

Wydział Energetyki i Paliw,
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. St. Staszica w Krakowie

Recenzja

Rozprawy doktorskiej pt.: *„Wymywalność wybranych pierwiastków z odpadów stałych zalegających w kawernie powstałej w wyniku podziemnego zgazowania węgla”* wykonanej przez mgr Aleksandrę Strugałę-Wilczek w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach.

Zgodnie z pismem NSR/344/2017 zlecono mi opracowanie recenzji rozprawy doktorskiej mgr Aleksandry Strugałę-Wilczek pt.: *„Wymywalność wybranych pierwiastków z odpadów stałych zalegających w kawernie powstałej w wyniku podziemnego zgazowania węgla”*

Rosnące wymagania wobec ochrony środowiska przyrodniczego, a w szczególności ochrony klimatu oraz uwzględniając światowe tendencje w wykorzystaniu paliwa węglowego, kluczowym staje się opracowanie technologii czystszej i bardziej efektywnego wykorzystania zarówno samego węgla jak i jego zasobów. Technologia podziemnego zgazowania węgla (PZW) pozwala w założeniu pozyskiwać energię w wyniku zgazowania węgla bezpośrednio w miejscu jego zalegania i polega na doprowadzeniu czynnika zgazowującego do zapalonego złoża, a następnie odbiorze na powierzchni wygenerowanej mieszaniny składającej się głównie z takich gazów jak: H_2 , CO , CO_2 oraz CH_4 . W praktyce podziemne zgazowanie węgla jest procesem trudnym i skomplikowanym, stąd ciągle jeszcze wymaga prac badawczych i większej liczby eksperymentów w skali demonstracyjnej, zanim stanie się w pełni komercyjną i dostępną technologią. Technologia PZW wymaga zarówno bardzo dobrego przygotowania technicznego projektu, budowy instalacji czy też samego prowadzenia procesu, ale także uwzględnienia wszystkich czynników środowiskowych mogących mieć wpływ na sam przebieg procesu, jak również jego wpływ na różne elementy środowiska. Inną grupą barier dla prowadzenia PZW są uwarunkowania środowiskowe, czyli te które mogą wynikać z potencjalnego wpływu procesu na poszczególne elementy środowiska przyrodniczego. Źródła tych zagrożeń są ściśle związane z warunkami zalegania złoża, wyrobiskami górniczymi, atmosferą kopalnianą oraz powierzchnią nad georeaktorem. Wśród podstawowych zagrożeń dla środowiska przyrodniczego należy wskazać potencjalną możliwość zanieczyszczenia wód podziemnych, których analiza jest głównym celem postawia postawionym przez Doktorantkę w podjętej pracy.

Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Opiniowana rozprawa doktorska o objętości 171 stron, zawiera wprowadzenie, siedem rozdziałów merytorycznych wraz z podrozdziałami, podsumowanie, spis literatury składający się z 172 pozycji, spis rysunków oraz tabel.

We **wprowadzeniu (1)** Doktorantka przedstawiła aktualny stan wiedzy dotyczący węgla jako dominującego surowca energetycznego Polski wraz z problematyką i zagrożeniami towarzyszącymi tradycyjnym metodom jego eksploatacji. Jako alternatywę zaproponowała technologię podziemnego zgazowania węgla, która pozwala na pozyskanie energii w sposób ekonomiczny oraz uzasadniony środowiskowo. Autorka zwraca uwagę na potencjalne ryzyko zanieczyszczenia środowiska, wskutek utworzenia kawerny, zawierającej odpady stałe, które mogą stanowić zagrożenie zanieczyszczeniem wód podziemnych.

W **rozdziale 2** Doktorantka sformułowała i uzasadniła podjęcie problemu badawczego, zwracając szczególną uwagę na złożoność procesu PZW, zarówno przed, w trakcie, jaki i po zakończeniu eksploatacji złoża. Za szczególnie istotne uznając określenie potencjalnego ryzyka zanieczyszczenia naturalnego środowiska gruntowo-wodnego w obszarze poprocesowym. Umożliwiło to przyjęcie głównego celu pracy jako „określenie zdolności wymywania wybranych pierwiastków z popiołów i karbonizatów powstałych po procesie podziemnego zgazowania węgla do środowiska wodnego w otoczeniu georeaktora”. Ze względu na szerokie spektrum czynników wpływających na bezpieczeństwo procesu założono również zbadanie zachowania się pierwiastków podczas procesu zgazowania oraz zidentyfikowanie grup pierwiastków pod kątem ich powinowactwa do fazy wodnej, określenie profili jakościowych i ilościowych wybranych zanieczyszczeń nieorganicznych generowanych w wyniku kontaktu pozostałości poprocesowych z wodami o różnej mineralizacji. Za celowe Autorka uznała również przeprowadzenie charakterystyki sorpcyjnej materiałów stałych pozyskanych z kawerny poprocesowej powstałej w wyniku zgazowania złoża węgla in situ w aspekcie samooczyszczania wód w obszarze oddziaływania wygaszonego reaktora PZW. Pozwoliło to na sformułowanie dwóch tez pracy w brzmieniu: „Metale i niemetalne obecne w węglu, przechodzące w wyniku procesu podziemnego zgazowania węgla do pozostałości popiołowej, mogą powodować zanieczyszczenie wód napływających do przestrzeni poreakcyjnej” oraz „Rodzaj węgla podlegającego zgazowaniu oraz jego stopień przekształcenia termicznego i zachodzące przemiany fizykochemiczne mają znaczący wpływ na intensywność rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń nieorganicznych w środowisku wodnym.”

W dalszej części tego rozdziału Doktorantka przedstawiła strukturę rozprawy, metodykę prowadzenia badań w celu realizacji przyjętych założeń badawczych oraz wykaz publikacji i wystąpień konferencyjnych powiązanych z realizacją pracy.

Rozdział 3 obejmuje przegląd literaturowy PZW ocenę stanu wiedzy, rys historyczny, ogólną charakterystykę procesu wraz z omówieniem eksperymentów światowych i krajowych. Proces niesie ze sobą wiele korzyści natury ekonomicznej i środowiskowej. Charakteryzuje się wszystkimi zaletami konwencjonalnych sposobów powierzchniowego zgazowania węgla, jest przy tym jednak tańszy, nie narusza walorów krajobrazowych powierzchni ziemi, a odpady powstające w wyniku procesu pozostają w miejscu zgazowania. Ponadto PZW pozwala na

znaczny wzrost efektywności produkcji gazu syntezowego przy stosunkowo niskim nakładzie kosztów. Z uwagi na podobieństwo warunków geologicznych, proces PZW jest technologią, która może zostać sprzężona z geologiczną sekwestracją CO₂. Proces może również zostać połączony z innymi nowoczesnymi technologiami, np. z produkcją syntetycznych paliw ciekłych czy odzyskiwaniem metanu z węgla kamiennego. Wśród zalet środowiskowych PZW, obok wpływu na wygląd krajobrazu i ograniczenia zanieczyszczenia powietrza Autorka wymienia również redukcję ilości CO₂ w porównaniu z konwencjonalnymi elektrowniami węglowymi. Doktorantka wskazuje również na wadę, proces stanowić może problem środowiskowy ze względu na realne występowanie ryzyka zanieczyszczenia wód podziemnych. W dalszej części rozdziału Autorka omawia potencjalne zagrożenia w kontekście aspektów środowiskowych procesu PZW, w tym hydrogeologiczne, przedstawia rodzaje zanieczyszczeń powstających w fazie poeksploatacyjnej oraz problemy związane z pozostawianiem i składowaniem odpadów pod ziemią. W podrozdziałach w sposób syntetyczny opisano podstawowe mechanizmy transportu zanieczyszczeń w wodach podziemnych: adwekcja, dyfuzja, dyspersja wraz z charakteryzującymi je równaniami, na których oparto model numeryczny rozprzestrzeniania się wybranych metali w środowisku wodno-gruntowym w rejonie reaktora PZW.

Doktorantka zwraca również uwagę na celowość modelowania procesów hydrogeochemicznych w celu określenia stanu roztworu wodnego, opisanie oddziaływań w wieloskładnikowej mieszaninie fazy stałej, ciekłej i gazowej bądź w celu określenia dynamiki migracji w oparciu o klasyczne równanie transportu w układzie jednoskładnikowym.

Rozdział 4 zawiera opis części eksperymentalnej, charakterystykę próbek materiałów stałych stanowiących przedmiot badań pracy: węgla surowych, karbonizatów węglowych oraz pozostałości popiołowej z PZW pozyskanych z siedmiu różnych eksperymentów podziemnego zgazowania węgla prowadzonych w Głównym Instytucie Górnictwa w ramach realizowanych projektów badawczych. Próbkę pochodziły z 2 eksperymentów zgazowania węgla *in situ* Kopalni Doświadczalnej „Barbara” oraz 5 *ex situ* dla węgla kamiennego z KWK „Bobrek”, „Bobrek-Centrum”, „Piaś” oraz węgla brunatnego z KWB „Bełchatów” i „Turów”. Podrozdziały rozdziału 4 zawierają także przygotowanie porównawczych próbek popiołów (materiał odniesienia) w postaci popiołu uzyskanego po całkowitym spaleniu próbek tego samego węgla, który poddano zgazowaniu. Omówiono metody poboru, przygotowania przechowywania oraz analiz próbek materiałów stałych stosowanych do dalszych badań pracy. Kolejno Doktorantka zaproponowała zastosowanie zmodyfikowanego testu wymywania opartego na polskiej normie PN-Z-15009 (1997) i europejskiej normie PN-EN12457-2 (2006). Zastosowany w pracy test uwzględniał także wskazania szwajcarskiej normy TVA AS.1991, co jest szczególnie istotne ze względu na fakt iż próbki badane są w kształcie, w jakim znajdują się w warunkach rzeczywistych. Zgodnie z powyższym do sporządzenia wyciągów wodnych przyjęto próbki nierozdrobnione, w takiej postaci, w jakiej występują w kawernie poprocesowej po przeprowadzonych eksperymentach podziemnego zgazowania węgla.

Na uwagę, godną podkreślenia zwraca również stosunkowo duża w przypadku badań laboratoryjnych stosowana przez Autorkę masa próbki, co umożliwia uzyskanie materiału o jak najlepszej reprezentatywności. W przypadku przeprowadzonych testów wymywalności

w celu określenia wpływu mineralizacji wody na wymywanie metali i niemetalii z pozostałości po procesie zgazowania węgla, dla wybranych próbek karbonizatów i pozostałości popiołowych po PZW, przeprowadzono analogiczne testy wymywalności, zastępując wodę dejonizowaną rzeczywistą wodą podziemną (kopalnianą) o zróżnicowanej mineralizacji. Dla celów porównawczych badania sorpcji przeprowadzono również przy użyciu węgla aktywnego NORIT®SX2 (POCH, Polska). W kolejnych podrozdziałach Autorka uzasadniła również kryteria wyboru pierwiastków modelowych i przygotowanie roztworów mieszanych (sorbatów), dokonuje charakterystyki oddziaływań sorpcyjnych badanych układów ciecż-ciało stałe w oparciu o empiryczne równanie Freundlicha.

W rozdziale 5 Doktorantka przedstawia wyniki badań doświadczalnych uzyskanych podczas realizacji części doświadczalnej pracy dokonując porównania wymywania pierwiastków z pozostałości poprocesowych PZW oraz z popiołów po spaleniu węgla. Tabelarycznie przedstawia wyniki analizy technicznej i elementarnej węgla, które stanowiły surowiec wyjściowy do badań oraz zawartości wilgoci i wybranych pierwiastków w próbkach karbonizatów i popiołów po termolizie węgla. Opisane próbki poddano testowi wymywalności wodą dejonizowaną, z zastosowaniem zmodyfikowanego testu wymywania w tzw. warunkach statyczno-quasi-dynamicznych (opisanym w rozdziale 4 pracy). Rozdział zawiera także dane składu fizykochemicznego otrzymanych wyciągów wodnych prowadzono ze szczególnym uwzględnieniem wybranych metali i niemetalii zgodnie z regulacjami prawnymi dotyczącymi jakości wód podziemnych. W dalszej części Doktorantka dokonuje porównania wymywania pierwiastków z pozostałości poprocesowych PZW przez wody podziemne o zróżnicowanej mineralizacji przedstawiając wyniki analizy fizykochemicznej próbek eluatów, które uwzględniają początkowe stężenia pierwiastków oznaczone w wodach kopalnianych zastosowanych jako media wymywające. W przypadku zastosowanych w tej części pracy sorbentów (wyjściowy węgiel subbitumiczny) przeprowadzona analiza techniczna i elementarna pozwoliła Autorce na stwierdzenie, że pod wpływem wysokiej temperatury podczas zgazowania węgla nastąpił znaczący rozwój struktur porowatych, ilościowo określany na podstawie powierzchni właściwej oraz całkowitej objętości porów. Tym samym można stwierdzić, że karbonizat został „aktywowany” podczas zgazowania. Analiza stężeń równowagowych metali w roztworach po badaniach sorpcji pozwoliła na wyznaczenie parametrów izoterm adsorpcji, a tym samym na zbadanie oddziaływań sorpcyjnych między metalami i materiałami pozyskanymi z otoczenia georeaktora. W roztworach uzyskanych po testach sorpcji stężenia badanych metali są niższe niż w roztworach wyjściowych, co jest dowodem wystąpienia sorpcji.

Tematyka **rozdziału 6** obejmuje dyskusję wyników wymywania pierwiastków z pozostałości poprocesowych PZW oraz z popiołów po spaleniu węgla. Na uwagę zasługuje porównanie wyników uzyskanych przez Doktorantkę z danymi innych ośrodków naukowych.

Obliczając względny współczynnik wzbogacenia (*RER*) dla każdego z badanych w pracy pierwiastków (obecnych w materiałach powstałych w wyniku zgazowania i spalania węgla) Autorka zwróciła uwagę na ogólną tendencję, w przypadku próbek węgla kamiennego wzrostu wartości *RER* od karbonizatu poprocesowego PZW, przez popiół poprocesowy PZW, aż do popiołu uzyskanego po spaleniu węgla. Na podstawie współczynnika dystrybucji *kd*,

Doktorantka określiła mobilność pierwiastków dokonując ich podziału na trzy grupy, ze względu na stopień powinowactwa do fazy wodnej. Podobnych rozważań dokonano dla wód podziemnych o zróżnicowanej mineralizacji.

Podział pierwiastków ze względu na obliczoną wartość współczynnika wzbogacenia ma według Autorki charakter ogólny, ponieważ głównym celem pracy jest badanie wymywania metali i niemetalii do fazy wodnej. Tym niemniej, uzyskane podczas rozprawy wyniki mogą pełnić funkcję pogładową w aspekcie przemian, jakie zachodzą w materiale wyjściowym podczas procesu zgazowania węgla i być pomocne w interpretacji wyników badań pochodzących z przeprowadzonych testów wymywalności.

W przypadku wzrastającej mineralizacji medium wymywającego stwierdzono również obniżenie wartości pH wyciągów wodnych, co wskazuje na wyższy potencjał redoks, świadczący o utleniającym charakterze próbki. pH eluatu zależy od rodzaju materiału stałego poddanego badaniu wymywalności, który z kolei jest uwarunkowany przebiegiem procesu podziemnego zgazowania węgla. Różny stopień wymycia poszczególnych metali może być związany z powinowactwem ich form występowania do wody, mechanizmami wiązania (np. tworzeniem związków kompleksowych), siłą jonową itp. Przeprowadzony w pracy eksperyment nie potwierdził spodziewanego trendu, że większa mineralizacja wód hamuje zdolność do wymywania pierwiastków z materiałów stałych.

Kolejno Autorka podkreśla istotne znaczenie procesów sorpcji w aspekcie migracji metali ciężkich w środowisku wodnogruntowym w kontekście procesu samooczyszczania wód podziemnych. W tym celu wytypowano dwa rodzaje sorbentów – węgiel pochodzący z rejonu poligonu doświadczalnego PZW na terenie kopalni doświadczalnej „Barbara” (eksperyment I) oraz karbonizat pobrany z kawerny po zakończeniu. Ocenę właściwości sorpcyjnych badanych geosorbentów w aspekcie wybranych metali i niemetalii wykonano w oparciu o parametry izotermy Freundlicha K_F i n , charakteryzujące dany układ w danej temperaturze. Dla badanych układów oszacowano procentową skuteczność usuwania metali z punktu widzenia ekonomiki prowadzenia procesu i korzyści oddziaływania procesu na środowisko naturalne. Autorka zwraca również uwagę na spowolnienie transportu w wyniku sorpcji (współczynnik opóźnienia) współczynnik retardacji dla sześciu różnych poziomów stężeń. Konsekwencją wzrostu współczynnika retardacji w zakresie wartości niskich stężeń sorbowanej substancji jest spadek prawdopodobieństwa całkowitego samooczyszczania badanego ośrodka.

Rozdział 7 jest poświęcony modelowaniu rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w rejonie reaktora *in situ* w fazie poeksploatacyjnej PZW (eksperyment I, KD „Barbara”). Celem przeprowadzonych w pracy symulacji numerycznych było określenie i zobrazowanie wpływu zjawisk sorpcyjnych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w środowisku wodnogruntowym w rejonie reaktora podziemnego zgazowania węgla *in situ* poprzez zaimplementowanie do równania transportu zanieczyszczeń wyznaczonych doświadczalnie parametrów izotermy adsorpcji Freundlicha. Modelowanie przeprowadzono w środowisku obliczeniowym COMSOL Multiphysics w płaszczyźnie dwuwymiarowej. W kolejnych podrozdziałach Autorka przedstawiła założenia modelu numerycznego, równania i warunki brzegowe modelu przepływu wód gruntowych oraz modelu transportu zanieczyszczeń. Wyniki symulacji dowiodły, że retardacja zanieczyszczeń w warstwie karbonizatu węglowego

PZW ma kluczowe znaczenie dla dalszego rozwoju smugi zanieczyszczeń w warstwach spągowych rektora w przypadku wszystkich analizowanych metali. W przypadku uwzględnienia procesu sorpcji zanieczyszczeń wykazano, że karbonizat węglowy pełni funkcję skutecznego bufora dla analizowanych metali, nawet po upływie zadanych 20 lat od zakończenia eksperymentu.

Rozdział 8 stanowi podsumowanie oraz zawiera końcowe wnioski uzyskane w wyniku realizacji pracy. Przeprowadzenie testów wymywalności pozwoliło Autorce na oszacowanie ładunku substancji przedostających się do środowiska wodnego oraz na ocenę ich toksyczności w odniesieniu do wartości normatywnych podanych we właściwych aktach prawnych z zakresu gospodarki wodnej. Wyniki analizy wyciągów wodnych pozwoliły na określenie profili jakościowo-ilościowych metali i niemetalii, które mogą stanowić zanieczyszczenie i migrować w wodach podziemnych w otoczeniu kawerny pozostałej po procesie zgazowania. Wykorzystanie wyników analiz pochodzących z testów wymywalności w połączeniu z charakterystyką sorpcyjną badanych układów i skonstruowanie modelu hydrogeochemicznego umożliwiło symulację procesu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w czasie w rejonie prowadzenia podziemnego zgazowania węgla. W świetle uzyskanych wyników badań Doktorantka przyjęła prawdziwość postawionej na początku rozprawy tezy, że obecne w węglu surowym metale i niemetale przechodzące podczas procesu podziemnego zgazowania węgla do pozostałości popiołowej mogą być wymywane przez wody napływające do kawerny poreakcyjnej i migrować do wodnogruntowego otoczenia georeaktora, w konsekwencji powodując zanieczyszczenie wód podziemnych. Udowodniła również prawdziwość drugiej tezy, że zarówno rodzaj zgazowanego węgla, jak również stopień jego konwersji termicznej i zachodzące podczas procesu PZW przemiany fizykochemiczne mają istotny wpływ na intensywność rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń nieorganicznych w środowisku wodnym. Uzyskane wyniki pozwoliły Autorce na sformułowanie 13 wniosków oraz wykazały osiągnięcie założonych celów badawczych i pozytywne zweryfikowanie przyjętych w pracy hipotez.

Ocena rozprawy doktorskiej

W związku z koniecznością spełniania coraz bardziej rygorystycznych norm środowiskowych oraz poszukiwaniem alternatywnych sposobów pozyskiwania energii wybór tematyki pracy doktorskiej uważam za całkowicie uzasadniony.

Stwierdzam, iż sformułowany cel naukowy został przez Doktorantkę osiągnięty jak również uzasadnione zostały tezy pracy.

Na szczególne uznanie zasługuje umiejętność zaprojektowania przez Doktorantkę szeregu specjalistycznych doświadczeń, uwzględniając zarówno heterogeniczność badanego materiału, szerokie spektrum danych rozważanych indywidualnych projektów PZW wraz z teoretyczną analizą i opisem uzyskanych podczas realizacji pracy wyników eksperymentalnych. Wyniki badań są bardzo dobrze udokumentowane – opisowo i graficznie, ułatwiając czytelnikowi ich porównanie i analizę. Warta podkreślenia jest również dojrzałość naukowa Doktorantki

w doborze międzynarodowej literatury tematu oraz jej umiejętna analiza i interpretacja w odniesieniu do własnych danych doświadczalnych.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska stanowi bardzo dobrą podstawę do dalszych badań zmierzających w kierunku zaproponowania oryginalnych rozwiązań odnośnie sposobu postępowania z kawerną po zakończeniu eksploatacji pokładu węgla metodą podziemnego zgazowania.

Rozprawa doktorska jest napisana zrozumiale, z użyciem prawidłowej terminologii, w sposób, który nie budzi zastrzeżeń. Materiał służący do wprowadzenia do tematyki i części merytorycznej jest rozłożony właściwie. Spis literatury jest obszerny, obejmujący 172 pozycje, z czego ponad 40% to publikacje zagraniczne.

Uwagi krytyczne:

W recenzowanej pracy doktorskiej znajdują się nieliczne niedociągnięcia i błędy, które należy wyeliminować przygotowując uzyskane wyniki do dalszych publikacji:

- Wielokrotnie stosowane w pracy błędne określenie „o odczynie pH ...” (np.: str. 41,70, tab 4.3 itd.) w przypadku pracy powinno być pH
- kwaśnym środowisku – powinno być kwasowym (str. 42)
- zgodnie z nomenklaturą w nazwie używanych kwasów powinna zostać podana wartościowość atomu centralnego tj. kwas siarkowy i azotowy (ile?)
- jak rozumieć użyty na stronach 46 i 47 termin „sadze grafitowane”
- w miejsce terminu „ugrupować tlenowych”, str. 48 powinno być ugrupowań tlenowych
- Rys. 4.1 Reaktor podziemnego zgazowania węgla (instalacja *in situ* w pokładzie 310 w KD „Barbara”) – brak źródła, str. 53
- rys 4. 3 w danych dane raz Autorka stosuje przecinki, raz kropki, to samo tekst str. 55
- jak należy rozumieć pojęcie „tworzywa” w przypadku sit o średnicy oczek 10 mm, oraz pojemników z tworzywa, str. 71
- Rys. 5.1-5.4 str. 95-96 opis osi odciętych (x) zamiast mg/l powinno być mg/dm³ co byłoby pewną konsekwencją jednostek stosowanych w pracy
- Str. 96, powinno być „stężenie jonów metali” czy stężenia metali?
- tytuł podrozdziału 6.1.1. „Zachowanie pierwiastków podczas termolizy węgla” *zachowanie* pierwiastków to żargon
- str. 40 gdzie zgodnie z Dz. U. nr 162, poz. 1116 Autorka podaje zgodnie z którą „100 g próbki (w przeliczeniu na suchą masę) „zalewa się” wodą destylowaną w stosunku 1:10 i miesza...” słowo *zalewa się* jest żargonem, należałoby zastosować prawidłową terminologię
- Autorka w całej pracy konsekwentnie używa liczbę mnogą w przypadku temperatury zgazowania, stężenia, zamiast liczby pojedynczej, co sugeruje, że stosowane są różne temperatury w danym miejscu lub występują różne stężenia tego samego związku
- Pewien niedosyt budzi omawianie głównie zagrożeń hydrogeologicznych procesu PZW, np.: w rozdziale 3.2.1. „Potencjalne zagrożenia hydrogeologiczne” – autorka

rozpoczyna kolejny raz podkreślając zalety procesu, dopiero później wspomina o zagrożeniach/ ryzyku związanym ze wzrostem przewodności hydraulicznej pokładu oraz otaczającej go matrycy skalnej w wyniku zapadania się warstw nadległych oraz szczelinowania górotworu pod wpływem naprężeń termicznych. Według recenzenta należało rozważyć poświęcenie nieco większej uwagi również zagrożeniom związanym z naruszeniem górotworu, gdyż ono będzie również istotne w aspekcie analizy wyników przedstawionych w pracy.

- Czy kierowała się Doktorantka wybierając do opisu równanie izotermy Freundlicha. Czy nie zastanawiała się Pani nad zastosowaniem innego równania izotermy adsorpcji? Izoterma adsorpcji Freundlicha jest dwuparametrowym równaniem o charakterze potęgowym. Matematyczna forma tego równania wskazuje na nieograniczoną chłonność sorpcyjną adsorbentu. Czy zastosowanie np. równie prostego równania izotermy adsorpcji Langmuira nie byłoby lepszym rozwiązaniem, choćby dlatego że uzyskana wartość "pojemności monowarstwy" (a_m) byłaby parametrem który oprócz wartości jako parametr do dalszego modelowania, odzwierciedlałaby również sens fizyczny procesu sorpcji?

Powyższe uwagi nie umniejszają wartości pracy doktorskiej, a recenzowana praca wnosi wiele elementów nowości naukowej, zarówno w części eksperymentalnej jak i teoretycznej. Analiza uzyskanych przez Doktorantkę wyników przynosi wiele wartościowych informacji, zarówno możliwych do dalszego wykorzystania w pracach eksperymentalnych i polowych. Rozprawa została napisana poprawnie. Na szczególne podkreślenie zasługuje biegłość Autorki w doborze materiału, zaplanowaniu eksperymentu oraz analiza uzyskanych wyników, całość wskazuje na ponadprzeciętną dojrzałość naukową Doktorantki. Na uwagę zasługuje również szata graficzna rozprawy, czytelny układ pracy, starannie wykonane rysunki i tabele ułatwiające korzystanie z zawartych w pracy wyników.

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr Aleksandry Strugały-Wilczek spełnia wymagania ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65. Poz. 595 z późniejszymi zmianami). Stwierdzenie to upoważnia mnie do przedstawienia Wysokiej Radzie Naukowej Głównego Instytutu Górniczego w Katowicach wniosku o dopuszczenie mgr Aleksandry Strugały-Wilczek do publicznej obrony rozprawy doktorskiej i równocześnie mając na uwadze ponadprzeciętną wartość merytoryczną rozprawy, jej walory naukowe i poznawcze stawiam wniosek o wyróżnienie pracy.

