

## REKULTYWACJA I MONITORING SKŁADOWISK ODPADÓW NA PRZYKŁADZIE OBIEKTU W LINIEWSKICH GÓRACH

Ewelina Smorzewska

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

**Streszczenie:** Gminne składowisko odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Liniewskich Górach zaprzestało przyjmować odpady w 2012 r. Funkcjonowanie składowisk odpadów zakłada, że po eksploatacji obiektu należy przywrócić terenowi wartość użytkową lub nadać mu nowe cechy. Składowisko odpadów zrehabilitowano w II półroczu 2013 r. Proces miał charakter wieloetapowy i obejmował fazę techniczną, tj. właściwe uformowanie bryły odpadów, a następnie wykonanie okrywy rekultywacyjnej. Kolejno, w ramach rekultywacji biologicznej obsiano teren roślinnością pionierską i nasadzono krzewy powszechnie stosowane w rekultywacji. Odtworzono instalację służącą do prowadzenia monitoringu składowiska – w zakresie tych prac wykonano drenaż wód odciekowych, szczelny zbiornik do gromadzenia odcieków, jak również instalację odgazującą składowisko. Chemizm wód podziemnych monitorują piezometry, zaś repery geodezyjne wykorzystywane są do kontroli osiadania składowiska. Przeprowadzona rekultywacja miała na celu zminimalizowanie negatywnego wpływu obiektu gospodarki komunalnej na środowisko, zaś wyznaczone punkty monitoringowe posłużą do kompleksowej i cyklicznej oceny ewentualnych zmian w środowisku spowodowanym składowiskiem w Liniewskich Górach.

**Słowa kluczowe:** składowiska odpadów, Liniewskie Góry, rekultywacja, monitoring składowisk odpadów

### WPROWADZENIE

Problematyka gospodarowania odpadami komunalnymi, ich utylizacja oraz zagrożenia związane z nieodpowiednim składowaniem jest szeroko podejmowana w literaturze zarówno polskiej, jak i zagranicznej [Górecka, Koda 2010; Guerrero i in; 2013, Marshall, Farahbakhsh 2013; Talalaj 2013]. W Polsce dominującym sposobem zagospodarowania odpadów komunalnych jest składowanie. Wynika to głównie z faktu, że gromadzone odpady cechują się bardzo dużym zróżnicowaniem morfologicznym, co czyni je trudnym

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: Ewelina Smorzewska Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Instytut Biologii, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce,  
e-mail: ewelina.smorzewska@gmail.com

do unieszkodliwienia. Bergel i Kaczor [2006] wyodrębnili osiemnaście frakcji obecnych w strumieniu odpadów komunalnych.

Należy nadmienić, że składowiska odpadów są obiektami gospodarki człowieka, których funkcjonowanie może wywołać wiele obciążeń środowiska zarówno w czasie ich wieloletniej eksploatacji, jak też długo po ich zamknięciu [Jamróz 2012]. Zagadnienie jest o tyle istotne, gdyż część z obecnie eksploatowanych obiektów nie spełnia obecnych standardów zarówno lokalizacyjnych, jak i technicznych [Koda 2009]. Dlatego też, głównym obostrzeniem związanym z zakończeniem funkcjonowania składowisk jest ich rekultywacja, przeprowadzana niezwłocznie po zaprzestaniu przyjmowania odpadów przez obiekt. Zamierzony kierunek rekultywacji ma nadać zdegradowanemu terenowi nowe funkcje użytkowe, przy jednoczesnej integracji obiektu z otoczeniem [Siuta i in. 2007].

Nierozzerwalnie z problematyką składowania odpadów wiąże się monitoring środowiska przyrodniczego opierający się na zintegrowanej sieci obserwacyjnej. Badania prowadzone są cyklicznie zarówno w czasie eksploatacji obiektu, jak i 30 lat po jego zrehabilitowaniu, co gwarantuje odpowiednią dbałość o środowisko przyrodnicze [RMŚ 2013]. Wynika to z możliwości wystąpienia emisji do środowiska [Górecka, Koda 2010]. Jak podaje Michałkiewicz [2009] rodzaj oraz uciążliwości związane z emisjami są składową wielu czynników, głównie stosowanej technologii deponowania odpadów, ich rodzaju, jak również topografii, bariery izolacyjnej oraz pokrycia terenu.

W pracy analizie poddano przebieg rekultywacji składowiska odpadów w Liniewskich Górach znajdującego się w gminie Liniewo oraz wyniki prowadzonych badań monitoringowych. Praca ma na celu określenie ewentualnego wpływu obiektu na środowisko przyrodnicze, głównie na strefę wód podziemnych oraz przegląd założeń i zabiegów powszechnie stosowanych w rekultywacji niewielkich, gminnych składowisk odpadów.

## **CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAWCZEGO**

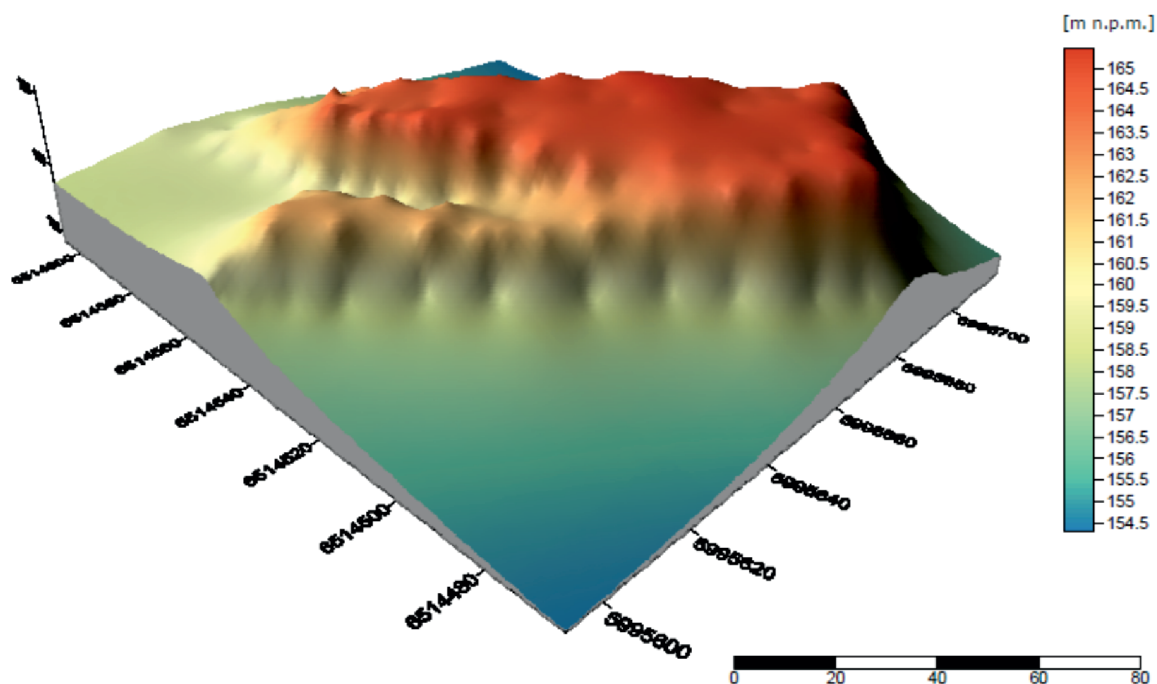
Składowisko odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Liniewskich Górach położone jest w województwie pomorskim, w gminie Liniewo. Obiekt zajmuje teren wyrobiska poźwirowego, zaś rozpoznane warunki hydrogeologiczne wskazują na brak odpowiedniej bariery izolacyjnej przed rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń. W latach eksploatacji – od 1993 r. składowisko przyjmowało głównie zmieszane, niesegregowane odpady komunalne zbierane z terenu kilku ościennych gmin. Ponadto deponowano tam odpady z rozbiórek i remontów obiektów budowlanych oraz odpady z gminnej oczyszczalni ścieków, w tym komunalne osady ściekowe. Otoczenie składowiska stanowią grunty leśne i rolne, a odległość od najbliższych zabudowań wynosi ok. 300 m [Szparkowska, Słowi 2010].

## **WYNIKI PRZEPROWADZONYCH PRAC**

Analizę przeprowadzonych prac rekultywacyjnych dokonano na podstawie Projektu powykonawczego rekultywacji składowiska odpadów w Liniewskich Górach, gminie Liniewo [2013] w 2013 r. Początkowo przygotowano i uporządkowano teren składowiska

– rekultywowana powierzchnia obiektu wynosiła 1,11 ha – przy czym bryła odpadów zajmowała 1,05 ha. W ramach prac przygotowawczych, z uwagi na ochronę wód powierzchniowych i podziemnych, usunięto, a następnie zutilizowano odcieki ze studni odcieków. Następnie rozebrano powierzchnie utwardzone oraz elementy wyposażenia terenu składowiska niezbędne do przyjmowania odpadów, tj. brodzik, wagę, jak również barak socjalny.

W kolejnym etapie prowadzono właściwą rekultywację składowiska – prace miały charakter techniczny, w ramach których ukształtowano właściwą bryłę odpadów (rys. 1). Do tego celu wykorzystano zdeponowane śmieci. Prawidłowe ukształtowanie bryły ma kluczowe znaczenie w funkcjonowaniu zrekultywowanego obiektu. Spadki wierzchowiny (ok. 2–3% na zewnątrz) pozwalają na swobodny odpływ wód opadowych, tj. ograniczają infiltrację pionową [Koda 2009]. Podczas prac rekultywacyjnych nie została zmieniona maksymalna rzędna terenu, do której były składowane odpady, zaś podstawa skarpy jest równa rzędnej poziomu terenu.



Rys. 1. Ukształtowana bryła zrekultywowanego składowiska odpadów w Liniewskich Górach  
Fig. 1. Shaped lump of the restored landfill site in Liniewskie Góry

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Zapewniając właściwe odgazowanie składowiska wykonano warstwę wyrównawczo-odgazującą z materiału piaszczystego o miąższości 10 cm. Jak podaje Nowakowski [2000] odgazowanie składowiska jest istotnym elementem w rekultywacji obiektu. Gromadzący się niekontrolowany gaz składowiskowy, zawierający metan może spowodować podpowierzchniowy pożar składowiska oraz blokować dostęp powietrza do korzeni biologicznej warstwy rekultywacyjnej.

Kolejno uszczelniono podłoże matą bentonitową o gramaturze  $4000 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  i współczynniku filtracji  $k < 1 \cdot 10^{-10} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , którą położono na warstwie wyrównawczo-odgazowującej. Ostatnią powłokę stanowi okrywa rekultywacyjna o grubości 40 cm, złożona z piasku oraz ziemi i mieszaniny ziemi z kompostem. Uszczelnienie czaszy składowiska wykonano w celu wyeliminowania migracji wód opadowych, ograniczając ilość powstających wód odciekowych [Wiater 2011]. Odwodnienie zrekultywowanej czaszy składowiska zrealizowane zostało poprzez spływ powierzchniowy do istniejących opaskowych rowów umocnionych elementami betonowymi. Czyste wody odpadowe i roztopowe nie mają kontaktu z odpadami. Wody te odprowadzone są za pomocą rowów opaskowych do kanału krytego o średnicy 0,40 m, ułożonego w drodze polnej, którym spływają do rowu melioracyjnego znajdującego się na północ od składowiska. Łączna długość rowów wykonanych dla składowiska wyniosła 534,0 m, zaś kanału krytego – 113,5 m.

Techniczny aspekt rekultywacji obejmował ponadto rekonstrukcję sieci monitoringowej. W tym celu odnowiono piezometry monitorujące chemizm wód podziemnych. Zrekonstruowano oraz dostosowano do wysokości nowo ukształtowanej czaszy składowiska studzienki, odgazowujące betonowy zbiornik na odciek. Końce wszystkich studni zabezpieczono biofiltrami, których wypełnienie, tj. torf, kompost lub węgiel aktywny należy wymieniać co 5 lat. Biofiltry są niezbędne do ograniczenia ewentualnych odorów.

W związku z monitoringiem osiadania składowiska wykonano rekonstrukcję reperów geodezyjnych, które posłużą do obserwacji osiadania składowiska odpadów.

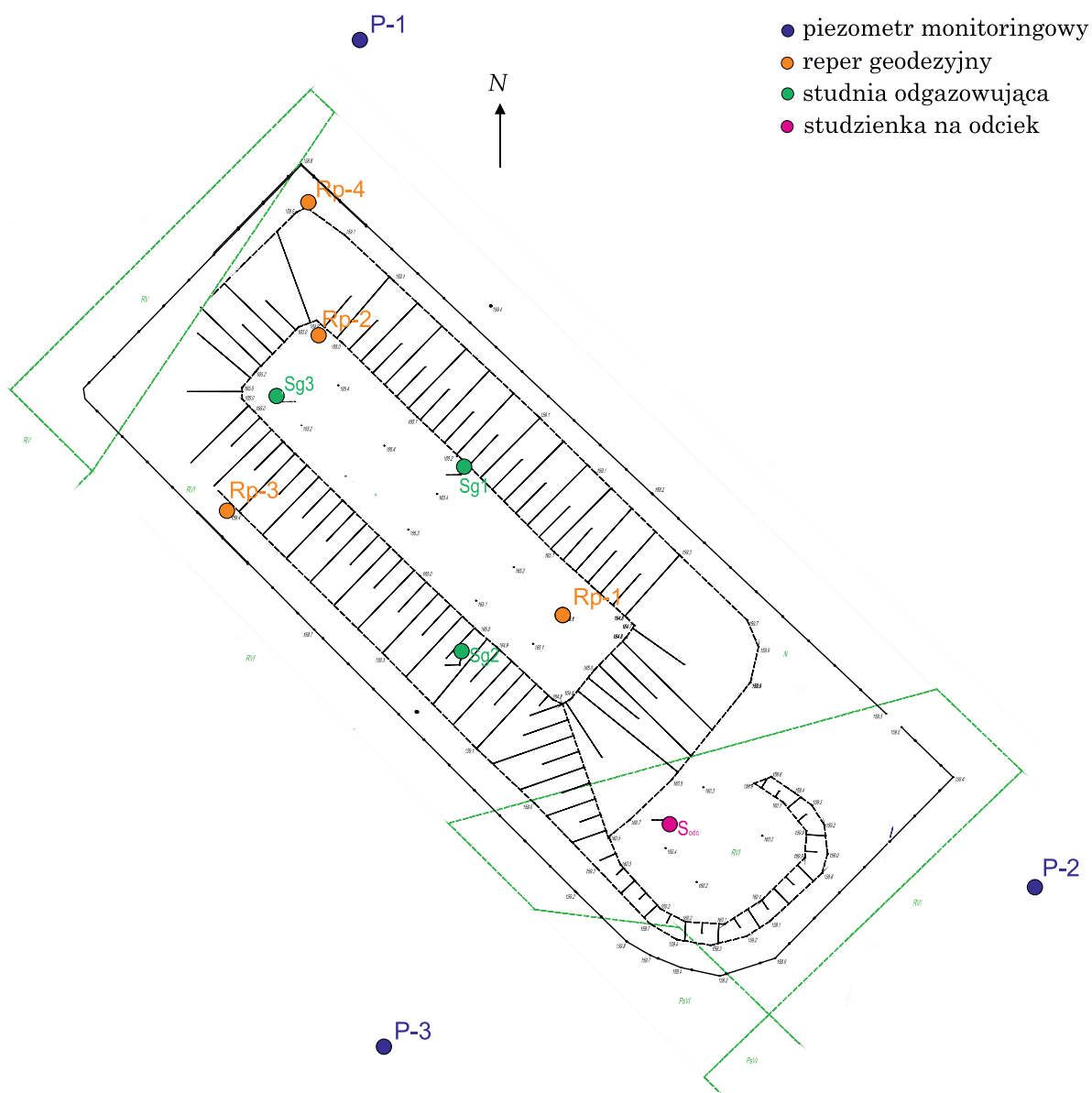
Ostatni etap prac obejmował odnowę biologiczną. Uformowaną czaszę składowiska obsiano mieszkanką traw oraz nasadzono krzewy. Roślinność pionierska gwarantuje utrzymanie warstwy rekultywacyjnej, ograniczając spływanie nakładu odnawiającego podczas ulewnych deszczy oraz zapewnia stabilność uformowanych skarp [Kłojzy-Karczmarczyk, Mazurek 2009]. Biologicznie aktywna warstwa rekultywacyjna inicjuje procesy glebotwórcze oraz stwarza odpowiednie warunki siedliskowe dla dalszego rozwoju roślinności. Ważną kwestią jest aspekt estetyczny – roślinność gwarantuje wkomponowanie się zrekultywowanego obiektu w krajobraz. Z czasem czasza składowiska odpadów zasiedlana jest przez otaczającą roślinność, zwykle o szerokiej amplitudzie ekologicznej. Tworzą one zwykle formacje jednogatunkowe, lecz niszę mogą zająć zbiorowiska wielu gatunków. Potwierdzają to badania florystyczne i fitosocjologiczne przeprowadzone na składowiskach w Lipinach Starych (woj. mazowieckie) i Warszawie – składowisko Radiowo [Dyguś 2013].

## MONITORING SKŁADOWISKA ODPADÓW

Monitoring składowiska odpadów jest niezbędnym elementem służącym do kontroli ewentualnego wpływu obiektu na środowisko przyrodnicze, a w szczególności na wody podziemne [Wiater 2011]. Zakres i częstotliwość badań jest regulowana przez Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie składowisk odpadów [RMS 2013]. Przeglądu i analizy wyników badań obserwacyjnych zrekultywowanego składowiska w Liniewskich Górach dokonano w celu określenia oddziaływania obiektu na środowisko

przyrodnicze oraz oceny przeprowadzonych zabiegów rekultywacyjnych. Analiza oparta jest o wyniki badań monitoringowych prowadzonych w latach 2012–2014 przez Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach.

Sieć obserwacyjna składowiska odpadów w Liniewskich Górach obejmuje piezometry, studzienki odgazowujące, zbiornik na wody odciekowe oraz repery geodezyjne (rys. 2). Pobór próbek oraz analizy laboratoryjne prowadzone są z częstotliwością dwa razy w roku z podziałem na serię wiosenną i jesienną. W ramach prac monitoringowych wykonywane są również dobowe pomiary ilości wód opadowych, geodezyjne badania osiadania czasy składowiska i geotechniczne pomiary stateczności zboczy.



Rys. 2. Zrekonstruowana sieć monitoringowa składowiska odpadów w Liniewskich Górach  
 Fig. 2. Reconstructed monitoring system of the landfill site in Liniewskie Góry

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Sieć obserwacji wód podziemnych składowiska w Liniewskich Górach składa się z czterech piezometrów. Jeden z piezometrów ujmuje I poziom wodonośny (P-2A), pozostałe trzy – płytkie wody przypowierzchniowe (P-1B, P-2B, P-3B). Potwierdzony jest częsty wpływ składowisk odpadów na jakość wód podziemnych, dotyczy to głównie obiektów o słabej barierze izolacyjnej, gdzie dochodzi do migracji zanieczyszczonych i zasolonych wód odciekowych [Koda 2009]. Przeprowadzone analizy fizyko-chemiczne wody wskazują, że wody w otoczeniu składowiska odpadów cechują się niezmiennym składem chemicznym. Wartości wszystkich badanych parametrów mieszczą się w I (bardzo dobrej) oraz II (dobrej) klasie jakości co wskazuje na dobry stan chemiczny tych wód. Wartości badanych w ramach prac monitoringowych metali ciężkich oraz sumy WWA oscylują na poziomie niższym od granicy oznaczalności metod analitycznych.

Ocieki są uciążliwością łączącą się z funkcjonowaniem składowisk odpadów. Powstają w każdym etapie funkcjonowania obiektu, a ich ilość i jakość jest ściśle związana z rodzajem deponowanych odpadów, wiekiem obiektu oraz warunkami atmosferycznymi, głównie wielkością opadów. Problemem w przypadku wód odciekowych jest możliwość kontaktu zanieczyszczonych wód odciekowych z wodami podziemnymi, które na ogół cechują się wyższymi stężeniami zanieczyszczeń niż ścieki komunalne [Koda 2009; Wiater 2011]. Składowisko zostało wyposażone w drenaż odcieków uchodzący do studzienki zbiorczej, skąd następnie ocieki wywożone są wozem ascenziacyjnym do oczyszczalni ścieków. W badanych wodach odciekowych nie stwierdzono ponadnormatywnych zawartości metali ciężkich oraz WWA. Zawartość OWO, jak również wartości pH wskazują, że wody te nie stanowią zagrożenia dla środowiska przyrodniczego zgodnie z wymogami aktów prawnych.

Badania składu i emisji gazu składowiskowego prowadzone są w oparciu o trzy studnie odgazowujące zlokalizowane na czaszy składowiska. Biogaz składający się z wysokiej procentowej zawartości metanu powstaje w pierwszych latach eksploatacji obiektu. Koniecznym warunkiem jest deponowanie odpadów organicznych [Themelis, Ulloa 2007; Zawieja i in. 2010]. Badania prowadzone na składowisku w Liniewskich Górach wskazują na niewielki procentowy udział metanu oraz dwutlenku węgla w ogólnym składzie biogazu – nie zanotowano natomiast emisji składników biogazu. Oznacza to, że składowisko przeszło w fazę wyciszenia, nie są deponowane odpady, co wskazuje, że produkcja biogazu jest już zakończona.

Pomiary osiadania składowiska prowadzone są w oparciu o sieć reperów geodezyjnych, tj. odpowiednio wyznaczonych punktów o znanych rzędnych wysokościowych, których zmiana daje obraz osiadania czaszy składowiska. Obecnie wyniki prowadzone są z wykorzystaniem techniki Geograficznego Systemu Pozycjonowania Satelitarnego (GPS). Dla składowiska w Liniewskich Górach przeprowadzono pierwsze pomiary po rekultywacji, zaś ich wyniki będą stanowiły wartości wyjściowe do porównywania wyników z następnymi lat. Prawidłowo przeprowadzona rekultywacja ogranicza ruchy składowiska – przy kompensacji złoża odpadów osiadanie składowiska jest uzależnione od wielkości obiektu i intensywności przemian złoża [Klimek i in. 2010].

W analizie stateczności skarp składowisk należy określić ich bezpieczne pochylenie z uwzględnieniem określonych parametrów geotechnicznych odpadów oraz gruntów podłoża i warstwy rekultywacyjnej, a także – w przypadku skarp już istniejących – prawdopodobieństwo powstania uszkodzenia związanego z obsunięciem skarpy. Analizę

stabilności skarp prowadzi się metodami geotechnicznymi, przy rozpatrzeniu równowagi bryły ograniczonej od góry koroną skarpy i powierzchnią cylindryczną od dołu. Rozpatrywane jest oddziaływanie sił utrzymujących i zsuwających oraz działających wzdłuż powierzchni poślizgu. Uformowane skarpy na składowisku w Liniewskich Górach są stateczne, a pokrywa roślinna eliminuje niekontrolowane przemieszczanie się warstwy rekultywacyjnej, co oznacza, że jest stabilna.

## PODSUMOWANIE

Składowisko odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Liniewskich Górach jest przykładem poprawnie przeprowadzonej rekultywacji obiektu stwarzającego potencjalne zagrożenie dla środowiska przyrodniczego. W ramach prac odnawiania ukształtowano bryłę odpadów, zapewniono odpowiednie odgazowanie składowiska oraz zbieranie wód odciekowych. Kompleksowa sieć monitoringu obejmująca badanie wód podziemnych, odciekowych, emisję i skład biogazu, jak również wielkość procesu osiadania składowiska ma na celu określenie ewentualnych zmian zachodzących pod wpływem obiektu. Obecnie prowadzone prace obserwacyjne wskazują na dobry stan chemiczny wód w obrębie składowiska odpadów. Zawartości metali ciężkich, jak również WWA nie stwierdzono, co oznacza, że złoża zdeponowanych odpadów nie wpływa na wartości parametrów fizyko-chemicznych wód podziemnych. Niskie wartości badanych parametrów wód odciekowych wskazują na wyciszenie składowiska.

## PISMIENNICTWO

- Bergel, T., Kaczor G. (2006). Szacowana a rzeczywista ilość odpadów komunalnych zebranych w gminach miejskich. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, 3, 5–16.
- Dyguś, H. (2013). Roślinność dwóch składowisk odpadów komunalnych Mazowsza. *Inż. Ekolog.*, 34, 96–120.
- Górecka, A., Koda, E. (2010). Analiza możliwości ograniczenia zagrożeń środowiska wodno-gruntowego, wynikających z eksploatacji modernizowanego składowiska odpadów komunalnych. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 3(49), 48–62.
- Guerrero, L.A., Maas, G., Hogland, W. (2013). Solid Waste Management Challenges for Cities in Developing Countries. *Waste Management*, 33, 220–232.
- Jamróz, A. (2012). Prawidłowa budowa, eksploatacja i rekultywacja składowisk odpadów komunalnych zgodnie z przepisami prawa polskiego. *Technical transactions*, 4(108), 87–100.
- Klimek, A., Wysokiński, L., Zawadzka-Kos, M., Osęka, M., Chrzęszcz, J. (2010). *Poradnik metodyczny w zakresie PRTR dla składowisk odpadów komunalnych*. Warszawa.
- Kłojzy-Karczmarczyk, B., Mazurek, J. (2009). Zakres monitoringu wybranych składowisk odpadów. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN.*, 75, 13–20.
- Koda, E. (2009). Geośrodowiskowe aspekty rekultywacji składowisk odpadów. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, 30(3), 134–151.
- Marshall, R.E., Farahbakhsh, K. (2013). Systems Approaches to Integrated Solid Waste Management in Developing Countries. *Waste Management*, 33, 988–1003.
- Michałkiewicz, M. (2009). Składowiska odpadów jako źródła skażenia mikrobiologicznego. *Budowa i eksploatacja bezpiecznych składowisk odpadów*. Wydawnictwo Abrys, Gdynia.

- Nowakowski, S. (2000). Odgazowanie w procesie rekultywacji. *Przegląd Komunalny*, 6, 59–60. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 roku w sprawie składowisk odpadów. (Dz. U. z 2013, poz. 523).
- Siuta, J., Garus, D., Opęchowski, W. (2007). Rekultywacja terenu składowania zaolejonej ziemi okrzemkowej w Brzegu. *Inż. Ekolog.*, 19, 7–22.
- Szparkowska, J., Słowi, R. (2010). Sprawozdanie z realizacji „Planu gospodarki odpadami dla powiatu kościerskiego na lata 2004–2007 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2008–2011” i „Planu gospodarki odpadami dla powiatu kościerskiego na lata 2008–2011 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2012–2015” za lata 2007–2008. Kościerzyna.
- Talalaj, I.A. (2013). Groundwater and Surface Water Quality Assessment Near the Closed Municipal Landfill. *Journal of Ecological Engineering*, 14(3), 89–98.
- Themelis, N.J., Ulloa, P.A. (2007). Methane generation in landfills. *Renewable Energy*, 32, 1243–1257.
- Tomczak, P., Karpiński, H. (2013). Projekt powykonawczy technicznego zamknięcia składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w m. Liniewskie Góry, gm. Liniewo. Zakład Techniki Ochrony Środowiska „Foleko”, Świdnica.
- Wiater, J. (2011). Wpływ składowisk odpadów komunalnych na jakość wód podziemnych i właściwości gleb. *Inż. Ekolog.*, 26, 133–146.
- Zawieja, I., Wolski, P., Wolny, L. (2010). Pozyskiwanie biogazu z odpadów deponowanych na składowiskach. *Proceedings of ECOpole.*, 4(2), 535–539.

## RESTORATION AND MONITORING OF LANDFILL SITES ON THE EXAMPLE OF THE LANDFILL SITE IN LINIEWSKIE GÓRY, LINIEWO COMMUNE

**Abstract.** The communal landfill site of waste other than hazardous and neutral in Liniewskie Góry ceased receiving waste in 2012. The functioning of landfill sites assumes that after their operation the value in use should be restored to them or they should be given new features. The landfill site was restored in the second half of 2013. This process had a multistage character and included a technical phase, i.e. proper formation of waste dump, and then preparation of restoration cover. Subsequently, the area was sown with pioneer vegetation within the biological restoration and planted with bushes widely used in restoration. The installation used for conducting landfill site monitoring was also restored – the restoration works involved creating leachate water drainage, sealed container for leachate collection, as well as landfill site degassing system. The chemical composition of ground waters is monitored by piezometers, while surveying benchmarks are used for control of landfill site subsidence. The restoration was carried out in order to minimise the negative impact of the landfill site on the environment, and the designated monitoring points shall be used for comprehensive and periodical assessment of possible changes in the environment caused by the landfill site in Liniewskie Góry.

**Key words.** landfill sites, Liniewskie Góry, restoration, landfill site monitoring

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 10.06.2015

For citation – Do cytowania:

Smorzewska, E. (2015). Rekultywacja i monitoring składowisk odpadów na przykładzie obiektu w Liniewskich Górach. *Acta Sci. Pol., Administraio Locorum*, 14(1), 51–58.