

*Kajetan d'Obyrn, Weronika Wójcik\**

## OPTYMALNE ROZWIĄZANIA REKULTYWACJI TERENÓW NA WYBRANYCH PRZYKŁADACH

**Z a r y s t r e ś c i.** W procesie zamknięcia składowiska odpadów wykonuje się prace rekultywacyjne w sposób zabezpieczający przed jego szkodliwym oddziaływaniem na wody powierzchniowe, podziemne, powietrze, integrujący obszar składowiska odpadów ze środowiskiem oraz umożliwiający obserwację wpływu składowiska odpadów na środowisko. Podobne działania niezbędne są do podjęcia w kierunku rekultywacji obszarów objętych eksploatacją górnictw. W artykule podejmuje się problem rekultywacji terenów, na przykładzie krakowskiego składowiska odpadów, bezpośrednio powiązanego z eksploatacją otworowej kopalni soli „Barycz”.

**S ł o w a k l u c z o w e:** rekultywacja terenu, składowisko „Barycz”, otworowa kopalnia „Barycz”.

**K l a s y f i k a c j a J E L:** Q53, Q56, Q58.

### WSTĘP

Podejmowanie działań w kierunku rekultywacji terenów obejmuje szereg procesów przygotowawczych, umożliwiających przeprowadzenie procesów rekultywacji w taki sposób, aby zminimalizować potencjalne negatywne oddziaływanie na środowiska. W procesie zamknięcia składowiska odpadów lub jego części wykonuje się prace rekultywacyjne w sposób zabezpieczający składowisko odpadów przed jego szkodliwym oddziaływaniem na wody powierzchniowe i podziemne oraz powietrze, integrujący obszar składowi-

---

\* Adres do korespondencji: Kajetan d'Obyrn, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii Środowiska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, e-mail: [do-byrn@pk.edu.pl](mailto:do-byrn@pk.edu.pl)

ska odpadów z otaczającym środowiskiem oraz umożliwiającą obserwację wpływu składowiska odpadów na środowisko.

W artykule podejmuje się problem rekultywacji terenów, na przykładzie krakowskiego składowiska odpadów, bezpośrednio powiązanego z eksploatacją otworowej kopalni soli „Barycz”. Jest to charakterystyczny obszar, powiązany z kopalnią soli, a opisany problem pokazuje, iż nie każde składowisko podlega tylko i wyłącznie standardowym procesom związanym z rekultywacją terenów. W przypadku „Baryczy”, budowa składowiska odpadów miała stanowić początkowo kierunek rekultywacji obszarów powstałych po eksploatacji kopalni soli. W późniejszym etapie działalności powstałe składowisko odpadów wymagało (oraz wymaga do dziś) prac rekultywacyjnych. W artykule przedstawiono również szkody i zagrożenia związane z prowadzoną na tym obszarze działalnością.

### 1. DEFINICJA REKULTYWACJI

Proces rekultywacji składowisk odpadów to przywracanie lub nadawanie nowych wartości użytkowych gruntu poprzez właściwe ukształtowanie terenu, poprawienie właściwości chemicznych i fizycznych, odtwarzanie gleby oraz uregulowanie właściwych stosunków wodnych z wykorzystaniem metod technicznych, biologicznych oraz zabiegów zmierzających do optymalnego zagospodarowania docelowego terenu.

Proces rekultywacji składowiska odpadów traktowany jest, jako końcowy etap jego eksploatacji. W związku z powyższym do jego przeprowadzenia, na własny koszt zobligowany jest zarządca składowiska. Musi go zakończyć w okresie 5 lat od daty zaprzestania eksploatacji części składowiska lub jego całości.

### 2. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU „BARYCZ”

Funkcja całego obszaru Barycz, została w ciągu minionych 80 lat zdominowana przez dwa przedsięwzięcia. Pierwszym było wydobycie soli kamiennej metodą podziemnego ługowania, co stanowiło zadanie kopalni otworowej. Drugie przedsięwzięcie podjęte na tym obszarze wynikało bezpośrednio z pierwszego i było realizowane od 1974 roku jako forma rekultywacji zdegradowanego terenu górniczego poprzez składowanie odpadów komunalnych pochodzących z Krakowa i okolic. Składowisko zostało zlokalizowane w zapadliskach, będących konsekwencją deformacji powierzchni terenu, spowodowanych zapadaniem się komór ługowniczych wyeksploatowanych w złożu soli kamiennej. Zarówno eksploatacja złóż soli jak i składowanie odpadów prowadzone były na znaczną skalę. Spowodowało to sze-

reg niekorzystnych zmian w środowisku wodnym, gruntowym i atmosferycznym, których konsekwencje będą odczuwalne jeszcze co najmniej kilkadziesiąt lat. Stąd też konieczne jest sukcesywne wdrażanie przedsięwzięć ochronnych, celem zminimalizowania lub zlikwidowania skutków tych działań. Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego określił dla Obszaru Barycz dwa wiodące kierunki zagospodarowania – przyrodniczy i leśny wraz z wprowadzeniem usług komercyjnych (Dielh, 2006).

### 3. OTWOROWA KOPALNIA SOLI „BARYCZ”

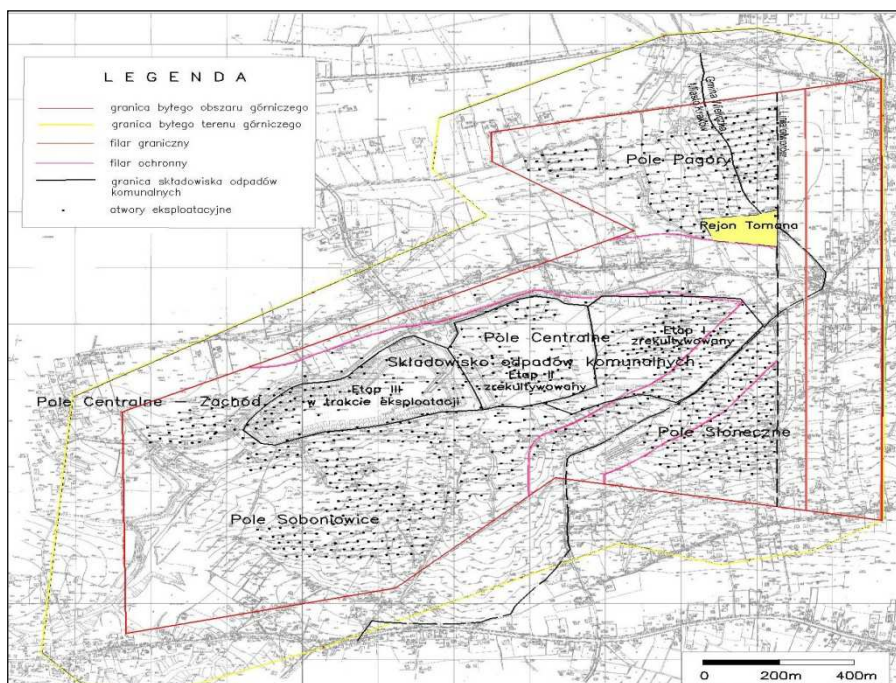
Zachodnim przedłużeniem złoża „Wieliczka” jest złoże „Barycz”. Jest to złoże pokładowe o średniej miąższości około 20 m, w którym ilość pokładów występujących na głębokościach od 180 do 350 m, wahała się od 1 do 7. Eksploatacja złoża, zapoczątkowana została w 1924 roku i prowadzona była otworowo metodą ługowania soli bez ochrony stropu. Dla tych celów utworzone zostały obszar górniczy o powierzchni 223 058 m<sup>2</sup> i teren górniczy o powierzchni 329 208 m<sup>2</sup>. Łączna ilość wykonanych otworów osiągnęła liczbę 1 024, w tym 980 otworów eksploatacyjnych i 44 badawczych.

Obszar złoża (kopalni) został podzielony na cztery pola (rys. 1) – rozpoznawane i eksploatowane w różnych okresach. Były to pola:

- Centralne, najstarsze, zajmujące środkową część obszaru kopalni,
- Słoneczne, zlokalizowane w południowo – wschodniej części złoża,
- Soboniowice, położone na południe od pola Centralnego,
- Pagory, zlokalizowane, pomiędzy ulicami Barycką i Krzemieniecką, w którego południowo-wschodniej części, wydzielono rejon Tomana.

Pozyskiwaną solankę transportowano do Krakowskich Zakładów Sodyowych, a w ostatnich latach eksploatacji do warzelni przy kopalni Wieliczka. Jeszcze w 1995 roku wydobyte wynosiło 84,0 Mg, a w 1996 roku – 49,0 Mg. Właścicielem złoża była „Kopalnia Soli Wieliczka”, która posiadała koncesję na jego eksploatację do 1999 roku. Koncesja została wygaszona decyzją Ministra Środowiska z dnia 27.04.2001 roku.

W ciągu ponad 75 lat eksploatacji kopalni Barycz, złożu powstały odosobnione komory (pustki) poeksploatacyjne, oraz zespoły połączonych ze sobą hydraulicznie komór. Efektem eksploatacji bez ochrony stropu (powierzchni terenu) były deformacje powierzchni w postaci zapadlisk i osiadań. W okresie eksploatacji zanotowano 41 zapadlisk w tym: 32 w polu Centralnym, 5 w polu Słonecznym, 2 w polu Pagory, 2 poza granicami terenu górniczego.



Rysunek 1. Mapa poglądowa Otworowej Kopalni Soli „Barycz”

Źródło: opracowanie własne.

#### 4. OTWOROWA KOPALNIA SOLI „BARYCZ”

Większość zapadlisk została zlikwidowana poprzez zasypianie lub wypełniona odpadami komunalnymi składowanymi w polu Centralnym. Składowanie odpadów, wskutek dociążenia powierzchni, spowodowało zwiększenie tempa procesów osiadania. Obniżenia będące skutkiem otworowej eksploatacji soli oraz dociążeniem powierzchni lokalnie dochodzą do 19,0 m w porównaniu do pierwotnej rzędnej terenu. Przykładowa, obserwowana prędkość obniżeń w latach 1953–1976 wynosiła: w polu Centralnym – 0,39 m/rok, w polu Sobonowice – 0,09 m/rok, w polu Pagory – 0,48 m/rok (d’Obyrn, 2010).

Projekt likwidacji kopalni Barycz dotyczy przede wszystkim likwidacji otworów wytypowanych komór oraz infrastruktury powierzchniowej (Langer, 2007). Wynikiem przeprowadzonych działań będzie ograniczenie i zabezpieczenie deformacji powierzchni terenu. Likwidacja kopalni otworowej obejmuje:

- likwidację otworów, z których kilkanaście pozostanie, jako otwory odprężające i piezometryczne,
- likwidację komór (pustek), poprzez ich podsadzanie piaskiem. W polu Pagory zakończono w 2011 roku podsadzenie ostatnich 16 komór o objętości 122 tys. m<sup>3</sup>. Skuteczność podsadzania, określana jako % wypełnienia pustki uznawana jest jako wystarczająca przy 70% wypełnieniu. Ta wielkość wypełnienia komory oznacza wystarczającą minimalizację zagrożenia powierzchni deformacjami nieciągłymi (zapadliskami),
- likwidację powierzchniowej infrastruktury i urządzeń technicznych, służących do wydobywania, przesyłania i magazynowania solanki,
- likwidację zapadlisk powierzchniowych w obrębie terenów poeksploatacyjnych, na całym terenie górniczym,
- sukcesywne monitorowanie przebiegu procesów zachodzących w górotworze i w środowisku.

Z oceny, której źródłem są przeprowadzone prognozy wynika, że zakończenie procesów osiadania, może trwać jeszcze około 40–150 lat, ale będzie przebiegać z niewielką i malejącą prędkością (Mazurek, 2007). Rejony, których przebiegać mogą resztkowe deformacje górotworu, nie wywołujące jednak zmian lub szkód na powierzchni obejmują:

- północno-zachodnią część terenu III etapu składowiska Barycz,
- północno-wschodnią część pola Pagory,
- północną i środkową część pola Soboniowice, z wyjątkiem strefy przylegającej do granicy III etapu składowiska.

Natomiast za rejony, w których osiadanie jest bliskie stanu końcowego, uznano tereny I i II etapu składowiska (rys. 2) z wyjątkiem ich południowych fragmentów. W pozostałych rejonach, deformacje trwają nadal, a ich intensywność jest różna. W zależności od ekstremalnych wartości deformacji powierzchni (nachylenia –  $T$ , poziomego odkształcenia –  $\varepsilon$  i promienia krzywizny –  $R$ ) przyjmuje się podział terenów w zakresie oddziaływania wpływów górniczych o deformacjach ciągłych na kategorie, zgodnie z tabelą 1.

Za szkodliwe wpływy górnicze uznaje się wpływy kategorii od I–V.

Nieciągłe deformacje nieciągłe powierzchni dzieli się na dwa podstawowe typy: deformacje powierzchniowe: zapadliska i deformacje liniowe: pęknięcia, szczeliny, progi terenowe.

Podjęcie decyzji o lokalizacji obiektu na terenie zagrożonym deformacjami nieciągłymi wymaga każdorazowo opracowania ekspertyzy górnictwo-budowlanej dotyczącej oceny możliwości i warunków wystąpienia tego rodzaju deformacji oraz sposobu posadowienia i konstrukcji obiektu. Tereny

poeksploatacyjne kopalni otworowej zostały zaliczone do V kat. przede wszystkim z uwagi na osiadanie terenu, a także mało prawdopodobne, ale możliwe wystąpienie deformacji nieciągłych.

Tabela 1. Kategorie terenu górniczego wg. wartości wskaźników deformacji terenu

Kat.	Nachylenie T	Promień krzywizny R	Odkształcenie w poziomie $\varepsilon$	Stopień przydatności do zabudowy
	[mm/m]	[km]	[mm/m]	
0	$T \leq 0,5$	$ R  \geq 40$	$\varepsilon \leq 0,2$	–
I	$0,5 < T \leq 2,5$	$20 \leq  R  < 40$	$0,2 < \varepsilon \leq 1,5$	Tereny pewne, na których mogą powstawać małe uszkodzenia i zarysowania murów
II	$2,5 < T \leq 5$	$12 \leq  R  < 20$	$1,5 < \varepsilon \leq 3$	Tereny, na których mogą wystąpić uszkodzenia łatwe do usunięcia, częściowe zabezpieczenie wszystkich obiektów jest nieopłacalne
III	$5 < T \leq 10$	$6 \leq  R  < 12$	$3 < \varepsilon \leq 6$	Tereny wymagające częściowego zabezpieczenia obiektów
IV	$10 < T \leq 15$	$4 \leq  R  < 6$	$6 < \varepsilon \leq 9$	Tereny wymagające poważniejszego zabezpieczenia obiektów
V	$T > 15$	$ R  < 4$	$\varepsilon > 9$	Tereny nie nadające się do zabudowy oraz tereny, na których istnieje duże prawdopodobieństwo wystąpienia nieciągłości ruchów terenu np. zapadlisk, szczelin

Źródło: opracowanie własne.

## 5. ZAGROŻENIA ZWIĄZANE ZE SKŁADOWANIEM ODPADÓW

Część terenu otworowej kopalni soli „Barycz” stanowi od ponad 40 lat miejsce unieszkodliwiania niemal wszystkich odpadów komunalnych pochodzących Krakowa i pobliskich gmin. Na tym terenie, zgodnie z Planem Gospodarki Odpadami dla Krakowa (PGO Kraków) realizowane są kolejne, strategiczne dla Krakowa inwestycje, jak: instalacja do mechaniczno – biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych, sortownia odpadów komunalnych, kontenerowa kompostownia odpadów zielonych, zakład demontażu odpadów wielkogabarytowych, instalacja do pozyskiwania i wytwarzania energii elektrycznej z biogazu. Natomiast najstarszym obiektem unieszkodliwiający odpady komunalne Krakowa, jest składowisko „Barycz”. Jego eksploatacja zapoczątkowana została jako forma rekultywacji terenu, w 1974 roku na terenie poeksploatacyjnych zapadlisk kopalni soli. Eksploatacja obiektu podzielona została na III etapy. Eksploatację I etapu (ok. 14 ha), zakończono w 1992 roku, prowadzono bez jakiegokolwiek ochrony grun-

tów i wód. II etap składowiska (ok. 10 ha) zamknięto w 2004 roku. Eksploatację III etapu (powierzchnia 10,8 ha), rozpoczęto 28.02.2005 roku. Etap ten wyposażony był w warstwy izolacyjne dna, które jednak dzisiaj trzeba uznać za niewystarczające. Dopiero III etap, którego eksploatację rozpoczęto w 2005 roku, posiada wszystkie zabezpieczenia przed oddziaływaniem odpadów na środowisko, spełniające zarówno wymogi prawne jak i standardy europejskie. Składowisko Barycz przyjmuje rocznie ok. 170 tys. Mg odpadów komunalnych.



Rysunek 2. Składowisko odpadów komunalnych „Barycz”

Źródło: opracowanie własne.

Całkowita planowana pojemność obiektu wynosi 2 mln Mg. Jest to składowisko nadpoziomowe – do rzędnej 295 m.n.p.m., uszczelnione sztucznie, dwuwarstwowo (bentomata + geomembrana PEHD 2 mm), wyposażone w instalację odbioru odcieków (system drenażu nafoliowego w obsypce filtracyjnej, pompownia i zbiornik bezodpływowy o pojemności 1 600 m<sup>3</sup>). Teren wszystkich etapów eksploatacji wyposażony jest w system odgazowujący pionowy w etapach I i II oraz pionowo – poziomy w etapie III. Teren III etapu docelowo wyposażony będzie w 28 studni odgazowujących, rurociągi zbiorcze i ssawy przekazujące gaz do 3 kontenerowych bloków energetycznych. Bloki te zasilane są także gazem z systemów I i II etapu składowiska (2 agregaty firmy MAN o mocy cieplnej 380 kW i mocy elektrycznej 250–373 kVA + 1 agregat o mocy cieplnej 380–553 kW i mocy elektrycznej 250–373 kVA). I i II etap składowiska zostały zrekultywowane poprzez nałożenie warstwy wyrównawczej o miąższości od 0,3 do 0,5 m, warstwy właściwej

o miąższości 0,5 m, a także 0,25 m warstwy ziemi urodzajnej na czaszy i skarpach, a całą powierzchnię obsiano mieszanką traw. Etapy te wyposażono także w instalacje do ujmowania i wykorzystywania gazu wysypiskowego, instalacje ujmujące odcieki oraz instalacje odprowadzające wody opadowe ze zrehabilitowanych czasz. Ilość ścieków odprowadzanych ze składowiska wynosi średnio 124 m<sup>3</sup>/dobę, z czego 15 % to odcieki i wody zanieczyszczone ze zrehabilitowanych obszarów I i II etapu składowiska. Drugim obiektem unieszkodliwiający odpady na terenie obszaru Barycz, jest uruchomiona we wrześniu 2005 roku kompostownia, zlokalizowana na 50 m pasie terenu dzielącego II i III etap składowiska. Jest to dwumodułowa kompostownia odpadów pochodzących z terenów zieleni miejskiej, odpadów ogrodniczych, placów i targowisk oraz odpadów domowych ulegających biodegradacji, o wydajności 6,0 tys. Mg/rok. Kompostownia składa się z 16 kontenerów kompostujących, 2 kontenerów technicznych oraz kontenerów z biofiltrami oraz sterowni. Przewidywana, docelowa wydajność obiektu po ewentualnej rozbudowie wynosić będzie 22 tys. Mg/rok. Trzecim obiektem położonym pomiędzy ulicą Krzemieniecką a III etapem składowiska jest sortownia odpadów, o wydajność 20 tys. Mg/rok (dwie niezależne linie technologiczne po 10 tys. Mg/rok). Aktualnie, kluczową rolę w gospodarce odpadami komunalnymi dla Krakowa odgrywa instalacja służąca do mechaniczno – biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych (MBP), która funkcjonuje w ramach Centrum Ekologicznego Barycz od lipca 2012 roku. W okresie styczeń 2013 roku – kwiecień 2014 roku wybudowana została nowa, w pełni zmechanizowana i zautomatyzowana sortownia odpadów. W wykonanym w konstrukcji stalowej budynku zainstalowana została linia technologiczna pozwalająca na wyodrębnienie z całego strumienia możliwie największej ilości odpadów, nadających się do odzysku i recyklingu. Linia technologiczna obejmuje 125 przenośników transportujących odpady, 3 przesiewacze odpadów (1 sito bębnowe i 2 sita kaskadowe), 10 separatorów optycznych, 2 balistyczne, 3 metali żelaznych i 3 nieżelaznych. Węzeł do produkcji paliwa alternatywnego umożliwia z kolei przetworzenie odpadów nienadających się do odzysku w paliwo alternatywne, wykorzystywane, jako źródło energii w cementowniach. Zastosowane rozwiązania projektowe pozwalają na sortowanie zarówno zmieszanych odpadów komunalnych, jak również odpadów komunalnych selektywnie zbieranych (tzw. suchej frakcji). Sortownia ta w chwili obecnej jest największym i najnowocześniejszym takim obiektem w Polsce.



## 6. REKULTYWACJA KOPALNI SOLI „BARYCZ”

Rekultywacja terenów zdegradowanych po wydobyciu soli prowadzona jest w celu zminimalizowania negatywnego oddziaływania zasolenia na właściwości gleby, jej strukturę oraz warunki bytowania edafonu i roślinności. Wybór metody rekultywacji uzależniony został od stopnia zasolenia, właściwości utworów, wymaganego terminu zakończenia prac, rodzaju przyszłego zagospodarowania terenu oraz dostępnych środków finansowych.

Jednym z najprostszych, ale najbardziej czasochłonnych sposobów rekultywacji jest wykorzystanie naturalnych zdolności roślin do usuwania, wiązania, unieszkodliwiania lub rozkładania zanieczyszczeń. Warunkiem zastosowania fitoremediacyjnych zdolności roślin do rekultywacji jest ich odporność na zasolenie. Zastosowane rośliny charakteryzują się odpornością na podwyższone stężenie soli w takim stopniu, by były w stanie rozwijać się i pobierać sole z roztworu glebowego. Istotną cechą powinien być również szybki wzrost i produkcja stosunkowo dużej ilości biomasy. Przed zakończeniem okresu wegetacji rośliny zalecane jest usuwanie ich z terenu rekultywowanego w celu zmniejszenia zasolenia gruntu o ilość soli zmagazynowaną w roślinach.

Tereny po zakończonej w 1999 roku eksploatacji kopalni „Barycz” będą mieć w części zachowane, a w części przywrócone naturalne walory przyrodnicze i krajobrazowe obszaru poprzez wykonanie rekultywacji. Likwidacji ulegną podziemne wyrobiska kopalni, co wyeliminuje lub ograniczy do minimum deformacje powierzchni terenu. Na zdegradowanych powierzchniach zostaną odtworzone naturalne walory obszaru wynikające z konkretnych kierunków rekultywacji:

- kierunek rolny – dotyczy terenów rekultywacji w obrębie pola Centralnego Zachód,
- kierunek leśny – obszar wylesień lasu Soboniowickiego,
- kierunek – tereny do zalesienia, przyjęto dla powierzchni stromych stoków oraz doliny wzdłuż potoku Malinówka (zachodnia część pola Pagory),
- kierunek łąkowo – wodny ustalono dla dwóch terenów o podwyższonym poziomie wód gruntowych po wschodniej stronie „Stawu Szlachetnego” oraz pomiędzy stawem a potokiem Malinówka,
- kierunek rolny z elementami zadrzewienia – wschodnia części pola Pagory oraz teren pola Słonecznego,
- obszar produkcji i zaplecza technicznego – dotyczy rekultywacji działek znajdujących się przy ul. Krzemienieckiej, na których zlokalizowane są urządzenia techniczne kopalni.

Z przeprowadzonych prognoz dotyczących deformacji powierzchni wynika, że konieczność prowadzenia prac podszkowych występuje jedynie w rejonie Tomana pola Pagory (rys.1). W pozostałych polach nie przewiduje się wystąpienia deformacji nieciągłych terenu. Stąd wynika najszerszy zakres prac likwidacyjnych i rekultywacyjnych w polu Pagory. Prace te obejmują: likwidację otworów i rurociągów eksploatacyjnych, wymianę ziemi wokół otworów, odtworzenie Szlachetnego Stawu, umocnienie powierzchni osuwiskowych, odwodnienie terenów podmokłych, likwidacja dzikich składowisk, powierzchniowa niwelacja terenu, likwidacja czasowych dróg technologicznych, remont dróg dojazdowych.

Na powierzchni tego rejonu znajdowało się w chwili zakończenia eksploatacji 55 otworów przeznaczonych do likwidacji. Otwory te zostały zlikwidowane i zabezpieczone przez pracowników Kopalni Soli „Wieliczka”. Proces likwidacji otworu obejmuje: wykonanie wykopu wokół otworu, odcięcie końcówki rury na głębokości 2 m pod powierzchnią terenu, zaczopowanie otworu oraz zasypianie wykopu ziemią. Ziemia bezpośrednio wokół otworu była zasolona i wymagała wymiany.

W prace likwidacyjne komór po otworowej eksploatacji soli zostały zakończone w 2011 roku. W komorach umieszczono 8 461m<sup>3</sup> piasku oraz zutilizowano 7 732m<sup>3</sup> solanki pochodzącej z odprężanego górotworu. W roku 2012 zlikwidowane zostaną urządzenia służące do podsadzania komór, rurociągi i zbiorniki solanki. Łącznie na rekultywowanym terenie kopalni nasadzono 6 319 drzew liściastych.

Niewielki zakres prac rekultywacyjnych objął także teren pola Soboniewice, w całości porośnięty obecnie lasem.

#### PODSUMOWANIE

Kopalnie soli należą do obiektów, które silnie oddziałują na środowisko, zarówno w fazie prowadzenia eksploatacji, a także po jej zakończeniu. Czynnikiem niosącym ze sobą największe zagrożenie są z pewnością uwarunkowania technologiczne wynikające ze sposobu pozyskiwania soli kamiennej, które związane są z deformacją powierzchni terenu (powstawanie zapadlisk, szczelin, niecek), stwarzają bezpośrednie zagrożenie dla zabudowy i elementów infrastruktury, warunki hydrogeologiczne, które mogą umożliwiać zanieczyszczenie wód podziemnych, w otoczeniu eksploatowanego złoża, właściwości chemiczne i fizyczne soli kamiennej, która w odpowiednio dużym stężeniu jest szkodliwa dla organizmów żywych, może powodować degradację gleb i wód powierzchniowych, a także wywoływać korozję, czynniki funkcjonalne dające możliwość przekształcenia wyekspl-

atowanych kopalni soli w składowiska odpadów, co może być zagrożeniem dla środowiska i człowieka, a także ingerencja w krajobraz obszarów i miast salinarnych (Langer, 2007).

Wymogi ochrony środowiska, a zwłaszcza wymogi dotyczące wód powierzchniowych, ochrony przyrody, a także wyczerpujące się złoża soli i spadek opłacalności ich eksploatacji były przyczyną likwidacji wielu kopalni na terenie całej Europy, także kopalni Barycz. Większość eksploatowanych złóż jest zatapiana lub podsadzana. Zwykle po zabezpieczeniu i zamknięciu otworów, a także po rekultywacji teren przeznaczany jest pod nowe inwestycje (Paulo, 2008).

Położony na pograniczu Krakowa i Wieliczki obszar eksploatacji złoża soli kamiennej został w wyniku otworowej eksploatacji oraz składowania odpadów „podwójnie” zdegradowany. Zarówno w czasie eksploatacji złoża jak i w początkowych latach funkcjonowania składowiska doszło do ogromnej degradacji wartości przyrodniczych. Obecnie jednak tereny kopalni mogą stanowić przykład dobrze przeprowadzonych prac likwidacyjnych i rekultywacyjnych. Niektóre zmiany, jakie zaszły w środowisku, a w szczególności w krajobrazie w wyniku deformacji powierzchni są jednak nieodwracalne. Natomiast wszędzie gdzie to było możliwe starano się przywrócić walory środowiskowe, a w pozostałych miejscach odtworzyć je. Podobnie działalność składowiska, które miało być w zamyśle formą rekultywacji terenu spowodowało szczególnie w I etapie eksploatacji ogromne zanieczyszczenie wód powierzchniowych, podziemnych gleb i gruntu. Obecnie prowadzony III etap składowania, wraz z obiektami i urządzeniami towarzyszącymi może jednak służyć, jako przykład dobrze zabezpieczonego i eksploatowanego składowiska odpadów komunalnych w dużej aglomeracji miejskiej.

#### LITERATURA

- Dielh J. (2006), *Projekt miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego Obszaru „Barycz” w Krakowie*, Pracownia Projektowa „Miroslaw Wiśniewski – Urbanistyka I Architektura” Sp. z o.o. w Łodzi.
- d’Obyrn K. (2010), *Likwidacja pustek poeksploatacyjnych w otworowej kopalni soli, jako metoda ochrony powierzchni terenu*, „Przegląd Górniczy”, 10, 67–72.
- Langer P. (2007), *Rekultywacja i zagospodarowanie poeksploatacyjnych terenów salinarnych*, „Czasopismo Techniczne PK”, 7-A, 309–315.
- Mazurek J. (2007), *Deformacje powierzchni w otworowej Kopalni Soli Barycz w likwidacji. Czy mogą jeszcze powstać zapadliska?*, „Górnictwo i Geoinżynieria”, 3(1), 409–422.
- Paulo A. (2008), *Przyrodnicze ograniczenia wyboru kierunku zagospodarowania terenów pogórnich*, „Gospodarka Surowcami Mineralnymi”, 24(2–3), 9–40.
- Plan Gospodarki Odpadami dla Miasta Krakowa na lata 2008–2011 oraz perspektywa na lata 2012–2015.*

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów (DzU, 2013, poz. 523).

Ustawa z dnia 17 lipca 1989 roku – *Prawo geodezyjne i kartograficzne* (jednolity tekst DzU, 2015, poz. 520).

Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 o odpadach (DzU, 2013, poz. 21 z późniejszymi zmianami).

Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – *Prawo geologiczne i górnicze* (DzU 2011, nr 163, poz. 981 z późniejszymi zmianami).

*Wytyczne dotyczące zamykania i rekultywacji składowisk odpadów komunalnych, Warszawa 2012.*

### OPTIMAL SOLUTIONS OF AREA RECLAMATION ON THE SELECTED EXAMPLES

**A b s t r a c t.** In the landfill closing process the reclamation works are carried out in a manner that protects the surface water and groundwater and the air from the harmful effects of landfill, integrates the area of the landfill with the surrounding environment and allows observation of the landfill impact on the environment. Similar activities are necessary into the areas covered by mining exploitation reclamation. The article presents the problem of land reclamation, on the example of Krakow municipal waste landfill, directly related to the exploitation of Borehole Salt Mine “Barycz”.

**K e y w o r d s:** land reclamation, landfill “Barycz”, Borehole Salt Mine “Barycz”.