

Prof. dr hab. inż. Katarzyna Majewska-Nowak
Politechnika Wroclawska
Wydział Inżynierii Środowiska
Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
Tel.: +48 71 3204120
e-mail: katarzyna.majewska-nowak@pwr.edu.pl

**Recenzja osiągnięć naukowych i aktywności naukowej
dr inż. Malwiny Tytła**

**w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie
nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i
energetyka**

1. Podstawa opracowania

Podstawę do opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka – prof. dr. hab. inż. Andrzeja Rusina, zn. RIE-BD.532.2.2024 z dnia 13.02.2024 r. w związku z powołaniem mnie przez Radę Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Malwiny Tytła.

Ocenę osiągnięć naukowych i aktywności naukowej opracowano na podstawie materiałów dostarczonych przez Habilitantkę (w wersji papierowej i elektronicznej), w tym:

- autoreferatu wraz z opisem osiągnięć naukowych i informacją o aktywności naukowej,
- wykazu osiągnięć naukowych,
- kopii publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego,
- oświadczeń współautorów publikacji o indywidualnym wkładzie we wskazanym osiągnięciu naukowym,
- kopii dyplomu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora.

Recenzję opracowano zgodnie z wytycznymi zawartymi w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.).

2. Sylwetka Habilitantki

Pani dr inż. Malwina Tytła ukończyła w 2010 roku studia w Politechnice Śląskiej, na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki na kierunku inżynieria środowiska. W 2015 roku, również w Politechnice Śląskiej, na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki obroniła z wyróżnieniem pracę doktorską pt. *Wpływ okresowych zmian właściwości osadów nadmiernych na efekty ich dezintegracji w polu ultradźwiękowym*, uzyskując stopień doktora w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska. Promotorem pracy była dr hab. inż. Ewa Zielewicz, prof. nzw. w Pol. Śl. W 2014 roku pani dr inż. Malwina Tytła została zatrudniona w Instytucie Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk w Zabrze, początkowo na stanowisku inżyniera chemika w Laboratorium Badawczym, zaś od 2016 roku (do chwili obecnej) - na stanowisku adiunkta w Zakładzie Gospodarki Wodnej i Ochrony Wód. Po uzyskaniu stopnia doktora brała udział w realizacji 6 projektów badawczych. Jest autorką lub współautorką 47 publikacji, w tym 32 artykułów naukowych.

2. Ocena osiągnięcia habilitacyjnego

Pani dr inż. Malwina Tytła jako swoje osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego, przedstawiła cykl publikacji powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem *Metale ciężkie oraz ich formy chemiczne w komunalnych osadach ściekowych a ryzyko ekologiczne*. W składzie wspomnianego cyklu publikacji znalazło się 7 artykułów naukowych zamieszczonych w czasopismach znajdujących się na liście czasopism punktowanych MNiSW/MEiN oraz 1 artykuł konferencyjny opublikowany w monografii naukowej wydanej przez wydawnictwo publikujące recenzowane monografie naukowe. Wszystkie artykuły ukazały się w latach 2016-2023. Liczbowo cykl publikacji nie jest może zbyt imponujący, ale ten niedostatek jest w zupełności rekompensowany jakością publikacji. 6 artykułów zostało opublikowanych w czasopismach o wysokim współczynniku wpływu (IF z zakresu 1,751 – 4,600; punktacja MNiSW/MEiN: 25 – 140 pkt.), a mianowicie w *Environmental Technology* (2 publikacje), w *International Journal of Environmental Research and Public Health* (2 publikacje), *Molecules* (1 publikacja) oraz *Water* (1 publikacja). Sumaryczna wartość współczynnika wpływu (IF) dla ww. czasopism (zgodna z rokiem publikacji) jest ponadprzeciętna i wynosi 17,908. Sumaryczna ilość punktów MNiSW/MEiN dla całego cyklu publikacji to aż 660 punktów, zaś łączna liczba cytowań to 169 (bez autocytowań, według bazy *Web of Science*), co należy uznać za duże osiągnięcie Habilitantki, biorąc pod uwagę stosunkowo krótki okres od chwili ukazania się omawianych publikacji. 3 publikacje są jednoautorskie, zaś indywidualny wkład Habilitantki w pozostałych publikacjach cyklu wynosi 60-80%. We wszystkich publikacjach Habilitantka jest pierwszym autorem. Zgodnie z informacjami zawartymi w *Autoreferacie* (zał. 3), dr inż. Malwina Tytła jest autorką hipotez badawczych, inicjatorką badań, wiodącym ich wykonawcą oraz głównym autorem dyskusji i dokumentacji wyników badań we wszystkich publikacjach cyklu. Uzupełnieniem cyklu publikacji, stanowiących osiągnięcie habilitacyjne, jest ich obszerna, 40-to stronicowa, omówienie uwzględniające cel i zakres badań, osiągnięcia badawcze i możliwości ich wykorzystania. Szczegółowy opis cyklu publikacji został zamieszczony w *Autoreferacie*. Habilitantka przedstawiła w nim tło problemu, uzasadniła celowość badań, wskazując na istotne luki w pewnych obszarach wiedzy i w końcu, systematycznie omówiła poszczególne etapy badań i osiągnięcia badawcze zakończone podsumowaniem i wskazaniem możliwości ich wykorzystania.

Oceniany cykl publikacji tematycznie związany jest z występowaniem metali ciężkich w osadach ściekowych generowanych przez komunalne oczyszczalnie ścieków i potencjalnym ryzykiem ekologicznym spowodowanym przez analizowane pierwiastki. W związku z powyższym uważam, że przedstawiony materiał spełnia wymagania zawarte w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.). Zgodnie z ww. art. 219 (ust. 1 pkt 2 lit. b): *Stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która posiada w dorobku osiągnięcia naukowe (...), w tym co najmniej (...): 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b.*

Przedmiot badań podjęty przez Habilitantkę doskonale wpisuje się w ogólne zasady gospodarki cyrkulacyjnej, ale też ma duże znaczenie dla ochrony środowiska naturalnego, jak i zdrowia człowieka. Ze względu na wzrost liczby ludności na świecie, problem zagospodarowania coraz większej ilości osadów ściekowych powstających w oczyszczalniach ścieków będzie systematycznie narastał. Zgodnie z obowiązującym w Polsce prawodawstwem, ustabilizowane osady ściekowe, jako odpad, należy unieszkodliwiać. Z drugiej zaś strony, osady ściekowe, po spełnieniu określonych wymagań, przestają być odpadem i mogą być wykorzystane rolniczo, co wydaje się optymalnym rozwiązaniem, zarówno pod względem ekonomicznym, jak i środowiskowym. Wspomniane wymagania odnośnie rolniczego wykorzystania komunalnych osadów ściekowych dotyczą m.in. zawartości metali ciężkich, które ze względu na wysoką trwałość i łatwą zdolność do bioakumulacji, mogą stanowić duże zagrożenie dla środowiska naturalnego, w tym organizmów zwierzęcych, ale też i dla człowieka. O zasadności

wprowadzenia dopuszczalnych stężeń metali ciężkich w osadach przeznaczonych do rolniczego wykorzystania świadczy fakt, iż z ogólnej ilości metali ciężkich doprowadzanych do oczyszczalni wraz ze ściekami, aż 50-80% kumuluje się w osadach. Jednakże, zdaniem Habilitantki, określenie jedynie stężeń metali ciężkich w osadach jest niewystarczające do oceny ich potencjalnego zagrożenia dla środowiska spowodowanego mobilnością metali i ich biodostępnością. Do tego celu niezbędne jest określenie form specyjalnych metali ciężkich obecnych w osadach ściekowych, co w aspekcie technicznym stanowi nie lada trudność i rzadko jest praktykowane. Zdaniem Habilitantki, znajomość form chemicznych metali ciężkich obecnych w osadach ściekowych, i to podczas wszystkich etapów ich przetwarzania, jest niezbędna do przeprowadzenia kompleksowej analizy ryzyka ekologicznego, co z kolei pozwoli na odpowiednio wczesną interwencję w przypadku potencjalnie negatywnych efektów wykorzystania ustabilizowanych osadów ściekowych. Niestety, zdaniem Habilitantki, potrzeba przeprowadzania pełnej analizy ryzyka, z uwzględnieniem całego ciągu technologicznego oczyszczalni ścieków, nie jest w ogóle dostrzegana. Krytyczna analiza problemu obecności metali ciężkich w osadach ściekowych i związanego z tym zagrożenia środowiskowego, skłoniła Habilitantkę do podjęcia badań mających na celu wskazanie czynników wpływających na zawartość metali ciężkich, ich form chemicznych i mobilność we wszystkich rodzajach osadów ściekowych generowanych w komunalnych oczyszczalniach ścieków, jak i przeprowadzenie kompleksowej analizy ryzyka ekologicznego związanego z rolniczym/rekultywacyjnym wykorzystaniem ustabilizowanych osadów ściekowych. W swoich badaniach Habilitantka wykorzystwała osady ściekowe pobrane z kilku oczyszczalni ścieków komunalnych, zlokalizowanych przede wszystkim na terenie województwa śląskiego. Analizy prowadzono w stosunku do metali ciężkich wskazanych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U. 2015 r. poz. 257) takich, jak: kadm, chrom, miedź, nikiel, ołów, cynk oraz rtęć. Wyniki badań zostały zawarte w 8 publikacjach cyklu (A1-A8).

W ramach przeprowadzonych przez Habilitantkę badań, można wyróżnić 3 aspekty badawcze:

- ocena zakresu stężeń analizowanych metali ciężkich we wszystkich rodzajach osadów generowanych w wytypowanych oczyszczalniach ścieków wraz z określeniem zależności pomiędzy zawartością metali a właściwościami osadów i stosowanym procesem technologicznym oraz analizą potencjalnych źródeł metali;
- identyfikacja form specyjalnych (chemicznych) analizowanych metali ciężkich w komunalnych osadach ściekowych wraz z oceną czynników wpływających na mobilność pierwiastków oraz modyfikacją procedury analitycznej (ekstrakcji sekwencyjnej);
- analiza ryzyka ekologicznego na podstawie wybranych wskaźników ryzyka (w tym zaproponowanych autorskich wskaźników).

Wyniki badań nad zawartością wybranych metali ciężkich w osadach ściekowych w całym ciągu technologicznym oczyszczalni ścieków zostały opisane w 5 publikacjach (A1, A2, A3, A4, A7) z całego cyklu publikacji. W swoich badaniach Habilitantka uwzględniła osady pochodzące z oczyszczalni pracujących w tradycyjnym ciągu technologicznym, jak i 2 oczyszczalnie stosujące dodatkową dezintegrację ultradźwiękową osadu przed stabilizacją beztlenową. Uzyskane wyniki badań pozwoliły Habilitantce na sformułowanie uogólnionego, w zasadzie dość oczywistego wniosku, iż zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych zależy od ich zawartości w ściekach surowych, procesów jednostkowych stosowanych w oczyszczalni ścieków oraz właściwości osadów. Spośród stosowanych procesów technologicznych największy wpływ na stężenie metali ciężkich w osadach miał proces osadu czynnego i proces stabilizacji beztlenowej. Jako mechanizmy przyczyniające się do wzrostu stężenia metali ciężkich w osadach Habilitantka wskazała bioakumulację pierwiastków przez mikroorganizmy osadu czynnego, powstawanie kłaczkowatej zawiesiny podczas strącania fosforu i związany z tym efekt adsorpcji, a także udział bakterii metanowych w wbudowywaniu metali w strukturę osadu. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na nowatorskie poszerzenie zakresu analiz o osady poddane procesowi ultradźwiękowej

dezintegracji. Habilitantka stwierdziła, że proces dezintegracji (z wykorzystaniem ultradźwięków) osadów nadmiernych zagęszczonych nie powoduje zmiany ogólnej zawartości metali ciężkich w osadach i można ten proces uznać za bezpieczny, przede wszystkim mając na uwadze dalsze procesy przeróbki osadów, w tym stabilizację beztlenową. Jest to oryginalny wniosek Habilitantki o dużym znaczeniu praktycznym. Co więcej, w publikacji A2 Habilitantka wskazała najważniejsze parametry osadów, które mają największy wpływ na efekty dezintegracji osadów, a mianowicie: stężenie suchej masy i masy organicznej, pH, ChZT oraz podatność osadów na odwadnianie. Jest to cenna wskazówka dla eksploatatorów oczyszczalni ścieków, ułatwiająca dobór odpowiednich parametrów eksploatacyjnych procesu dezintegracji ultradźwiękami (w tym zapotrzebowania na energię). Z kolei, analizując właściwości fizykochemiczne osadów, Habilitantka zaobserwowała w większości przypadków podwyższoną zawartość metali ciężkich dla osadów o wyższym stężeniu suchej masy. We wszystkich analizowanych osadach najczęściej było cynku, zaś kadm i rtęć występował w najmniejszych ilościach. Ważnym spostrzeżeniem, również o praktycznym znaczeniu, jest spełnienie przez osady ustabilizowane wymagań odnośnie zawartości metali ciężkich w celu ich rolniczego/rekultywacyjnego wykorzystania. Bardzo ważnym uzupełnieniem badań jest przeprowadzenie pogłębionej analizy statystycznej, która pozwoliła Habilitantce na wskazanie źródeł metali ciężkich w osadach. Omawiany aspekt badawczy, czyli analiza zakresu stężeń w różnych rodzajach osadów ściekowych, ma wyjątkowo użyteczne znaczenie. Zdaniem Habilitantki, monitorowanie ogólnej zawartości metali ciężkich w osadach generowanych w całym ciągu technologicznym oczyszczalni ścieków, może być skutecznym sposobem na uniknięcie wtórnego zanieczyszczenia środowiska wodno-gruntowego metalami ciężkimi.

Zdaniem Habilitantki, pełny obraz zagrożenia spowodowanego przedostawaniem się metali ciężkich z osadów ściekowych (wykorzystywanych rolniczo lub przyrodniczo) do środowiska, wymaga poszerzenia zakresu badań osadów o formy chemiczne metali ciężkich. Pozwoli to na ocenę mobilności analizowanych pierwiastków podczas kolejnych etapów przeróbki osadów. Ten aspekt badawczy został opisany przez Habilitantkę w praktycznie we wszystkich publikacjach cyklu. Do identyfikacji form chemicznych metali Habilitantka zastosowała proces ekstrakcji sekwencyjnej BCR klasyczny (publikacje A1, A3, A4) oraz wspomagany ultradźwiękami (publikacje A5, A6, A7, A8). Habilitantka wykazała, że ogólnie udział metali ciężkich we frakcjach niemobilnych jest większy niż we frakcjach mobilnych. To spostrzeżenie dotyczy wszystkich rodzajów osadów generowanych w analizowanych oczyszczalniach ścieków. Jednakże w przypadku niektórych metali ciężkich takich, jak cynk, nikiel i kadm ich udział we frakcjach mobilnych osadów był stosunkowo duży (nawet powyżej 50%) i potencjalnie te pierwiastki mogą stawić zagrożenie dla środowiska wodno-gruntowego. Za najważniejsze czynniki wpływające na mobilność metali ciężkich Habilitantka uznała odczyn i potencjał redoks osadów, a także dawkowanie środków chemicznych w procesach zagęszczania i odwadniania osadów. Również same procesy technologiczne mogą wpływać na zmianę mobilność analizowanych metali ciężkich w wyniku np. zmiany odczynu, zmiany stężenia suchej masy lub zjawiska bioakumulacji. Największe zmiany w mobilności metali Habilitantka zaobserwowała po procesie stabilizacji beztlenowej (zmniejszenie mobilności) i po procesie osadu czynnego (zwiększenie mobilności). Z kolei, proces dezintegracji ultradźwiękowej nie przyczynił się do znaczącej zmiany mobilności analizowanych pierwiastków, co Habilitantka uznała za korzystne z punktu widzenia charakterystyki końcowej postaci osadu. Jest to też dodatkowy argument przemawiający za upowszechnianiem stosowania procesu ultradźwiękowej dezintegracji w komunalnych oczyszczalniach ścieków. Zaobserwowane przez Habilitantkę zmniejszenie mobilności metali ciężkich w wyniku stosowania procesów przeróbki osadów jest również ważnym wnioskiem, motywującym do rolniczego lub przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych.

Podczas realizacji omawianego powyżej etapu badań, czyli identyfikacji form chemicznych metali w różnych formach osadów ściekowych, Habilitantka napotkała dużo trudności natury analitycznej, począwszy od odpowiedniego przygotowania próbek osadów, poprzez czasochłonny proces wytrząsania próbek, a skończywszy na stratach materiału badawczego. Habilitantce udało się z powodzeniem pokonać

te trudności, przede wszystkim poprzez zmodyfikowanie procesu ekstrakcji sekwencyjnej BCR nadźwiękawianiem ultradźwiękami. Na uwagę zasługuje niezwykła dbałość Habilitantki o uzyskanie wiarygodnych wyników badań. Finalnie, Habilitantka udowodniła, że zmodyfikowana metoda ekstrakcji sekwencyjnej BCR jest atrakcyjną alternatywą dla metody konwencjonalnej frakcjonowania metali ciężkich w osadach ściekowych, głównie dzięki skróceniu czasu przygotowania próbek, przy niewielkich różnicach procentowych w uzyskanych efektach pomiędzy dwoma metodami. Szczegółowe porównanie obu metod analitycznych zostało przedstawione przez Habilitantkę w publikacji A5.

Ostatni aspekt badawczy ujęty w omawianym cyklu publikacji, a mianowicie analiza ryzyka ekologicznego, stanowi dopełnienie problemu obecności metali ciężkich w osadach ściekowych, w tym wykorzystywanych rolniczo/przyrodniczo. Analizę ryzyka Habilitantka przeprowadziła wyznaczając szereg wskaźników odnoszących się do ogólnej zawartości metali ciężkich w osadach ściekowych, jak i do form chemicznych metali. Wyniki tej analizy zostały omówione w publikacjach A3, A4 i A7. Wartości wskaźników wyznaczonych na podstawie ogólnej zawartości metali ciężkich wykazały największe ryzyko ekologiczne dla osadów generowanych w końcowym etapie przeróbki osadów (osady ustabilizowane, osady odwodnione i/lub po higienizacji). Zdaniem Habilitantki, taka analiza ryzyka ekologicznego jest niewystraszająca i może prowadzić do błędnych wniosków, np. o możliwości wtórnego zanieczyszczenia metalami środowiska wodno-gruntowego w wyniku rolniczego/rekultywacyjnego wykorzystania osadów ściekowych. Jedynie wyznaczenie wskaźników ryzyka uwzględniających formy chemiczne metali daje kompletny obraz zagrożenia ekologicznego w przypadku przyrodniczego wykorzystania osadów. Habilitantka udowodniła, że w ocenie ryzyka ważna jest przede wszystkim mobilność metali ciężkich i z tego punktu widzenia, poziom ryzyka maleje wraz z kolejnymi etapami przeróbki osadów, zwłaszcza po procesie stabilizacji beztlenowej, przy czym dodatkowy proces ultradźwiękowej dezintegracji w zupełności nie wpływa na mobilność metali ciężkich. Generalnie, największe ryzyko ekologiczne stwarzają takie metale, jak cynk, nikiel i kadm. Zdaniem Habilitantki, w celu zminimalizowania zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi, spowodowanego rolniczym wykorzystaniem osadów ściekowych, konieczne jest wdrożenie kompleksowej analizy ryzyka ekologicznego uwzględniającej informacje o ogólnej zawartości metali w osadach, jak i ich formach chemicznych. Przeprowadzona przez Habilitantkę wnikliwa analiza powszechnie stosowanych wskaźników ryzyka wykazała konieczność ich modyfikacji i wprowadzenia autorskich wskaźników, zwłaszcza w odniesieniu do wskaźników uwzględniających formy chemiczne metali. Takie podejście Habilitantki do szacowania ryzyka ekologicznego należy uznać za nowatorskie.

Na osiągnięcie habilitacyjne dr inż. Malwiny Tytła składa się 8 publikacji powiązanych tematycznie. Jak już wspomniałam, ilościowo nie jest to cykl zbyt pokaźny, ale jego wartość naukowa, obok wymiernych aspektów praktycznych, jest nie do przecenienia. Walory naukowe i wysoki poziom merytoryczny publikacji dodatkowo wzmocnia ranga czasopism, w których się ukazały. Można mieć pewność, że treści zawarte w artykułach zostały rzetelnie zweryfikowane, a uzyskane wyniki – docenione. Uważam, że recenzowany cykl publikacji jest twórczym opracowaniem wnoszącym istotne elementy poznawcze w zakresie zagadnień związanych z obecnością metali ciężkich w osadach komunalnych, ich transformacją i mobilnością oraz szacowaniem ryzyka ekologicznego spowodowanego rolniczym/rekultywacyjnym wykorzystaniem osadów ściekowych.

Do najważniejszych osiągnięć, będących rezultatem badań przedstawionych w monotematycznym cyklu publikacji, zaliczam:

- stwierdzenie, iż zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych zależy od ich zawartości w ściekach surowych, procesów jednostkowych stosowanych w oczyszczalni ścieków oraz właściwości osadów;

- wykazanie, że spośród stosowanych procesów technologicznych w oczyszczalniach ścieków, największy wpływ na stężenie metali ciężkich w osadach ma proces osadu czynnego i proces stabilizacji beztlenowej;
- wskazanie mechanizmów przyczyniających się do wzrostu stężenia metali ciężkich w osadach ściekowych: bioakumulacja pierwiastków przez mikroorganizmy osadu czynnego, powstawanie kłaczkowatej zawiesiny podczas strącania fosforu i związany z tym efekt adsorpcji oraz udział bakterii metanowych w wbudowywaniu metali w strukturę osadu;
- wykazanie, że takie parametry osadów ściekowych, jak: stężenie suchej masy i masy organicznej, pH, ChZT oraz podatność osadów na odwadnianie mają największy wpływ na efekty dezintegracji osadów;
- udowodnienie korelacji pomiędzy zawartością metali ciężkich a stężeniem suchej masy osadów ściekowych;
- wykazanie, że osady ustabilizowane spełniają wymagania odnośnie zawartości metali ciężkich w celu ich rolniczego/rekultywacyjnego wykorzystania;
- wskazanie ścieków przemysłowych i bytowych oraz spływów powierzchniowych jako najbardziej prawdopodobnych źródeł metali ciężkich w osadach;
- wykazanie większego udziału metali ciężkich we frakcjach niemobilnych niż we frakcjach mobilnych, niezależnie od postaci osadu;
- udowodnienie, że cynk, nikiel i kadm mogą stanowić zagrożenie dla środowiska wodno-gruntowego, ze względu na ich duży udział we frakcjach mobilnych osadów;
- wskazanie najważniejszych czynników wpływające na mobilność metali ciężkich w osadach ściekowych: odczyn, potencjał redoks osadów oraz dawkovanie środków chemicznych w procesach zagęszczania i odwadniania osadów;
- wykazanie, że proces ultradźwiękowej dezintegracji osadów nadmiernych zagęszczonych nie powoduje zmiany ogólnej zawartości metali ciężkich w osadach, jak i ich form chemicznych;
- wykazanie malejącej mobilności metali ciężkich wraz z kolejnymi procesami przeróbki osadów;
- udowodnienie, że zmodyfikowana metoda ekstrakcji sekwencyjnej BCR jest atrakcyjną alternatywą dla metody konwencjonalnej frakcjonowania metali ciężkich w osadach ściekowych;
- udowodnienie, że w ocenie ryzyka ekologicznego ważna jest, obok ogólnego stężenia metali ciężkich w osadach, ich mobilność;
- udowodnienie, że poziom ryzyka ekologicznego maleje wraz z kolejnymi etapami przeróbki osadów;
- wykazanie, że największe ryzyko ekologiczne, spowodowane rolniczym/przyrodniczym wykorzystaniem osadów, stwarzają takie metale, jak cynk, nikiel i kadm;
- wykazanie konieczności modyfikacji wskaźników ryzyka ekologicznego i wprowadzenie autorskich wskaźników w odniesieniu do wskaźników uwzględniających formy chemiczne metali;
- wykazanie potrzeby wprowadzenia kompleksowej analizy ryzyka ekologicznego uwzględniającej informacje o ogólnej zawartości metali w osadach, jak i ich formach chemicznych.

Opiniowany cykl publikacji uważam za niezwykle wartościowy pod względem naukowym, głównie ze względu na walory poznawcze poszczególnych publikacji cyklu, jak i liczne aspekty użytkowe. Wyniki badań Habilitantki mogą stanowić zachętę do bezpiecznego rolniczego lub przyrodniczego wykorzystania ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych, co ma istotne znaczenie we wdrażaniu zasad gospodarki cyrkularnej. Ponadto, zarekomendowana przez Habilitantkę kompleksowa analiza szacowania

ryzyka ekologicznego pozwoliłaby na szybkie reagowanie w sytuacjach potencjalnego zagrożenia i zminimalizowania ryzyka związanego z wtórnym zanieczyszczeniem metalami środowiska wodno-gruntowego spowodowanym wykorzystywaniem osadów ściekowych.

W podsumowaniu mojej opinii o cyklu publikacji powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem *Metale ciężkie oraz ich formy chemiczne w komunalnych osadach ściekowych a ryzyko ekologiczne*, którego autorką jest pani dr inż. Malwina Tytła stwierdzam, iż przedmiotowy cykl publikacji wnosi istotne elementy dla rozwoju dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, a tym samym spełniona jest przesłanka (art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy) o posiadaniu przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora habilitowanego osiągnięć naukowych albo artystycznych stanowiących istotny wkład w rozwój określonej dyscypliny.

4. Ocena pozostałych osiągnięć naukowych i aktywności naukowej Kandydatki, w tym aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

Poza omówionym powyżej monotematycznym cyklem publikacji, na pozostały dorobek naukowy Kandydatki składa się 39 publikacji, w tym 25 artykułów naukowych oraz 25 referatów/posterów konferencyjnych (zgodnie z zał. 4), przy czym 18 artykułów ukazało się w okresie po uzyskaniu stopnia doktora. Struktura tego dość pokaźnego dorobku naukowego przedstawia się następująco:

- artykuły w czasopismach z bazy JCR (z IF) – 12 (w tym jednoautorskie – 1)
- monografia wieloautorska – 1
- rozdziały w monografiach naukowych – 13 (w tym jednoautorskie – 2)
- publikacje w czasopismach nieposiadających IF – 13 (w tym jednoautorskie – 5)
- referaty/postery w materiałach konferencyjnych – 25,
w tym międzynarodowych – 8.

W dorobku Kandydatki dominują prace wieloautorskie, aczkolwiek 11 publikacji (z uwzględnieniem 3 artykułów z cyklu publikacji) jest jednoautorskich. Trudno jest określić procentowy udział Kandydatki w przygotowaniu publikacji wieloautorskich (spoza monotematycznego cyklu publikacji) – w większości artykułów posiadających IF Kandydatka była współautorką koncepcji badań, wykonawczynią części eksperymentów, współautorką części związanej z opisem, analizą i interpretacją wyników badań. W 3 artykułach Kandydatka jest autorem korespondencyjnym. Tematyka artykułów (spoza monotematycznego cyklu publikacji) dotyczy przeważnie głównego obszaru badawczego Kandydatki, czyli osadów ściekowych i ryzyka ekologicznego spowodowanego obecnością metali ciężkich. Są też prace dotyczące innych zagadnień, jak fermentacji osadów ściekowych i odpadów z przemysłu rolno-spożywczego, obecności metali ciężkich w osadach dennych, usuwania fenoli ze ścieków w procesie sorpcji, analizy zmienności stężeń związków fosforu w zbiornikach zaporowych oraz wykorzystania procesów membranowych do odsalania wód kopalnianych. Ostatnio Kandydatka opublikowała kilka współautorskich prac dotyczących badań nad zawartością wody wbudowanej w strukturę cząstek pyłu zawieszzonego PM celem określenia pochodzenia zanieczyszczenia powietrza. Ta oryginalna problematyka została doceniona przez redakcje wysoko punktowanych czasopism, tak więc możliwość oceny pochodzenia PM na podstawie pomiarów wody atmosferycznej jest z pewnością nowatorskim i perspektywicznym rozwiązaniem.

Publikacje z *Listy Filadelfijskiej* (12 pozycji z wyłączeniem artykułów wchodzących w skład cyklu publikacji) zostały zamieszczone w takich renomowanych czasopismach, jak: *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *Desalination and Water Treatment*, *Environmental Earth Sciences*, *Atmospheric Pollution Research*, *Sustainability* oraz *Scientometric*. Artykuły bez przypisanego współczynnika wpływu (13 pozycji) ukazały się głównie w krajowych czasopismach naukowych lub branżowych oraz w zeszytach naukowych. Większość publikacji powstała przy udziale 2-3 współautorów, aczkolwiek jest też kilka publikacji wybitnie wieloautorskich (6-7 współautorów), co jest standardem dla

prac badawczych obejmujących różne obszary wiedzy. Istotnym uzupełnieniem dorobku naukowego Kandydatki są doniesienia prezentowane zarówno w ramach zagranicznych, jak i krajowych konferencji naukowych (25 referatów).

Jak już wspomniano powyżej, wyniki badań Habilitantki zostały opublikowane w renomowanych czasopismach, głównie zagranicznych, co stanowi potwierdzenie, iż działalność badawcza Kandydatki została doceniona przez światowe autorytety naukowe. Sumaryczny *Impact Factor* (zgodnie z rokiem opublikowania) dla wszystkich publikacji Kandydatki wynosi 43,118 (w tym po doktoracie 41,358), co należy uznać za wartość satysfakcjonującą w postępowaniu habilitacyjnym. Z kolei łączna punktacja MNiSW/MEiN wynosi 1664, co też jest bardzo dobrym wynikiem. O dobrej *rozpoznawalności* pani dr inż. Malwiny Tytła w świecie naukowym świadczy liczba cytowań (262 bez autocytowań) oraz indeks Hirscha (8), według bazy WoS z dn. 23.09. 2023 r. Oczywiście, powyższe wskaźniki naukometryczne nie wpływają w znaczący sposób na moją ocenę dorobku naukowego Kandydatki, niemniej jednak świadczą one o dużym zainteresowaniu pracami Kandydatki, biorąc pod uwagę fakt, iż większość z nich została opublikowana w uznanych czasopismach stosunkowo niedawno.

Podczas swojej kariery zawodowej Habilitantka uczestniczyła (lub uczestniczy) w realizacji kilkunastu projektów naukowych. Były to projekty związane z finansowaniem badań młodych naukowców, realizowane w Politechnice Śląskiej (3 projekty realizowane w latach 2011-2013), jak i projekty finansowane przez MNiSW/NCN (5 projektów realizowanych w latach 2018-2022 oraz 1 projekt w trakcie realizacji). Projekty realizowane w ramach grantów dla młodych naukowców, w których Kandydatka była kierownikiem i wykonawcą, dotyczyły głównie ultradźwiękowej dezintegracji nadmiernych osadów ściekowych. Z kolei udział Habilitantki w realizacji projektów MNiSW/NCN polegał na kierowaniu projektami badawczymi (1 projekt MNiSW oraz 2 projekty NCN) lub pełnieniu roli wykonawcy (3 projekty NCN). Tematyka tych projektów dotyczyła przede wszystkim podstawowego nurtu badawczego Kandydatki, a więc ryzyka ekologicznego spowodowanego obecnością metali ciężkich w osadach ściekowych oraz identyfikacji form chemicznych i mobilności metali ciężkich w osadach ściekowych. Jako wykonawca w projektach badawczych, Kandydatka zajmowała się przemianami i migracją wybranych pierwiastków na drodze powietrze-gleba oraz wodą atmosferyczną jako markerem pochodzenia pyłu zawieszonego. Obecnie Habilitantka jest zaangażowana w realizację (jako wykonawca) projektu dotyczącego jakości powietrza w salonach kosmetycznych. Udział Kandydatki w realizacji powyższych projektów zaowocował licznymi publikacjami w renomowanych czasopismach międzynarodowych (posiadających IF), w tym artykułami wchodzącymi w skład monotematycznego cyklu publikacji. Ponadto, pani dr inż. Malwina Tytła brała udział w realizacji 11 projektów/zadań badawczych finansowanych ze środków MNiSW w ramach działalności statutowej zarówno Instytut Inżynierii Wody i Ścieków Politechniki Śląskiej, jak i Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN.

Poza działalnością naukową realizowaną w macierzystej jednostce (Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk w Zabrze), Habilitantka jest dość aktywna w podejmowaniu współpracy z innymi ośrodkami naukowymi, przede wszystkim krajowymi. W ramach współpracy z zagranicznymi jednostkami naukowymi odnotować można jedynie krótkoterminowy staż w Energy Research Center w Uniwersytecie Technicznym w Ostrawie (od 01.03 do 31.05.2014 r.). W ramach stażu, finansowanego ze środków Programu LLP Erasmus, Kandydatka miała możliwość poznania prowadzonych przez jednostkę projektów badawczych oraz wzięcia udziału w seminariach i warsztatach naukowych. Wymiernym efektem odbytego stażu jest publikacja (rozdział w monografii wydanej przez Uniwersytet Techniczny w Ostrawie). Po uzyskaniu stopnia doktora Kandydatka odbyła 2 krótkoterminowe staże naukowe w krajowych ośrodkach naukowych: w Politechnice Śląskiej w okresie od 18.10.2017 r. do 19.01.2018 r. oraz w Szkole Głównej Służby Pożarnej (SGSP) w Warszawie w okresie od 24.04 do 29.04.2023 r. W ramach pierwszego z wymienionych staży krajowych, Habilitantka współpracowała z dr hab. inż. Mariolą Rajcą z Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki oraz z dr hab. inż. Barbarą Tomaszewską z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, realizując badania

eksperymentalne dotyczące procesu uzdatniania wód kopalnianych w celu otrzymania wody do spożycia i wód technologicznych. Efektem tej współpracy jest wspólna publikacja *Integration of nanofiltration and reverse osmosis in desalination of mine water* w czasopiśmie z przypisanym IF *Desalination and Water Treatment*. Z kolei podczas stażu w SGSP, Habilitantka brała udział w badaniach dotyczących ekotoksyczności i mutagenności wód powstających w wyniku pożarów elementów wyposażenia wnętrz i oceny ryzyka związanego z możliwością wtórnego zanieczyszczenia środowiska wodami pożarowymi. W ramach powyższych badań Kandydatka współpracowała z naukowcami z SGSP, Politechniki Wrocławskiej oraz IPIŚ PAN. Wynikiem tej współpracy jest wspólna publikacja *The ecotoxicity and mutagenicity of fire-water runoff from small scale furnishing materials fire test*, która ukazała się w wysoko punktowanym czasopiśmie (200 punktów) *Science of the Total Environment*. Habilitantka może więc wykazać się współpracą naukową z różnymi krajowymi ośrodkami naukowymi, realizowaną głównie poprzez krótkoterminowe staże naukowe oraz wspólne publikacje. Wśród autorów wspólnych publikacji znaleźli się też naukowcy z Politechniki Warszawskiej oraz Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Wobec powyższego, mogę stwierdzić, iż pani dr inż. Malwina Tytła spełnia warunek dotyczący wymagań zawartych w art. 219 ust 1 pkt 2 Ustawy o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, ale w odniesieniu do krajowych uczelni i instytucji.

Pani dr inż. Malwina Tytła jest autorką lub współautorką 25 referatów/posterów prezentowanych podczas 8 międzynarodowych i 11 krajowych konferencji naukowych. Habilitantka prezentowała wyniki swoich badań podczas tak renomowanych konferencji międzynarodowych, jak: *3rd International Conference on Desalination using Membrane Technology* (Las Palmas, Hiszpania, 2017); *Desalination for the Environment: Clean Water and Energy* (Ateny, Grecja, 2018); *8th International Conference on Water Resource and Environment* (Xi'an, Chiny, 2022); *XXII International Conference Life Sciences for Sustainable Development* (Cluj-Napoca, Rumunia, 2023). Była też zaproszona do wygłoszenia wykładu pt. *PM-bound water. To measure or not to measure?* podczas konferencji *Climathon* (Warszawa, 2017). Kandydatka uczestniczyła w pracach komitetu naukowego XV Międzynarodowej Konferencji Naukowej *Wielowymiarowość bezpieczeństwa w społeczeństwie cyfrowym* (Warszawa, 2023). Kandydatka może pochwalić się mocno rozwiniętą współpracą z redakcjami uznanych czasopism naukowych. Jest członkiem *Reviewer Board* w czasopismach *Water* (IF=3,4) i *Applied Sciences* (IF=2,7). Jest redaktorem tematycznym w czasopiśmie *Sustainability* (IF=3,9) oraz redaktorem gościnnym specjalnego wydania czasopisma *Sustainability*. Wiedza i doświadczenie badawcze Habilitantki zostały docenione przez redakcje licznych czasopism naukowych – w ciągu ostatnich 8 lat pani dr inż. Malwina Tytła zrecenzowała ponad 100 artykułów naukowych skierowanych do 29 czasopism (przede wszystkim posiadających IF), m.in. takich, jak: *Science of the Total Environment*, *Journal of Cleaner Production*, *Chemosphere*, *Environmental Science and Pollution Research*. Kandydatka pełniła też w 2021 r. funkcję recenzenta w konkursie grantów wewnętrznych Uniwersytetu Wrocławskiego w ramach programu *Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza*.

5. Inne istotne informacje o Kandydatce, w tym dotyczące osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę

Pani dr inż. Malwina Tytła ma bardzo skromne doświadczenie dydaktyczne, gdyż swoją karierę zawodową związała z nauką jednostką badawczą. Jedyne jeszcze w okresie przed uzyskaniem stopnia doktora prowadziła zajęcia ze studentami na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej. Były to ćwiczenia i projekty z przedmiotów Hydrologia i gospodarka wodna oraz Podstawy gospodarowania wodą.

Pani dr inż. Malwina Tytła podczas realizacji pracy doktorskiej w Politechnice Śląskiej była w latach 2010-2011 uczestnikiem interdyscyplinarnych studiów doktoranckich na kierunku biotechnologia, realizowanych w ramach Programu Rozwojowego Politechniki Śląskiej, Program Operacyjny Kapital

Ludzki współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego. W latach 2012-2013 Kandydatka była stypendystką programu stypendialnego na rzecz innowacyjnego Śląska *DoktoRIS*, realizowanego przez samorząd województwa śląskiego w partnerstwie z Uniwersytetem Śląskim w ramach Priorytetu VIII Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki. Również w okresie studiów doktoranckich Habilitantka brała udział w programie LLP Erasmus dla doktorantów. Ostatnio pani dr inż. Malwina Tytła zaangażowała się w przygotowanie fiszki projektowej pt. *Rozwój infrastruktury badawczej jako narzędzia w udoskonaleniu monitoringu wód powierzchniowych i osadów dennych w aspekcie zanieczyszczenia mikroplastikami i metalami ciężkimi*, złożonej przez IPIŚ PAN w ramach programu Fundusze Europejskie dla Województwa Śląskiego 2021-2027 na finansowanie kluczowej aparatury badawczej.

Od początku swojej działalności naukowej Kandydatka intensywnie współpracuje z sektorem gospodarczym. Wśród przedsiębiorstw, z którymi Habilitantka nawiązała współpracę należy wymienić: Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Gliwicach, liczne oczyszczalnie ścieków, głównie na terenie województwa śląskiego, Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Łęborku oraz PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. Z kolei w ramach popularyzacji nauki, Kandydatka jest autorką cyklu publikacji o osadach ściekowych oraz zagrożeniach ekologicznych spowodowanych m.in. metalami ciężkimi, które ukazały się w czasopiśmie *Laboratorium – Przegląd Ogólnopolski*.

Pani dr inż. Malwina Tytła systematycznie podnosi swoje kompetencje naukowe i badawcze, biorąc udział w różnorodnych szkoleniach, seminariach, webinarach i warsztatach (w latach 2010-2023 Kandydatka uczestniczyła w około 30 wydarzeniach tego typu). Habilitantka jest laureatką nagrody *2018 MDPI Top Reviewer Award*. Otrzymała też nominację do nagrody *Naukowiec Przyszłości 2023* w kategorii Kobieta nauki, która zmienia świat za realizację projektu badawczego *Sposób wiązania metali w osadach ściekowych a ryzyko ekologiczne*.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

W podsumowaniu oceny osiągnięć naukowych pani dr inż. Malwiny Tytła stwierdzam, że są one oryginalne, wnoszą istotne wartości merytoryczne oraz mają duży potencjał aplikacyjny. Habilitantka ma długoletnie doświadczenie w obszarze badań nad komunalnymi osadami ściekowymi i jest świadoma zagrożeń, jakie mogą one stwarzać w przypadku ich rolniczego lub przyrodniczego wykorzystania. Ta wiedza pozwoliła Habilitantce na właściwe ukierunkowanie swoich badań, których wyniki mogą stanowić podstawę do bezpiecznego rolniczego lub przyrodniczego wykorzystania ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych. Ponadto, Habilitantka rekomenduje kompleksową analizę szacowania ryzyka ekologicznego jako skuteczne narzędzie do szybkiego reagowania w sytuacjach potencjalnego zagrożenia związanego z wtórnym zanieczyszczeniem metalami środowiska wodno-gruntowego.

Stwierdzam, że przedstawione mi do oceny osiągnięcia naukowe pani dr inż. Malwiny Tytła stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Tak więc przesłanka warunkująca nadanie stopnia doktora habilitowanego od konieczności posiadania w dorobku osiągnięć naukowych albo artystycznych stanowiących istotny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w której dana osoba zamierza uzyskać ten stopień, jest spełniona.

Odnosząc się do aktywności naukowej pani dr inż. Malwiny Tytła, mogę stwierdzić, iż jest ona satysfakcjonująca. Kandydatka posiada pokaźny dorobek publikacyjny w renomowanych czasopismach naukowych, jak i sporą liczbę cytowań, co wskazuje, iż Habilitantka jest uznanym naukowcem. Pani dr inż. Malwina Tytła realizuje swoją działalność naukową nie tylko w macierzystej jednostce (IPIŚ PAN), ale współpracuje też z innymi ośrodkami naukowymi, w tym z Politechniką Śląską, Szkołą Główną Służby Pożarniczej i Akademią Górniczo-Hutniczą. Wymiernym efektem tej współpracy są liczne publikacje w

uznanych czasopismach, a tym samym wniesienie istotnego wkładu w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, jak i powiększenie dorobku naukowego Habilitantki. Tak więc przesłanka warunkująca nadanie stopnia doktora habilitowanego od konieczności wykazania się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, jest spełniona, ale w odniesieniu do instytucji krajowych.

Uwzględniając osiągnięcia naukowe, w tym monotematyczny cykl publikacji pt. *Metale ciężkie oraz ich formy chemiczne w komunalnych osadach ściekowych a ryzyko ekologiczne* oraz aktywność naukową Habilitantki, oświadczam, iż pani dr inż. Malwina Tytła spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego zawarte w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.). W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie pani dr inż. Malwiny Tytły do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.



