

PROJEKTY BADAWCZO - ROZWOJOWE REALIZOWANE PRZEZ „POLTEGOR-INSTYTUT” W RAMACH FUNDUSZU BADAWCZEGO WĘGLA I STALI

RESEARCH AND DEVELOPMENT PROJECTS REALISED BY “POLTEGOR-INSTITUTE” WITHIN RESEARCH FUND FOR COAL AND STEEL

Jacek Szczepiński, Adam Bajcar, Barbara Rogosz - „Poltegor-Institut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

Celem artykułu jest zaprezentowanie projektów badawczo-rozwojowych realizowanych przez „Poltegor-Institut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego w ramach Funduszu Badawczego Węgla i Stali w latach 2015-2020.

Słowa kluczowe: projekty badawcze, Fundusz Badawczy Węgla i Stali

The main aim of the article is to present research and development projects realised by “Poltegor-Institute” Institute of Opencast Mining within Research Fund for Coal and Steel in 2015-2020.

Keywords: research project Fund for Coal and Steel

Podstawowym obszarem aktywności „Poltegor-Institut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego jest prowadzenie badań naukowych i prac rozwojowych w dziedzinie nauk przyrodniczych i technicznych oraz wdrażanie wyników tych badań w przemyśle. Obecna działalność Instytutu obejmuje w dużym zakresie tematy badawcze dotyczące nowoczesnych koncepcji zagospodarowania i udostępnienia złóż metodą odkrywkową, innowacyjnych technologii eksploatacji złóż oraz zagospodarowania wyrobisk poeksploatacyjnych.

Wielkość, ranga i złożoność problemów związanych z realizacją tych prac wymaga ścisłej współpracy Instytutu z innymi wyspecjalizowanymi jednostkami badawczymi i naukowymi oraz przedstawicielami przemysłu w Polsce i za granicą. Niezmiernie w tym aspekcie ważna jest współpraca z partnerami zagranicznymi z kilkunastu krajów Europy, przede wszystkim w ramach projektów realizowanych dla Funduszu Badawczego Węgla i Stali (Research Fund for Coal and Steel (RFCS)).

Program badawczy Funduszu Badawczego Węgla i Stali funkcjonuje w Unii Europejskiej jako kontynuacja programów badań i rozwoju technicznego w dziedzinie węgla i stali Europejskiej Wspólnoty Węgla i Stali. Celem tego programu jest wspieranie konkurencyjności wspólnotowych sektorów

związanych z przemysłem węgla i stali. Program jest uzupełnieniem działań prowadzonych w Państwach Członkowskich Unii Europejskiej w ramach innych programów badawczych Wspólnoty, w tym Programu Ramowego. W zakresie węgla kamiennego i brunatnego głównymi celami programu są:

- zwiększenie konkurencyjności wspólnotowego węgla,
- bezpieczeństwo i higiena pracy w kopalniach,
- ochrona środowiska naturalnego i poprawa w zakresie wykorzystywania węgla jako czystego źródła energii,
- zarządzanie zaopatrzeniem w paliwa spoza UE.

Projekty badawcze finansowane w ramach Funduszu obejmują całość działań związanych z wydobyciem, przetwórstwem i wykorzystaniem węgla, w tym m.in.:

- procesy produkcji,
- wykorzystania, zagospodarowania i konwersji zasobów,
- bezpieczeństwa eksploatacji,
- ochrony środowiska,
- redukcji emisji CO₂ pochodzącego z węgla,
- rekultywacji i zagospodarowania terenów poeksploatacyjnych.

Istotnym aspektem prowadzonych w ramach RFCS badań jest ograniczanie negatywnego wpływu działalności górniczej i wykorzystania węgla na atmosferę, wodę i powierzchnię tj.:

- ograniczenie emisji związanych z wykorzystaniem węgla, w tym wychwytywanie i składowanie CO₂,
- zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, w szczególności metanu, ze złóż węgla,
- wypełnianie wyrobisk odpadami górnictwem, popiołem lotnym i produktami odsiarczania, w niektórych przypadkach wraz z innymi rodzajami odpadów,
- rekultywację zwałowisk oraz przemysłowe wykorzystanie pozostałości z produkcji i spalania węgla,
- ochronę wód podziemnych i oczyszczanie wód kopalnianych,
- ograniczenie oddziaływania na środowisko instalacji wykorzystujących węgiel,
- ochronę instalacji powierzchniowych przed skutkami osiadania w perspektywie krótko- i długoterminowej.

Ze środków Funduszu finansowane są:

- **projekty badawcze** obejmujące prace badawcze lub eksperymentalne mające na celu zdobycie dalszej wiedzy ułatwiającej osiągnięcie określonych celów praktycznych (do 60% wartości projektu),
- **projekty pilotażowe i demonstracyjne** obejmujące budowę, eksploatację i rozwój instalacji lub znacznej części instalacji, w celu badania możliwości zastosowania wyników teoretycznych lub laboratoryjnych w praktyce, jak również zgromadzenie danych technicznych i gospodarczych dla komercyjnego wykorzystania technologii (do 50% wartości projektu),
- **działania wspierające** promujące zdobytą wiedzę i ją rozpowszechniające, jak również waloryzujące wyniki prowadzonych badań (do 100% wartości projektu).

Wnioski złożone przez naukowo-badawcze konsorcja oceniane są przez niezależnych ekspertów Komisji Europejskiej, przy czym do oceny brane są następujące elementy:

- podejście naukowe i techniczne oraz zgodność z priorytetami programu,
- innowacyjność,
- jakość partnerów i ich kompetencje,
- korzyści dla przemysłu /perspektywy techniczne, naukowe,
- wartość dodana, zbieżność z polityką UE [1, 2].

W latach 2015 – 2020 „Poltegor-Institut” uczestniczył w 5 projektach współfinansowanych z RFCS oraz przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Instytut pełnił w nich rolę zarówno konsorcjanta, jak i lidera koordynującego prace kilkunastu jednostek z Europy.

Projekt badawczy SLOPES „Smarter Lignite Open Pit Engineering Solutions” (Inteligentne rozwiązania inżynierskie dla odkrywkowych kopalni węgla brunatnego) był realizowany w latach 2015-2018 przez partnerów z Wielkiej Brytanii - Uniwersytet Nottingham (Lider Projektu) i Uniwersytet Exeter, z Polski - „Poltegor-Institut”, z Czech - VUHU, z Hiszpanii - Geocontrol i Subterra, z Grecji- CERTH oraz z Francji INERIS.

Głównym celem projektu było rozwiązanie problemów geotechnicznych występujących w górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego. W warunkach rzeczywistych zastosowano innowacyjne metody monitoringu i analizy danych, co doprowadziło do istotnego pogłębienia wiedzy na temat możliwości przewidywania zagrożeń na-

turalnych oraz wypracowania narzędzi dla analizy ryzyka osuwiskowego zboczy. W ramach projektu:

- opracowano i wdrożono technologie pozyskiwania szczegółowych danych monitoringu lotniczego (LIDAR, UAV), powierzchniowego (skaning laserowy) oraz interferometrii satelitarnej w wysokiej rozdzielczości (PSI) w działającej kopalni odkrywkowej węgla brunatnego,
- opracowano i praktycznie przetestowano zaawansowany system monitoringu *in-situ* i wczesnego ostrzegania przed zagrożeniem osuwiskowym w kopalni odkrywkowej węgla brunatnego,
- dokonano analizy probabilistycznych dostępnych i nowo pozyskanych danych geotechnicznych związanych z analizą stateczności zboczy dla odzwierciedlenia rzeczywistego stopnia zagrożeń w kopalniach odkrywkowych,
- opracowano i zastosowano modele numeryczne zawierające analizę statystyczną, jak również wpływ czynników naturalnych na stopień stateczności zboczy,
- zebrano dane dla zaawansowanej charakterystyki gruntów zwałowych i ich szczegółowych parametrów wytrzymałościowych w różnych warunkach geotechnicznych i geo-środowiskowych,
- opracowano modele konstytutywne w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych i modelowania numerycznego.

Zagrożenia geotechniczne badano w wielu kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego w tym: w Czechach (Most), Hiszpanii (w rejonie Aragon), Grecji (Megalopoli) i Polsce (KWB Bełchatów). Wykorzystano wiele metod geodezyjnych, takich jak skaning laserowy (naziemny i lotniczy) i interferometrię satelitarną. W trakcie prowadzenia badań wykorzystano także bezzałogowe drony w celu pozyskania danych LIDAR. We wszystkich tych kopalniach zastosowano nowoczesne metody monitoringu on-line, zarządzania danymi i inne zaawansowane techniki obserwacji. W KWB Bełchatów „Poltegor-Institut” zainstalował pierwszy w polskiej kopalni odkrywkowej innowacyjny system monitoringu osuwiska *in-situ* w czasie rzeczywistym, który umożliwił określenie przemieszczeń wgłębnych pokładów węgla brunatnego.

Wpływ osuwisk na bezpieczeństwo i efektywność eksploatacji węgla brunatnego jest bardzo wysoki. Badania, monitoring i modelowanie wykonane w ramach projektu SLOPES pomagają w lepszej identyfikacji ryzyka i wyboru optymalnych metod ograniczania zagrożeń geotechnicznych. Wyniki monitoringu, badania laboratoryjne oraz modelowanie numeryczne pozwalają na lepsze wykorzystanie uzyskanych danych w celu przeciwdziałania zagrożeniom. Nowy system on-line został wykorzystany do wprowadzenia systemu wczesnego ostrzegania o zagrożeniach w europejskich kopalniach odkrywkowych.

Opracowane w projekcie rozwiązania możliwe są do zastosowania nie tylko we wszystkich kopalniach odkrywkowych na świecie, ale również do monitoringu osuwisk lub obiektów niezwiązanych z branżą górnictwem, takich jak np. budowle hydrotechniczne oraz składowiska. Ponadto, stanowiąc mogą ważne narzędzia monitoringu skarp przy drogach zlokalizowanych w terenie górystym.

Na bazie wiedzy i doświadczeń zdobytych w trakcie realizacji projektu SLOPES, kontynuowane są badania w ramach



Rys. 1. Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów, koparka 38- SRs 2000
 Fig. 1. Bełchatów Coal Mine, excavator 38- SRs 2000

kolejnych projektów międzynarodowych finansowanych ze środków Funduszu Badawczego Węgla i Stali. Osiągnięcia projektu SLOPES dotyczą nie tylko skarp czynnych wyrobisk kopalni odkrywkowych, ale również są i będą wykorzystywane do oceny zagrożeń podczas wypełniania zbiorników końcowych kopalń odkrywkowych oraz będą stanowiły podstawę do oceny możliwości zagospodarowania zwałowisk pod kątem energetycznym. Wyniki projektu SLOPES zostały szeroko rozpropagowane na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych oraz w wielu publikacjach, w tym o zasięgu międzynarodowym.

Projekt badawczy BEWEXMIN „Bucket wheel excavators operating under difficult mining conditions including unmineable inclusions and geological structures with excessive mining resistance” (Praca koparek kołowych w warunkach występowania w urabianym ośrodku utworów o nadmiernych oporach urabiania jak i wtrąceń nieurabialnych) był realizowany w latach 2015 – 2018. Liderem projektu był „Poltegor-Institut”. Partnerami przemysłowymi wchodzącymi w skład konsorcjum byli najwięksi producenci energii z węgla brunatnego - PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. z Polski, Oltenia Energy Complex z Rumunii oraz Public Power Corporation z Grecji. Partnerami naukowymi konsorcjum, obok „Poltegor-Institut” byli VUHU (Výzkumný ústav pro hnědé uhli) z Czech, Technical University of Crete, National Technical University of Athens z Grecji, Uniwersytet Petrosani z Rumunii oraz Instytut Techniki Górniczej KOMAG.

BEWEXMIN był projektem interdyscyplinarnym, łączącym w sobie zagadnienia z dziedziny mechaniki, automatyki, technologii górniczej, jak również geologii i geofizyki. Głównym celem projektu było opracowanie rozwiązań zmniejszających awaryjność koparek kołowych pracujących w kopalniach odkrywkowych, poprzez ograniczenie obciążeń impulsowych i dynamicznych. Zagadnienie to zostało uznane przez ekspertów Komisji Europejskiej za niezmiernie ważne dla przemysłu

europejskiego z tego względu, iż obecnie eksploatowane w kopalniach odkrywkowych koparki, a niejednokrotnie także te nowo projektowane, nie są w pełni dostosowane do trudnych warunków pracy, co skutkuje częstymi i poważnymi uszkodzeniami oraz przymusowymi przestojami w wydobywaniu.

Projekt obejmował trzy powiązane ze sobą pakiety robocze, tworzące kompletny zespół działań mających na celu zmniejszenie awaryjności koparek kołowych operujących w trudnych warunkach urabiania:

- Optymalne dostosowanie wielonaczyniowych koparek już eksploatowanych i nowo budowanych do urabiania nadkładu z przerostami o nadmiernych oporach urabiania oraz wtrąceniami nieurabialnymi.
- Monitorowanie wyciążenia ustroju nośnego wielonaczyniowej koparki kołowej i metoda analizowania sygnałów diagnostycznych dla bieżącej oceny zagrożenia uszkodzeniem ustroju nośnego i ciągłej kontroli wytrzymałości zmęczeniowej ustroju.
- Działający w czasie rzeczywistym system kontroli opierający się o metody geofizyczne, umożliwiający wykrywanie wtrąceń skalnych nienadających się do wydobywania przez koparkę kołową.

W rezultacie zrealizowanego projektu opracowano między innymi nowatorską metodę analizy zmiany wielkości naprężeń w wytypowanych elementach konstrukcji ustroju nośnego oraz przeprowadzono badania możliwości zastosowania metod geofizycznych do wykrywania trudno urabialnych struktur geologicznych w kopalniach odkrywkowych. Wyniki projektu wskazują ponadto na realną możliwość ograniczenia awaryjności maszyn w kopalniach odkrywkowych, a tym samym, zwiększenia bezpieczeństwa pracy oraz obniżenia kosztów eksploatacji złóż. Co więcej, opracowany w ramach projektu układ do ciągłego monitorowania stanu wyciążenia jest układem uniwersalnym, który można również zastosować w innych kratownicowych konstrukcjach przemysłowych, takich jak dźwigi budowlane, żurawie portowe czy mosty.

Zastosowanie tego systemu pozwala na zwiększenie bezpieczeństwa ich użytkowania poprzez ciągłą ocenę stopnia wyczerpania ich konstrukcji oraz systemu ostrzegania przed możliwością wystąpienia uszkodzeń.

Na podstawie wyników projektu w roku 2020 dokonano zgłoszenia patentowego „Układ do ciągłego monitoringu stanu wyczerpania ustrojów nośnych maszyn górnictwa odkrywkowego, przede wszystkim koparek wielonaczyniowych i zwałowarek taśmowych”. Podczas gali RISK 2018 „INNOVATION TECHNOLOGY” „Poltegor-Instytut” otrzymał Złoty Medal Rynku Inwestycji za rozwijanie zaawansowanych metod ograniczania ryzyka związanego z pracą wielonaczyniowych koparek kołowych w gruntach trudno urabialnych.

Ponadto, jako wynik realizacji projektu BEWEXMIN, na koparce SchRS4000 nr K45 w Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów, układ ciągłego monitoringu stanu wyczerpania ustroju nośnego wyposażono w dodatkowe moduły do pobierania informacji o stanie pracy maszyny w szczególności

konstrukcji nośnej, identyfikację kolizji podstawowych zespołów roboczych maszyny oraz precyzyjne określenie warunków eksploatacji koła czerpakowego.

Opracowane w ramach projektu rozwiązania mogą być zastosowane na całym świecie, wszędzie tam gdzie prowadzona jest eksploatacja złóż różnego rodzaju surowców mineralnych metodą odkrywkową.

Głównym celem projektu RAFF „Risk assessment of final pits during flooding” (Ocena zagrożeń w zbiornikach końcowych kopalń odkrywkowych podczas wypełniania ich wodą), realizowanego w latach 2019 – 2022 jest zbadanie zagadnień i zjawisk związanych z procesem wypełniania wodą wyrobisk poeksploatacyjnych kopalni odkrywkowych. W ramach projektu planowane jest między innymi opracowanie kompleksowego modelu uwzględniającego i opisującego warunki geotechniczne, geologiczne i hydrogeologiczne, który będzie mógł być wykorzystywany przy ocenie ryzyka towarzyszącego tworzeniu zbiorników pokopalnianych.



Rys. 2. Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów, koparka 41- SchRs 4600x50
Fig. 2. Bełchatów Coal Mine, excavator 41- SchRs 4600x50

dotyczących wartości mocy prądu pobieranego przez główne napędy oraz wzajemnego położenia podstawowych zespołów maszyny. Rozwiązanie to umożliwi skorelowanie informacji o stanie pracy koparki z dynamiczną zmianą naprężeń w monitorowanych elementach badanego ustroju nośnego. Dzięki temu możliwe jest identyfikowanie przyczyn dużych (ponadnormatywnych) zmian naprężeń, które mogą być wynikiem przeciążenia organu roboczego np. w wyniku natrafienia koła czerpakowego na trudno urabialną frakcję lub nieurabialną przeszkodę, kolizji zespołów maszyny z przeszkodą np. ze skarpią. Umożliwi również identyfikowanie zmian naprężeń w badanym ustroju nośnym będących wynikiem zmiany położenia zespołów maszyny np. zmiany pochyleń wysięgnika koła czerpakowego, zmiany położenia maszyny i współpracującego z nim urządzenia odbiorczego lub podającego. Ponieważ dane z systemu monitorowania przekazywane są do biur kopalni na bieżąco, umożliwia to wykrycie wszelkich wtrąceń nieurabialnych, które mają wpływ na stan wyczerpania

Stworzenie tego narzędzia poprzedzi zgromadzenie informacji i danych z istniejących zbiorników poeksploatacyjnych oraz identyfikację występujących zagrożeń.

Liderem międzynarodowego konsorcjum jest „Poltegor-Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, a uczestniczą w nim również przedstawiciele instytucji badawczych z Czech (VUHU Brown Coal Institute), Wielkiej Brytanii (University of Nottingham), Grecji (Technical University of Crete oraz CERTH Centre for Research and Technology Hellas), Rumunii (Univeristy of Petrosani), Francji (INERIS Institut National de l’Environnement Industriel et des Risques), Hiszpanii (SUBTERRA Ingeniería) oraz Polski (Główny Instytut Górnictwa). Oprócz jednostek naukowych konsorcjum tworzą również przedstawiciele przemysłu z Rumunii (CEO Oltenia), Czech (PKU Palivovy Kombinat Usti) i Polski (CTL Maczki Bór S.A.). Ponadto partnerem stowarzyszonym projektu jest PAK Kopalnia Węgla Brunatnego Konin S.A.

Identyfikacja problemów i zagrożeń w zbiornikach

końcowych nastąpi w oparciu o doświadczenia z przeprowadzonych dotychczas rekultywacji wodnych wyrobisk poeksploatacyjnych. Zebrana zostanie wiedza i doświadczenia na temat zjawisk występujących podczas zalewania wyrobisk końcowych. Porównane zostaną bieżące warunki w już wypełnionych zbiornikach końcowych, z tymi jakie występują w projektowanych, przed ich zalaniem. Pozwoli to na identyfikację czynników hydrogeologicznych i geotechnicznych, które mają wpływ na stabilność zboczy i dna. Przeanalizowany zostanie aktualny stan wybranych jezior pokopalnianych, parametry jakości wody, występujące problemy geotechniczne oraz zmiany morfologiczne występujące w zboczach i na dnie utworzonego jeziora.



Rys. 3. Zbiornik pokopalniany, ZE PAK Kopalnia Węgla Brunatnego Konin S.A.

Fig. 3. Post-mining reservoir, ZE PAK Konin Brown Coal Mine

Do oceny warunków geotechnicznych podczas tworzenia zbiornika pokopalnianego planowane jest wykorzystanie modelowania numerycznego zboczy zbiorników. Modele numeryczne będą uwzględniać wpływ gruntów nienasyconych, a także przetestowanie większej liczby czynników wpływających na zbocza tych zbiorników. Na tym etapie wykorzystane zostaną między innymi doświadczenia wspomnianego projektu SLOPES, w ramach którego analizowano niejednorodność materiałów przy użyciu losowych zmiennych wielowymiarowych do oceny rozwoju powierzchni poślizgu w nienasyconych zboczach oraz potencjalne niestabilności zboczy. Modele numeryczne zboczy zbiorników pokopalnianych zostaną zweryfikowane w trakcie obserwacji terenowych i będą wykorzystywane w czasie przewidywania ich zachowania się podczas procesu zalewania.

Projekt RAFF obejmować będzie również opracowanie metodologii, narzędzi i modeli do oceny zmian warunków hydrodynamicznych i hydrochemicznych w kopalniach odkrywkowych i ich otoczeniu. Przeprowadzona ocena pozwoli na opracowanie metod określania podatności na zanieczyszczenie wód podziemnych. W ramach podejmowanych prac przygotowane zostaną modele numeryczne przepływu wód podziemnych i transportu masy. Połączenie numerycznego modelu z prowadzonymi obserwacjami umożliwi dokonanie wyboru optymalnej metody ochrony i monitorowania wód podziemnych.

Końcowym etapem projektu będzie przeprowadzenie analizy zagrożeń towarzyszących napełnianiu wodą wyrobisk końcowych w kopalniach odkrywkowych. W trakcie realizowanych prac stworzone zostaną kompleksowe modele uwzględniające między innymi dane geometryczne, geotech-

niczne i hydrogeologiczne. Modele te będą budowane na bazie istniejących zbiorników poeksploatacyjnych. Pozwoli to na krzyżowe przetestowanie opracowanych algorytmów przed ich wykorzystaniem w przyszłości przy zalewaniu wyrobisk poeksploatacyjnych. W ramach tego pakietu przygotowane zostanie narzędzie wspomagające proces podejmowania decyzji w celu identyfikacji i oceny ryzyka występującego podczas tworzenia jezior pokopalnianych. Opracowane wytyczne i algorytmy będą uniwersalne i będą mogły być stosowane w trakcie przeprowadzania oceny większości kopalń odkrywkowych przewidzianych do rekultywacji wodnej.

W ramach projektu RAFF opracowane zostanie narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji dotyczących potencjalnych zagrożeń w trakcie rekultywacji wodnej wyrobisk poeksploatacyjnych kopalń odkrywkowych. Opracowane w ramach projektu wytyczne dla przyszłych procesów wypełniania wodą wyrobisk odkrywkowych w kopalniach węgla brunatnego oparte będą na badaniach *in-situ* oraz modelowaniu numerycznym i fizycznym umożliwiającym identyfikację głównych czynników wpływających na stabilności zalanej kopalni odkrywkowej[3].

Projekt badawczy SUMAD Sustainable Use of Mining Waste Dumps (Zrównoważone wykorzystanie zwalowisk górniczych) rozpoczął się w lipcu 2019 roku i trwać będzie do czerwca 2022 roku. Projekt jest realizowany w międzynarodowym konsorcjum, którego liderem jest The University of Nottingham z Wielkiej Brytanii. Ponadto w projekcie biorą udział: Brown Coal Research Institute, Inc. (VÚHU Inc.) z Czech, The Centre for Research and Technology-Hellas (CERTH) oraz Public Power Corporation S.A. z Grecji, The French National Institute for Industrial Environment and Risks (Ineris) z Francji oraz pięciu partnerów z Polski: “Poltegor-Institut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, Główny Instytut Górnictwa oraz Lubelski Węgiel Bogdanka S.A. Partnerem stowarzyszonym projektu jest PAK Kopalnia Węgla Brunatnego Konin S.A.

Głównym celem projektu jest określenie sposobów optymalizacji użytkowania i długoterminowego zarządzania terenami pogórnictwami, przede wszystkim zwalowiskami. Projekt podejmuje kilka kluczowych kwestii dotyczących użytkowania gruntów zwalowych, wykraczając poza zwykłe zagospodarowanie istniejących zwalowisk. Zbadane zostaną metody aktywnego korzystania z tych obszarów w sposób trwały, co może przynieść korzyści nie tylko społecznościom lokalnym, ale również władzom samorządowym, władzom na szczeblu regionu, a także kraju.

W trakcie realizacji projektu przeprowadzona zostanie zaawansowana analiza ryzyka oraz modelowanie fizyczne i numeryczne w różnych wariantach zrównoważonej rekultywacji tych obszarów, przede wszystkim pod kątem rozwoju odnawialnych źródeł energii. Potencjalne sposoby wykorzystania zwalowisk to właśnie budowa instalacji OZE, takich jak panele fotowoltaiczne, czy turbiny wiatrowe. Dzięki aktywnemu wykorzystaniu i zagospodarowaniu tych terenów obciążenia finansowe związane z zarządzaniem nimi i ich monitoringiem mogą ulec zmniejszeniu.

Zwalowiska są często położone na obszarach mniej wrażliwych pod względem środowiskowym i krajobrazowym, dlatego też wyzwania środowiskowe związane z budową dużych instalacji OZE są zminimalizowane. W ramach projektu

wskazanych zostanie kilka miejsc pilotowych, na których testowane i wdrażane będą koncepcje tworzone w trakcie jego realizacji.

W projekcie zaplanowano między innymi następujące działania:

- zidentyfikowanie i scharakteryzowanie zwałowisk w Europie według kluczowych kryteriów i zarekomendowanie odpowiednich miejsc do przeprowadzenia badań,
- przeprowadzenie oceny geotechnicznej i środowiskowej wybranych obiektów,
- określenie potencjalnych działań rewitalizacyjnych we współpracy z kluczowymi interesariuszami i dokonanie oceny rentowności,
- dokonanie oceny ograniczeń społeczno-ekonomicznych i formalnych oraz wskazanie czynników zachęcających do podjęcia działań rewitalizacyjnych na wybranym terenie,
- opracowanie metodologii modelowania fizycznego materiału zdeponowanego,
- zaprojektowanie i przetestowanie systemów fundamentowania dla wybranych lokalizacji,
- modelowanie długotrwałego zachowania gruntów zwałowych pod wpływem obciążenia fundamentami;
- przetestowanie technologii poprawiania jakości gruntów, umożliwiających zainstalowanie urządzeń we wskazanych lokalizacjach,
- opracowanie narzędzia do zarządzania ryzykiem umożliwiającego wykorzystanie danych zebranych w trakcie realizacji projektu.



Rys. 4. Zwałowisko pogórnice, ZE PAK Kopalnia Węgla Brunatnego Konin S.A.

Fig. 4. Post-mining dump, ZE PAK Konin Brown Coal Mine

Jak wynika z przeprowadzonej analizy stanu dotychczasowej wiedzy, w ramach projektu SUMAD zrealizowane zostaną działania, które do tej pory nie były podejmowane. Planuje się, że opracowane zostaną nowatorskie i innowacyjne wyniki badań, które będą miały bezpośredni i pozytywny wpływ na przedsiębiorstwa działające w branży wydobywania węgla, a także społeczności i władze lokalne oraz krajowe. Opracowane i przetestowane zostaną nowoczesne systemy fundamentowania i posadowiania wiatraków na zwałowiskach pogórnich, umożliwiające jeszcze efektywniejsze zagospodarowywanie tych terenów, także do celów energetycznych. O zapotrzebowaniu na takie rozwiązania świadczy zaangażowanie i udział

w projekcie przedstawicieli przemysłu z Polski i Grecji, a także zainteresowanie podejmowaną w projekcie tematyką wyrażone przez United Kingdom Coal Authority.

W chwili obecnej nie ma wystarczającej wiedzy umożliwiającej budowę infrastruktury energetycznej na dużą skalę na zwałowiskach w sposób opłacalny i wydajny. Planuje się, że projekt SUMAD to zmieni i wzbogaci obecny stan wiedzy oraz ustanowi nowy punkt odniesienia dla zrównoważonej rekultywacji zwałowisk powydobywczych. To zaś nie tylko usprawni procesy, ale także zwiększy istniejącą wiedzę i umożliwi opracowanie nowej technologii, która zostanie następnie przetestowana i wdrożona, a w konsekwencji takie obiekty poprzemysłowe jak właśnie zwałowiska będą częściej wykorzystywane do celów energetycznych [4].

Projekt HydroCoal Plus Development and demonstration of Hydro Borehole Technology to improve the competitiveness of brown coal excavating techniques worldwide and to minimize their environmental impact (Opracowanie i demonstracja technologii hydro-otworowej dla poprawy konkurencyjności eksploatacji węgla brunatnego na świecie i ograniczenie jej wpływu na środowisko) jest projektem demonstracyjnym, mającym na celu przeprowadzenie badań związanych z zastosowaniem metody hydro-otworowej w kopalni KWB Bełchatów. Liderem konsorcjum realizującego projekt jest Główny Instytut Górnictwa, a w skład konsorcjum wchodzi PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A., „Poltegor – Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego oraz Akademia Górnicza Technische Universität Bergakademie Freiberg.



Rys. 5. Badania terenowe hydro-cięcia węgla, Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów

Fig. 5. Field tests of coal water jet cutting, Bełchatów Brown Coal Mine

Projekt HydroCoal Plus składa się w sumie z siedmiu pakietów roboczych obejmujących między innymi: eksperymenty laboratoryjne i wstępne badania oraz testy polowe hydro-urabiania, opracowanie zmodyfikowanego systemu hydro-transportu, demonstrację technologii hydro-otworowej eksploatacji HBM (Hydraulic Borehole Mining), ocenę ryzyka oddziaływania tej technologii na środowisko oraz sporządzenie studium wykonalności i ekonomicznej opłacalności.

Wyniki badań laboratoryjnych (geomechanicznych) oraz rezultaty stanowiskowych testów hydro-cięcia brył węgla (brunatnych i kamiennych) będą punktem wyjścia do opracowania założeń parametrów technicznych strugi wody.

W ramach projektu HydroCoal Plus opracowane zostanie nowe urządzenie wydobywcze oraz nowa technologia hydro-otworowej eksploatacji węgla brunatnego. Podczas testów demonstracyjnych technologii hydro-otworowej (HBM) odwierconych zostanie kilka otworów produkcyjnych o średnicy ok. 550-650 mm i głębokości ok. 35-70 metrów, w których zainstalowane zostanie urządzenie wydobywcze. Do otworu doprowadzone zostaną media (woda, prąd, sprężone powietrze), a następnie podłączona zostanie pompa i sprężarka wraz z aparaturą kontrolno-pomiarową (AKP). Eksperymenty polegać będą na hydraulicznym urabianiu węgla - strugą wody pod wysokim ciśnieniem przy użyciu zaprojektowanych hydromonitorów.

Hydro-urabianie prowadzone będzie wznosząco od spągu do stropu złoża, rozpoczynając od skał przyspągowych, gdzie wykonana zostanie wstępna komora w kształcie odwróconego stożka. Urobek opadnie grawitacyjnie na dno otworu, gdzie zostanie rozdrobniony baterią dysz tnących, a następnie zostanie zassany hydraulicznie i wyniesiony rurą wydobywczą (zmodyfikowany „air lift”) na powierzchnię wraz z wodą i powietrzem w formie pulpy. Następnie wznosząco ku górze wybrana zostanie komora technologiczna o kształcie cylindrycznym, której promień będzie odpowiadał zasięgowi działania hydromonitorów, a wysokość odpowiadać będzie miąższości pokładu. Bazując na rezultatach przeprowadzonych wcześniej testów hydro-cięcia węgla przewidywany zasięg skutecznego urabiania (promień kawerny) powinien kształtować się w zakresie 3-7 m.

Dla zapewnienia najefektywniejszego procesu hydro-urabiania przewiduje się wykorzystanie dwóch rodzajów pomp: niskiego i wysokiego ciśnienia z różnymi wydatkami wody oraz przetestowanie różnych rodzajów dysz tnących.

Wykonane w pokładzie węgla kawerny zostaną poddane procesowi skanowania pod kątem odwzorowania ich kształtu (geometria 3D), a zebrane dane zostaną zaimportowane do numerycznego modelu złoża.

W końcowym etapie prac określone zostaną mierniki

aspektów technicznych, środowiskowych i ekonomicznych, które powinny być brane pod uwagę przy podejmowaniu decyzji o wdrożeniu technologii HBM[5].

Oprócz wspomnianych powyżej pięciu projektów, od września 2020 roku „Poltegor-Institut” Instytut Górniczego Odkrywkowego będzie uczestniczył w kolejnym projekcie finansowanym w ramach Funduszu Badawczego Węgla i Stali o nazwie **MINERESCUE From Mining Waste to Valuable Resource: New Concepts for a Circular Economy** (Od odpadów wydobywczych po cenne zasoby: nowe koncepcje gospodarki o obiegu zamkniętym). Projekt ten koordynowany będzie przez The University of Warwick z Wielkiej Brytanii. W skład konsorcjum obok Instytutu wchodzi również The University of Exeter z Wielkiej Brytanii, Bureau de Recherches Geologiques et Miniers i Universite de Cergy-Pontoise z Francji, Politecnico di Milano oraz Nuova Tesi System SRL z Włoch, Główny Instytut Górniczy, Polska Grupa Górnicza S.A i Lubelski Węgiel Bogdanka S.A z Polski, Subterra Ingegneria SL z Hiszpanii, a także jako partner stowarzyszony Detek Energy Limited Liability Company z Ukrainy.

Celem projektu MINERESCUE będzie opracowanie innowacyjnych koncepcji recyklingu i zarządzania geomateriałami odpadowymi wytwarzanymi podczas działalności wydobywczej w Europie. Zaproponowane zostaną nowe zastosowania dla odpadów pokopalnianych, między innymi do produkcji materiałów budowlanych oraz elementów konstrukcyjnych. Projekt ten będzie w sposób istotny przyczyniał się do wprowadzania gospodarki o obiegu zamkniętym.

Podsumowanie

„Poltegor-Institut” współpracuje zarówno z ośrodkami naukowymi, jak i z przemysłem. Z instytutami oraz z uczelniami realizuje szereg projektów badawczych, w tym międzynarodowych. Zasady RFCS wymagają udziału w tych projektach przedsiębiorcy, dlatego też Instytut ściśle kooperuje między innymi z PGE Górniczo i Energetyka Konwencjonalna S.A. ZE PAK KWB Konin S.A. Fakt tak szerokiej współpracy z przemysłem świadczy o kompetencjach „Poltegor-Institut” w tym zakresie i spełnianiu oczekiwań partnerów. Wynika to również z tego, iż wielu wiodących pracowników Instytutu ma wcześniejsze doświadczenia zawodowe we współpracy z przedsiębiorstwami.

Wieloletnie doświadczenia kadry badawczej w realizacji różnorodnych zadań, umożliwiają Instytutowi prowadzenie szerokiej działalności badawczo – aplikacyjnej na potrzeby podmiotów gospodarczych w kraju i za granicą oraz zaferowanie im oryginalnych projektów i technologii, badań, ekspertyz i usług specjalistycznych.

SUMAD

Projekt finansowany ze środków Funduszu Badawczego Węgla i Stali (Umowa nr 847227).

This project has received funding from the Research Fund for Coal and Steel under grant agreement No 847227. The presented results reflect only the author's view and the European Commission is not liable for any use that may be made of the information contained therein.

Praca naukowa opublikowana w ramach projektu międzynarodowego współfinansowanego ze środków programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn. „PMW” w latach 2019-2022; umowa nr 5029/FBWiS/2019/2.

HydroCoal Plus

Praca naukowa finansowana ze środków finansowych na naukę w latach 2018-2021 przyznanych na realizację projektu międzynarodowego współfinansowanego przez Fundusz Badawczy Węgla i Stali oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz środków własnych.

RAFF

Praca naukowa opublikowana w ramach projektu międzynarodowego współfinansowanego ze środków programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn. „PMW” w latach 2019-2022; umowa nr 5030/FBWiS/2019/2.

This project has received funding from the Research Fund for Coal and Steel under grant agreement No 847299. The presented results reflect only the author's view and the European Commission is not liable for any use that may be made of the information contained therein.

Literatura

- [1] Research Fund for Coal and Steel. RFCS Information Package 2019
- [2] https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/research-fund-coal-and-steel-rfcs_en
- [3] J. Szczepiński, A. Bajcar, B. Rogosz, Projekt badawczy „Ocena zagrożeń w zbiornikach końcowych kopalń odkrywkowych podczas wypełniania ich wodą” (RAFF), *Węgiel Brunatny* 3(108) 2019, s. 32-34
- [4] J. Szczepiński, B. Rogosz, A. Bajcar, Projekt badawczy „Zrównoważone wykorzystanie zwalowisk górniczych (SUMAD), *Węgiel Brunatny*, 4 (109) 2019, s. 32-34
- [5] J. Dubiński, J. Szczepiński, A. Bajcar, W. Jura, J. Skiba, B. Jura, W. Szoltysek, *Założenia Projektu HydroCoal Plus*, *Węgiel Brunatny* 4(105) 2018 r., s. 44-46



Dolny Śląsk. Piękno Gór Izerskich odrodzonych po katastrofie ekologicznej

fot. R-SIK