

## **Instrukcja laboratorium z ochrony środowiska**

### **Temat ćwiczenia: Tereny poeksploatacyjne – przykłady terenów nie zrehabilitowanych i zrehabilitowanych**

#### **Cel ćwiczenia**

Ćwiczenie ma za zadanie zapoznanie się z zagadnieniami dotyczącymi rekultywacji terenów zdegradowanych. W ramach zajęć terenowych studenci zapoznają się z terenami po odkrywkowej eksploatacji wapienia, zarówno poddany procesowi odnowy technicznej i biologicznej, jak i pozostawionymi bez rekultywacji.

#### **1. Proces rekultywacji terenów zdegradowanych**

W wyniku działalności przemysłowej człowieka dochodzi do degradacji gruntów. Tereny zdegradowane podzielić można na:

1. tereny bezglebowe – są to tereny sztucznych usypisk (zwałowiska, stawy osadowe, składowiska itp.) oraz tereny sztucznych odsłoneń (wyrobiska, wykopy, tereny pozbawione pokrywy glebowej),
2. tereny o glebach przekształconych (zdegradowanych) – są to tereny o zmienionych warunkach wodnych (osuszone lub zawodnione) oraz tereny skażone, o zmienionych właściwościach chemicznych (tereny o glebach zakwaszonych, zalkalizowanych, zasolonych, skażonych pierwiastkami śladowymi, substancjami fitotoksycznymi, produktami ropopochodnymi, itp.) [Gruszczyński, Trafas, 2001].

Tereny te wymagają odpowiednich procesów naprawczych, pozwalających na przywrócenie im funkcji użytkowych lub przyrodniczych. Rekultywacja terenu obejmuje szereg czynności, takich jak ukształtowanie rzeźby terenu, poprawienie właściwości fizycznych i chemicznych gruntów, uregulowanie stosunków wodnych, odtworzenie gleb, umocnienie skarp, zbudowanie niezbędnych dróg [Gołda, 2005; Ostrenga, 2005].

Sprawca przekształceń, zgodnie z Ustawą z dnia 3 lutego o ochronie gruntów rolnych i leśnych, powinien przeprowadzić rekultywację terenu w ciągu 5 lat od zakończenia działalności przemysłowej. Jednocześnie Ustawa nakłada obowiązek uwzględnienia rekultywacji na wszystkich etapach działalności gospodarczej, począwszy od fazy projektowania [Dz.U. 1995, 16, 17].

Wyróżnia się następujące fazy rekultywacji:

1. przygotowawcza (wstępna) obejmuje przygotowanie dokumentacji i wniosku o wydanie decyzji odnośnie do kierunku rekultywacji i przeznaczenia zrekultywowanego terenu. Czynności te należy wykonać już w fazie planowania inwestycji. Kierunek rekultywacji oraz wymagania, jakie musi spełniać rekultywowany teren (m.in. wysokość, głębokość, powierzchnia, kąt nachylenia zboczy, jakość utworów budujących warstwy powierzchniowe), powinny zostać szczegółowo określone przed rozpoczęciem inwestycji;
2. podstawowa (techniczna) polega na uporządkowaniu rekultywowanego obiektu oraz nadaniu mu odpowiedniego kształtu. W przypadku zanieczyszczenia warstw powierzchniowych faza ta obejmuje także ich neutralizację, izolację, blokadę lub rozproszenie. Podczas prac związanych z działalnością zakładu należy brać pod uwagę parametry, jakie musi spełniać dany teren po zakończeniu eksploatacji. Prace rekultywacyjne powinny być prowadzone jeszcze w trakcie pracy zakładu. Pozwala to na łatwiejsze przystosowanie powstającego obiektu do funkcji przewidzianej w fazie przygotowawczej rekultywacji oraz umożliwia w znacznym stopniu obniżenie kosztów rekultywacji;
3. szczegółowa (biologiczna) polega na ostatecznym uporządkowaniu rekultywowanego terenu, przywróceniu stosunków wodnych, poprawie właściwości chemicznych warstw powierzchniowych. Rekultywacja szczegółowa ma za zadanie zainicjowanie procesów glebotwórczych. Na tereny rekultywowane wprowadza się roślinność pozwalającą na utworzenie warstwy próchnicznej. W przypadku rekultywacji w kierunku leśnym po wstępnym ukształtowaniu warstwy próchnicznej prowadzi się nasadzenia drzew.

Po zrealizowaniu wszystkich przewidzianych w procesie rekultywacji prac można wystąpić do starosty z wnioskiem o uznanie rekultywacji za zakończoną. Uzyskanie takiej decyzji zwalnia sprawcę przekształceń od opłat za nierolnicze i nieleśne użytkowanie gruntu, i pozwala na przekazanie gruntu dalszemu użytkownikowi. Ponieważ jednak powstałe w trakcie ekosystemy mają małą tolerancję na czynniki negatywne, wymagają one nadal prawidłowych zabiegów uprawowych i pielęgnacyjnych, aż do czasu wykształcenia się samowystarczalnych ekosystemów [Gołda, 2005].

Wśród kierunków rekultywacji wymienić można rekultywację w kierunku wodnym, leśnym, rolnym i specjalnym (jeżeli np. na terenie poprzemysłowym planowane jest

utworzenie składowiska odpadów). O wyborze kierunku rekultywacji decyduje szereg czynników. Do czynników zewnętrznych zaliczyć można oczekiwania społeczne okolicznych mieszkańców, warunki naturalne, w tym warunki klimatyczne otaczającego terenu, wymogi prawne i techniczne. Kierunek rekultywacji musi być zgodny z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego. Czynniki wewnętrzne związane są bezpośrednio z rekultywowanym obiektem. Są to: lokalizacja obiektu, jego geometria, właściwości utworów budujących warstwę powierzchniową obiektu, stosunki wodne [Uberman, Ostreǳa, 2003].

## **2. Przykłady terenów poeksploatacyjnych**

### **2.1 Teren po eksploatacji wapienia (nie zrehabilitowany) – kamieniołomy w rejonie Skalek Twardowskiego w Krakowie**

Zarówno na terenie Krakowa, jak i w jego pobliżu znajduje się wiele nieczynnych kamieniołomów wapienia. Są nimi między innymi wyrobiska położone w rejonie Skalek Twardowskiego w południowo-zachodniej części Krakowa (Rys. 1). Są one obecnie miejscem wypoczynku krakowian. Od 1906 roku wydobywano tam wapień dla Krakowskich Zakładów Sodowych Solvay. Początkowo eksploatacja nie zeszła poniżej poziomu wód podziemnych i nie było konieczności odwadniania. Obecnie ściany tego wyrobiska są znanym miejscem wspinaczkowym.



Rys. 1. Wyrobisko po wydobyciu wapienia w rejonie Skalek Twardowskiego  
(fot. M. Pawul)

Eksploatacja w kamieniołomie „Zakrzówek” rozpoczęła się w 1953 roku i trwała do 1991 roku. Zakończono ją w związku z likwidacją KZS Solvay. Ponieważ eksploatacja zeszła poniżej poziomu wód podziemnych, konieczne było odwadnianie wyrobiska. Odwadniania zaprzestano w listopadzie 1992 roku i odkrywka zaczęła wypełniać się wodą. Proces ten trwał pięć lat. W jego wyniku powstał akwen wodny o powierzchni 12 ha (rys. 2). Obecnie poziom wody jest ustabilizowany.



Rys. 2. Akwen wodny w wyrobisku po eksploatacji wapienia – kamieniołom „Zakrzówek” (fot. M. Pawul)

W rejonie kamieniołomu warstwę wodonośną stanowią wapienie górnej jury, tworzące zbiornik szczelinowo-krasowy. Przed rozpoczęciem eksploatacji źródłem zasilania warstwy wodonośnej były infiltrujące opady atmosferyczne. Po rozpoczęciu odwadniania powstał lej depresji wokół odkrywki, nastąpiło obniżenie zwierciadła wód podziemnych do poziomu niższego o 25-27 m niż poziom wody w Wiśle. Spowodowało to infiltrację do wyrobiska wód wiślanych, których udział w ogólnym bilansie wód dopływających do wyrobiska wynosił od 40% do 50%. Niestety wody Wisły były w tym czasie mocno zanieczyszczone przez słone wody dołowe, pochodzące z kopalń węgla kamiennego na Górnym Śląsku, a co za tym idzie, również zasolenie wód powstającego zbiornika „Zakrzówek” było wysokie. Obecnie poziom wody w zbiorniku jest wyższy od poziomu wody w Wiśle o 1,5-2 m. Kierunek przepływu wód pomiędzy zbiornikiem i Wisłą uległ zmianie i wody ze zbiornika przepływają do Wisły. Akwen zasilany jest bezpośrednio przez wody opadowe oraz wody opadowe infiltrujące z

powierzchni jego zlewni. Powoduje to stopniowe wysładzanie się wód „Zakrzówka” [Motyka, Czop, Polak, 2003].

Teren wyrobisk nie został zrekultywowany. W ich otoczeniu znajdują się hałdy pozostałe po eksploatacji wapienia. Roślinność, którą można zobaczyć w rejonie Zakrzówka, pojawiła się samorzutnie w wyniku naturalnej sukcesji (Rys.3).



Rys. 3. Roślinność w kamieniołomie w rejonie Zakrzówka – przykład naturalnej sukcesji (fot. M. Pawul)

Teren nie został zabezpieczony. Strome ściany stanowią zagrożenie dla odwiedzających kamieniołomy. Brak jest przygotowanych ścieżek spacerowych, rowerowych, ławek, koszy na odpady, sanitariatów itp. Powstały w wyniku zalania odkrywki akwen nie jest przystosowany do warunków kąpieliska. Skalne ściany grożą obrywami skalnymi. W zbiorniku można nurkować. Osiąga on głębokość do 30 m.

## **2.2 Teren po eksploatacji wapienia (zrekultywowany) – Park Bednarskiego w Krakowie**

Park Bednarskiego (rys. 4) powstał w 1896 roku w miejscu dawnego kamieniołomu wapienia w rejonie krakowskich Krzemionek.



Rys.4. Park Bednarskiego w Krakowie (fot. M. Pawul)

Inicjatorem założenia parku był Wojciech Bednarski, radny miasta Podgórze i dyrektor szkoły w Podgórzu. Pomysł założenia parku w nieczynnym kamieniołomie wyprzedzał o wiele lat ówczesną wiedzę techniczną i ekologiczną. Na dno kamieniołomu nawieziono kilkumetrową warstwę ziemi i na tak przygotowanym podłożu nasadzono roślinność. Pozwoliło to również zniwelować różnice wysokości pomiędzy dnem kamieniołomu a wysokością jego ścian. Park urządany był w kilku etapach. W kolejnych latach włączano do niego przylegające do dawnego wyrobiska tereny. Starsza część parku ma charakter neoklasycy, młodsza zaś modernistyczny. W parku rośnie około stu gatunków drzew i krzewów, w tym egzotyczny tulipanowiec amerykański. Każda z alejek w starszej części parku została obsadzona innym gatunkiem drzewa. Roślinność została wkomponowana w krajobraz kamieniołomu. Skalne ściany otaczające park podnoszą jego atrakcyjność (rys. 5). Dzięki położeniu parku w zagłębieniu kamieniołomu panuje tam cisza, pomimo otaczających go ruchliwych ulic. Park stał się miejscem lęgowym wielu ptaków. Jest także siedliskiem dla małych zwierząt leśnych. Park tworzy samowystarczalny i rozbudowany ekosystem. Na skalnych ścianach można zauważyć wpływ naturalnej sukcesji roślinności. Jest miejscem w pełni przystosowanym do wypoczynku i rekreacji. W parku znajduje się wiele ławek, plac zabaw, a także boisko do piłki nożnej [Zachariasz, 2003].



Rys. 5. Park Bednarskiego w Krakowie, fragment ściany kamieniołomu (fot. M. Pawul)

W literaturze znaleźć można szereg przykładów zrekultywowanych kamieniołomów surowców skalnych pełniących obecnie funkcję rekreacyjną. Są to np. kamieniołomy Kadzielnia i Wietrznia, które już wrosły w krajobraz Kielc jako tereny wypoczynku mieszkańców miasta [Stawicki, 2003].

### **2.3 Zrekultywowane tereny po otworowej eksploatacji siarki – tereny byłej Kopalni Siarki „Jeziórko”**

Złóża siarki rodzimej występują w południowo-wschodniej Polsce. Wydobywane były metodą podziemnego wytopienia w rejonie Tarnobrzega, Staszowa i Lubaczowa. Obecnie wydobywanie prowadzi Kopalnia Siarki „Osiek”. Górnictwo siarki jest gałęzią przemysłu bardzo uciążliwą dla środowiska. Eksploatacja metodą otworową, na skutek wtłaczania przegrzanej wody i wytopienia siarki, spowodowała zmianę pierwotnych stosunków wodnych, w tym kierunków przepływu wód, ich składu chemicznego i temperatury. Zanieczyszczeniu uległy również wody powierzchniowe i gleby. Nastąpiło także obniżenie powierzchni terenu spowodowane zgniataniem porów powstających w szkieletcie rudnym po wytopieniu siarki. Emitowany do powietrza siarkowodór i pyły siarki spowodowały skażenie powietrza i znaczną uciążliwość zapachową [Hajdo i in., 2007].

Rekultywacja byłych terenów KS „Jeziórko” objęła ok. 1300 ha powierzchni. Prace rekultywacyjne w kierunku stworzenia ekosystemu wodno-leśno-łąkowego rozpoczęto w

1993 roku. Najpierw zlikwidowano otwory eksploatacyjne i odprężające, zdemontowano rurociągi. Zanieczyszczona siarką ziemia została usunięta lub zneutralizowana wapnem poflotacyjnym. Obniżenie rzędnej terenu w wyniku eksploatacji, doprowadziło do powstania niecek osiadania położonych niżej niż zwierciadło czwartorzędowych wód podziemnych i w konsekwencji do ich zalania. Wykonanie systemu melioracji i osuszenie tego terenu było niemożliwe ponieważ poziom zwierciadła wód powierzchniowych okolicznych cieków był położony wyżej niż dno części niecek osiadania. Powstałe oczka wodne i małe stawy zostały więc wkomponowane w nowo powstający krajobraz rekultywowanego terenu. Zostały one jednak pogłębione i zmniejszono ich powierzchnię. Dla zapewnienia odpowiedniej jakości wód w powstałych zbiornikach wodnych konieczne było zlikwidowanie połączeń hydraulicznych pomiędzy trzeciorzędowym i czwartorzędowym piętrzem wodonośnym. W kolejnym etapie prac rekultywacyjnych wykonano niezbędne zabiegi agrotechniczne, nawożenie gleb i wysiew roślinności i nasadzenia drzew. Teren ten pełni funkcję rekreacyjną dla okolicznych mieszkańców, wyposażono go niezbędną infrastrukturę turystyczną [Hajdo i in., 2007; Sobczyk, Pawul 2010].

#### **2.4 Zrekultywowane tereny po odkrywkowej eksploatacji siarki – tereny byłej Kopalni Siarki „Machów”**

Po zakończeniu wydobywania rud siarkowych metodą odkrywkową w Kopalni Siarki „Machów” pozostało do zrekultywowania wyrobisko o powierzchni 560 ha i głębokości do 110 m oraz zwałowiska wewnętrzne i zewnętrzne nadkładu. Wyrobisko położone jest w pobliżu Wisły, na prawym jej brzegu. W niewielkiej odległości od niego, na lewym brzegu Wisły położone jest drugie wyrobisko należące do nieczynnej Kopalni Siarki „Piaseczno”. Rekultywację wyrobiska przeprowadzono w kierunku wodnym. Powstał w ten sposób sztuczny zbiornik o przeznaczeniu rekreacyjnym. Prace rekultywacyjne rozpoczęto od podniesienia dna przyszłego zbiornika. W tym celu wykorzystano odpady przemysłowe (kek porafinacyjny, zanieczyszczona siarką ziemia, odpady z remontów i demontażu budynków i dróg, odpady azbestowe oraz popioły z elektrowni „Połaniec”) [Kirejczyk i in., 2000]. Następnie, w celu uszczelnienia, dno wyrobiska zostało pokryte 25-metrową warstwą ilów krakowieckich ze zwałowiska wewnętrznego. Gdyby nie wykonano uszczelnienia silnie zmineralizowane wody trzeciorzędowe zawierające siarkowodór mieszałyby się z wodami powstającego zbiornika. Równocześnie z uszczelnieniem dna uformowano skarpy wyrobiska, nadając im pożądaną stateczność, a także zabezpieczono brzegi przyszłego zbiornika przed



niekontrolowanymi procesami abrazyjnymi. W trakcie prowadzenia prac rekultywacyjnych nie zaprzestano odwadniania wyrobiska. Było to konieczne ze względu na bezpieczeństwo prowadzonych robót wewnątrz wyrobiska. Drugim powodem odwadniania były powiązania hydrogeologiczne wyrobiska „Machów” z wyrobiskiem „Piaseczno”. Zaprzestanie odwadniania wyrobiska „Machów” spowodowałoby zwiększenie dopływu do wyrobiska „Piaseczno” wód silnie zanieczyszczonych siarkowodorem. Zdecydowano, że zakończenie odwadniania nastąpi po zrehabilitowaniu obydwu wyrobisk. W miarę postępu prac wewnątrz wyrobiska „Machów” konieczna była jednak sukcesywna przebudowa systemu odwadniania, studnie rozmieszczone w sągu wyrobiska były likwidowane i zastępowane studniami zewnętrznymi.

Ze względu na bliskość Wisły, wyrobisko zostało napełnione wodą w rzeki poprzez kanał doprowadzający. Aby umożliwić częściową wymianę wody wybudowano również kanał odprowadzający. Wypełnianie zbiornika trwało od 2005 do 2009 roku. Teren wokół zbiornika został uporządkowany i zrehabilitowany. Infrastruktura turystyczna rozwija się nadal, jednak zbiornik pełni już funkcję rekreacyjną dla mieszkańców Tarnobrzega i okolicznych miejscowości. Jest to drugi co do wielkości (po Solinie) zbiornik wodny w południowo - wschodniej Polsce i może stać się atrakcją turystyczną przyciągającą turystów. Dla mieszkańców oznacza to nowe możliwości i powstanie nowych miejsc pracy.

Zwałowisko zewnątrz kopalni zostało zrehabilitowane w kierunku leśnym, zaś tereny osadnika odpadów poflotacyjnych, składowiska keku oraz klarowników wód złożowych w kierunku leśno-łąkowym [Jakubek, 2004; Sobczyk, Pawul, 2010].

## **Literatura**

1. Gołda T.: Rekultywacja, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2005.
2. Gruszczyński S., Trafas M.: Klasyfikacja przemysłowych obiektów bezglebowych dla potrzeb rekultywacji, ZN AGH Inżynieria Środowiska, Kraków 2001.
3. Hajdo S., Klich J., Galiniak G.: Ekologiczne i technologiczne osiągnięcia w 40-letniej historii górnictwa otworowego siarki w Polsce, w: Górnictwo i Geoinżynieria, zeszyt 3/1, rok 31. 2007.
4. Jakubek J.: Zagospodarowanie przestrzenne terenów zbiornika Machowskiego, w: Materiały I Konferencji z cyklu Zbiornik Machowski – oczekiwania, Tarnobrzeg 2004.

5. Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z.: Lokowanie i wykorzystanie odpadów w górnictwie siarki, w: Materiały Szkoły Gospodarki Odpadami, Kraków 2000.
6. Motyka J., Czop M., Polak K.: Wpływ warunków wodnych w kamieniołomie „Zakrzówek” w Krakowie na jego funkcję rekreacyjną, w: Kształtowanie krajobrazu terenów poeksploatacyjnych w górnictwie, materiały międzynarodowej konferencji naukowej, Kraków 2003.
7. Ostrenga A.: Formalnoprawne problemy rewitalizacji terenów przemysłowych, w tym pogórnicznych, Górnictwo i Geoinżynieria, Kraków 2005.
8. Sobczyk W., Pawul M.: Społeczne aspekty rewitalizacji terenów zdegradowanych w wyniku odkrywkowej eksploatacji siarki w Tarnobrzegu, w: Innowacyjne rozwiązania rewitalizacji terenów zdegradowanych, Łędziny -Katowice 2010.
9. Stawicki Henryk, Kształtowanie krajobrazu wyrobisk poeksploatacyjnych w górnictwie skalnym, w: Kształtowanie krajobrazu terenów poeksploatacyjnych w górnictwie, materiały międzynarodowej konferencji naukowej, Kraków 2003.
10. Uberman R., Ostrenga A.: Metoda projektowania zagospodarowania dużych i zróżnicowanych kompleksów poeksploatacyjnych, w: Kształtowanie krajobrazu terenów poeksploatacyjnych w górnictwie, materiały międzynarodowej konferencji naukowej, Kraków 2003.
11. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz.U. z 1995 r., nr 16, poz. 78 z późniejszymi zmianami).
12. Zachariasz A.: Park w kamieniołomie, w: Kształtowanie krajobrazu terenów poeksploatacyjnych w górnictwie, materiały międzynarodowej konferencji naukowej, Kraków 2003.

### **Warunki bezpieczeństwa podczas ćwiczenia**

Podczas wizyty na terenie dawnego wyrobiska wapienia należy zachować ostrożność, nie zbliżać się do stromych skarp.

### **Przebieg ćwiczenia terenowego**

Studenci wraz z prowadzącym odwiedzają dwa wybrane kamieniołomy w Krakowie, w tym kamieniołom nie poddany procesom rekultywacji oraz kamieniołom zrekultywowany. Podczas zajęć studenci zapoznają się ze specyfiką wydobycia i procesem ewentualnej

rekultywacji wyrobiska. Udział w zajęciach terenowych umożliwia studentom zobaczenie efektów wpływu działalności wydobywczej na środowisko po wielu latach od zakończenia działalności zakładu.

Po zakończeniu zajęć studenci w sprawozdaniu porównują oba tereny pod względem ich obecnego użytkowania, rodzaju ekosystemów, bezpieczeństwa itp. Wskazują także niezbędne ich zdaniem zabiegi, które należy wykonać, aby kamieniołom nie poddany rekultywacji w pełni przystosować do pełnionej lub planowanej funkcji.