

Kultura ruchowa otworowego zakładu górniczego, czyli wieloletnia praktyka w zakresie bezpieczeństwa w trakcie budowy i prowadzenia ruchu Kawernowego Podziemnego Magazynu Gazu Kosakowo

mgr inż. Arletta CZEREBBA

Kawernowy Podziemny Magazyn Gazu Kosakowo, Dębogórze

mgr inż. Mateusz GIERLICKI

Okręgowy Urząd Górniczy, Gdańsk

TREŚĆ: W artykule przedstawiono kluczowe aspekty funkcjonowania zakładu górniczego, jakim jest Kawernowy Podziemny Magazyn Gazu Kosakowo, w świetle bezpiecznego prowadzenia ruchu. Przybliżono szczegóły natury technicznej, które wpływają długofalowo na elementarne podejście do bezpieczeństwa procesowego. Skupiono się na ujęciu tematu w wymiarze charakterystyki górniczej.

SŁOWA KLUCZOWE: bezpieczeństwo procesowe, ruch zakładu górniczego, nadzór górniczy, urząd górniczy

1. Wstęp

Jak zbudować i eksploatować bezpieczną instalację do prowadzenia procesów technologicznych związanych z magazynowaniem gazu ziemnego? Aby odpowiedzieć na to pytanie, w pierwszej kolejności należy wyjaśnić znaczenie terminu „bezpieczeństwo procesowe”. Jest ono rozumiane jako zbiór czynników na każdym etapie życia technologicznego i realizacji nowej inwestycji w infrastrukturę przemysłową wraz z jej eksploatacją, mających przynosić wymierne skutki przeciwdziałające zdarzeniom awaryjnym. W niniejszym artykule przedstawiono ścieżkę, jaką wypracowano podczas wieloletnich doświadczeń zdobytych przy budowie i eksploatacji Kawernowego Podziemnego Magazynu Gazu Kosakowo (zwanego dalej „KPMG Kosakowo”).

KPMG Kosakowo to magazyn szczytowy, którego komory, budynki, budowle i urządzenia są własnością spółki ORLEN S.A. Jego eksploatacja odbywa się na mocy umowy zawartej pomiędzy ORLEN S.A. a Gas Storage Poland Sp. z o.o. (zwaną dalej „GSP”), na jej podstawie GSP powierzono czynności w ruchu zakładu górniczego KPMG Kosakowo. Spółka GSP była również generalnym wykonawcą budowy KPMG Kosakowo.

Wysoka kultura bezpieczeństwa, jaką osiągnęła spółka GSP podczas realizacji inwestycji na rzecz właściciela obiektu, to dorobek wielu lat zdobywania kompetencji w zakresie organizacyjnym, technicznym i technologicznym. Należy podkreślić, że do budowy KPMG Kosakowo firma przystąpiła z doświadczeniem pozyskanym w trakcie wznoszenia i eksploatacji Kawernowego Podziemnego Magazynu Gazu Mogilno.

Kadra techniczna zaangażowana w proces inwestycyjny KPMG Kosakowo nakreśliła kluczowy nurt w kompleksowym podejściu do realizacji obiektu. Rozwiązania techniczne zastosowane przy budowie zarówno części podziemnej, jak i instalacji napowierzchniowej uwzględniały postęp naukowy XXI wieku w zakresie bezpieczeństwa procesowego i związanego z nim bezpieczeństwa operacyjnego zakładu górniczego. Dodatkowo ważnym aspektem jest to, że bezpieczeństwo procesowe w KPMG Kosakowo rozpatrywane jest również pod kątem zakładu dużego ryzyka wystąpienia poważnej awarii przemysłowej oraz związanych z tym stosowanych dobrych praktyk eksploatacyjnych w celu przeciwdziałania tym awariom. W dalszej części artykułu przybliżono zarówno niektóre aspekty techniczne, jak i te związane z bieżącą pracą obsługi, które wpływają

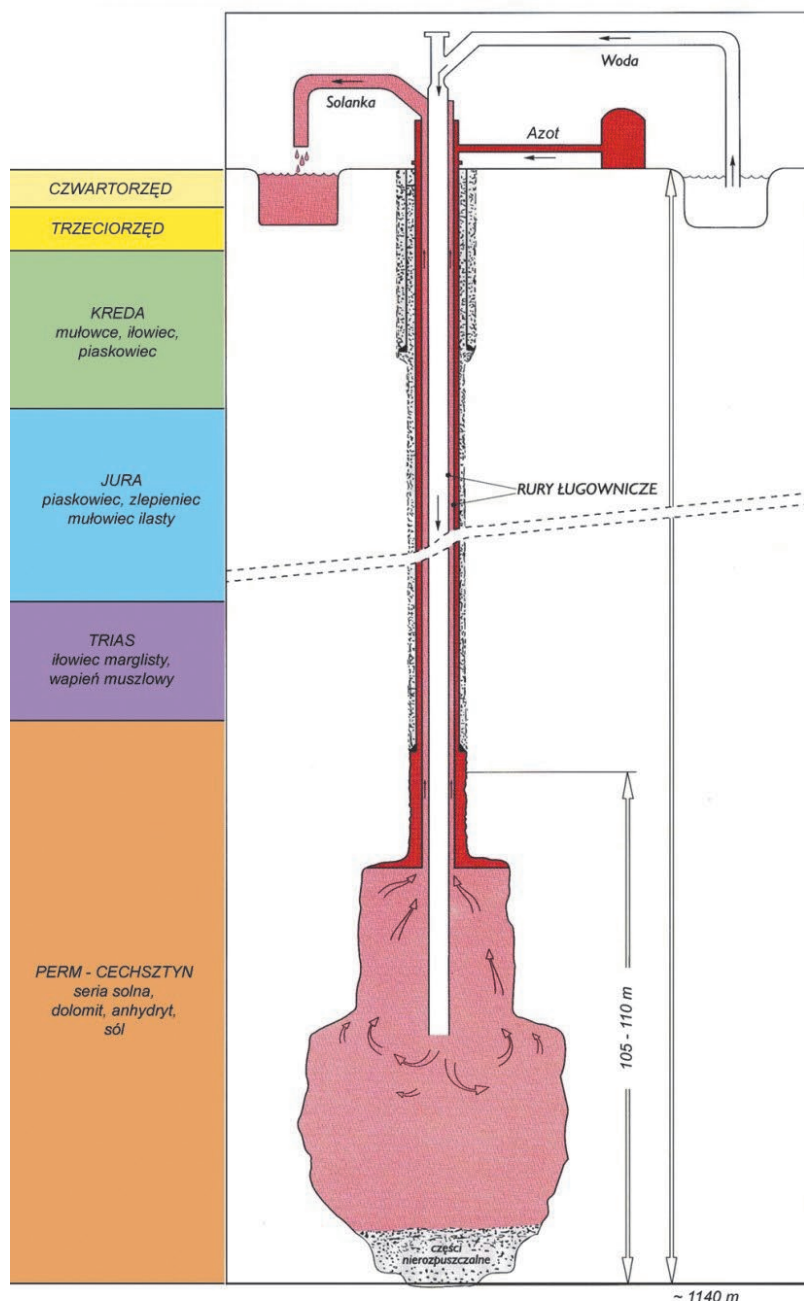
na siebie, a co za tym idzie – na systemowe podejście do bezpieczeństwa w zakładach górniczych.

2. Projektowanie, budowa i zaawansowanie technologiczne magazynu gazu a bezpieczeństwo

Podczas projektowania KPMG Kosakowo rozpatrywano różne aspekty działalności zakładu górniczego, które mogłyby podwyższyć późniejszą niezawodność pracy instalacji i bezpieczeństwo jej eksploatacji. Zespoły specjalistyczne i naukowe wykonały szereg badań i symulacji dla zakładanych modeli komór magazynowych oraz instalacji technologicznych. Określono projektowe parametry geomechaniczne, ciśnieniowe, termodynamiczne, operacyjne i inne niezbędne zarówno w sferze budowy komór, jak i ich późniejszej eksploatacji. Dokonano doboru adekwatnych wysokogatunkowych materiałów i rozwiązań systemowych poszczególnych elementów obiektu. Wykonano analizy operacyjne,

określono poziomy bezpieczeństwa przy udziale pracowników i ich niezastąpionej wiedzy technologicznej, takie jak m.in.: HAZOP (Hazard and Operability Studies), LOPA (Layer of Protection Analysis), SIL (Safety Integrity Level), FSA (Functional Safety Assessment). Dzięki nim zrealizowano złożone rozwiązania technologicznie, dokładając kolejne poziomy zabezpieczeń, dzięki którym prowadzenie eksploatacji KPMG realizowane jest w sposób bezproblemowy i z zachowaniem najwyższych standardów bezpieczeństwa.

Podczas budowy komór magazynowych KPMG Kosakowo projektanci i wykonawca stanęli przed dużymi wyzwaniami natury technicznej, związanymi z utrzymaniem wysokich standardów dbałości o środowisko. Wymagały one zastąpienia oleju solarowego, dotychczas używanego do izolacji stropu budowanej kawerny, innym medium, neutralnym dla środowiska. Wybór padł na azot, który jest gazem neutralnym dla środowiska naturalnego, nie stanowi również zagrożenia



► Rys. 1. Schemat budowy komory magazynowej – ługowanie z użyciem azotu jako medium izolującego strop

► Fig. 1. Diagram of the storage cavern construction – leaching with the use of nitrogen as a medium blanket the roof

dla budowanych komór magazynowych z przeznaczeniem na magazynowanie gazu ziemnego. W zakładzie postawiono jednostkę stacji zgazowania azotu, a sam azot przechowywany jest w zbiorniku kriogenicznym w formie płynnej. Z powodzeniem udało się zastosować i opanować całą technikę wieloetapowej budowy komór magazynowych, używając medium gazowego jako medium izolującego. Doświadczenia z budowy pierwszych komór magazynowych, obserwacji parametrów wydajnościowo-ciśnieniowych, w sprzężeniu z rozwojem kształtu i objętości komór w poszczególnych fazach, pozwoliły wypracować wyjątkowe know-how na poziomie ogólnokrajowym.

Kompetencje i unikatowe doświadczenia zdobyte przy budowie pierwszych komór z powodzeniem rozwijano, a następnie wdrażano przy projektowaniu i budowie kolejnego klastra. Realizowano to poprzez zastosowanie precyzyjnie zaprojektowanych urządzeń technologicznych w korelacji z bezpieczeństwem procesowym operacji. Na chwilę obecną azot wykorzystywany jest również jako medium pomocnicze w procesie eksploatacji instalacji technologicznej do zatłaczania i odbierania paliwa gazowego w magazynie. Jest on kluczowym medium w pracach przygotowawczych do realizacji zadań modernizacyjnych, remontowych i serwisowych w obiekcie. Jego duża ilość i właściwości fizykochemiczne (gaz neutralny) niejednokrotnie pozwalają załódze realizować szereg prac gazoniebezpiecznych, podwyższając bezpieczeństwo zespołów wykonujących te zadania. Azotowanie instalacji gwarantuje uzyskanie bezpiecznych warunków podczas rozłączania połączeń skręcanych i prac spawalniczych. Dzięki temu można bezpiecznie realizować zadania dotyczące np. wymiany zaworów, gazomierzy, prowadzenia rewizji wewnętrznych urządzeń ciśnieniowych, przeglądu agregatów sprzężających.

Kolejnym zagadnieniem związanym z podniesieniem standardów bezpieczeństwa procesowego jest odpowiednie uzbrojenie wgłębne kawerny, również wylotu odwiertu. Zastosowano tutaj serię zabezpieczeń napowierzchniowych i podziemnych, które mają realizować najwyższe standardy bezpieczeństwa oraz stanowić zabezpieczenie całego wolumenu gazu magazynowanego w komorze. Odwierty wyposażone są we wgłębne zawory bezpieczeństwa, tzw. storm choke, a kolumny rur eksploatacyjnych i wydobywczych wykonane z wysokiej jakości stali oraz wyposażone w gazoszczelne połączenia gwintowe klasy premium. Odwierty są odizolowane od skał nadkładu znajdującymi się ponad złożem pokładowym soli kolumnami rur okładzinowych zacementowanymi do wierzchu, co pozwala utrzymać integralność i bezpieczeństwo całego odwiertu. Dodatkowo pod stałą obserwacją jest przestrzeń pierścieniowa pomiędzy kolumną eksploatacyjną a wydobywczą, które są połączone pakerem permanentnym, a przestrzeń wypełniona nadpakerowym płynem izolującym. Paker wraz z kolumną wydobywczą połączony jest zamkiem, tzw. ratch latch, z zastosowaniem najwyższej klasy uszczelnień.

Komory magazynowe w KPMG Kosakowo zintegrowane są w tzw. klastry i rozlokowane pod ziemią w siatce po 5 komór. Powiązanie komór z powierzchnią zrealizowane zostało za pomocą implementacji technologii wierceń kierunkowych. Na każdym klastrze wykonano po jednym otworze pionowym i po cztery otwory kierunkowe. Kolumny wydobywcze odwiertów kierunkowych wyposażone zostały w wysoko gatunkowe centralizatory napawane na zewnętrznej powierzchni rury. Zabezpieczenia napowierzchniowe stanowią głowice eksploatacyjne zamontowane na wylotach odwiertów.

Instalacja napowierzchniowa, służąca do zatłaczania i odbioru gazu, skonfigurowana jest w sposób umożliwiający eksploatację poszczególnych obiektów



► Rys. 2. Głowice komór eksploatacyjnych – ćwiczenia wewnętrznego planu operacyjno-ratowniczego w 2024 r.

► Fig. 2. Wellheads of cavern – internal operational and rescue plan exercises in 2024

z uwzględnieniem optymalizacji dla procesu technologicznego przy zmiennych parametrach pracy, jakie są wymagane i jakie charakteryzują eksploatację szczytowego magazynu gazu w kawernach solnych. Poszczególne stacje wyposażone są w redundantne ciągi rezerwowe, które wspomagają proces bieżącego utrzymania oraz reagowania na nieprzewidziane awarie techniczne.

Obiekt wyposażono w wiele zautomatyzowanych systemów bezpieczeństwa, zapewniających prowadzenie procesu w sposób automatyczny, a także bezpieczne wyłączenie instalacji w przypadku zadziałania funkcji bezpieczeństwa.

3. Prowadzenie ruchu zakładu górniczego w kawernowym podziemnym magazynie gazu w świetle wysokich standardów bezpieczeństwa

Spółka eksploatująca KPMG Kosakowo wraz z właścicielem magazynu planuje i wdraża wysokie standardy utrzymania infrastruktury technicznej, co w praktyce do minimum ogranicza awarie i przestoje. Załoga KPMG składa się z wykwalifikowanej kadry specjalistów, którzy odznaczają się wysokimi kompetencjami w wymaganych podczas eksploatacji magazynu branżach. Zakład prowadzony jest przez osobę o kwalifikacjach górniczych – kierownika ruchu zakładu górniczego, który organizuje służby dozoru ruchu, a także organizuje i prowadzi ruch zakładu. Służby dozoru na bieżąco kształcą się oraz podnoszą swoje kompetencje w trakcie szkoleń i konferencji. Prace firm podwykonawczych w obiekcie nadzorowane są bezpośrednio przez służby górnicze. Dopuszczenie do pracy pracowników i realizacja ich zadań pozostają pod bieżącą kontrolą służb eksploatacyjnych oraz służb bezpieczeństwa i higieny pracy. Instalacja, w szczególności urządzenia ciśnieniowe, poddawana jest badaniom przeprowadzanym przez Urząd Dozoru Technicznego (zwany dalej „UDT”). Służby KPMG wraz z UDT wypracowują kurs dla badań wykonywanych w obiekcie, niejednokrotnie podwyższając poziom stosowanych technik pomiarowych, co wpływa bezpośrednio na wzrost poziomu bezpieczeństwa pracy na instalacji. Dzięki niestandardowym badaniom obsługa może reagować i zintensyfikować działania predykcyjne już na wczesnym etapie starzenia się infrastruktury.

W spółce wdrożony został także system zarządzania jakością, ciągłością działania, bezpieczeństwem informacji, środowiskiem oraz bezpieczeństwem i higieną pracy, pozwalający na monitorowanie i podnoszenie jakości usługi magazynowania gazu ziemnego. W zakładzie wprowadzono również metodologię utrzymania ciągłości działania i przygotowano szereg planów ciągłości działania, które są testowane, a w efekcie mają przeciwdziałać i przygotować spółkę wraz z obsługą KPMG do zdarzeń ograniczających pracę KPMG.

Ze względu na rodzaj i ilość magazynowanego gazu ziemnego zakład zaliczany jest do grupy przedsiębiorstw o dużym ryzyku wystąpienia poważnej awarii przemysłowej. Zgodnie z obowiązkami prowadzącego zakład stwarzający zagrożenie wystąpienia awarii przemysłowej, w celu zapobiegania, zwalczania i ograniczania skutków awarii przemysłowej, dla KPMG

Kosakowo opracowano dokumentację zakładu dużego ryzyka. Przygotowano m.in. program zapobiegania awariom, raport o bezpieczeństwie, system zarządzania bezpieczeństwem oraz wewnętrzny plan operacyjno-ratowniczy. Zgodnie z obowiązującymi przepisami prowadzący zakład o dużym ryzyku jest obowiązany do przeprowadzenia analizy i przećwiczenia realizacji wewnętrznego planu operacyjno-ratowniczego co najmniej raz na trzy lata. KPMG Kosakowo realizuje ten wymóg zarówno w formule ćwiczeń terenowych, jak i symulacji sztabowej z udziałem jednostek ratowniczych Państwowej, Ochotniczej i Wojskowej Straży Pożarnej. W ubiegłym roku w ćwiczeniach udział wzięły również zastępy ratowników z Ratowniczej Stacji Górnictwa Otworowego w Krakowie (zwane dalej RSGO Kraków).

Przepisy ustawy Pgg [1] oraz szczegółowe przepisy z zakresu ratownictwa górniczego nakładają dodatkowo na prowadzącego ruch zakładu górniczego szereg wytycznych związanych z profilaktyką i prowadzeniem akcji ratowniczej. Zgodnie z przytoczonymi przepisami dla KPMG Kosakowo opracowano i wdrożono plan ratownictwa górniczego.

Prace górnicze, które mogą generować zagrożenia, prowadzone są jako prace o specjalnych standardach bezpieczeństwa. Do tej grupy zalicza się prace profilaktyczne w zakładzie górniczym. Norma profilaktyki otworowej uwzględnia zachowanie nadzwyczajnego poziomu bezpieczeństwa, wobec czego prace realizowane są w uzgodnieniu z jednostką ratownictwa górniczego RSGO Kraków. Projekt prac wraz z całą metodologią zabezpieczeń jest precyzowany i uściślany na etapie przygotowania. Same prace realizowane są przez specjalistyczne podmioty pod dozorem służb zakładu górniczego o odpowiednich kwalifikacjach. Nadzór nad pracami sprawuje Okręgowy Urząd Górniczy w Gdańsku, który jest informowany o każdej pracy planowanej w KPMG Kosakowo.

4. Nadzór górniczy – przepisy prawa

Okręgowy Urząd Górniczy w Gdańsku sprawuje nadzór i kontrolę nad ruchem zakładu górniczego KPMG Kosakowo w zakresie:

- bezpieczeństwa i higieny pracy,
- bezpieczeństwa pożarowego,
- ratownictwa górniczego,
- ochrony środowiska,
- zapobiegania szkodom,
- budowy i likwidacji zakładu górniczego, w tym rekultywacji gruntów po działalności górniczej.

Wymogi Pgg, rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi [2] oraz innych rozporządzeń szczegółowych wpływają na ciągłą poprawę bezpieczeństwa prowadzenia ruchu zakładu górniczego KPMG Kosakowo i jego pracowników.

Nadzór górniczy kontroluje bezpieczeństwo i higienę pracy specjalistów, ich zdolność do pracy, posiadane kwalifikacje, kompetencje oraz zakresy powierzonych im obowiązków. Spełnienie tych warunków w połączeniu z wyposażeniem technicznym i technologicznym, jakim dysponuje spółka GSP, umożliwia bardzo dobre

zarządzanie i bezpieczne prowadzenie ruchu zakładu górniczego. Przepisy Pgg i rozporządzeń szczegółowych stawiają również wysokie wymagania odnośnie do wyrobów stosowanych w ruchu KPMG Kosakowo. Zgodnie z art. 113 ust. 1 Pgg [1] w ruchu zakładu górniczego stosuje się wyroby, które:

- spełniają wymagania dotyczące oceny zgodności określone w odrębnych przepisach lub
- spełniają wymagania techniczne określone w przepisach wydanych na podstawie art. 113 ust. 15 Pgg i zostały dopuszczone do stosowania w zakładach górniczych oraz oznakowane w sposób określony w tych przepisach lub
- zostały określone w przepisach wydanych na podstawie art. 120 ust. 1 lub 2 Pgg.

Warto nadmienić, iż stosowany wyrób musi spełniać wszystkie wskazane warunki, aby być dopuszczony i wykorzystywany w ruchu zakładu górniczego.

Organ nadzoru górniczego, jako jednostka sprawująca bezpośredni nadzór nad zakładem w zakresie górnictwem, realizuje kompleksową kontrolę poprawności prowadzenia ruchu. Szczególnie sprawdza wielowątkową specyfikę procesów prowadzonych w zakładzie z uwzględnieniem wszystkich podmiotów z różnych branż, które świadczą usługi serwisowe oraz remontowe dla KPMG Kosakowo zgodnie z przepisami prawa krajowego i szeroko pojętą techniką górnictwem.

5. Podsumowanie

Przedstawiona kwestia z zakresu bezpieczeństwa podczas budowy i prowadzenia ruchu KPMG Kosakowo pokazuje, jak ważne jest zintegrowanie wielu czynników i narzędzi, które stanowią o funkcjonalności, bezpieczeństwie procesowym, bezpieczeństwie powszechnym, bezpieczeństwie środowiskowym, a przede wszystkim bezpieczeństwie wewnętrznym Polski.

Wiedza i kompetencje specjalistów pracujących w KPMG Kosakowo, jak również zastosowane rozwiązania techniczne i technologiczne tworzą strategiczny, efektywny, wydajny, a zarazem bardzo bezpieczny zakład górniczy.

KPMG Kosakowo jest gwarantem narodowego bezpieczeństwa energetycznego. W celu zachowania ciągłości tego statusu zakład górniczy musi realizować wiele systemów i programów przedstawionych w artykule, które zapewnią jego stabilność i niezawodność pracy. Rola surowca, jakim jest gaz ziemny, w najbliższej dekadzie będzie wzrastać, co spowoduje jeszcze większe zaangażowanie w dbałość o krajowe zapasy magazynowe. Gwarancję tego stanowi ciągłe usprawnianie systemu technologicznego zakładu, podnoszenie wiedzy i kwalifikacji pracowników obsługujących KPMG Kosakowo oraz realizacja wymogów prawa krajowego wraz z prowadzeniem nadzoru górniczego.

The operational culture of the borehole mining plant, i.e. many years of practice in the field of safety during the construction and operation of the Kosakowo Underground Gas Storage Cavern

Abstract: The mining plant and its operation are based on a multi-faceted approach to process safety. In the Kosakowo Cavern Underground Natural Gas Storage Facility, the components that ultimately affect its sustainable operation throughout its operation period have their source in the Hazard and Operability Analysis (HAZOP), in which the competences and experience of employees gained during the long-term operation of the Mogilno Cavern Underground Gas Storage Facility played a key role. At the Kosakowo CUGS, at the stage of construction of the storage caverns, technological solutions were applied that streamlined the entire Cavern construction process and those that contributed to the subsequent increased operational reliability of the unit and the safety of its operation. A number of tests and simulations of models of storage cavern and installations for gas production and injection process were performed, defining guidelines for the implementation of specific technical solutions, materials and technological media used. The Mining work of CUGS is carried out in accordance with the provisions of the geological and mining law in force in the country. Supervision over the operation of the Plant is carried out by the District Mining Authority in Gdańsk in the elementary dimension of verification of the entire life cycle of the field, consisting of the approval of products used in construction and operation. The Office verifies the work and competence of employees, the health and safety condition at the plant and the borehole mining works carried out, as well as those on the technological installation. All of the above aspects are a set of factors at each stage of technological life and implementation of a new investment in industrial infrastructure along with its operation, aimed at bringing measurable effects counteracting emergency events at a mining plant.

Literatura

1. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2024 r., poz. 1290) – Pgg.
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 kwietnia 2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz.U. poz. 812).