

RECENZJA

Dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego oraz rozprawy habilitacyjnej stanowiącej cykl 11-tu powiązanych tematycznie artykułów naukowych dr inż. Beaty Kłojzy-Karczmarczyk pt. „Charakterystyczne wskaźniki oddziaływania na środowisko wyznaczone dla rtęci i azbestu w wybranych grupach odpadów”.

Dr inż. Beata Kłojzy-Karczmarczyk ukończyła studia na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie na kierunku Górnictwo i Geologia, w dwóch specjalnościach Hydrogeologia, Geologia Inżynierska oraz Ochrona Środowiska w 1995 roku. **Habilitantka w roku 1995 rozpoczęła studia doktoranckie na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, które zakończyła w roku 2000 rozprawą doktorską pt., „Ograniczenie transportu zanieczyszczeń ze składowisk odpadów górniczych poprzez ich doszczelnienie odpadami energetycznymi”.** Promotorem tej rozprawy była prof. dr hab. inż. Jadwiga Szczepańska. **Rozprawa doktorska została wyróżniona stosowną nagrodą.** Po doktoracie od 1.01.2001 do 15.05.2002 pracowała w Zakładzie Agrobiologii i Ochrony Środowiska, Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego na stanowisku adiunkta, a od 02.05.2002 do chwili obecnej na następujących stanowiskach: adiunkta (02.05.2002-30.09.2011), głównego



specjalisty (01.10.2011-31.12.2013), głównego specjalisty badawczo-technicznego (od 01.01.2014) oraz od 01.06.2004 kierownika Laboratorium Badań Środowiskowych, następnie kierownika Pracowni Badań Środowiskowych i Gospodarki Odpadami, Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk.

Jako nauczyciel akademicki w wymienionym okresie prowadziła zajęcia dydaktyczne takie jak: ćwiczenia laboratoryjne z Hydrogeochemii, Instrumentalne metody badania jakości wód, Instrumentalne metody analizy chemicznej i fazowej, Hydrogeologii i geologii inżynierskiej, Ochrony wód podziemnych i powierzchniowych, Zagrożenia jakości (w ramach studiów doktoranckich AGH) i Wiedzy o siedlisku, Podstawy geologii, Budowy geologicznej Małopolski (jako pracownik Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego). Ponadto Habilitantka jako pracownik IGSMiE PAN w latach 2002-2018 prowadziła następujące zajęcia dydaktyczne: Wykład monograficzny (Wydział Matematyczno-Przyrodniczy URz -2002-2004), Podstawy geologii, Wykład monograficzny (Wydział Biologiczno-Rolniczy URz -2004-2007) i Prawo i ekonomia w gospodarce odpadami (Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH -2012-2018). **Prowadziła także wykłady i laboratorium na kierunkach zamawianych:**

- Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie: zajęcia ze studentami w ramach POKL: Ekofizyka z ochroną radiologiczną-specjaliści dla nowoczesnej i bezpiecznej gospodarki”

Laboratorium z ekologii i ochrony środowiska” (2013-2014),



- AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, kierunek Inżynieria Środowiska:

Wykłady ze studentami w ramach POKL: „Inżynieria i Ochrona Środowiska na AGH – kierunki zamawiane”,

Wykłady:

Gospodarowanie odpadami w gminach - teoria a praktyka(2013),

Regionalne instalacje gospodarowania odpadami komunalnymi – minimalizacja zagrożeń dla środowiska (2014),

Gospodarowanie odpadami w sektorze komunalnym – minimalizacja zagrożeń dla środowiska (2015).

Była promotorem 7 prac magisterskich studentów Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska (2014-2017) oraz recenzentem 5 prac magisterskich z w/w Wydziału (2015-2018). W latach 2006-2016 była opiekunem praktyk studenckich i staży zawodowych dla 43 studentów AGH, PK, UJ, Uniwersytet Pedagogiczny KEN oraz Uniwersytet Rolniczy w tym 27 studentów w ramach stażu studenckiego POKL.

Habilitantka prowadziła także w szkołach podstawowych, gimnazjach i średnich takie zajęcia jak np.: wykład 2 godzinny pt.„ Podstawy geologii” dla uczniów klas maturalnych XXII Liceum Ogólnokształcące i Zespołu Szkół Elektrycznych w Krakowie (2006), Zajęcia z zakresu gospodarki odpadami (odpady komunalne, azbest), ze szczególnym uwzględnieniem segregacji i selektywnego zbierania odpadów komunalnych w ramach projektu edukacji ekologicznej realizowanego przez Szkołę Podstawową w Dobczycach (2017), zajęcia z zakresu segregacji i selektywnego zbierania odpadów w Szkole Podstawowej nr 97 w Krakowie dla uczniów klas 4 oraz z edukacji ekologicznej



w zakresie gospodarki odpadami dla szkół podstawowych i gimnazjów Gminy Ochotnica Dolna (6 szkół).

Prowadzone przez Habilitantkę zajęcia dydaktyczne były ocenione przez Dziekanów reprezentujących uczelnie takie jak: AGH, Uniwersytet Pedagogiczny KEN i Uniwersytet Rzeszowski bardzo dobrze.

Godna podkreślenia jest również działalność organizacyjna Habilitantki. Była Kierownikiem Pracowni Badań Środowiskowych i Gospodarki Odpadami a od 2004 do chwili obecnej jest Kierownikiem Laboratorium Badań Środowiskowych IGSMiE PAN. Pełni funkcję z-cy sekretarza redakcji czasopisma „Gospodarka Surowcami Mineralnymi” – Mineral Resources Management (sekcja: inżynieria środowiska) od 2013 do chwili obecnej. Jest Audytorem Wewnętrznym Zintegrowanego Systemu Zarządzania wg ISO9001: 2008 i ISO 14001: 2005, Audytorem Wewnętrznym Systemu Zarządzania Jakością wg ISO 9001: 2015 i Systemu Zarządzania Środowiskowego wg ISO 14001: 2015, Użytkownikiem podrzędnym w systemie BDO (Baza danych o produktach i opakowaniach oraz gospodarce odpadami) od 2019 do chwili obecnej oraz Użytkownikiem dodatkowym w systemie KOBiZE (Krajowa baza o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji), od 2019 do chwili obecnej. Pełniła funkcje V-ce Prezesa Zarządu Koła Zakładowego SITG przy Instytucie GSMiE PAN Kraków w kadencjach 2011-2015 i 2015-2019, Członka Zarządu Koła Zakładowego SITG w latach 2007-2011, 2019-2022 i od 2022 do chwili obecnej. Była Członkiem Zarządu Oddziału SITG Kraków w latach 2007-2011. **Była Członkiem Komitetu Organizacyjnego oraz Naukowego Konferencji VII Szkoła Gospodarki Odpadami, AGH, Kraków 20-21.05.2019.**



Dorobek naukowy Habilitantki obejmuje 102 artykuły (liczba publikacji indeksowanych w bazie Web of Sciences Core Collection, w tym liczba publikacji w czasopismach z listy Journal Citation Reports (JCR/posiadających Impact Factor: 25 w tym 20 z listy JCR, a liczba artykułów indeksowanych w bazie Scopus 33), 3 referaty na zaproszenie, 41 referatów, 15 posterów prezentowanych na konferencjach krajowych, 3 referaty i 3 postery prezentowane na konferencjach międzynarodowych, 4 referaty prezentowane na posiedzeniu Komisji Nauk Geologicznych PAN oraz 333 ekspertyz lub innych opracowań na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców. Z tego dorobku naukowego na okres po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk o Ziemi w dyscyplinie: Geologia, w specjalności Hydrogeochemia przypada 92 artykuły, 3 referaty na zaproszenie, 39 referatów prezentowanych na konferencjach krajowych, 15 posterów prezentowanych na konferencjach krajowych, 3 referaty i 3 postery prezentowane na konferencjach międzynarodowych, 2 referaty prezentowane na posiedzeniu Komisji Nauk Geologicznych PAN oraz 333 ekspertyz lub innych opracowań na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców. Artykuły Habilitantki były cytowane - 178 razy wg bazy Web of Science Core Collection oraz 197 razy wg bazy Scopus. Sumaryczny impact factor Jej publikacji wynosi 17.567 a indeks Hirscha wg bazy Web of Science Core Collection -6 i Scopus 7.

Godne uwagi jest nawiązanie przez Kandydatkę szerokorozwiniętej współpracy z ośrodkami naukowymi krajowymi (Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH – dr hab. inż. Jacek Mucha, dr inż. Tomasz Bajda, dr inż. Grzegorz Rzepa, Wydział Inżynierii Mechanicznej i



Robotyki AGH – dr hab. inż. Jacek Feliks, Wydział Mechaniczny Politechnika Opolska – dr inż. Marta Bożym, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechnika Poznańska – dr hab. inż. Bartosz Ceran, dr inż. Robert Wróblewski, mgr inż. Jacek Roman) oraz współpraca z sektorem gospodarczym (Kopalnia Soli „Wieliczka S.A. – Krzysztof Brudnik, Kajetan d’Obyrn, Zakłady Górnicze „Trzebionka” S.A. – Bogusław Włodarczyk, Tadeusz Kurek, Andrzej Kryza, Tauron Wydobycie S.A. Jaworzno- Krzysztof Paw i EP Coal Trading Polska S.A. Czechowice-Dziedzice – Marek Wiencek). Efektem współpracy z uczelniami oraz sektorem gospodarczym było 20 artykułów naukowych.

Istotnym osiągnięciem Kandydatki do stopnia naukowego dr habilitowanego jest Jej aktywny udział w realizacji dwóch projektów z dziedziny geologii pt. „Ocena przydatności rud darniowych jako naturalnych sorbentów związków toksycznych w niektórych technologiach ochrony środowiska” (lata realizacji 2002-2004 – współautor i „Prognoza oddziaływania na środowisko wyeksploatowanych złóż rud cynku, ołowiu i arsenu” (lata realizacji 2003-2005) – współautor, Finansowanie: Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Z dorobku Habilitantki po doktoracie na szczególne podkreślenie zasługują prace dotyczące m.in. zastosowania odpadów energetycznych w ograniczaniu migracji zanieczyszczeń ze składowisk odpadów górniczych, wykorzystania wód podziemnych jako dolnego źródła dla pomp ciepła, zastosowanie naturalnych i modyfikowanych rud darniowych jako potencjalnych sorbentów jonów metali ciężkich z wód i ścieków, zastosowania zanieczyszczonych wód powierzchniowych jako



niskotemperaturowego źródła ciepła w systemach grzewczych, zabezpieczenia środowiska gruntowo-wodnego w procesie zamykania odpadów komunalnych oraz wykorzystania mułów węglowych do uszczelniania odpadów komunalnych. Prace te mają dużą wartość aplikacyjną.

Przedstawiona do oceny rozprawa habilitacyjna dr inż. Beaty Kłojzy-Karczmarczyk pt. „Charakterystyczne wskaźniki oddziaływania na środowisko wyznaczone dla rtęci i azbestu w wybranych grupach odpadów” składa się z cyklu 11-tu powiązanych tematycznie artykułów (w tym jednego monautorskiego) w następujących czasopismach: Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego -1, 20 pkt. całkowita, Gospodarka Surowcami Mineralnymi - Mineral Resources Management -4, od 15 pkt/100 pkt. całkowita do 100 pkt. całkowita, IF=0.9-0.938, Inżynieria Mineralna – Journal of the Polish Mineral Engineering Society -2, 9 pkt./40 pkt. całkowita, Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal -1, 6pkt./ 20 pkt. całkowita, Rocznik Ochrona Środowiska -1, 15 pkt./40 pkt. całkowita i Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN -2, 9 pkt./ 15pkt. całkowita opublikowanych w latach 2011-2022 uzupełnionych autoreferatem, który zawiera opracowanie obejmujące zwięzłe wprowadzenie i omówienie osiągniętych rezultatów badań. **Z załączonych oświadczeń współautorów wynika w sposób jednoznaczny wiodący udział Habilitantki w realizacji w/w prac. Jest ona pierwszym autorem oraz autorem korespondencyjnym wszystkich artykułów wchodzących w skład rozprawy habilitacyjnej**

Celem przedstawionej do recenzji rozprawy habilitacyjnej było opracowanie wskaźników oddziaływania na środowisko w gospodarce



odpadami wydobywczymi oraz w gospodarce z odpadami zawierającymi azbest i określenie dla nich wartości charakterystycznych. W literaturze brak jest jednoznacznej oraz powszechnie stosowanej definicji wskaźnika. Zaproponowany przez Habilitantkę termin „wskaźnik” odnosi się do wielkości parametrów charakterystycznych dla wybranej grupy i rodzajów odpadów. Będą one służyć zarówno do oceny stanu środowiska jak i jego zagrożenia w wyniku działań związanych z gospodarką odpadami. Z tego powodu Habilitantka określiła zmienność zawartości rtęci w odpadach wydobywczych górnictwa węgla kamiennego (w przypadku wybranych rodzajów odpadów) oraz wskazała na potencjalne generowanie odpadów zawierających azbest w trakcie likwidacji materiałów budowlanych. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że wielkość zaproponowanych wskaźników oddziaływania na środowisko określono w oparciu o rezultaty wieloletnich badań Habilitantki prowadzone zarówno w warunkach terenowych jak i laboratoryjnych. **Prace habilitacyjną można podzielić na dwie części. Część pierwszą dotyczącą zawartości rtęci w wybranych rodzajach odpadów wydobywanych węgla kamiennego z obszaru GZW (oparta o 5 publikacji BKK1 do BKK5) oraz część drugą określającą potencjalne wytwarzanie odpadów zawierających azbest (oparta o 6 publikacji BKK6 do BKK11).**

Zawartość rtęci w węglu kamiennym pochodzącym z różnych źródeł kształtuje się najczęściej na poziomie od 0.03 do 0.3 mg/kg. Habilitantka w artykule BKK-1 określiła zawartość rtęci w około 100 próbkach węgla kamiennego pobranych z pokładów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wytypowane do badań pokłady (35 pokładów z 17 kopalni) reprezentują różne



ogniwa litostratygraficzne (warstwy libiąskie, łaziskie, orzeskie, rudzkie, siodłowe, porębskie i jałowieckie). Uzyskane wyniki analiz rtęci wykazały jej zróżnicowaną zawartość w całym badanym materiale. Stwierdzono, że zawartość rtęci całkowitej we wszystkich badanych próbkach węgla kamiennego mieści się w granicach od 0.0029 do 0.3026mg/kg. **Jak wynika z danych literaturowych zawartości rtęci w próbkach pochodzących z podobnych genetycznie złóż różnią się nawet o kilka rzędów wielkości, co obserwowane jest przede wszystkim w obrębie warstw łaziskich oraz rudzkich. Wykazano, brak wyraźnego zróżnicowania zawartości rtęci w podziale na część wschodnią oraz centralną i zachodnią eksploatacji. Stwierdzono, że średnia zawartość rtęci w próbkach pobranych z 17 kopalni GZW mieści się w granicach od 0.0331 do 0.1589 mg/kg. Nie wykazano zależności pomiędzy uśrednioną zawartością rtęci w węglu kamiennym z poszczególnych kopalni a przynależnością lito- stratygraficzną eksploatowanych pokładów.** Przedmiotem kolejnego artykułu BKK-2 było określenie zawartości rtęci oraz siarki w formie całkowitej i wymywanej w profilu hałdy górniczej, jaka pozostała po zamkniętej kopalni węgla KWK „Siersza” w Trzebini. Czas sezonowania odpadów przekracza w tym miejscu 15 lat. Odpady węglowe do analiz pobierano w przypowierzchniowym odcinku profilu hałdy z dwóch przedziałów od 0.2 do 0.3 m p.p.t. i 0.4 do 0.7 m p.p.t. Wykazano, że całkowita zawartość siarki w odpadach zdeponowanych na hałdzie osiąga uśrednioną wartość na poziomie 1.67 oraz 4.35% w zależności od głębokości poboru. Stwierdzono, że uśredniona zawartość siarczanów w wyciągach wodnych kształtuje się na poziomie ok. 1500mg/dm³ i w większości przypadków przekracza warunki jakie należy spełnić przy wprowadzaniu



ścieków do wód lub ziemi. Zwiększenie zawartości siarczanów w odpadach oraz ich wysoka wymywalność jest wynikiem procesów chemicznych zachodzących w bryle zwałowiska na przestrzeni czasu. **Wykazano, że obecność rtęci na przestrzeni lat ulega nieznacznej zmianie, a jej wymywalność pozostaje na podobnym poziomie jak dla węgla kamiennych oraz odpadów górniczych pochodzących bezpośrednio z produkcji.** W węglach oraz odpadach węglowych rtęć występuje w wielu formach. Większość związków rtęci w węglach (60-70%) występuje w połączeniach z siarką w postaci domieszek do pirytu oraz jako siarczki rtęci. Ponadto rtęć (w ilościach 40-30%) występuje jako składnik frakcji organicznej węgla. **Brak korelacji pomiędzy występowaniem w próbkach siarki oraz rtęci jest przypuszczalnie spowodowany dużym zróżnicowaniem związków rtęci w węglach i odpadach węglowych oraz występowaniem odmiennych procesów decydujących o przemianach związków rtęci oraz siarki.** W pracy BKK-3 określono wymiary minimalne dla frakcji materiału skalnego spełniające określone wartości pod kątem zawartości rtęci, powyżej której materiał można uznać za bezpieczne kruszywo przeznaczone do wypełniania wyrobisk poeksploatacyjnych. Badaniami laboratoryjnymi objęto materiał odpadowy pochodzący z produkcji jednej z kopalni węgla kamiennego. Analizie poddano zarówno muły węglowe jak i 13 prób kruszywa, po czym rozdzielono je na 15 frakcji ziarnowych. Wykazano wysokie zróżnicowanie zawartości rtęci we wszystkich frakcjach wydzielonych z pobranych 13 prób kruszyw. Stwierdzono tendencję zmniejszania zawartości rtęci wraz ze wzrostem wielkości ziaren. **Wartości średnie zawartości całkowitej rtęci zmniejszają się od 0.4030mg/kg dla frakcji najdrobniejszej (0-6mm) do 0.0291mg/kg dla**



frakcji najgrubszych (120-200mm). Wykazano, że usunięcie z odpadowego materiału skalnego frakcji poniżej 8mm zdecydowanie podnosi jego jakość. Przedmiotem artykułu BKK-4 były badania całkowitej zawartości oraz wielkości wymywania rtęci z odpadów górniczych węgla kamiennego, gruntów piaszczystych i osadów dennych. Z przeprowadzonych oznaczeń wynika że, rtęć z w/w odpadów może w określonych warunkach przechodzić do roztworu. Określono poziom wymywania rtęci z danego materiału. Wykazano, że w gruntach z okolic południowej obwodnicy Krakowa poziom wymycia rtęci kształtuje się w granicach od 2.7 do 14% przy średniej wartości 6.8%. W przypadku gruntów piaszczystych nie stwierdzono istotnych różnic w udziale form wymywalnej rtęci. **Wykazano, że najwyższą zmiennością udziału form wymywalnej rtęci charakteryzują się osady denne (od 0.5 do 20.3%, przy średniej wartości 7.4%).** Stwierdzono, że odpady z bezpośredniej produkcji np. kruszywa oraz muły węglowe wykazują udział form wymywalnej rtęci na poziomie od 0.6 do 2.4%, przy średniej wartości 1.5%. W przypadku odpadów zwietrzałych udział form wymywalnej rtęci wzrasta do 7.3%. Wykazano na podstawie przeprowadzonych badań, że poziom wymycia rtęci kształtuje się dla analizowanych w/w próbek środowiskowych w szerokim przedziale od 0.5 do 20.3% przy czym średnia wartość dla rtęci wynosi ok. 6%. Stwierdzono, że charakterystyka procesu wymywania jest zróżnicowana dla różnych grup badanego materiału, co świadczy o odmienności procesów kształtujących uzyskane wartości. Wykazano, że podstawowe znaczenie mają czynniki takie jak rodzaj i pochodzenie próbek oraz ich skład granulometryczny. Stwierdzono, że osady denne charakteryzują się najmniejszym ziarnem i największą powierzchnią właściwą, zawierają najwięcej rtęci całkowitej. W rozdziale BKK-



5 określono zawartość całkowitą rtęci oraz wielkość jej wymywania w przypadku 16 próbek takich materiałów jak węgiel kamienny, kruszywa-skała płonna oraz muły węgla kamiennego. Badania wymywalności rtęci prowadzono w różnych warunkach pH środowiska. Wymywalność w warunkach neutralnych określono zgodnie z obowiązującą normą, natomiast w kwaśnych w oparciu o metodę TCLP. Stwierdzono, że w próbkach węgla kamiennego zawartość rtęci całkowitej kształtuje się na poziomie od 0.0384 do 0.1049 mg/kg, a wielkość wymycia wynosi ok. 2.6%. Wykazano, że w kwaśnym środowisku wielkość wymycia rtęci zwiększa się do wartości 4.1%. Kruszywa charakteryzują się zawartością rtęci całkowitej w frakcji najdrobniejszej < 6mm (do 0.4564 mg/kg) i znacznie mniejszą we frakcji 80-120mm (do 0.1006 mg/kg), a udział formy wymywalnej rtęci jest na poziomie 1.4-2.2%. Stwierdzono, że przy obniżaniu wartości pH do ok. 3 wielkość wymywania zwiększa się do 1.7-3.2%. Muły węglowe zawierają rtęć całkowitą na poziomie 0.1368-0.2178 mg/kg, a udział formy wymywalnej wynosi ok. 1.8%. Wykazano, że przy obniżeniu pH udział ten osiąga wartość ok. 3%. **Habilitantka wykazała, że rtęć i jej zawartość w formie całkowitej i wymywalnej jest parametrem charakterystycznym dla odpadów wydobywczych i powinna być również analizowana w glebach i środowiskach gruntowo-wodnych. Zawartość tego pierwiastka i jego formy pozwala na całościowe określenie jakości zarówno odpadu jak i środowiska dopiero w połączeniu z innymi wielkościami charakterystycznych wskaźników wytypowanych dla odpadów wydobywczych.** Podstawowe znaczenie dla procesu wymywania rtęci z materiału mają czynniki takie jak rodzaj i pochodzenie próbek, ich skład granulometryczny, wartość pH w procesie wymywania, czas sezonowania oraz procesy wietrzenia materiału.



Godnym szczególnego podkreślenia jest fakt, że Habilitantka po raz pierwszy w literaturze krajowej wskazała na występowanie wzrostu wielkości wymywania rtęci roztworem wodnym o pH 3 z odpadów wydobywczych górnictwa węgla kamiennego.

Część druga habilitacji dotyczy wskaźników określających potencjalne wytwarzanie odpadów zawierających azbest i ich znaczenie. Azbest to nazwa minerałów włóknistych z grupy amfiboli (amozyt, krokidolit) i serpentynitów (chryzotyl), które są uwodnionymi krzemianami żelazomagnezowymi niekiedy zawierającymi Na(I), Ca(II), Ni(II) i Mn(IV). Najczęściej stosowany w przemyśle (80-85%) był chryzotyl uwodniony krzemian magnezu $Mg_3[Si_2O_5](OH)_4$ (azbest biały). Jedną z najważniejszych właściwości azbestu jest duża odporność na działanie wysokich temperatur (temperatura rozkładu i temperatura topnienia to ok. 1673K). Ważnymi zaletami azbestu są także właściwości termoizolacyjne i dźwiękochłonne, wytrzymałość na rozciąganie, elastyczność, a także odporność na działanie kwasów, alkaliów i wody morskiej. Azbest ze względu na swoje właściwości był stosowany w budownictwie, energetyce, transporcie, przemyśle lotniczym i stoczniowym, przemyśle chemicznym oraz innych gałęziach przemysłu. Największe zastosowanie znalazł azbest w budownictwie do produkcji płyt azbestowo-cementowych stosowanych m.in. jako pokrycia dachowe i elewacyjne, ściany osłonowe, ściany działowe, osłony ścian szybów windowych, wentylacyjnych i instalacyjnych oraz rur azbestowo-cementowych stosowanych w instalacjach wodociągowych i jako przewody kominowe lub zsykowe. Narażenie na pył azbestowy może być przyczyną wielu chorób. Do najważniejszych z nich m.in. należą pylica azbestowa, rak płuc, międzybłoniak opłucnej oraz przewlekłe obturacyjne



zapalenie oskrzeli. Z tej przyczyny od 10 lipca 1997 roku w Polsce obowiązuje całkowity zakaz produkcji materiałów zawierających azbest. Dlatego rozpoczęto długotrwały proces usuwania azbestu z terytorium całego kraju, co prowadziło do generowania niebezpiecznych odpadów. Obecnie powszechnie stosowanym sposobem przetwarzania takich odpadów jest ich unieszkodliwienie poprzez składowanie na specjalnie zaprojektowanym składowiskach (np. składowanie w uszczelnionych oddzielnych komorach pokrytych i izolowanych zarówno od siebie jak i od środowiska). Składowiska odpadów azbestowych nie mają negatywnego wpływu na środowisko przyrodnicze i człowieka. Znane są alternatywne sposoby unieszkodliwiania azbestu takie jak: obróbka termiczna prowadząca do zniszczenia jego włóknistej struktury za pomocą metod konwencjonalnych lub promieniowania mikrofalowego, zeszkliwienie i stapianie jego włókien z topnikami lub techniką plazmową, obróbka mechanochemiczna z zastosowaniem wysokoenergetycznych urządzeń mielących oraz obróbka chemiczna polegająca na roztwarzaniu jego włókien w kwasie siarkowym lub szczawiowym. Jak wynika z danych literaturowych najniższe koszty utylizacji azbestu ponoszone są podczas obróbki mechanochemicznej. W kraju usuwanie azbestu zaplanowane jest do 2032, proponowane działania wytyczono w następujących programach takich jak: Program usuwania azbestu i wyrobów zawierających azbest stosowanych na terytorium Polski Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2022 oraz Program oczyszczania kraju z azbestu na lata 2009-2032 Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2010. Według danych zgromadzonych w Bazie Azbestowej na koniec 2023 roku zinwentaryzowanych było 8643 tys. Mg wyrobów zawierających azbest, w tym 7850 tys. Mg wśród obiektów należących do osób



fizycznych. **Dotychczas unieszkodliwiono 20% wszystkich zinwentaryzowanych odpadów zawierających azbest.** Zespół Habilitantki od 2011 roku prowadzi szeroko zakrojone badania diagnozy stanu i analizy dotyczącej materiałów zawierając azbest. Wśród szerokiej gamy takich materiałów największy udział mają wyroby azbestowo-cementowe stosowane jako pokrycia dachowe i elewacje. Inwentaryzacje prowadzono w warunkach terenowych dla wszystkich obiektów z wbudowanymi materiałami zawierającymi azbest m.in. obiektów gospodarstw indywidualnych, obiektów we władaniu gmin oraz obiektów należących do podmiotów gospodarczych. W artykule BKK-6 przedstawiono rezultaty inwentaryzacji wyrobów zawierających azbest obejmujących 17 gmin o charakterze wiejskim i miejskim. Są to gminy, które zostały zinwentaryzowane na obszarze województwa opolskiego oraz łódzkiego. Wybrany do badań obszar wiejski z województwa opolskiego charakteryzuje się niskim udziałem wyrobów zawierających azbest w odniesieniu do liczby mieszkańców. **Habilitantka po raz pierwszy w krajowej literaturze naukowej zdefiniowała wskaźnik potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest.** W/w artykule wykazano, że uśredniona wartość wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest przez mieszkańca województwa świętokrzyskiego jest wysoka ok. 40.3m^2 , co daje masę 0.56Mg/M . W przypadku województwa małopolskiego uśredniony wskaźnik generowania odpadów przez jednego mieszkańca jest zdecydowanie niższy ok. 19.3m^2 , co daje masę 0.27Mg/M . Stwierdzono występowanie rozbieżności pomiędzy informacjami podawanymi w dokumentach planistycznych, a obserwacjami wielkości rzeczywistych w warunkach terenowych.



W kolejnym artykule BKK-7 oszacowano wskaźnik wytwarzania odpadów zawierających azbest dla wybranych obszarów miejskich. Artykuł ten obejmuje łączną analizę na obszarze 53 gmin, w tym 9 gmin o charakterze typowo miejskim, 27 gmin o charakterze wiejskim oraz 17 gmin o charakterze miejsko-wiejskim. Na podstawie rezultatów inwentaryzacji oraz liczby mieszkańców poszczególnych gmin o charakterze typowo miejskim określono ilość odpadów wytwarzanych przez jednego mieszkańca. Na obszarach miejskich wartość ta waha się od 0.3 do 18.8 m³/M. Wykazano, że dużo niższe ilości wytwarzanych odpadów zawierających azbest przypadają na jednego mieszkańca w dużych miastach, zaś wyższe wartości w małych miastach. Średnia wartość wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest przez jednego mieszkańca wsi, obliczona na podstawie analizowanych obszarów wynosiła 24m², co stanowi 0.26 Mg/M. Łącznie uzyskano dane o ilościach produktów zawierających azbest z 7 województw, z czego w przypadku 4 województw (podkarpackie, małopolskie, śląskie oraz świętokrzyskie) przeanalizowano więcej niż 3 obszary. W artykule BKK-8 określanie wskaźnika generowania odpadów azbestowych prowadzono dwoma sposobami: stosując wskaźnik arytmetyczny, gdzie każda z gmin (63) jest szacowana z taką samą wagą oraz jako wskaźnik wagowy, gdzie oszacowana wartość uśredniona uwzględnia wagi przypisane poszczególnym gminom związane z liczbą mieszkańców. Największą ilość odpadów azbestowych przypadającą na mieszkańca wykazano dla gmin lub obszarów wiejskich. **W kolejnym artykule BKK-9 zaproponowano wskaźnik potencjalnego wytwarzania odpadów azbestowych do szacowania zapotrzebowania na pojemność składowisk.** W/w artykule wykazano, że w Polsce istnieje ciągły niedobór miejsca do



składowania na poziomie 1750000m^3 . Wykazano, że najlepszymi warunkami do składowania odpadów azbestowych charakteryzuje się województwo świętokrzyskie. Habilitantka w artykule BKK-10 wykazała, że wielkości nagromadzania wyrobów azbestowo-cementowych na obszarach gmin poddawane w jednostkach pola powierzchni [m^2] zachowują swoją aktualność bez względu na okres ich użytkowania. Rozprawę habilitacyjną kończy artykuł BKK-11 dotyczący prób określania wartości wskaźników obrazujących tempo usuwania odpadów azbestowo-cementowych z terenu Polski. **Artykuł ten to pierwsza opublikowana analiza przedstawiająca tempo tego procesu w skali kraju.**

Moim zdaniem gdyby uzyskane wyniki przez Habilitantkę zostały zebrane w jednej monografii byłyby łatwiej dostępne dla specjalistów.

Uzyskane przez Kandydatkę wyniki świadczą o dobrej znajomości stosowanych metod analitycznych i umiejętności rozwiązywania problemów. Dużą wartością recenzowanej pracy jest obszerny materiał eksperymentalny dobrze osadzony w literaturze. Na szczególne podkreślenie zasługuje również to, że Habilitantka wskazuje na szerokie możliwości aplikacyjne uzyskanych wyników.

Przystępując do całkowitej oceny aktywności naukowej Habilitantki stwierdzam, że po doktoracie rozwinęła i powiększyła swój dorobek naukowy. Dr inż. Beata Kłojzy-Karczmarczyk przedstawiła rozprawę habilitacyjną spójną pod względem tematycznym, która prezentuje wyniki wnoszące istotny wkład do technologii utylizacji odpadów węglowych oraz materiałów azbestowych.

Reasumując uważam, że przedłożona do oceny rozprawa habilitacyjna zarówno w zakresie tematyki jak i sposobie podejścia do omawianych zagadnień



oraz osiągniętych rezultatów badań spełnia wymagania ustawowe stawiane tego typu pracom. Pracę habilitacyjną dr inż. Beaty Kłojzy-Karczmarczyk pod względem merytorycznym oceniam pozytywnie z następujących względów:

- 1. Wyboru istotnego zarówno z punktu widzenia poznawczego jak i przede wszystkim aplikacyjnego tematu badań**
- 2. Ilości uzyskanych wyników**
- 3. Możliwości wykorzystania uzyskanych rezultatów badań w technologiach utylizacji odpadów węglowych i azbestowych**

W mojej ocenie Habilitantka posiada niezbędną wiedzę potrzebną do prowadzenia twórczej pracy naukowej. Jest głęboko zaangażowanym w pracę dydaktyczną nauczycielem akademickim (liczne wykłady, promotorstwo 7 prac magisterskich oraz opiekunem praktyk studenckich i staży zawodowych dla 43 studentów z różnych uczelni) i dobrym organizatorem posiadającym umiejętność w nawiązywaniu współpracy naukowej zarówno z uczelniami jak i sektorem gospodarczym (efektem tej współpracy było 20 artykułów naukowych). Nie mam wątpliwości, że Habilitantka spełnia wymagania merytoryczne i formalne stawiane ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka przewidziane w ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym określone w art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 poz. 1571 z późniejszymi zmianami). Uwzględniając pozytywną ocenę osiągnięcia naukowego, aktywności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej wnioskuję o nadanie dr inż. Beacie Kłojzy-Karczmarczyk stopnia naukowego doktora



habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Dlatego przedkładam Radzie Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiskowa, Górnictwo i Energetyka IGSMiE PAN w Krakowie wniosek o dopuszczenie Pani dr inż. Beaty Kłojzy-Karczmarczyk do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Lublin 25.07.2025


prof. dr hab. Zbigniew Hubicki

