



UNIWERSYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH

Sosnowiec, 17.09.2024 r.

Dr hab. Iwona Jelonek, prof. UŚ
Instytut Nauk o Ziemi
Wydział Nauk Przyrodniczych
e-mail: iwona.jelonek@us.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Krasuskiej
pt. **„Ocena zanieczyszczenia osadów rzek, jezior i zbiorników wodnych
na skutek odprowadzania wód chłodniczych z elektrowni”**

Recenzja została wykonana na podstawie uchwały Rady Naukowej Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego z dnia 18 czerwca 2024 r. i wynikającego z jej zlecenia przez Przewodniczącą Rady Naukowej dr Henryka Jacka Jezierskiego, zawarte w piśmie z dnia 27 lipca 2024 r., informującym o powołaniu mnie do pełnienia roli recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Krasuskiej. Sporządzono ją w oparciu o zapisy Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 z późn. zm.) oraz wytyczne Rady Doskonałości Naukowej w sprawie postępowania o awans naukowy.

Formalna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji dysertacja została zrealizowana pod kierunkiem Pana Prof. dr hab. Stanisława Wołkowicza, w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym.

Rozprawa składa się z dziesięciu głównych rozdziałów (1. *Wstęp*, 2. *Cel pracy*, 3. *Budowa systemów chłodzenia elektrowni*, 4. *Geochemiczne badania osadów rzek*,

jezior i zbiorników wodnych – przegląd dostępnej literatury, 5. Charakterystyka geochemiczna wybranych pierwiastków, 6. Zakres i metodyka badań, 7. Charakterystyka obszarów oraz elektrowni objętych badaniami, 8. Wyniki badań, 9. Dyskusja wyników badań, 10. Wnioski). Rozdział 11 to spis cytowanej w pracy bibliografii. Rozprawę kończą dwa numerowane rozdziały: 12. Spis tabel, 13. Spis rycin. W recenzowanej dysertacji w rozdziałach 5, 6, 7, 8 i 9 wyodrębniono podrozdziały, które w spisie treści mają własny tytuł i numer, co nadaje rozprawie przejrzystość i ułatwia jej lekturę. Praca liczy 192 strony numerowane. Zawiera w sumie 19 tabel, 95 rycin oraz w osobno wydrukowanym formacie liczącym 38 nieponumerowanych stron 36 załączników. Oddzielnie w języku polskim zostało dołączone streszczenie rozprawy doktorskiej liczące 3 ponumerowane strony. Spis literatury obejmuje 151 pozycji, w tym 36 publikacji obcojęzycznych (głównie anglojęzycznych) oraz 115 w języku polskim. Doktorantka jest współautorem 1 z nich. Treść rozprawy odpowiada jej tematowi, a układ pracy jest prawidłowy.

Ocena trafności podjętej tematyki

Biorąc pod uwagę znajomość oddziaływania na środowisko naturalne w tym emisje gazów cieplarnianych jakie niesie za sobą produkcja energii to współczesne badania koncentrują się również min. na systemach chłodzenia elektrowni w aspekcie oddziaływania na wody powierzchniowe, ponieważ systemy chłodzenia w elektrowniach cieplnych są kluczowe dla procesu generacji energii elektrycznej, stanowiąc jego nieodzowny element. Ich efektywne działanie jest niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania elektrowni oraz zapewnienia stabilnych dostaw energii elektrycznej, szczególnie w obliczu rosnącego zapotrzebowania. Jednak z perspektywy dotychczasowych badań w dużej mierze podjęte zagadnienia związane były ze zmianami termicznymi jakie zachodzą i wpływają na zbiorniki, do których odprowadzane są wody chłodnicze.

Podjęcie badań związanych z oceną stopnia zanieczyszczenia chemicznego osadów wodnych związanych z wpływem układów chłodzenia elektrowni w zależności od typu w tym: system otwarty (z podziałem na system rzeczny i system zbiornikowy) i system zamknięty oraz wykonanie szczegółowych badań geochemicznych oraz oceny ekotoksykologicznej i oceny geoakumulacji osadów stanowią najważniejsze cele jakie postawiono w recenzowanej rozprawie.

Szczególne znaczenie mogą mieć rozwiązania dla systemów chłodzenia, które identyfikując stopień ryzyka wystąpienia kilku rodzajów zagrożeń jednocześnie mogą być podstawą do opracowania bardziej ekologicznych rozwiązań w gospodarce wodnej dedykowanej dla elektrowni zawodowych. W związku z tym celowym jest, że odprowadzane wody chłodzące z elektrowni do zbiorników wodnych wymagają monitorowania ich wpływu na środowisko, zwłaszcza pod kątem jakości osadów wodnych w rzekach i jeziorach.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzam, że temat recenzowanej rozprawy jest zasadny, a jego podjęcie w pełni celowe.

Charakterystyka merytoryczna i ocena rozprawy

Pierwszy rozdział dysertacji, stanowi **Wstęp**, w którym na tle współczesnej energetyki przedstawiono obowiązującą terminologię wraz z podziałem elektrowni w zależności od silnika cieplnego, sposobu wykorzystania ciepła odpadowego oraz w zależności od wykorzystania źródła energii pierwotnej. Naświetlano strukturę mocy zainstalowaną we wszystkich elektrowniach pracujących na terenie Polski w oparciu o Krajowy System Elektroenergetyczny. Nakreślono i uzasadniono przyczyny podjęcia wybranej tematyki badawczej oraz wskazano źródło danych, które były wykorzystane w recenzowanej pracy.

Rozdział 2 stanowi zestawienie celów rozprawy. Wszystkie zostały zwięźle zdefiniowane i odpowiadają tematowi pracy, wynikających z przesłanek zawartych we wstępie.

W **Rozdziale 3 Budowa systemów chłodzenia elektrowni**, który ma charakter wprowadzający poświęcono charakterystyce systemów chłodzenia i stanowi rozwinięcie obserwacji poczynionych we wstępie. Bardzo skrupulatnie została opisana budowa otwartego układu chłodzenia oraz budowa zamkniętego obiegu chłodzenia. W opisanym rozdziale Autorka zwróciła uwagę na zależności związane z przygotowaniem wody chłodzącej w celu zapewnienia efektywnego działania systemów chłodzenia. W dalszej części zostały omówione uwarunkowania związane z korozją elementów systemu chłodzenia zarówno tych betonowych jak i elementów stalowych oraz przedstawiono rozwiązania dające oczekiwane rezultaty w zakresie wydłużenia eksploatacji różnych typów elektrowni, w których działają otwarte lub zamknięte układy chłodzenia. Szczegółowo zostały także opisane trzy metody odsiarczania spalin wraz z ich skutecznością oraz wskazaniem technologii jaką jest

metoda mokra wapienna, która aktualnie pracuje w ponad 90% instancjach odsiarczania spalin na całym świecie. Opis został oparty na licznych materiałach źródłowych.

Rozdział 4 *Geochemiczne badania osadów rzek, jezior i zbiorników wodnych – przegląd dostępnej literatury*, na który składają się opisy przywołujące liczne przykłady zastosowania badań geochemicznych w środowisku, na które składają się min. komponenty przyrody nieożywionej do której zalicza się jak podaje Doktorantka skały, osady wodne, gleby, wody powierzchniowe i podziemne oraz gazy. Co więcej Doktorantka omawia również uwarunkowania pomiędzy stężeniami pierwiastków w osadach wodnych w odniesieniu do kryteriów geochemicznych i ekotoksykologicznych oraz narzędzie jakim jest wskaźnik geoakumulacji służący do oceny stopnia zanieczyszczenia osadów wodnych metalami ciężkimi. Duży nacisk został położony na to, aby zrozumieć jak ważne są badania geochemiczne osadów wodnych w aspekcie ochrony oraz zrównoważonemu wykorzystaniu zasobów wodnych a także w zakresie monitoringu środowiska. Rozdział 4 stanowi kompleksowy przegląd wiedzy teoretycznej, zaczerpniętej z licznych prac, których znajomość Doktorantka udowodniła. Przedstawienie tej wiedzy jest niezbędne do zrozumienia i oceny dalszych treści rozprawy.

Rozdział 5 *Charakterystyka geochemiczna wybranych pierwiastków*, na który składa się trzynaście podrozdziałów poświęcony jest tematyce wybranych trzynastu pierwiastków pod kątem ich koncentracji, migracji, lokalizacji oraz genezy. W poszczególnych podrozdziałach Doktorantka omawia wybrane zagrożenia, wywołane koncentracją pierwiastków, które stanowiące będą przedmiot badań w próbkach osadów pobranych ze zbiorników wodnych włączonych do otwartego i zamkniętego systemu chłodzenia.

W **Rozdziale 6** *Zakres i metodyka badań*, Autorka przedstawiła okres, w którym prowadzone były prace terenowe oraz uzasadnia wybór lokalizacji, gdzie jak podaje osady wodne zostały pobrane wokół 12 wytypowanych elektrowni ciepłych biorąc pod uwagę różne typy systemów chłodzenia. W podrozdziale nt. metody analityczne, metody statystyczne prawidłowo zostały opisane poszczególne procedury badawcze. Należy podkreślić, że dobór metod analitycznych jest właściwy dla tematyki i celów rozprawy.

Rozdział 7 *Charakterystyka obszarów oraz elektrowni objętych badaniami* składa się z następujących podrozdziałów: 7.1. *Charakterystyka obszarów objętych*

badaniami, 7.2. Charakterystyka elektrowni objętych badaniami. W adekwatny dla potrzeb pracy, przedstawiono budowę geologiczną obszarów, na których zlokalizowanych jest 12 elektrowni. Doktorantka podała krótką i zwięzłą charakterystykę występujących jednostek litostratygraficznych. Następnie zaprezentowano informacje odnoszące się do podstawowych parametrów elektrowni objętych badaniami. Mają one po części postać ogólnych rozważań, bazujących na obszernej literaturze krajowej.

W **Rozdziale 8** zostały zaprezentowane wyniki badań na które składa się zestawienie zawartości pierwiastków jakie zostały zidentyfikowane w badanych próbkach z podziałem na próbki pobrane ze zbiorników wodnych (rzek i kanałów) włączonych do otwartego systemu chłodzenia rzecznoego, kolejno ze zbiorników wodnych (jezior i kanałów) włączonych do otwartego systemu chłodzenia zbiornikowego (system chłodzenia zespołu elektrowni Konin – Pątnów), oraz ze zbiorników wodnych (rzek i kanałów) włączonych do zamkniętego systemu chłodzenia. W rozdziale tym są prezentowane wyniki dla pierwiastków głównych, pierwiastków śladowych oraz dla ogólnego węgla organicznego. Zaprezentowano je głównie w formie graficznej. Ich układ jest czytelny i spójny z rozdziałem poświęconym metodyce. Dają one potwierdzenie ogromu i szczegółowości pracy analitycznej jaką wykonała Autorka, na obszernej bazie próbek.

Rozdział 9 *Dyskusja wyników badań* składa się z sześciu podrozdziałów, w których została przeprowadzona dyskusja nad oceną zanieczyszczenia osadów wodnych.

W omawianej części dysertacji zostały przedstawione w podrozdziale 9.1.1 wartości wybranych pierwiastków śladowych: arsenu, kadmu, chromu, miedzi, rtęci, niklu, ołowiu, cynku, baru, kobaltu, manganu, strontu, tytanu i wanadu występujących w osadach wodnych. Na podstawie kluczowych wskaźników, które oparte zostały na kryteriach geochemicznych, ekotoksykologicznych (TEC i PEC), Doktorantka kolejno dla każdego systemu chłodzenia szczegółowo przedstawiła otrzymane wartości w/w pierwiastków.

Podrozdział 9.1.2 stanowi zbiór uzyskanych danych, które posłużyły do opracowania klasyfikacji jakości osadów wg wskaźnika geoakumulacji (Müllera, 1969). W kolejnych podrozdziałach 9.2, 9.3, 9.4 zaprezentowana została ocena wpływu systemów chłodzenia jakie są w elektrowniach cieplnych na osady wodne w rzekach i jeziorach wokół wytypowanych dwunastu obiektach.

Uzupełnieniem *Rozdziału 9* jest *podrozdział 9.5*, w którym została przedstawiona analiza porównawcza uzyskanych danych z danymi pochodzącymi z monitoringu osadów wodnych rzek i jezior uzyskane z Państwowego Monitoringu Środowiska. Rozdział ten zamyka korelacja zawartości pierwiastków (*podrozdział 9.6*) na podstawie, której jak podaje Autorka stwierdzono istotne korelacje między zawartościami pierwiastków głównych i śladowych. Reasumując cały *Rozdział 9* został opisany bardzo szczegółowo zachowując konsekwentny format i opisy co sprawia, że z przyjemnością się go czyta.

Rozprawę zamykają **Wnioski**, które bez wyjątku są zwięzłe i rzeczowe, jest ich dziewięć. Wynikają one wprost z przeprowadzonych badań i są adekwatne do postawionych celów. Nie wnoszę do ich treści żadnych uwag.

Uwagi edytorskie, których mam niewiele i które nie wpływają na ocenę całości rozprawy:

1. W tekście rozprawy pojawiły się sporadyczne błędy literowe, które wymagają poprawy min. na str. 9 w tytule tabeli 1.1 jest „elektorowi” a powinno być „elektrowni”, kolejne występują np. na str. 153, 163.
2. W rozdziale trzecim w numeracji rycin na str. 12 jest odwołanie do Ryc. 4.1 a powinno być Ryc. 3.1.
3. W rozdziale czwartym na str. 22 w tekście jest odwołanie do tabeli 3.2 a powinno być tabela 4.2.
4. W rozdziale dziewiątym na str. 158 i 159 w tytule ryciny jest numer 9.1 i 9.2 a powinno być 9.21 i 9.22.
5. Brak streszczenia w języku angielskim.
6. W spisie bibliografii dla źródeł internetowych brakuje daty na dzień dostępności strony (przykładem jest cytowana pozycja 150 ze spisu bibliografii).

Pytania wymagające odpowiedzi:

1. Raz stosowana jest terminologia układ chłodzenia a innym razem obieg chłodzenia (przykład na str. 12-13), bardzo proszę o rozwinięcie i wyjaśnienie stosowanej terminologii.
2. Na str. 61 Autorka podaje liczbę 11 elektrowni, natomiast w całej dysertacji prezentowane są wyniki dla 12 elektrowni co wizualizuje na Rys. 6.1, proszę o wyjaśnienie.

3. W tabeli 6.1 na str. 38 podano dla elektrowni Konin-Pątnów liczbę pobranych próbek 31 dla otwartego systemu chłodzenia natomiast na str. 36 na rycinie 6.2 legenda obejmuje 32 miejsca opróbowania, gdzie na tej samej rycinie zaznaczono tylko 31 miejsc/punktów opróbowania. Proszę o doprecyzowanie jaka była ilość próbek pobranych w ramach niniejszej dysertacji oraz przypisanie/zwizualizowanie ich do konkretnej lokalizacji.
4. Pobieranie próbek do badań został zakończony w październiku 2013 roku w związku z tym nasuwa się pytanie czy od tego okresu były pobrane na którymkolwiek z obiektów próbki kontrolne osadów wodnych np. w celu porównania wyników czy nie zachodzą zmiany w środowisku.

Ogólna ocena rozprawy doktorskiej

Autorka zdefiniowała bardzo interesujący problem badawczy i w przemyślany sposób nakreśliła plan jego rozwiązania. Wszystkie etapy badań były dobrze zaprojektowane, należycie wykonane i opracowane. Autorka podjęła się niełatwego zadania jakim była ocena wpływu układów chłodzenia stosowanych w polskich elektrowniach zawodowych w zależności od typu chłodzenia co więcej ocena przeprowadzona została na tak dużej próbie zestawiając wyniki otrzymane z analiz geochemicznych z metodami statystycznymi, wykazując się wiedzą i umiejętnościami zarówno w jednej jak i w drugiej dziedzinie. Rozprawa posiada także istotne walory praktyczne, wizualizuje zagrożenia związane z aktywnością wód chłodniczych na osady wodne w rzekach i jeziorach w oparciu o rzeczywistą aktywność elektrowni ciepłych.

Najmocniejszą stroną pracy, zdaniem recenzenta jest *Rozdział 8 Wyniki badań* oraz *Wnioski* sformułowane na podstawie przeprowadzonych badań. Duża ilość przebadanego materiału i wyważone opisy są niewątpliwie cennym wkładem w rozpoznanie potencjalnego wpływu procesów chłodzenia w energetyce, na obszary zlewni, w której znajdują się poszczególne zakłady.

Dyskusja wyników badań (Rozdział 9) należy również do mocnych stron rozprawy. Autorka w sposób wyważony i dogłębny analizuje uzyskane przez siebie wyniki badań, porównując je do danych opublikowanych przez innych autorów, wskazując oraz trafnie komentując podobieństwa i różnice w zakresie otrzymanych wyników badań.

Praca może stanowić wzorzec dla innych, praktycznych opracowań określających skalę zagrożeń jaka niesie za sobą współczesna energetyka.

Ponadto Doktorantka wykazała się odpowiednią znajomością specjalistycznej literatury naukowej i branżowej, która pozwoliła Jej opanować metody badawcze i statystyczne, a także umiejętnością naukowej interpretacji otrzymanych wyników badań, co wskazuje na Jej dojrzałość naukową i możliwość prowadzenia samodzielnych badań naukowych.

Rozprawa stanowi samodzielny dorobek Doktorantki wsparty naukowym doświadczeniem Promotora Pana Prof. dr hab. Stanisława Wołkowicza.

Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Joanny Krasuskiej pt. **„Ocena zanieczyszczenia osadów rzek, jezior i zbiorników wodnych na skutek odprowadzania wód chłodniczych z elektrowni”** stanowi samodzielne i oryginalne osiągnięcie naukowe Autorki, która wykazała się dużą wiedzą z zakresu prowadzonych badań, opanowała w dostatecznym stopniu umiejętności ich planowania, prowadzenia i analizy osiągniętych wyników. Na podkreślenie zasługuje umiejętność przekazania wszystkich informacji zawartych w tekście w sposób obrazowy, płynny i ciekawy. Docenić należy również ogrom pracy jaki został włożony zarówno w mocno rozbudowany poligon badawczy jak i zakres badań wraz z ich opracowaniem.

W związku z powyższym stwierdzam, że opiniowana rozprawa w pełni odpowiada wymogom stawianym w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 z późn. zm.) i na tej podstawie stawiam wniosek do Rady Naukowej Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Krasuskiej i dopuszczenie do publicznej obrony.

Jednocześnie biorąc pod uwagę wzorcowe przeprowadzenie badań własnych, znaczący wkład w rozwój nauki i praktyki w zakresie podjętego tematu zwracam się do Rady Naukowej Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego **o wyróżnienie pracy doktorskiej.**

Łączę wyrazy szacunku