

Monika ŻELEZIK¹

ANALIZA MONITORINGU SKŁADOWISKA ODPADÓW KOMUNALNYCH W PROMNIKU W LATACH 2011-2012

THE ANALYSIS OF THE MONITORING OF THE LANDFILL SITE IN PROMNIK IN THE YEARS 2011-2012

Abstrakt: Funkcjonowanie obiektów gospodarki komunalnej, do jakich należą składowiska odpadów, powoduje wielostronne obciążenie środowiska. Dochodzi do powstawania gazu składowiskowego, odcieków, czyli wód opuszczających składowisko, rozwiewania frakcji lekkiej odpadów, odorów, hałasu i utraty przestrzeni przyrodniczej. Monitoring składowisk pozwala na uchwycenie zmian poszczególnych elementów środowiska nie tylko w fazie eksploatacyjnej, ale też przedeksploatacyjnej i poeksploatacyjnej, tj. 30 lat od dnia uzyskania decyzji o jego zamknięciu. Badania monitoringowe pozwalają zidentyfikować obszary przekroczeń standardów jakości środowiska, jak też ocenić stan środowiska, w tym powiązania przyczynowo-skutkowe występujące pomiędzy emisjami i stanem elementów przyrodniczych. W celu kontroli jakości wybranych elementów środowiska w otoczeniu składowiska odpadów komunalnych w Promniku przeprowadzono badania monitoringowe w odniesieniu do: wód podziemnych, wód powierzchniowych, wód odciekowych i gazu składowiskowego. Obejmowały one lata 2011-2012 i dotyczyły fazy eksploatacyjnej składowiska. Analiza uzyskanych danych pozwoliła na ocenę zmian zachodzących w samym złożu odpadów oraz w ich bliskim otoczeniu.

Słowa kluczowe: odpady, składowiska odpadów, monitoring składowisk

Składowiska odpadów, pomimo iż stojące najniżej w hierarchii sposobów unieszkodliwiania odpadów, wciąż przyjmują do deponowania znaczne ilości odpadów komunalnych. Mają one w swym składzie duży udział zarówno odpadów niebezpiecznych, jak też substancji organicznej, która podlega samorzutnym procesom rozkładu [1-3]. Produktami rozkładu są substancje stwarzające zagrożenie dla środowiska, zarówno płynne - odcieki, jak i gazowe - gaz składowiskowy, którego największa emisja ma miejsce po wypracowaniu się w złożu odpadów stabilnej fermentacji metanowej [4, 5].

Artykuł 124 pkt. 4 i 5 Ustawy o odpadach (DzU z 2013 r., poz. 21) stanowi, że zarządzający składowiskiem odpadów jest obowiązany prowadzić monitoring składowiska odpadów w fazie przedeksploatacyjnej, eksploatacyjnej i poeksploatacyjnej. Do obowiązków zarządzającego składowiskiem odpadów należy przekazywanie wyników monitoringu składowiska odpadów wojewódzkiemu inspektorowi ochrony środowiska w terminie do końca pierwszego kwartału następnego roku kalendarzowego [6]. Szczegółowe wymagania w zakresie prowadzenia monitoringu określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów (DzU z 2013 r., poz. 523), które zastąpiło Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów. Kontrola składowiska powinna obejmować wpływ tego obiektu na: wody powierzchniowe, podziemne, zanieczyszczenie gleb, zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego oraz klimat akustyczny [7]. Monitoring oddziaływania składowiska na środowisko pełni istotną rolę w ocenie stanu środowiska, ocenie zależności

¹ Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, ul. Świętokrzyska 15 bud. G, 25-406 Kielce, email: monika.zelezik@ujk.edu.pl

^{*} Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole' 14, Jarnołtówek, 15-17.10.2014

między możliwością występowania zagrożeń dla życia, zdrowia ludzi i środowiska a lokalizacją i technicznymi parametrami składowiska odpadów. Ponadto pozwala na podejmowanie skutecznych metod ochrony poszczególnych elementów środowiska [3, 4, 8, 9].

Metodyka badań

Obiektem, który posłużył do przeprowadzenia badań, było składowisko odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne, zlokalizowane w gminie Strawczyn, we wsi Promnik w odległości ok. 15 km od centrum Kielc. Powierzchnia składowiska to około 15 ha, z czego powierzchnia brutto całego składowiska wynosi 10,8 ha. Analizowane składowisko jest miejscem unieszkodliwiania odpadów pochodzących z 18 gmin [10, 11].

W niniejszej pracy posłużono się wynikami badań monitoringowych przeprowadzonych w latach 2011-2012 na składowisku odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Promniku. Materiały zostały udostępnione przez Przedsiębiorstwo Gospodarki Odpadami (PGO) w Kielcach [12]. Dotyczyły monitoringu wód odciekowych, podziemnych oraz powierzchniowych w zakresie dwóch parametrów: pH oraz konduktywności. Monitoring powietrza obejmował emisję i skład gazu składowiskowego, które oceniono na podstawie zawartości metanu, ditlenku węgla i tlenu w trzech punktach pomiarowych. Uzyskane dane zostały przeanalizowane i opracowane z wykorzystaniem programów pakietu Office.

Wyniki i ich omówienie

Jakość wód powierzchniowych w obrębie składowiska

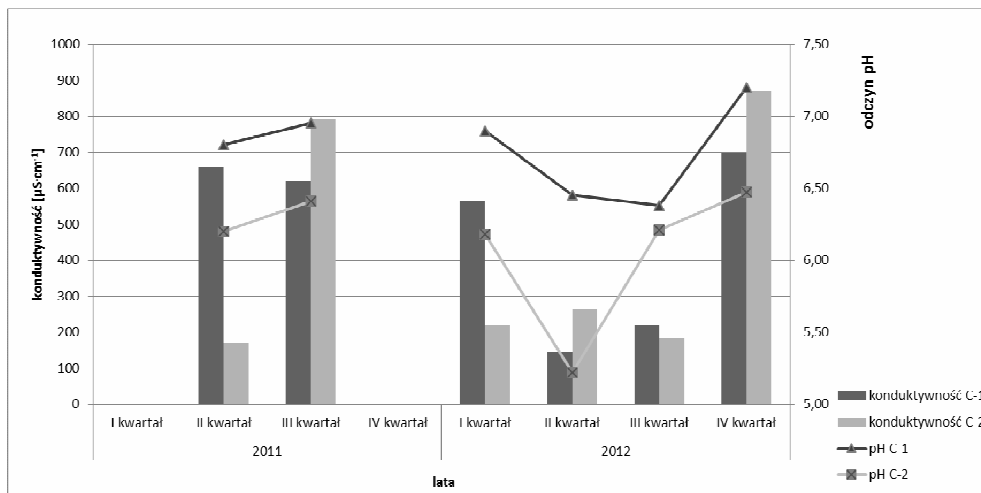
W celu oceny jakości wód powierzchniowych w rejonie analizowanego składowiska zostały wykonane badania obejmujące wody pochodzące:

- z rowu melioracyjnego C-1, po zachodniej stronie składowiska, ok. 900 m od ogrodzenia,
- z rowu melioracyjnego C-2, po zachodniej stronie składowiska, ok. 130 m od ogrodzenia.

W pierwszym analizowanym roku - 2011 - badania zostały przeprowadzone jedynie w II i III kwartale, natomiast w 2012 roku badania były wykonane we wszystkich IV kwartałach. W 2011 roku oceniane wody powierzchniowe z rowu melioracyjnego w punkcie C-1 charakteryzowały się odczynem lekko kwaśnym. Wartość pH w II kwartale wyniosła 6,78, natomiast w kwartale III - 6,95. W 2012 roku pH osiągnęło poziom 6,40 w III kwartale oraz 7,20 w kwartale IV. Próbkę charakteryzowało niskie zasolenie w obu badanych latach. Wartość konduktywności wahała się od $623 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (III kwartał 2011 r.) do $661 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (II kwartał 2011 r.), natomiast w 2012 r. od $147 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (II kwartał) do $702 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (IV kwartał).

W przypadku rowu melioracyjnego C-2 woda charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym zarówno w 2011 roku (pH 6,12 w II kwartale oraz 6,39 w III kwartale), jak i w 2012 roku (pH 6,10 w I kwartale oraz 6,50 w IV kwartale). Konduktywność badanych prób w 2011 roku wyniosła $173 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (w II kwartale) i aż $792 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (w III kwartale). W 2012 roku zanotowano wyższe wartości: $184 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (III kwartał) oraz $871 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

(IV kwartał). Wyniki badań z rowów melioracyjnych C-1 i C-2 dla lat 2011 i 2012 przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Wyniki badań fizykochemicznych próbek wód powierzchniowych pochodzących z rowów melioracyjnych w punktach C-1 i C-2 w latach 2011 i 2012

Fig. 1. Results of physicochemical research for surface waters from drainage ditch spots C-1 and C-2 in the years 2011 and 2012

Jakość wód podziemnych w rejonie składowiska

W celu kontroli jakości wód podziemnych w sieci piezometrów kontrolnych w rejonie analizowanego składowiska badano skład chemiczny próbek wody, pobranych w 13 punktach:

- P-1,2,3,4, 9,10,16,19 - piezometr czwartorzędowy,
- P-5,6,7,17,18 - piezometr triasowy.

W wodach podziemnych pochodzących z piezometru P-1 zarówno w 2011 r., jak i 2012 r. zaznaczały się wysokie wartości przewodności, podobnie jak w piezometrze P-9 w 2011 r. Wyniki badań wód podziemnych pochodzących ze wszystkich piezometrów w obu latach przedstawia tabela 1. Wartości te plasowały się dla piezometrów P-1 w 2011 i 2012 r. powyżej $6000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, a w przypadku piezometru P-9 powyżej $3000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Wskazane parametry przekraczały najwyższe dopuszczalne wartości dla V klasy czystości wód wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 roku w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (DzU Nr 32, poz. 284). Wody z piezometrów P-1 i P-9 w 2011 roku są wodami złej jakości, w której wartości wskaźników jakości wody potwierdzają wpływy antropogeniczne. Woda nie spełnia wymagań określonych dla wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Piezometry te przedstawiają czwartorzędowe piętro wodonośne i znajdują się w miejscu odpływu wód ze składowiska na tej samej linii. W przypadku piezometru P-9 w 2012 r. można zauważyć poprawę jakości badanej wody wraz ze wzrostem odległości od

składowiska. Może to świadczyć o tym, że źródło zanieczyszczenia zostało zatrzymane i nie ma już wycieku ze składowiska, a zanieczyszczona woda powoli dąży do oczyszczania się. Świadczyć to może o malejącym zasięgu oddziaływania składowiska. Woda z piezometru P-1 charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym, pH wyniosło 6,46 oraz 6,68 odpowiednio w 2011 i 2012 roku. Natomiast wartość pH wody z piezometru P-9 kształtowała się na poziomie 6,28 (w 2011) i 6,18 (w 2012) - odczyn kwaśny.

Wody z piezometrów P-4, P-5, P-17 oraz P-19 są wodami bardzo dobrej i dobrej jakości. Wartości elementów fizykochemicznych są kształtowane wyłącznie w efekcie naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych. Wody te nie wskazywały na oddziaływania antropogeniczne. Charakteryzowały się bardzo niską przewodnością oraz lekko zasadowym odczynem z wyjątkiem piezometru P-19, który charakteryzował się odczynem kwaśnym, pH - 6,03 w 2011 r. oraz 5,43 w 2012 r.

W przypadku wody z pozostałych piezometrów: P-2, P-3, P-6, P-7, P-10, P-16 i P-18 badane próby charakteryzowały się bardzo niskimi wartościami przewodności, poniżej $300 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, wykluczając piezometr P-2 w 2011 roku ($818 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) i w 2012 ($1010 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) oraz P-7 w 2011 roku ($5976 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) i w 2012 ($2116 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Próbkę te wykazywały odczyn kwaśny i lekko kwaśny z wyjątkiem piezometru P-10, którego odczyn w 2011 roku zbliżony był do obojętnego (pH 7,14), jednakże w 2012 roku odczyn ten zmienił się na lekko kwaśny (pH 6,85).

Tabela 1

Zestawienie wyników badań wód podziemnych pochodzących z piezometrów w latach 2011 i 2012 (opracowanie własne na podstawie Sprawozdań PGO 2011, 2012)

Table 1

List of results for underground waters from piezometers in the years 2011 and 2012 (own elaboration based on reports Waste Management Company in the years 2011 and 2012)

Piezometr	Konduktywność [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]		Odczyn pH	
	2011	2012	2011	2012
P-1	6178	6485	6,46	6,68
P-2	818	1010	6,75	6,38
P-3	260	202	6,45	6,58
P-4	164	584	7,19	6,68
P-5	221	218	7,43	7,63
P-6	170	175	6,49	6,20
P-7	5976	2116	6,34	6,38
P-9	3423	715	6,28	6,18
P-10	231	245	7,14	6,85
P-16	190	154	5,81	5,90
P-17	436	424	7,05	7,45
P-18	125	145	5,70	5,65
P-19	243	205	6,03	5,43

Wyniki analizowanych parametrów wskazują na niekorzystny wpływ składowiska odpadów na wody podziemne po jego zachodniej stronie. W przypadku próbek pobranych po wschodniej stronie wartości mierzonych parametrów (konduktywność, odczyn) klasyfikują te wody do I i II klasy czystości zgodnie z wytycznymi zawartymi w ww. Rozporządzeniu.

Jakość wód odciekowych w rejonie składowiska

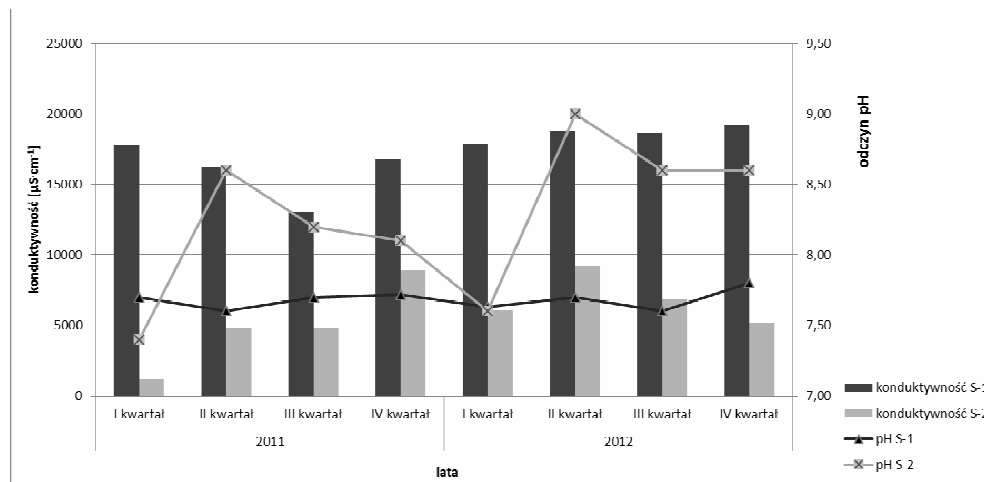
W celu określenia jakości wód odciekowych ze składowiska w Promniku zbadano próbki wody pobranej ze zbiornika w punktach kontrolnych S1 i S2:

- Próba S1 - komora zbiorcza na wody odciekowe z I kwatery,
- Próba S2 - komora zbiorcza na wody odciekowe z II kwatery.

Wody odciekowe zebrane z punktu S1 charakteryzowały się odczynem lekko zasadowym w obu analizowanych latach (pH 7,67 w 2011 roku oraz pH 7,70 w 2012 roku). Odczyn roztworu z próbek w punkcie S2 był zasadowy w obu analizowanych latach - 8,06 pH w 2011 r. oraz 8,45 w 2012 r.

Bardzo wysoka konduktywność w zakresie od 15 908 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ w 2011 r. do 18 564 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ w 2012 r. charakterystyczna była dla wód odciekowych pobranych z punktu S1. Konduktywność w punkcie S2 była zdecydowanie niższa - obie wartości nie przekroczyły 10 000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, co można powiązać z rozcieńczeniem wód odciekowych wodami opadowymi. Wyniki badań wód odciekowych przedstawiono na rysunku 2.

Badane próbki przekraczały najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń dla oczyszczonych ścieków przemysłowych zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (DzU 2006, Nr 137, poz. 984).



Rys. 2. Wyniki badań fizykochemicznych prób odciekowych w punktach S1 i S2 dla lat 2011 i 2012 (opracowanie własne na podstawie Sprawozdań PGO 2011, 2012)

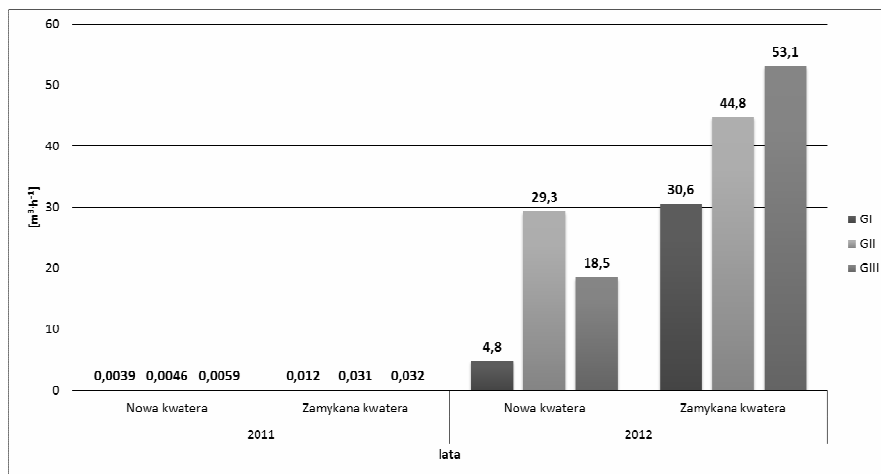
Fig. 2. Results of physicochemical research of leachate waters in spots S1 and S2 in the years 2011 and 2012 (own elaboration based on reports Waste Management Company, 2011, 2012)

Monitoring wpływu składowiska na powietrze

W celu kontroli wpływu składowiska odpadów w Promniku na powietrze zostały wykonane pomiary emisji gazu składowiskowego - biogazu. Pomiar ten przeprowadzony

był w trzech punktach kontrolnych - studniach odgazowujących: GI, GII i GIII na nowo otwartej kwaterze składowiska z częstotliwością raz w miesiącu oraz w trzech punktach kontrolnych: GI, GII i GIII na kwaterze zamkniętej z częstotliwością raz na pół roku.

Najniższe ilości emitowanego biogazu na nowej kwaterze zanotowano w studni pomiarowej GI, jednocześnie dla roku 2011 - $0,0039 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ i 2012 - $4,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Na tej samej kwaterze najwyższe wartości w roku 2011 zanotowano w studni GIII - $0,0059 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, a w roku 2012 w studni GII - $29,3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. W przypadku kwatery zamykanej wartości w 2011 roku były niewiele mniejsze niż w 2012 r., gdzie emisja kształtowała się na poziomie 30,6, 44,8 oraz $53,1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ odpowiednio w punktach GI, GII i GIII (rys. 3). Emisja biogazu kształtowała się na poziomie $0,012\text{-}0,032 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ w 2011 roku oraz $4,8\text{-}29,3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ w 2012 roku, przy czym są to wyniki uśrednione z pomiaru trwającego 3 minuty [11].



Rys. 3. Pomiar emisji biogazu w latach 2011 i 2012 w studniach kontrolnych GI, GII i GIII na kwaterze nowej i zamykanej (opracowanie własne na podstawie Sprawozdań PGO 2011, 2012)

Fig. 3. Measurement of landfill's gas emission in control wells GI, GII and GIII on new and old lodging (own elaboration based on reports Waste Management Company, 2011, 2012)

Podsumowanie i wnioski

Dzięki monitoringowi składowisk odpadów można śledzić zmiany zachodzące w ich wnętrzu, a także w ich bliskim otoczeniu. Monitoring składowisk pozwala na korygowanie już istniejących niekorzystnych zmian zachodzących w bliskim środowisku składowiska, a także zapobieganie pojawianiu się najgorszych dla środowiska skutków związanych z funkcjonowaniem składowisk w środowisku.

W celu kontroli jakości środowiska w otoczeniu składowiska odpadów w Promniku Przedsiębiorstwo Gospodarki Odpadami prowadzi badania monitoringowe wszystkich wymaganych parametrów wskaźnikowych. Znajomość wyników tych parametrów ułatwia prowadzenie bezpiecznej eksploatacji składowiska, w tym oceny relacji między ilością

i rodzajem deponowanych odpadów a stopniem oddziaływania na poszczególne elementy środowiska.

Analiza wyników monitoringu składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Promniku w latach 2011-2012 pozwala stwierdzić, że:

- Wody powierzchniowe pobrane zarówno z rowu melioracyjnego C-1, jak i C-2 zostały zakwalifikowane do V klasy czystości wód. Odczyn charakteryzujący wody był lekko kwaśny we wszystkich kwartałach w obu badanych latach, a bardzo niska konduktywność w punkcie C-2 znajdującym się w odległości ok. 130 m od składowiska świadczy o braku wpływu składowanych odpadów na te wody.
- Najbardziej zanieczyszczone wody podziemne znajdowały się w zachodniej części składowiska, gdzie umiejscowione są piezometry P-1 i P-9. Wysokie wartości konduktywności potwierdzają antropogeniczny wpływ na te wody. Wody z pozostałych punktów badawczych mieszczą się w zakresie I-IV klasy czystości wód.
- Wysoka konduktywność wód odciekowych w punkcie S1 może mieć wpływ na silne zagęszczanie odpadów, a wynikiem jest szybkie wdrażanie fermentacji kwasogennej, a następnie metanogennej. Wody odciekowe zostały zaklasyfikowane do V klasy czystości.
- Biogaz wyemitowany ze studni odgazowujących GI, GII i GIII oraz jego ilość świadczy o wysokiej produktywności składowiska.

Literatura

- [1] Houhu H., Pinjing He, Liming S. Methane emission from MSW landfill with sandy soil covers under leachate recirculation and subsurface irrigation. *Atmos Environ.* 2008;42:5579-5588. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.03.010.
- [2] Öncü G, Reiser M, Kranert M. Aerobic in situ stabilization of Landfill Konstanz Dorfweiher: Leachate quality after 1 year of operation. *Waste Manage.* 2012;32:2374-2384. DOI: 10.1016/j.wasman.2012.07.005.
- [3] Kwiatkowski T, Żygadło M. Analiza stanu składowisk odpadów komunalnych w województwie świętokrzyskim w świetle wyników przeglądu ekologicznego. *Monit Środ Przym.* 2011;12:103-116.
- [4] Łuniewski S. Bezpieczne składowanie odpadów. Białystok: Ekonomia i Środowisko; 2008.
- [5] Themelis NJ, Ulloa PA., Methane generation in landfills. *Renew En.* 2007;32:1243-1257. DOI: 10.1016/j.renene.2006.04.020.
- [6] Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. DzU 2013, poz. 21.
- [7] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 31 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów. DzU 2013, poz. 523.
- [8] d'Obyrn K, Szalińska E. Odpady komunalne zbiórka, recykling, unieszkodliwianie odpadów komunalnych i komunalnopodobnych. Kraków: PK; 2005.
- [9] Rosik-Dulewska C. Podstawy gospodarki odpadami. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 2006.
- [10] Program Ochrony Środowiska dla gminy Strawczyn na lata 2009-2016.
- [11] www.pgo.kielce.pl.
- [12] Sprawozdanie PGO 2011-2012.

THE ANALYSIS OF THE MONITORING OF THE LANDFILL SITE IN PROMNIK IN THE YEARS 2011-2012

Department of Environment Protection and Modelling, The Jan Kochanowski University in Kielce

Abstract: The functioning of public utilities such as landfill sites results in multi-faceted burden to the environment, the examples being landfill gas formed as a consequence of anaerobic processes within a refuse dump, leachate waters or waters escaping from the landfill site, the dispersion of the light fraction of waste,

microbiological pollution, odour, noise, and the loss of natural space. Monitoring enables to detect changes in particular elements of the environment not only in its exploitation phase but also in its pre-exploitation and post-exploitation ones, the latter referring to the time of 30 years after reaching a decision to close down a landfill site. Monitoring research makes it possible to identify those areas which exceed the quality standards of the environment, and to distinguish cause and effect relationships holding between emission and the condition of the elements of the environment. In order to supervise the quality of given elements of the environment, in the surroundings of the landfill site in Promnik, monitoring research was conducted with regard to the following: underground waters, surface waters, leachate waters and landfill gas. The research comprised the years 2011-2012 and pertained to the exploitation phase of the environment. The analysis of the gathered data enabled to assess changes both in the very mass of waste and in its close surroundings.

Keywords: waste, landfill site, monitoring of a refuse dump