

**Uzasadnienie wniosku o nagrodę Prezesa Rady Ministrów za wyróżniającą się
rozprawę doktorską dr. inż. Tomasza Kotkowskiego
pt. „*Badanie procesów sorpcji – desorpcji dla karbonizatów popirolitycznych*”**

Zasady strategii zrównoważonego rozwoju, uznawanej powszechnie za jedyny racjonalny kierunek działań człowieka, można ująć w postaci następujących imperatywów: oszczędzanie surowców i energii, ograniczenia emisji zanieczyszczeń gazowych, produkcji ścieków i odpadów stałych. W poszukiwaniu trudnego kompromisu pomiędzy współczesnymi dążeniami do utrzymania i ciągłego poprawiania poziomu życia a naszymi powinnościami wobec przyszłych pokoleń musimy tworzyć nowe technologie, które ograniczają zużycie wyczerpywalnych zasobów energii i surowców oraz nie zanieczyszczają środowiska. Oprócz tworzenia zupełnie nowych technologii istotnym zagadnieniem jest też modyfikacja dotychczasowych sposobów produkcji oraz przetwarzania odpadów.

Do metod takich należy m.in. proces pirolitycznego przetwarzania odpadów gumowych, w tym przede wszystkim zużytych opon samochodowych. W związku z szybkim rozwojem motoryzacji lawinowo rośnie ilość zużytych opon, które stanowią bardzo uciążliwy odpad, a próby nieumiejętnego jego przetwarzania generują skażenia zagrażające środowisku i zdrowiu człowieka. Piroliza zużytych opon, czyli proces ich termicznego rozkładu w atmosferze beztlenowej, jest ekologicznym, a jednocześnie uzasadnionym ekonomicznie procesem pozwalającym na zagospodarowanie zużytych opon poprzez przetworzenie ich w użyteczne produkty: gaz popirolityczny, którego wartość opałowa jest na tyle duża, że umożliwia dostarczenie energii potrzebnej do prowadzenia pirolizy, olej popirolityczny, który może być źródłem użytecznych substancji (m.in. ksyleny, limonen) i dodatkiem do paliw oraz produkt stały – karbonizat (sadza popirolityczna), który może być wykorzystany jako półprodukt do produkcji opon i innych produktów gumowych, bądź jako sorbent, pigment itp.

Inżynieria chemiczna, jako dyscyplina naukowa zajmująca się praktycznymi aspektami prowadzenia procesów przetwarzania materii, ma szczególnie ważną rolę do odegrania w realizacji wspomnianej strategii zrównoważonego rozwoju, co można stwierdzić na podstawie obserwacji najnowszych dokonań w tej dyscyplinie. W przypadku wspomnianego procesu pirolizy odpadów gumowych, inżynieria chemiczna dostarcza narzędzi i metod, które oprócz optymalizacji samego procesu pirolizy, umożliwiają uszlachetnianie produktów pirolizy co podnosi wartość tych produktów oraz wpływa na atrakcyjność pirolizy jako metody zagospodarowania odpadów gumowych.

Modelową ilustracją wspomnianej roli inżynierii chemicznej w realizacji strategii zrównoważonego rozwoju jest rozprawa doktorska dr. inż. Tomasza Kotkowskiego zatytułowana „*Badanie procesów sorpcji – desorpcji dla karbonizatów popirolitycznych*”. Rozprawa ta została obroniona z wyróżnieniem na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej we wrześniu 2022 r.

Tematyka tej rozprawy dotyczy użytecznego zagospodarowania jednego z produktów ekologicznej utylizacji odpadów gumowych w procesie pirolizy, czyli karbonizatu. Ponieważ w produktach pirolizy udział karbonizatu stanowi ok. 45-55% masowych, dlatego poszukiwania metod uszlachetniania prowadzącego do podniesienia jego wartości i/lub poszerzenia zakresu jego wykorzystania są bardzo istotne dla efektywności ekonomicznej i ekologicznej utylizacji odpadów gumowych przez pirolizę.

W omawianej pracy doktorskiej przedstawiono wyniki badań podjętych przez dr. inż. Tomasza Kotkowskiego, które miały na celu aktywację (zwiększenie powierzchni właściwej) karbonizatu popirolitycznego i poszukiwanie metod jego zastosowania jako efektywnego adsorbentu lotnych związków organicznych (LZO). Sorpcja LZO umożliwia poprawę wskaźników ekologicznych procesów, w których ma miejsce emisja tych substancji. Do procesów tych należą m.in. przemysłowe lakierowanie powierzchni, polimeryzacja tworzyw sztucznych itp.

Dr inż. Tomasz Kotkowski zrealizował szeroki program naukowy, na który składały się badania metod fizycznej i chemicznej aktywacji karbonizatu popirolitycznego, a następnie badania procesów sorpcji i desorpcji LZO prowadzonych z tak zmodyfikowanym materiałem. Na szczególne podkreślenie zasługuje tu fakt zastosowania promieniowania mikrofalowego w procesach desorpcji. Ta nowatorska metoda, polegająca na dostarczaniu energii bezpośrednio do ziarna adsorbentu, umożliwia znaczące zwiększenie efektywności procesów desorpcji.

Program badawczy przeprowadzony podczas realizacji tej pracy doktorskiej obejmował zarówno prace eksperymentalne, jak i teoretyczne związane z modelowaniem badanych procesów. W rezultacie zaproponowano i zweryfikowano efektywną, kompleksową i nowoczesną metodę waloryzacji karbonizatu obejmującą: aktywację karbonizatu i wykorzystanie go jako sorbentu LZO. Sformułowano model procesów sorpcji-desorpcji umożliwiający opis tych procesów, poszukiwanie optymalnych warunków ich prowadzenia oraz wskazanie zasad powiększania skali.

Wyniki tych prac badawczych umożliwiają zastosowanie karbonizatu popirolitycznego do ograniczenia emisji lotnych związków organicznych (LZO) w praktyce przemysłowej – zarówno w dużych zakładach, jak i w małych przedsiębiorstwach działających w pobliżu miejsc zamieszkania. Pozwoli to ograniczyć emisję szkodliwych substancji chemicznych do atmosfery, poprawę warunków pracy na stanowiskach narażonych na tego rodzaju emisje oraz poprawę ekologicznych wskaźników zakładów produkcyjnych, w których w procesie produkcji emitowane są te substancje.

Znaczenie omawianej pracy doktorskiej podkreślały również Recenzentki rozprawy. W recenzji dr hab. inż. Elżbiety Gabruś, prof. uczelni znaleźć można m.in. następującą ocenę:
„Tematyka ocenianej pracy doktorskiej dotyczy aktualnych i rozwojowych możliwości ograniczenia emisji lotnych związków organicznych do atmosfery, istotna z punktu widzenia ochrony środowiska i zbieżna z ideą zrównoważonego rozwoju”
oraz

„Po dokładnym zapoznaniu się z pracą doktorską Pana mgra inż. Tomasza Kotkowskiego stwierdzam, że Doktorant wykazał się zaawansowaną wiedzą teoretyczną i praktyczną w dyscyplinie inżynieria chemiczna oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych i korzystania z nowoczesnych technik badawczych. Rozprawę doktorską Pana mgra Kotkowskiego oceniam pozytywnie i uważam, że wnosi ona nową wiedzę do dziedziny nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna”, natomiast w recenzji dr hab. inż. Katarzyny Bizon, prof. uczelni:

„Dobór zastosowanych metod badawczych jest dobrze przemyślany, a ich wszechstronny i wzajemnie uzupełniający się charakter w mojej opinii pozwolił na bardzo dogłębną analizę badanego podczas realizacji pracy doktorskiej zagadnienia, a w efekcie przyczynił się do pełnego zrealizowania celu rozprawy. Różnorodność zastosowanych metod stanowi potwierdzenie dużego doświadczenia i zaangażowania Doktoranta w pracę badawczą, jak również jest dowodem jego ogromnego potencjału w roli naukowca i eksperymentatora.

Sam zakres przeprowadzonych przez Doktoranta badań i w rezultacie ilość wyników zawartych w pracy jest również imponująca”.

Obie Panie Recenzentki podkreślały również, że rozprawa doktorska dr. inż. T. Kotkowskiego zawiera istotne elementy nowości naukowej oraz wyróżnia się wysokim poziomem merytorycznym i potencjałem do praktycznych zastosowań. Biorąc pod uwagę walory pracy oraz przebieg obrony doktoratu postawiły postulat wyróżnienia pracy. Komisja doktorska jednomyślnie podjęła uchwałę, w której wystąpiła do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Warszawskiej o nadanie stopnia doktora oraz wyróżnienie pracy. Rada jednomyślnie podjęła uchwałę o nadaniu stopnia doktora oraz przy jednym głosie wstrzymującym się – uchwałę o wyróżnieniu rozprawy doktorskiej dr. inż. Tomasza Kotkowskiego.

Na istotność tematyki poruszanej w rozprawie doktorskiej dr. inż. Tomasza Kotkowskiego oraz na światowe znaczenie uzyskanych przez niego wyników, wskazuje również duża liczba i jakość publikacji naukowych oraz udział w licznych krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. Dr inż. Tomasz Kotkowski z tej tematyki opublikował jako współautor 11 publikacji naukowych w czasopismach z listy JRC (raportowanych przez bazę WoS), a na konferencjach naukowych zaprezentował 18 prac własnych (z czego 7 na konferencjach zagranicznych). Należy nadmienić, że dwukrotnie otrzymał wyróżnienie za najlepszą prezentację oraz trzykrotnie za aktywny udział w dyskusji naukowej podczas tych konferencji.

O znaczeniu dla światowej społeczności naukowej wyników zawartych w rozprawie świadczą artykuły naukowe opublikowane w renomowanych dla dyscypliny czasopismach:

1. Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz: Adsorption of n-hexane on a low-cost adsorbent obtained from waste tyres and its microwave regeneration, *Chemical and Process Engineering*, 2022, 43(1), 57-80, DOI:10.24425/cpe.2022.140811, 100 punktów, IF(0,485);
2. Kuśmierek Krzysztof, Świątkowski Andrzej, Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz: Adsorption on activated carbons from end-of-life tyre pyrolysis for environmental applications. Part I. Preparation of adsorbent and adsorption from gas phase, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2021, 157, 1-15, DOI:10.1016/j.jaap.2021.105205, 100 punktów, IF(5,541);
3. Kuśmierek Krzysztof, Świątkowski Andrzej, Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz: Adsorption on activated carbons from end-of-life tyre pyrolysis for environmental applications. Part II. Adsorption from aqueous phase, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2021, 158, 1-15, DOI:10.1016/j.jaap.2021.105206, 100 punktów, IF(5,541);
4. Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz: Tyre-derived activated carbon – textural properties and modelling of adsorption equilibrium of n-hexane, *Chemical and Process Engineering*, 2020, 41(1), 25-44, DOI:10.24425/cpe.2019.130221, 100 punktów, IF(0,485);
5. Kuśmierek Krzysztof, Świątkowski Andrzej, Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz: Adsorption of bisphenol a from aqueous solutions by activated tyre pyrolysis char – Effect of physical and chemical activation, *Chemical and Process Engineering*, 2020, 41(2), 129-141, DOI:10.24425/cpe.2020.132536, 100 punktów, IF(0,485);
6. Kuśmierek Krzysztof, Świątkowski Andrzej, Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz: Adsorption properties of activated tire pyrolysis chars for phenol

and chlorophenols, *Chemical Engineering and Technology*, 2020, 43(4), 770-780, DOI:10.1002/ceat.201900574, 70 punktów, IF(1,728);

7. Kuśmierk Krzysztof, Świątkowski Andrzej, Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz: Zastosowanie aktywowanych pirolizatów zużytych opon do usuwania wybranych herbicydów z roztworów wodnych, *Przemysł Chemiczny*, 2020, 99(6), 905-910, DOI:10.15199/62.2020.6.15, 70 punktów, IF(0,464);
8. Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz: Acetone adsorption on CO₂-activated tyre pyrolysis char – Thermogravimetric analysis, *Chemical and Process Engineering*, 2018, 39(2), 233-246, DOI:10.24425/122946, 15 punktów, IF(0,759).

Ponadto dr inż. Tomasz Kotkowski jest autorem trzech innych artykułów naukowych, których tematyka wykracza poza treść doktoratu.

Wyniki prac prowadzonych w ramach doktoratu dr inż. Tomasz Kotkowski zaprezentował podczas następujących konferencji:

1. Międzynarodowej konferencji Młodych Naukowców „9th European Young Engineers Conference” (Wydział IChiP PW, 19-21.04.2021 r.; wygłoszony referat: „Comparison of physical and chemical activation of tyre pyrolysis char”; autorzy: Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz);
2. Krajowej konferencji Młodych Naukowców „Nowe trendy w badaniach naukowych. Edycja III” (Kraków, 26-28.02.2021 r.; wygłoszony referat: „Potencjalne zastosowanie karboniatu popirolitycznego do oczyszczania atmosfery z lotnych związków organicznych”; autor: Kotkowski Tomasz);
3. Krajowej konferencji dla doktorantów „Kopernikańskie E-seminarium doktoranckie” (Toruń, 7.09.2020 r.; wygłoszony referat: Potencjalne zastosowanie karbonizatu popirolitycznego do oczyszczania atmosfery z lotnych związków organicznych; autorzy: Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz);
4. Międzynarodowej konferencji „11th International Conference on Chemistry and Chemical Engineering 2020” (Cambridge, Wielka Brytania, 8-10.07.2020 r.; wygłoszony referat: „The use of activated tyre pyrolysis char for adsorption of volatile organic compounds”; autorzy: Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz);
5. Międzynarodowej konferencji Młodych Naukowców „8th European Young Engineers Conference” (Wydział IChiP PW, 8-10.04.2019r.; wygłoszony referat: „Adsorption of volatile organic compounds on activated tyre pyrolysis char”; autorzy: Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz);
6. Krajowej konferencji „Sorbenty mineralne 2019. Surowce, energetyka, ochrona środowiska, nowoczesne technologie” (Jerzmanowice k. Krakowa, 16-17.09.2019 r.; wygłoszony referat: „Aktywowany karbonizat popirolityczny jako adsorbent lotnych związków organicznych”; autorzy: Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz);
7. Krajowej konferencji „23rd Polish Conference of Chemical and Process Engineering” (Jachranka, 2-5.06.2019 r.; zaprezentowany plakat: „Physical activation of tyre pyrolysis char and adsorption equilibrium for n-hexane”; autorzy: Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz);
8. Krajowej konferencji „Dla Miasta i Środowiska - Problemy Unieszkodliwiania Odpadów” (Wydział IChiP PW, 26.11.2018 r.; wygłoszony referat: „Fizyczna aktywacja karbonizatu popirolitycznego”; autorzy: Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz);
9. Międzynarodowej konferencji Młodych Naukowców „7th European Young Engineers Conference” (Wydział IChiP PW, 23-25.04.2018r.; wygłoszony referat: „Physical

activation of end-of-life tyre pyrolytic char”; autorzy: Kotkowski Tomasz, Cherbański Robert, Molga Eugeniusz);

10. Międzynarodowej konferencji Młodych Naukowców „Baltic University Programme VI PhD Students Training – „Interdisciplinary-Multicultural-International” (Rogów, 25-29.11.2018 r., Rogów; wygłoszony referat: „Investigation of sorption-desorption processes with use of tyre pyrolysis char”; autor: Kotkowski Tomasz).

Prezentował także wyniki innych badań na 8 konferencjach.

Potwierdzenie aplikacyjności rezultatów prac zawartych w rozprawie doktorskiej stanowią opinie eksperckie: Dyrektora Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Chemii Przemysłowej im. Profesora Ignacego Mościckiego, dr. inż. Pawła Bieleckiego, Prezesa Zarządu firmy „Contec S.A.”, Pana Krzysztofa Wróblewskiego oraz Prezesa firmy „Janpol Technologie” Sp. z o. o., Jana Falkowskiego. O potencjale zrealizowanego doktoratu informuje także prof. dr hab. inż. Lechosław Garbarski z Akademii Leona Koźmińskiego, specjalista w dziedzinie ekonomii. W przytoczonych opiniach każdorazowo podkreślony został wybitnie nowatorski i innowacyjny charakter rozprawy doktorskiej, przy wysokim poziomie wiedzy teoretycznej autora w dyscyplinie inżynierii chemicznej. Praca zostaje porównana do wzorca, którego rezultaty mogą zostać wykorzystane w sferze gospodarczej.

Sporządzone rekomendacje w związku z wnioskiem o Nagrodę Prezesa Rady Ministrów za wyróżniającą się rozprawę doktorską autorstwa: prof. dr hab. inż. Hanny Kierzkowskiej-Pawlak, Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Łódzkiej oraz dr. hab. inż. Marka Ochowiaka, prof. Politechniki Poznańskiej oceniają wysoko zawartość merytoryczną rozprawy doktorskiej. Podkreślają duże znaczenie zawartych wyników dla otoczenia społeczno-gospodarczego.

Przedstawiony wniosek o Nagrodę Prezesa Rady Ministrów został pozytywnie zaopiniowany przez Radę Wydziału Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej oraz Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Warszawskiej.

Dr inż. Tomasz Kotkowski jest wybitnie uzdolnionym i pracowitym młodym badaczem Wydziału Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej. Dowodzą tego opinie: Kierownika Studiów Doktoranckich na wspomnianym Wydziale oraz Promotora rozprawy. Podczas wykonywania pracy doktorskiej dał on się poznać jako uzdolniony, dociekliwy, a jednocześnie bardzo samodzielny, systematyczny i obowiązkowy młody naukowiec. Dodatkowo wyróżniały go wielkie zaangażowanie w pracę badawczą, umiejętność prowadzenia eksperymentów i formułowania modeli matematycznych badanych procesów oraz wykonywania obliczeń numerycznych.

Należy podkreślić, że po uzyskaniu doktoratu dr inż. Tomasz Kotkowski uczestniczył aktywnie w pracach badawczych prowadzonych na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej – w realizacji grantu europejskiego (TITAN) oraz grantu w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój na lata 2014–2020 (INGA).

Reasumując, w świetle przytoczonych opinii eksperckich, rozprawa doktorska dr. inż. Tomasza Kotkowskiego ze względu na swoją nowatorską tematykę wpisującą się w realizację strategii zrównoważonego rozwoju oraz doskonałą realizację postawionego celu badawczego w ocenie Senatu Politechniki Warszawskiej w pełni zasługuje na tak prestiżowe wyróżnienie jakim jest Nagroda Prezesa Rady Ministrów.