



Prof. dr hab. Justyna Rybak  
Wydział Inżynierii Środowiska  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

03.01.2026

## Recenzja

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Katarzyny Grygoyć pt. „Wybrane pierwiastki technologicznie krytyczne i ich formy specyjalne w glebach na terenach związanych ze składowaniem i segregacją elektroodpadów”, przygotowanej w Instytucie Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze pod kierunkiem prof. dr hab. Magdaleny Jabłońskiej-Czapli oraz promotora pomocniczego dr Małgorzaty Wawer-Liszki**

### 1. Podstawa i cel wykonania recenzji

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Katarzyny Grygoyć została wykonana na podstawie zlecenia Rady Naukowej Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, przesłanego w formie pisemnej przez Przewodniczącą Rady oraz otrzymanego egzemplarza rozprawy doktorskiej. Mając na uwadze wymagania art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U.2024 poz. 1571), jako recenzent pracy podjęłam się oceny, czy:

- rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego,
- Doktorantka wykazała się ogólną wiedzą teoretyczną pozwalającą na rozwiązanie podjętego problemu,
- Doktorantka posiadała umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

### 2. Zasadność podjętej tematyki badawczej

Wybór tematyki badań uważam za w pełni uzasadniony. Zagadnienia związane z występowaniem tzw. pierwiastków technologicznie krytycznych (ang. *Technology Critical Elements*, TCE) w środowisku oraz ich migracją z odpadów elektronicznych należą do stosunkowo nowych i słabo rozpoznanych obszarów badawczych. Problem szybko rosnącej ilości elektroodpadów – wynikający ze wzrostu konsumpcji sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz jego krótkiego cyklu życia – rodzi istotne pytania o los

tych odpadów i ich wpływ na środowisko. Elektroodpady są źródłem wielu potencjalnie toksycznych pierwiastków, w tym pierwiastków krytycznych dla nowoczesnych technologii, takich jak german, tellur czy antymon. Tymczasem zagadnienie to, zwłaszcza w odniesieniu do gleb, było dotąd bardzo słabo przebadane. Jak wskazuje Doktorantka w rozprawie, w Polsce badaniami nad TCE w środowisku zajmowały się dotąd jedynie pojedyncze zespoły, a i na świecie (poza niektórymi krajami azjatyckimi, gdzie problem nieformalnego recyklingu e-odpadów jest palący) literatura na ten temat jest uboga. Śmiało można stwierdzić, że jest to jedna z pionierskich prac, która kompleksowo opisuje i analizuje występowanie różnych form specyjalnych wybranych pierwiastków krytycznych w glebach na terenach związanych z magazynowaniem i przetwarzaniem elektroodpadów.

Podjęta tematyka ma wysoką wagę praktyczną i naukową. Badania tego typu mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia zagrożeń wynikających z obecności takich zanieczyszczeń w środowisku glebowym – zagadnienia nie tylko słabo rozpoznane, ale często pomijane w ocenie ryzyka środowiskowego. Wiadomo, że antymon i jego związki wykazują toksyczność (niektóre formy, np. trójmetyloantymon, mają właściwości genotoksyczne), zaś związki telluru cechują się wysoką toksycznością dla organizmów żywych (np. toksyczne formy oksyanionowe Te). Również german i jego pochodne mogą powodować uszkodzenia nerek czy układu nerwowego przy bioakumulacji. Tymczasem standardowe monitoringi zanieczyszczeń rzadko uwzględniają te pierwiastki. Z tego powodu praca doktorska mgr K. Grygoyć odpowiada na istotną lukę w wiedzy i praktyce ochrony środowiska.

Należy podkreślić, że zagadnienie ma wymiar globalny. Według dostępnych raportów, w nawet wysoko rozwiniętych regionach o rygorystycznych przepisach (jak Unia Europejska) znaczący odsetek elektroodpadów może być zarządzany niewłaściwie – szacuje się, że nawet do około 75% może wymykać się oficjalnym systemom recyklingu. To oznacza potencjalny niekontrolowany napływ pierwiastków krytycznych do środowiska. Ponadto pierwiastki te są kluczowe dla nowoczesnych technologii (np. energii odnawialnej, elektroniki), a ze względu na ograniczoną podaż są objęte listami surowców krytycznych. Zrozumienie ich obiegu w środowisku, mobilności i skutków ekologicznych ma zatem istotne znaczenie zarówno dla ochrony środowiska, jak i dla gospodarki surowcami wtórnymi. Podsumowując, tematyka podjęta przez Doktorantkę jest aktualna, ważna i w pełni uzasadniona.

### 3. Formalna charakterystyka pracy

Recenzowana rozprawa posiada spójną strukturę i spełnia wymogi formalne stawiane pracom doktorskim. Praca liczy łącznie 231 stron, na co składają się: właściwy tekst rozprawy (około 80 stron merytorycznych, z podziałem na rozdziały), obszerny spis literatury oraz załączniki w postaci kopii

sześciu publikacji naukowych (P1–P6) stanowiących trzon osiągnięć Doktorantki, a także wykaz dorobku i aktywności naukowej. Na początku rozprawy zamieszczono spis treści oraz streszczenie w języku polskim, jak również streszczenie w języku angielskim (co odpowiada wymogom ustawowym). Zasadnicza część pracy została podzielona na rozdziały odpowiadające kolejno: wprowadzeniu i przeglądowi literatury, celom i hipotezom badawczym, metodologii, omówieniu wyników (wraz z dyskusją) oraz podsumowaniu i wnioskowi. Taki układ – klasyczny, a zarazem dostosowany do formy rozprawy opartej na cyklu publikacji – ułatwia śledzenie toku argumentacji.

Objętość pracy należy uznać za adekwatną do podjętej tematyki. Pomimo że główne wyniki zostały przedstawione w dołączonych publikacjach, Doktorantka zwięźle podsumowała je we własnym tekście, dbając o zachowanie ciągłości narracji. Język i styl pracy są na ogół naukowe i rzeczowe; wywód jest klarowny i pozbawiony zbędnej dygresyjności. Praca została zilustrowana – w części merytorycznej znajduje się 7 rycin (w tym mapy lokalizacyjne, fotografie zakładu zajmującego się zbiórką i przetwarzaniem ZSEE i aparatury badawczej). W załączonych publikacjach zawarte są dodatkowe szczegółowe tabele, wykresy i wyniki badań, do tych publikacji Autorka odsyła czytelników w tekście.

Na uwagę zasługuje obszerny spis literatury wykorzystanej w rozprawie, liczący ponad 190 pozycji. Doktorantka sięgnęła zarówno po podstawowe prace z zakresu chemii analitycznej i nauk o środowisku, jak i najnowsze artykuły (w tym z lat 2022–2024, np. raport *Global E-waste Monitor 2024* czy aktualne publikacje naukowe dotyczące specjacji badanych pierwiastków). Świadczy to o bardzo dobrym rozeznaniu w aktualnym stanie wiedzy. Bibliografia została sporządzona w jednolitym formacie i obejmuje literaturę polsko- i anglojęzyczną, ze zdecydowaną przewagą renomowanych źródeł zagranicznych.

Pod względem edytorskim praca jest przygotowana starannie. Układ tekstu, tabel i rycin jest czytelny. Zastosowano poprawną terminologię naukową zarówno w języku polskim, jak i w angielskich wstawkach (np. nazwy technik analitycznych). Cytowanie literatury w tekście wykonano prawidłowo. Formatowanie (czcionki, odstępy, numeracja rozdziałów i podrozdziałów) jest konsekwentne. Doktorantka zamieściła również wymagane elementy, takie jak oświadczenia i wykaz własnego wkładu w poszczególne publikacje, co dowodzi dbałości o kompletność pracy. Podsumowując, strona formalna rozprawy nie budzi zastrzeżeń – jest to dokument spełniający kryteria edytorskie przewidziane dla prac tego typu.

#### 4. Ocena merytoryczna rozprawy

Wstęp: Rozprawę doktorską otwiera zwięzły wstęp, który przedstawia tło problemu badawczego oraz uzasadnienie podjęcia tematu w ramach dyscypliny inżynierii środowiska. Doktorantka jasno wskazała aktualne zmiany cywilizacyjne (wzrost ilości elektroodpadów, znaczenie pierwiastków krytycznych dla gospodarki) jako przesłanki do podjęcia badań. Uzasadnienie to uważam za przekonujące – Autorka trafnie powołała się na zmieniające się priorytety ochrony środowiska i luki w dotychczasowej wiedzy. We wstępie zarysowano również główny cel pracy oraz związek tematyki z szerszym kontekstem (np. polityką surowcową oraz ochroną gleb przed zanieczyszczeniem). Taka orientacja Czytelnika na problematykę już na wstępie jest bardzo pomocna. Podsumowując, wstęp został napisany rzeczowo i spełnia swoją rolę wprowadzającą, motywując wybór tematu.

Przegląd literatury: Kolejny fragment rozprawy stanowi przegląd stanu wiedzy. Obejmuje on kilka logicznie ułożonych podrozdziałów, w których omówiono kolejno: charakterystykę odpadów elektrycznych i elektronicznych (ZSEE) jako specyficznego źródła zanieczyszczeń, podstawy teoretyczne dotyczące specjacji i frakcjonowania pierwiastków w środowisku, a następnie szczegółową charakterystykę każdego z trzech badanych pierwiastków krytycznych – antymonu, telluru i germanu – w kontekście ich właściwości, mobilności w środowisku i toksyczności. Osobny fragment poświęcono również wyzwaniom analitycznym związanym z oznaczaniem tych pierwiastków w matrycach środowiskowych.

Autorka przytoczyła adekwatne i aktualne źródła, w tym publikacje dotyczące skali problemu elektroodpadów na świecie (np. dane o globalnej produkcji e-odpadów i metodach ich recyklingu), a także prace omawiające chemiczne własności i zachowanie Sb, Te, Ge w środowisku. Dzięki temu czytelnik otrzymuje pełen kontekst: od makroskali (problem globalny) po mikroskalę (chemia poszczególnych pierwiastków). Struktura przeglądu jest przy tym przejrzysta – Autorka stopniowo przechodzi od zagadnień ogólnych do coraz bardziej szczegółowych, co ułatwia zrozumienie istoty problemu badawczego. Warto zaznaczyć, że Doktorantka nie ograniczyła się tylko do omówienia literatury dotyczącej samych pierwiastków, ale uwzględniła także metody badawcze i instrumenty analityczne wykorzystywane w badaniach specjacyjnych.

Mimo to, niektóre części przeglądu literatury w mojej opinii mogłyby zostać rozwinięte szerzej, biorąc pod uwagę nowość i złożoność tematu. Na przykład podrozdział dotyczący specjacji i frakcjonowania (1.3) jest dość krótki – pogłębienie go o dodatkowe informacje (np. różne podejścia do badań specjacyjnych w środowisku, przegląd metod ekstrakcji specjacyjnej) jeszcze lepiej przygotowałoby grunt pod część doświadczalną. Również charakterystyka toksykologiczna pierwiastków mogłaby

zostać szerzej omówiona w kontekście badań środowiskowych. Niemniej jednak przedstawione kompendium wiedzy jest aktualne. Całość tej części została napisana poprawnie merytorycznie i stanowi dobre wprowadzenie do zaplanowanych badań oraz późniejszej interpretacji wyników.

Hipotezy i cele: W rozdziale drugim rozprawy poświęconym hipotezom i celom badawczym Doktorantka sformułowała cztery hipotezy badawcze oraz główny cel pracy wraz z zakresem badań. Należy podkreślić, że cele pracy zostały określone jasno i pozostają w pełnej zgodności z zakresem przeprowadzonych badań terenowych i laboratoryjnych. Natomiast część zaproponowanych hipotez ma charakter opisowy i w istocie zbliżony jest do celów badawczych, co może utrudniać ich jednoznaczną weryfikację. W szczególności hipoteza dotycząca zastosowania magnetometrii glebowej ma charakter metodyczny i powinna zostać sformułowana raczej jako cel lub pytanie badawcze.

Rozdział dotyczący metodyki badań został opracowany w sposób uporządkowany i zasadniczo przejrzysty, a zaproponowany zestaw metod jest adekwatny do sformułowanych celów pracy. Doktorantka opisała główny obiekt badawczy – teren zakładu przetwarzania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego w Katowicach – w obrębie którego przeprowadzono zasadniczą część badań terenowych, obejmującą pomiary podatności magnetycznej gleby in situ, typowanie miejsc poboru próbek oraz pobór rdzeni glebowych. Zastosowanie pomiarów podatności magnetycznej do identyfikacji potencjalnych stref akumulacji zanieczyszczeń należy uznać za podejście nowatorskie i uzasadnione merytorycznie, pozwalające na zaplanowanie dalszych prac terenowych.

W pracy wskazano również lokalizacje porównawcze, obejmujące obszary o odmiennym stopniu antropopresji, z których pobrano próbki referencyjne poddane analogicznym procedurom laboratoryjnym. Należy jednak zaznaczyć, że zakres badań terenowych realizowanych poza głównym obiektem badawczym był ograniczony i pełnił przede wszystkim funkcję porównawczą, co warto byłoby wyraźniej podkreślić w opisie metodyki.

Pewne zastrzeżenia budzi czytelność materiałów kartograficznych, w szczególności Rysunku 2. Zastosowana skala oraz sposób prezentacji rozmieszczenia punktów poboru próbek nie pozwalają na jednoznaczną ocenę ich lokalizacji względem badanego zakładu ani zasięgu obszaru badań. Uzupełnienie map o wyraźną skalę, czytelniejsze symbole oraz jednoznaczne odniesienie przestrzenne znacząco poprawiłoby przejrzystość tej części rozprawy.

Część laboratoryjna metodyki została natomiast opracowana szczegółowo i stanowi jeden z najmocniejszych elementów pracy. Doktorantka opracowała, zoptymalizowała i zwalidowała procedury oznaczania całkowitej zawartości oraz form specjacyjnych germanu, telluru i antymonu w

próbek glebowych. Nowatorskie zastosowanie zaawansowanych technik analitycznych, w tym sprzężonego układu HPLC-ICP-MS, a także sekwencyjnej ekstrakcji chemicznej metodą BCR, pozwoliło na kompleksową ocenę mobilności i biodostępności badanych pierwiastków. Podsumowując, zaproponowana metodyka badań jest dobrze przemyślana i zrealizowana na wysokim poziomie merytorycznym.

Wyniki i dyskusja: Rozdział prezentujący wyniki badań został przygotowany w sposób uporządkowany i czytelny. Zgodnie z oczekiwaniami przy rozprawie w formie cyklu artykułów, Doktorantka omówiła kolejno rezultaty zawarte w poszczególnych publikacjach P1–P6, grupując je tematycznie. Na początku tego rozdziału przedstawiono ogólny przegląd zakresu prac składających się na rozprawę. Taki układ jest formalnie poprawny, jednak należy podkreślić, że w samej rozprawie dyskusja wyników jest bardzo ograniczona i w przeważającej mierze została przeniesiona do publikacji stanowiących podstawę doktoratu. Ograniczona dyskusja wyników w tekście rozprawy powoduje, że praca w dużym stopniu pełni funkcję sprawozdawczą względem publikacji, zamiast stanowić ich syntetyczne i autorskie uogólnienie.

Kluczowe odkrycia rozprawy można streścić następująco: Po pierwsze, potwierdzono wpływ działalności zakładów ZSEE na zawartość pierwiastków krytycznych w glebach. W badanej lokalizacji stwierdzono podwyższone stężenia germanu, telluru i antymonu w warstwie powierzchniowej gleby w bezpośrednim sąsiedztwie zakładu. Po drugie, rozprawa dostarczyła szczegółowych informacji o formach chemicznych (specjacji), w jakich german, tellur i antymon występują w glebach obciążonych emisją z ZSEE. Na podstawie wyników i literatury stwierdzono m.in., że warunki fizykochemiczne gleby (pH, potencjał redox) silnie determinują specjację. Jednocześnie należy zauważyć, że obserwowana w części próbek dominacja Te(IV) nad Te(VI), choć interesująca, została wyjaśniona głównie w oparciu o przesłanki pośrednie. Brak dodatkowych analiz procesowych ogranicza możliwość jednoznacznego rozstrzygnięcia mechanizmów odpowiedzialnych za ten rozkład form chemicznych. Identyfikacja metylowanych form germanu stanowi istotny element rozprawy. Należy jednak podkreślić, że wnioski dotyczące mechanizmów ich powstawania opierają się także na przesłankach pośrednich. Brak bezpośrednich badań mikrobiologicznych lub biogeochemicznych ogranicza możliwość jednoznacznego wskazania procesów odpowiedzialnych za obserwowaną specjację.

Po trzecie, w oparciu o wyniki sekwencyjnej ekstrakcji BCR Doktorantka oceniła mobilność i potencjalną biodostępność badanych pierwiastków w glebach. Okazało się, że pomimo podniesionych stężeń całkowitych w strefie przyzakładowej, tellur związany jest z trudno wymienialnymi frakcjami glebowymi. Innymi słowy, gleby sorbują i unieruchamiają tellur, przez co jego biodostępność dla roślin i bioty jest ograniczona. To ważny wniosek praktyczny – sugeruje, że przynajmniej w krótkim

horyzoncie czasowym pierwiastek ten nie stanowi dużego zagrożenia dla żywych organizmów. Szkoda, że wnioski dotyczące biodostępności pierwiastka oparto wyłącznie na wynikach ekstrakcji chemicznych. Brak badań biologicznych (np. testów ekotoksykologicznych lub analiz bioakumulacji) powoduje, że interpretacje te mają charakter pośredni i powinny być wyraźniej ograniczone w zakresie wnioskowania odnośnie wpływu badanych pierwiastków na organizmy żywe.

Po czwarte, rozprawa wykazała, że pomiary podatności magnetycznej gleby mogą stanowić użyteczne narzędzie wspomagające typowanie miejsc poboru próbek w badaniach pierwiastków technologicznie krytycznych. Autorka wykazała istnienie dodatnich korelacji pomiędzy podatnością magnetyczną a zawartością wybranych pierwiastków, w tym TCE oraz pierwiastków towarzyszących, co wskazuje, że obszary o podwyższonej magnetyczności często charakteryzują się podwyższonym poziomem zanieczyszczeń. Wyniki te potwierdzają, że obecność technogenicznych cząstek magnetycznych w glebie może pośrednio wskazywać na strefy akumulacji pierwiastków technologicznie krytycznych. Należy jednak zaznaczyć, że podatność magnetyczna jest wskaźnikiem niespecyficznym, odnoszącym się do ogólnej antropopresji, a jej bezpośrednie powiązanie z obecnością Ge, Te i Sb wymagałoby ostrożniejszej interpretacji. Mimo tych ograniczeń zaprezentowane podejście należy uznać za interesujące i potencjalnie przydatne w planowaniu badań środowiskowych.

Reasumując, w tekście rozprawy dominują wątki metodyczne – opis zastosowanych technik analitycznych, procedur przygotowania próbek oraz zakresu oznaczanych form chemicznych. Jest to zrozumiałe, biorąc pod uwagę główną ideę pracy, którą było opracowanie i zastosowanie metodyk analitycznych do oznaczania pierwiastków technologicznie krytycznych i ich form specjacyjnych w glebach. Jednocześnie jednak powoduje to, że w rozprawie brakuje pogłębionej interpretacji w szerszym kontekście środowiskowym. Brakuje w pracy autorskiej dyskusji wyników, integrującej rezultaty wszystkich prac w jedną spójną interpretację. Rozprawa koncentruje się głównie na opisie i zastosowaniu metodyk analitycznych, co jest największym osiągnięciem pracy. Wątki dotyczące procesów środowiskowych (mobilność, transformacje chemiczne, potencjalne mechanizmy) są sygnalizowane, lecz nierozwinięte. Być może warto byłoby też niektóre wyniki zbiorczo zestawić w formie tabelarycznej lub schematycznej w samej rozprawie pozostawiając szczegółowe opisy w publikacjach. Ułatwiłoby to szybkie wychwycenie najważniejszych trendów bez potrzeby śledzenia każdej liczby w tekście. Analiza statystyczna oparta głównie na korelacjach Pearsona została zastosowana poprawnie formalnie, jednak jej interpretacja mogłaby zostać pogłębiona o ocenę ograniczeń wynikających z liczebności próbek oraz charakteru rozkładów danych.

Dodatkowe uwagi drobne:

- *Strona 30:* Zauważyłam drobną nieściśłość stylistyczną – w zdaniu opisującym technikę HPLC-ICP-MS użyto sformułowania „*pozwała na dokładne wykrycie poszczególnych form, potwierdzenie ich tożsamości, a także ich identyfikację*”. W praktyce „*potwierdzenie tożsamości form*” i „*ich identyfikacja*” znaczą to samo, więc jest to powtórzenie. Można by uprościć to sformułowanie bez utraty sensu.
- *Strona 37:* W opisie materiału badawczego szczegółowo wymieniono rodzaje urządzeń i komponentów zbieranych w zakładzie (lampy, ogniwa fotowoltaiczne, ekrany itp.). Informacje te częściowo powielają ogólną wiedzę o składzie elektroodpadów i mogłyby zostać skrócone np. na rzecz szerszej dyskusji.
- Praca jest napisana poprawnie pod względem językowym, choć pojawiły się sporadyczne drobne literówki i błędy edytorskie – co jest naturalne w tak obszernej pracy. Nie wpływają one na zrozumiałość tekstu. Przykładowo, pojawiły się zbędne przecinki, a nazwa jednego z cytowanych czasopism została zapisana z drobną literówką. Są to jednak detale, które nie umniejszają wartości merytorycznej rozprawy i z łatwością mogą zostać skorygowane.

#### Pytania szczegółowe:

1. Na ile uzyskane wyniki mogą być ekstrapolowane na inne typy gleb lub inne obiekty przetwarzania ZSEE? Jakie czynniki środowiskowe mogą być uznane za kluczowe ograniczenia takiej ekstrapolacji?
2. Które z oznaczonych form germanu, telluru i antymonu powinny być uznane za potencjalnie najbardziej istotne z punktu widzenia ryzyka ekotoksykologicznego i dlaczego?
3. Jak – na podstawie uzyskanych wyników – można ocenić potencjalną biodostępność badanych pierwiastków w glebach sąsiadujących z zakładami przetwarzania ZSEE i jakie organizmy glebowe byłyby najbardziej narażone?

Wnioski (podsumowanie): Końcowa część rozprawy zawiera podsumowanie i wnioski sformułowane w sposób jasny i syntetyczny. Autorka odnosi się w nich do postawionych na początku pracy celów oraz hipotez badawczych, porządkując najważniejsze rezultaty badań. Wypunktowano kluczowe konkluzje, m.in. dotyczące lokalnego charakteru zanieczyszczeń gleb pierwiastkami technologicznie krytycznymi, spadku ich stężeń wraz z odległością od źródła oraz wpływu właściwości gleby na mobilność i formy występowania badanych pierwiastków. Wnioski zawierają elementy syntezy i interpretacji, a nie jedynie powtórzenie wyników, i trafnie wskazują na znaczenie pracy dla dalszych badań nad obiegiem pierwiastków technologicznie krytycznych w środowisku glebowym.

## 5. Wnioski końcowe

Po wnikliwej analizie przedłożonej rozprawy stwierdzam, że spełnia ona wymagania określone w art. 187 ust. 1–3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. z późn. zm.), stawiane rozprawom doktorskim oraz kandydatom do stopnia doktora. Praca stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego – badania mgr K. Grygoyć dostarczyły nowych, cennych informacji na temat specjacji i mobilności pierwiastków technologicznie krytycznych w środowisku glebowym, co poszerza naszą wiedzę w tym obszarze. Sposób realizacji i prezentacji badań świadczy o bardzo dobrym przygotowaniu merytorycznym Doktorantki oraz o jej biegłości warsztatowej. Autorka wykazała się również umiejętnością samodzielnego planowania i prowadzenia złożonych eksperymentów naukowych, a także krytycznego interpretowania ich wyników w kontekście aktualnego stanu wiedzy.

Rozprawa doktorska mgr Katarzyny Grygoyć wnosi istotny wkład do dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki. Uzyskane wyniki mają znaczenie aplikacyjne – mogą znaleźć zastosowanie przy doskonaleniu metod monitoringu zanieczyszczeń, a także stanowią podstawę do formułowania zaleceń dla bezpieczniejszego gospodarowania odpadami elektronicznymi w celu minimalizacji emisji pierwiastków krytycznych. Tematyka pracy jest bardzo aktualna i ważna w dobie gwałtownego rozwoju technologicznego, globalizacji obiegu surowców oraz wyzwań związanych z ochroną środowiska.

W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony oraz o nadanie Pani mgr Katarzynie Grygoyć stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Podjęta tematyka jest nowatorska i ma duży potencjał praktyczny – wyniki badań mogą zostać wykorzystane przy identyfikacji i ocenie zagrożeń środowiskowych związanych z elektroodpadami, co jest istotne dla planowania działań ochronnych w obliczu globalnych zmian technologicznych i środowiskowych.

Justyna Rybak

