



## **AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA**

IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami

Katedra Inżynierii Środowiska

Prof. dr hab. inż. Barbara Tora

Kraków, 21.11.2023r.

Recenzja rozprawy doktorskiej  
pana mgr inż. Szymona Pluty  
pt: Wpływ solanek na termiczny rozkład węgla utworów karbonu  
Górnośląskiego Zagłębia Węglowego

### **Podstawa formalna**

Podstawą wykonania niniejszej recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 21. 09. 2023 r. powołująca recenzentów w przewodzie doktorskim mgr inż. Szymona Pluty. Recenzja została wykonana zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz U. 2018 poz. 1668 z późn. zmianami) i pismem w tej sprawie profesora dr hab. inż. Andrzeja Rusina Przewodniczącego Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska , Górnictwo i Energetyka z dnia 28.09.2023 r.

### **Charakterystyka rozprawy**

Recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Szymona Pluty zatytułowana: Wpływ solanek na termiczny rozkład węgla utworów karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego została przygotowana na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Barbara Białecka.

Tematyką termicznego rozkładu węgla Doktorant zajmuje się od ponad dziesięciu lat (m.in. we współpracy z Wydziałem Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej PŚI.), opublikował w tym czasie kilka artykułów, z czego pięć przedstawił w wykazie wykorzystanej w rozprawie literatury.

Rozprawa składa się z dwu podstawowych części nazwanych: *Badania literaturowe* (20 stron) i *Badania własne* (83 strony). Na początku pracy Autor

zamieścił wprowadzenie do tematyki oraz przedstawił cel, tezę pracy i jej zakres. Podsumowanie i wnioski ze wskazaniem kierunków dalszych badań kończą pracę. Autor zamieścił wykaz wykorzystanych pozycji literaturowych, spis tabel i rysunków. Praca zawarta jest na 114 stronach wydruku. (składa się z dwudziestu rozdziałów, 18 tabel, 17 rysunków). Spis wykorzystanej literatury liczy 82 pozycje. Układ pracy jest poprawny, proporcje kolejnych części dobrze oddają ich istotność. Praca jest napisana poprawnym językiem, edycja tekstu jest staranna.

Rozprawa dotyczy analizy niskotemperaturowych procesów samozagrzewania węgla które mogą prowadzić do zapalenia węgla. Oddziaływanie fizykochemiczne między składnikami węgla – organicznymi, nieorganicznymi (mineralnymi) i wodą może powodować zapalenie się węgla. Badania fizykochemiczne węgla i ich niskotemperaturowego utleniania są trudne z uwagi na złożoność budowy oraz różnorodność istniejących typów, rodzajów i gatunków węgla. Problem samozapalenia się węgla stał się uciążliwy dla ludzi od kiedy zaczęto węgiel wykorzystywać w skali przemysłowej, dlatego już od XVII w próbowano znaleźć odpowiedź, dlaczego niektóre węgle zapalają się same. W recenzowanej rozprawie Autor przedstawił wyniki własnych badań, których celem było opracowanie metody wykrywania i prognozowania możliwości samozagrzewania węgla, a także opracowania nowych metod profilaktyki pożarowej. W badania składu chemicznego wód kopalnianych i węgla oraz charakterystyki termicznego rozkładu węgla wykorzystał metodę oksyreaktywnej analizy termicznej (OTA). Warto podkreślić, że uzyskane wyniki mogą zostać wykorzystane praktycznie w prewencji pożarowej w kopalniach a także do oceny zdolności węgla do zgazowania.

## **Analiza i ocena pracy**

### **Zasadność podjętego tematu**

Samonagrzewanie i w konsekwencji samozapalenie węgla kamiennego jest bardzo dużym problemem w górnictwie. Zjawisko to jest bezpośrednio najczęstszą przyczyną pożarów endogenicznych w kopalniach węgla kamiennego. Może być również promotorem wybuchu, w szczególności bardzo niebezpiecznych mieszanin hybrydowych (pył węglowy + metan). Doktorant zrealizował cel pracy jakim była ocena wpływu solanek na zdolność węgla z Górnosląskiego Zagłębia Węglowego do zagrzewania i zapłonu. Wykazał, że w naturalnych wodach kopalnianych występują składniki chemiczne wykazujące cechy antypirogenne.

Węgiel kamienny to skała pochodzenia organicznego, która ma bardzo złożoną i niejednorodną strukturę fizykochemiczną składającą się z trzech podstawowych składników - substancji organicznej, nieorganicznej substancji mineralnej oraz wody. Składniki te są ze sobą powiązane wzajemnymi fizycznymi i chemicznymi oddziaływaniami, skutkującymi czasami znaczącymi problemami w czasie wydobywania węgla a następnie jego magazynowania na powierzchni. Wśród nich istotnymi są niskotemperaturowe procesy samozagrzewania węgla

prowadzące do zapalenia. Dotychczasowa praktyka górnicza dowodzi, że metody oznaczania zdolności węgla do samozapłonu, wczesnego wykrywania pożarów, w wielu przypadkach niestety zawodzą.

### **Krytyczna analiza wyników badań**

Doktorant przeprowadził badania, których celem było opracowanie metody wykrywania, i prognozowania możliwości samozagrzewania węgla. Poddał analizie reaktywność węgla, składniki chemiczne zawarte w węglach oraz oddziaływanie węgla z zasolonymi wodami kopalnianymi.

Warte podkreślenia jest że badania wykonał dla próbek bruzdowych węgla z kopalń południowo-zachodniej i wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

Doktorant objął badaniami próbki węgla pochodzące z:

- krakowskiej serii piaskowcowej (warstwy łaziskie)
- serii mułowcowej (warstwy orzeskie i rudzkie)
- górnośląskiej serii piaskowcowej (warstwy siodłowe)
- serii paralicznej (warstwy porębskie i jakowieckie).

Doktorant scharakteryzował wyniki za pomocą termogramów wykonywanych metodą oksyreaktywnej analizy termicznej (OTA). Stwierdził, że w utworach karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego występują generalnie dwie grupy węgla o odmiennych charakterystykach rozkładów termicznych oraz zawartościach składników chemicznych, wskazujące na zróżnicowane zdolności ich zagrzewania prowadzącego do zapalenia a także rozpalenia:

1. Węgla o dużej reaktywności, podatności na zagrzewanie prowadzącej do zapalenia, które w popiele zawierają do: 2,85% Fe, 1,2% Ca, 0,15% Mg, 1,69% S, 0,39% Na i 1,68% Cl, charakteryzujące się dwuetapowymi procesami przyłączania składników powietrza (głównie tlenu) i dwuetapowymi procesami wydzielania gazów (np. tlenku i ditlenku węgla) to węgle.
2. Węgla o małej skłonności do zagrzewania prowadzącego do zapalenia, zawierające w popiele duże ilości chloru sięgające 4,08%, sodu 0,91%, wapnia 3,94% oraz magnezu 0,98%, odznaczają się ograniczoną zdolnością do przyłączania składników powietrza, jak i wydzielania składników gazowych.

Na podstawie badań oddziaływania solanek na węgle Doktorant stwierdził, że solanki powodują w węglach przemiany wpływające na przebieg procesów ich termicznego rozkładu. Solanki w których panują warunki redukcyjne, jest obecny jon barowy, powodują zmniejszenie podatności węgla na zagrzewanie prowadzące do zapalenia. Solanki o właściwościach utleniających, zawierające jon siarczanowy(VI) wywołują wzrost ich zdolności do rozpalenia. Silne solanki, z

których na węglach krystalizuje chlorek sodu (halit), wpływają na przemiany węgla powodujące całkowity zanik zdolności do rozpalenia.

Doktorant wykazał, że metodę oksyreaktywnej analizy termicznej (OTA) można wykorzystać w prewencji pożarowej w kopalniach, metoda może być zastosowana do oceny zdolności węgla do zgazowania a także do opracowania nowych metod profilaktyki pożarowej

### **Metodyka badawcza**

Doktorant przeprowadził badania wpływu solanek na termiczny rozkład węgla z GZW prowadząc kompleksowe badania termicznego rozkładu węgla próbek pobranych z różnych serii litograficznych, określił skład chemiczny węgla,, przeprowadziła analizę termiczną węgla pochodzących z różnych środowisk hydrochemicznych, zbadał wpływ składu solanek na procesy rozkładu termicznego węgla.

Metodyka badawcza jest dobrze dobrana dla realizacji celu pracy. Doktorant wykazał doskonale przygotowanie zarówno w zakresie znajomości geologii, mineralogii i petrografii jak i metodyki analitycznych w zakresie analiz chemicznych i termicznych. Wykazał również dobre przygotowanie do planowania i prowadzenia prac badawczych

### **Elementy nowości naukowej**

Oryginalność badań zaplanowanych i zrealizowanych przez Doktoranta można zawrzeć w następujących zadaniach:

- badania próbek węgla pochodzących z różnych warstw litostratigraficznych w GZW,
- zastosowanie metody oksyreaktywnej analizy termicznej (OTA) do oceny procesów zachodzących pomiędzy węglem a wodami zasolonymi o różnym składzie,
- przedstawienie propozycji wykorzystania wyników analizy OTA do prewencji pożarowej i oceny podatności węgla na zgazowanie.

### **Ocena zastosowanego piśmiennictwa**

Doktorant przedstawił wykaz wykorzystanej literatury liczący 82 pozycje. Literatura została dobrze wykorzystana w rozprawie. Warto podkreślić, że Autor przytacza między innym pięć własnych artykułów będących wynikiem pracy nad doktoratem.

Z punktu widzenia edycji tekstu praca jest przygotowana starannie.

### **Uwagi do pracy**

Tworzenie się złóż węgla jest procesem skomplikowanym i zależy od wielu czynników takich jak: warunki geologiczne, materiał wyjściowy, przebieg zmian w kolejnych stadiach uwęglania, temperatura, ciśnienie, czas uwęglania. Jednym z pierwszych czynników, które oddziałują na węgiel podczas wydobycia i w trakcie eksploatacji jest tlen. Reaguje on z masą węglową zmieniając jej właściwości, skład i strukturę. O ile utlenianie węgla jest korzystne w przypadku produkcji kwasów organicznych, wymiennaczy jonowych czy w przypadku spalania, o tyle jest niekorzystne gdy przebiega w niskich temperaturach (temperatura otoczenia do ok. 150st C) . Dopływ powietrza do świeżo odkrytej powierzchni węglowej powoduje egzotermiczną reakcję między węglem i tlenem. Może to wywołać procesy niepożądane np. samozapłon , spowodować wietrzenie węgla. Badania fizykochemiczne węgla i niskotemperaturowego ich utleniania są utrudnione ze względu na złożoność budowy i różnorodność istniejących typów , rodzajów i gatunków węgla.

Mechanizm działania tlenu na węgiel jest złożony, również złożony jest proces inhibitowania tego procesu.

Istnieje szereg teorii samozapalanie się węgla - proszę o krótki komentarz na temat, która ze znanych teorii jest najbardziej zbieżna z wynikami uzyskanymi przez Doktoranta.

Doktorant wykorzystał metodę OTA – proszę o porównanie ze starszymi metodami np. metodą Maciejusza (wykorzystanie H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

## **Podsumowanie**

Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego jakim jest określenie wpływu solanek na proces samozapłonu węgla

Cel pracy został jasno określony i osiągnięty w pełnym zakresie.

Doktorant zastosował metody badawczych dobrze dobrane do planu i celu eksperymentu, metodyka obejmowała zaplanowanie metodyki pozyskania próbek węgla z serii litostratograficznych, pobranie próbek reprezentatywnych oraz przeprowadzenie dobrze zaplanowanych badań fizykochemicznych (metoda analizy termicznej oksyreaktywnej)

Omówienie wyników badań jest przygotowane starannie, Autor przeprowadził wnikliwą analizę dużej ilości wyników badań doświadczalnych. Przedstawione wnioski są poprawnej. Interpretacja wyników , dokonana z dużą biegłością pozwoliła na wyciągnięcie wyników mogących mieć zastosowanie w praktyce górniczej w zakresie zapobiegania pożarom. Ciekawe spostrzeżenie, zawarte we wnioskach, dotyczy statystyki występowania w węglach GZW chloru bromu, będących składnikami szkodliwymi.

Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta, mgr inż. Szymona Pluty w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Wyniki uzyskane w pracy mogą być zastosowane w praktyce zapobiegania pożarom w górnictwie węglowym.

### **Wniosek końcowy**

Stwierdzam, że przedłożona do oceny praca doktorska mgr inż. Szymona Pluty pt „Wpływ solanek na termiczny rozkład węgla utworów karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego” stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu i spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. W związku z tym, wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej w Gliwicach, o dopuszczenie mgr inż. Szymona Pluty do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.



### **Wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej**

Recenzowaną pracę doktorską p. Szymona Pluty pt „Wpływ solanek na termiczny rozkład węgla utworów karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego” oceniam wysoko, zatem wnoszę o jej wyróżnienie

Autor przeprowadził badania na próbkach węgla pochodzących z różnych lokalizacji w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym – próbki zostały pobrane z wszystkich serii litostratygraficznych. Plan badań zapalności węgla obejmował kompleksowe badania fizykochemiczne procesu i zależności jego przebiegu od stężenia solanek. Uzyskane przez Doktoranta wyniki badań wykonywanych metodą oksyreaktywnej analizy termicznej (OTA) mogą służyć do prewencji pożarowej w kopalniach węgla oraz do oceny zdolności węgla do zgazowania.

