



Beata KŁOJZY-KARCZMARCZYK*, Said MAKOUDI*,
Janusz MAZUREK**, Jarosław STASZCZAK**

Składowanie i wpływ na środowisko składowiska odpadów komunalnych Barycz w aspekcie zmian uwarunkowań prawnych w zakresie gospodarki odpadami

Streszczenie: Historia budowy, eksploatacji oraz rekultywacji składowiska odpadów komunalnych w Baryczy wpisuje się czasowo we wszystkie ustawy o odpadach wprowadzone w Polsce, od ustawy z 1997 roku aż do ustawy z 2012 roku. Do składowania odpadów komunalnych dla miasta Krakowa i regionu wykorzystano tereny pozostałe po zakończeniu otworowej eksploatacji złoża soli kamiennej. Składowanie odpadów odbywa się tu etapowo w naturalnych i częściowo wywołanych poeksploatacyjnym osiadaniami terenu obniżeniach, ciągnących się przeważnie wzdłuż koryta cieku Malinówka. Do dzisiaj powstały trzy etapy składowiska, różniące się morfologicznie oraz technologicznie. Obecnie dwa pierwsze etapy są już w sensie technicznym całkowicie zrehabilitowane. Trudno jednak jednoznacznie ocenić, jakie jest oddziaływanie tych etapów na środowisko gruntowo-wodne. Po zakończeniu prac budowlanych i oddaniu do eksploatacji III etapu składowiska oraz zakończeniu rekultywacji etapów poprzednich, obserwuje się począwszy od 2005 roku, obniżenie mineralizacji i powolną stabilizację większości parametrów wody z grupy charakterystycznych wskaźników zanieczyszczeń wód powierzchniowych. Po 2012 roku ilość odpadów niesegregowanych, trafiających na składowisko zaczęła stopniowo maleć, ale nie spowodowało to istotnych zmian w wielkości zanieczyszczenia wód powierzchniowych. Składowisko w Baryczy pełni rolę instalacji regionalnej gospodarki odpadami. Na podstawie obecnych zapisów prawnych, w artykule podjęto ponadto próbę oszacowania masy odpadów, które mogą być obecnie, hipotetycznie kierowane do składowania w III etapie składowiska. Prognozy sporządzono dla założonej wielkości wytwarzania odpadów tylko przez mieszkańców miasta Krakowa. Potencjalną szybkość zapełniania składowiska w Baryczy odpadami szacowano, w celach porównawczych, dla kilku scenariuszy składowania z uwzględnieniem selektywnego zbierania, przetwarzania w instalacji MBP (mechaniczno-biologicznego przetwarzania) oraz zakazu składowania frakcji mogących być wykorzystanych w celach energetycznych. Prognozowana miąższość składowanych odpadów według założonych scenariuszy składowania waha się w granicach od 3,8 m/rok w przypadku składowania całego strumienia wytworzonych odpadów do 0,3 m/rok w przypadku kierowania do składowania jedynie pozostałości po mechaniczno-biologicznym przetwarzaniu odpadów komunalnych zbieranych w sposób zmieszany.

Słowa kluczowe: odpady komunalne, składowisko Barycz, miasto Kraków, ciek Malinówka, prognoza składowania, czas zapełniania

* Dr inż., ** Mgr inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków;
e-mail: beatakk@min-pan.krakow.pl; makoudi@min-pan.krakow.pl; jan@min-pan.krakow.pl; jaro@min-pan.krakow.pl

The storage and the impact for environment of Barycz municipal landfill in terms of changes in the waste management law

Abstract: The history of the construction, operation and reclamation of the municipal waste landfill in Barycz coincides with all the Waste Management Acts introduced in Poland, starting from the first Act of 1997, until the Act of 2012. An area of a previous borehole exploitation of rock salt was used as a site for the disposal of municipal waste for the city of Krakow and the region. The land-filling of waste takes place here in phases in natural depressions partly caused by post-mining land subsidence, and extending along the Malinówka watercourse. To date, three phases of the landfill which differ morphologically and technologically have been set up. Currently, the first two phases have already been fully reclaimed in a technical sense. However, it is difficult to clearly assess the impact of these phases on the soil and water environment. After the completion of construction works and putting the third phase of the landfill into operation and the completion of the reclaim treatments of previous phases, decreasing mineralisation and the slow stabilisation of most water parameters from the group of surface water pollution specific indicators have been observed since 2005. After 2012, the amount of unsorted waste reaching the landfill started to decline gradually, but this has not resulted in significant changes in the volume of the surface water pollution. The Barycz landfill acts as a regional waste management installation. Based on the current law, the work attempts to estimate the volume of waste which may reach supposedly the third phase of the landfill at the present time. The forecasts have been made for the assumed volume of waste generated only by the inhabitants of the city of Krakow. To compare, the potential duration for filling up the Barycz municipal waste landfill has been estimated in several scenarios of land-filling taking selective waste collection, processing in an installation MBT (mechanical-biological treatment) and a ban on land-filling fractions which may be used for energy generation purposes. The forecast thickness of waste according to the assumed scenarios ranges from 3.8 m/year in the case of land-filling the entire produced waste stream to 0.3 m/year only if the mechanical-biological processing remains of mixed municipal waste reach the landfill.

Keywords: municipal waste, Barycz landfill, Kraków city, Malinówka watercourse, forecast disposal, fill-up time

Wprowadzenie

Od lat siedemdziesiątych ubiegłego stulecia tereny byłego obszaru górniczego Barycz, należące do Kopalni Wieliczka SA, wykorzystywane są do celów składowania odpadów komunalnych dla miasta Krakowa. Składowanie odpadów odbywa się w naturalnych i częściowo wywołanych poeksploatacyjnym osiadaniem terenu obniżeniach (zapadliskach), ciągnących się przeważnie wzdłuż koryta cieków Malinówka, stanowiącego lokalną bazę drenażu wód powierzchniowych i płytkich wód podziemnych (m.in. [Brudnik i in. 2006](#); [d'Obyrn i in. 2014](#)). Składowanie odpadów odbywa się tu etapowo, do dzisiaj powstały trzy etapy składowiska, różniące się morfologicznie oraz technologicznie. Obecnie dwa pierwsze etapy są już w sensie technicznym całkowicie zrehabilitowane ([Kultys i Flak 2004](#)).

Wieloletnie badania stanu chemicznego wód powierzchniowych w otoczeniu składowiska wykazują ich podwyższoną mineralizację. Na omawianym obszarze istnieją dwa potencjalne ogniska zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych. Pierwszym z nich, w ujęciu historycznym, są pozostałości po eksploatacji otworowej złoża soli kamiennej. Drugie potencjalne ognisko zanieczyszczeń środowiska wodnego na omawianym obszarze związane jest z funkcjonowaniem składowiska odpadów komunalnych, a w szczególności z I i II etapem jego działalności. W konsekwencji obserwuje się podwyższone stężenie chlorków oraz związków azotu i niektórych metali w ciekach powierzchniowych poniżej składowiska ([Czajka i Kaleta 2001](#); [Wardas i in. 2005](#); [Brudnik i in. 2006](#); [Klojzy-Karczmarczyk i in. 2012](#); [d'Obyrn i in. 2014](#)).

Eksploatacja poszczególnych etapów składowiska odpadów komunalnych w rejonie Baryczy sięga w swojej historii do pierwszej ustawy o odpadach z 1997 roku (tab. 1). Na przestrzeni lat, wprowadzanie nowych zapisów kolejnych ustaw zmieniało wymagania dotyczące budowy, eksploatacji, zamykania składowisk i monitorowania środowiska w otoczeniu obiektu oraz dopuszczania do składowania poszczególnych rodzajów odpadów. W pracy dokonano oceny wyników monitoringu jakości wód powierzchniowych w rejonie składowiska w latach 2000–2015. W oparciu o możliwe do pozyskania dane, określono także rzeczywistą wielkość składowania odpadów komunalnych na przestrzeni lat. Podjęto ponadto próbę oszacowania masy odpadów, które mogą być obecnie kierowane do składowania w III etapie składowiska, ale z uwzględnieniem najnowszych przepisów prawnych pozwalających lub zabraniających składowania poszczególnych rodzajów odpadów. Prognozy sporządzono dla założonej wielkości wytwarzania odpadów tylko przez mieszkańców miasta Krakowa.

1. Historia powstania i rozbudowy składowiska a uwarunkowania prawne

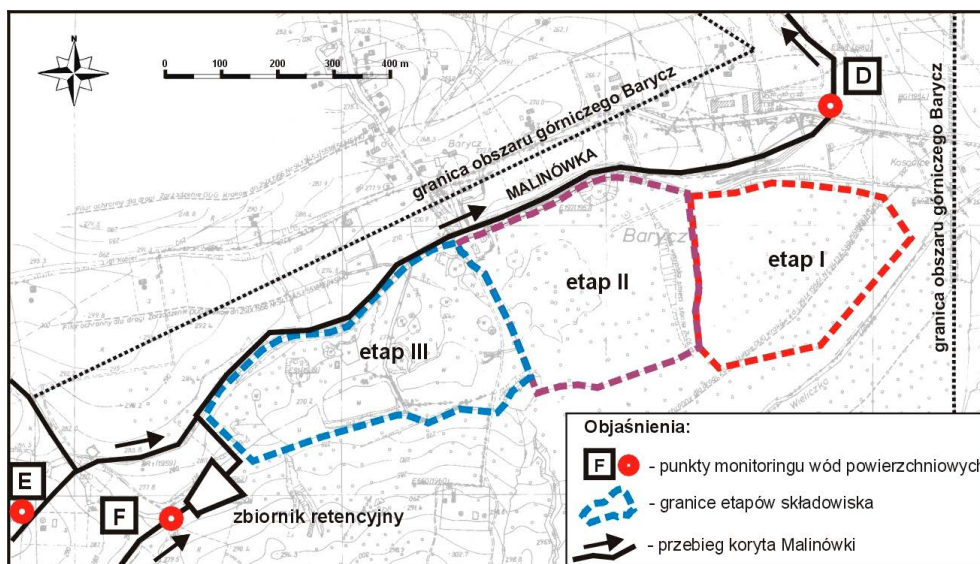
Budowa, eksploatacja, zamknięcie i monitoring poszczególnych etapów składowiska wpisuje się swoją działalnością w czasowe ramy obowiązywania wszystkich kolejnych ustaw o odpadach (tab. 1). Pierwsze, polskie regulacje prawne w zakresie gospodarki odpadami zostały zapisane ustawą o odpadach z dnia 27 czerwca 1997 roku. Wcześniejsza działalność w zakresie obiektów unieszkodliwiania odpadów prowadzona była w oparciu o ustawę o ochronie i kształtowaniu środowiska z dnia 31 stycznia 1980 roku. Szczegółowe wydzielenie gospodarki odpadami komunalnymi nastąpiło ustawą o utrzymaniu czystości i porządku w gminach z dnia 13 września 1996 roku, jednak zapisy w pierwotnej wersji tego dokumentu nie obejmowały swoim zakresem obiektów składowania. Dopiero zmiana do przedmiotowej ustawy z dnia 1 lipca 2011 roku wprowadziła zapisy, które wyraźnie wpływają na jakość, a tym samym ilość odpadów, które mogą być składowane na składowiskach odpadów komunalnych. Od 2012 roku ograniczone zostało składowanie odpadów surowcowych typu szkło, papier, tworzywa sztuczne, metale oraz odpady budowlano-remontowe ze względu na rozwój selektywnego zbierania „u źródła” oraz wprowadzone zostały ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania. Uregulowanie zagadnień w zakresie lokalizacji, monitorowania, zamykania składowisk wprowadzone zostały ustawą o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 roku, a następnie podtrzymane obecnie obowiązującą ustawą z dnia 14 grudnia 2012 roku. Szczegółowe zasady i warunki określają odpowiednie rozporządzenia, akty wykonawcze do poszczególnych ustaw (tab. 1). Masa odpadów, która może być potencjalnie kierowana do składowania, wynika niewątpliwie z wielkości wytwarzania i zbierania odpadów a ograniczana jest rozwojem selektywnego zbierania poszczególnych frakcji morfologicznych odpadów oraz wymogami w zakresie warunków granicznych parametrów stawianych dla odpadów przeznaczonych do składowania. Od początku 2016 roku wprowadzony został zakaz składowania, na składowiskach frakcji mogących być wykorzystanych w celach energetycznych i o wysokiej zawartości substancji organicznej, co skutkuje zdecydowanym dalszym ograniczeniem składowania (tab. 3, 4). Różne warianty składowania (nazwane w pracy scenariuszami) z uwzględnieniem wymagań prawnych są analizowane w kolejnych rozdziałach pracy.

TABELA 1. Budowa, eksploatacja i rekultywacja składowiska w Baryczy na tle uwarunkowań prawnych

TABLE 1. The construction, operation and reclamation of the landfill in Barycz and the applicable law

Etap	Akty prawne	Podstawowe wymagania prawne dotyczące składowania odpadów komunalnych
Etap I (obecnie zreultywowany)	–	–
	Ustawa z dnia 31 stycznia 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska (Dz.U. z 1980 r. Nr 3, poz. 6, ze zmianami)	Postępowanie z odpadami, w pierwszej kolejności gospodarcze wykorzystanie, a następnie unieszkodliwianie odpadów w miejscach wyznaczonych na ten cel w planach zagospodarowania przestrzennego, w sposób zapewniający ochronę środowiska.
Etap II (eksploatacja do końca 2004 roku, zreultywowany do końca 2006 roku)	Ustawa z dnia 27 czerwca 1997 r. o odpadach (Dz.U. z 1997 r. Nr 96, poz. 592, ze zmianami)	Decyzja o pozwoleniu na budowę składowiska; Lokalizacja składowiska odpadów w trybie przepisów o zagospodarowaniu przestrzennym; Wymagania: określenie warunków technicznych urządzenia składowiska, ustalenie sposobu eksploatacji, opracowanie instrukcji eksploatacji, określenie sposobu gospodarowania wodami odciekowymi, określenie zagospodarowania terenu składowiska, obowiązek prowadzenia badań wpływu składowiska na środowisko i zdrowie ludzi.
Etap II (eksploatacja do końca 2004 roku, zreultywowany do końca 2006 roku)	Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz.U. z 2001 r. Nr 62, poz. 628, ze zmianami)	Decyzja o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu dla składowiska odpadów; Warunki prowadzenia monitoringu składowisk: rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz.U. z 2002 r. Nr 220, poz. 1858, zmienione); Wymagania dotyczące lokalizacji i eksploatacji składowisk: 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. z 2003 r. Nr 61, poz. 549, zmienione); Instrukcja eksploatacji składowiska odpadów; Techniczny sposób zamknięcia składowiska odpadów lub jego wydzielonej części wraz z harmonogramem działań;
Etap II (eksploatacja do końca 2004 roku, zreultywowany do końca 2006 roku)		Kryteria dopuszczenia odpadów do składowania na składowisku: rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz.U. z 2013 r. poz. 38) – w zakresie odpadów komunalnych od 1 stycznia 2016 r.
Etap III (eksploatacja od 2005 roku)	Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r. poz. 21, ze zmianami)	Szczegółowe wymagania dotyczące lokalizacji, budowy i prowadzenia składowisk odpadów oraz warunków prowadzenia monitoringu składowiska: rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów (Dz.U. z 2013 r. poz. 523); Kryteria dopuszczenia odpadów do składowania: rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach (Dz.U. z 2015 r. poz. 1277).
Etap III (eksploatacja od 2005 roku)	Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. z 1996 r. Nr 132, poz. 622, ze zmianami, m.in. ustawa z dnia 1 lipca 2011 r., Dz.U. z 2011 r. Nr 152, poz. 897)	Wymagane poziomy odzysku: rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 maja 2012 r. w sprawie poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami niektórych frakcji odpadów komunalnych (Dz.U. z 2012 r. poz. 645); Ograniczenie masy składowanych odpadów ulegających biodegradacji: rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 25 maja 2012 r. w sprawie poziomów ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania oraz sposobu obliczania poziomu ograniczania masy tych odpadów (Dz.U. z 2012 r. poz. 676).

W prezentowanej pracy, jako źródło informacji dotyczących historycznych uwarunkowań budowy i eksploatacji składowiska odpadów komunalnych Barycz k. Wieliczki, wykorzystano dostępne publikacje odnoszące się do historii eksploatacji składowiska oraz wyniki własnych obserwacji i analiz, prowadzonych przez autorów w tym rejonie, w latach 2000–2015 (Czajka i Kaleta 2001; Kultys i Flak 2004; Brudnik i in. 2006, Kłojzy-Karczmarczyk i in. 2012; d’Obyrn i in. 2014). Historia eksploatacji byłego obszaru górniczego Barycz, należącego do Kopalni Wieliczka SA, w aspekcie lokalizacji miejsca do składowania odpadów komunalnych dla Krakowa sięga roku 1973. Składowanie odpadów na tym terenie odbywa się etapowo. Od początku istnienia obiektu powstały wzdłuż koryta Malinówki trzy etapy składowiska (rys. 1), różniące się morfologicznie oraz technologicznie. W pierwszej kolejności składowanie odpadów miało miejsce w części północno-wschodniej, nazywanej umownie etapem I składowiska, a obecnie etap ten jest całkowicie zrehabilitowany. W okolicach 1992 roku rozpoczęto eksploatację II etapu składowiska, która zakończyła się z końcem 2004 roku. Do końca 2006 roku teren ten również został zrehabilitowany. Równoległe z eksploatacją II etapu rozpoczęto prace przygotowawcze i budowlane dla przedłużenia składowania odpadów na terenie obszaru górniczego Barycz. Eksploatacja III etapu składowiska rozpoczęła się w roku 2005 (Kultys, Flak 2004; Brudnik i in. 2006). Cechą wspólną wszystkich etapów jest znaczne przewyższenie bryły składowiska ponad powierzchnię otaczającego terenu. Oprócz głębokiego lokowania odpadów, na każdym z etapów następowało wielokrotne nadbudowywanie warstw ponad poziom otaczającego terenu (rys. 2). Takie postępowanie zwiększało niewątpliwie pojemność składowiska, ale było również źródłem potencjalnych zagrożeń dla środowiska gruntowo-wodnego



Rys. 1. Lokalizacja etapów składowiska odpadów komunalnych w rejonie Baryczy z zaznaczeniem punktów monitoringu wód powierzchniowych (wg Brudnik i in. 2006)

Fig. 1. Location of the phase of the municipal waste landfill around Barycz indicating surface water monitoring points (according to Brudnik et al. 2006)



Rys. 2. Widok na III etap składowiska odpadów komunalnych w rejonie Baryczy (fot. J. Mazurek);
A – rok 2007, B – rok 2015

Fig. 2. View of the third phase of the municipal waste landfill around Barycz (photo by J. Mazurek);
A – 2007, B – 2015

takich jak: niestabilność skarp, wyciskanie solanki, wycieki odcieków do gruntu i wód powierzchniowych (d'Obyrn i in. 2014).

Uszczelnienie dna i skarp poszczególnych etapów jest bardzo różne. Zarówno etap pierwszy składowiska uruchomiony w połowie lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku, jak i etap II z rozpoczętą eksploatacją na początku lat dziewięćdziesiątych nie posiadały odpowiednich zabezpieczeń podłoża. Podejmowane działania ochronne dotyczyły jedynie nasadzeń zieleni izolacyjnej, wprowadzenia strefy ochronnej i częściowej rekultywacji poprzez przykrycie od góry ziemią i obsianie trawami zapelnionych kwater (Kultys i Flak 2004). Stopniowo wprowadzano częściowe odgazowanie kwater, rozpoczęto budowę systemu ujmowania odcieków i przystąpiono do prowadzenia monitoringu środowiska, wymuszonego pojawieniem się na krajowych przepisów regulujących zasady budowy, eksploatacji, monitoringu i zamykania składowisk. Zapelnianie składowiska i nowe uregulowania prawne wymusiły konieczność zamknięcia drugiego etapu i budowy nowego, zgodnie z przepisami obowiązującymi w tamtym czasie. Budowę trzeciego etapu rozpoczęto około 2003 roku. Praktycznie dopiero trzeci i obecnie eksploatowany etap (od 2005 roku), ma wykonane zgodnie z obowiązującymi wtedy przepisami i wytycznymi, odpowiednie zabezpieczenia podłoża i całą infrastrukturę towarzyszącą przewidzianą w fazie projektowania. Obecnie dwa pierwsze etapy składowiska są już w sensie technicznym całkowicie zrehabilitowane, a powstający biogaz ujmowany jest systemem studni i wykorzystywany na lokalne potrzeby instalacji pracujących na składowisku (Kultys i Flak 2004).

Trudno jest jednoznacznie ocenić wielkość i jakość oddziaływania zamkniętych etapów na środowisko gruntowo-wodne w wyniku prawdopodobnej migracji odcieków przez nieszczelne skarpy oraz podłoże składowiska. Trzeci etap składowiska stanowi najbardziej technologicznie (w porównaniu do poprzednich etapów) rozwinięty obiekt, przy którego budowie wykorzystano rozwiązania umożliwiające zabezpieczenie środowiska gruntowo-wodnego przed migracją zanieczyszczeń. W trakcie budowy tego etapu nastąpiła likwidacja stawów i zapadlisk, przełożono pierwotne koryto Malinówki (rys. 1) oraz zabezpieczono

stateczność skarp po stronie południowej składowiska, co wpłynęło pozytywnie na poprawę warunków bezpieczeństwa dla środowiska. Odcieki z rowów opaskowych kierowane są obecnie podziemną magistralą do miejskiej oczyszczalni ścieków.

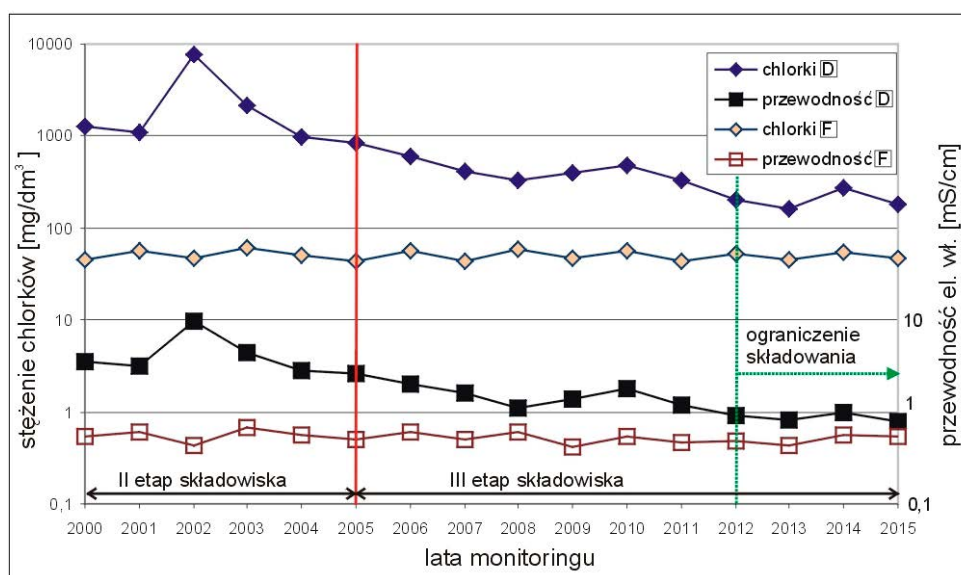
2. Wpływ składowiska na środowisko gruntowo-wodne w jego otoczeniu

Obowiązek monitoringu środowiska gruntowo-wodnego w otoczeniu składowiska, spoczywa na zarządzającym obiektem a jego zakres wynikał bezpośrednio z aktów wykonawczych do ustawy o odpadach. Rozporządzenia Ministra Środowiska z roku 2002 (Dz.U. z 2002 r. Nr 220, poz. 1858, zmienione) oraz z roku 2013 (Dz.U. z 2013 r. poz. 523) określają wąski zakres podstawowych parametrów, jakie powinny być monitorowane w wodach z otoczenia obiektu. W związku z występowaniem w omawianym rejonie złożonych zagrożeń dla środowiska, właściciel terenu Kopalnia Soli w Wieliczce, począwszy od 2000 roku prowadzi w rejonie poszczególnych etapów składowiska własny, rozszerzony monitoring środowiska gruntowo-wodnego w celu oceny zmian jego jakości w czasie oraz dla porównania jego stanu w rejonie poniżej pierwszego etapu z jego jakością powyżej trzeciego etapu składowiska (Monitoring środowiska... 2000–2015) a wykonawcą monitoringu jest Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Analiza opublikowanych prac dotyczących monitoringu jakości środowiska gruntowo-wodnego w otoczeniu składowiska odpadów w Baryczy (m.in. Brudnik i in. 2006, Kłojzy-Karczmarczyk i in. 2012, d'Obyrn i in. 2014) wskazuje, że w omawianym rejonie, badanie w wodach powierzchniowych i płytkich wodach podziemnych jedynie składników wymaganych obligatoryjnie w monitoringu składowisk odpadów komunalnych nie zawsze pozwala na jednoznaczne stwierdzenie, jaki jest wpływ składowiska na jakość środowiska gruntowo-wodnego. Z prowadzonych badań wynika potrzeba włączenia do monitoringu szeregu dodatkowych wskaźników. Dla składowiska w Baryczy z grupy parametrów obligatoryjnych ważne jest monitorowanie przewodności elektrolitycznej właściwej, jako prostego parametru dobrze charakteryzującego różnice mineralizacji wody w zlewni Malinówki powyżej i poniżej składowiska. Z kolei w omawianym rejonie wpływ zanieczyszczenia metalami jest mało widoczny. Wskazane jest natomiast włączenie do monitoringu takich parametrów nieobligatoryjnych, charakteryzujących jakość wody jak: chlorki, azot amonowy, azotany.

Charakterystyczna lokalizacja etapów składowiska na kierunku naturalnego spływu wód podziemnych i powierzchniowych (rys. 1) powoduje, że największe zagrożenie zanieczyszczeniem wód gruntowych i powierzchniowych kumuluje się poniżej pierwszego etapu składowiska (punkt D monitoringu, rys. 3). Prowadzony od 2000 roku regularny monitoring wykazuje, że w wodach cieków powierzchniowych poniżej najstarszego etapu składowiska występuje zazwyczaj podwyższenie, w stosunku do lokalnego tła, wartości niektórych parametrów uznawanych za charakterystyczne wskaźniki zanieczyszczenia wody w rejonach oddziaływania składowisk odpadów komunalnych. W punktach poniżej najstarszego etapu składowiska, w porównaniu do parametrów wody w punktach monitoringowych zlokalizowanych powyżej trzeciego etapu składowiska (punkty F, E, rys. 3), występują podwyższone, przekraczające lokalne tło hydrogeochemiczne, wartości takich parametrów jak: przewodność elektrolityczna właściwa wody, a tym samym mineralizacja, zasolenie, zawar-

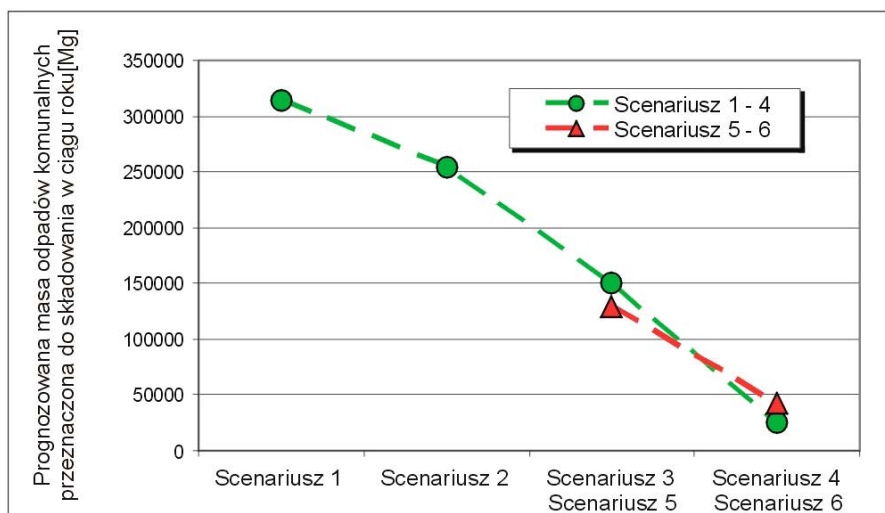
tość związków azotu czy zawiesina (Brudnik i in. 2006, Kłojzy-Karczmarczyk i in. 2012, d'Obyrn i in. 2014).

Analiza wyników wieloletnich badań prowadzi do wniosku, że zmiany tych parametrów obserwowane w punktach prowadzonego monitoringu, związane są zarówno ze zmianami reżimu hydrologicznego, jak i ze zmienną presją ze strony lokalnych źródeł zanieczyszczeń komunalnych (w tym szczególnie oddziaływaniem poszczególnych etapów składowiska). Do 2001 roku obserwowano umiarkowany poziom zanieczyszczeń (rys. 3). Od 2002 do 2005 roku trwały prace przy budowie III etapu składowiska, co skutkowało częstymi zrzutami wód z terenu budowy i zaburzeniem lokalnych warunków hydrologicznych, objawiających się szczególnie wzrostem ilości chlorków, mineralizacji ogólnej, przewodności, związków azotu i zawiesin. Po zakończeniu prac budowlanych i oddaniu do eksploatacji trzeciego etapu składowiska oraz zakończeniu rekultywacji etapów poprzednich, obserwuje się począwszy od 2005 roku, obniżenie mineralizacji i powolną stabilizację większości parametrów wody z grupy charakterystycznych wskaźników zanieczyszczeń w wodach cieków powierzchniowych. Z prowadzonych obserwacji terenowych wynika ponadto, że po 2012 roku ilość odpadów niesegregowanych, trafiających na składowisko zaczęła stopniowo maleć, co jest prawdopodobnie wynikiem ograniczenia składowania odpadów zmieszanych w wyniku wzrostu selektywnego zbierania oraz segregacji w instalacji (rys. 4).



Rys. 3. Uśrednione, roczne wartości poziomu chlorków i przewodności elektrolitycznej właściwej w wodach w potoku Malinówka, w punktach monitoringu poniżej I etapu składowiska (D) oraz powyżej III etapu składowiska w Baryczy (F) (na podstawie Brudnik i in. 2006; Kłojzy-Karczmarczyk i in. 2012; d'Obyrn i in. 2014; badania własne IGSMiE PAN 2000–2015)

Fig. 3. The mean annual level of chlorides and conductivity of water in the Malinówka stream at monitoring points downstream from the I phase of the landfill (D) and upstream from the III stage of the Barycz landfill (F) (based on Brudnik et al. 2006; Kłojzy-Karczmarczyk et al. 2012; d'Obyrn et al. 2014; own research MEERI PAS 2000–2015)



Rys. 4. Prognozowana masa odpadów kierowana do składowania na składowisku w Baryczy w zależności od przyjętego scenariusza

Fig. 4. Forecasted mass of waste directed for disposal in the Barycz landfill depending on the scenario

Zmniejszenie ilości odpadów oraz rozpoczęty proces rekultywacji trzeciego etapu składowiska nie spowodowały jednak dalszego istotnego zmniejszenia poziomu zanieczyszczeń w wodach Malinówki. Najprawdopodobniej przyczyną tego jest stały dopływ zanieczyszczonych wód (odcieków) z pierwszych etapów składowania, które nigdy nie posiadały uszczelnienia podłoża. Wykonana tam rekultywacja mogła jedynie częściowo odciąć dopływ wód opadowych do zreultywowanych kwater. Jak wykazują badania innych autorów (m.in. Rosik-Dulewska i Karwaczyńska 2010; Nowakowska 2010) zreultywowane kwatery składowisk odpadów komunalnych nawet po kilkunastu latach od zamknięcia obiektu mogą stanowić istotne źródło zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych, zwłaszcza w strefach intensywnego zasilania i drenażu cieków powierzchniowych. W efekcie w dolnym odcinku Malinówki na skutek drenażu, woda posiada wyraźnie wyższą mineralizację (w tym zawartość chlorków) niż na odcinku powyżej składowiska (Brudnik i in. 2006, Kłojzy-Karczmarczyk i in. 2012, d’Obym i in. 2014). Średnie roczne wartości charakterystycznych parametrów zanieczyszczeń, jakimi są chlorki i przewodność elektrolityczna właściwa wody, w wybranych punktach monitoringu prowadzonego w latach 2000–2015, przedstawiono na rysunku 3.

3. Masa odpadów składowana oraz prognozowane masy możliwe do składowania

Składowisko odpadów komunalnych Barycz od lipca 2012 roku jest instalacją regionalną dla Regionu Zachodniego gospodarki odpadami województwa małopolskiego (Uchwała Nr XXV/398/12..., <https://www.malopolskie.pl>, <https://www.mpo.krakow.pl>). Składowisko

to jest przeznaczone do składowania odpadów komunalnych przetworzonych, pochodzących głównie z Krakowa, Wieliczki, gmin powiatu krakowskiego ale także innych powiatów regionu. Zgodnie z tą samą uchwałą w okolicy przedmiotowego składowiska została wyznaczona kolejna instalacja regionalna służąca do mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych (instalacja MBP), co stwarza korzystne warunki do prowadzenia sortowania i przetwarzania w warunkach biologicznych odpadów pierwotnie zebranych jako zmieszane. Dostępne są pojedyncze dane dotyczące rzeczywistej wielkości składowania z lat 2005–2007, a zamieszczone w Planie Gospodarki Odpadami dla Miasta Krakowa – plan na lata 2008–2011 oraz perspektywa na lata 2012–2015 (<https://www.bip.krakow.pl>). Zgodnie z cytowanym powyżej opracowaniem planistycznym, na składowisku zdeponowano: w 2005 roku – 168 500 Mg, w 2006 roku – 193 300 Mg oraz w 2007 roku – 210 800 Mg odpadów komunalnych. Brak jest opublikowanych danych dotyczących wielkości składowania na składowisku w Baryczy od 2012 roku, czyli po wprowadzeniu zmian ustawowych narzucających obowiązek selektywnego zbierania u „źródła”. Dostępne są jednak dane, podawane w Analizie stanu gospodarki odpadami komunalnymi w gminie miejskiej Kraków w 2014 roku (<https://www.bip.krakow.pl>), które pokazują, że ze 104 954 Mg odpadów zebranych w sposób zmieszany, a skierowanych do instalacji MBP Barycz w 2014 roku, do składowania przekazano 17 886 Mg pozostałości po przetworzeniu, co stanowi zaledwie kilkanaście procent. Takie dane wskazują na znaczące ograniczenie składowania w ostatnich latach.

Na podstawie obecnych zapisów prawnych, w pracy podjęto próbę szacowania masy odpadów, które mogą być obecnie, hipotetycznie kierowane do składowania w III etapie składowiska. Prognozy sporządzono dla założonej wielkości wytwarzania odpadów jedynie przez mieszkańców miasta Krakowa. Potencjalną szybkość zapełniania składowiska w Baryczy odpadami szacowano dla kilku scenariuszy składowania z uwzględnieniem selektywnego zbierania, przetwarzania w instalacji MBP oraz zakazu składowania frakcji mogących być wykorzystanych w celach energetycznych. Prognozę wytwarzania odpadów komunalnych przez mieszkańców miasta Krakowa opracowano zgodnie z przyjętą analizą morfologiczną i na podstawie wskaźników wytwarzania odpadów dla województwa małopolskiego, ujętych w Planie Gospodarki Odpadami Województwa Małopolskiego z 2012 roku (*Uchwała Nr XXV/397/12*, <http://www.malopolska.pl>). Wielkość wytwarzania opracowano zatem dla obszaru zamieszkałego przez 760 000 mieszkańców (dane GUS, stan na 31.12.2015; <http://www.stat.gov.pl>). Prognozowana masa wszystkich wytworzonych odpadów kształtuje się w granicach 314 400 Mg w 2015 roku i 330 260 Mg w 2020 roku. W składzie morfologicznym wytworzonych odpadów komunalnych dla miasta Krakowa dominują odpady kuchenne i ogrodowe, będące głównym składnikiem strumienia odpadów kierowanego do produkcji stabilizatu (tab. 2).

Potencjalna szybkość zapełniania składowiska odpadów komunalnych Barycz odpadami pochodzącymi tylko z miasta Krakowa zależy będzie od rodzaju i ilości odpadów kierowanych do składowania. W celach porównawczych zestawiono kilka scenariuszy składowania odpadów w zależności od uwzględnienia, bądź też nie, wymogów prawnych (tab. 3) i prognozowaną szybkość przyrastania miąższości odpadów na składowisku o powierzchni 11 ha (tab. 4). W analizie założono, że masa odpadów zebrana w sposób zmieszany (po wydzielaniu odpadów surowcowych selektywnie zebranych zgodnie z wymaganymi poziomami rocznymi oraz odpadów niebezpiecznych, zielonych, wielkogabarytowych oraz budowlano-

TABELA 2. Szacowana masa odpadów wytwarzana w instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania na podstawie odpadów wytwarzanych przez mieszkańców miasta Krakowa

TABLE 2. Estimated volume of waste produced in mechanical-biological treatment plants based on generation by Kraków inhabitants

Rodzaj odpadu (frakcje morfologiczne)	Wytwarzanie rok 2015	Rok 2015		Rok 2020			
		zmieszane kierowane do MBP	frakcja		zmieszane kierowane do MBP	frakcja	
			0-20 mm*	20-80 mm*		0-20 mm*	20-80 mm*
masa odpadów [Mg]							
Papier i tektura	59 736	50 178	5 018	15 053	31 375	3 137	9 412
Szkló	31 440	26 410	1 320	3 961	16 513	826	2 477
Metale	8 174	6 866	137	343	4 293	86	215
Tworzywa sztuczne	47 160	39 614	792	1 981	24 770	495	1 238
Odpady wielomateriałowe	7 860	7 860	786	2 358	8 257	826	2 477
Odpady kuchenne i ogrodowe	90 861	90 861	22 715	68 146	95 445	23 861	71 584
Odpady mineralne	10 061	10 061	5 030	5 030	10 568	5 284	5 284
Frakcja < 10 mm	14 148	14 148	14 148	0	14 862	14 862	0
Tekstyliá	7 231	7 231	362	3 254	7 596	380	3 418
Drewno	629	629	31	283	661	33	297
Odpady niebezpieczne	2 515	0	0	0	0	0	0
Inne kategorie	10 061	0	0	0	0	0	0
Odpady wielkogabarytowe	7 860	0	0	0	0	0	0
Odpady z pielęgnacji gminnych terenów zielonych	16 663	0	0	0	0	0	0
Razem	314 399	253 859	50 341	100 410	214 339	49 790	96 403
Po wydzieleniu frakcji uznanych za energetyczne			16 391	9 335		16 599	7 976
(1) Przed wprowadzeniem Dz.U. z 2015 r. poz. 1277			150 751			146 193	
Udział procentowy [%] – dotyczy (1)			59,4			68,2	
(2) Po wprowadzeniu zapisów Dz.U. z 2015 r. poz. 1277			25 727			24 575	
Udział procentowy [%] – dotyczy (2)			10,1			11,5	

* Udziały morfologiczne i procentowe rodzajów odpadów we frakcji 0-20 mm i 20-80 mm oraz wydzielone pozostałe >80 mm opracowano na podstawie analiz własnych autorów (wg Kłójzy-Karczmarczyk i in. 2015).

TABELA 3. Scenariusze składowania przyjęte do szacowania miąższości warstwy składowanych odpadów na składowisku w Baryczy

TABLE 3. Scenarios of land-filling adopted for estimating the increasing thickness of the layers of the deposited waste in the Barycz landfill

Scenariusz składowania	Charakterystyka strumienia przeznaczonego do składowania
Scenariusz 1	Zakłada się składowanie całego strumienia wytworzonych odpadów komunalnych przez mieszkańców miasta Krakowa
Scenariusz 2	Zakłada się składowanie odpadów komunalnych zebranych w sposób zmieszany tj. pomniejszych o masy selektywnie zebranych frakcji typu szkło, papier, tworzywa sztuczne, metale (zgodnie z Dz.U. z 2012 r. poz. 645) oraz w całości pomniejszone o odpady niebezpieczne, wielkogabarytowe, odpady zielone oraz inne kategorie; wielkość zgodna z masą kierowaną do instalacji MBP
Scenariusz 3	Zakłada się składowanie odpadów komunalnych zebranych w sposób zmieszany i powstałych w wyniku przetwarzania w instalacji MBP o frakcji 0–80 mm; masa odpadów pomniejszona o wydzielone frakcje >80 mm (frakcja przeznaczona do odzysku surowcowego)
Scenariusz 4	Zakłada się składowanie odpadów komunalnych zebranych w sposób zmieszany i powstałych w wyniku przetwarzania w instalacji MBP o frakcji 0–80 mm i równocześnie po wydzieleniu frakcji, których składowanie zostało ograniczone z względu na wysokie ciepło spalania (zgodnie z Dz.U. z 2015 r. poz. 1277)
Scenariusz 5	Zakłada się składowanie materiału przeznaczonego do produkcji stabilizatu; masa szacowana z uwzględnieniem wskaźnika 51% (wg Kłojzy-Karczmarczyk i in. 2015)
Scenariusz 6	Zakłada się składowanie pozostałości po wydzieleniu frakcji przeznaczonych do produkcji RDF; masa szacowana z uwzględnieniem wskaźnika 83% (wg Kłojzy-Karczmarczyk i in. 2015)

TABELA 4. Prognozowanie miąższości warstwy składowanych odpadów na składowisku w Baryczy, zależnie od przyjętego scenariusza

TABLE 4. Forecasted thickness of the layers of deposited municipal waste in the Barycz landfill, depending on the scenario

Wyszczególnienie		Prognozowane scenariusze składowania					
		1	2	3	4	5	6
Odpady kierowane do składowania	Mg/rok	314 399	253 859	150 751	25 727	129 468	43 156
	m ³ /rok	419 199	338 479	201 001	34 303	172 624	57 541
Miąższość składowych odpadów	m/rok	3,8	3,1	1,8	0,3	1,6	0,5

Założenia: wytwarzanie odpadów przez mieszkańców Krakowa (760 000 osób); powierzchnia składowiska III etapu 11 ha; ciężar objętościowy 0,75 Mg/m³.

-remontowych) rozdzielana będzie na frakcję podsitową (0–80 mm) oraz frakcję nadsitową (>80 mm) (Szpadt 2008). Zakłada się, że frakcja nadsitowa będzie w całości przeznaczona do odzysku surowcowego. Do składowania w scenariuszu 3 przeznaczona zostanie frakcja podsitowa: odpady wielomateriałowe, odpady kuchenne i ogrodowe, tekstylia, drewno, odpady mineralne, odpady frakcji <10 mm oraz drobne frakcje szkła, papieru i tektury, metali kolorowych i tworzyw sztucznych w różnych proporcjach (tab. 2). Do składowania w scenariuszu 4 zostaną przeznaczone odpady po wydzieleniu frakcji uznanych za energetyczne, dla których od początku roku 2016 wprowadzono zakaz składowania (m.in. wymagane ciepło spalania odpadów <6 MJ/kg s.m.). Na podstawie badań SOCOTEC – Analiza wartości opałowej odpadów komunalnych, warunki dopuszczania odpadów do składowania mogą spełniać jedynie takie odpady jak szkło, metale, odpady mineralne oraz 70% frakcji <10 mm (Szpadt 2008).

Całkowita powierzchnia III etapu składowiska wynosi 11 ha i taką też powierzchnię założono do analizy prognozowanego tempa przyrostu wysokości bryły odpadów w zależności od przyjętego scenariusza składowania. Pojemność etapu składowiska wynosiła pierwotnie około 2 mln m³. Obecnie składowisko jest nadpoziomowe, a jego eksploatacja planowana była do rzędnej 295 m n.p.m. (Projekt Miejscowego Planu... 2006; <http://www.bip.krakow.pl>). Prognozowaną masę przeznaczoną do składowania oraz przyrost miąższości odpadów komunalnych w III etapie składowiska w Baryczy zestawiono w tabeli 4 oraz na rysunku 3. Prognozowana masa odpadów kierowana do składowania zmienia się w bardzo szerokich granicach w skali roku od nieco ponad 300 000 Mg do około 26 000 Mg. Należy podkreślić, że ze względu na obecne wymogi prawne, najbardziej prawidłowym scenariuszem składowania jest scenariusz 4 oraz 6, w których wydzielane są frakcje o wysokich wartościach ciepła spalania. Scenariusze 5 oraz 6 zostały przeanalizowane z uwzględnieniem wskaźników wypracowanych przez autorów we wcześniejszej pracy, dotyczącej masy odpadów kierowanych do produkcji stabilizatu oraz paliwa RDF w instalacji MBP (Kłojzy-Karczmarczyk i in. 2015) i są zbliżone do scenariuszy 3 oraz 4 zarówno pod względem zastosowanej metodyki jak i uzyskanych wyników (rys. 4). Scenariusze składowania 2, 3 oraz 5 mogą symulować masę odpadów składowanych zgodnie z wymaganiami prawnymi wprowadzonymi od 2012 roku (Kłojzy-Karczmarczyk i Staszczak 2013). Scenariusze 4 oraz 6 mogą natomiast wskazywać na wielkość składowania po uwzględnieniu ograniczeń składowania wprowadzonych od 2016 roku.

Podsumowanie i wnioski

Budowa, eksploatacja, zamknięcie i monitoring poszczególnych etapów składowiska odpadów komunalnych w rejonie Baryczy wpisują się w czasowe ramy obowiązywania wszystkich kolejnych ustaw o odpadach wprowadzonych w Polsce, począwszy od pierwszej ustawy z 1997 roku aż do ustawy z 2012 roku. Składowanie odpadów odbywa się tu etapowo i do dzisiaj powstały trzy etapy składowiska, różniące się morfologicznie oraz technologicznie. Trudnym zagadnieniem jest jednoznaczna ocena oddziaływania tych etapów na środowisko gruntowo-wodne. Analiza wyników prowadzi do wniosku stwierdzającego, że po zakończeniu prac budowlanych i oddaniu do eksploatacji III etapu składowiska oraz zakończeniu rekultywacji etapów poprzednich, obserwuje się powolną stabilizację więk-

szości parametrów wody z grupy charakterystycznych wskaźników zanieczyszczeń wód powierzchniowych.

Składowisko odpadów komunalnych w Baryczy pełni rolę instalacji regionalnej gospodarki odpadami. W latach 2005–2007 składowanie odpadów na tym obiekcie kształtowało się na poziomie 160 000–200 000 Mg rocznie. Takie wartości uzyskano przy zastosowaniu proponowanej metodyki prognozowania wielkości składowania dla dwóch scenariuszy (2 i 3), przy czym należy podkreślić, że prognozy te opierały się na wielkości wytwarzania odpadów, a nie ich zbierania, jak w rzeczywistym przypadku. W związku ze zmianami uwarunkowań prawnych gospodarki odpadami w ostatnich latach oraz wzrostu znaczenia działań ekologicznych, ilość odpadów kierowana do składowania niewątpliwie maleje. Prognozy sporządzone na podstawie wytwarzania odpadów przez mieszkańców Krakowa oraz przyjęte założenia i narzucone wymagania prawne pokazują, że przewidywana miąższość składowanych odpadów w skali roku zmienia się w szerokich granicach od 3,8 m (w przypadku składowania całego strumienia wytworzonych odpadów) do 0,3 m (w przypadku kierowania do składowania jedynie pozostałości po mechaniczno-biologicznym przetwarzaniu odpadów i wydzieleniu frakcji dających się wykorzystać surowcowo i energetycznie, co jest celowym działaniem). Jak pokazują sporządzone prognozy, przy uwzględnieniu wszelkich wymogów prawnych, proces składowania na składowisku odpadów komunalnych w kolejnych latach będzie zjawiskiem marginalnym.

Zmniejszająca się ilość odpadów niesegregowanych od 2012 roku, kierowana do składowania, jest prawdopodobnie wynikiem wzrostu selektywnego zbierania oraz segregacji prowadzonej w instalacji. Zmniejszenie ilości składowanych odpadów nie spowodowało jednak w tym przypadku istotnego zmniejszenia poziomu zanieczyszczeń w wodach Malinówki. Najprawdopodobniej przyczyną tego jest oddziaływanie pozostałości po historycznej eksploatacji soli i/lub oddziaływanie zrehabilitowanych etapów składowiska, gdzie jak podaje literatura, nawet po kilkunastu latach od zamknięcia takiego obiektu mogą one stanowić istotne źródło zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych. Należy oczekiwać, że nawet po zaprzestaniu składowania odpadów na składowisku odpadów komunalnych zanieczyszczenie będzie widoczne jeszcze przez jakiś czas, co uzasadnia konieczność prowadzenia badań monitoringowych.

Praca zrealizowana w ramach badań statutowych IGSMiE PAN.

Literatura

- Analiza stanu gospodarki odpadami komunalnymi w gminie miejskiej Kraków w 2014 roku. [Online] Dostępne w: <http://www.bip.krakow.pl> [Dostęp: 10.02.2016].
- Brudnik i in. 2006 – Brudnik, K., Kłojzy-Karczmarczyk, B. i Mazurek, J. 2006 – Środowisko gruntowo-wodne w rejonie składowiska odpadów komunalnych na obszarze historycznej eksploatacji złoża soli kamiennej „Barycz”. Wyd. IGSMiE PAN, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 22, z. spec. 3, s. 31–42.
- Czajka, K. i Kaleta, R. 2001 – Wybrane zagadnienia monitoringu środowiska Obszaru Górniczego „Barycz” i składowiska odpadów komunalnych Barycz w Krakowie. *Materiały sympozjum nt. „Zagrożenia naturalnych w górnictwie”*. 29 maja–1 czerwiec 2001, Wieliczka.
- d’Obyrn i in. 2014 – d’Obyrn, K., Kłojzy-Karczmarczyk, B. i Mazurek, J. 2014. An analysis of the impact of a liquidated salt mine and an municipal landfill on the quality of the Malinówka stream water in the for-

- mer Barycz mining area. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* vol. 22, issue 4, s. 113–132.
- Informacje demograficzne GUS, stan na 31.12.2015. [Online] Dostępne w: <http://www.stat.gov.pl> [Dostęp: 10.02.2016].
- Klojzy-Karczmarczyk i in. 2015 – Klojzy-Karczmarczyk, B., Makoudi, S. i Staszczak, S. 2015. Szacowanie masy odpadów kierowanych do przetwarzania w części biologicznej instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania (MBP), *Rocznik Ochrony Środowiska (Annual Set The Environment Protection)* t. 17, s. 1162–1177.
- Klojzy-Karczmarczyk i in. 2012 – Klojzy-Karczmarczyk, B., d'Obyrn K. i Mazurek, J. 2012 – Analysis of Long-Term Changes in Water Chemistry of the Malinówka Stream in the Region of Potential Municipal Landfill Impact on Barycz Salt Deposit Post-Mining Sites. *Polish Journal of Environmental Studies*, Wyd. HARD Publishing Company, Olsztyn, Poland, Vol. 21, No. 5A, s. 180–185.
- Klojzy-Karczmarczyk, B. i Staszczak, J. 2013. Ograniczenie składowania w wyniku segregacji i selektywnego wybierania frakcji suchej odpadów komunalnych. *Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN* Nr 84, s. 75–87.
- Kultys, H. i Flak, K. 2004. Doświadczenia wynikające z eksploatacji składowiska Barycz w Krakowie, materiały Polsko-niemieckiego seminarium pt. „Nowoczesna gospodarka odpadami komunalnymi” IETU Katowice, 23–24 marzec 2004 r. [Online] Dostępne w: <http://www.ietu.katowice.pl> [Dostęp: 10.02.2016].
- Materiały SOCOTEC – Analiza wartości opałowej odpadów komunalnych. *Studium Wykonalności dla Projektu: System zagospodarowania odpadów komunalnych w Olsztynie. Budowa Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów, Warszawa, sierpień 2008 r. Socotec Polska Sp. z o.o.*
- Monitoring środowiska gruntowo-wodnego w rejonie III etapu składowiska Barycz w Krakowie, lata 2000–2015.* IGSMiE PAN Kraków (praca niepublikowana, Archiwum Kopalni Soli Wieliczka).
- Nowakowska, M. 2010. Wpływ wód powierzchniowych na zanieczyszczenie wód podziemnych w rejonie nieczynnego składowiska odpadów komunalnych w Sierakowie. *Materiały z XIII konferencji „ODRA 2010”*, Kudowa-Zdrój 23–26 maja 2010 r. s. 87–99.
- Plan Gospodarki Odpadami dla miasta Krakowa – plan na lata 2008–2011 oraz perspektywa na lata 2012–2015* (dokument archiwalny). [Online] Dostępne w: <http://www.bip.krakow.pl> [Dostęp: 10.02.2016].
- Projekt miejscowego Planu zagospodarowania przestrzennego obszaru „Barycz” w Krakowie, prognoza oddziaływania miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego na środowisko.* [Online] Dostępne w: www.bip.krakow.pl [Dostęp: 10.02.2016].
- Rosik-Dulewska, C. i Karwaczyńska, U. 2010. Wpływ lokalnych punktowych źródeł zanieczyszczeń na stan i jakość wód podziemnych. *Prace i Studia Geograficzne*, t. 44, Opole, s. 217–232.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach (Dz.U. z 2015 r. poz. 1277).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 maja 2012 r. w sprawie poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami niektórych frakcji odpadów komunalnych (Dz.U. z 2012 r. poz. 645).
- Szpadt, R. 2008. Wytyczne dotyczące wymagań dla procesów kompostowania, fermentacji i mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (według stanu prawnego na dzień 15 grudnia 2008 r.), Ministerstwo Środowiska, 2008. [Online] Dostępne w: <http://www.mos.gov.pl> [Dostęp: 10.02.2016].
- Uchwała Nr XXV/397/12 Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 2 lipca 2012 r. w sprawie *Planu Gospodarki Odpadami Województwa Małopolskiego*. [Online] Dostępne w: <http://www.malopolska.pl> [Dostęp: 10.02.2016].
- Uchwała Nr XXV/398/12 Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 2 lipca 2012 r. w sprawie wykonania *Planu Gospodarki Odpadami Województwa Małopolskiego*. [Online] Dostępne w: <http://www.malopolska.pl>, <http://www.mpo.krakow.pl> [Dostęp: 10.02.2016].
- Ustawa z dnia 1 lipca 2011 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. z 2011 r. Nr 152, poz. 897).
- Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. z 1996 r. Nr 132, poz. 622, ze zmianami).
- Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r. poz. 21, ze zmianami).
- Ustawa z dnia 27 czerwca 1997r. o odpadach (Dz.U. z 1997r. Nr 96, poz. 592, ze zmianami).
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz.U. z 2001 r. Nr 62, poz. 628, ze zmianami).
- Ustawa z dnia 31 stycznia 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska (Dz.U. z 1980 r. Nr 3, poz. 6, ze zmianami).
- Wardas i in. 2005 – Wardas, M., Budek, L., Kijas, A. i Rembalska, R. 2005. Wpływ powodzi z 1997 roku na rozprzestrzenienie metali ciężkich w środowisku wód potoku Malinówka, w rejonie wysypiska odpadów komunalnych w Baryczy koło Krakowa. *Inżynieria Środowiska* t. 10, z. 1.

