



Wrocław, dnia 8 czerwca 2026 r.

Recenzja

**Osiągnięć naukowych, dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego
dr inż. Agnieszki Pękali w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora
habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria
środowiska, górnictwo i energetyka**

1. Podstawa opracowania

Ocenę wykonano w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza prof. dr hab. inż. Daniela Słysia oraz załączonych do niego: uchwały nr 3/04/2026 Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza z dnia 22 kwietnia 2026 r. w sprawie powołania Komisji Habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Pani dr inż. Agnieszce Pękali; decyzji Rady Doskonałości Naukowej DRKN.Z2.400.10.2026 z dnia 13 kwietnia 2026 r. w sprawie wyznaczenia przewodniczącego i recenzentów do składu komisji habilitacyjnej; dokumentacji w postępowaniu habilitacyjnym.

2. Przebieg pracy zawodowej

Dr inż. Agnieszka Pękala uzyskała stopień naukowy doktora w dniu 22 marca 2010 r. w dziedzinie nauk o Ziemi, dyscyplinie geologia; nadany przez Radę Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie; tytuł rozprawy: „*Studium mineralogiczno-petrograficzne utworów ze strefy kontaktu trzeciorzęd – mezozoik w złożu węgla brunatnego Bełchatów*”.

Habilitantka jest absolwentką kierunku inżynieria środowiska, specjalność geologia złóż i geochemia, ukończonych w roku 2002 oraz studiów przygotowania pedagogicznego dla absolwentów szkół wyższych (2006) na AGH w Krakowie, odpowiednio na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska oraz Wydziale Nauk Społecznych i Stosowanych.

Z danych zamieszczonych we wniosku nie wynika, aby dr inż. Agnieszka Pękala wcześniej ubiegała się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego.

Dotychczasowe zatrudnienie dr inż. Agnieszki Pękali w jednostkach naukowych lub dydaktycznych:

01.06.2019 – obecnie	Adiunkt w Katedrze Inżynierii i Chemii Środowiska, Politechnika Rzeszowska,
01.07.2010 – 30.05.2019	Adiunkt w Katedrze Geodezji i Geotechniki im. K. Weigla, Politechnika Rzeszowska.
01.09.2009 – 30.06.2010	Asystent w Zakładzie Geotechniki i Hydrotechniki, Politechnika Rzeszowska.
01.10.2002 – 31.09.2008	Praca naukowo-dydaktyczna w Katedrze Mineralogii, Petrografii i Geochemii, AGH Kraków.
01.09.2006 – 31.08.2007	Nauczyciel w Technikum Kształtowania Środowiska w ZSZ PGNIG Kraków.

3. Obowiązujące przepisy prawne w dniu złożenia wniosku

Recenzję sporządzono w oparciu o wymagania zawarte w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U z 2024, poz. 1517, ze zm.), ze szczególnym uwzględnieniem art. 219 ust 1 pkt 1, 2a i 3, ust 2 oraz art. 221 ust. 8.

4. Ocena osiągnięć naukowych

Jako osiągnięcia naukowe, wynikające z art. 219 ust. 1 pkt. 2a ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, ze zm.), stanowiące wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz podstawę do ubiegania się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego dr inż. Agnieszka Pękala wskazała:

I. Identyfikacja i modelowanie mechanizmów oddziaływania zanieczyszczeń geoantropogenicznych na korozyjność obiektów inżynierskich – składające się z cyklu 6 publikacji:

1. Pękala, A., Musiał, M., Galek, T. (2022). Pyritization in stone-building materials modeling of geochemical interaction. Sustainability, 14, 13206.
2. Pękala, A. (2020). Silification of the mesozoic rocks accompanying the Bełchatów lignite deposit, central Poland. Geosciences, 10, 141.
3. Pękala, A., Koszelnik, P., Musiał, M., Galek, T. (2024). Trace elements anomalous concentrations in building materials - the impact of secondary mineralisation processes. Materials 17 (16), 3909.
4. Pękala, A., Musiał, M. (2021). Modeling the leachability of strontium and barium from stone building materials. Materials, 14, 3403.
5. Pękala, A., Pietrucha – Urbanik K. (2018). The influence of the soil environment on the corrosivity of failure infrastructure-case study of the exemplary water network. Archives of Civil Engineering, 64 (1).
6. Pękala, A., Vilcekova, S. (2024). Secondary mineralization processes in the assessment of alkaline reactivity of aggregates and durability of concrete. Case Studies in Construction Materials, 21, e04113.



Sumaryczny Impact Factor I cyklu publikacji wynosi IF-17,5, IF5-letni-20,8, a liczba punktów wg punktacji MNiSzW - 565

Dr inż. Agnieszka Pękala posiada wiodący wkład w przygotowaniu publikacji stanowiących wyżej opisany cykl: kwerenda bibliograficzna, konceptualizacja założeń i metodologii pracy, gromadzenie i opracowanie danych, prowadzenie badań, analiza wyników, przygotowanie wyników badań naukowych do publikacji, przygotowanie manuskryptu, korekta ostatecznej wersji manuskryptu, pozyskanie finansowania. Na podkreślenie zasługuje fakt, że jest Ona pierwszym autorem wszystkich publikacji współautorskich wchodzących w skład tego cyklu, co świadczy o samodzielności i dojrzałości naukowej.

II. Wykorzystanie surowców mineralnych i odpadowych w innowacyjnych technologiach przemysłowych - składające się z 4 publikacji i patentu:

1. Pękala, A., Musiał, M., Lichołai, L. (2025). Carpathian diatomites and their applications in phase - change composites. *Materials*, 18, 2097.
2. Musiał, M., Lichołai, L., Pękala, A. (2023). Analysis of the thermal performance of isothermal composite heat accumulators containing organic phase-change material. *Energies*, 1/31, 16, 1409
3. Musiał, M., Pękala, A. (2022). Functioning of heat accumulating composites of carbon recyclate and phase change material. *Materials*, 15, 2331.
4. Gubernat, S., Czarnota, J., Masłoń, A., Koszelnik, P., Pękala, A., Skwarczyńska-Wojśa, A. (2023). Efficiency of phosphorus removal and recovery from wastewater using marl and travertine and their thermally treated forms. *Journal of Water Process Engineering*, 7/1, 53, 103642.
5. Musiał, M., Pękala, A. Sposób nasączania materiału porowatego co najmniej jedną substancją zmiennofazową oraz stanowisko do realizacji tego sposobu. P.246493. Data przyznania: 04.02.2025 r. – patent

Sumaryczny Impact Factor II cyklu publikacji wynosi IF-15,9, IF5-letni-16,8, a liczba punktów wg punktacji MNiSzW (publikacje +patent) - 595

Dr inż. Agnieszka Pękala posiada znaczący wkład w przygotowaniu publikacji stanowiących wyżej opisany cykl: kwerenda bibliograficzna, konceptualizacja założeń i metodologii pracy, gromadzenie i opracowanie danych, prowadzenie badań, analiza wyników, przygotowanie wyników badań naukowych do publikacji, przygotowanie manuskryptu, korekta ostatecznej wersji manuskryptu.

Łączne wskaźniki naukometryczne obu cykli wynoszą: IF-33,4, IF5-letni-37,6, a liczba punktów wg punktacji MNiSzW (publikacje +patent) – 1 160.

4.1. Osiągnięcie I

Identyfikacja i modelowanie mechanizmów oddziaływania zanieczyszczeń geoantropogenicznych na korozyjność obiektów inżynierskich obejmuje trzy problemy badawcze: identyfikację wtórnych procesów mineralizacji w surowcach skalnych jako

potencjalnych źródeł zanieczyszczeń geoantropogenicznych oraz ocenę zależności koncentracji pierwiastków śladowych z nimi związanych (publikacje 1-3), opracowanie koncepcji modeli statystycznych wymywalności dla wybranych pierwiastków śladowych z surowców skalnych oraz interakcji geochemicznych w zmineralizowanej matrycy skalnej (publikacje 1 i 4), wykorzystanie metod petrograficznych w ocenie wpływu wtórnych procesów mineralizacji na korozyjność obiektów inżynierskich (publikacje 5 i 6).

Zanieczyszczenia geoantropogeniczne powstają w wyniku eksploatacji i przeróbki skał i minerałów. Zmineralizowane formacje skalne mogą być źródłem anomalnych nagromadzeń substancji szkodliwych dla środowiska. Zrównoważone zarządzanie zasobami naturalnymi wymaga przeprowadzenia badań w zakresie identyfikacji ewentualnych substancji geotoksycznych, uwalnianych z formacji skalnych do środowiska. Identyfikacja zanieczyszczeń geoantropogenicznych wywołanych wtórną krystalizacją związków mineralnych w surowcach skalnych jest dotychczas mało rozpoznana.

Przeprowadzone badania oraz ocena wpływu wtórnych procesów mineralizacji na ośrodek gruntowo-skalny mają na celu ograniczenie emisji zanieczyszczeń geoantropogenicznych oraz minimalizowanie obecności w ekosystemach składników szkodliwych dla środowiska. Zaproponowane metody badawcze pozwalają ocenić korozyjność ośrodka gruntowo-skalnego, co umożliwia przewidywanie procesów korozyjnych w obiektach inżynierskich i planowanie działań ochronnych przed degradacją konstrukcji.

W ramach tego cyklu badawczego Autorka sformułowała następujące cele badawcze:

- identyfikacja procesów mineralizacji w surowcach skalnych,
- ustalenie zależności pomiędzy koncentracją pierwiastków śladowych a wtórnymi procesami mineralizacji,
- opracowanie koncepcji statystycznych modeli ujmujących dynamikę uwalniania wybranych pierwiastków śladowych z badanych materiałów oraz ich rozkładu przestrzennego,
- ocena oddziaływania wtórnych procesów mineralizacji na korozyjność materiałów i obiektów inżynierskich.

Realizację celów naukowych podzielono na trzy obszary badawcze, obejmujące materiały pochodzące: ze strefy kontaktu mezozoik-neogen złoża węgla brunatnego Bełchatów, z regionu Karpat fliszowych oraz z obszaru Wyżyny Lubelskiej. Surowce te, deponowane w postaci hałd, stanowią potencjalne źródło czynników sprzyjających korozji, wynikających z emisji zanieczyszczeń geoantropogenicznych, w tym migracji pierwiastków potencjalnie toksycznych do gleb i wód podziemnych.

W pierwszym etapie badań Autorka zidentyfikowała wtórne procesy mineralizacji w surowcach skalnych, takie jak: pirytyzacja, sylikacja i sulfatyzacja. Analizy objęły zarówno pierwotne właściwości mineralogiczne i geochemiczne surowców, jak i zmiany wtórne, które mogły zachodzić w wyniku procesów geochemicznych lub antropogenicznych. Badania te pozwoliły określić potencjalne źródła zanieczyszczeń oraz zrozumieć mechanizmy, w wyniku których pierwiastki śladowe i inne składniki mogą ulegać mobilizacji, wyniki opisano i udokumentowano w publikacjach 1-3.

Proces pirytyzacji został zidentyfikowany w węglanowych surowcach skalnych z Bełchatowa i w piaskowcach karpackich. Badania koncentrowały się na analizie arenitu sublitycznego objętego procesem mineralizacji siarczkowej i miały na celu identyfikację ewentualnych



zmienności w koncentracji pierwiastków, ze szczególnym uwzględnieniem kontaktu pomiędzy fazą krzemionkową a zmineralizowaną. Analiza współczynników korelacji liniowej wskazała, że zawartość Si jest słabo skorelowana z zawartością: Cu, Zn, Cd. Natomiast wysoki współczynnik korelacji zaobserwowano między koncentracjami Si a Al ($r = 0,64$). Z kolei, współczynniki korelacji Si – S oraz Si – Fe wyniosły $r = -0,97$, co wskazuje na bardzo silną, odwrotnie proporcjonalną zależność. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem zawartości siarki pirytowej rośnie stężenie Cu, Zn, Cd. Większa koncentracja pierwiastków szkodliwych w siarczках niż w skałach macierzystych wynika z możliwości akumulacji tych metali podczas wzrostu pirytu. Proces mineralizacji siarczkowej jest bardzo ważny z punktu widzenia ochrony środowiska. Skutki degradacji środowiska wywołane wietrzeniem pirytu są porównywalne z efektami wywołanymi przez „kwaśne deszcze” i źródła antropogeniczne. **Proces sylikacji** został zidentyfikowany w utworach ze strefy kontaktu mezozoik-neogen w złożu Bełchatów, w stropowych partiach osadów jurajskich i kredowych z nadległymi neogeńskimi ilami. W surowcach tych proces wzbogacania skał w krzemionkę następował poprzez wypełnienie porów i pustek krasowych, pęknięć oraz szczelin kompacyjnych. Przeprowadzone przez Autorkę analizy rentgenograficzne wykazały, że miejsca objęte sylikacją są związane z obecnością częściowo uporządkowanych odmian opalu – CT (krystobalitowo-trydymitowego) względem opalu – C (krystobalitu). Najstarszą generację krzemionki stanowił kwarc o luminescencji brunatnej. W obrazie CL (katodoluminescencji), chalcedon budujący głównie igły gąbek, nie wykazywał luminescencji. Opal o luminescencji niebieskiej obserwowano w bioklastach. Krzemionka o luminescencji różowo-niebieskiej stanowiła tło skalne opok wskazując na opalowy charakter typu CT i stanowiła najmłodszą generację krzemionki, związaną najprawdopodobniej z oddziaływaniem roztworów hydrotermalnych. Obserwacje w CL pozwoliły ponadto na ujawnienie wcześniej niewidocznych w obrazie mikroskopowym pierwotnych składników skalnych.

Przeprowadzone badania wykazały, że zawartość różnorodnych odmian polimorficznych krzemionki niejednokrotnie warunkuje cechy geomechaniczne skał. Praktyczne zastosowanie badanych skał uzależnione jest od ilości, a w szczególności od charakteru fazowego obecnych w nich minerałów z grupy SiO_2 . Stwierdzono, że w wyniku transformacji krzemionkowych faz mineralnych w skałę, dochodzi do zmian jej cech fizyko-mechanicznych. Wraz ze wzrostem współczynnika krystaliczności (CI) dochodzi do wzrostu wartości parametrów, takich jak wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym oraz gęstość pozorną. Maleje zaś ich porowatość. W efekcie przejścia opalu A w kwarc dochodzi do zmniejszenia w skałę zawartości wody, porowatości i przepuszczalności. Wzrost temperatury, ciśnienia, alkaliczności i obecności różnych katalizatorów przyspiesza proces tych przemian. Obecność minerałów ilastych powoduje zaś spowolnienie tempa tych procesów.

Proces sulfatyzacji został zidentyfikowany w skałach o charakterze węglanowym. Występowanie pozostałości po siarczanach stwierdzono w obrębie niektórych bioklastów węglanowych. Celestyn zidentyfikowano w pustkach skalnych. Tego typu fazy mineralne można wiązać z aktywnością procesów biochemicznych, wywołanych rozkładem tkanek miękkich organizmów zwierzęcych oraz substancji organicznej pochodzenia roślinnego wypełniającej stylolity. W wyniku tego procesu uwalniały się pęcherzyki gazów. Uwalniane produkty przemian metabolicznych, siarkowodór (H_2S) i dwutlenek węgla (CO_2), powodowały lokalny wzrost kwasowości. Utlenianie siarki elementarnej i siarkowodoru, pochodzących

z rozkładu tkanek miękkich przez bakterie aerobowe, prowadziło do lokalnego wzrostu stężenia jonów siarczanowych. W wyniku spadku kwasowości i rozpuszczania bioklastów następował wzrost stężenia kationów wapnia i magnezu oraz anionów wodorowęglanowych.

Przeprowadzone przez dr inż. Agnieszkę Pękałę badania wykazały: skały zawierające piryt, a pozbawione naturalnych składników buforujących, w wyniku jego utleniania stanowią znaczące źródło zanieczyszczeń środowiska; istnienie chemicznego powinowactwa pomiędzy strefą zmineralizowaną a koncentracją pierwiastków śladowych; wraz ze wzrostem zawartości siarki piritowej rośnie stężenie geotoksyn, takich jak Cu, Zn i Cd. Mineraly towarzyszące oraz skały macierzyste o właściwościach buforujących, w tym krzemionkowe fazy mineralne, odgrywają istotną rolę w ograniczaniu negatywnych skutków wietrzenia pirytu; krzemionka występująca w odmianach skał sylikifikowanych tworzy częściowo uporządkowane fazy mineralne opalu CT (krystobalitowo-trydymitowego) w stosunku do opalu C (krystobalitu); transformacja krzemionkowych faz mineralnych w skale prowadzi do zmian jej cech fizyko-mechanicznych. Wraz ze wzrostem współczynnika krystaliczności (CI) rosły wartości parametrów, takich jak wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym oraz gęstość pozorna, natomiast malała porowatość; powiązanie procesu sulfatyzacji zarówno z wiekiem badanych skał, jak i z procesami wietrzenia; rosnącą zawartość strontu w kolejności od starszych geologicznie wapieni jurajskich do młodszych kredowych opok mastrychtu.

Drugi etap prac badawczych miał na celu identyfikację pierwiastków śladowych w surowcach skalnych, składowanych na hałdach oraz ustalenie zależności pomiędzy ich koncentracją a zidentyfikowanymi wtórnymi procesami mineralizacji. Badania te miały na celu określenie, w jakim stopniu wtórne procesy mineralizacji wpływają na kumulację lub uwalnianie pierwiastków śladowych w ośrodku gruntowo-skalnym. W drugim etapie prac oznaczano pierwiastki śladowe: Pb, Cr, Cd, Ni, Zn, Cu, Co, As, Sr, Ba, Zr, U oraz Th w surowcach skalnych i przeanalizowano ich związek z wtórnymi procesami mineralizacji. Badania mineralogiczne potwierdziły, że analizowane skały były poddane wtórnym procesom mineralizacji, takim jak pirityzacja, sulfatyzacja i sylikifikacja. Wyniki analiz chemicznych wskazały ponadto, że podwyższone stężenia oznaczanych pierwiastków w surowcach skalnych mają charakter naturalny i wynikają ze specyficznych warunków ich powstawania.

Szeroko zakrojone badania chemiczne pozwoliły Autorce na: wykazanie, że anomalnie wysokie stężenia oznaczanych pierwiastków (Pb, As, Cd) w surowcach skalnych mają pochodzenie naturalne i wynikają ze specyficznych warunków ich formowania; wykazanie, że ołów (Pb) i arsen (As) są powiązane z mineralizacją siarczkową, natomiast kadm (Cd) dodatkowo związany jest z minerałami ilastymi; powiązanie wzrostu koncentracji strontu (Sr) z wiekiem badanych skał i procesami wietrzeniowym - zawartość strontu (Sr) wzrasta od utworów węglanowych starszych geologicznie wapieni jurajskich do młodszych kredowych opok mastrychtu; wytypowanie surowców skalnych o największej zawartości strontu (opoki odwapnione); stwierdzenie obecności pierwiastków promieniotwórczych toru (Th) i uranu (U); wykazanie, że surowce ilaste charakteryzowały się najwyższymi stężeniami tych pierwiastków.

W oparciu o przeprowadzone badania chemiczne opracowano modele statystyczne, przyjmując model wnioskowania rozmytego typu Mamdaniego-Assilianiana. Badania takie zostały przeprowadzone na przykładzie wymywalności strontu i baru z opok oraz w aspekcie oceny interakcji chemicznej siarczków żelaza z krzemionką przy sukcesywnie powiększanym zagłębieniu w arenicie sublitycznym.

Charakter wymywalności strontu z opoki wykazał tendencję wzrostową w pierwszych miesiącach. Jego stężenie w eluatach wzrastało równomiernie. Najwyższa wartość 0,14 mg/l została osiągnięta po 384 h. Po okresie 16 dni jego stężenie ulegało stopniowemu spadkowi do wartości 0,12 mg/l. Wymywalność baru utrzymywała się prawie na jednym poziomie, wynoszącym 0,019 mg/l. Uzyskane wyniki wnioskowania rozmytego, funkcji wynikowej Y, wymywalności Ba i Sr z opoki, dla uzyskanych danych empirycznych świadczą o "średniej" ocenie systemu wnioskowania dla przeprowadzonych eksperymentów. Wynik "średni" zmiennej wynikowej Y został uzyskany dla każdego rozważanego w pracy kroku czasowego.

Przy użyciu modelu wyznaczano zależności między wielkościami wejściowymi zawartości Si, S i Fe z arenitu, dla kolejnych, coraz to głębiej położonych punktów przekroju poprzecznego, na wartość wielkości wyjściowej w postaci wyniku wnioskowania. Uzyskane wyniki funkcji wynikowej Y zmian zawartości Si, S oraz Fe w arenicie sublitycznym, wobec przyjętych danych empirycznych świadczą o "średniej" ocenie modelu wnioskowania dla przeprowadzonych eksperymentów. Otrzymanie "średniego" wyniku pozwala na uzasadnione stosowanie proponowanego modelu Mamdanie-Assilian do zawartości Si, S oraz Fe w próbkach arenitu sublitycznego.

Przeprowadzana analiza statystyczna wykazała, że stosowanie modelu Mamdanie-Assilian do oceny wymywalności pierwiastków śladowych jest zasadne. Zastosowany model umożliwia predykcję potencjalnych skutków stabilizacji zmian zawartości pierwiastków w funkcji położenia na siatce dyskretnej przekroju poprzecznego próbek.

Ostatni – czwarty etap prac badawczych był kluczowy w aspekcie praktycznego znaczenia prowadzonych badań. W pracy wykazano, że dokładna specyfikacja ośrodka gruntowo-skalkowanego, oparta na specjalistycznych badaniach mineralogiczno-petrograficznych, jest pomocna w określeniu przyczyny korozji obiektów inżynierskich. W tym etapie wykazano praktyczne znaczenie prowadzonych badań. Wykazano negatywne oddziaływanie wtórnych procesów mineralizacji na obiekty inżynierskie. Przeprowadzona w pracy analiza ośrodka gruntowego zwraca uwagę na wpływ piryty na korozyjność materiałów wykonanych z żelaza. Korozyjność środowiska ziemnego jest przyczyną wielu awarii, gdzie jednoznaczna ocena czynnika sprawczego jest często utrudniona. Dokładna specyfikacja ośrodka gruntowego, oparta na specjalistycznych badaniach laboratoryjnych i terenowych jest pomocna m.in. przy określeniu przyczyny awarii sieci wodociągowych. Analiza rodzaju i stopnia korozyjności środowiska ziemnego ma praktyczne znaczenie w dokonaniu właściwego wyboru tworzywa metalowego z uwzględnieniem jego przeznaczenia oraz przewidywanego czasu eksploatacji. W badaniach mineralogiczno-petrograficznych wykazano również wpływ pirytyzacji czy sylikfikacji na korozyjność betonu. Reakcja alkaliów z kruszywem zachodzi w roztworze znajdującym się w porach betonu, w obecności kruszyw zawierających reaktywną krzemionkę.

4.2. Osiągnięcie II

Wykorzystanie surowców mineralnych i odpadowych w innowacyjnych technologiach przemysłowych, jest kontynuacją badań w obszarze badań mineralogiczno-petrograficznych we współpracy z naukowcami z dyscyplin inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz inżynieria lądowa, geodezja i transport i stanowią kolejne osiągnięcie, wpisując się w zagadnienia związane z gospodarką obiegu zamkniętego.



Badania nad wykorzystaniem poszczególnych rodzajów mineralnych surowców odpadowych prowadzone są od wielu lat. Istotnym kierunkiem zastosowania tych surowców są również technologie oczyszczania wody i ścieków.

W ramach tego cyklu badawczego Autorka sformułowała następujące cele badawcze:

- ocena możliwości zastosowania wybranych surowców mineralnych i odpadowych, jako szkieletu przewodzącego w zmiennofazowych akumulatorach ciepła,
- analiza wpływ składu chemicznego i cech strukturalno-teksturalnych surowców mineralnych i odpadowych na zdolność absorpcji materiałów zmiennofazowych (PCM),
- ocena możliwości wykorzystania wybranych surowców mineralnych w technologiach ściekowych.

W pierwszym etapie dr inż. Agnieszka Pękala wraz ze Współpracownikami przeprowadziła innowacyjne prace nad poprawą efektywności dystrybucji ciepła w obrębie pakietów z PCM poprzez zastosowanie w ich strukturze odpadów przemysłowych, w postaci recyklatu koksowego. Wyniki przeprowadzonych badań i analiz dostarczyły istotnych informacji dotyczących funkcjonowania cieplnego oraz projektowania zmiennofazowych akumulatorów ciepła, jak również analizy efektywności dystrybucji ciepła w obrębie ich struktury. Celem badań było empiryczne i statystyczne porównanie wzrostu dystrybucji ciepła PCM przez przewodnik miedziany i recyklat koksu. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem oprogramowania Statistica.

Badania empiryczne wykazały, że akumulator ciepła z PCM i recyklatem koksowym wydłużył czas magazynowania ciepła i utrzymywał temperaturę powierzchni zewnętrznej na poziomie 20°C o 7 min dłużej w porównaniu z identycznie ukształtowanym akumulatorem z czystym PCM oraz o 9 min w porównaniu z identycznie ukształtowanym akumulatorem z PCM i przewodnikiem miedzianym, akumulator z czystym PCM znacznie lepiej oddaje ciepło. Recyklat jest również korzystny z punktu widzenia ekologii i efektywności kosztowej.

Drugi etap prac obejmował badania empiryczne nad możliwością utworzenia kompozytu zmiennofazowego na bazie diatomitów karpackich. Zakres prac badawczych obejmował badania mineralogiczne i kalorymetryczne kompozytu organicznego materiału zmiennofazowego i diatomitu. Stwierdzono, że zdolność do wiązania i akumulacji ciepła będzie zależna od wielkości cząstek diatomitu lub względnej wielkości PCM i porów, tj. cech strukturalnych i teksturalnych, a specyficzna natura struktury wewnętrznej diatomitów korzystnie wpływa na zdolność absorpcyjną PCM, jednak zidentyfikowane minerały ilaste mogą odpowiadać za spadek wartości entalpii.

Kolejnym etapem badań były prace objęte patentem w obszarze utworzenia stanowiska badawczego i sposobów nasączania materiałów o określonych cechach strukturalno-teksturalnych substancją zmiennofazową. Efektem tych prac jest przyznany Patent nr 246493 na wynalazek pt: Sposób nasączania materiału porowatego co najmniej jedną substancją zmiennofazową oraz stanowisko do realizacji tego sposobu.

W czwartym etapie prac badawczych przeprowadzono badania w zakresie wykorzystania surowców mineralnych w technologii oczyszczania ścieków. Celem pracy badawczej była identyfikacja mineralnych surowców wykorzystywanych do usuwania i odzyskiwania fosforu z ścieków. Badania przeprowadzono w kolumnach filtracyjnych, stosując zróżnicowane obciążenia hydrauliczne, aż stosunek stężenia fosforu na odpływie do stężenia początkowego fosforu osiągnął 0,97. Materiały z zaadsorbowanym fosforem poddano procesowi desorpcji

z użyciem wody destylowanej oraz roztworów NaOH i HCl. Surowy margiel najlepiej uwalniał fosfor w obecności wody destylowanej, co w połączeniu z wynikami wymywania pierwiastków z tego sorbentu wskazuje na jego potencjalne zastosowanie jako nawozu lub środka poprawiającego właściwości gleby w produkcji rolnej. Testy materiałów w warunkach dynamicznych z wykorzystaniem margla i trawertynu z ich termicznymi modyfikacjami pozwoliły stwierdzić, że materiały te mogą być wykorzystywane w technologiach oczyszczania ścieków i uzdatniania wody. Wykazano, że obróbka termiczna margla i trawertynu zwiększa efektywność wiązania fosforu.

4.3. Pozostałe osiągnięcia badawcze

Zagospodarowanie osadów ściekowych przy wykorzystaniu surowców mineralnych było przedmiotem badań dr inż. Agnieszki Pękali w ramach Projektu B+R pt.: „Opracowanie nawozu organiczno-mineralnego na bazie osadów ściekowych z dodatkiem mikroskładników mineralnych”. Celem projektu było opracowanie technologii unieszkodliwiania osadów ściekowych w kierunku wytworzenia produktu w formie nawozu mineralno-organicznego. Efektem przeprowadzonych badań było uzyskanie granulatu o właściwościach nawozowych. Za realizację projektu Zespół naukowy pod kierownictwem Pana dr hab. inż. Adama Masłonia, uzyskał nominację do Polskiej Nagrody Inteligentnego Rozwoju 2021 w kategorii: Innowacyjne technologie i badania przyszłości.

Neutralizacja zanieczyszczeń w ściekach, w ramach projektu pt.: „Ekologiczny koagulant do separacji trudno usuwalnych zanieczyszczeń ze ścieków, w celu odzyskania wody”; dr inż. Agnieszki Pękala przeprowadziła badania chemiczne składu ekologicznego koagulantu wykorzystywanego do sorpcji trudno usuwalnych ścieków.

Zagospodarowanie odpadów surowców mineralnych dotyczyło badań związanych z optymalizacją składu kruszywa oraz właściwości fizyko-chemicznych wytworzonego materiału budowlanego w ramach projektu pt.: „Materiał budowlany wytwarzany z komunalnych osadów ściekowych i odpadów mineralnych”.

Dr inż. Agnieszka Pękala realizując swoje zainteresowania naukowe związane z monitoringiem środowiska glebowego w ocenie oddziaływania inwestycji przemysłowych, we współpracy z pracownikami Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, przeprowadziła prace badawcze w zakresie monitoringu środowiska glebowego przy zastosowaniu technik GIS i teledetekcji. Rezultaty tych badań dotyczą następujących zagadnień:

- Rozkład czaso-przestrzenny pierwiastków śladowych w glebach na przykładzie strontu, wokół zakładów produkujących materiały budowlane;
- Rozkład przestrzenny zasolenia gleb oraz pH w południowo-wschodniej Polsce;
- Analiza erozji gleby w obszarach lessowych na przykładzie Roztoczańskiego Parku Narodowego;
- Badania korelacji pierwiastków śladowych w środowisku glebowo-roślinnym;
- Monitoring środowiska naturalnego w aspekcie inwestycji budowlanych;
- Monitoring wybrzeża Morza Bałtyckiego w oparciu o wieloczasowe fotografie lotnicze.

Do największych osiągnięć Habilitantki zaliczam

- wskazanie wtórnych procesów mineralizacji (pirytyzacja, sylikacja i sulfatyzacja) jako źródła zanieczyszczeń geoantropogenicznych;
- potwierdzenie, że obecność piritu w ośrodku gruntowo skalnym sprzyja korozyjności materiałów wykonanych z żelaza i zwiększa awaryjność rur wodociągowych;
- wykazanie, że wysoki poziom oznaczanych pierwiastków kadmu (Cd), arsenu (As), ołowiu (Pb) w surowcach skalnych jest pochodzenia naturalnego i wynika ze zidentyfikowanego procesu pirytyzacji;
- wykazanie zależności pomiędzy wzrostem zawartości siarki piritowej a zawartością takich pierwiastków jak: miedź (Cu), cynk (Zn), kadm (Cd) oraz odwrotnie proporcjonalnej zależności pomiędzy zawartością krzemionki i siarczków żelaza;
- wykazanie, że na korozyjność betonu wpływa nie tylko zawartość mikrokrystalicznego kwarcu, ale znaczenie ma również kąt falistego wygaszania; kruszywa, które zawierają ponad 20% kwarcu, a kąt falistego wygaszania wynosi powyżej 15° powinny być rozpatrywane jako potencjalnie reaktywne;
- potwierdzenie celowości zastosowania modelu Mamdanie-Assiliana do oceny predykcji potencjalnych skutków oddziaływania na środowisko pierwiastków śladowych w funkcji czasu bądź położenia na siatce dyskretnej przekroju poprzecznego próbek;
- wykazanie zasadności stosowania recyklatu koksowego jako przewodzącego szkieletu w akumulatorach ciepła z przemianą fazową.
- wykazanie, że margiel i trawertyn wraz z ich modyfikacjami termicznymi, mogą być wykorzystywane w technologiach oczyszczania ścieków i wody.

Podsumowując ocenę dorobku naukowego stwierdzam, że dwa cykle tematycznie powiązanych artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust 1 pkt 2b ustawy: *Identyfikacja i modelowanie mechanizmów oddziaływania zanieczyszczeń geoantropogenicznych na korozyjność obiektów inżynierskich oraz Wykorzystanie surowców mineralnych i odpadów w innowacyjnych technologiach przemysłowych* stanowią cenne i oryginalne osiągnięcia naukowe oraz wnoszą nowe wartości poznawcze i aplikacyjne w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, a zatem spełniają wymagania stawiane w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego.

5. Ocena aktywności naukowej

Dr inż. Agnieszka Pękala wykazuje dużą aktywność naukową, szczególnie po uzyskaniu stopnia doktora. Zainteresowania naukowe Habilitantki obejmują nie tylko zagadnienia geologiczne, ale szeroko rozumiane oddziaływania wydobyć mineralów na środowisko przyrodnicze oraz możliwości wykorzystania materiałów odpadów w procesach produkcyjnych gospodarki obiegu zamkniętego.

Habilitantka aktywnie uczestniczyła w 31 konferencjach naukowych, w tym międzynarodowych, odbywających się w: Czechach, Słowacji, Belgii i Portugalii, była współorganizatorem 4 konferencji. Jako główny wykonawca uczestniczyła w realizacji 5 projektów badawczych, w tym 3 po uzyskaniu stopnia doktora oraz programach



finansowanych ze środków europejskich służących rozwojowi uczelni. Wykonała 33 opracowania na rzecz podmiotów z otoczenia społeczno-gospodarczego.

Dr inż. Agnieszka Pękala odbyła staż zawodowy w Zespole Szkół Zawodowych Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazowego w Krakowie, którego celem było uzyskanie awansu zawodowego na stopień nauczyciela kontraktowego oraz staż naukowy na Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska w Katedrze Fotogrametrii, Teledetekcji Środowiska i Inżynierii Przemysłowej - celem stażu było zdobycie praktycznej wiedzy w zakresie monitorowania środowiska gruntowo-skalnego z zastosowaniem zaawansowanych technik GIS oraz metod teledetekcji.

Dr inż. Agnieszka Pękala jest zaangażowana we współpracę z ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą. We współpracy z naukowcami z Politechniki Lwowskiej prowadziła wspólne badania, dotyczące ilościowych i jakościowych problemów zanieczyszczenia osadów dennych i gleb w rejonach przemysłowych w zakresie metali ciężkich oraz wybranych związków organicznych pochodzenia antropogenicznego; a z Technical University in Kosice w zakresie prowadzenia badań nad interakcją między budynkami a środowiskiem, w celu przywrócenia stabilności ekologicznej środowiska. Od lat ściśle współpracuje z naukowcami z Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie w zakresie monitoringu jakości gleb i oceny oddziaływania inwestycji przemysłowych na ich stan oraz wykorzystania GIS. Zagadnienia te były również podejmowane we współpracy z naukowcami z innych placówek naukowych np. Politechniką Warszawską, Politechniką Świętokrzyską w Kielcach, Uniwersytetem Rolniczym w Krakowie. Jej efektem jest monografia pt. "GIS i teledetekcja w monitoringu środowiska". W ramach współpracy z Akredytowanym Laboratorium Badań Własności Skał i Wyróbów Kamieniarskich Katedry Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki AGH prowadziła badania petrograficzne materiałów skalnych, wykorzystywanych w budownictwie ze szczególnym uwzględnieniem piaskowców karpackich. We współpracy z Katedrą Mineralogii, Petrografii i Geochemii Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH prowadziła badania nad identyfikacją i charakterystyką minerałów ciężkich w strefie kontaktu mezozoik-neogen w KWB Bełchatów oraz badania mineralogiczno-petrograficzne skał; we współpracy z Centrum Technologicznym Budownictwa Instytutu Badań i Certyfikacji Sp. z o.o. w Rzeszowie oraz z Siecią Badawczą Łukasiewicz – Warszawski Instytut Technologiczny Laboratorium Surowców i Wyróbów Budowlanych w Warszawie prowadziła badania petrograficzne materiałów kamiennych, ukierunkowane na określenie charakteru petrograficznego, składu mineralnego, oceny korozyjności w aspekcie reaktywności alkalicznej kruszyw.

Zakres aktywności badawczej dr inż. Agnieszki Pękali obejmuje również badania związane z ochroną zabytków, m.in. badania petrograficzne posadzki w kaplicy Oświęcimów w Krośnie w celu identyfikacji genezy materiału skalnego.

Współpraca z tymi podmiotami zaowocowała wspólnymi publikacjami, wystąpieniami na konferencjach i opracowaniami na rzecz podmiotów z otoczenia społeczno-gospodarczego.

Dr inż. Agnieszka Pękala publikuje swoje prace w czasopiśmie: Geosciences, Archives of Civil Engineering, Journal of Water Process Engineering, Earth and Environmental Science, Materials, Sustainability, Archiving of Mining Sciences. Rola habilitantki w powstaniu tych publikacji jest znacząca, dość często występuje w nich jako pierwszy autor, również jako autor

korespondencyjny. Równocześnie dość aktywnie recenzuje prace publikowane m.in. w: Minerals (12), Water (4), Materials (3), Energies (3), Applied Sciences (3).

Na całość dorobku naukowego dr inż. Agnieszki Pękali składa się 38 opublikowanych prac naukowych, współautorska monografia, 4 rozdziały w monografii oraz patent. Zdecydowana większość z tych prac powstała po uzyskaniu stopnia doktora. Przed doktoratem Habilitantka opublikowała 5 prac w czasopismach spoza listy JCR. Wśród 38 prac naukowych znajduje się 27 prac w czasopismach ze współczynnikiem wpływu Impact Factor. Zgodnie z danymi zamieszczonymi we wniosku na dzień 6 stycznia 2026 r. według Web of Science liczba cytowań wynosi 127, a indeks Hirscha 7, według SCOPUS odpowiednio: 161 i 7; sumaryczny IF z listy JCR, zgodnie z rokiem opublikowania to 43,684, a łączna liczba punktów MNiSzW wynosi 2016.

Dr inż. Agnieszka Pękala wykazuje dużą aktywność naukową, szczególnie po uzyskaniu stopnia doktora. Posiada znaczny dorobek publikacyjny, również poza osiągnięciem naukowym, będącym podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Dorobek publikacyjny jest ściśle związany z tą dyscypliną. Uczestniczyła w realizacji wielu projektów naukowych i badawczo-rozwojowych, jednak nigdy nie kierowała takim projektem. Wykonała wiele prac eksperckich na rzecz podmiotów gospodarczych.

6. Ocena osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę

6.1. Działalność dydaktyczna

Działalność dydaktyczna dr inż. Agnieszki Pękali w Politechnice Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza obejmuje koordynowanie i prowadzenie ćwiczeń projektowych, laboratoryjnych oraz wykładów na kierunkach inżynieria środowiska, ochrona środowiska, budownictwo z przedmiotów takich jak: Geologia, Geology w ramach programu ERASMUS+, Geologia i geomorfologia, Mechanika gruntów i geotechnika, Ćwiczenia terenowe z mechaniki gruntów i geotechniki. Jest Autorem treści kształcenia z przedmiotów autorskich, takich jak: Geologia, Geologia i geomorfologia oraz Geology w ramach programu ERASMUS+ oraz materiałów dydaktycznych z przedmiotów Zarys geologii i geomorfologii i Geologii.

Dr inż. Agnieszka Pękala była opiekunem 68 prac dyplomowych (40 inżynierskich, 28 magisterskich), recenzentem 13 prac dyplomowych, członkiem wielu komisji egzaminacyjnych. Jest współautorem i koordynatorem publikacji przygotowanych przez studentów. Uczestniczy w realizacji wielu szkoleń, m.in.: Warsztaty z geologii w programie edukacyjnym „Być jak Ignacy” 2016/17 r., w ramach którego Zespół Szkół w Pogwizdowie Nowym uzyskał tytuł „Naukowej Szkoły Ignacego” w konkursie organizowanym przez Fundację PGNiG im. Ignacego Łukasiewicza oraz dla studentów i pracowników PRz na rzecz wsparcia osób ze szczególnymi potrzebami.

6.2. Działalność organizacyjna oraz popularyzująca naukę

Dr inż. Agnieszka Pękala od 2023 r. jest członkiem Rady Wydziału Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, Politechniki Rzeszowskiej, od 2022 r. pełni funkcji Pełnomocnika

Rektora ds. Osób z Niepełnosprawnościami, PRz, a od 2020 r. koordynatora ds. Osób z Niepełnosprawnościami na WBIŚiA, PRz

Aktywnie uczestniczy w pracach Wydziałowej Komisji ds. Zapewnienia Jakości Kształcenia dla kierunków: inżynieria środowiska (od 2017 r.), ochrona środowiska (od 2017 do 2020 r.), energetyka (od 2020 r.); od 2020 r. pełni funkcje sekretarza komisji wydziałowej. Była zaangażowana w organizację kilku konferencji naukowych, wymianę doświadczeń naukowych i dydaktycznych z naukowcami i studentami w ramach programu ERASMUS+. Aktywnie uczestniczy w promocji uczelni w szkołach średnich, mającej na celu zachęcenie uczniów do podjęcia studiów w Politechnice Rzeszowskiej.

W roku 2021 utworzyła Laboratorium Geologiczne w strukturze Katedry IiChŚ, PRz, a następnie w roku 2023 nawiązała współpracę z Podkarpacką Siecią Laboratoriów Badawczych i Wzorcujących (PSLBiW); jako przedstawiciel Laboratorium Geologicznego Politechniki Rzeszowskiej aktywnie uczestniczy w spotkaniach laboratoriów i zebraniach plenarnych przedstawicieli PSLBiW. W latach 2015/16 była ekspertem w Komisji konkursowej do przyznawania stypendiów w Urzędzie Marszałkowskim województwa podkarpackiego.

Dr inż. Agnieszka Pękala aktywnie uczestniczy w szkoleniach podnosząc swoje kwalifikacje głównie w zakresie pracy z osobami z niepełnosprawnościami i różnymi zaburzeniami. Za swoje zaangażowanie była ośmiokrotnie nagradzana Nagrodami J.M. P.Rz oraz innymi wyróżnieniami.

Dr inż. Agnieszka Pękala wykazuje dużą aktywność na rzecz Wydziału, realizuje zajęcia dydaktyczne w ramach kilku przedmiotów, również w j. angielskim. Na szczególne podkreślenie zasługuje Jej aktywność w obszarze pomocy osobom z niepełnosprawnościami.

7. Wniosek końcowy

Szczegółowa analiza przedstawionych do oceny osiągnięć naukowych: *Identyfikacja i modelowanie mechanizmów oddziaływania zanieczyszczeń geoantropogenicznych na korozyjność obiektów inżynierskich oraz Wykorzystanie surowców mineralnych i odpadowych w innowacyjnych technologiach przemysłowych* będących podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego, pozwala na stwierdzenie, że przedłożone cykle publikacji powiązanych tematycznie mają duże znaczenie poznawcze i wnoszą do nauki wartościowe treści, posiadają również duży potencjał aplikacyjny. Osiągnięcia przedstawione w cyklach publikacji poszerzają wiedzę w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Habilitantka wykazuje dużą aktywność naukową, szczególnie po uzyskaniu stopnia doktora. Posiada znaczny dorobek publikacyjny, który jest ściśle związany z dyscypliną inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Dr inż. Agnieszka Pękala angażuje się w prace na rzecz Wydziału, realizuje zajęcia dydaktyczne w ramach kilku przedmiotów, również w j. angielskim. Pełni funkcję pełnomocnika Rektora ds. Osób z Niepełnosprawnościami, PRz, jest bardzo zaangażowana w pomoc osobom z niepełnosprawnościami.

Po szczegółowej analizie dorobku naukowego, dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego biorąc pod uwagę wysoką wartość naukową w.w. osiągnięć naukowych stwierdzam, że dorobek naukowy dr inż. Agnieszki Pękali spełnia wymagania

określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, ze zm.). Habilitantka posiada osiągnięcia naukowe, które stanowią wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka i w pełni wystarczają do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

W zawiązku z powyższym wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza o dopuszczenie wniosku dr inż. Agnieszki Pękali do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

