

Dr hab. inż. Marcin Sajdak
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Ochrony Powietrza
Politechnika Śląska
Marcin.Sajdak@polsl.pl

Gliwice, 10.08.2021

Recenzja

pracy doktorskiej mgr. inż. Wojciecha Szulika pt. „System identyfikacji domieszek i dodatków w materiałach opalowych oraz odpadach powstałych w wyniku ich spalania”

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska została wykonana pod kierunkiem naukowym Pani dr hab. Iwony Jelonek (promotora pracy) oraz Pana dr. inż. Piotra Celarego (opiekuna pomocniczego) na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.

Rozprawa doktorska mgr inż. Wojciecha Szulika dotyczy problematyki ochrony powietrza, w ramach której doktorant skoncentrował się na zagadnieniu egzekwowalności zapisów Ustawy Prawo Ochrony Środowiska oraz lokalnych Uchwał antysmogowych. Ustawa ta wskazuje marszałka województwa, starostę, wójta, burmistrza lub prezydenta miasta jako odpowiedzialnych za kontrolę przestrzegania i stosowania przepisów o ochronie środowiska w tym przestrzegania zakazu spalania odpadów komunalnych w instalacjach do tego nieprzystosowanych m.in. w indywidualnych urządzeniach grzewczych. Spalanie odpadów komunalnych w urządzeniach do tego nieprzystosowanych stanowi istotne zagrożenie zarówno dla środowiska naturalnego jak i dla zdrowia człowieka. Nielegalne unieszkodliwianie odpadów poprzez ich spalanie poza instalacjami do tego przystosowanymi powoduje nie tylko emisję do atmosfery szkodliwych i kancerogennych związków organicznych takich jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) czy też dioksyny i furany, ale również przyczynia się do wzrostu stężenia metali ciężkich, WWA, dioksyn i innych związków organicznych w środowisku wodnym poprzez ich wymywanie z odpadu paleniskowego powstałego w skutek spalania odpadów w indywidualnych urządzeniach grzewczych. Dlatego też ważnym elementem przeciwdziałania powstawania powyżej zdefiniowanych emisji jest prowadzenie kontroli urządzeń grzewczych opalanych paliwami stałymi zainstalowanych w obiektach prywatnych oraz w firmach.

Ustawodawca niestety nie wskazał odpowiednich metod, które powinny być stosowane celem wykrycia i potwierdzenia spalania odpadów w indywidualnych urządzeniach grzewczych, dlatego też

laboratoria badawcze i analityczne starają się pracować nad opracowaniem wiarygodnych metod, które można wykorzystać do tego celu. Rozważania doktoranta poszły właśnie w tym kierunku.

Celami przedłożonej do recenzji pracy doktorskiej było wskazanie grupy właściwości fizykochemicznych, makroskopowych i mikroskopowych odpadów paleniskowych oraz paliw stałych, które pozwolą z określoną pewnością wskazać czy badane paliwo nie zawierało niedozwolonych substancji (odpadów) oraz czy złamano zakaz spalania odpadów w indywidualnych urządzeniach grzewczych. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że badania wykonywane przez doktoranta były prowadzone w ramach I edycji programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt. „Doktorat wdrożeniowy”. Tym samym należy podkreślić walory praktyczne pracy, w ramach której doktorant opracował możliwy do wdrożenia w praktyce firmy system identyfikacji dodatków, domieszek zarówno w materiałach opałowych jak i produktach ich spalania.

W ramach nadrzędnego celu pracy doktorant wyróżnił sześć szczegółowych zadań badawczych dotyczących opracowania katalogu zanieczyszczeń występujących w odpadach paleniskowych; określenia wpływu zidentyfikowanych zanieczyszczeń na uzyskane wartości parametrów fizykochemicznych; opracowania metod mikroskopowych umożliwiających zidentyfikowanie skatalogowanych zanieczyszczeń; wskazanie punktów decyzyjnych w zakresie postępowania z obiektami badawczymi nieznanego pochodzenia; wskazanie grup właściwości fizykochemicznych, struktur makroskopowych i mikroskopowych paliw stałych i produktów ich spalania; zaimplementowanie rozwiązania w świadomości jednostek samorządu terytorialnego oraz pozostałych interesariuszy. Zadania te tworzą logiczny układ oraz ściśle odnoszą się do opracowywanego systemu identyfikacji dodatków, domieszek zarówno w materiałach opałowych jak i produktach ich spalania.

Cel główny rozprawy i zaplanowane do realizacji zadania badawcze powinny znaleźć odzwierciedlenie w sformułowanych pytaniach badawczych. Pytania te są odpowiedzią na problem badawczy postawiony w temacie. Z kolei tematem pracy jest: „System identyfikacji domieszek i dodatków w materiałach opałowych oraz odpadach powstałych w wyniku ich spalania”. W tym kontekście zadane pytania badawcze, tj. że „znane są dodatki pochodzenia odpadowego wykorzystywane do lokowania w procesie produkcji paliw stałych oraz wykorzystywane w procesach spalania realizowanych z wykorzystaniem indywidualnych urządzeń grzewczych; metody mikroskopowe umożliwiają identyfikację struktur pierwotnych pochodzenia odpadowego w paliwach stałych i produktach ich spalania; dzięki zastosowaniu metod mikroskopowych zwiększy się czułość systemu identyfikacji; rozwinięcie posiadanej bazy danych w zakresie badań fizykochemicznych pozwoli na wzrost jakości i poprawności zastosowanego systemu; dużym wyzwaniem i problemem dla jednostek samorządu terytorialnego jest istnienie na terenie ich gmin problemu niskiej emisji związanego z stosowaniem paliw zakazanych oraz spalaniem odpadów; naświetlanie problematyki zjawiska poprzez badania ankietowe zwiększy świadomość społeczną w obszarze prowadzonych badań; najczęściej spalanymi odpadami są odpady komunalne pochodzące z indywidualnych gospodarstw

domowych”, są w większości twierdzeniami, z którymi można się zgodzić, a tylko część z nich wymagałaby dowodu.

Pytania te są sformułowane dość ogólnie, co pozostawia pewien niedosyt informacji, które nie dają odpowiedzi na pytanie, na podstawie jakich, prócz metod mikroskopowych będzie oparty proponowany przez Autora system.

Treść rozprawy podzielona jest na trzy główne rozdziały dotyczące badań prowadzonych w ramach pracy doktorskiej, uzyskanych wyników oraz ich omówienia, które Autor poprzedził rozdziałem wprowadzającym do problematyki złej jakości powietrza w Polsce, a zakończył rozdziałem podsumowującym przeprowadzone prace.

Część wstępna pracy stanowi przegląd stanu wiedzy m.in. dotyczącej stanu jakości powietrza w Polsce, czynników wpływających na ten stan, jak również przegląd obecnie istniejących rozwiązań dotyczących problemu podnoszonego w niniejszej rozprawie oraz uwarunkowań prawnych związanych z koniecznością kontroli indywidualnych urządzeń grzewczych. W tej części pracy jedynie niewielki fragment poświęcony jest związkowi podjętego problemu z innymi pracami, jednakże jest to zrozumiałe biorąc pod uwagę komercyjny charakter takich rozwiązań, a co za tym idzie oszczędność w szerszym propagowaniu informacji dotyczących opracowanych przez inne zespoły rozwiązań.

Zasadniczą część pracy stanowi sformułowanie problemu i sposób jego rozwiązania zawarte w rozdziale Cele i tezy pracy, opis obiektów badań oraz wyszczególnienie metod jakimi były analizowane (Roz. Badania przeprowadzone na potrzeby rozprawy doktorskiej) oraz wyniki badań wraz z ich omówieniem i oceną proponowanych rozwiązań (Roz. Wyniki badań, Omówienie wyników badań).

Nie będę streszczać przeprowadzonych badań, sam ich zakres oraz ilość poddanych badaniu obiektów jest dość szeroki i obejmuje pełny wachlarz paliw stałych zarówno kopalnych jak i alternatywnych oraz ubocznych produktów ich spalania. Badania wybranych obiektów obejmowały badania morfologiczne (makroskopowe i mikroskopowe), badania fizykochemiczne były wykonywane w laboratorium posiadającym akredytację PCA i w znakomitej większości przypadków badania były prowadzone metodami znormalizowanymi. Baza danych uzyskana w wyniku prowadzonych badań makroskopowych składała się z ponad 1200 próbek rzeczywistych, pobranych z indywidualnych urządzeń grzewczych i dzieliła zbiór danych na podstawie wskaźnika DMD na dwie grupy (morfologia mocna i morfologia słaba) opisywane rodzajem odpadów w nich występujących.

W przypadku badań mikroskopowych Autor przygotował katalog zdjęć mikroskopowych zanieczyszczeń mogących występować w odpadach paleniskowych. Odpady scharakteryzowane przez Autora podobnie jak w przypadku analizy makroskopowej zostały podzielone na dwie grupy (morfologia mocna i morfologia słaba) pozwalające w przypadku obecności odpadów należących do grupy morfologii mocnej na zakwalifikowanie badanego odpadu paleniskowego jako uzyskanego w skutek spalania odpadów. W przypadku braku cech charakterystycznych dla grupy morfologii mocnej Autor w prezentowanych badaniach przewidział wykorzystanie właściwości fizykochemicznych

badanych odpadów paleniskowych jako markerów (indykatorów) wskazujących na spalanie bądź współspalanie odpadów w indywidualnych urządzeniach grzewczych. Do oceny właściwości badanych odpadów paleniskowych pod względem fizykochemicznym wykorzystał skład pierwiastkowy (16 parametrów) oraz tlenkowy (9 parametrów). Badania właściwości fizykochemicznych zostały przeprowadzone dla 173 próbek odpadów paleniskowych pochodzących z ze spalania wyłącznie paliw stałych (kopalnych i alternatywnych) oraz pochodzących ze współspalania paliw stałych z odpadami.

Ocena wartości naukowej rozprawy

Rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego oraz powinna wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną autora w danej dziedzinie jak i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Dodatkowo biorąc pod uwagę charakter programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt. „Doktorat wdrożeniowy”, w ramach którego niniejsza rozprawa została przygotowana. Uważam, że te najważniejsze wymogi spełnia zarówno recenzowana praca, jak i kandydat na doktora. Rozprawa ma charakter pracy metodologicznej ukierunkowanej na opracowanie nowego systemu identyfikacji domieszek i dodatków w materiałach opałowych oraz odpadach powstałych w wyniku ich spalania. Część teoretyczna zajmuje 43 strony pracy przy ogólnej ilości 125 stron. Spis bibliografii obejmuje 184 pozycji w tym większości z lat 2015 – 2020. Od strony formalnej objętość mieści się w standardach prac doktorskich. Cenną umiejętnością Autora jest zwięzłe formułowanie myśli, brak przerostu formy nad treścią oraz jasne formułowanie wniosków i prezentowanie wyników prowadzonych badań.

Dane uzyskane w czasie prowadzonych badań Autor poddał analizie wykorzystując metodę wariacji (ANOVA) oraz test statystyczny Tukey'a. Pozwoliło to Autorowi określić zmienność wewnątrz grupową dla poszczególnych parametrów fizykochemicznych i wybrać te, których wartości istotnie statystycznie różnią się ze względu na rodzaj analizowanej próbki (zanieczyszczona/niezanieczyszczona). Wprowadzając warunki brzegowe dla zmienności danych w poszczególnych grupach badanych próbek odpadów paleniskowych Autor wskazał sześć parametrów, które wstępnie mogłyby zostać wykorzystane na przeprowadzenie dyskryminacji. Słusznym krokiem było również wprowadzenie wartości progowych dla stężeń badanych pierwiastków/związków związanych z możliwym wykorzystywaniem m.in. katalizatorów spalania wykorzystywanych do oczyszczania przewodów kominowych zawierających np. siarczan (IV) miedzi. Wszystkie te działania pozwoliłyby finalnie Autorowi na opracowanie modelu decyzyjnego pozwalającego usprawnić identyfikację procesu współspalania odpadów zarówno w ujęciu samego procesu oceny jak i kosztów z nim związanych. Przeprowadzony dobór parametrów klasyfikacyjnych oraz walidacja algorytmu pozwoliła uzyskać znakomite wyniki wiarygodności i skuteczności opracowanego modelu wynoszące 100%.

W tym miejscu chciałbym zwrócić jednak uwagę na jedną kwestię. Dążenie do jak najwyższych wartości dokładności, skuteczności i wiarygodności jest istotne, jednakże należy pamiętać, aby nie dopuścić do tzw. przeuczenia algorytmu, który w danym momencie traci właściwości predykcyjne dla zewnętrznych obiektów badania.

W tym przypadku populacja odpadów paleniskowych na podstawie, której wykonano analizy fizykochemiczne była dość niewielka (25 próbek). Siłą opracowanego algorytmu jest fakt, że korzysta on z kilku różnych metod, co pozwala na zmniejszenie ryzyka przeuczenia. Nie mniej jednak sugeruje przyglądać się parametrom jakościowym algorytmu w zakresie klasyfikacji na podstawie właściwości fizykochemicznych próbek stałych odpadów paleniskowych.

Uwagi do pracy

Praca napisana jest poprawnym językiem, choć nie jest wolna od pewnych drobnych niedociągnięć (literówki, interpunkcja, styl), ale mają one marginalny charakter. Zasadnicza część pracy poświęcona realizacji postawionego celu, tj. opracowaniu systemu identyfikacji domieszek i dodatków w materiałach opałowych oraz odpadach powstałych w wyniku ich spalania jest bardzo mocną stroną pracy. W tym miejscu chciałbym zwrócić uwagę na kilka kwestii i zadać parę pytań:

- Str. 34 Tabela 4 – wskazano wybrane grupy odpadów zgodnych z katalogiem odpadów wskazanych w rozporządzeniu, brakuje jednak wskazania na grupę odpadów ściśle związanych z tematyką pracy, a mianowicie ex 20 01 99 Popioły z gospodarstw domowych. Brak tej grupy nie wpływa na pracę, jednakże zastanawiam się czy kod ten nie jest istotny z punktu widzenia dokumentacji (raportów) z badań prowadzonych w laboratorium posiadającym akredytację?
- Str. 56 – w pracy wspomina się o opracowanym katalogu „Obrazy wzorców dodatków/domieszek wykonane w świetle odbitym. Niestety brak jest informacji jak obszerny jest ten katalog, i czy jest dostępny wyłącznie dla pracodawcy, z udziałem którego niniejszy doktorat wdrożeniowy został przygotowany?
- Walidacja modelu została zaledwie lekko zakomunikowana w ostatniej części pracy. Brak jest informacji jaką metodą walidację prowadzono. Czy informacje te podobnie jak w przypadku wyników analiz fizykochemicznych należały do danych wrażliwych przedsiębiorstwa?

Podsumowanie

Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska jest opracowaniem oryginalnym o wysokiej wartości poznawczej. Wyniki oparto na analizie bogatej bazy danych właściwości fizykochemicznych odpadów paleniskowych, jak również bazy zdjęciowej. Autor postawił sobie jasne cele i sprawnie je zrealizował czego dowodem jest recenzowana praca.

Opiniując pozytywnie recenzowaną pracę doktorską pt.: „System identyfikacji domieszek i dodatków w materiałach opałowych oraz odpadach powstałych w wyniku ich spalania” stwierdzam, iż spełnia ona wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą aktualnie w Polsce Ustawę o Stopniach i Tytule Naukowym i wnoszę o dopuszczenie Pana mgr. inż. Wojciecha Szulika do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Uważam, również, że praca doktorska kwalifikuje się do wyróżnienia.

Marcin Sajdak