

MONIKA GRYCH, ŁUKASZ JURCZYK, JUSTYNA KOC-JURCZYK

Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Katedra Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, email: ljurczyk@ur.edu.pl

ROŚLINNOŚĆ SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH

Celem pracy było przedstawienie warunków i możliwości fitoremediacji składowisk odpadów komunalnych. Rekultywacja składowisk odpadów komunalnych stanowi w Polsce duży problem, dotyczący dużej ilości obiektów o niewielkiej powierzchni, pełniących dotąd funkcje lokalnych składowisk, oraz kolejnych zamykanych kwater na dużych regionalnych instalacjach. Rekultywacja biologiczna jest niezbędną częścią przywracania terenów składowisk do środowiska, jednak w przypadku tego typu obiektów nie zawsze kończy się powodzeniem, z powodu obecności niekorzystnych produktów składowania, przygotowania podłoża lub nieprawidłowego doboru gatunków. W pracy podsumowano podstawowe zasady wprowadzania roślinności na teren składowisk odpadów komunalnych.

Słowa kluczowe: składowiska odpadów komunalnych, rekultywacja terenów zdegradowanych, fitoremediacja, rekultywacja biologiczna

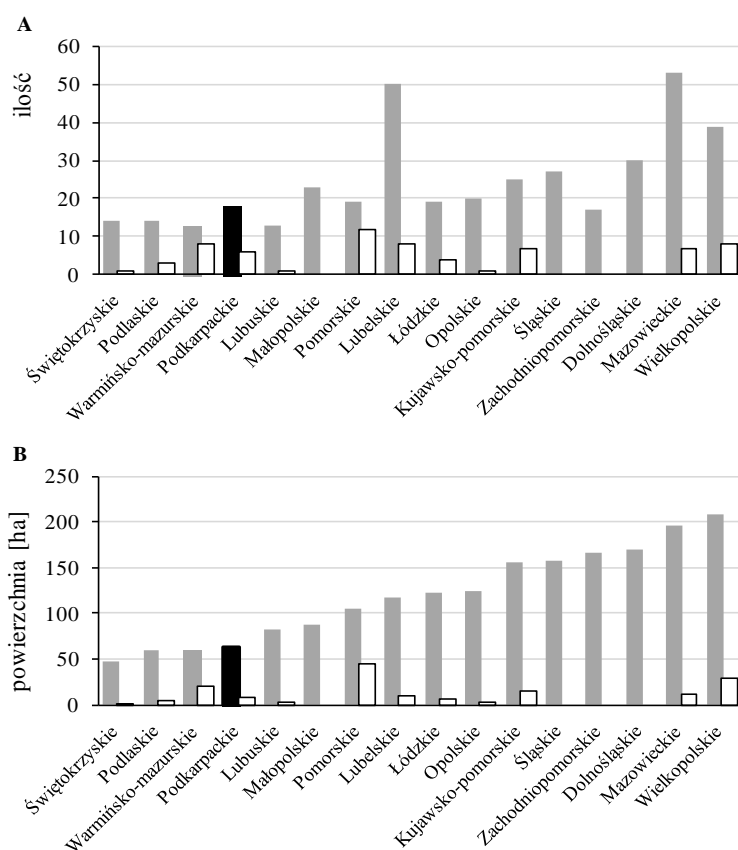
I. WSTĘP

Według ustawy z dnia 14 grudnia 2012 roku o odpadach [Dz. U. 2013 poz. 21] działania mające na celu składowanie powinny być traktowane jako ostateczność w procesie zagospodarowaniu odpadów komunalnych. Składowiska odpadów komunalnych są potencjalnymi źródłami zagrożeń środowiskowych, między innymi na skutek generowania takich produktów ubocznych składowania jak odcieki czy gaz składowiskowy. O ile problem odcieków na prawidłowo projektowanych składowiskach można opanować przez ujmowanie w systemem drenów i odprowadzanie do zbiornika bezodpływowego a następnie unieszkodliwianie w oczyszczalniach wchodzących w skład infrastruktury składowiska lub w pobliskich oczyszczalniach ścieków komunalnych [Jurczyk, Koc-Jurczyk 2014], to całkowita kontrola emisji gazu składowiskowego nie została dotychczas dostatecznie rozwiązana. To właśnie ten drugi produkt składowania wpływa szczególnie negatywnie na roślinność wprowadzaną na zrehabilitowane kwatery składowiska czy rosnącą wokół niecki składowiska. Produkty gazowe powstają w wyniku beztlenowej fermentacji odpadów ulegających biodegradacji i zawierają głównie metan (nawet 50 - 60%) i dwutlenek węgla (35-50%) [Bove i Lunghi 2006, Lim i in. 2018].

Wprowadzenie nowych regulacji w gospodarce odpadami wymusza potrzebę zamknięcia licznych, użytkowanych do tej pory składowisk odpadów komunalnych (np. gminnych czy miejskich) o relatywnie niewielkich powierzchniach i zastąpienie ich

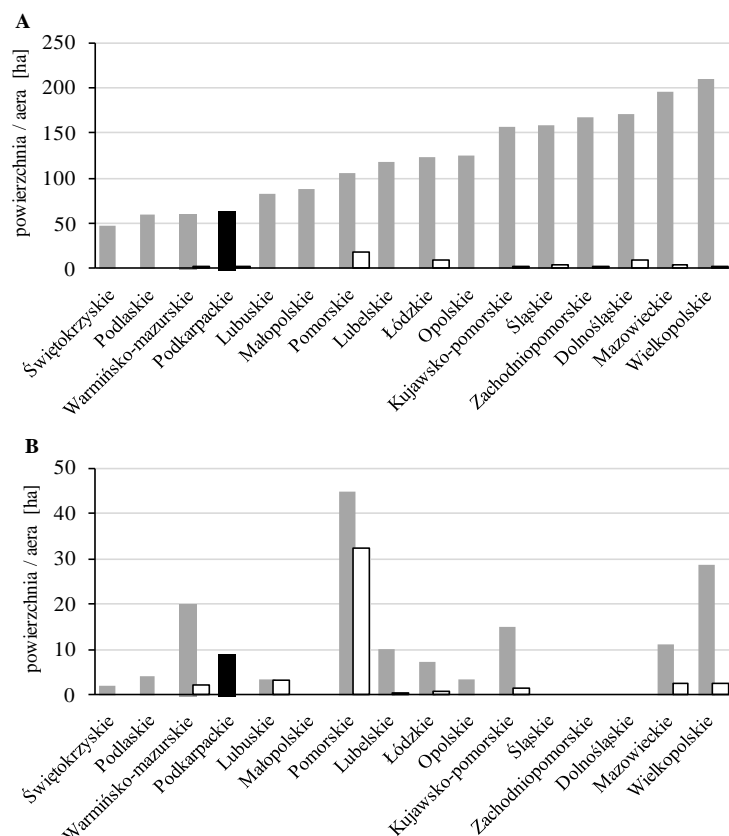
dużymi, regionalnymi instalacjami przetwarzania odpadów komunalnych (tzw. *RIPOK*, w tym składowiskami) mającymi m.in. zapewnić wyższą redukcję zagrożeń środowiskowych. Zarówno zamknięte składowiska, jak i złożone z wielu kwater instalacje aktywne, należy poddawać rekultywacji a jej ostatnim etapem (rekultywacja szczegółowa lub biologiczna) jest wprowadzanie odpowiednio dobranej roślinności na koronę i skarpy pokryte odtworzoną warstwą gleby.

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego [GUS 2016] w Polsce na początku 2016 funkcjonowały 394 czynne składowiska odpadów komunalnych zajmujące 1927 ha (53,5 ha zrehabilitowanych w roku 2016) oraz 66 zamkniętych – 157,9 ha, z czego 45 ha zostało zrehabilitowanych w roku 2016. W województwie podkarpackim, ciągle funkcjonuje 18 czynnych składowisk odpadów, zajmujących 62,4 ha. W 2016 roku tylko 1,4 ha z nich spełniało warunki do uznania za zrehabilitowane. Co ciekawe, żadne ze składowisk zamkniętych (6) zajmujących blisko 9 ha, nie zostało zrehabilitowane w ciągu poprzedzającego roku (ryc. 1 i 2).



Ryc. 1. Potrzeby rekultywacji składowisk odpadów komunalnych w Polsce: liczba (A) i powierzchnia (B) składowisk czynnych (słupki szare, woj. Podkarpackie słupek czarny) i zamkniętych (białe) w poszczególnych województwach [GUS 2016]

Fig. 1. Needs for the reclamation of municipal waste landfills in Poland: the number (A) and the total area (B) of operated (gray bars, Podkarpackie province marked black) and closed dumping sites (white) divided into provinces [GUS 2016]



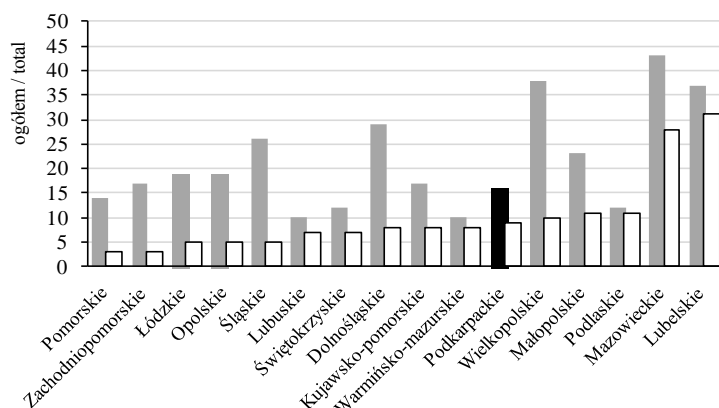
Ryc. 2. Powierzchnia zrehabilitowana (kolor biały) na czynnych (A) i zamkniętych (B) składowiskach odpadów komunalnych w poszczególnych województwach [GUS 2016]

Fig. 2. The total reclamation area of still operated (A) or already closed (B) municipal waste landfills divided into provinces [GUS 2016]

Jednym z najbardziej istotnych czynników odpowiadających za występowanie roślinności na składowisku jest gaz składowiskowy, dlatego ważne jest aby instalacje odgazowujące hałdy odpadów wyposażone były w systemy unieszkodliwiający powstający gaz. Większość, bo blisko 87% czynnych składowisk odpadów komunalnych w Polsce posiada instalacje odgazowujące, z czego aż 46,5% odprowadza gaz składowiskowy do atmosfery. W województwie podkarpackim instalacje odgazowujące posiada 16 składowisk (89% wszystkich) i 56% instalacji odprowadza gaz do atmosfery (ryc. 3). Brak jest natomiast wiarygodnych informacji na temat ilości wyprodukowanych odcieków. Z braku innych możliwości są one często recykulowane na koronę składowiska, co w aspekcie rekultywacji biologicznej może być uznane za szczególnie niekorzystne.

Z przeglądu literatury wynika, że emisja gazu składowiskowego do atmosfery ma negatywne skutki dla flory i fauny w całej Europie. Oprócz wartości estetycznej, naturalna lub uprawiana roślinność na składowiskach odpadów odgrywa ważną rolę w kontroli erozji i usuwaniu zanieczyszczeń. Do tej pory jednak praktyczne zastosowanie technologii fitoremediacji w rekultywacji składowisk odpadów komunalnych nie zostało wystarczająco

zbadane [Erdogan i in. 2015]. Dlatego też celem pracy jest próba określenia czynników, mających wpływ na bioróżnorodność na składowiskach odpadów komunalnych.



Ryc. 3. Ilość składowisk wyposażonych w instalacje odgazowujące w stosunku do ilości wszystkich składowisk odpadów komunalnych [GUS 2016]

Fig. 3. Number of landfills equipped with degasification installations in relation to the total number of landfills in Poland [GUS 2016]

Dane służące do opracowania publikacji zostały przygotowane w oparciu o kwerendę cyfrowych zasobów bibliotek dostępnych na platformie Wirtualna Biblioteka Nauki i wyszukiwarkach internetowych, oraz analizę wybranych prac i danych statystycznych dotyczących ochrony środowiska w Polsce.

II. REKULTYWACJA SKŁADOWISK ODPADÓW

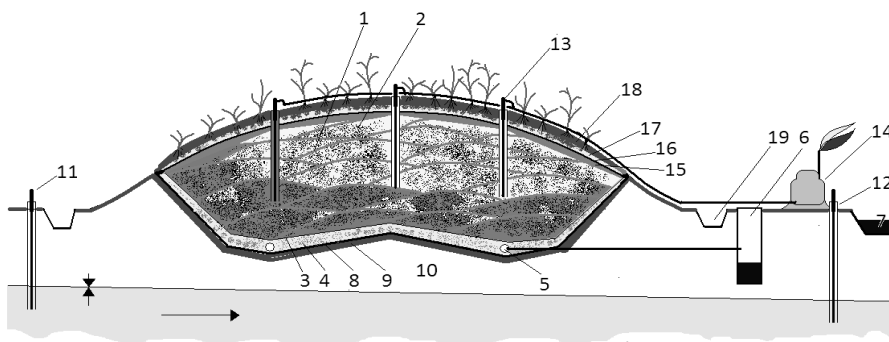
Końcowym etapem eksploatacji każdego składowiska odpadów, jak również jego poszczególnych części (kwater), jest zaplanowanie i przeprowadzenie procesu rekultywacji. Celem nadrzędnym prowadzenia procesów rekultywacji składowisk odpadów powinna być trwała minimalizacja potencjalnego negatywnego oddziaływania na środowisko. Proces rekultywacji powinien być prowadzony w sposób zabezpieczający składowisko odpadów przed jego szkodliwym oddziaływaniem na wody powierzchniowe i podziemne, a także powietrze. Kolejnym wymogiem jest możliwość stałej obserwacji wpływu obiektu na środowisko. Nieodzowną pozostaje także integracja obszaru składowiska odpadów z otaczającym je środowiskiem. Proces rekultywacji składowisk odpadów polega więc na przywracaniu lub nadawaniu nowych wartości użytkowych gruntu, poprzez właściwe ukształtowanie terenu, poprawienie właściwości chemicznych i fizycznych, odtwarzanie gleby oraz uregulowanie właściwych stosunków wodnych z wykorzystaniem metod technicznych i biologicznych. Rekultywacje składowisk jako proces, można podzielić na dwa etapy: rekultywację techniczną (ogólną), która polega na przemieszczaniu mas ziemi, zmianach kształtu obiektu, uszczelnianiu i zabezpieczaniu możliwości odprowadzenia niekorzystnych produktów składowania, oraz rekultywację biologiczną (szczegółową), polegającą na wprowadzaniu na rekultywowany obszar określonych gatunków roślin, a niekiedy także mikroorganizmów czy zwierząt (fot. 1).

Na rycinie 4 przedstawiono schematycznie aktualną koncepcję zamknięcia i rekultywacji składowiska odpadów komunalnych. Uszczelnione za pomocą substancji mineralnych, np. obojętnych odpadów budowlanych, ziemi itp. (1) warstwy dzienne odpadów (2) ułożone są na warstwie filtrującej (3), pod którą leży warstwa drenażowa (4) z systemem odbierania odcieków składowiskowych (5), odprowadzanych do studni zbiorczej (6) i zbiornika retencyjnego (7). Poniżej warstwy drenażowej znajduje się uszczelnienie sztuczne (najczęściej z wytrzymałego, gęstego polimeru 8) i mineralne (9). Bezpieczeństwo instalacji podnosi też lokalizacja na gruncie o niskim współczynniku przewodności hydraulicznej (10) oraz piezometry, umożliwiające monitoring wód gruntowych na kierunku ich napływu (11) i odpływu (12) z terenu składowiska. Za odbiór lotnych produktów składowania odpowiedzialny jest system szczelnych studzienek (13), a ujęty z nich biogaz może być spalany w pochodni lub, co jest bardziej prawidłowe, w urządzeniu kogenerującym (14). Warstwa zamykająca koronę składowiska składa się z wypełnienia (15), sztucznego uszczelnienia (16), leżącej na nim warstwy drenażowej (17), oraz odtworzonej warstwy gleby (18), na której wprowadza się roślinność (17), oraz odtworzonej warstwy gleby (18), na której wprowadza się roślinność (17). Spływy powierzchniowe odbiera rów opaskowy otaczający skarpy składowiska (19).



Fot. 1. Widok na koronę zamkniętej i poddanej rekultywacji kwatery składowiska odpadów komunalnych na Regionalnej Instalacji w Kozodrzy (woj. Podkarpackie). Widoczne instalacje do odbioru gazu składowiskowego i gęsto porastająca powierzchnię odtworzonej gleby niska roślinność ruderalna. Mimo zamknięcia i uszczelnienia składowiska ptaki znajdują na miejscu bogatą bazę pokarmową (fot. Ł. Jurczyk).

Fot. 1. Sight on the top of closed and reclaimed municipal waste landfill site, a part of Regional Installation in Kozodrza (Podkarpackie province, Poland). The installations for landfill gas receiving, and low ruderal vegetation are visible. Despite sealing layer, birds find a rich food base on the site (photo by Ł. Jurczyk).



Ryc. 4. Schemat nowoczesnego składowiska odpadów komunalnych po zamknięciu i rekultywacji (opis w tekście)

Fig. 4. Diagram of a modern landfill of municipal waste after closure and reclamation (see details in the text)

III. REKULTYWACJA BIOLOGICZNA SKŁADOWISK ODPADÓW

Należy zadać pytanie – po co wprowadzać roślinność na obszar składowiska. Po pierwsze - gleba, na której nie ma roślinności, jest podatna na erozję, zarówno przy zawadnieniu jak i przesuszeniu a proces ten jest szczególnie silny w okresie zamarzania i rozmarzania. Jednak odtworzona *de novo* na rekultywowanych składowiskach gleba jest nieodpowiednia do uprawy większości roślin a sadzenie roślin nie będzie miało żadnego wpływu na hamowanie procesu erozji w krótkim okresie czasu bez wyboru optymalnych gatunków. Jednak, jak wskazuje praktyka, istnieją dwie drogi rekultywacji biologicznej dla składowisk odpadów komunalnych: zaplanowane nasadzenia dobraną mieszanką roślinności, oraz poprzestanie na przygotowaniu podłoża i zdanie się na naturalne procesy sukcesji. Produkty składowania odpadów, takie jak zawierające wysoki ładunek zanieczyszczeń o zmiennym składzie odcieki składowiskowe, czy równie zmienny gaz, stanowią jednak poważną barierę dla odtwarzania się bioróżnorodności. Dlatego w celu osiągnięcia sukcesu w rekultywacji biologicznej należy stosować szereg zasad.

Najważniejsze pytania jakie należy zadać przed planowaniem rekultywacji biologicznej brzmią: Czy gaz składowiskowy jest ujmowany ze złoża odpadów? Czy gaz jest aktywnie odpompowywany? Jak wygląda gospodarka ściekowa na terenie obiektu? Czy złożo odpadów zostało prawidłowo uszczelnione? Jak głęboka może być warstwa gleby na warstwie zabezpieczającej?

Aby rekultywacja biologiczna składowisk odpadów komunalnych przebiegała efektywnie, ważne jest spełnienie szeregu warunków. Nachylenie korony powinno wynosić maksymalnie 3%, a skarp 30%. Warstwa uszczelniająca, która powinna zapobiegać niekontrolowanej migracji gazu przez powierzchnię składowiska, uniemożliwia jednocześnie odprowadzenie wody w głąb – wynikiem tego jest nadmiar lub niedobór wody w warstwie wegetacyjnej, dlatego pod odtworzoną glebą powinna funkcjonować skuteczna warstwa drenarska. Przyjmuje się, że zawartość materii organicznej na poziomie >10% sprzyja strukturze gleby zapewniającej dobrą retencję wody i wentylację pozostałości gazu. Minimalna warstwa gleby dla niskiej roślinności powinna mieć miąższość 60 cm, a w przypadku nasadzeń mniejszych drzew minimum 90 cm, jednak najodpowiedniejsza jest docelowa warstwa gleby o głębokości 120 cm. Nowym trendem jest, tam gdzie to możliwe, podział powierzchni na fragmenty o różnych głębokościach

gleby (tzw. *clustery*). Zwiększa to bioróżnorodność krajobrazową i biologiczną terenu. Ważne jest również zastosowanie roślinności tolerującej gaz składowiskowy o płytkim systemie korzeniowym, aby zapobiec penetracji warstwy uszczelniającej. Dotyczy to również gatunków traw, ponieważ raz wprowadzone mogą okazać się „nieusuwalne”. Preferowane są rośliny o szybkim tempie wzrostu i gęstym systemie korzeniowym utrzymującym stabilizację powierzchni przeciw procesom erozji.

Wspomniane wcześniej odcieki są również poważnym problemem na rekultywowanych składowiskach i terenach wokół nich. Zawierają wysokie poziomy zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych, a zawarte w nich substancje wchodzą w interakcję ze składnikami gleby, gruntu oraz wód powierzchniowych i podziemnych. Jest to również najdłuższa w czasie emisja ze składowiska [Kylefors i in. 2003]. Jedną z najbardziej obiecujących metod łagodzenia skutków generowania odcieków przez zamknięte składowiska odpadów jest stosowanie ich do nawadniania roślin tam rosnących. Badania wykazały, że technika ta umożliwia ponowne wykorzystanie zanieczyszczonej wody do rekultywacji przy pomocy roślin i mikroorganizmów. Grunt pokrywający składowisko odpadów nawadniano odciekami, w celu utrzymania odpowiedniej wilgotności podłoża. Metoda ta przyczyniła się również do ograniczenia produkcji metanu na rekultywowanym składowisku [Tanthachoon i in. 2007].

Jak podaje Piotrowski i in. [2006], w drodze naturalnej sukcesji siedliska mogą być zajmowane głównie przez gatunki roślin dwuliściennych. Jednak dopiero po obsianiu powierzchni składowiska mieszkanką traw, w której skład wchodziły kostrzewa czerwona (*Festuca rubra*), wiechlina łąkowa (*Poa pratensis*) i życica trwała (*Lolium perenne*), pokrycie składowiska roślinnością wzrosło do ponad 70%. W pokrywie roślinnej dominowały kępy kostrzewy (50–75%) z niewielkim udziałem kupkówki, perzu i innych traw. Spośród roślin dwuliściennych około 5% powierzchni pokrywały: wrotycz pospolity (*Tanacetum vulgare*), przytulia właściwa (*Galium verum*) czy powój polny (*Convolvulus arvensis*). Badania Dygusia [2010] potwierdzają duże znaczenie rekultywacyjne procesów spontanicznych przemian roślinności i tworzenia pokrywy roślinnej na rekultywowanych hałdach odpadów komunalnych. Stwierdził około 200 gatunków roślin naczyniowych reprezentujących ponad 20 rodzin. Najliczniej reprezentowane były gatunki rodziny złożonych (*Asteraceae*), traw (*Poaceae*) oraz motylkowatych (*Fabaceae*). Wśród grup syntaksonomicznych najwyższy udział miały zbiorowiska ruderalne (*Artemisietea vulgaris*), łąkowe (*Molinio-Arrhenatheretea*) i synantropijne (*Stellarietea mediae*).

Szczególne zastosowanie w rekultywacjach terenów zdegradowanych znalazła wierzba wiciowa (*Salix viminalis*). Roślina ta posiada bardzo dobre właściwości adaptacyjne do prawie każdego rodzaju siedliska, ponadto dzięki dużej zdolności absorbowania biogenów oraz wody, może pełnić rolę naturalnego filtra biologicznego spełniającego funkcje detoksykacji gruntu oraz wychwytywania substancji szkodliwych zawartych w odciekach. Oprócz roli sanitacyjnej szerokie spektrum środowiskowe tej rośliny powoduje, że jest ona niezastąpiona przy stabilizacji i umacnianiu skarp [Manczarski, Lewicki 2012].

IV. PODSUMOWANIE

Składowiska odpadów komunalnych stanowią zagrożenie dla bioróżnorodności, między innymi przez powstający w czasie składowania odpadów gaz składowiskowy. Rekultywacja składowisk na ogół odbywa się poprzez utworzenie niskiego wzniesienia obsadzonego roślinami występującymi na danym obszarze. Rekultywacja składowisk odpadów komunalnych, szczególnie biologiczna, ma pozytywny wpływ na krajobraz. Choć redukcja odpadów jest obecnie postrzegana jako ważna, te wyprodukowane dotychczas są

najczęściej składowane. Zastosowanie rekultywacji biologicznej jako formy rekultywacji składowisk, spełnia więc potrzebę zapewnienia ludziom możliwości życia w zdrowym środowisku i harmonijnym krajobrazie.

BIBLIOGRAFIA

1. Bove R., Lunghi P. 2006. Electric power generation from landfill gas using traditional and innovative technologies. *Energy Convers. Manag.* 47. 1391-1401.
2. Dyguś K.H. 2010. Assessment of plant cover on the chosen municipal dumping sites in the Mazovia province [In:] *Acta Soc. Bot. Pol. Polish Journal of Botany, Proceedings of the 55th Meeting of the Polish Botanical Society Planta in Vivo, in vitro et in silico.* 79. 1-37. Warsaw.
3. Erdogan R., Zaimoglu Z. 2015. The Characteristics of Phytoremediation of Soil and Leachate Polluted by Landfills [In:] *Advances in Bioremediation of Wastewater and Polluted Soil.* Shiomi N. (ed.) CC BY 3.0 license.
4. Jurczyk Ł., Koc-Jurczyk J. 2014. Zmiany podejścia do składowania odpadów a generowanie odcieków składowiskowych. *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska.* 16 (1). 31-40.
5. Kylefors K, Andreas L, Lagerkvist A. 2003. A comparison of small scale, pilot-scale tests for predicting leaching behavior of landfilled wastes. *Waste Manag.* 23. 45-59. doi:10.1016/S0956-053X(02)00112-5.
6. Lim J.H., Cha J.S., Kong B.J., Baek S.H. 2018. Characterization of odorous gases at landfill site and in surrounding areas. *J Environ. Manage* 206. 291-303. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.10.045.
7. Manczarski P., Lewicki R. 2012. Wytyczne dotyczące zamykania i rekultywacji składowisk odpadów komunalnych. NFOŚiGW. Warszawa.
8. Ochrona środowiska. 2016. GUS. Warszawa 2016.
9. Piotrowski M., Szyszkowski P., Wolski K. 2006. Ocena składu gatunkowego pokrywy rekultywacyjnej składowiska odpadów komunalnych Żerniki we Wrocławiu. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo.* 88. 205-209.
10. Tanthachoon N, Chiemchaisri C, Chiemchaisri W. 2007. Utilization of municipal solid waste compost as landfill cover soil for reducing greenhouse gas emission. *Int. J. Environ. Tech. Manag.* 7. 286-297. doi:10.1504/IJETM.2007.015146.

Akty prawne i rozporządzenia

1. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 roku o odpadach [Dz.U. Dz.U. 2013 poz. 21]

VEGETATION OF MUNICIPAL LANDFILLS

Summary

The purpose of this work was to present the conditions and possibilities of phytoremediation of municipal waste landfills. Reclamation of municipal waste landfills states a serious problem in Poland, involving a large number of objects of small area, previously operated as local municipal landfills, and also, successively closed of quarters on main, regional installations. Biological reclamation is an indispensable part of restoring landfill sites to the environment, however, in the case of this type of objects, it does not always succeed, due to the presence of unfavorable products of waste bioconversion, improper substrate preparation or incorrect selection of species. The paper summarizes the basic principles of introducing vegetation onto municipal landfill.

Key words: municipal waste landfills, reclamation of degraded land, fitoremediation, biological reclamation