 7,8.

Jak podaje Saarela [15] pH odcieków pochodzących z zamkniętego składowiska odpadów komunalnych w Finlandii wahało się w zakresie od 5,1 do 7,1.

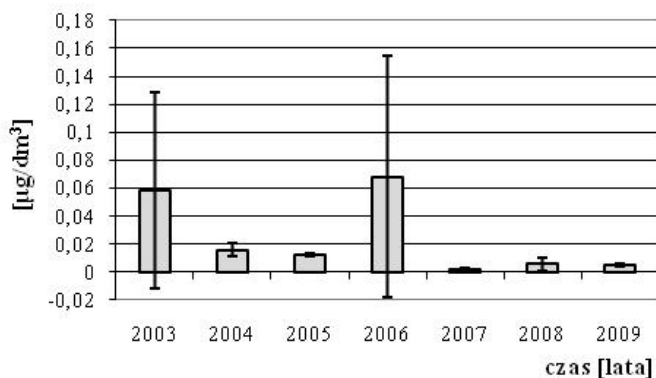
Odwrotną tendencję podaje Szymański i in. [18], w ciągu 8 lat eksploatacji składowiska odpadów Sianów wartość pH wzrosła od 6,4 do 7,4. Tylko w czasie pierwszych dwóch lat badań odczyn był kwaśny, następnie lekko alkaliczny.

Wraz z wiekiem składowiska spada wartość przewodności elektrolitycznej, od 41500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ w odciekach ze składowiska eksploatowanego 1 rok do 6380 $\mu\text{S}/\text{cm}$ w odciekach z 12-letniego składowiska [20]. Również w badanych próbkach odcieków z rekultywowanego składowiska w Paszczynie na przestrzeni analizowanych lat wartość przewodności elektrolitycznej wykazuje tendencję spadkową przy dość wyraźnym zróżnicowaniu wyników. W pierwszym roku analizowanego okresu średnia roczna przewodność była najniższa i wynosiła 755 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Znaczny wzrost przewodnictwa widoczny jest w 2004 roku (3323 $\mu\text{S}/\text{cm}$), natomiast od roku 2005 do 2007 oraz w 2009 roku wartość przewodnictwa stabilizuje się osiągając średnio wartość 1370 $\mu\text{S}/\text{cm}$ do 1715 $\mu\text{S}/\text{cm}$. W 2008 roku wartość parametru jest porównywalna do roku 2003.

Biorąc pod uwagę średnie kwartalne wartości przewodności elektrolitycznej odcieków zauważa się podobną relację jak w przypadku pH, a mianowicie najniższa przewodność występuje w miesiącach letnich (II kwartał) ze stopniowym wzrostem w miesiącach zimowych, do największej wartości w I kwartale roku. Również Saarela [15] zauważa znaczą rozpiętość wyników przewodność elektrolitycznej w odciekach z rekultywowanego składowiska odpadów. Wartości te wahają się w zakresie od 30 do 870 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Substancje ksenobiotyczne w odciekach analizowane są jako pojedyncze składniki lub jako całe grupy. Uwaga autorów badających obecność substancji szkodliwych w odciekach ogniskuje się na związkach hydrofobowych, lotnych jak np.: benzen, toluen, etylobenzen i ksylene (BTEX), chlorowanych związkach alifatycznych i aromatycznych oraz nielotnych jak PCB czy wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) [2, 4].

Analizując średnie roczne stężenie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (rys. 1) oraz ogólnego węgla organicznego, na przestrzeni siedmiu lat widoczne są znaczne ich wahania w analizowanych odciekach.



Rys. 1. Średnia roczna zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w odciekach

Fig. 1. Mean annual content of polycyclic aromatic hydrocarbons in leachate

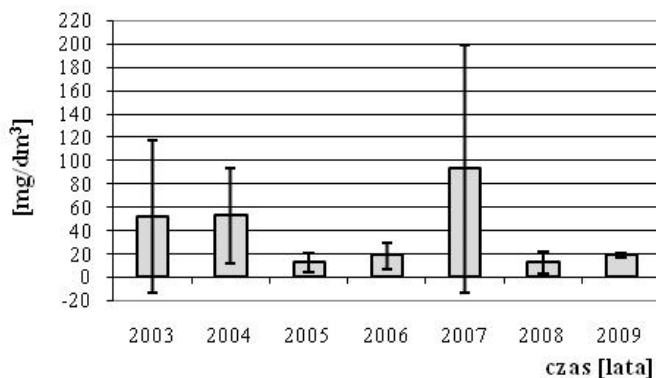
Największe stężenie WWA odnotowano w latach 2003 oraz 2006 gdzie wynosiło odpowiednio 0,059 i 0,068 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$. W pozostałych latach zawartość WWA nie przekraczała 0,02 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$. Odnosząc powyższe wartości WWA do

Rozporządzenia Ministra Budownictwa z dnia 14 lipca 2006 r. w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych [14], zauważa się, iż w analizowanym okresie dopuszczalna wartość, nie została przekroczona. Najniższe średnie kwartalne stężenie WWA obserwowano w III kwartale roku (średnio $0,006 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), najwyższe w IV i I kwartale, odpowiednio $0,04$ i $0,03 \mu\text{g}/\text{dm}^3$.

W odciekach z zamkniętego składowiska w Paszcznie najwyższe stężenie WWA jakie wystąpiło na przestrzeni siedmiu lat wyniosło $0,06$ w 2003 roku oraz $0,07$ w 2006 roku.

Marttinen i in. [9] podają, że stężenie poszczególnych WWA w odciekach ze składowiska w Espoo w Finlandii eksploatowanego od 1987 roku kształtowało się na następującym poziomie: naftalen ($0,34$ - $0,7 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), acenaften ($0,07$ - $0,1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), fluoren ($0,06$ - $0,7 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), fenantren ($0,1$ - $0,17 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), fluoranten do $0,09 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ oraz piren do $0,08 \mu\text{g}/\text{dm}^3$.

W pierwszych dwóch latach analizowanego okresu zawartość ogólnego węgla organicznego utrzymywała się na poziomie ok. $50 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (rys. 2). W pozostałych latach wartość omawianego wskaźnika nie przekraczała $20 \text{ mg}/\text{dm}^3$, za wyjątkiem roku 2007, w którym zawartość OWO była największa i wynosiła $93 \text{ mg}/\text{dm}^3$.



Rys. 2. Średnia roczna zawartość ogólnego węgla organicznego w odciekach

Fig. 2. Mean annual content of total organic carbon in leachate

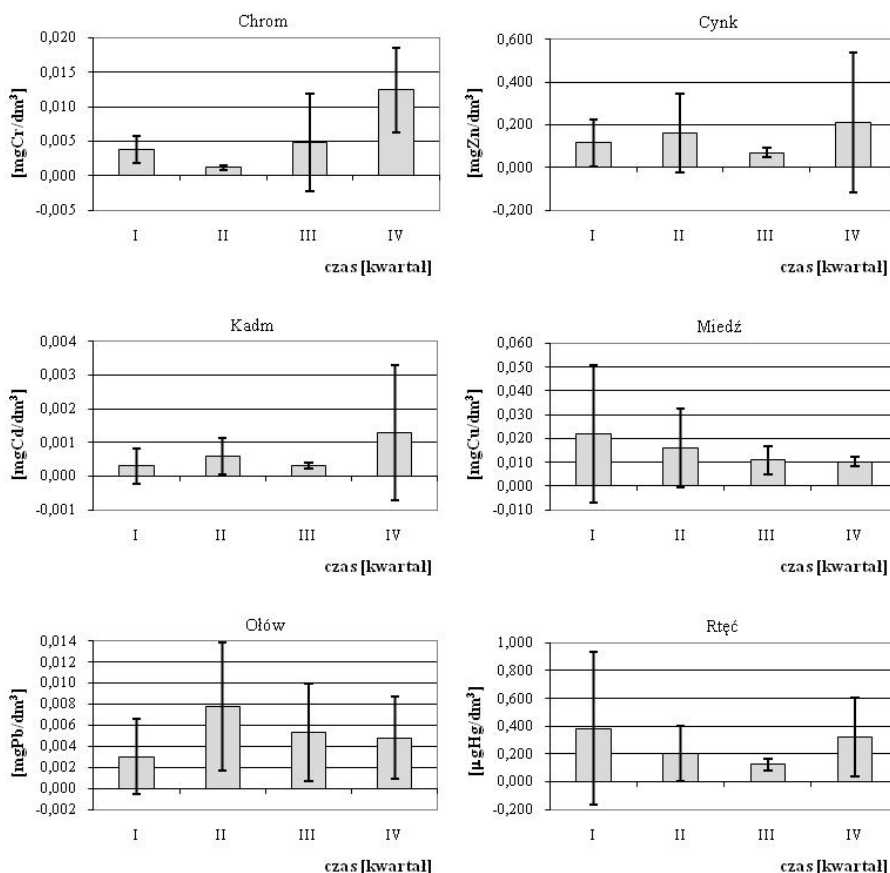
Analizując średnie kwartalne stężenia OWO stwierdzono, że najwyższa zawartość ogólnego węgla organicznego została odnotowana w miesiącach jesiennych (średnio $82 \text{ mg}/\text{dm}^3$), a niewielkie ilości OWO odcieki zawierały w okresie letnim – w II kwartale roku (średnio $11 \text{ mg}/\text{dm}^3$).

Kulikowska i Sułek [7] podają, że wysoki odczyn odcieków oraz niska zawartość związków organicznych wyrażona w ChZT, BZT₅ oraz OWO świadczy, że składowisko odpadów jest składowiskiem ustabilizowanym. Odcieki na których autorki prowadziły badania wykazały wysoki odczyn ($8,34$) oraz niewielką zawartość OWO – $300 \text{ mg}/\text{dm}^3$.

Do wskaźników, których kontrola jest konieczna w badaniach monitoringowych wokół składowiska należą metale ciężkie. Stężenia metali ciężkich w odciekach pochodzących z analizowanego składowiska nie są wysokie

i w większości przypadków nie przekraczają najwyższych dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń dla oczyszczonych ścieków przemysłowych zawartych w Załączniku nr 3 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 29 listopada 2002 [11] (rys. 3).

W analizowanych odciekach w 2008 roku wystąpił wzrost zawartości chromu i kadmu. Jednak pomimo tego stężenie kadmu odpowiadało IV klasie czystości wód powierzchniowych. Ponadto stężenia rtęci w 2004 roku oraz cynku w 2006 roku odpowiadały II klasie jakości wód powierzchniowych.



Rys. 3. Średnie kwartalne zawartości metali ciężkich w odciekach

Fig. 3. Average quarterly content of heavy metals in leachate

Analizując powyższe wykresy zauważa się, że odcieki charakteryzują się małą zmiennością zawartości metali ciężkich w zależności od pory roku. Największa zmienność występuje w przypadku cynku o 0,17 mg, natomiast najmniejsza w przypadku rtęci 0,26 μg .

Zależność zawartości poszczególnych metali ciężkich w odciekach w odniesieniu do pory roku zauważa się w przypadku chromu, miedzi, ołowiu

i rtęci. Natomiast zawartość kadmu i cynku w ciągu roku jest zmienna, jednak w obu przypadkach największa ich zawartość występowała w IV kwartale.

W odciekach składowiskowych najwyższe stężenia metali wykrywano na składowiskach młodych, znajdujących się w fazie fermentacji kwaśnej, gdy odczyn był niski. W fazie dojrzewania, jak i stabilizacji składowisk odczyn staje się obojętny, a rozpuszczalność metali zmniejsza się [5]. Slack i in. [16] podają, że tylko 0,02% zdeponowanych na składowisku metali ciężkich w ciągu 30 lat przedostaje się do odcieków.

Al-Yagout, Hamoda [1] podają zakresy stężeń niektórych metali ciężkich dla zamkniętego składowiska. Według danych tego autora stężenie np. cynku w odciekach waha się w granicach 200 do 4800 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, natomiast stężenie miedzi jest poniżej 200 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$.

W analizowanych odciekach stężenie cynku wynosiło od 30 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ do 890 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, co pozwala stwierdzić, iż zawartość cynku w latach 2006-2008 mieściła się w granicach podawanych przez autora.

WNIOSKI

1. W odciekach składowiskowych najniższe średnie kwartalne wartości przewodności elektrolitycznej stwierdzono w miesiącach letnich (II kwartał). Stopniowy wzrost wartości tego parametru nastąpił w miesiącach zimowych (IV kwartał), a maksymalna jego wartość wystąpiła w I kwartale. Podobne zależności stwierdzono w odniesieniu do wartości pH odcieków.
2. Średnie roczne oraz średnie kwartalne zawartości metali ciężkich w odciekach charakteryzowały się małą zmiennością w zależności od pory roku. Największa zmienność występowała w przypadku cynku o 0,17 mg, natomiast najmniejsza dla rtęci 0,26 μg .
3. W przypadku chromu, miedzi, ołowiu i rtęci zauważa się zależność ich zawartości w odniesieniu do pory roku. Natomiast zawartość kadmu i cynku w ciągu roku była zmienna, jednak w obu przypadkach największa ich zawartość występowała w IV kwartale roku.
4. Nie stwierdzono przekroczeń zawartości parametrów fizykochemicznych odcieków w odniesieniu do wymogów określonych polskim prawem.
5. W analizowanych odciekach przekroczenie najwyższej dopuszczalnej wartości (30 mg/dm^3) określonej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 19 listopada 2002 w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego wystąpiło jedynie w przypadku OWO.

PIŚMIENNICTWO

1. Al-Yagout A. F., Hamoda M. F. 2003. Evaluation of landfill leachate in arid climate – a case study. *Environmental International*, 29: 593-600.
2. Baun A., Reitzel L.A., Ledin A., Christensen T.H., Bjerg P.L. 2003. Natural attenuation of xenobiotic organic compounds in a landfill leachate plume (Vejen, Denmark). *Journal of Contaminant Hydrology*, 65: 269-291.
3. Białowiec A. 2009. Racjonalna gospodarka odciekami. *Przegląd Komunalny*, 10: 30-35.
4. Eggen T., Moeder M., Arukwe A. 2010. Municipal landfill leachates: A significant source for new and emerging pollutants. *Science of the Total Environment*, 408: 5147-5157.
5. Eses A. S., Onay T.T. 2003. In situ heavy metal attenuation in landfills under methanogenic conditions. *Journal of Hazardous Materials*, B99: 159-175.
6. Kłojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J. 2003. Wpływ odcieków ze składowisk odpadów komunalnych i przemysłowych na jakość środowiska wodnego. *Czasopismo Techniczne, Kraków*, 94-97: 5-12.
7. Kulikowska D., Sułek P. 2008. Usuwanie zanieczyszczeń organicznych z odcieków składowiskowych metodą adsorpcji na pylistym węglu aktywnym. Część I. Efektywność procesu, *Czasopismo Techniczne, Kraków*, 105, 1-S: 89-98.
8. Malara M. 2009. Monitoring środowiska w rejonie składowiska odpadów. *Przegląd Komunalny*, 7: 35–38.
9. Martinen S.K., Kettunen R.H., Rintala J.A. 2003. Occurrence and removal of organic pollutants in sewages and landfill leachates. *The Science of Total Environment*, 301: 1-12.
10. Rosik-Dulewska Cz. 2007. Podstawy gospodarki odpadami. Wydawnictwo PWN, Warszawa.
11. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 29 listopada 2002 roku w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. *Dz. U. 2002 Nr 212, poz. 1799*.
12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 roku w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów. *Dz. U. 2002 Nr 220 poz. 1858*.
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów. *Dz. U. 2003 Nr 61, poz. 549*.
14. Rozporządzenie Ministra Budownictwa z dnia 14 lipca 2006 r. w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacji. *Dz.U. 2006 136, poz. 964*.
15. Saarela J. 2003. Pilot investigations of surface parts of Tyree closed landfills and factors affecting them. *Environmental Monitoring and Assessment*, 84: 183-192.
16. Slack R.J., Gronow J.R., Volvoulis N. 2005. Household hazardous waste in municipal landfills: contaminants in leachate. *Science of the Total Environment*, 337: 119-137.
17. Szpadt R., 2006. Usuwanie i oczyszczanie odcieków ze składowisk odpadów komunalnych. *Przegląd Komunalny* 12: 60-66.
18. Szymański K., Sidelko R., Janowska B., Siebielska I. 2007. Monitoring składowisk odpadów. W: *Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska. VIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa, Darłowo*: 75-133.
19. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 o odpadach. *Dz. U. 2001 nr 62 poz. 628*.
20. Ziyang L., Youcai Z., Tao Y., Yu S., Huili C., Nanwen Z., Renhua H. 2009. Natural attenuation and characterization of contaminants composition In landfill leachate under different disposing ages. *Science of the Total Environment*, 407: 3385-3391.

THE COMPOSITION OF LEACHATE FROM RECULTIVATED MUNICIPAL LANDFILL

Abstract. In accordance with the Polish law regulations (Act on Waste Management), leachate generated on landfill should be collected and disposed. That makes wastewater management is one of the most difficult technological issues related to maintenance of the landfill. The composition of the leachate depends mainly on the type of deposited waste and age of the landfill. Leachate are also generated even after recultivation of landfill. In this paper we discuss the composition of leachates from closed and recultivated landfill (Paszczyna, Podkarpacie province, Poland) containing mixed municipal wastes from three rural municipalities, deposited between years 2003 and 2009. The results showed that physical and chemical parameters of leachate in most cases did not exceed the values allowed by Polish law. Only the limit values for TOC were exceeded in the years 2003, 2004 and 2007, when ranged, respectively, 52, 53 and 93 mg/dm³.

Keywords: leachate, closed landfill, PAH, TOC, heavy metals.