

Gliwice, 12.01.2026 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr Katarzyny GRYGOYĆ

pt.: „Wybrane pierwiastki technologicznie krytyczne i ich formy specjacyjne w glebach na terenach związanych ze składowaniem i segregacją elektroodpadów”

wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. Magdaleny Jabłońskiej-Czapli
i promotora pomocniczego dr Małgorzaty Wawer-Liszki

Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr Katarzyny Grygorć pt. „*Wybrane pierwiastki technologicznie krytyczne i ich formy specjacyjne w glebach na terenach związanych ze składowaniem i segregacją elektroodpadów*”, przygotowana pod kierunkiem promotora głównego prof. dr hab. Magdaleny Jabłońskiej-Czapli oraz promotora pomocniczego dr Małgorzaty Wawer-Liszki, a realizowana w Instytucie Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk w Zabrze.

Podstawa wykonania recenzji

Niniejsza recenzja została sporządzona na zlecenie Rady Naukowej Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, reprezentowanej przez Dyrektora Instytutu dr. hab. Piotra Oskara Czechowskiego, prof. IPIŚ PAN, na podstawie umowy o dzieło nr 18/25 z dnia 25 listopada 2025 roku.

Recenzję wykonano w oparciu o dostarczony egzemplarz pracy doktorskiej.

Zasadność podjętej tematyki

Tematyka rozprawy koncentruje się na pierwiastkach technologicznie krytycznych (TCE) – germanie (Ge), tellurze (Te) oraz antymonie (Sb) – występujących w środowisku glebowym. Pierwiastki te zaliczane są do surowców krytycznych, odgrywających kluczową rolę we współczesnej gospodarce i rozwoju technologii. Ich unikatowe właściwości fizykochemiczne sprawiają, że stanowią one niezbędne komponenty wielu zaawansowanych urządzeń oraz systemów technologicznych. Znajdują szerokie zastosowanie m.in. w elektronice, energetyce odnawialnej, przemyśle motoryzacyjnym i obronnym, co bezpośrednio przekłada się na systematyczny wzrost zapotrzebowania rynkowego. Jednocześnie pierwiastki te charakteryzują się ograniczoną dostępnością surowcową. Często występują jako produkty uboczne w procesach rafinacji innych surowców, co generuje ryzyko niedoborów podaży, dodatkowo potęgowane brakiem skutecznych substytutów. Czynniki te nadają im szczególne znaczenie gospodarcze i strategiczne. Równoległe wzrost ich wykorzystania znajduje odzwierciedlenie w zwiększającej się ilości elektroodpadów. Zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny stanowi obecnie najszybciej rosnący strumień odpadów w skali globalnej. Składowanie, segregacja oraz wstępne przetwarzanie elektroodpadów są istotnym źródłem emisji pierwiastków krytycznych do środowiska, w szczególności do gleb zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie tego typu obiektów. Procesy mechaniczne, takie jak demontaż, rozdrabnianie czy sortowanie, sprzyjają uwalnianiu drobnych frakcji pyłowych zawierających metale i metaloidy, które mogą następnie akumulować się w powierzchniowych warstwach gleby i stanowić poważne zagrożenie dla środowiska oraz wywierać niekorzystny/toksyczny wpływ na organizmy żywe.

W związku z powyższym stwierdzam, że problematyka podjęta w rozprawie doktorskiej przez Panią mgr Katarzynę Grygorć jest w pełni uzasadniona z naukowego punktu widzenia, a jednocześnie cechuje się wysoką aktualnością i oryginalnością. Praca wpisuje się w aktualne i istotne kierunki badań z zakresu nauk o środowisku, geochemii środowiskowej oraz ochrony gleb, podejmując problematykę wynikającą z dynamicznego rozwoju nowoczesnych technologii oraz narastającej ilości zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego, stanowiącej jedno z istotnych wyzwań współczesnej ochrony środowiska.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska została napisana w oparciu o cykl sześciu recenzowanych, powiązanych tematycznie publikacji wydanych w latach 2020-2023:

1. Jabłońska-Czapla, M., Grygoyć, K.: **Speciation and fractionation of Less-Studied Technology-Critical Elements, a Review**. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2021, 30(2), 1477–1486, DOI: 10.15244/pjoes/12728,
2. Grygoyć, K., Jabłońska-Czapla, M.: **Występowanie germanu (Ge) w środowisku naturalnym/ Germanium in the natural environment**. W: Nyćkowiak J., Leśny J. (red.), *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce – Nauki przyrodnicze cz.2*, Wrocław: Wydawnictwo Młodzi Naukowcy, 2020, s. 39-43. ISBN 978-83-66392-59-5,
3. Grygoyć, K., Jabłońska-Czapla, M.: **Tellur jako pierwiastek krytyczny należący do LSTCE (less-studied technology-critical elements)/ Tellurium as a critical element belonging to LSTCE (less-studied technology-critical elements)**. W: Nyćkowiak J., Leśny J. (red.), *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce – Nauki przyrodnicze cz.2*, Wrocław: Wydawnictwo Młodzi Naukowcy, 2020, s. 44-48. ISBN 978-83-66392-59-5,
4. Jabłońska-Czapla, M., Grygoyć, K., Rachwał, M., Fornalczyk, A., Willner, J.: **Germanium speciation study in soil from an electronic waste processing plant area**. *Journal of Soils and Sediments*, 2023, 23, 3362–3375, DOI: 10.1007/s11368-023-03566-z,
5. Jabłońska-Czapla, M., Grygoyć, K., Rachwał, M.: **Antimony speciation in soils in areas subjected to industrial anthropopressure**. *Archives of Environmental Protection*, 2022, 48(2), 42-52, DOI: 10.24425/aep.2022. 140765,
6. Grygoyć, K., Jabłońska-Czapla, M.: **Development of a Tellurium Speciation Study Using IC-ICP-MS on Soil Samples Taken from an Area Associated with the Storage, Processing, and Recovery of Electrowaste**. *Molecules*, 2021, 26(9), 2651, DOI: 10.3390/molecules26092651.

Cztery publikacje są autorstwa Doktorantki i Promotora, jedna współautorstwa Doktorantki, Promotora i Promotora pomocniczego, a jedna wieloautorska. W trzech z nich Doktorantka jest pierwszym, a w trzech drugim Autorem. Zgodnie z zamieszczonymi w pracy oświadczeniami udział Doktorantki w przygotowaniu czterech publikacji wynosił 70%, a w pozostałych 45%-55% i polegał głównie na opracowaniu koncepcji artykułów, wykonaniu kompleksowego przeglądu literatury, przygotowaniu i redakcji manuskryptów. W istotnej części prac Doktorantka była odpowiedzialna za realizację badań eksperymentalnych, obejmujących pobór próbek, opracowanie i walidację metodyk analitycznych, analizę i interpretację wyników

oraz ich prezentację graficzną. Istotnym elementem jej wkładu był także aktywny udział w całym procesie wydawniczym.

Sumaryczny współczynnik wpływu *Impact Factor (IF)* wg bazy *Journal Citation Reports (JCR)* zgodny z rokiem wydania, dla cyklu publikacji będących podstawą do ubiegania się o stopień doktora wynosi 11,098, a liczba punktów zgodna z listą MEiN 390 punktów.

Przedłożona do oceny praca, licząca 230 stron, składa się z dziewięciu głównych rozdziałów. Zasadnicza część pracy obejmuje 79 stron i zawiera podziękowania, streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej oraz spis innych form upowszechniania wyników pracy (rozdziały I i II). Rozdział III, zatytułowany „Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników”, obejmuje następujące podrozdziały: 1 – wprowadzenie, 2 – hipotezy, cele i zakres pracy, 3 – opis metodyki badań, techniki badawcze, aparatura i materiały oraz podrozdział 4 – omówienie prac wchodzących w skład jednolitego cyklu publikacji i zagadnień poruszanych w publikacjach – wyniki i dyskusja. W mojej opinii tytuł tego podrozdziału wymaga doprecyzowania i korekty, na przykład: „Omówienie prac wchodzących w skład jednolitego cyklu publikacji, a także zagadnień w nich poruszanych – wyniki i dyskusja”.

Następnie wyodrębniono rozdział IV zatytułowany „Podsumowanie i wnioski” oraz rozdział V – „Literatura”. Spis literatury dołączony do omówienia obejmuje 193 pozycje, przy czym około 70% z nich stanowią prace opublikowane w ciągu ostatnich dziesięciu lat. W mojej ocenie rozdziały IV i V, zgodnie z przyjętym przez Doktorantkę schematem numerowania, powinny jednak stanowić podrozdziały 5 i 6 rozdziału III.

Dodatkowo, pełne teksty artykułów, w których opublikowano wyniki badań stanowiących podstawę oceny, zamieszczono w rozdziale VI. Kolejne trzy rozdziały zawierają oświadczenia współautorów, inne formy upowszechniania wyników pracy oraz spis dorobku i aktywności naukowej Doktorantki.

Ocena merytoryczna

Doktorantka ogólnie nakreśliła problem związany z rosnącym znaczeniem pierwiastków technologicznie krytycznych, takich jak german, tellur i antymon, oraz zagrożeniami wynikającymi z ich uwalniania do środowiska glebowego na terenach składowania i przetwarzania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Przedstawiła również wyzwania i trudności związane z jakościowym i ilościowym oznaczaniem różnych form chemicznych tych pierwiastków w różnych matrycach środowiskowych,

wynikające z ich występowania w stężeniach śladowych lub poniżej granic wykrywalności, co wymaga zastosowania metod o bardzo wysokiej czułości i selektywności.

W pracy Autorka sformułowała hipotezy zakładające, że procesy wstępnego przygotowania, składowania i segregacji elektrodpadów stanowią istotne źródło pierwiastków technologicznie krytycznych (Ge, Te, Sb) w środowisku glebowym, prowadząc do ich lokalnej akumulacji, a mobilność i dostępność tych pierwiastków zależą od warunków geochemicznych gleby, w szczególności pH. Ponadto przyjęła, że pomiary podatności magnetycznej gleby mogą skutecznie wskazywać obszary koncentracji technogenicznych cząstek magnetycznych zawierających TCE oraz inne pierwiastki potencjalnie toksyczne (PTE).

Główny cel rozprawy został sformułowany jako: *„określenie zawartości, mobilności oraz form specjacyjnych pierwiastków technologicznie krytycznych, takich jak german (Ge), tellur (Te) i antymon (Sb) w glebach znajdujących się na terenach związanych z przetwarzaniem, segregacją oraz wstępnym przygotowaniem zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ZSEE)”*. Realizacja celu głównego wymagała wykonania przez Doktorantkę szeregu zadań szczegółowych, obejmujących kompleksowe badania terenowe i laboratoryjne ukierunkowane na ocenę występowania pierwiastków technologicznie krytycznych (Ge, Te, Sb) oraz ich form specjacyjnych w glebach sąsiadujących z zakładem ZSEE. Zakres prac obejmował analizę stanu wiedzy, wybór obiektu badawczego, typowanie miejsc poboru próbek na podstawie pomiarów podatności magnetycznej, pobór próbek gleb w postaci rdzeni. W części laboratoryjnej zmierzono parametry fizykochemiczne pobranych próbek gleb (odczyn, potencjał oksydacyjno-redukcyjny), opracowano, zoptymalizowano i zwalidowano metody oznaczania całkowitej zawartości oraz form specjacyjnych TCE z wykorzystaniem technik ICP-MS, ICP-OES oraz HPLC-ICP-MS, jak również procedury ekstrakcji próbek glebowych i sekwencyjnej ekstrakcji chemicznej. Uzyskane wyniki umożliwiły ocenę przestrzennego rozkładu TCE, ich mobilności i biodostępności w glebie, analizę zależności z parametrami fizykochemicznymi oraz weryfikację przydatności pomiarów podatności magnetycznej jako narzędzia wspomagającego identyfikację obszarów o podwyższonym stopniu zanieczyszczenia.

Cel rozprawy oraz zadania szczegółowe zostały sformułowane jasno i klarownie, a wykonane badania w ramach tych zadań nie budzą zastrzeżeń.

Wyróżniającym elementem przedstawionej do oceny dysertacji jest wykorzystanie podatności magnetycznej gleb jako narzędzia pomocniczego w identyfikacji stref zanieczyszczonych pierwiastkami technologicznie krytycznymi. Pomiar podatności magnetycznej, będącej prostą i szybką w wykonaniu właściwością fizyczną gleby, umożliwia wskazanie obszarów wzbogaconych w ferromagnetyczne cząstki,

często powiązane z emisjami przemysłowymi. W licznych badaniach wykazano korelację podwyższonej podatności magnetycznej z akumulacją metali ciężkich w glebach zlokalizowanych w pobliżu hut, ciągów komunikacyjnych czy składowisk odpadów. W niniejszej pracy po raz pierwszy zastosowano to podejście w kontekście występowania pierwiastków technologicznie krytycznych, na terenach związanych ze składowaniem i segregacją elektroodpadów, co okazało się rozwiązaniem skutecznym. Na podstawie zidentyfikowanych anomalii magnetycznych typowano punkty poboru próbek glebowych, które faktycznie charakteryzowały się podwyższonymi stężeniami Ge, Te i Sb. Takie interdyscyplinarne podejście zasługuje na uwagę, gdyż umożliwia bardziej efektywne prowadzenie badań środowiskowych, w tym szybszą lokalizację ognisk zanieczyszczeń, a także może znaleźć szersze zastosowanie w monitoringu terenów zdegradowanych.

Istotnym aspektem poruszonym w rozprawie jest uwzględnienie nie tylko całkowitej zawartości germanu, telluru i antymonu w glebach, lecz przede wszystkim ich form specjacyjnych. Forma chemiczna pierwiastka determinuje bowiem jego mobilność, biodostępność oraz toksyczność, a tym samym rzeczywisty poziom zagrożenia dla ekosystemów i zdrowia ludzi. W tym kontekście analiza specjacyjna stanowi kluczowy element nowoczesnej oceny ryzyka środowiskowego. Pomimo rosnącego zainteresowania pierwiastkami technologicznie krytycznymi, badania dotyczące ich specjacji w środowisku glebowym pozostają nadal nieliczne, co wskazuje na wyraźną lukę badawczą, trafnie zidentyfikowaną przez Doktorantkę. Podjęcie tej problematyki należy zatem uznać za w pełni uzasadnione i potrzebne.

Warto podkreślić również, nowatorski charakter metodologii zastosowanej w rozprawie, który stanowi istotny atut podjętej tematyki. Autorka pracy sięgnęła po zaawansowane techniki analityczne, dotychczas rzadko stosowane łącznie w badaniach środowiskowych nad pierwiastkami technologicznie krytycznymi. Jednym z kluczowych elementów było opracowanie, optymalizacja oraz walidacja metody HPLC-ICP-MS służącej do identyfikacji form specjacyjnych germanu, telluru i antymonu. Połączenie wysokosprawnej chromatografii cieczowej ze spektrometrią mas z plazmą wzbudzoną indukcyjnie umożliwia selektywny rozdział oraz oznaczanie poszczególnych związków i stopni utlenienia tych pierwiastków, nawet na poziomie stężeń śladowych.

Zastosowane podejście analityczne charakteryzuje się wysoką czułością i selektywnością, niezbędnymi do wiarygodnego oznaczania form specjacyjnych Ge, Te i Sb w próbkach środowiskowych. W literaturze światowej dotychczas opisano jedynie nieliczne aplikacje specjacji tych pierwiastków w glebach i wodach, co nadaje przeprowadzonym badaniom wyraźnie innowacyjny charakter. Samo dostosowanie metody HPLC-

ICP-MS do jednoczesnej analizy trzech wymagających analitów należy uznać za istotny wkład metodyczny Autorki.

Ponadto praca wykorzystuje wyjątkowo szeroki i spójnie zaplanowany zestaw metod analitycznych, rzadko spotykany w badaniach środowiskowych dotyczących pierwiastków technologicznie krytycznych. Obejmuje on sekwencyjną ekstrakcję chemiczną (BCR) umożliwiającą rozdział pierwiastków na frakcje związane z poszczególnymi składnikami gleby oraz identyfikację form potencjalnie mobilnych i trwale związanych z matrycą glebową, oznaczenia całkowitej zawartości pierwiastków z wykorzystaniem technik ICP-OES i ICP-MS, pomiary pH oraz potencjału redoks wyciągów glebowych, a także zaawansowane analizy statystyczne oparte na współczynnikach korelacji. Tak kompleksowe i wieloaspektowe podejście analityczne zapewnia wysoką wiarygodność uzyskanych wyników oraz pozwala na ich pogłębioną interpretację.

Innowacyjność przeprowadzonych badań polega nie na zastosowaniu pojedynczej nowoczesnej techniki, lecz na świadomym, synergicznym połączeniu wielu komplementarnych metod w jedną, logicznie spójną koncepcję badawczą. Takie całościowe ujęcie problematyki występowania, mobilności i specjacji pierwiastków technologicznie krytycznych w glebach stanowi istotny krok naprzód w porównaniu z dotychczasowymi, fragmentarycznymi podejściami badawczymi.

Uwagi dyskusyjne

Zasadnicza część rozprawy obejmuje opublikowane już prace, które zostały poddane recenzji oraz opracowaniu redakcyjnemu w wydawnictwach naukowych, co przekłada się na wysoki poziom ich przygotowania edytorskiego. Język rozprawy charakteryzuje się przejrzystością i precyzją, a stosowane nazewnictwo jest zgodne z przyjętymi standardami terminologicznymi.

Niemniej jednak w pracy dostrzegłam pojedyncze uchybienia, m.in. na stronie 26, gdzie Autorka stwierdza: „Tellur występuje w środowisku naturalnym w postaci nieorganicznych tlenków i soli telluru na stopniach utlenienia od +II (np. Cs_2Te) do +VI (np. TeO_3 , $Te(OH)_6$) i tworzy mobilne kompleksy jonowe zarówno w postaci organicznej jak i nieorganicznej...”. W tellurkach pierwiastek ten występuje na -II stopniu utlenienia, rozumiem, że to błąd redakcyjny.

W trakcie lektury rozprawy nasunęły mi się następujące pytania, które mogą stanowić podstawę do dalszej dyskusji w trakcie publicznej obrony.

1. Czy Doktorantka mogłaby doprecyzować, co rozumie pod następującymi pojęciami stosowanymi w pracy:
 - skuteczność metody (str. 36: „ocena skuteczności metody geofizycznej”; str. 48: „...podjęłam próbę oceny skuteczności metody opartej na pomiarze podatności magnetycznej gleby”),
 - efektywność metody (str. 49: „Efektywność opracowanej metody została sprawdzona poprzez analizę certyfikowanego materiału referencyjnego (NCS DC 73324, Soil; China National Analysis Center for Iron and Steel, China). Otrzymane odzyski były satysfakcjonujące i mieściły się w zakresie od 91% do 110%”),
 - poprawność oznaczeń, poprawność metody analitycznej, poprawność zakresu liniowości (str. 50),
 - rzetelność i wiarygodność procedury analitycznej (str. 57: „...wyniki testów odzysku oraz analiza CRM potwierdziły rzetelność i wiarygodność stosowanej procedury analitycznej”)?
2. Na ile wyniki analizy specyjnej są reprezentatywne dla warunków in situ, a na ile są pochodną procedur ekstrakcyjnych?

Podsumowanie

Przedstawiona rozprawa doktorska ma istotne znaczenie praktyczne i naukowe z punktu widzenia rozwoju metod oceny ryzyka oraz zarządzania środowiskiem. Po pierwsze, dostarcza nowych danych dotyczących występowania i zachowania pierwiastków technologicznie krytycznych w glebach, wzbogacając wciąż niewystarczającą literaturę w tym zakresie. Wyniki badań pokazują, w jakich warunkach (np. przy określonym odczynie pH czy potencjale redoks) dochodzi do mobilizacji bądź unieruchomienia Ge, Te i Sb w profilu glebowym, a także które formy specyjne dominują w środowisku. Tego rodzaju wiedza jest kluczowa dla oceny ryzyka ekologicznego, gdyż umożliwia bardziej wiarygodne oszacowanie, czy zanieczyszczenia stwarzają realne zagrożenie.

Przeprowadzone przez Doktorantkę analizy pozwoliły określić mobilność i biodostępność poszczególnych form Ge, Te i Sb, co bezpośrednio przekłada się na trafniejszą ocenę ryzyka. Wykazanie, że dany pierwiastek występuje głównie w formach trwale związanych z matrycą glebową, oznacza bowiem mniejsze zagrożenie toksykologiczne niż w przypadku dominacji form wymiennych lub rozpuszczalnych. W pracy stwierdzono na przykład, że antymon w badanych glebach w dużej mierze występuje w postaciach mało mobilnych, co świadczy o jego ograniczonej dostępności biologicznej i stanowi istotną przesłankę do priorytetyzacji działań remediacyjnych.

Po drugie, wyniki rozprawy mogą stanowić podstawę do udoskonalenia procedur monitoringu i zarządzania terenami zanieczyszczonymi. Skoro standardowe analizy całkowite nie zawsze pozwalają na wiarygodną ocenę zagrożenia, gdyż nie rozróżniają form toksycznych i nietoksycznych, istotną rekomendacją płynącą z pracy jest wprowadzenie badań specjacyjnych przynajmniej w wybranych, krytycznych lokalizacjach. Pozwala to uniknąć zarówno niedoszacowania ryzyka, jak i jego przeszacowania. Ponadto zaproponowane wykorzystanie techniki magnetycznej do identyfikacji obszarów typu *hot spot* może znacząco usprawnić zarządzanie monitoringiem środowiskowym, umożliwiając szybsze typowanie terenów wymagających szczegółowej kontroli, a tym samym ograniczenie kosztów i czasu badań.

Wiedza o tym, że gleby w otoczeniu określonych zakładów recyklingu elektroodpadów są silnie zanieczyszczone antymonem i innymi metalami, wskazuje na konieczność objęcia takich obszarów stałym nadzorem oraz rozważenia działań rekultywacyjnych. Dodatkowo uzyskane wyniki wpisują się w koncepcję gospodarki o obiegu zamkniętym, gdyż określenie stężenia pierwiastków krytycznych w odpadach i środowisku może wskazywać potencjalne możliwości ich odzysku, zanim ulegną rozproszeniu. Praca ma zatem istotne implikacje zarówno dla polityki zarządzania odpadami elektronicznymi, jak i dla ochrony gleb przed nowym rodzajem zanieczyszczeń.

Ocena końcowa

Przedłożoną do oceny rozprawę doktorską Pani mgr Katarzyny Grygorć pt. *„Wybrane pierwiastki technologicznie krytyczne i ich formy specjacyjne w glebach na terenach związanych ze składowaniem i segregacją elektroodpadów”* oceniam jednoznacznie pozytywnie. Stwierdzam, że rozprawa spełnia wymagania formalne określone w ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dn. 20 lipca 2018 r. (Dz. U. 2018, poz. 1669) z późniejszymi zmianami, w szczególności potwierdza posiadanie przez Doktorantkę ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, a także umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Jednocześnie praca stanowi oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego. Na tej podstawie wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk w Zabrze o dopuszczenie Pani mgr Katarzyny Grygorć do dalszego etapu postępowania w przewodzie doktorskim w celu nadania Jej stopnia doktora.

Biorąc pod uwagę wysoką rangę podjętego problemu badawczego, szeroki i adekwatnie dobrany zakres zastosowanych metod badawczych, wnikliwość oraz szczegółowość przeprowadzonych analiz wyników, a także fakt opublikowania rezultatów badań w renomowanych czasopismach naukowych oraz bardzo staranną redakcję rozprawy doktorskiej, uważam, że praca pt. *„Wybrane pierwiastki technologicznie krytyczne i ich formy specjacyjne w glebach na terenach związanych ze składowaniem i segregacją elektroodpadów”* autorstwa mgr Katarzyny Grygorć w pełni zasługuje na wyróżnienie.

Dodatkowo pragnę podkreślić, że Doktorantka jest współautorką 15 innych publikacji znajdujących się na tzw. liście filadelfijskiej, niezwiązanych bezpośrednio z tematyką niniejszej rozprawy, była głównym wykonawcą lub wykonawcą w 10 projektach badawczych finansowanych ze środków zewnętrznych, brała aktywny udział w licznych konferencjach naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym, co jednoznacznie świadczy o jej bardzo dobrym przygotowaniu do samodzielnej pracy naukowej.