

Dr hab. Joanna Kulczycka, prof. AGH
AGH Wydział Zarządzania,
Kraków, ul. A. Gramatyka 10
e-mail: kulczycka@agh.edu.pl
tel. 605 333 363

Kraków, 24.09.2023 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Kaczana pt. Identyfikacja, metody pozyskania i wykorzystanie metali krytycznych na Dolnym Śląsku napisanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Herberta Wirtha i prof. dr hab. inż. Adama Piestrzyńskiego

Recenzję wykonano na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki Politechniki Wrocławskiej (RDND08/117/2023) z dnia 21.07.2023 r.

1. Charakterystyka i zakres pracy doktorskiej

Tematyka rozprawy doktorskiej dotyczy aktualnych wyzwań szeroko diskutowanych w literaturze naukowej jak i prezentowanych w polityce gospodarczej wielu krajów. Identyfikacja metali krytycznych obejmuje konieczność ich zdefiniowania na podstawie przyjętej metodyki oraz kryteriów, a także zidentyfikowania możliwych źródeł pozyskiwania ze źródeł pierwotnych i wtórnych jak i substytucji dla zapewnienia bezpieczeństwa surowcowego. Dotyczy to w szczególności dynamicznie zwiększającego się popytu na niektóre metale wykorzystywane w sektorze energetycznym (odnawialne źródła energii), oraz IT. W wielu raportach International Energy Agency czy Banku Światowego, a także UNEP Resource Panel wykazano, iż produkcja surowców mineralnych takich jak grafit, lit i kobalt, może wzrosnąć o prawie 500% do 2050 r., aby zaspokoić rosnące zapotrzebowanie na czyste technologie energetyczne. Skutkuje to istotnymi zmianami na rynku tych metali, co może i powinno oddziaływać na możliwości ich pozyskiwania zarówno ze źródeł pierwotnych jak i wtórnych. W związku z tym realizacja celu pracy wymagała interdyscyplinarnego ujęcia obejmującego aspekty geologiczne, przeróbcze (odpady), prawne, ekonomiczne oraz środowiskowe.

Dodatkowo zwiększające się wymagania z zakresu ochrony środowiska oraz coraz większe oczekiwania społeczne powodują, iż dostęp do niektórych zasobów może być utrudniony. Kontynuując badania warto zatem zwrócić uwagę na uwarunkowania społeczne, w tym oczekiwania lokalne, często trudne do skwantyfikowania, jednak o potencjalnie dużym ryzyku wpływu, również w przypadku zasobów antropogenicznych.

Wiele decyzji w obszarze pozyskiwania surowców, a także sposób raportowania i analiza danych statystycznych, dostęp do funduszy pomocowych/strukturalnych pozostaje w gestii władz lokalnych/regionalnych dlatego dobór jednego województwa jako studium przypadku uznaje w pełni za uzasadniony. Doktorant zwraca uwagę, na fakt, iż charakterystyki struktur geologicznych nie są tożsame z granicami administracyjnymi oraz skomplikowanymi historycznie uwarunkowaniami dotyczącymi samego przebiegu granicy administracyjnej, jednak ujęcie administracyjne w kontekście konkurencyjności i dostępności surowców krytycznych w pełni wpisuje się w przyszłe planowanie, np. wojewódzkie plany GOZ i może stanowić podstawę dla podejmowania decyzji strategicznych, a ponadto ułatwia raportowanie.

Pełny obraz rynku surowców obejmuje jeszcze podaż surowców krytycznych odzyskiwanych z tzw. odpadów miejskich, a także ograniczenia popytu wynikającego z możliwej substytucji - jednak taka analiza wymagałaby zupełnie innego ujęcia problematyki badawczej zarówno ze strony zasobowej, prawnej jak i społecznej, dlatego analiza głównych źródeł surowców prezentowanych w pracy jest w pełni uzasadniona.

Rozprawa składa się z siedmiu merytorycznych rozdziałów, wprowadzenia oraz podsumowania i wniosków stanowiąc logiczną całość poczynając od:

1. przeglądu literatury - w zakresie definiowania surowców krytycznych i dotychczasowej oceny potencjału metalogenicznego Dolnego Śląska – w sposób szczegółowy dokonano analizy porównawczej i strategii prowadzących do ustalenia listy surowców krytycznych w wielu krajach oraz organizacji ponadnarodowych (UE), co pozwoliło na wytypowanie 14 metali oraz 2 grup metali przeznaczonych do dalszej analizy, przy czym niezbędne było – jak słusznie zauważył Autor - dodatkowo przeprowadzenie analiz dla kopalin podstawowych. Ponadto w rozdziale tym niezbędne było odniesienie się do uwarunkowań środowiskowych, zmian rynkowych, polityk, w tym celów zrównoważonego rozwoju, *decouplingu* i gospodarki o obiegu zamkniętym, jako ważnych elementów oddziałujących na opłacalność procesów oraz ocenę potencjału. Rozdział pierwszy zawiera też pytania badawcze i prawidłowo zdefiniowane hipotezy;
2. poprzez wybór i wykorzystanie stosowanych metod badawczych oraz zaproponowanie własnej metodyki - w tym dokonywania obliczeń według autorskiej propozycji szacowania wielkości i wartości zasobów, studia przypadków dla geosfery i antroposfery wraz z analizą ekonomiczną i SWOT. Badania były prowadzone m.in. poprzez zebranie, usystematyzowanie i przeanalizowaniu odpowiednich danych i informacji geologicznych (np. geobaza Hałdy), pozyskanie próbek i wyników analiz geochemicznych, prowadzenie analiz geostatystycznych, analizy prób pod mikroskopem kruszcowym. Jako wkład własny przedstawiono własną metodę szacowania strat w procesach pozyskiwania surowców od poszukiwania i rozpoznania, eksploatację przeróbkę, procesy hutnicze po likwidację i rekultywację, a także algorytm dla obliczania objętości obiektów antropogenicznych. Rezultaty badań tj. studia przypadku zostały ciekawie dobrane i pozwalają na zweryfikowanie zaproponowanej

- metodyki w praktyce. Nadmiarowy wydaje się rozdział dotyczący wykorzystania metali krytycznych na Dolnym Śląsku (1 strona, wcześniej Autor w rozdziale 2.6 omówił zastosowanie poszczególnych metali w przemyśle) – z jednej strony Autor chciał pokazać cały cykl życia metali, jednak taka pobieżna analiza nie wniosła nic nowego do pracy. Tematyka wykorzystania nie jest zawarta w hipotezach i celach pracy występuje natomiast w tytule raczej nadmiarowo (w przypadku publikacji proponuję jej usunięcie),
3. do etapu dyskusji wyników - gdzie wskazano raczej na ograniczenia metodyki i kierunki dalszych prac, niż dyskusję naukową z innymi ewentualnie prowadzonymi podobnymi rozwiązaniami, nawet prowadzonymi w ujęciu teoretycznym. W związku z tym proszę o dokonanie dyskusji z uwzględnieniem przeglądu metod z innych artykułów naukowych, które dążą do oszacowania potencjału złożowego dla surowców krytycznych.

2. Ocena ogólnej wiedzy teoretycznej i samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Praca koncentruje się wokół zagadnień dotyczących poszukiwania, rozpoznania i wyceny potencjalnych zasobów złóż, przy czym o ile potencjał geogeniczny jest usystematyzowany wieloma dokumentami prawnymi i schematami, to jednak nie oznacza to, iż w aktualnych warunkach wdrażania GOZ, wiele działań i badań nie wymaga opracowania propozycji zmian zarówno w teorii jak i w praktyce gospodarczej (np. włączenia zagadnień dotyczących ekoprojektowania, zmian w dokumentacji itp.). Obecnie działania takie jak wydobywanie i rafinacja metali są często modelowane i projektowane jako pojedyncza zagregowana czarna skrzynka, w której nie uwzględnia się dynamiki poszukiwania nowych złóż, a występowanie by-produktów identyfikuje się na podstawie badań jakościowych (PEMMSS model, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667378923000093>). Ponadto jak wskazano, np. w projekcie EU H2020 ION4RAW konieczne jest opracowanie nowych baz danych dla oszacowania potencjału i opracowanie zestawienia występowania produktów ubocznych w Europie, szczególnie dla metali krytycznych, gdyż ze względu na heterogeniczność istniejących baz danych przeprowadzenie predykcji tych elementów nie jest i/lub automatycznie identyfikowane i/lub oceniane, stąd, w tym projekcie, do mapowania zaproponowano wykorzystanie metody DataBase Querying (DBQ). Takie działania potwierdzają słuszność i aktualność doboru tematyki pracy, oraz konieczność prowadzenia i doskonalenia badań naukowych oraz występowania problemu naukowego, ważnego z punktu widzenia nauk geologicznych a także nauk społecznych.

Doktorant prowadząc badania wykazał, iż ma ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki, a także potrafi interpretować i poszukiwać rozwiązań uzupełniając badania o aspekty prawne, środowiskowe i ekonomiczne. Jest to szczególnie istotne w przypadku analizy możliwości wykorzystania nagromadzonych odpadów z przemysłu wydobywczego, stanowiących w niektórych przypadkach złoża antropogeniczne,

które nabrały coraz większego znaczenia w literaturze przedmiotu właśnie w związku z obawą o brak ciągłości dostaw surowców ze źródeł pierwotnych. Samo zdefiniowanie, klasyfikacja i wycena złóż antropogenicznych jest nadal przedmiotem dyskusji w literaturze naukowej, również krajowej, w szczególności prowadzonej przez R. Ubermana, M. Niecia, a także uwzględniona w kodeksie Polval.

W celu opracowania autorskiej metodyki potencjału zasobowego metali krytycznych przeanalizował ponad 191 publikacji, raportów, dokumentów, stron projektów. Szkoda, iż nie zostały one pogrupowane co najmniej w podziale na literaturę naukową i pozostałe, co znacznie ułatwiłoby ocenę w zakresie krytycznego przeglądu publikacji naukowych. Dobór zaledwie kilku artykułów z czasopism tj. Resource Conservation and Recycling, Journal of Cleaner Production, Environmental Science and Policy, Mineral Economics wskazuje, iż Doktorant potrafi korzystać z recenzowanych i wysokopunktowanych artykułów, jednak w nieznacznym zakresie wykorzystał je w pracy. Natomiast znakomicie sobie radzi w analizie aktualnych dokumentów i raportów, w tym dokonywania ich systematyki, klasyfikacji, graficznej prezentacji i autorskich zestawień tabelarycznych oraz wykorzystania różnorodnego oprogramowania. Ponadto Autor wykorzystał również własne publikacje i rzetelnie wykazał ograniczenia występujące podczas prowadzenia działalności badawczej, związane przede wszystkim z dostępem do danych, zarówno ze względu na koszty ich pozyskania, uwarunkowania historyczne oraz tajemnice firm.

3. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz oryginalność zaprezentowanego rozwiązania problemu naukowego, rozwiązania w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej

Rozprawa doktorska stanowi pracę pisemną zawierającą szczegółowe analizy praktyczne bazujące na wybranych studiach przypadku, które wykorzystują zaproponowaną autorską metodykę, nie ujętą we wcześniejszych publikacjach. Cel i układ pracy wskazują, iż doktorant potrafił zarówno zidentyfikować lukę badawczą, ustalić cel pracy i konsekwentnie go realizować oraz wyciągnąć wnioski i zaproponować rozwiązania. Ujęcie problematyki uwzględniającej poszczególne fazy cyklu życia projektu górniczego od poszukiwania poprzez udostępnianie, eksploatację, przeróbkę po zamknięcie i rekultywację wymagała holistycznego ujęcia i znajomości wielu aspektów technicznych i technologicznych, a także zidentyfikowania opisanych wyzwań w obszarach zrównoważonego rozwoju. Dotyczy to w szczególności badań projektów geologiczno-górnich dla obiektów antropogenicznych, będących znacznie „słabiej” opisanych w literaturze. W tym kontekście chciałabym poznać zdanie Doktoranta czy forma własności hałdy jest również wyzwaniem – jaka forma własności jest stymulantą (o ile istnieje), a jaka jest destymulantą do potencjalnego jej wykorzystania (zmiany właścicielskie wyszczególnione zostały jako słaba strona w SWOT).

Ponadto Autor twierdzi, iż (str. 63) „materiał nadkładowy stanowi bardzo istotną ilość składowanego odpadu, szczególnie w wielkoobszarowych kopalniach odkrywkowych” – i tu proszę o doprecyzowanie kiedy nadkład jest odpadem w obecnych uwarunkowanych prawnych (Ustawa o odpadach wydobywczych).

Nowatorskim ujęciem w pracy, jest wypracowanie metodyki pozwalającej na określenie potencjału zasobowego metali krytycznych w złożach geogenicznych i antropogenicznych, oraz jej weryfikacja i dyskusja wyników, co wymagało przeprowadzenia krytycznej analizy literatury, w tym danych historycznych, które pozwoliły na opracowanie autorskiej bazy danych miejsc na Dolnym Śląsku o udokumentowanym wystąpieniu analizowanych pierwiastków. Podobne działania nie były wcześniej realizowane w Polsce. Jednak w kontekście doboru dalszych kryteriów i wyboru klas A,B, C, D – metodyka wydaje się dość subiektywna, czy była ona szerzej konsultowana? Czy bazowała na jakichś założeniach wynikających z przeglądu literatury?

Wyraźną wartością dodaną i istotną nowością w kontekście rozwoju nauk technicznych, w tym geologicznych jest poszukiwanie i prowadzenie ocen bezodpadowych lub małodopadowych technologii zgodnych z koncepcją GOZ (tj. w całym cyklu życia) – nie jest to jeszcze powszechna praktyka, a właśnie dużym ograniczeniem technologicznym i prawnym jest wytwarzania odpadów z odpadów, podczas odzyskiwania składnika użytecznego. Ważne i ciekawie opisane zostały - dyskusja dotycząca definiowania złóż antropogenicznych oraz prowadzone analizy statystyczne próbek, analizy geochemiczne. Były one podstawą dla opracowania map wzbogacenia, a przede wszystkim obliczenia objętości hałd, a następnie ich wartości – z wykorzystaniem metodyki metalu ekwiwalentnego. Ponadto zaproponowanie połączenia cen długoterminowych (2/3 cena średnia) i krótkoterminowych (1/3) wydaje się ciekawym rozwiązaniem, zwłaszcza w warunkach gospodarczych występujących w ostatnich latach, chociaż zazwyczaj w ekonomii przelicza się ceny na wartości stałe (ceny stałe np. z 2000 r.).

Wymiar praktyczny dysertacji to bez wątpienia opracowanie autorskiej bazy danych 127 miejsc o udokumentowanych wystąpieniach analizowanych pierwiastków na Dolnym Śląsku, oraz usystematyzowanie i uporządkowanie danych z różnych źródeł. Istotne znaczenie ma też propozycja kroków decyzyjnych i zasad postępowania dla identyfikacji potencjalnych zasobów złóż, zgodnie ze schematem postępowania zaprezentowanym na rys. 23. Ze względu na stosunkowo skromny opis w rozdziale 4.1 proszę o doprecyzowanie warunków, czy też kryteriów podejmowania decyzji po etapie obliczaniu potencjalnych zasobów (a w przypadku zasobów antropogenicznych dodatkowo jeszcze po przeprowadzonej analizie SWOT) – czyli na jakiej podstawie podejmować decyzje czy prowadzić dalsze badania TAK i NIE. Proszę też o doprecyzowanie, czy w przypadku występowania wielu pierwiastków, lub gdy metal krytyczny jest kopaliną towarzyszącą, mamy taki sam schemat postępowania.

Pomimo, powyższych pytań uszczegóławiających można jednoznacznie przyjąć, iż zaproponowano rozwiązania, które pozwalają na zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej a ponadto mogą być skalowane w innych obszarach gospodarczych. Interdyscyplinarne ujęcie problematyki, łączące aspekty geologii z ekonomią i

ochroną środowiska ze względu na kompleksowe ujęcie ułatwia procesy wdrażania proponowanych rozwiązań i dalsze nimi zarządzanie.

Praca zawiera bogaty materiał ilustracyjny i jest starannie napisana, nieliczne nieścisłości edytorskie dotyczą przykładowo:

Rys.9 – Światowy wskaźnik rządów (WGI) – czy to jest prawidłowe tłumaczenie

Str. 54 – cena cynku 33500 USD/t

Str. 63 – analiza cyklu życia to ocena cyklu życia według ISO 14044

Wniosek

Po zapoznaniu się z rozprawą napisaną przez mgr inż. Wojciecha Kaczana i mając na uwadze ustawowe zapisy (Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym), stwierdzam, że spełnia ona wymogi stawiane tego typu pracom naukowym, a Autor posiada szeroką wiedzę teoretyczną oraz umiejętność prowadzenia badań naukowych. Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oraz ma duży potencjał do zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej. Wniosuję o dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Kulaydu Joanne