

# Aspekty środowiskowe w zarządzaniu złożem węglowodorów w fazie jego zagospodarowywania

## Environmental issues in deposit management during their development



*Dr hab. inż. Uliasz-Misiak Barbara\**



*Prof. dr hab. inż. Dubiel Stanisław\**

**Treść:** Zarządzanie złożem węglowodorów oznacza wykorzystanie środków ludzkich, technicznych, technologicznych, organizacyjnych w celu maksymalizacji zysków z eksploatacji złoża, przy minimalizacji kosztów oraz maksymalizacji współczynnika szczypania. Jednym z najważniejszych elementów zarządzania złożem jest opracowanie planu zagospodarowania złoża, ciągła ocena jego realizacji oraz modyfikacja, wraz z rozwojem technologii wspomagających metody eksploatacji. Plan ten zawiera elementy dotyczące techniki, technologii, uwarunkowania środowiskowe oraz aspekty prawne. W Polsce, uwzględnienie uwarunkowań środowiskowych przy opracowywaniu planu zagospodarowania złoża węglowodorów jest koniecznością wynikającą z obowiązujących regulacji prawnych. Na etapie planowania należy brać pod uwagę ograniczenia w eksploatacji złóż węglowodorów na terenach niektórych form ochrony obszarowej oraz strefach ochrony wód. Konieczne jest również uzyskanie odpowiednich decyzji środowiskowych oraz dokonanie uzgodnień w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego. Eksploatacja złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, może negatywnie wpływać na środowisko naturalne. W planie zagospodarowania złoża należy scharakteryzować potencjalne zagrożenia dla środowiska naturalnego, zidentyfikować źródła oraz określić ilości zanieczyszczeń, które będą emitowane, przedstawić plan monitoringu. Monitoring środowiskowy wykorzystywany jest od początku realizacji planu m.in. do weryfikacji przyjętych założeń, oceny wpływu poszczególnych elementów systemu kopalnianego na środowisko naturalne oraz dokonywania zmian w zagospodarowaniu złoża w przypadku stwierdzonych zmian środowiskowych.

**Abstract:** In order to manage hydrocarbons resources it is necessary to use applicable technology, ensure proper organization and hire effective personnel. Using these resources may maximize the profit obtained from exploitation, minimize costs and maximize the recovery factor. One of the most significant elements of deposit management is development of a deposit utilization plan, monitoring of its implementation and the introduced modifications along with the advancement of technology supporting the exploitation methods. This plan contains elements concerning techniques, technologies, environmental conditions and legal aspects. In Poland, it is obligatory to consider environmental conditions issues in the deposit utilization plan. By planning, it is necessary to take into account the restrictions for exploitation in some forms of nature protection areas and water protection zones. It is also necessary to obtain proper environmental decisions and make arrangements in the local development plans. Crude oil and natural gas mining may badly influence the environment. In the deposit utilization plan, it is necessary to describe potential hazards for the environment, identify the sources of and estimate the amount of pollution discharged into the atmosphere and, finally, present the monitoring plan. The environmental monitoring is being applied from the beginning of the project implementation, mainly to: verify the assumptions, assess the influence of particular elements of the mining system on the environment and introduce modifications in the deposit utilization plan in case environmental changes were found.

### **Słowa kluczowe:**

*zarządzanie złożem, ochrona środowiska, regulacje prawne, plan zagospodarowania złoża*

### **Key words:**

*reservoir management, environmental protection, regulations, deposit utilization plan*

## **1. Wprowadzenie**

Złożem węglowodorów zgodnie z definicją zawartą w Prawie Geologicznym i Górniczym [21] jest ich naturalne nagromadzenie, którego wydobywanie może przynieść korzyść gospodarczą.

Cykl życia złoża węglowodorów składa się z kilku etapów: poszukiwania, rozpoznania, okonturowania, rozwiercania, zagospodarowania i eksploatacji. Kończy się likwidacją złoża. Wszystkie wymienione etapy są od siebie zależne, a integracja ich jest podstawą odpowiedniego zarządzania złożem.

W celu uzyskania sukcesu ekonomicznego związanego z eksploatacją złoża ropy naftowej lub gazu ziemnego,

\*) AGH w Krakowie

możliwego dzięki maksymalnemu wykorzystaniu zasobów złoża (maksymalizacji współczynnika szczypania) powinno prowadzić się zintegrowane zarządzanie złożem węglowodorów. Polega ono na podejmowaniu decyzji dotyczących złoża dla osiągnięcia optymalnych efektów jego eksploatacji, poprzez wykorzystanie połączonych zasobów ludzi, technologii, urządzeń, danych geologicznych i finansów, na każdym etapie procesu zarządzania. Szczególny nacisk kładzie się na wymianę informacji i idei w działaniu zespołowym, dążącym do pełnej synergii (czyli wzajemnego wzmocnienia działania) wszystkich wymienionych zasobów [9, 13].

Problem zarządzania złożem rozpoczyna się od momentu rozpoczęcia prac poszukiwawczych, które prowadzą do odkrycia złoża, poprzez prace rozpoznawcze, zagospodarowanie i eksploatację złoża, aż do zaniechania jego eksploatacji [1, 9].

Jednym z najważniejszych elementów zarządzania złożem jest opracowanie odpowiedniego planu zagospodarowania złoża, ciągła ocena jego realizacji oraz modyfikacji, wraz z rozwojem technologii wspomagających podstawowe metody eksploatacji. Plan ten zawiera szereg elementów dotyczących techniki, technologii, musi również uwzględniać uwarunkowania środowiskowe oraz aspekty prawne.

Zagospodarowanie złoża węglowodorów jest procesem 3÷5 letnim, przy braku komplikacji. Kluczowym problemem, który może opóźnić ten proces nie jest projektowanie lub wykonawstwo robót budowlano-montażowych, a obowiązujące przepisy i uwarunkowania, w tym szczególnie środowiskowe. Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie problemów środowiskowych w procesie zagospodarowania nowych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego.

## 2. Koncepcja planu zagospodarowania złoża

Plan zagospodarowania złoża (rys. 1) określa strategię eksploatacji, przedstawia sposób gromadzenia danych i ich analizy, modele geologiczne i hydrodynamiczne złoża, oszacowania zasobów, ocenę warunków eksploatacji i prognozę wielkości wydobycia oraz optymalizację ekonomiczną przedsięwzięcia [9]. W odróżnieniu od standardowego zarządzania, które można określić jako proces jednowymiarowy, zarządzanie zintegrowane to proces wielowymiarowy. Dlatego wdrożenie planu zagospodarowania wymaga wsparcia ze strony kadry zarządzającej i pracowników w terenie oraz współpracy multidyscyplinarnej. Przy realizacji zarządzania złożem wykorzystywane są wszelkie dostępne dane i narzędzia oraz stosowana jest najlepsza dostępna technologia. Centralne miejsce zajmuje przy tym integracja w zakresie: wymiany informacji, realizacji przyjętych idei, synergizmu oraz działań zespołowych.

Zastosowanie odpowiedniej strategii przy zagospodarowywaniu złoża jest jednym z najważniejszych aspektów jego zarządzania. Dobór strategii zależy od wielu czynników: budowy geologicznej, stosowanych metod eksploatacji oraz uwarunkowań technicznych, technologicznych i ekonomicznych. W planie zagospodarowania musi się również uwzględnić zagadnienia prawne, związane z zagospodarowaniem przestrzennym oraz aspekty środowiskowe, które mogą znacząco wpływać na sposób jego zagospodarowania, a następnie eksploatację złoża.

W trakcie całego życia złoża gromadzi się, systematyzuje i przetwarza dużą liczbę danych, które potem wykorzystywane są na wszystkich etapach zarządzania złożem. Informacje te są przydatne zarówno na etapie przygotowywania planu zagospodarowania złoża, jak również w trakcie jego realizacji, kiedy wykorzystywane są do jego weryfikacji i modyfikacji.



Rys. 1. Plan zagospodarowania złoża (na podst. [9] ze zmianami)  
Fig. 1. Deposit utilization plan (after [9] with changes)

W procesie zarządzania złożem niezbędne jest oszacowanie zasobów węglowodorów oraz wydajności wydobycia, w tym celu wykorzystywane są w zależności od etapu życia złoża różne metody: objętościowa, bilansu materiałowego, krzywa spadku wydobycia oraz symulatory *black-oil* i metod EOR. Dokładność, z jaką możemy przewidzieć wielkość zasobów oraz wydobycie gazu lub ropy jest kluczowym elementem, nierzadko decydującym o podjęciu decyzji o eksploatacji danego złoża. Jestto konieczne do opracowania planu zagospodarowania złoża oraz monitorowania i oceny jego eksploatacji. Najbardziej precyzyjne oszacowanie tych wielkości przed rozpoczęciem przemysłowej eksploatacji złoża jest możliwe na podstawie symulacji numerycznej. Dlatego jakość opracowanego modelu złoża ma bardzo duże znaczenie. Model ten jest zintegrowanym modelem tworzonym wspólnie przez geologów i inżynierów złożowych. Modele geologiczne opracowywane w oparciu o wyniki badań geologicznych i geofizycznych stanowią integralną część numerycznych modeli symulacyjnych uwzględniających właściwości skał i płynów złożowych, przepływy płynów, mechanizmy złożowe, sposób udostępniania i wydobycie [9, 11].

Do wszystkich prac, jakie wykonuje się na złożu, stosuje się odpowiednie wyposażenie i urządzenia. Właściwy dobór, konstrukcja i konserwacja urządzeń oraz wyposażenia ma ogromny wpływ na rentowność eksploatacji. Projektowane

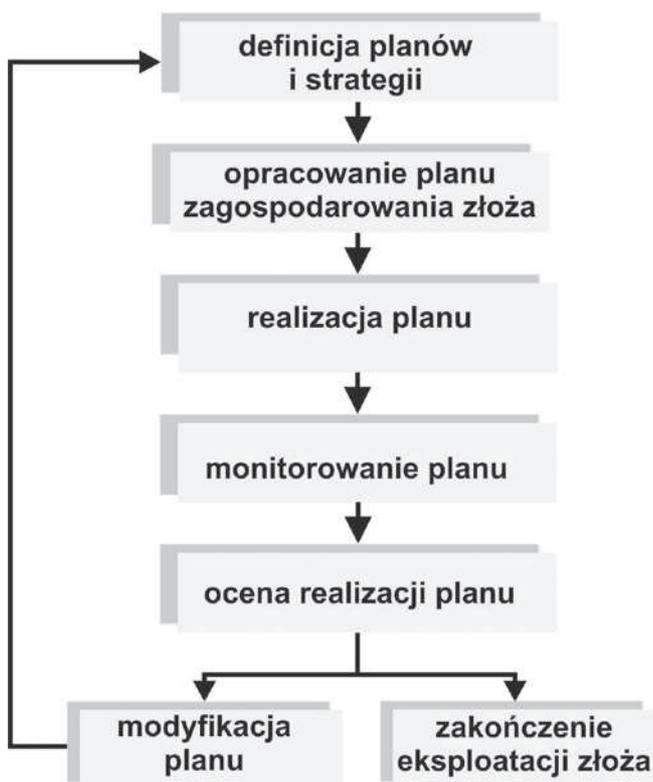
wyposażenie kopalni ropy lub gazu musi zapewniać możliwość realizacji planu zarządzania złożem, ale nie może być zbyt drogie. Zasadniczą intencją zarządzania złożem jest planowanie, realizacja i kontrola prac na złożu tak, aby otrzymać maksymalne, ekonomicznie uzasadnione wydobycie węglowodorów.

Osiągnięcie sukcesu we wdrażaniu planu zagospodarowania złoża węglowodorów zapewnione jest w przypadku, gdy jest on elastyczny i realizowany ze wszystkimi aspektami i funkcjami. Musi być precyzyjnie wdrażany przez personel (załogę), nadzorowany i kontrolowany przez kierownictwo.

Planowanie zagospodarowania złoża jest procesem trudnym ze względu na konieczność oceny wielu opcji i wyboru najlepszej przy uwzględnieniu wielu czynników, do których należą między innymi:

- nakłady, jakie musi się ponieść na realizację przedsięwzięcia, jest to zazwyczaj kluczowy czynnik przy podejmowaniu decyzji przez operatorów;
- wielkość wydobycia ropy i gazu, którą można uzyskać z danego złoża, jest szacowany przez operatora;
- elastyczność działania i skalowalność planu;
- nakłady początkowe w porównaniu do kosztów operacyjnych, operatorzy posiadający ograniczony kapitał z założenia stosują rozwiązania minimalizujące nakłady finansowe;
- ryzyko techniczne, operacyjne i finansowe.

Dobór odpowiedniej strategii zagospodarowania złoża będzie warunkował cały proces jego eksploatacji i uzyskanie możliwie dużego stopnia szczerpania zasobów geologicznych węglowodorów (rys. 2). Zdefiniowanie planów związanych z zagospodarowaniem złoża pozwoli na terminowe wykonanie wszystkich prac przewidzianych do realizacji.



Rys. 2. Schemat wdrażania planu zagospodarowania złoża (na podst. [9] ze zmianami)

Fig. 2. Scheme of the deposit utilization plan implementation (after [9] with changes)

W trakcie eksploatacji złoża konieczny jest ciągły nadzór nad realizacją programu zaplanowanych prac. Aby monitorowanie i nadzór były skuteczne powinno się skoordynować wysiłki różnych zespołów pracujących na złożu (geologów, inżynierów, kadry zarządzającej i załogi) już na początkowych etapach życia złoża [9].

Przebieg prac związanych z zagospodarowaniem złoża nie jest nigdy w pełni zgodny z planem początkowym. Dlatego plan zagospodarowania złoża powinien być monitorowany i okresowo weryfikowany w celu stwierdzenia, czy jest prawidłowo realizowany i czy dalej jest on planem optymalnym. Jeżeli dochodzą nowe uwarunkowania, techniczne, technologiczne lub ekonomiczne, należy zastanowić się nad jego korektą. Należy na bieżąco analizować aktualne dane złożowe i eksploatacyjne na tle danych prognostycznych (oczekiwanych). Dlatego należy zdefiniować kryteria (techniczne i ekonomiczne), które pozwolą ocenić czy realizowane przedsięwzięcie odniosło sukces. Kryteria zależą od charakteru projektu, ponieważ przedsięwzięcie może odnieść sukces techniczny, ale porażkę z punktu widzenia ekonomicznego.

Rewizja strategii i planów jest konieczna, jeżeli uzyskane dane złożowe i eksploatacyjne nie zgadzają się z projektem lub kiedy zmieniają się warunki złożowe, eksploatacyjne lub środowiskowe. W takiej sytuacji należy sobie zadać pytanie dlaczego coś, działa źle i co należy zmienić, aby było dobrze? – a ostatecznie należy dokonać optymalnego wyboru i korekty opracowanego wcześniej programu.

Ostatnim zadaniem w zarządzaniu złożem jest likwidacja złoża, wtedy gdy cały plan zagospodarowania złoża prowadzący do jego szczerpania został zrealizowany.

Proces zarządzania złożem może nie zostać zakończony sukcesem. Do najważniejszych przyczyn niepowodzenia tego procesu można zaliczyć [9]:

- brak integracji systemu – zespół ludzi źle dobrany, niewspółpracujący ze sobą, bez właściwej wiedzy i wykształcenia; możliwe są także konflikty pomiędzy poszczególnymi zespołami (specjalistami);
- brak właściwego nadzoru ze strony personelu zarządzającego;
- zbyt późne rozpoczęcie wdrażania procesu zarządzania złożem.

### 3. Uwarunkowania środowiskowe uwzględniane przy planowaniu zagospodarowania złoża węglowodorów

Problematykę związaną z eksploatacją złóż węglowodorów reguluje bogaty zbiór aktów prawnych i przepisów technicznych. W Polsce działalność związana z wydobywaniem surowców mineralnych oraz składowaniem odpadów w górotworze jest regulowana przede wszystkim przez Prawo geologiczne i górnicze [21] oraz akty wykonawcze w postaci rozporządzeń. PGiG reguluje działalność w zakresie: prac geologicznych, wydobywania kopalni ze złóż, podziemnego składowania odpadów i dwutlenku węgla. Ponadto, przy zagospodarowywaniu złóż węglowodorów stosuje się regulacje dotyczące budownictwa i zagospodarowania przestrzennego (Ustawa prawo budowlane, Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, Ustawa o gospodarce nieruchomościami, Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych, Prawo geodezyjne i kartograficzne) oraz akty prawne dotyczące działalności gospodarczej (Ustawa o swobodzie gospodarczej) i dostępie do informacji (Ustawa o dostępie do informacji publicznej).

W pracach związanych z zagospodarowaniem złóż stosuje się również liczne ustawy i rozporządzenia dotyczące ochrony

środowiska i przyrody. Do najważniejszych należą: Ustawa o ochronie przyrody [20], Prawo ochrony środowiska [18], Ustawa o odpadach wydobywczych [15], Ustawa o odpadach [16], Prawo wodne [19] oraz Ustawa o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko [17].

Eksploatacja złóż ropy naftowej i gazu ziemnego może negatywnie oddziaływać na środowisko naturalne, stąd wynikają ograniczenia w prowadzeniu tego rodzaju działalności, zwłaszcza gdy złoża są zlokalizowane na obszarach chronionych. Polska charakteryzuje się wysokim odsetkiem obszarów chronionych (około 41 %) możliwość prowadzenia na ich terenie działalności gospodarczej w tym eksploatacji węglowodorów, jest zależna od rodzaju obszaru. Do obszarowych form ochrony przyrody w Polsce należą: parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, obszary Natura 2000 [20]. Obszary te zajmują różne powierzchnie i cechują się zróżnicowanym zespołem środków chroniących przyrodę. Najbardziej restrykcyjne ograniczenia występują w parkach narodowych i rezerwach, gdzie eksploatacja złóż nie jest możliwa. W parkach krajobrazowych zabrania się realizacji przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko z wyjątkiem tych, dla których przeprowadzona procedura oceny oddziaływania na środowisko wykazała brak niekorzystnego wpływu na przyrodę parku. Eksploatacja kopalin na tych obszarach może być dozwolona w przypadku ujęcia jej w planach ochrony. Na terenach sieci Natura 2000 nie wprowadza się zakazów, w przypadku eksploatacji złóż kopalin nie przewiduje się zamykania, ani ograniczeń w otwieraniu nowych zakładów wydobywczych [14].

Na etapie zagospodarowywania złoża musi się również brać pod uwagę, że eksploatacja złóż węglowodorów nie jest możliwa w obszarach: stref bezpośredniej ochrony ujęć wód podziemnych i powierzchniowych, międzyrzek i ochrony uzdrowiskowej [14].

Ograniczenia związane z ewentualną lokalizacją złoża na terenach ochrony obszarowej lub w strefach ochrony wód powinny być uwzględniane na etapie planowania ich zagospodarowywania.

Złoża gazu ziemnego oraz ropy naftowej zgodnie z Prawem geologicznym i górnictwem [21] są własnością Skarbu Państwa, który może korzystać z tych złóż oraz rozporządzać prawem do nich przez ustanowienie użytkownika górnictwa. Korzysta z tego prawa poprzez udzielanie koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie lub wydobywanie kopaliny. W postępowaniu o wydanie koncesji może zostać nałożony obowiązek przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko, będącej częścią postępowania w sprawie wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. Ocena oddziaływania na środowisko powinna być sporządzana dla planowanych przedsięwzięć, które mogą zawsze lub potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko. W myśl obowiązujących obecnie przepisów do przedsięwzięć zawsze znacząco oddziałujących na środowisko zalicza się poszukiwanie i rozpoznawanie złóż kopalin metodą otworów wiertniczych o głębokości większej niż 1000 m lub wydobywanie ropy naftowej w ilości powyżej 500 t/d albo gazu ziemnego powyżej 500 000 Nm<sup>3</sup>/d [8]. Większość złóż węglowodorów, dla których występuje się o wydanie koncesji, spełnia przynajmniej jedno z wymienionych kryteriów, dlatego obecnie każdorazowo konieczne jest uzyskanie decyzji środowiskowej. Decyzje o środowiskowych uwarunkowaniach określają wymagania dla każdej inwestycji, które pozwalają na uzyskanie optymalnych efektów w zakresie ochrony środowiska.

Nowelizacja Prawa geologicznego i górnictwa i innych ustaw przyjęta przez Sejm w lipcu 2014 przewiduje zmianę

tej sytuacji. W myśl przepisów, które mają obowiązywać od 1 stycznia 2015 roku wymóg posiadania decyzji środowiskowej pojawi się na późniejszym etapie przed wydaniem decyzji o zatwierdzeniu planu ruchu zakładu górnictwa lub uzyskaniem decyzji inwestycyjnej. Nie na etapie ubiegania się o koncesję (jak dotychczas), lecz przed rozpoczęciem wierceń. Kolejna projektowana zmiana, która będzie stanowiła ułatwienie dla przedsiębiorców, to wprowadzenie zasady, że procedury środowiskowe dotyczące rozpoznawania i wydobywania węglowodorów będą prowadzone przez właściwą miejscową Regionalną Dyрекcyjną Ochrony Środowiska. Nie jak do tej pory przez władze lokalne. Postępowanie mające na celu wydanie decyzji środowiskowej prowadzić będzie Regionalny Dyrektor Ochrony Środowiska. Wójt, burmistrz lub prezydent miasta będzie jedynie opiniował decyzję środowiskową. Zgodnie z nowymi regulacjami ubieganie się o decyzję środowiskową będzie następowало:

- przed rozpoczęciem wiercenia, gdy planowany otwór wiertniczy będzie miał głębokość większą niż 5000 m lub w przypadku kiedy otwór wiertniczy o głębokości większej niż 1000 m jest zlokalizowany: w strefach ochrony ujęć wody, na obszarach ochronnych zbiorników wód śródlądowych lub na obszarach objętych formami ochrony przyrody,
- przed zatwierdzeniem decyzji inwestycyjnej,
- w przypadku wyznaczenia do przetargu przez Ministerstwo Środowiska perspektywicznych złóż, musi wcześniej uzyskać decyzję środowiskową.

Ograniczono również zakres decyzji środowiskowej, która będzie obejmować jedynie teren wiertni i obszar w promieniu 500 m.

W przypadku zagospodarowywania złoża zachodzi konieczność przestrzegania miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego (MPZP) lub studium uwarunkowań. Są to dokumenty, które służą do kształtowania i prowadzenia polityki przestrzennej na terenie jednostek samorządowych, w których działalność związana z eksploatacją złóż węglowodorów powinna być również uwzględniona. MPZP ustala przeznaczenie terenów oraz określa sposób ich zagospodarowania i zabudowy. Określa się w nich również rozwiązania niezbędne do zapobiegania zanieczyszczeniom, ochrony przed występującymi zanieczyszczeniami oraz do przywracania poprzedniego stanu środowiska. Dokumenty planistyczne (MPZP oraz studia uwarunkowań) wymagają uzgodnień w zakresie ustaleń ujętych w tych planach, które mogą mieć negatywny wpływ na ochronę przyrody. W związku z powyższym zagospodarowanie złoża powinno zapewniać zachowanie walorów krajobrazowych terenu, utrzymanie równowagi przyrodniczej i racjonalną gospodarkę zasobami środowiska. Jeżeli działalność przewidziana w koncesji sprzeciwia się ochronie środowiska lub uniemożliwia wykorzystanie nieruchomości zgodnie z planami zagospodarowania lub studiami i kierunkami zagospodarowania przestrzennego organ koncepcyjny może odmówić udzielenia koncesji.

#### 4. Działania związane z ochroną środowiska naturalnego przewidziane w planie zagospodarowania złoża

Budowa i działanie kopalni ropy naftowej lub gazu ziemnego mogą spowodować wystąpienie zagrożeń dla środowiska naturalnego. Kilkudziesięcioletni okres eksploatacji złóż węglowodorów powoduje, że oddziaływanie na poszczególne składniki środowiska naturalnego może wywołać poważne negatywne skutki. Eksploatacja złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, może wpływać na środowisko naturalne w postaci emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych do atmosfery.

ry, wytwarzania odpadów stałych i płynnych, zanieczyszczeń gruntu, wód powierzchniowych oraz podziemnych, wytwarzania ścieków technologicznych i socjalnych, zużycia surowców i zasobów naturalnych, hałasu oraz innych aspektów mających wpływ na środowisko (np. odory).

Działania związane z ochroną środowiska naturalnego przewidziane w planie zagospodarowania złoża powinny być zgodne z planem ruchu zakładu górniczego na podstawie, którego eksploatuje się złożo. Planu ruchu, sporządzany jest dla każdego zakładu górniczego w oparciu o warunki określone w koncesji oraz w projekcie zagospodarowania złoża. Określa szczegółowe przedsięwzięcia niezbędne do zapewnienia: bezpieczeństwa powszechnego, pożarowego i higieny pracy pracowników; prawidłowej i racjonalnej gospodarki złożem; ochrony środowiska wraz z obiektami budowlanymi, zapobiegania szkodom i ich naprawie. W planach ruchu powinno się przedstawić działania podejmowane w celu ochrony środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem zamierzeń w zakresie: ochrony powierzchni, rekultywacji gruntów po działalności górniczej, gospodarki odpadami, gospodarki wodno-ściekowej oraz ochrony wód podziemnych i powierzchniowych, ochrony powietrza przed zanieczyszczeniem, ochrony przed hałasem i wibracjami, przechowywania substancji toksycznych oraz źródeł promieniowania jonizującego [7].

Jak wspomniano wcześniej na etapie przygotowywania planu zagospodarowania złoża powinno się scharakteryzować potencjalne zagrożenia dla środowiska naturalnego, zidentyfikować wszystkie możliwe źródła zanieczyszczeń oraz określić ilości zanieczyszczeń, które będą emitowane. W planie zagospodarowania powinno się również przewidzieć metody zapobiegania zanieczyszczeniom np. stosowanie odpowiednich urządzeń i wyposażenia oraz monitoring wybranych elementów środowiska naturalnego. Wyniki monitoringu będą stanowiły podstawę do weryfikacji planu zagospodarowania złoża, pod kątem zastosowania bardziej proekologicznych rozwiązań technologicznych. Wszystkie emisje szkodliwych substancji zarówno do atmosfery, jak również do wód oraz gleb i gruntów, mogą być związane z rutynowymi pracami eksploatacyjnymi (np. ulatnianie gazu ze zbiorników) oraz sytuacjami awaryjnymi (np. uszkodzenie rurociągu, erupcje).

Składnikiem środowiska, na który w największym stopniu może wpływać eksploatacja złoża ropy naftowej lub gazu ziemnego jest powietrze atmosferyczne. Emisje pyłów i zanieczyszczeń gazowych do powietrza na kopalniach ropy lub gazu mogą pochodzić z różnych źródeł. W wyniku działalności kopalni mogą być emitowane składniki gazowe płynów złożowych lub gazy spalinowe i pyły. Pierwsza grupa zanieczyszczeń to głównie metan i inne węglowodory, lotne składniki ropy oraz niewęglowodorowe składniki gazu ziemnego (głównie dwutlenek węgla, siarkowodór), drugą grupę stanowią gazy spalinowe i pyły (tlenek i dwutlenek węgla, tlenki azotu i siarki oraz węglowodory, zwłaszcza alifatyczne (benzoapiren)). Emisja zanieczyszczeń pierwszej grupy pochodzi głównie z urządzeń zainstalowanych na kopalni ropy lub gazu: układów spalania, układów wentylacyjnych, zbiorników magazynowych, rurociągów, urządzeń transportujących oraz zbiorników oraz rowów i studzienek zbierających ścieki i wody opadowe z terenu kopalni. Większość zanieczyszczeń emitowana jest do atmosfery z układów spalania i wentylacyjnych spowodowane jest przedmuchiwaniem tych układów i wypływem gazu przez zawory. Gazy mogą ulatniać się ze zbiorników magazynowych (w wyniku zmian temperatury, ciśnienia, poziomu cieczy i rozpuszczalności gazów w cieczach), w trakcie przelewania ropy naftowej. Emisja gazów i pyłów pochodzi ze spalania paliw w kotłowniach (wytwarzające ciepło do celów grzewczych i technologicznych) oraz silnikach spalinowych wykorzystywanych na kopalni

do napędu różnych urządzeń np. wydobywczych. Uzyskanie pozwolenia na wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza zależy od mocy stosowanych kotłów, w zależności od rodzaju paliwa przy mocy niższej niż 5÷15 MW takie pozwolenie nie jest wymagane [6].

Na kopalniach ropy lub gazu podejmuje się wiele działań mających na celu redukcję emisji gazów zwłaszcza z pochodni i rurociągów. Aby ograniczyć ulatnianie się gazów z układów spalania, które mogą stanowić dość poważne źródło emisji stosuje się np. pochodnie z zamkniętą komorą spalania, które spełniają wymóg osłony płomienia, wysoką sprawność procesu spalania, brak emisji dymu. Dla przykładu pochodnie zlokalizowane na kopalni Lubiaków mają wewnętrzne wykładziny z włókien ceramicznych eliminujące promieniowanie cieplne oraz emisję hałasu. Dobiera się również takie konstrukcje pochodni i palników oraz warunki spalania, aby uzyskać wysoki stopień przereagowania paliwa. Do przedmuchiwania pochodni stosuje się azot zamiast gazu ziemnego oraz zamknięte obiegi w instalacjach regeneracji glikolu. W celu wykrywania nieszczelności montowane są systemy detekcji wycieków na rurociągach technologicznych, które jak w przypadku kopalni Lubiaków składają się z systemu kontroli szczelności rurociągów kopalnianych (złożonego z 84 przetworników ciśnienia) oraz akustycznego systemu detekcji na rurociągach gazu (złożonego z 11 przetworników akustycznych). System ten pozwala na zlokalizowanie nieszczelności wielkości 5 mm, z dokładnością do 30 m w bardzo krótkim czasie około 60÷90 sekund [5, 6, 12].

Ograniczenie ulatniania się gazów ze zbiorników magazynowych ropy naftowej, kondensatu i wody złożowej możliwe jest poprzez wyposażenie ich w system odzysku oparów węglowodorowych.

Spośród gazów emitowanych w trakcie eksploatacji ropy naftowej lub gazu ziemnego najgroźniejszym ze względu na jego właściwości jest siarkowodór. Jest to jedno z zagrożeń naturalnych występujących w górnictwie otworowym. Szczególnie groźne są sytuacje awaryjne, erupcje lub gwałtowne wypływy gazu z siarkowodorem. Dla ochrony powietrza atmosferycznego stosuje się systemy detekcji gazów palnych (metan, propan) oraz gazów toksycznych (siarkowodór). Instalacje technologiczne zlokalizowane na kopalniach ropy lub gazu wyposażone są w detektory gazów. Kopalnia ropy Lubiaków wyposażona jest w system o dwóch progach detekcji: I próg – przy 7 ppm H<sub>2</sub>S powoduje włączenie systemów ostrzegawczych w zagrożonej strefie zakładu; II próg – 50 ppm H<sub>2</sub>S powoduje zadziałanie algorytmu ESD (*Emergency Shut Down*) – wyłączenie zakładu z ruchu (odcięcie rurociągów zasilających i odpływowych, wyłączenie urządzeń elektrycznych, zrzućenie i spalenie na świeczce znajdującego się w instalacji gazu). Sygnały z zamontowanych czujników przesyłane są na bieżąco i rejestrowane na twardym dysku [5, 12, 22].

Zagrożenie dla wód powierzchniowych i podziemnych mogą stanowić: ropa naftowa, woda złożowa (solanka), ścieki technologiczne oraz ścieki socjalne. Spośród wymienionych zagrożeń największy problem stanowią wody złożowe ze względu na ilość, która wzrasta w czasie życia złoża. Wody złożowe są solankami o wysokiej mineralizacji nierzadko ponad 100 g/dm<sup>3</sup> (zawierają głównie jony Cl, Na, Ca oraz w mniejszych ilościach kationy różnych metali w tym ciężkich) zawierają one również substancje ropopochodne, związki organiczne i związki chemiczne stosowane w zabiegach wykonywanych w odwiercie. Wody złożowe ze względu na koszty ich uzdatniania nie są bezpośrednio zrzucane do cieków powierzchniowych ani wykorzystywane gospodarczo. Najczęściej są one zatłaczane powrotnie do złoża lub górotworu, metoda ta może stanowić zagrożenie dla jakości wód podziemnych tylko w przypadku słabego rozpoznania

warunków hydrogeologicznych lub błędów w procesie zatłaczania. W przypadku zrzutu wód do wód powierzchniowych może powstać znaczne zagrożenie ze względu na ładunek substancji, jakie wody te zawierają. Zagrożeniem dla wód podziemnych i powierzchniowych oraz gleb i gruntów mogą być również substancje ropopochodne. Skażenia tego rodzaju występują w pobliżu odwiertów eksploatacyjnych oraz miejsc wykonywania prac rutynowych, takich jak pompowanie, przetłaczanie lub przelewanie ropy, obejmują one niewielkie obszary. Większy teren może być skażony w przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnych takich jak erupcje lub uszkodzenia rurociągów [2, 6].

W zakresie ochrony wód podziemnych i powierzchniowych oraz powierzchni ziemi stosuje się wiele rozwiązań mających na celu zabezpieczenie przed niekontrolowanym wyciekami substancji ropopochodnych, w szczególności poprzez uszczelnienie obwałowań np. geomembraną, wyposażenie w wanny betonowe oraz podwójne ściany zbiorników metalowych. Produkty ropopochodne także mogą zawierać wody deszczowe z terenu kopalni, dlatego przed odprowadzeniem ich do rowów melioracyjnych powinny przejść przez separatory oleju i studnie chłonne, jak w przypadku złoża BMB [12].

Z eksploatacją węglowodorów wiąże się również powstawanie ścieków, zarówno tych komunalnych, jak i technologicznych. Składnikami ścieków technologicznych jest ropa naftowa i jej frakcje oraz chlorki, fenole, metanol, glikole i zawiesiny mineralne. W związku z ich składem stanowią one poważne zagrożenie dla wód i gleb. Do ich oczyszczania stosuje się łapaczki, osadniki, rowy samorodne, wały ochronne, separatory koalescencyjne. Są to metody mało wydajne, stąd do oczyszczania tych ścieków powinno stosować się metody aktywnego oczyszczania lub zatłaczanie do górotworu [6, 10].

W działalności kopalń ropy naftowej i gazu ziemnego powstają odpady zarówno niebezpieczne, jak i inne niż niebezpieczne np. komunalne. W celu spełnienia wymogów wynikających z przepisów ustawowych o odpadach i odpadach wydobywczych oraz przepisów wykonawczych opracowuje się programy gospodarki odpadami mające na celu zapobieganie powstawaniu, minimalizowanie ilości i gospodarowanie odpadami, w szczególności pod kątem ich ponownego wykorzystania [15].

Kopalnie ropy i gazu mogą powodować zmiany w klimacie akustycznym. Główną źródła hałasu to tłocznie gazu, kotłownie, procesy dekompresji, zabiegi syfonowania odwiertów oraz funkcjonowanie zaworów bezpieczeństwa. Spośród wymienionych stale działających źródeł hałasu, głównymi problemami stwarzają tłocznie, gdyż hałas emitowany z kotłowni jest niewielki. Pozostałe źródła hałasu (np. syfonowanie odwiertów) powodują podwyższenie jego poziomu okresowo, zwykle przez krótki czas. Ograniczenie emisji hałasu na kopalniach węglowodorów realizowane jest poprzez zabudowę urządzeń technologicznych w kontenerach [3, 4, 6].

Minimalizacja oddziaływania na środowisko wydobywania ropy naftowej i gazu ziemnego w czasie eksploatacji złoża polega na ograniczeniu ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery, wód powierzchniowych i podziemnych oraz do gleby. Działania podejmowane w tym celu można podzielić na kilka grup [6]:

- modernizacja technologii stosowanych w eksploatacji złóż węglowodorów pod kątem zmniejszenia ich szkodliwego wpływu na środowisko,
- stałe przeglądy, konserwacja, naprawa lub wymiana urządzeń, które są źródłami emisji gazów lub ścieków,
- stosowanie nowoczesnych metod monitoringu środowiska,
- prowadzenie monitoringu stanu środowiska na terenach górniczych,

- organizacja prac gwarantująca realizację zadań z zakresu ochrony środowiska.

Monitoring środowiska powinien być ważnym elementem planu zagospodarowania złoża. Według obecnie obowiązującego prawa [7] istnieje wymóg prowadzenia monitoringu stanu wód podziemnych i powierzchniowych oraz gleb. Wykonywanie systematycznych (przeciętnie 2 razy do roku) badań składu i jakości wód (w piezometrach, okolicznych studniach i wodach powierzchniowych) pozwala na stwierdzenie czy prowadzenie prac eksploatacyjnych nie wpływa na zmiany chemizmu wód. Powinno się również prowadzić badania gleb i gruntów, ich składu (w tym: metali ciężkich, cyjanów wolnych i ogólnych, olejów mineralnych, WWA, BTEX) oraz składu powietrza glebowego i podglebowego ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_2$ ). Również poziom hałasu spowodowanego działaniem kopalni powinien być okresowo kontrolowany.

## 5. Wnioski

1. Plan zagospodarowania złoża określa strategię eksploatacji, przedstawia sposób gromadzenia danych i ich analizy, modele geologiczne i hydrodynamiczne złoża, oszacowania zasobów, ocenę warunków eksploatacji i prognozę wielkości wydobycia oraz optymalizację ekonomiczną przedsięwzięcia.
2. Wdrożenie planu zagospodarowania złoża wymaga akceptacji władz terenowych oraz wsparcia ze strony kadry zarządzającej i pracowników w terenie oraz współpracy multidyscyplinarnej. Przy realizacji planu zagospodarowania złoża wykorzystywane są wszelkie dostępne dane i narzędzia oraz stosowana jest najlepsza technologia. Centralne miejsce zajmuje przy tym integracja w zakresie: wymiany informacji, realizacji przyjętych idei, synergizmu oraz działań zespołowych.
3. W Polsce, a także w krajach członkowskich UE, uwzględnienie uwarunkowań środowiskowych przy opracowywaniu planu zagospodarowania złoża węglowodorów, w ramach zintegrowanego zarządzania złożem, jest koniecznością wynikającą z obowiązujących regulacji prawnych.
4. Eksploatacja złóż węglowodorów nie jest możliwa na terenie niektórych form ochrony obszarowej, w strefach bezpośredniej ochrony ujęć wód podziemnych i powierzchniowych, międzywał rzek i ochrony uzdrowiskowej. Ograniczenia związane z ewentualną lokalizacją złoża na terenach ochrony obszarowej lub w strefach ochrony wód powinny być uwzględniane na etapie planowania ich zagospodarowywania.
5. Nowelizacja Prawa geologicznego i górniczego i innych ustaw, która ma obowiązywać od 1 stycznia 2015 roku wprowadza szereg korzystnych dla inwestora zmian w zakresie decyzji środowiskowych. Inwestor decyzję środowiskową będzie musiał uzyskać przed wydaniem decyzji o zatwierdzeniu planu ruchu zakładu górniczego lub uzyskaniem decyzji inwestycyjnej. Procedury środowiskowe dotyczące rozpoznawania i wydobywania węglowodorów będą prowadzone przez właściwą miejscową Regionalną Dyрекcję Ochrony Środowiska. Wójt lub burmistrz, czy prezydent miasta będzie jedynie opiniował decyzję środowiskową.
6. Eksploatacja złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, może wpływać na różne składniki środowiska naturalnego: powietrze, gleby i grunty, wody powierzchniowe oraz podziemne, klimat akustyczny. W planie zagospodarowania złoża, który powinien być zgodny z planem ruchu, należy

scharakteryzować potencjalne zagrożenia dla środowiska naturalnego, zidentyfikować wszystkie możliwe źródła zanieczyszczeń, określić ilości zanieczyszczeń, które będą emitowane, przedstawić plan monitoringu. W planie powinno się również przewidzieć działania naprawcze jakie powinny być podjęte w przypadku zanieczyszczenia środowiska.

7. Monitoring środowiskowy wykorzystywany jest od początku realizacji planu zagospodarowania złoża m.in. do weryfikacji przyjętych wcześniej założeń, oceny wpływu poszczególnych elementów systemu kopalnianego na środowisko naturalne istotnych zmian w zagospodarowaniu złoża w aspekcie stwierdzonych zmian środowiskowych.

**Pracę wykonano w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.190.555**

### Literatura:

1. *Dubiel S., Uliasz-Misiak B.*: Analiza decyzji technologicznych podejmowanych w zakresie zarządzania złożem węglowodorów przy dowiercaniu, opróbowaniu i udostępnianiu złóż. *Przeгляд Górnicy* 2014 (w druku).
2. *Macuda J., Dubiel S.*: Ocena wpływu otwartej erupcji ropy naftowej. Na środowisko gruntowo-wodne. Na przykładzie otworu Daszewo. *Wiertnictwo, Nafta, Gaz* 2010, t 27 t 1-2, s. 251÷259.
3. *Macuda J., Łukańko Ł.*: Wpływ stacji redukcji-pomiarowych gazu ziemnego na klimat akustyczny środowiska, *Wiertnictwo Nafta Gaz* 2007, t. 24, z. 1.
4. *Macuda J., Łukańko Ł.*: Pomiary Hałasu Środowiskowego W Przemśle Naftowym I Gazowniczym. *Wiertnictwo Nafta Gaz* 2008, t 25, z 1: 37÷42.
5. *Mudry D.*: Działalność PGNiG SA Oddział w Zielonej Górze w zakresie ochrony środowiska i bezpieczeństwa energetycznego regionu na przykładzie Kopalń Ropy Naftowej i Gazu Ziemnego Dębno i Lubiatów. Prezentacja, 2014. Dostępna w Internecie: <http://www.zgora.pios.gov.pl/wp-content/uploads/2014/06/2.-PGNiG-Dzia%C5%82alno%C5%9B%C4%87-PGNiG-w-zakresie-ochrony-%C5%9Brodowiska....pdf>. [dostęp 10 lipca 2014].
6. *Raczkowski J., Steczko K.*: Zagrożenia ekologiczne i ochrona środowiska podczas poszukiwań i wydobycia ropy. W: *Ropa naftowa i środowisko przyrodnicze*, pod redakcją J. Surygały, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2001, s. 48÷67.
7. RMŚ, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 lutego 2012 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych (Dz. U. 4 kwietnia 2012 r., poz. 372).
8. RRM, Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko, Dz. U. 2010 Nr 213, poz. 1397.
9. *Satter A., Thakur G.C.*: Integrated reservoir petroleum management: team approach. PennBook, Tulsa 1994, s. 172.
10. *Steliga T.*: Sposoby oczyszczania ścieków i wód złożowych w kopalniach ropy naftowej i gazu ziemnego. *Inżynieria Ekologiczna* 2000, nr 2, Mat. Konf. Technologie odolejania gruntów, odpadów, ścieków, s. 14÷22.
11. *Szott W.*: Symulacje złożowe - ich rola i znaczenie w nowoczesnym, zintegrowanym zarządzaniu złożami naftowymi. *Nafta – Gaz* 2005, R. 61 nr 5, s. 196202.
12. *Tatarynowicz J.*: Rozwiązania proekologiczne przy eksploatacji ropy naftowej i gazu ziemnego na złożu Barnówko – Mostno – Buszewo w Polskim Górnictwie Naftowym i Gazownictwie SA. *Zeszyty Naukowe. Inżynieria Środowiska* 2001, nr 125, s. 335÷343.
13. *Thakur G.C.*: What Is Reservoir Management? *Journal PT* June 1996, s. 521÷525.
14. *Uliasz-Misiak B., Winid B.*: Eksploatacja złóż węglowodorów zlokalizowanych w obszarach chronionych. *Rocznik Ochrona Środowiska* 2012, t 14, s 919÷929.
15. Ustawa z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Dz. U. z 2008 r. Nr 138 z późn. zm.)
16. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. 2013 poz. 21)
17. Ustawa o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.).
18. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. 2001 nr 62 poz. 627 z późn. zm.)
19. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz.U. 2001 nr 115 poz. 1229 z późn. zm.).
20. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. 2004 Nr 92 poz. z późn. zm.).
21. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. nr 163 poz. 981. z późn. zm.).
22. *Zagrożenia naturalne w otworowych zakładach górniczych*. WUG, Katowice 2007, s. 8.