dr hab. inż. Bernadetta Pasierb
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Geoinżynierii i Gospodarki Wodnej
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków
e-mail: bpasierb@pk.edu.pl

Kraków, 10.09.2026 r.

RECENZJA

osiągnięć naukowych pt. **„Mechanizmy kształtowania zawartości wody niezamarzniętej w bentonitach pod wpływem Cu i Zn: powiązania fizykochemiczne w modelowych układach ilasto-wodnych”** i **„Determinanty fizykochemiczne zawartości i transportu miedzi oraz cynku w gruntach skażonych chlorkami”** oraz pozostałego dorobku naukowo-badawczego, dydaktycznego i organizacyjnego
dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej,
ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo I Energetyka.

1. PODSTAWA FORMALNA RECENZJI

Podstawą do wykonania recenzji była **Uchwała nr 7/2026** Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka w Politechnice Świętokrzyskiej z dnia 08 lipca 2026 r., w sprawie powołania komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego **dr inż. Edycie Sylwii Nartowskiej** w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo I Energetyka. Na podstawie stosownych przepisów **zgodnie z art. 221 ust. 5 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571)** zostałam wyznaczona przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka na recenzenta. Rada Naukowa Dyscypliny działając na podstawie wyżej wymienionej ustawy oraz uchwał Senatu i Statutu Politechniki Świętokrzyskiej, powołała mnie na członka komisji habilitacyjnej. Uchwała została podpisana przez Przewodniczącą Rady Naukowej Dyscypliny dr hab. Lidię Dąbek prof. PŚk.

Recenzję opracowałam na podstawie wniosku **Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej** o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo I Energetyka, wraz z załączoną dokumentacją. Zgodnie z art. 221 ust.8 ustawy recenzent dokonuje w szczególności oceny, czy osiągnięcia naukowe osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego odpowiadają wymaganiom określonym w **art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3 ustawy "Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce" z 2018 r.**, a tym samym stanowią przesłankę do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Zgodnie z wnioskiem **Habilitantki,** podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego są dwa odrębne osiągnięcia naukowe pod tytułami: **„Mechanizmy kształtowania zawartości wody niezamarzniętej w bentonitach pod wpływem Cu i Zn: powiązania fizykochemiczne w modelowych układach ilasto-wodnych”** i **„Determinanty fizykochemiczne zawartości i transportu miedzi oraz cynku w gruntach skażonych chlorkami”,** z których każde stanowi spójny, logicznie zamknięty cykl publikacji. Zbiór osiągnięć jest zawarty w dwóch cyklach tematycznie powiązanych publikacji naukowych; przy czym osiągnięcie pierwsze obejmuje 8 powiązanych tematycznie publikacji [C.1–C.8] wydanych w latach 2019–25, a osiągnięcie drugie obejmuje 3 powiązane tematycznie publikacje [C.9–C.11] opublikowane w 2025 roku. Przedstawione osiągnięcia naukowe są komplementarne tematycznie, jednak odnoszą się do odmiennych problemów badawczych: pierwsze ma charakter fundamentalny i metodyczny, drugie – aplikacyjny i środowiskowy.

Ocenę osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej **Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej** przeprowadziłam zgodnie z wymogami określonymi w art. 219 ust.1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r., poz. 1571) na podstawie przygotowanej przez **Habilitantkę**, a otrzymanej w dniu 20 lipca 2026 r. dokumentacji w wersji papierowej i tożsamej elektronicznej, która zawierała:

- wniosek **Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej**,
- dane wnioskodawcy,
- dyplom uzyskania stopnia naukowego doktora,
- autoreferat przedstawiający opis dorobku naukowo-badawczego, dydaktycznego oraz organizacyjnego,
- wykaz osiągnięć naukowych stanowiący znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka (zał. 4),
- kopie prac naukowych wchodzących w skład dwóch odrębnych osiągnięć naukowych, z których każde stanowi spójny, logicznie zamknięty cykl publikacji, będących podstawą do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego (tylko w wersji elektronicznej, zał. 5),
- kopie oświadczeń Habilitantki oraz współautorów, dotyczące zakresu ich prac i udziału merytorycznego w publikacjach współautorskich (zał. 6),
- potwierdzenie współpracy z jednostkami zagranicznymi oraz odbytych staży naukowych i wyjazdów zagranicznych, (zał. 7)

2. SYLWETKA HABILITANTKI

Pani **dr inż. Edyta Sylwia Nartowska** jest adiunktem w Katedrze Geotechniki i Gospodarki Odpadami, Wydziału Inżynierii Środowiska, Geodezji i Energetyki Odnawialnej Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach. W 2008 r. na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie ukończyła studia magisterskie na kierunku Ochrona środowiska w zakresie ochrony przyrody nieożywionej, uzyskując tytuł magistra inżyniera. Praca magisterska zatytułowana była *„Wpływ zanieczyszczeń środowiska na wybrane procesy biologiczno-fizjologiczne roślin”* i zrealizowana pod kierunkiem dr hab. Dariusza Latowskiego, prof. UJ. Wynik studiów: bardzo dobry oraz wyróżnienie Kapituły Honorowej Szpady Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego i Gazowniczego. W latach 2008-2012 Pani **dr inż. Edyta Sylwia Nartowska** była studentką studiów doktoranckich na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach, kierunek: Inżynieria Środowiska.

Stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie: Inżynieria Środowiska, specjalność: Geotechnika uzyskała po złożeniu wymaganych egzaminów, na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „*Zawartość fazy ciekłej wody w gruntach spoistych poniżej 0 st. C w warunkach cyklicznego zamrażania*”, za którą otrzymała wyróżnienie. Promotorem w przewodzie doktorskim był prof. dr hab. inż. Tomasz Kozłowski (Politechnika Świętokrzyska, Kielce), a recenzentami prof. dr hab. inż. Maciej Kordian Kumor (Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz) i prof. dr hab. inż. Maciej Manecki (Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków).

Habilitantka od początku kariery naukowej zawodowo związana jest z Politechniką Świętokrzyską w Kielcach. Od roku 2011 zatrudniona była na stanowisku asystenta w Katedrze Geotechniki i Inżynierii Wodnej Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska (zmieniona nazwa: Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki po 2012 r. i Wydział Inżynierii Środowiska, Geodezji i Energetyki Odnawialnej po 2022 r.), a następnie od roku 2014 na stanowisku asystenta ze stopniem naukowym doktora. W latach 2017–2018 była adiunktem, a od roku 2018 pracowała jako starszy wykładowca (po zmianie nazwy) w Katedrze Geotechniki, Geomatyki i Gospodarki Odpadami. Od 01.02.2019 roku pracuje jako adiunkt nadal w tej samej jednostce (o zmienionej nazwie w 2022 roku) tj. Katedrze Geotechniki i Gospodarki Odpadami Wydziału Inżynierii Środowiska, Geodezji Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach

3. OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO STANOWIĄCEGO PODSTAWĘ UBIEGANIA SIĘ O NADANIE STOPNIA DOKTORA HABILITOWANEGO.

Jako osiągnięcia **wnoszące istotny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska** przedłożyła dwa odrębne osiągnięcia naukowe, z których każde stanowi spójny, logicznie zamknięty cykl publikacji, będące głównymi elementami dorobku naukowego opublikowanego w latach 2019–2025. W skład cyklu pierwszego wchodzi 8 powiązanych tematycznie oryginalnych artykułów naukowych, natomiast cykl drugi obejmuje 3 powiązane tematycznie artykuły naukowe.

Cykl 1 zatytułowany **„Mechanizmy kształtowania zawartości wody niezamarzniętej w bentonitach pod wpływem Cu i Zn: powiązania fizykochemiczne w modelowych układach ilasto-wodnych”** obejmuje następujące artykuły naukowe:

1. [C.1] **Nartowska, E.** (2019). The effects of potentially toxic metals (copper and zinc) on selected physical and physico-chemical properties of bentonites. **Heliyon**, Volume 5, Issue 10, e02563. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02563, Punktacja MNiSW 2019= **40 pkt**; IF 2019 = –
   * Pierwszy IF w 2021 r. = 3.78
2. [C.2] **Nartowska, E.**; Kozłowski, T.; Gawdzik, J. (2019). Assessment of the influence of copper and zinc on the microstructural parameters and hydraulic conductivity of bentonites on the basis of SEM tests. **Heliyon**, Volume 5, Issue 7, e021142. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02142 Punktacja MNiSW 2019 = 40 **pkt**, IF 2019 = –
3. [C.3] **Nartowska, E.**; Kozłowski, T.; Kolankowska, M. (2021). Exchangeable cations (Cu2+, Zn2+) effects on unfrozen water content in clay-water system using 1H NMR method. **Cold Regions Science and Technology**, Volume 192,103403. https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2021.103403, Punktacja MNiSW 2021=**100 pkt**, IF 2021= **4.43**
4. [C.4] **Nartowska, E.**; Kozłowski, T. (2022). The Effect of Freeze-Thaw Cycling and the Initial Mass of Water on the Unfrozen Water Content of Calcium Bentonites Modified by Copper Ions. **Minerals**, Volume 12(1), 66. https://doi.org/10.3390/min12010066, Punktacja MNiSW 2022 =**100 pkt**, IF 2022 = **2.50**
5. [C.5] **Nartowska, E.**; Kozłowski, T. (2022). The Effect of the Concentration of Copper Ions on the Unfrozen Water Content in Bentonites Measured with the Use of DSC Method. **Minerals**, Volume 12, 632. https://doi.org/10.3390/min12050632, Punktacja MNiSW 2022 = **100 pkt**, IF 2022 =**2.50**
6. [C.6] **Nartowska, E.**; Kanuchova, M.; Kozáková, Ľ. (2023). Assessment of Unfrozen Water Content in Copper Bentonites Using the 1H NMR Technique: Optimization, the Method’s Limitation, and Comparative Analysis with DSC. **Materials**, Volume 16, 7577. https://doi.org/10.3390/ma16247577, Punktacja MNiSW 2023=**140 pkt**, IF 2023=**3.10**
7. [C.7] **Nartowska, E.**; Sihag, P. (2024). Exploring machine learning models to predict the unfrozen water content in copper-contaminated clays. **Cold Regions Science and Technology**, Volume 227, 104296. https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2024.104296, Punktacja MNiSW 2024 = **100 pkt**, IF 2024 =**3.80**
8. [C.8] **Nartowska, E.**; Stępień, P.; Kanuchova, M. (2025). Impact of Zinc(II) Chloride Contamination on Bentonites: Formation of Simonkolleite and Effects on Porosity and Chemical Composition. **Materials,** Volume 18, 2933. https://doi.org/10.3390/ma18132933, Punktacja MNiSW 2025 =**140 pkt**, IF 2025 =**3.20**

Natomiast cykl 2 zatytułowany „**Determinanty fizykochemiczne zawartości i transportu miedzi oraz cynku w gruntach skażonych chlorkami**” obejmuje artykuły naukowe:

1. [C.9] **Nartowska**, E.; Podlasek, A.; Vaverková, M.D.; Koda, E.; Kanuchova, M.; Jakimiuk, A.; Gawdzik, J. (2025). Identification of factors affecting the properties of soils contaminated with Zn(II) and Cu(II) chlorides. **J Soils Sediments**, Volume 25, 1175–1200. https://doi.org/10.1007/s11368-025-03995-y, Punktacja MNiSW 2025 =**100 pkt**, IF 2025 =**3.00**
2. [C.10] **Nartowska**, E.; Podlasek, A.; Vaverková, M.D.; Koda, E. (2025). Copper mobility in chloride-contaminated soils: empirical models considering surface area and concentration. **J Soils Sediments**, Volume 25, 1280–1301. https://doi.org/10.1007/s11368-025-03999-8, Punktacja MNiSW 2025 =**100 pkt**, IF 2025 =**3.00**
3. [C.11] **Nartowska**, E.; Podlasek, A.; Vaverková, M.D.; Kozáková, L.; Koda, E. (2025). Predictive Modeling of Zinc Fractions in Zinc Chloride-Contaminated Soils Using Soil Properties. **Land**, Volume 14, 1825. https://doi.org/10.3390/land14091825, Punktacja MNiSW 2025 =**70 pkt**, IF 2025 =**3.20**

3.1. Ocena formalna i naukometryczna osiągnięcia

Wstępnym etapem weryfikacji przedstawionych przez **Panią dr inż. Edytę Sylwię Nartowską** osiągnięć naukowych jest ocena rangi czasopism, w których opublikowane zostały wyniki badań. Były to następujące czasopisma: Cold Regions Science and Technology (wydawca: Elsevier) (2 publikacje), Materials (MDPI) (2 publikacje), Land (MDPI) (1 publikacja), Minerals (MDPI) (2 publikacje), J. Soils Sediments (Springer) (2 publikacje), Heliyon (Elsevier) (2 publikacje). Są to **bardzo dobre, wysoko cenione wydawnictwa (6 prac) i dobre (5 prac), choć prawie połowa publikacji jest w wydawnictwie MDPI**. Artykuły opublikowane zostały w większości w renomowanych, wysoko punktowanych czasopismach o charakterze międzynarodowym, ujętych w wykazie czasopism punktowanych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, posiadających współczynniki wpływu (Impact Factor, IF) oraz podlegających analizie w Journal Citation Report, bazie Web of Science Core Collection oraz SCOPUS. **Wyjątek stanowi czasopismo Heliyon (2 prace),** do którego zostały złożone dwa manuskrypty przed opublikowaniem listy MNiSW z 2019 roku, natomiast w momencie opublikowania czasopismo nie miało przypisanego współczynnika wpływu IF. Pierwszy IF pojawił się dopiero w 2021 r. i wynosił 3,78. W oficjalnym polskim wykazie ministerialnym czasopismo Heliyon nie posiada bezpośrednio przypisanej dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. ***Spełniony jest jednak wymóg zawarty w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2024, poz. 1571).***

Dziesięć prac przedstawionych jako osiągnięcia habilitacyjne zostało opublikowanych w zespołach autorskich 2–7-osobowych, natomiast jedna jest opracowaniem indywidualnym. Należy podkreślić, że **we wszystkich artykułach tego zestawienia Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska jest pierwszym** i **korespondencyjnym autorem**. Trzy publikacje z pierwszego cyklu **powstały w ramach kierowanego przez Panią dr inż. Edytę Sylwię Nartowską** projektu Narodowego Centrum Nauki Miniatura 1, nr DEC-2017/01/X/ST10/00400 (w terminie 01.10.2017–30.09.2018). Dwie opracowano we współpracy z Technical University of Košice (Słowacja), w tym jedną w ramach stażu naukowego odbytego przez **Habilitantkę** (w terminie 29.01.2024–16.02.2024). Jeden artykuł powstał we współpracy z Chandigarh University (Indie). Publikacje z cyklu drugiego są efektem odbytych staży naukowych w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (10.02.2023–10.06.2023) oraz na Technical University of Košice (Słowacja) (29.01.2024–16.02.2024). Ostatni artykuł został wyróżniony przez redaktora jako Feature Paper (przedstawia badania o znaczącym potencjale wywarcia dużego wpływu w danej dziedzinie) na stronie czasopisma (https://doi.org/10.3390/land14091825) oraz zwolniony z opłaty APC.

Osiągnięcia stanowią **efekt konsekwentnie realizowanego przez Panią dr inż. Edytę Sylwię Nartowską programu badawczego**, prowadzonego po uzyskaniu stopnia doktora. Dla wszystkich manuskryptów **Habilitantka** oceniła swój merytoryczny wkład w ich powstanie jako znaczący. Udział **Habilitantki** w powstaniu cyklu artykułów naukowych polegał m.in. na sformułowaniu problemu badawczego oraz opracowaniu koncepcji pracy i metodyki badań, przygotowaniu przeglądu literatury, przygotowaniu próbek do badań (*wymiana jonowa, form monojonowych bentonitów*), określeniu właściwości gruntów i parametrów fizycznych bentonitów (*m.in. powierzchnia właściwa metodą sorpcji pary wodnej, pH, skład granulometryczny, plastyczność, zawartości wody niezamarzniętej z wykorzystaniem metod ^{1}H NMR i DSC*) i parametrów chemicznych (*metoda ICP-OES i XRF – współudział, jak również zanieczyszczenie gruntów, 4-etapowa ekstrakcja sekwencyjna metali (BCR+ woda królewska, metodami AAS, ICP-OES - współudział)*, oraz wykonaniu badań termograwimetrycznych (TGA), mikrofotografii SEM i analiz EDS, XRD oraz analiz statystycznych (*m.in. Gaussian Process Regression (GPR), Support Vector Machine (SVM) i Random Forest (RF)*) i czynnikowych (*Factor Analysis),* opracowaniu i interpretacji wyników (*m.in. modelu empirycznego szacowania wody niezamarzniętej, opracowań graficznych*), przygotowaniu dyskusji oraz sformułowaniu wniosków, przygotowaniu manuskryptu oraz przeprowadzeniu recenzji i korekty jego ostatecznej wersji, pozyskaniu środków finansowych na realizację badań. **Habilitantka oszacowała swój procentowy udział w powstaniu poszczególnych publikacji na 70–100%** (załącznik 6), z medianą 80% i średnim udziałem 78%. Główny wkład pracy **Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej** (bez podania już procentowego udziału w powstaniu kolejnych artykułów) potwierdzony jest w oświadczeniach współautorów dotyczących zakresu ich prac i udziału merytorycznego. Liczba stron osiągnięcia habilitacyjnego wynosi 208 stron maszynopisu (195 plus 13 stron materiałów uzupełniających), przy czym cykl 1 liczy 123 strony, a cykl 2 – 85 stron. **Łączna liczba punktów według listy MNiSW** za wskazane publikacje wynosi 1**030** (zgodnie z rokiem publikacji). Sumaryczny wskaźnik **Impact Factor (IF) wynosi 28,73**, a 5-letni IF – 31,42.

W mojej opinii nie ulega wątpliwości, że Habilitantka jest głównym pomysłodawcą całego cyklu publikacji i odpowiada za koncepcję prac, opracowanie metodyki badawczej, opracowanie wyników i analiz oraz przygotowanie manuskryptu na każdym etapie jego opracowania oraz procedury wydawniczej. Parametry naukometryczne (bibliometryczne) przedstawionego cyklu prac mieszczą się w przedziale wartości bardzo dobrych*, jednak zgodnie z wytycznymi Rady Doskonałości Naukowej nie mogą stanowić kryterium oceny dorobku naukowego Kandydatki, dlatego poniżej przedstawiam merytoryczną ocenę tego dorobku.*

3.2. Ocena merytoryczna osiągnięcia naukowego

Przedstawione w dwóch cyklach publikacyjnych osiągnięcia naukowe **Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej** koncentrowały się:

- w osiągnięciu pierwszym na rozpoznaniu i wyjaśnieniu **mechanizmów kształtowania zawartości wody niezamarzniętej w bentonitach sodowych i wapniowych w warunkach oddziaływania wysokich stężeń Cu i Zn.** Badania ukierunkowano na **identyfikację powiązań między zmianami właściwości fizykochemicznych, mikrostrukturalnych i sorpcyjnych w modelowych układach ilasto-wodnych,**
  co stanowiło logiczny fundament do opisu:
- **fizykochemicznych determinantów zawartości i transportu miedzi oraz cynku w gruntach skażonych chlorkami** stanowiącego osiągnięcie drugie.

Główną przesłanką do realizacji badań przez **Panią dr inż. Edytę Sylwię Nartowską** była potrzeba pogłębienia aktualnej wiedzy dotyczącej kompleksowej oceny wpływu Cu i Zn na właściwości bentonitów homojonowych, ze szczególnym uwzględnieniem zmian ich właściwości granulometrycznych, plastycznych i sorpcyjnych oraz ich powiązania z modyfikacjami mikrostrukturalnymi i mineralogicznymi. Dotychczasowe badania skupione były przede wszystkim na wpływie kationów głównych (Ca, Mg, Na, K) na zawartość *wody niezamarzniętej*. Istotnym aspektem było również rozpoznanie zależności między stężeniami Cu i Zn a powstawaniem nowych faz mineralnych oraz zmianami parametrów inżynierskich bentonitów. Oba metale charakteryzuje znaczna mobilność, która może istotnie wpływać na trwałość barier ilastych. Kolejną przesłanką była potrzeba przeanalizowania kinetyki zmian zawartości *wody niezamarzniętej* (w_u) w cyklach zamarzania – odmarzania bentonitów zanieczyszczonych Cu. Zagadnienie to wymagało rozpatrzenia w kontekście zmian właściwości powierzchniowych i międzywarstwowych minerałów ilastych, procesów hydratacji kationów, sorpcji oraz zmian mikrostruktury bentonitu zachodzących pod wpływem obecności metali. **Habilitantka** podjęła się także oceny przydatności metody protonowego rezonansu magnetycznego (^{1}H NMR) w badaniach *wody niezamarzniętej* w bentonitach zanieczyszczonych Cu lub Zn oraz modyfikacji modeli predykcyjnych pozwalających szacować w nich zmiany zawartości *wody niezamarzniętej*. W ramach pierwszego osiągnięcia **Habilitantka** podjęła badania nad nowatorskimi zagadnieniami, których wyniki, stanowiące uzupełnienie dotychczasowej wiedzy w tym zakresie, przedstawiła w cyklu 8 publikacji:

W pracy 1 [C.1] (brak załącznika 7 w formie elektronicznej w moich materiałach) **Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska** analizowała wpływ dominujących kationów wymiennych (Na, Ca, Cu i Zn) na właściwości fizykochemiczne i granulometryczne bentonitów. Wykazała, że mechanizm sorpcji Cu i Zn zależy od rodzaju bentonitu tj. w bentonitach sodowych dominowała adsorpcja w przestrzeniach międzywarstwowych, natomiast w bentonitach wapniowych dominowała adsorpcja powierzchniowa. Wymiana jonowa z udziałem Cu i Zn prowadziła również do adsorpcji chemicznej oraz powstawania wtórnych faz mineralnych, co może modyfikować właściwości retencyjne *wody niezamarzniętej*. **Habilitantka stwierdziła, że oddziaływanie Zn na bentonity obejmuje spadek wilgotności higroskopijnej, wzrost średnicy efektywnej cząstek oraz istotny spadek wskaźnika plastyczności, podczas gdy wpływ Cu był najbardziej widoczny w zmianach powierzchni właściwej.** Dalsze rozpoznanie zależności między sorpcją Cu i Zn, przemianami mineralogicznymi i mikrostrukturalnymi a retencją *wody niezamarzniętej*, kontynuowała w kolejnej pracy.

Celem badań przedstawionych **w pracy 2 [C.2]** było określenie zależności pomiędzy charakterem zmian wywołanych przez oba metale a *współczynnikiem filtracji*, z wykorzystaniem *modelu Hazena–Tkaczukowej* ($k_{H\text{-}T}$), opartego na parametrach granulometrycznych, oraz *Kozłowskiego i in*. (k_{SEM}) (*Kozłowski, T., Kurpias-Warianek, K., & Walaszczyk, Ł.2011. Application of SEM to the analysis of the permeability coefficient of cohesive soils. Arch. Hydro-Eng. Environ. Mech., 58(1–4), 47–64.*), uwzględniającego parametry mikrostrukturalne wyznaczone metodą

numerycznej analizy mikrofotografii. **Habilitantka** wykazała, że wzrost zawartości Cu powodował zwiększenie całkowitej i średniej powierzchni porów, a zmiany mikrostrukturalne najlepiej opisywał *współczynnik filtracji (k_{SEM}–Cu)*. W przypadku Zn dominowały zmiany parametrów granulometrycznych, dlatego wyższą zgodność z wartościami *współczynnika filtracji (k_{H-T}–Zn*) uzyskano dla modelu opartego na uziarnieniu. **Zintegrowanie analiz fizykochemicznych, granulometrycznych i mikrostrukturalnych z podejściem statystycznym pozwoliło po raz pierwszy wykazać, że adekwatność modeli służących do szacowania współczynnika filtracji zależy od rodzaju zanieczyszczenia metalicznego.** Uzyskane wyniki pogłębiły rozpoznanie mechanizmów wpływających na właściwości filtracyjne bentonitów i stworzyły podstawę do dalszej oceny zmian ich struktury oraz właściwości retencyjnych w warunkach oddziaływania Cu i Zn.

W pracy 3 [C.3], na podstawie zmian właściwości fizykochemicznych i mikrostrukturalnych bentonitów wywołanych obecnością Cu i Zn, **Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska** analizowała ich wpływ na zawartość *wody niezamarzniętej* (w_u) w zakresie temperatur do −32°C. Celem badań było określenie wpływu rodzaju kationu wyjściowego (Na/Ca) i zanieczyszczenia Cu lub Zn na zawartość w_u oraz opracowanie modeli umożliwiających jej predykcję. **Należy podkreślić, że po raz pierwszy zastosowano niskopolową spektroskopię protonowego rezonansu magnetycznego (^{1}H NMR, Bruker minispec MQ20) do ilościowego oznaczania w_u w bentonitach zanieczyszczonych Cu i Zn,** wykorzystując analizę sygnału swobodnej precesji protonów (FID). **Habilitantka** wykazała**, że zarówno rodzaj kationu wyjściowego Na/Ca jak i obecność Cu lub Zn istotnie wpływają na zawartość w_u.** Bentonity sodowe po wymianie jonowej wykazywały mniejsze zmiany w_u. Ponadto **Habilitantka** stwierdziła, **że Cu, ze względu na właściwości paramagnetyczne, powoduje osłabienie sygnału FID i zaniżenie oznaczanej metodą ^{1}H NMR zawartości w_u**, czego eksperymentalne potwierdzenie uzyskała poprzez porównanie wyników NMR i różnicowej kalorymetrii skaningowej DSC dla próbek o zróżnicowanym stężeniu Cu w kolejnej pracy [w pracy C.6]. W przypadku diamagnetycznego Zn nie obserwowano analogicznego efektu, a jego wpływ na w_u wynikał przede wszystkim ze zmian fizykochemicznych i mineralogicznych bentonitu. **Habilitantka** opracowała nowe modele do predykcji w_u w bentonitach zanieczyszczonych Cu i Zn, uwzględniające ich stężenie, udział frakcji iłowej oraz temperaturę. **Habilitantka wykazała, że zawartość *wody niezamarzniętej* (w_u) wzrasta przy temperaturach bliższych 0 °C oraz większym udziale frakcji iłowej (CLY)**, co wynika z większej retencji wody w drobnoziarnistej, rozwiniętej sieci porów. **Wykazała również odmienne zależności w_u od CLY i temperatury w bentonitach zanieczyszczonych Cu i Zn** – odpowiednio quasi-liniową i nieliniową, odzwierciedlające różnice w oddziaływaniach woda–minerał oraz modyfikację struktury iłu przez poszczególne metale. Badania prowadzone przez **Habilitantkę** potwierdziły, że predykcja *wody niezamarzniętej* w bentonitach wymaga uwzględnienia specyfiki zanieczyszczenia metalicznego, a opracowane modele stanowią podstawę do ilościowej oceny zachowania bentonitów w warunkach obniżonej temperatury.

W publikacji 4 [C4] Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska skoncentrowała się na analizie zawartości *wody niezamarzniętej* w_u w warunkach cyklicznych zmian temperatury zamarzania–odmarzania (Z–O) oraz ocenie wpływu początkowego uwodnienia w bentonitach poddanych wymianie jonowej na Cu. **Wykazała, że liczba cykli Z–O (1–3) nie wpływa istotnie na zawartość w_u, natomiast mniejsza początkowa masa wody powoduje wzrost w_u**, co związane jest z uwięzieniem wody w drobniejszych porach i możliwością lokalnej koncentracji Cu w fazie ciekłej poniżej 0°C. Porównanie wyników DSC i ^{1}H NMR **potwierdziło wcześniejszą obserwację obniżenia zawartości w_u wraz ze wzrostem stężenia Cu,** a jednocześnie **wykazało systematyczne zaniżanie wyników ^{1}H NMR (w stosunku do wartości uzyskanych metodą DSC) w obecności Cu, nasilające się wraz ze spadkiem temperatury**. W oparciu o otrzymane wyniki **Habilitantka opracowała trzy równania predykcyjne** wykorzystujące *masę wody* (m_w), *powierzchnię właściwą* (*SSA*) i *masę szkieletu* (m_s), umożliwiające szybkie oszacowanie w_u bez zastosowania specjalistycznej aparatury. **Habilitantka uzyskała wysoką zgodność z wynikami DSC, przy maksymalnych różnicach poniżej 5%, co potwierdza potencjał praktycznego zastosowania opracowanych modeli w ocenie zachowania bentonitów zanieczyszczonych Cu w warunkach niskich temperatur**.

W pracy 5 [C.5] Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska zweryfikowała wpływ stężenia Cu na *zawartość wody niezamarzniętej* w bentonitach w temperaturach do −23°C, wykorzystując metodę DSC oraz analizy rentgenowskiej dyfrakcji proszkowej (XRD) i skaningowej mikroskopii elektronowej z analizą dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (SEM-EDS). Stwierdziła istotną zależność w_u od stężenia Cu oraz potwierdziła powstawanie wtórnych faz mineralnych z grupy atakamitów, stanowiących 3–6% próbki. **Habilitantka wykazała, że zawartość *wody niezamarzniętej* jest szczególnie związana z powierzchnią właściwą bentonitu i stężeniem Cu, co wskazuje na istotną rolę wody adsorpcyjnej w temperaturach ≤ −4°C. Habilitantka opracowała również model predykcyjny umożliwiający szacowanie w_u w bentonitach Cu w ujemnej temperaturze uwzględniający**

SSA, stężenie Cu i temperaturę. Uzyskane wyniki potwierdziły systematyczne różnice pomiędzy oznaczeniami w_u metodami DSC i ^{1}H NMR oraz stanowiły podstawę do dalszej analizy ograniczeń metody NMR kontynuowanej w kolejnej pracy.

W pracy 6 [C.6] Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska przeprowadziła systematyczne porównanie metod DSC i ^{1}H NMR w oznaczaniu *wody niezamarzniętej* w bentonitach zanieczyszczonych Cu, koncentrując się na optymalizacji procedury NMR oraz wyjaśnieniu przyczyn rozbieżności wyników. **Po raz pierwszy zaproponowano indywidualne wyznaczanie wartości referencyjnej sygnału FID na podstawie jego maksymalnej intensywności w temperaturach dodatnich**, co zwiększyło wiarygodność oznaczeń i zostało potwierdzone względem metody DSC. **Habilitantka wykazała, że ^{1}H NMR zaniża zawartość w_u o 2–18% względem DSC, szczególnie w temperaturach ≤−14°C** (największe rozbieżności obserwowano w temperaturach −32°C i −23°C), co powiązała z paramagnetycznym oddziaływaniem jonów Cu i wygaszaniem sygnału protonów wody związanej hydratacyjnie i powierzchniowo. **Habilitantka wykazała ponadto, że skala rozbieżności pomiędzy DSC i ^{1}H NMR zależy nie tylko od temperatury, lecz również od stężenia Cu i jego formy występowania w bentonicie.** Największe różnice obserwowano przy niższej końcowej koncentracji Cu, gdy metal występował głównie w postaci mobilnych, silnie hydratowanych kompleksów, natomiast jego częściowe unieruchomienie w fazach mineralnych, w tym atakamicie, ograniczało wpływ na relaksację protonów. Rezultaty [C.5–C.6] wskazały tym samym temperaturę, *powierzchnię właściwą (SSA)* i koncentrację Cu jako kluczowe czynniki determinujące zawartość w_u. Stanowiło to przesłankę do rozszerzenia analiz o podejście wielowymiarowe, uwzględniające jednocześnie właściwości fizykochemiczne bentonitu, jego parametry strukturalne oraz stężenie metalu w celu opracowania modeli predykcyjnych.

W tym celu w pracy 7 [C.7] Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska zastosowała *algorytmy uczenia maszynowego (ML) – Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM) i Gaussian Process Regression (GPR) –* do predykcji zawartości *wody niezamarzniętej* na podstawie 575 obserwacji eksperymentalnych oznaczonych metodą DSC w zakresie temperatur od −23 do −1°C. *Modele ML* porównała z wcześniej opracowanymi modelami empirycznymi, rozszerzając analizę o wielowymiarowy zestaw parametrów fizykochemicznych, strukturalnych i stężeń metali. Analiza czułości najlepszego modelu, obejmowała takie parametry jak temperatura, wilgotność, *masa wody (m_w)* oraz *masa szkieletu (m_s),* stężenia metali (Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Ca, Mg, Na, K), *powierzchnia właściwa (SSA)*, oraz udziały frakcji iłu i pyłu. Najwyższą skuteczność uzyskała dla modelu *Random Forest*, przewyższającego zarówno pozostałe *algorytmy ML*, jak i modele empiryczne. **Analiza czułości wykazała dominujący wpływ temperatury na w_u oraz istotną rolę stężenia Cu, podczas gdy pozostałe parametry bentonitu zwiększały dokładność predykcji**. **Wyniki potwierdziły przydatność *metod ML* do wieloparametrowego prognozowania w_u w bentonitach zanieczyszczonych metalami** i stanowiły rozwinięcie wcześniejszych modeli empirycznych zawartych w pracach[C.4] i [C.5].

W ostatniej 8 pracy [C.8] wchodzącej w cykl pierwszego osiągnięcia **Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska zweryfikowała hipotezę, podając, że oddziaływanie Zn na bentonity prowadzi nie tylko do modyfikacji ich właściwości sorpcyjnych i strukturalnych, lecz również do przemian mineralogicznych**. Wykazała powstawanie wtórnej fazy – simonkolleitu (Skl) – w bentonitach sodowych i wapniowych poddanych działaniu chlorku cynku ($ZnCl_2$), której obecność potwierdziła metodami XRD i SEM. Stwierdziła jednocześnie częściową degradację montmorylonitu (9–30%) oraz istotne zmniejszenie powierzchni właściwej i powierzchni mezoporów, sięgające około 50%, związane z agregacją cząstek i blokowaniem porów przez simonkolleit. **Habilitantka wykazała również odmienne mechanizmy przemian w zależności od typu bentonitu:** w Na-bentonicie Zn akumulował się głównie w przestrzeniach międzywarstwowych, zwiększając powierzchnię właściwą dostępną dla wody, natomiast w Ca-bentonitach Zn gromadził się głównie na powierzchni cząstek, powodując spadek powierzchni właściwej dostępnej dla wody. Wyniki wykazały, że długotrwałe oddziaływanie $ZnCl_2$ może prowadzić do degradacji właściwości barierowych bentonitów wskutek spadku powierzchni właściwej, zmniejszenia porowatości i ograniczenia retencji zanieczyszczeń. Wyniki pokazują również znaczenie przemian mineralogicznych i kompatybilności geochemicznej materiału przy projektowaniu barier geotechnicznych.

Wyniki osiągnięcia nr 1 ukierunkowały kolejny etap badań podjętych przez **Panią Edytę Sylwię Nartowską**, przedstawiony w osiągnięciu nr 2 pt. „Determinanty fizykochemiczne zawartości i transportu miedzi oraz cynku w gruntach skażonych chlorkami". Celem tych badań było rozpoznanie mechanizmów kontrolujących zawartość, mobilność i stabilność miedzi (Cu) oraz cynku (Zn) w gruntach o zróżnicowanych właściwościach fizykochemicznych, w warunkach oddziaływania jonów chlorkowych. Pomimo licznych badań dotyczących wpływu *pH*, składu granulometrycznego, zawartości frakcji iłowej, materii organicznej oraz zasolenia na mobilność Cu i Zn, brakowało kompleksowego rozpoznania oddziaływania głównych kationów wymiennych (Ca, Mg, Na) na mobilność Cu i Zn, a także jednoznacznego powiązania właściwości fizykochemicznych gruntów z rozmieszczeniem Cu i Zn w poszczególnych frakcjach geochemicznych, wyodrębnianych metodą sekwencyjnej ekstrakcji BCR. **Habilitantka** rozszerzyła zakres analiz z układów modelowych na naturalne grunty (grunty spoiste niezanieczyszczone oraz skażone $CuCl_2$ lub $ZnCl_2$ w trzech stężeniach (0,02–0,08 mol) o zróżnicowanych właściwościach fizykochemicznych, podejmując próbę określenia czynników kontrolujących retencję, mobilność i stabilność Cu i Zn w warunkach skażenia chlorkami. Takie ujęcie umożliwiło przejście od rozpoznania pojedynczych zależności do wieloczynnikowej oceny zachowania metali w rzeczywistej matrycy gruntowej.

W pracy [C.9] Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska badała wpływ właściwości fizykochemicznych gruntów na zachowanie Cu i Zn po skażeniu $CuCl_2$ i $ZnCl_2$, ze szczególnym uwzględnieniem *odczynu gruntu (pH),* uziarnienia, *powierzchni właściwej (SSA)* oraz obecności Cl^-. Obserwowane zmiany wynikały z oddziaływania jonów Cl^-, konkurencji o miejsca sorpcyjne oraz zmian właściwości fizykochemicznych gruntów, w tym *pH, SSA i składu ziarnowego*. Zastosowana analiza czynnikowa wykazała, że dominujące znaczenie miały uziarnienie*, pH, SSA* i procesy powierzchniowo-chemiczne, przy czym w układzie Cu silniej zaznaczał się udział Cl^- i konkurencji jonowej, natomiast dla Zn większe znaczenie miały zmiany granulometryczne i *pH*. **Habilitantka wykazała, że wysoka *SSA* sprzyja retencji metali, natomiast niższa *SSA* i obniżenie pH mogą zwiększać ich mobilność**. **Wyniki potwierdziły, że zachowanie Cu i Zn w gruntach skażonych chlorkami jest wieloczynnikowe i zależy od współdziałania właściwości matrycy gruntowej oraz warunków chemicznych, co stanowi podstawę do dalszej ilościowej analizy ich mobilności i stabilności.**

Celem pracy [C.10] było określenie mechanizmów migracji Cu oraz ryzyka ich uwalniania w warunkach zasolenia. **Habilitantka** zastosowała sekwencyjną ekstrakcję BCR, odnosząc wyniki do *SSA, pH,* typu gruntu i całkowitego stężenia Cu, z uwzględnieniem wpływu Cl^-. **Wykazała, że wraz ze wzrostem stężenia Cu zwiększa się udział frakcji mobilnych i potencjalnie mobilnych** – przy stężeniach do 400 mg/kg s.m. stanowiły one <60%, natomiast powyżej 800 mg/kg s.m. ich udział mógł osiągać około 80% co zwiększa ryzyko środowiskowe. **SSA okazała się kluczowym czynnikiem stabilizującym Cu**: w gruntach o wysokiej *SSA* (139–185 m^2/g) udział form mobilnych był niższy, podczas gdy przy *SSA* około 87 m^2/g wzrastał do 70–79%. **Wyższe *pH* sprzyjało retencji Cu w formach stabilnych, natomiast Cl^- wpływał na formę chemiczną metalu,** sprzyjając tworzeniu jego rozpuszczalnych kompleksów. Istotnym osiągnięciem było opracowanie autorskich modeli empirycznych do prognozowania frakcji Cu na podstawie *SSA* i całkowitego stężenia metalu. Modele osiągnęły wysoką zgodność z wynikami eksperymentalnymi. Wyniki pracy pozwoliły przejść od opisowego frakcjonowania do ilościowego prognozowania mobilności i stabilności Cu, stanowiąc rozwinięcie wcześniejszych badań i podstawę do analogicznej analizy Zn.

W pracy [C.11] Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska badała czynniki kontrolujące rozmieszczenie Zn w poszczególnych frakcjach geochemicznych gruntów o zróżnicowanych właściwościach fizykochemicznych. Celem było określenie wpływu całkowitego stężenia Zn, *powierzchni właściwej (SSA), frakcji iłowej (CLY), odczynu gruntu (pH)* i typu gruntu na jego mobilność i stabilność. Zastosowała sekwencyjną ekstrakcję BCR oraz przeprowadziła analizę zależności między udziałem poszczególnych frakcji a właściwościami gruntów. **Habilitantka wykazała, że rodzaj gruntu istotnie różnicuje rozmieszczenie Zn, a jego mobilność zależy przede wszystkim od całkowitego stężenia metalu oraz *SSA, CLY* i *pH***. Wysoka *SSA* i większy udział frakcji iłowej ograniczały mobilność Zn, natomiast wzrost jego stężenia zwiększał udział frakcji mobilnych, szczególnie przy nasyceniu miejsc sorpcyjnych. Wyższe *pH* sprzyjało stabilizacji Zn, podczas gdy wpływ Cl^- był wtórny. Istotnym osiągnięciem było opracowanie modeli empirycznych umożliwiających predykcję frakcji Zn na podstawie całkowitej zawartości Zn oraz parametrów strukturalnych gruntów *(SSA, CLY)*: uzyskano wysoką zgodność modeli z wynikami eksperymentalnymi.

Na tle aktualnego dorobku światowego osiągnięcie przedstawione przez **Panią Edytę Sylwię Nartowską zawarte w cyklu prac [C.1–C.8]** wyróżnia się przede wszystkim kompleksowym połączeniem zagadnień geochemii bentonitów, fizyki *wody niezamarzniętej*, przemian mineralogicznych i modelowania predykcyjnego z zastosowaniem klasycznych oraz nowoczesnych metod analitycznych. Z dostępnej literatury wynika, że badania nad *wodą niezamarzniętą* w bentonitach są dobrze rozwinięte, podobnie jak badania sorpcji metali przez bentonity, natomiast znacznie słabiej rozpoznana jest ich korelacja. Współczesne światowe badania koncentrują się najczęściej na pojedynczych aspektach tych procesów – hydratacji smektytów, oznaczaniu *wody niezamarzniętej* metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) lub rezonansu magnetycznego protonowego (NMR), mobilności metali albo modelowaniu z wykorzystaniem *algorytmów uczenia maszynowego (ML),* natomiast przedstawiony cykl badań tworzy spójny model zależności pomiędzy składem chemicznym, strukturą mineralną, mikrostrukturą porów, obecnością Cu i Zn, temperaturą oraz retencją *wody niezamarzniętej*. Aktualny stan badań potwierdza znaczenie tych kierunków, jednak wskazuje jednocześnie na ograniczoną liczbę prac integrujących oddziaływanie metali ciężkich z procesami zamarzania bentonitów.

Szczególną wartością naukową osiągnięcia jest wykazanie odmiennych mechanizmów działania Cu i Zn: bezpośredniego, związanego z hydratacją jonów i paramagnetycznym oddziaływaniem Cu na wodę oraz pośredniego, związanego w przypadku Zn z wymianą jonową, degradacją montmorylonitu i powstawaniem wtórnego simonkolleitu.

Po raz pierwszy eksperymentalnie określono wpływ wysokich stężeń Cu i Zn na zawartość wody niezamarzniętej w bentonitach w szerokim zakresie temperatur ujemnych (do −32 °C) przy użyciu spektroskopii ^{1}H NMR oraz – w przypadku form Cu – metodą DSC, jak również pierwszy raz zbadano wpływ cykli zamarzania–odmarzania oraz początkowej masy wody na retencję *wody niezamarzniętej* w bentonitach Cu.

Istotnym osiągnięciem metodycznym jest optymalizacja oznaczania wody niezamarzniętej na podstawie sygnału FID w ^{1}H NMR oraz eksperymentalne wyjaśnienie przyczyn jej niedoszacowania w obecności Cu względem DSC. **Habilitantka** wykazała, że paramagnetyzm Cu powoduje skrócenie czasu relaksacji protonów i systematyczne niedoszacowanie zawartości *wody niezamarzniętej* metodą ^{1}H NMR. Wynik ten ma znaczenie szersze niż tylko charakterystyka badanego materiału, ponieważ wskazuje na konieczność uwzględniania właściwości paramagnetycznych składników ośrodka przy interpretacji pomiarów NMR.

Na szczególne podkreślenie zasługuje również wykazanie związku pomiędzy zanieczyszczeniem $ZnCl_2$, transformacją mineralogiczną i pogorszeniem właściwości funkcjonalnych bentonitu poprzez powstawanie nowych faz mineralnych (atakamitów i simonkolleitu) oraz redukcję *powierzchni właściwej SSA* i obniżenie porowatości bentonitu (nawet o ~50%). Zagadnienie to jest nadal słabo rozpoznane w odniesieniu do bentonitów stosowanych jako bariery geotechniczne.

Habilitantka opracowała nowe równania predykcyjne zawartości *wody niezamarzniętej* w bentonitach zanieczyszczonych Cu i Zn: na podstawie wyników ^{1}H NMR (funkcja temperatury i frakcji iłowej) oraz oparte na parametrach fizycznych bentonitu, uwzględniające stężenie Cu, zgodne z pomiarami DSC. Uzupełnienie badań o modele empiryczne i *uczenie maszynowe ML* pozwoliło przejść od identyfikacji mechanizmów do ilościowego prognozowania zawartości *wody niezamarzniętej* w bentonitach skażonych Cu; uzyskana skuteczność *modelu Random Forest* (R = 0,962) jest porównywalna z najlepszymi współczesnymi podejściami *ML* stosowanymi w badaniach *wody niezamarzniętej.*

Znaczenie osiągnięcia wykracza poza charakterystykę laboratoryjną badanych materiałów. Uzyskane rezultaty dostarczają podstaw do bardziej wiarygodnej oceny trwałości i skuteczności bentonitowych barier środowiskowych, szczególnie w warunkach ekstremalnych i długotrwałego oddziaływania zanieczyszczeń metalicznych. Mogą również wspierać dobór właściwości materiałów przeznaczonych do izolacji i rekultywacji terenów zdegradowanych oraz ocenę ryzyka migracji metali w środowiskach podlegających okresowemu przemarzaniu. Jednocześnie zidentyfikowane modyfikacje właściwości bentonitów wskazują na możliwość celowego wykorzystania oddziaływań z *potencjalnie toksycznymi metalami (PTMs)* do projektowania nowych funkcjonalnych materiałów ilastych o potencjalnym znaczeniu dla inżynierii środowiska i inżynierii materiałowej. Umożliwiają tworzenie nowych materiałów funkcjonalnych, wykorzystując właściwości bentonitów wymienionych na Cu z atakamitem w materiałach o potencjalnych właściwościach antybakteryjnych oraz bentonitów sodowych wymienionych na Zn w funkcjonalnych materiałach elektrochemicznych (np. baterie cynkowe, superkondensatory), dzięki stabilnej porowatości i sprzyjającemu transportowi jonów.

Cykl badań [C.9–C.11], który składa się na kolejne osiągnięcie, stanowi istotne rozwinięcie dotychczasowej wiedzy dotyczącej zachowania Cu i Zn w gruntach zanieczyszczonych solami metali, przede wszystkim poprzez połączenie charakterystyki właściwości fizykochemicznych gruntów z analizą form geochemicznych i mobilności metali. Nowatorski charakter cyklu [C.9–C.11] należy wiązać przede wszystkim z integracją wieloczynnikowej charakterystyki gruntów, form występowania Cu i Zn oraz ilościowego modelowania ich mobilności w warunkach skażenia chlorkami. Dotychczasowe badania światowe wykazały znaczenie *pH*, uziarnienia, zawartości frakcji iłowej, powierzchni sorpcyjnej, składu jonowego roztworu i zasolenia dla sorpcji oraz mobilności Cu i Zn, jak również wpływu konkurencji kationów oraz kompleksowania metali na ich uwalnianie, jednak najczęściej analizowane były pojedyncze czynniki lub wybrane układy eksperymentalne.

Na tym tle **istotnym wkładem cyklu jest jednoczesne uwzględnienie całkowitego stężenia Cu i Zn, obecności *Cl*$^-$, odczynu gruntu (*pH*), uziarnienia, udziału *frakcji iłowej (CLY)* oraz *powierzchni właściwej (SSA)*, a następnie określenie ich wzajemnego znaczenia dla rozmieszczenia metali w frakcjach geochemicznych**. Zastosowanie analizy czynnikowej pozwoliło przejść od interpretacji pojedynczych korelacji do identyfikacji współdziałających grup determinant, wskazując odmienny udział tych czynników w zachowaniu Cu i Zn.

Drugim wyróżnikiem jest połączenie frakcjonowania BCR z charakterystyką fizykochemiczną matrycy gruntowej. W przedstawionym cyklu frakcje BCR nie zostały potraktowane wyłącznie jako opis rozdziału metalu, lecz powiązano je ilościowo z właściwościami fizykochemicznymi gruntu. Pozwoliło to wykazać, że **udział form mobilnych i stabilnych Cu i Zn jest wynikiem współdziałania całkowitej zawartości metalu z właściwościami powierzchniowymi, granulometrycznymi i chemicznymi gruntu, a wpływ *Cl*$^-$ jest zależny od rodzaju metalu i jego formy geochemicznej.**

Szczególnie wartościowy jest predykcyjny charakter osiągnięcia. **Opracowane przez Habilitantkę modele empiryczne pozwalają szacować udział frakcji mobilnych, potencjalnie mobilnych i stabilnych Cu oraz Zn na podstawie ograniczonego zestawu mierzalnych parametrów, przede wszystkim całkowitego stężenia metalu, *powierzchni właściwej (SSA) i udziału frakcji iłowej (CLY),* z wysoką zgodnością z wynikami eksperymentalnymi** (R = 0,92–0,98). Takie przejście od frakcjonowania opisowego do ilościowego prognozowania geochemicznego występowania metali jest szczególnie istotne z punktu widzenia oceny ryzyka. Współczesne badania również rozwijają modele predykcyjne, w tym wykorzystujące uczenie maszynowe, ale koncentrują się m.in. na innych matrycach i procesach.

Za szczególnie istotne należy uznać wykazanie odmienności mechanizmów zachowania Cu i Zn w warunkach chlorkowych. W badaniach [C.9–C.11] **Habilitantka** udowodniła, że Cu w obecności jonów *Cl*$^-$ zachowuje się jak metal silnie reaktywny chemicznie i powierzchniowo, którego stabilność zależy od *SSA, pH* i wiązania Cu z jonami chlorkowymi. Zn natomiast jest bardziej mobilny, a jego rozmieszczenie zależy głównie od właściwości strukturalno-powierzchniowych gruntu *(SSA, CLY)* oraz całkowitego stężenia metalu, przy wtórnym wpływie *pH* i jonów *Cl*$^-$. Dla obu metali kluczowa jest kombinacja parametrów strukturalnych i chemicznych. Tym samym wyniki pokazują, że nie istnieje uniwersalny model mobilności Cu i Zn, a ocena ryzyka wymaga uwzględnienia specyfiki zarówno metalu, jak i matrycy gruntowej.

W rezultacie **wyjątkowość cyklu [C.9–C.11] polega na połączeniu identyfikacji mechanizmów → wielowymiarowej analizy determinant → frakcjonowania geochemicznego → modelowania predykcyjnego w jednym spójnym układzie badawczym**. W porównaniu z dotychczasowym dorobkiem światowym stanowi to wartościowe rozszerzenie wiedzy, ponieważ pozwala nie tylko określić, ile Cu i Zn znajduje się w gruncie, ale przede wszystkim przewidywać, w jakiej formie geochemicznej występują i jaka część może potencjalnie ulec mobilizacji. **Z punktu widzenia dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka jest to istotny wkład w rozwój podstaw ilościowej oceny zachowania metali w skażonych gruntach oraz w budowę narzędzi wspierających ocenę ryzyka i rekultywację.**

Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska w osiągnięciu nr. 1 pt. „Mechanizmy kształtowania zawartości wody niezamarzniętej w bentonitach pod wpływem Cu i Zn: powiązania fizykochemiczne w modelowych układach ilasto-wodnych" na które składa się cykl publikacji [C.1–C.8] nie tylko wykazała wpływ Cu i Zn na właściwości bentonitów, lecz także zidentyfikowała mechanizmy tego oddziaływania, określiła ich konsekwencje dla retencji wody niezamarzniętej oraz rozwinęła metody jej oznaczania i prognozowania.

Stanowi to wyraźne poszerzenie dotychczasowego stanu wiedzy i nadaje wynikom zarówno wartość poznawczą, jak i potencjał aplikacyjny.
Osiągnięcie nr. 2 pt. „Determinanty fizykochemiczne zawartości i transportu miedzi oraz cynku w gruntach skażonych chlorkami" stanowi wartościowy wkład w rozpoznanie mechanizmów kontrolujących mobilność i stabilność Cu i Zn w gruntach skażonych chlorkami. Połączenie analizy właściwości fizykochemicznych gruntów z oceną form występowania i mobilności metali pozwoliło określić czynniki warunkujące ich zachowanie oraz opracować podstawy do jego ilościowego prognozowania. Uzyskane wyniki mają znaczenie aplikacyjne dla oceny ryzyka migracji metali, rekultywacji terenów skażonych oraz ograniczania ich mobilności w środowisku gruntowym, wpisując się w zakres dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo I Energetyka.

W przedstawionych badaniach zastosowane zostały nowoczesne, precyzyjne techniki analityczne, a zakres wykonanych oznaczeń był bardzo szeroki. Wyniki badań zostały poddane szczegółowej analizie statystycznej, co potwierdziło istotne zależności i uwiarygodniło interpretację wyników. Osiągnięcia opisane są językiem zrozumiałym, poprawnym pod względem gramatycznym i stylistycznym. Zawierają wprowadzenie do problematyki badawczej, które bazuje na aktualnych pozycjach literaturowych związanych z tematem. Jasno sformułowane zostały cele i zadania badawcze. Habilitantka opisała materiał, na którym prowadziła badania, z uwzględnieniem najważniejszych informacji. Część metodologiczna została opisana bardzo szczegółowo, z podaniem podstawowych oznaczeń laboratoryjnych i metod badawczych oraz wzorów służących do charakterystyki zależności. Najważniejsze wyniki zostały opisane w sposób prosty i syntetyczny, a całość w każdym cyklu zakończona jest podsumowaniem i rozbudowanymi wnioskami. Prace zamieszczone w dwóch cyklach osiągnięć naukowych mają ciągłość tematyczną i są nowatorskie pod względem podjętej problematyki. Badania mają charakter utylitarny. Przedstawiają wyniki badań, wykonanych z zastosowaniem nowoczesnych i różnorodnych metod. Zostały opublikowane w renomowanych wydawnictwach, niektóre we współpracy z zagranicznymi jednostkami naukowymi, a ich wartość określona parametrami naukometrycznymi jest wysoka.

W mojej ocenie przedstawione w dwóch cyklach publikacyjnych prace [C.1–C.8] i [C.9–C.11] o wyraźnej wartości poznawczej i metodycznej potwierdzają światowy poziom obu osiągnięć habilitacyjnych Pani dr inż. Sylwii Edyty Nartowskiej i należy je uznać za znaczący i oryginalny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Pierwsze osiągnięcie istotnie poszerza światowy stan wiedzy o zachowaniu bentonitów w warunkach jednoczesnego oddziaływania potencjalnie toksycznych metali (PTMs) i ujemnych temperatur. Wyjątkowość jego wynika z integracji metod eksperymentalnych, mineralogicznych, fizykochemicznych i obliczeniowych w celu identyfikacji oraz ilościowego opisu mechanizmów odpowiedzialnych za retencję wody niezamarzniętej. Osiągnięcie to ma bezpośrednie znaczenie dla rozpoznania i wyjaśnienia mechanizmów kształtowania zawartości wody niezamarzniętej w bentonitach sodowych i wapniowych w warunkach oddziaływania wysokich stężeń Cu i Zn. Osiągnięcie drugie natomiast poszerza światowy stan wiedzy o wieloczynnikowe zależności między właściwościami gruntów, obecnością Cl^- i całkowitym stężeniem Cu i Zn a ich rozmieszczeniem w frakcjach geochemicznych, umożliwiając ilościowe wyjaśnienie mechanizmów ich mobilności i stabilizacji. Znaczenie osiągnięcia polega na opracowaniu modeli predykcyjnych pozwalających prognozować udział form mobilnych i stabilnych metali, co wspiera ocenę ryzyka migracji zanieczyszczeń oraz dobór skutecznych działań rekultywacyjnych.

Wobec powyższego przedstawione przez Panią dr inż. Edytę Sylwię Nartowską dwa cykle powiązanych tematycznie oryginalnych artykułów składające się na dwa osiągnięcia pod tytułem „Mechanizmy kształtowania zawartości wody niezamarzniętej w bentonitach pod wpływem Cu i Zn: powiązania fizykochemiczne w modelowych układach ilasto-wodnych'' [C.1-C.8] i „Determinanty fizykochemiczne zawartości i transportu miedzi oraz cynku w gruntach skażonych chlorkami '' [C.9-C.11] są osiągnięciami naukowymi i spełniają wymóg określony w art. 219,ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024, poz. 1571) 1. osiągnięcia naukowego albo artystycznego, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

4. OCENA POZOSTAŁEJ DZIAŁALNOŚCI NAUKOWEJ

Poza podstawowymi osiągnięciami habilitacyjnymi dorobek naukowy **Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej** obejmuje kilka uzupełniających się obszarów badawczych z zakresu: właściwości termicznych, fizycznych i mikrostrukturalnych gruntów spoistych, rozwoju metod oznaczania *wody niezamarzniętej*, zastosowania bentonitów w ochronie środowiska, odnawialnych źródeł energii oraz hydrogeologicznej oceny ryzyka środowiskowego. Po uzyskaniu stopnia doktora publikacje **Habilitantki** spoza głównego cyklu uzyskały łącznie 1057 pkt MNiSW, przy sumarycznym IF = 18,28 (5-letni IF = 18,48); 8 publikacji posiadało współczynnik impact factor.

Istotnym obszarem prowadzonych badań były właściwości termiczne, fizyczne i mikrostrukturalne bentonitów i gruntów spoistych, obejmujące wpływ granulometrii, wymiany jonowej, wilgotności i cyklicznych zmian temperatury. W pracy [B.13] **Habilitantka** wykazała wpływ udziału frakcji <2 μm na ciepło właściwe suchych homojonowych bentonitów (Na-bentonit, Ca-bentonit) natomiast w [B.14] analizowała zmiany mikrostrukturalne iłów pod wpływem wymiany jonowej. Uzupełnieniem tych badań było opracowanie modelu zawartości *wody niezamarzniętej* w gruntach spoistych i jego weryfikacja na bentonitach poddawanych cyklicznemu zamrażaniu i wpływowi wilgotności [F.27–F.29].

Znaczącym elementem dorobku **Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej** jest również rozwój metod różnicowej kalorymetrii skaningowej DSC i relaksometrii jądrowego rezonansu magnetycznego ^{1}H NMR do analizy wody w ośrodkach porowatych. Badania obejmowały analizę ciepła przemiany fazowej wody w przestrzeni porowej skał oraz zastosowanie ^{1}H NMR do wyznaczania *wody niezamarzniętej* w gruntach, z uwzględnieniem granulometrii i wpływu temperatur dodatnich na sygnał FID.

W obszarze **ochrony i inżynierii środowiska** szczególne znaczenie ma publikacja [B.15] „*Mobility of Zn and Cu in Bentonites: Implications for Environmental Remediation*", dotycząca mobilności Zn i Cu w bentonitach i ich znaczenia dla remediacji oraz oceny ryzyka środowiskowego. Publikacja została wyróżniona jako *Editor's Choice* oraz zakwalifikowana do *Topic Emerging* w Research Horizon Navigator; na dzień 16.03.2026 r. posiadała 14 cytowań w Web of Science. Wyniki tej pracy stanowiły inspirację do rozwinięcia problematyki czynników determinujących mobilność Cu i Zn opisanej w drugim cyklu badań habilitacyjnych.

Kolejny ważny obszar stanowią badania **Habilitantki** z zakresu **odnawialnych źródeł energii i magazynowania energii cieplnej** z wykorzystaniem *materiałów zmiennofazowych (PCM)*. Obejmowały one zarówno ocenę właściwości użytkowych nieorganicznych hydratów soli, jak i analizę ich wpływu na środowisko, aspektów społecznych oraz uwarunkowań prawnych. Cykl publikacji [D.19–D.26] uzyskał łącznie 49 cytowań według Google Scholar, a w tym publikacja [D.23] – 28 cytowań w Google Scholar i 22 w Web of Science. Praca ukazała się w numerze specjalnym *Renewable Energy—Environmental and Social Aspect*s czasopisma International Journal of Environmental Research and Public Health (IF2022 = 4,6), w którym **Habilitantka** pełniła funkcję Guest Editor.

Istotnym uzupełnieniem dorobku są także **badania hydrogeologiczne i ocena ryzyka środowiskowego**, obejmujące ocenę ryzyka zanieczyszczenia ujęć wód podziemnych, analizę czynników naturalnych i antropogenicznych oraz ocenę jakości wód w skali lokalnej i regionalnej. Wyniki tych badań miały charakter aplikacyjny i były ukierunkowane na wsparcie działań ochronnych oraz planowanie przestrzenne.

Na szczególne podkreślenie zasługuje również dorobek **Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej** przed uzyskaniem stopnia doktora. Obejmował on 11 publikacji dotyczących właściwości fizykochemicznych i mikrostruktury bentonitów oraz wpływu wilgotności i cyklicznego zamarzania–odmarzania na zawartość *wody niezamarzniętej*. Łączny dorobek publikacyjny z tego okresu wyniósł 129 pkt MNiSW, przy IF = 2,41. Za szczególnie znaczący dorobek z tego etapu działalności należy uznać współautorską publikację [A.12] „*Unfrozen Water Content in Representative Bentonites of Different Origin Subjected to Cyclic Freezing and Thawing*". Praca, oparta na wynikach rozprawy doktorskiej, uzyskała 88 cytowań według Google Scholar, 72 według Scopus i 66 według Web of Science, co potwierdza istotny wkład w rozwój badań nad wodą niezamarzniętą w bentonitach.

Oceniając dodatkowy dorobek naukowy i badawczy Habilitantki, można odnieść wrażenie, że obejmuje on w znacznej mierze tematykę zbliżoną do zagadnień przedstawionych jako główne osiągnięcie naukowe we wniosku habilitacyjnym. Należy zauważyć, że dodatkowa działalność naukowa powinna również obejmować zagadnienia wykraczające poza zakres głównego osiągnięcia. Pomimo tego zastrzeżenia, całokształt dodatkowego dorobku naukowego i badawczego Habilitantki oceniam pozytywnie. Całość dodatkowego dorobku wskazuje na konsekwentny rozwój warsztatu badawczego, łączącego eksperymentalną charakterystykę bentonitów oraz gruntów spoistych, analizę procesów środowiskowych, rozwój metod pomiarowych oraz podejście interdyscyplinarne obejmujące inżynierię środowiska, geotechnikę, energetykę i hydrogeologię.

5. OCENA ISTOTNEJ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ REALIZOWANEJ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI LUB INSTYTUCJI NAUKOWEJ, W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ

Istotnym elementem działalności naukowej **Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej** jest rozwijanie współpracy badawczej z zagranicznymi i krajowymi ośrodkami akademickimi. **Habilitantka** odbyła **czteromiesięczny staż naukowo-badawczy** w **Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie**, w Instytucie Inżynierii Lądowej w 2023 r. Opiekunem stażu była prof. Maria Daria Vaverková, zatrudniona zarówno w SGGW, jak i na **Mendel University w Brnie**. Przedmiotem współpracy z SGGW były *badania nad migracją miedzi i cynku w gruntach skażonych chlorkami.* Efektem tej aktywności było opracowanie wyników badań i przygotowanie czterech publikacji w czasopismach indeksowanych w bazie JCR. Równie istotna była współpraca realizowana na **Technicznym Uniwersytecie w Koszycach na Słowacji**, rozwijana od 2022 r. Początkowo w ramach **pięciodniowego wyjazdu szkoleniowego** Erasmus+, kontynuowana w kolejnych mobilnościach szkoleniowych i dydaktycznych (Staff Mobility for Training i Staff Mobility for Teaching), a następnie już jako **trzytygodniowy staż naukowo-badawczy** odbyty pod opieką Assoc. Prof. Márii Kaňuchovej w roku 2024. Współpraca ta umożliwiła poszerzenie warsztatu badawczego *o metody AAS i XRF oraz realizację wspólnych badań dotyczących analizy chemicznej materiałów mineralnych i gruntów*. Jej wymiernym rezultatem było współautorstwo sześciu artykułów w czasopismach indeksowanych w bazie JCR. **Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska** poza stażami wykazuje również aktywność naukową realizowaną on-line we współpracy z zagranicznym ośrodkiem akademickim. **Współpraca z Chandigarh University w Indiach**, prowadzona od lipca 2023 r., zaowocowała wspólną publikacją naukową oraz jest kontynuowana w ramach *projektu* dotyczącego *predykcji wody niezamarzniętej z wykorzystaniem technik uczenia maszynowego*. Dodatkowo **Habilitantka współpracuje z naukowcami z Uniwersytetu w Ostrawie** w *zakresie kriooporometrii w charakterystyce porowatości materiałów, wykorzystania metody ^{1}H NMR w badaniach iłów* i obecnie uczestniczy w *projekcie* dotyczącym *potencjału zeta iłów o różnych kationach wymiennych*.

Po uzyskaniu stopnia doktora **Habilitantka** aktywnie uczestniczyła w realizacji **siedmiu projektów badawczych, w tym w pięciu pełniąc funkcję kierownika projektu, a w dwóch – wykonawcy**. **Na szczególne podkreślenie zasługuje pozyskanie i realizacja projektów finansowanych ze źródeł zewnętrznych, w tym ze środków Unii Europejskiej oraz Narodowego Centrum Nauki**. Szczególne znaczenie aplikacyjne i poznawcze ma pomyślne sfinalizowanie grantu NCN Miniatura 1 (nr X/ST10/00400), w którym **Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska pełniła funkcję kierownika i jedynego wykonawcy**. *Projekt* obejmował *badania wpływu jonów Cu^{2+} i Zn^{2+} na zawartość wody niezamarzniętej w układzie woda–ił poniżej 0°C.* Istotnym elementem badań była *analiza wpływu obecności metali na właściwości gruntów i retencję wody niezamarzniętej,* uzupełniona o *analizę statystyczną wyników*. Doświadczenie **Habilitantki** dopełnia udział jako wykonawca w dużym *projekcie*, finansowanym z funduszy strukturalnych UE (POIG.01.01.02-10-106/09), dotyczącym *innowacyjnych środków i metod poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej*. Na uwagę zasługuje również aktywność Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej w ramach **pięciu *projektów* subwencyjnych MNiSW**, w których **pełniła funkcję wykonawcy (1 projekt) i kierownika (3 projekty)**. Prowadzone badania obejmowały m.in. *eksperymentalną charakterystykę fazy ciekłej wody w gruntach z wykorzystaniem technik ^{1}H-NMR i DSC w szerokim zakresie temperatur ujemnych, optymalizację procedury oznaczania wody niezamarzniętej*, a także *analizę wpływu zasolenia chlorkami miedzi i cynku na właściwości fizykochemiczne gruntów oraz mobilność potencjalnie toksycznych metali*. Zakres powierzonych **Habilitantce** zadań, obejmujący

również analizy statystyczne oraz nadzór nad prawidłową realizacją i rozliczeniem projektów, wskazuje na **znaczący poziom samodzielności i odpowiedzialności badawczej**. Warto podkreślić ciągłość tej aktywności. Jeszcze **przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitantka** uczestniczyła w **trzech projektach badawczych**. W projekcie ministerialnym finansowanym z funduszy strukturalnych UE, POIG.01.01.02-10-106/09 oraz w projekcie Narodowego Centrum Nauki, N N525 349538 jako wykonawca oraz w jednym jako kierownik (projekt Młody Badacz nr 2.23/5.01). Doświadczenie zdobyte na wcześniejszym etapie kariery zostało następnie rozwinięte po uzyskaniu stopnia doktora, czego wyrazem jest wyraźny wzrost zakresu odpowiedzialności za realizowane przedsięwzięcia badawcze.

Aktywność naukową realizowaną przez Panią dr inż. Edytę Sylwię Nartowską w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, oceniam pozytywnie. Jednak w kontekście dalszego rozwoju dorobku naukowego zasadne i pożądane byłoby dalsze umiędzynarodowienie działalności badawczej poprzez nawiązanie dodatkowych trwałych współprac z zagranicznymi ośrodkami naukowymi. Aktywność związaną z realizacją projektów badawczych Habilitantki oceniam jako istotną i wyraźnie potwierdzającą Jej dojrzałość naukową oraz zdolność do samodzielnego prowadzenia badań. Liczba wykonanych projektów, pełnienie funkcji kierownika w większości projektów realizowanych po uzyskaniu stopnia doktora, udział w projektach finansowanych ze źródeł zewnętrznych oraz szeroki zakres samodzielnie wykonywanych zadań wskazują na ugruntowaną zdolność do prowadzenia i organizowania działalności badawczej. Dodatkowo Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska systematycznie podnosi kwalifikacje związane z prowadzeniem działalności naukowej, uczestnicząc w szkoleniach dotyczących planowania badań, identyfikowania trendów naukowych, przygotowywania publikacji, recenzowania i edytorstwa naukowego oraz budowania rozpoznawalności naukowej. Korzysta również ze szkoleń NCN i Horizon Europe dotyczących przygotowywania wniosków grantowych oraz rozwija kompetencje w zakresie pozyskiwania finansowania zewnętrznego. Aktywność tę oceniam pozytywnie jako świadome i systematyczne doskonalenie warsztatu badawczego. Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska w pełni spełniła ustawowy obowiązek realizacji istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej zgodnie z art. 219 pkt. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

6. OCENA DZIAŁALNOŚCI DYDAKTYCZNEJ, ORGANIZACYJNEJ I POPULARYZATORSKIEJ ORAZ WSPÓŁPRACY Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

6.1 Działalność dydaktyczna

Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska prowadzi działalność dydaktyczną od 2012 roku na Wydziale Inżynierii Środowiska, Geodezji i Energetyki Odnawialnej, a w latach 2008–2019 prowadziła również zajęcia dla studentów Wydziału Budownictwa i Architektury. Jej aktywność dydaktyczna obejmuje prowadzenie różnych przedmiotów na studiach dziennych i stacjonarnych na kierunkach Budownictwo, Inżynieria Środowiska, Odnawialne Źródła Energii, Geodezja i Kartografia oraz Inżynieria Środowiska dla studentów Erasmus macierzystego wydziału, obejmujących zagadnienia geologiczne, geotechniczne i hydrogeologiczne (przedmioty: Geologia; Geologia i Hydrogeologia; Hydrogeologia; Gleboznawstwo i Podstawy klasyfikacji gruntów; Podstawy geotechniki i geologii; Geotechnika; Mechanika gruntów), jak również związane z zarządzaniem procesem inwestycyjnym (przedmiot: Kosztorysowanie). **Na podkreślenie zasługuje pełnienie funkcji koordynatora czterech przedmiotów oraz samodzielne opracowanie sylabusów prowadzonych zajęć**. **Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska aktywnie uczestniczyła w procesach akredytacyjnych kierunku Inżynieria Środowiska**. **Pełniła funkcję przewodniczącej zespołu przygotowującego raport samooceny dla Polskiej Komisji Akredytacyjnej** (PKA), koordynując wszystkie etapy jego opracowania. Ponadto **była członkiem zespołów przygotowujących raporty samooceny kierunku na potrzeby Komisji Akredytacyjnej Uczelni Technicznych (KAUT) oraz kolejnej oceny programowej PKA**. **Aktywność ta potwierdza Jej zaangażowanie w doskonalenie jakości kształcenia.**

W okresie 2016–2025 **Habilitantka była promotorem** 18 prac dyplomowych (15 inżynierskich, 3 magisterskich) realizowanych na kierunkach Inżynieria Środowiska (14) oraz Odnawialne Źródła Energii (4). **Habilitantka pełniła funkcję recenzenta prac dyplomowych** (3), w tym prac inżynierskich (2) na Wydziale

Budownictwa i Architektury oraz pracy magisterskiej (1) na Wydziale Inżynierii Środowiska, Geodezji i Energetyki Odnawialnej.

Szczególnie wartościowym aspektem jej działalności jest opieka nad pracami dyplomowymi, które uzyskały uznanie w konkursach zewnętrznych i uczelnianych. W 2024 r. **Habilitantka** była promotorem pracy inżynierskiej, która uzyskała I nagrodę w konkursie Młodzi Eksperci Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Cieplnej w Kielcach, a następnie w 2025 r. również I nagrodę w VII edycji Konkursu na Najlepszą Pracę Dyplomową, organizowanego przez Politechnikę Świętokrzyską we współpracy z partnerem biznesowym – firmą Celsium. **Osiągnięcie to potwierdza zarówno wartość merytoryczną pracy, jak i umiejętność Habilitantki w zakresie ukierunkowania studenta na rozwiązanie problemu o istotnym znaczeniu praktycznym**. Również wcześniejsza działalność promotorska przyniosła znaczące rezultaty. Promowana przez **Habilitantkę** w 2022 r. praca magisterska zdobyła główną nagrodę w konkursie realizowanym w ramach projektu „HUMAN SMART CITIES", a także I nagrodę w konkursie Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Cieplnej w Kielcach. Dodatkowym efektem tej współpracy było przygotowanie wspólnej publikacji naukowej.

Działalność dydaktyczna Habilitantki obejmuje również kształcenie i bezpośrednią opiekę nad młodą kadrą naukową w tym udział w przygotowaniu doktorantek do prowadzenia samodzielnych badań naukowych. W latach 2016–2020 pełniła funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim dotyczącym *zastosowania metod NMR i DSC w badaniach przestrzeni porowej oraz stanu wody w gruntach i wybranych materiałach budowlanych*. Efektem tej współpracy było przygotowanie i publikacja wspólnych prac naukowych. W latach 2022–2023 **Habilitantka** kontynuowała działalność dydaktyczno-naukową poprzez współpracę z kolejną doktorantką, której rezultatem było opracowanie i współautorstwo czterech publikacji naukowych. **Na uwagę zasługuje również międzynarodowy wymiar działalności dydaktycznej.** W semestrze zimowym roku akademickiego 2022/2023 **Habilitantka** pełniła funkcję opiekuna studentki z Łotwy odbywającej praktykę w ramach programu Erasmus. Współpraca ta miała również wymiar naukowy, a jej rezultatem były dwie wspólne publikacje. W latach 2020-2023 była opiekunem studentów I, II, III roku na kierunku Odnawialne Źródła Energii oraz w latach 2016-2017 opiekunem studentów IV roku na kierunku Inżynieria Środowiska.

Działalność Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej wykracza również poza kształcenie akademickie. W latach 2022-2024 była opiekunem licealistów (podpisana umowa partnerska w 2026r). W 2025 roku pełniła funkcję opiekuna naukowego uczniów Collegium Gostomianum w Sandomierzu. Zespół pozostający pod jej opieką zwyciężył w konkursie Platynowy Indeks Politechniki Świętokrzyskiej w kategorii Inżynieria Środowiska. **Aktywność ta świadczy o zaangażowaniu Habilitantki w popularyzację nauki oraz rozwijanie zainteresowań badawczych wśród młodzieży.**

Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska systematycznie podnosi swoje kwalifikacje w zakresie dydaktyki akademickiej, pedagogiki oraz pracy ze studentami i doktorantami. Zakres tematyczny odbytych szkoleń jest zróżnicowany i odpowiada współczesnym wymaganiom stawianym nauczycielom akademickim. **Habilitantka** uczestniczyła w szkoleniach dotyczących nowoczesnych metod nauczania, wykorzystania e-zasobów i narzędzi cyfrowych, Design Thinking, przeciwdziałania plagiatom oraz wsparcia studentów w sytuacjach kryzysowych i z uwzględnieniem ich indywidualnych potrzeb. Uzyskane kompetencje mają bezpośrednie zastosowanie w prowadzeniu zajęć oraz w pracy ze studentami i doktorantami. **Pozytywnie również oceniam uzupełnianie kwalifikacji dydaktycznych o kompetencje przydatne w kształceniu na kierunkach inżynierskich**, m.in. w zakresie kosztorysowania oraz praktycznych aspektów realizacji przedsięwzięć inżynierskich. Posiadanie uprawnień pedagogicznych oraz odbycie szkolenia dotyczącego wspierania studentów z niepełnosprawnościami dodatkowo potwierdzają przygotowanie **Habilitantki** do prowadzenia dydaktyki.

6.2 Działalność organizacyjna i popularyzująca naukę

Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska ma szereg osiągnięć w zakresie aktywności organizacyjnej. Jest członkiem: Polskiego Komitetu Geotechniki (PKG) PAN (od 2019r) w którym w latach 2020–2024 pełniła funkcję członka komisji rewizyjnej oraz reprezentanta delegatów na Walnym Zgromadzeniu PKG. Należy do International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE) i Stowarzyszenia Absolwentów Politechniki Świętokrzyskiej (od 2015r). W zakresie działalności organizacyjnej prowadzonej na rodzimym Wydziale i Uczelni **należy podkreślić włączenie się Habilitantki w prace wielu zespołów i komisji**. W latach 2020-2024 była:

członkiem Rady Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, przewodniczącą ds. przygotowania raportu samooceny kierunku Inżynieria Środowiska na potrzeby Polskiej Komisji Akredytacyjnej (PKA), członkiem Zespołu przygotowującego raport samooceny kierunku Inżynieria Środowiska do akredytacji przez Komisję Akredytacyjną Uczelni Technicznych (KAUT) oraz członkiem zespołu przygotowującego raport samooceny kierunku Inżynieria Środowiska na potrzeby oceny programowej PKA. Od lutego 2026r. pełni funkcję Zastępcy Dyrektora Szkoły Doktorskiej Politechniki Świętokrzyskiej. Wybrana też została na Kierownika Laboratorium Geotechniki (na lata 2024-208) oraz Kierownika Laboratorium Fizykochemii Gruntów Spoistych na macierzystym wydziale.

W latach 2021–2024 **Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska** pełniła funkcję członka Reviewer Board czasopism wydawnictwa MDPI oraz Topical Advisory Panel Member czasopisma International Journal of Environmental Research and Public Health (IF_{2022} = 4.614). Od 2023 r. pełni również funkcję Review Editora w czasopiśmie Frontiers in Earth Science (IF = 2.0). Od lipca 2024 r **Habilitantka pełni samodzielną funkcję Academic Editora w międzynarodowym czasopiśmie PLOS ONE**, w sekcji *Soil Science*, (IF_{2024} = 2.6) odpowiadając za ocenę manuskryptów, dobór recenzentów, nadzór nad procesem recenzji oraz podejmowanie decyzji redakcyjnych. **Funkcja ta świadczy o uznaniu kompetencji naukowych Habilitantki oraz jej aktywnym udziale w międzynarodowym procesie oceny i upowszechniania wyników badań**. W latach 2022–2023 pełniła również funkcję Guest Editora numeru specjalnego czasopisma International Journal of Environmental Research and Public Health (IF_{2022}= 4.6). Doświadczenia redakcyjne pozwoliły **Habilitantce** zdobyć praktyczne umiejętności w zakresie oceny i zarządzania procesem publikacji naukowych oraz współpracy z międzynarodowym środowiskiem badawczym.

Aktywność Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej w zakresie recenzowania i organizacji procesu publikacyjnego należy ocenić bardzo pozytywnie. Szczególnie istotnym osiągnięciem jest **wykonanie od 2020 r. 99 recenzji dla 25 czasopism naukowych, w tym 78 dla czasopism indeksowanych w JCR**. **Skala i systematyczność tej aktywności potwierdzają uznanie kompetencji naukowych Habilitantki przez międzynarodowe środowisko badawcze oraz jej istotny udział w procesie oceny i upowszechniania wyników badań naukowych.**

Aktywność organizacyjna i popularyzująca naukę **Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej** obejmuje również organizację wydarzeń naukowych, włączanie się w prace komitetów organizacyjnych konferencji i seminariów naukowych, działalność publikacyjną i recenzencką. Przykładem jest **pełnienie przez Habilitantkę funkcji sekretarza wydarzenia** *„Ujęcia wód i systemy dystrybucji wody w województwie świętokrzyskim”* z okazji *Światowego Dnia Wody 2026* r., **udział w komitetach organizacyjnych** *Światowego Dnia Geodety 2026 r*. i *GIS Day 2025 r*., a także **członkostwo w komitecie organizacyjnym międzynarodowej konferencji** *Applied Science & Engineering* w Pradze w 2025 r. Na podkreślenie zasługuje również **pełnienie funkcji członka rady recenzentów podczas V i VI międzynarodowej konferencji** *Environmental Geotechnology, Recycled Waste Materials and Sustainable Engineering* (EGRWSE-2024, EGRWSE-2025), organizowanej pod patronatem wydawnictwa Springer w Warszawie i w roku następnym w Hiszpanii. **Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska** brała udział w organizacji seminarium dla doktorantów Politechniki Świętokrzyskiej, prowadzonego przez pracowników naukowych Technical University of Košice, Słowacja.

Istotnym elementem aktywności jest upowszechnianie wyników badań – **Habilitantka uczestniczyła w 18 konferencjach, prezentując 20 referatów**. Przed uzyskaniem stopnia doktora brała udział w 4 konferencjach – w tym w 3 krajowych oraz 1 zagranicznej, natomiast po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczyła w 10 konferencjach międzynarodowych, i zagranicznej i 3 krajowych. Potwierdzeniem jakości prezentowanych wyników jest nagroda za najlepszą prezentację ustną podczas konferencji Applied Science & Engineering w Pradze w 2025 r. w której przedstawiła artykuł pt. „*Impact of Zinc(II) Chloride Contamination on Bentonites: Formation of Simonkolleite and Effects on Porosity and Chemical Composition*” należący do cyklu 1 osiągnięcia.

6.3 Ocena współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym

Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska realizuje również badania dla podmiotów gospodarczych. Wśród ważniejszych, z którymi prowadziła współpracę, należy wymienić Centrum Laserowych Technologii Metali (PŚk) dla którego przeprowadziła *analizę rozkładu wielkości cząstek sproszkowanych metali (Al, Ti, Zn) z zastosowaniem dyfrakcji laserowej, uzupełnioną o walidację metody w oparciu o analizę morfologiczną*. Współpracowała także z

biurem EPRD Polityki Gospodarczej i Rozwoju Regionalnego Sp.zo.o. **Habilitantka była również ekspertem oceniającym projekty w ramach Programu Rozwój Przedsiębiorczości i Innowacje**. Wymiernym przejawem współpracy **Habilitantki** z otoczeniem gospodarczym i instytucjonalnym jest opracowanie koncepcji oraz promotorstwo prac dyplomowych odpowiadających na rzeczywiste potrzeby przedsiębiorstw i instytucji publicznych. Prace realizowane we współpracy z Miejskim Przedsiębiorstwem Energetyki Cieplnej w Kielcach zostały nagrodzone w konkursach w latach 2022 i 2024. Kolejna praca, przygotowana w ramach programu HUMAN SMART CITIES, uzyskała nagrodę oraz dofinansowanie ze środków Unii Europejskiej. Przed uzyskaniem stopnia doktora **Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska** przygotowała 3 opracowania dla ZGM „Zębiec" S.A. (Starachowice) oraz firmy MARKOPOL Sp. z o.o. (Gdynia), dotyczące *oceny przydatności iłów i bentonitów do zastosowań uszczelniających.* **Powyższa aktywność potwierdza umiejętność łączenia działalności dydaktycznej z praktycznymi potrzebami otoczenia społeczno-gospodarczego oraz skuteczne wykorzystywanie wiedzy naukowej do rozwiązywania problemów o znaczeniu aplikacyjnym.**

Przebieg kariery naukowej Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej wskazuje na systematyczny rozwój i uznanie osiągnięć w środowisku akademickim. Po uzyskaniu stopnia doktora **otrzymała 6 nagród Rektora**, w tym nagrody za oryginalne i twórcze osiągnięcia naukowe, a także **Medal Komisji Edukacji Narodowej** oraz **Brązowy Medal Ministra Edukacji Narodowej**. Na szczególne podkreślenie zasługuje rosnąca ranga wyróżnień za działalność naukową – od nagród III stopnia w latach wcześniejszych do nagród II stopnia w latach 2024 i 2025.

Całokształt działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej oraz współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym świadczy o aktywnym uczestnictwie Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej w życiu naukowym, organizacji wydarzeń naukowych oraz upowszechnianiu wyników badań w środowisku akademickim i poza nim. Osiągnięcia dydaktyczne Habilitantki oceniam bardzo pozytywnie. Na podkreślenie zasługują efekty pracy promotorskiej i dydaktycznej, potwierdzone licznymi sukcesami studentów i uczniów w konkursach o charakterze uczelnianym, branżowym i zewnętrznym. Istotnym walorem jest również łączenie procesu dydaktycznego z działalnością badawczą i praktyką gospodarczą, czego przykładem jest tematyka promowanych prac oraz ich docenienie przez partnerów zewnętrznych. Przedstawione osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne i popularyzatorskie oraz współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym wskazują na istotny wkład Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej w kształcenie kadr w zakresie inżynierii środowiska oraz na systematyczny rozwój i uznanie Jej osiągnięć w środowisku akademickim. Na podstawie przedstawionej przez Habilitantkę działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzującej naukę stwierdzam, że Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska posiada odpowiedni dorobek, jakim powinien charakteryzować się kandydat do stopnia doktora habilitowanego.

7. DANE NAUKOMETRYCZNE

Całościowy dorobek naukowy **Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej** przedstawia się ilościowo i bibliometrycznie korzystnie. Obejmuje łącznie 42 publikacje, 2216 punktów MNiSW oraz sumaryczny Impact Factor 49,42. Publikacje Habilitantki uzyskały 201 cytowań w Web of Science, w tym 147 bez autocytowań, oraz 206 cytowań w Scopus, w tym 154 bez autocytowań. W Google Scholar odnotowano 266 cytowań, a w ResearchGate – 226.

Przedstawione wskaźniki bibliometryczne, w tym indeks Hirscha równy 8 oraz ponad 200 cytowań, z czego ponad 140 stanowią cytowania bez autocytowań, potwierdzają rozpoznawalność dorobku naukowego Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej oraz zainteresowanie środowiska naukowego wynikami prowadzonych przez Nią badań. Uzyskane wartości wskazują na rzeczywiste oddziaływanie publikacji Habilitantki na środowisko naukowe i potwierdzają ich wykorzystanie w pracach badawczych. W mojej ocenie przedstawione dane naukometryczne, w połączeniu z całokształtem aktywności naukowej, potwierdzają ugruntowanie dorobku Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej oraz spełniają oczekiwania stawiane kandydatom w postępowaniu habilitacyjnym.

8. WNIOSEK KOŃCOWY

Dwa osiągnięcia naukowe ***Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej*** *pod tytułami:* ***„Mechanizmy kształtowania zawartości wody niezamarzniętej w bentonitach pod wpływem Cu i Zn: powiązania fizykochemiczne w modelowych układach ilasto-wodnych"*** *i* ***„Determinanty fizykochemiczne zawartości i transportu miedzi oraz cynku w gruntach skażonych chlorkami"****, z których każde stanowi spójny, logicznie zamknięty cykl powiązanych publikacji naukowych przedłożonych przez* ***Habilitantkę*** *jako podstawa do nadania stopnia doktora habilitowanego,* ***stanowią znaczący wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.***

Na podstawie dwóch przedłożonych osiągnięć naukowych, analizy dorobku naukowego, dydaktycznego oraz organizacyjnego ***Pani dr inż. Edyty Sylwii Nartowskiej*** *oraz aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej jednostce w kraju i za granicą, a także oceny przedłożonej dokumentacji i całokształtu pozostałych osiągnięć stwierdziłam, że* ***Pani dr inż. Edyta Sylwia Nartowska spełnia wymagania określone w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024, poz. 1571) dla osób ubiegających się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka,*** *a tym samym* ***pozytywnie opiniuję wniosek o nadanie Pani dr inż. Edycie Sylwii Nartowskiej stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.***

Biorąc pod uwagę całokształt przedstawionych osiągnięć, popieram wniosek o nadanie ***Pani dr inż. Edycie Sylwii Nartowskiej*** *stopnia doktora habilitowanego* ***w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. W związku z powyższym, wnioskuję o dopuszczenie Habilitantki do dalszych etapów postępowania dotyczących nadania stopnia doktora habilitowanego.***

B. Pasierb

Kraków, 10 września 2026 r.

dr hab. inż. Bernadetta Pasierb