

prof. dr hab. inż. Grzegorz Wielgosiński
Politechnika Łódzka
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Arkadiusza Primusa

pt.: „Analiza możliwości wdrożenia zintegrowanego modelu gospodarki odpadami w warunkach polskich w oparciu o technologię zgazowania”

Niniejsza recenzja została przygotowana na podstawie pisma Dyrektora Głównego Instytutu Górnictwa Państwowego Instytutu Badawczego - Pana prof. dr hab. inż. Stanisława Pruseka z dnia 20 grudnia 2023 roku, zgodnie z uchwałą Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa.

1. Charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Arkadiusza Primusa zatytułowana *„Analiza możliwości wdrożenia zintegrowanego modelu gospodarki odpadami w warunkach polskich w oparciu o technologię zgazowania”* została wykonana w Głównym Instytucie Górnictwa Państwowym Instytucie Badawczym w Katowicach. Promotorem pracy jest dr hab. inż. prof. dr hab. inż. Czesława Rosik-Dulewska - członek rzeczywisty PAN.

Rozprawa ta ma dosyć typową formę pracy doktorskiej. Składa się ona z 7 głównych rozdziałów oraz bibliografii, zawiera także streszczenie w języku angielskim oraz 4 załączniki. Całość liczy 197 stron, przy czym sama praca obejmuje 171 stron. Wykaz literatury liczy 128 pozycji.

Ocenianą rozprawę doktorską otwiera rozdział zatytułowany „Wstęp”, będący skrótownym wprowadzeniem do całości rozprawy. Omawia on zagadnienia gospodarki odpadami oraz technologie ich unieszkodliwiania, w szczególności metodę zgazowania odpadów. Rozdział drugi zawiera cel oraz zakres pracy.

Najważniejszym celem pracy była ocena możliwości wdrożenia technologii zgazowania frakcji palnej wydzielonej z odpadów komunalnych oraz osadów ściekowych w celu efektywnej produkcji energii w połączeniu z funkcjonującym modelem gospodarki odpadami opartym o mechaniczno-biologiczne przetwarzanie odpadów komunalnych. Obejmował on wskazanie optymalnej konfiguracji technologicznej instalacji zgazowania

odpadów, propozycję środowiskowych ram prawnych dla wdrożeń komercyjnych instalacji zgazowania odpadów oraz określenia optymalnych rozwiązań techniczno-środowiskowych dla technologii zgazowania odpadów w skali odpowiadającej integracji z instalacjami komunalnymi. Doktorant sformułował na koniec tezę badawczą, że technologia zgazowania odpadów w nowych warunkach prawnych dyrektywy IED, warunkach technicznych oraz rynkowych MBP w Polsce może stanowić realną (technicznie i ekonomicznie) alternatywę dla budowy zintegrowanych systemów gospodarki odpadami w ramach Instalacji Komunalnych.

Kolejny rozdział zatytułowany jest „Przegląd literatury” i zawiera kolejno analizę polityki Unii Europejskiej oraz Polski w zakresie sektora gospodarki odpadami, która skupia się na minimalizacji ilości odpadów, zwiększeniu recyklingu i poprawie sposobów ich przetwarzania, w tym rozwijaniu technologii odzysku energii z odpadów. Dalej Doktorant omawia politykę unijną oraz krajową dotyczącą termicznego przekształcania odpadów. W dalszej części skupia się na przepisach prawnych dotyczących jednej z metod termicznego przekształcania odpadów – zgazowaniu. Następnie analizuje problem pozyskiwania energii, w tym energii odnawialnej z odpadów komunalnych. Tematem dalszych podrozdziałów są paliwa z odpadów a następnie techniczne aspekty pozyskiwania energii z odpadów oraz stosowanych technologii. W końcowej części rozdziału opisuje model gospodarki odpadami oparty o instalacje mechaniczno-biologicznego przetwarzania (MBP) oraz opisuje problem zmienności oraz badań składu morfologicznego odpadów komunalnych. Rozdział kończą wnioski z przeglądu literatury i podsumowanie.

Następne rozdziały pracy zatytułowane „Część badawcza” zawierają oryginalne wyniki badań odpadów, przeprowadzonych przez doktoranta w zakresie ich składu morfologicznego oraz składu frakcji nadsitowej (preRDF) i jej podstawowych parametrów fizyko-chemicznych. Badania te przeprowadzono w 2014 oraz 2023 roku w:

- Regionalne Centrum Gospodarki Odpadami w Domaszkowicach,
- Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej w Świętochłowicach,
- Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych van Gansewinkel w Rudzie Śląskiej,
- Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej w Katowicach,
- Zakład Przetwarzania i Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych w Sosnowcu.

Ich celem było:

- Opracowanie uniwersalnej metodyki badań składu morfologicznego frakcji nadsitowej (preRDF) odpadów pochodzących z instalacji MBP oraz wystandaryzowanie sposobu poboru próbek odpadów do badań. Przyjęto, że metodyka ta powinna być wiarygodną instrukcją prowadzenia badań frakcji nadsitowej (preRDF) odpadów w celu określenia potencjału paliwowego

odpadów podlegających termicznemu przekształceniu w instalacjach zgazowania.

- Wykazanie, że możliwość implementacji technologii zgazowania frakcji nadsitowej odpadów (preRDF), produkcja wysokiej jakości paliwa gazowego oraz produkcja wysokoefektywnej energii w modelu gospodarki odpadami opartym o mechaniczno-biologiczne przetwarzanie odpadów komunalnych jest wykonalne, a przede wszystkim niesie za sobą wymierne korzyści.

W dalszej części doktorant przedstawił propozycję instalacji termicznego przekształcania odpadów z wykorzystaniem technologii zgazowania. Propozycja ta obejmuje model technologiczno-prawny zgazowania odpadów, rekomendowany wariant technologiczny zgazowania odpadów preRDF w integracji z systemem gospodarki odpadami opartym o MBP w oparciu o wcześniej realizowany przez doktoranta projekt „LIFE Cogeneration”, bilans masowo-energetyczny oraz uwarunkowania środowiskowe technologii zgazowania odpadów. Następnie dokonał wielokryterialnej analizy technologii zgazowania odpadów w integracji z systemem gospodarki odpadami komunalnymi oraz ocenił możliwości wdrożenia technologii zgazowania odpadów w polskim modelu gospodarki odpadami opartym o MBP.

Ostatni rozdział pracy zatytułowany jest „Podsumowanie wnioski” i właściwie składa się z 2 części: w pierwszej doktorant podsumowuje wcześniej przedstawione informacje dotyczące głównie uwarunkowań wykorzystania technologii zgazowania w odniesieniu do odpadów komunalnych, czy też frakcji palnej wydzielonej z tych odpadów (preRDF i RDF). W drugiej części formułuje 7 wniosków merytorycznych oraz 9 wniosków praktycznych, dosyć ogólnikowych.

Uzupełnieniem pracy jest wykaz cytowanej literatury obejmujący 128 pozycji, obejmujący zarówno publikacje krajowe jak i zagraniczne, w tym 3, których jest współautorem. Cytowane publikacje są aktualne, w znacznej części anglojęzyczne, a wiele z nich pochodzi z ostatnich 5 lat, co dowodzi znaczącej aktualności pracy i jednocześnie doskonałej znajomości literatury przedmiotu przez doktoranta.

2. Zakres pracy, celowość podjęcia tematu

Oceniana rozprawa doktorska mgr inż. Arkadiusza Primusa zatytułowana „*Analiza możliwości wdrożenia zintegrowanego modelu gospodarki odpadami w warunkach polskich w oparciu o technologię zgazowania*” dotyczy bardzo istotnego zagadnienia zarówno współczesnej gospodarki jak i inżynierii środowiska – gospodarki odpadami komunalnymi.

Gospodarka odpadami komunalnymi stanowi istotny problem współczesności. Od lat obserwujemy dodatnią korelację pomiędzy wzrostem dochodu narodowego w przeliczeniu na mieszkańca a wskaźnikiem wzrostu ilości wytwarzanych odpadów komunalnych. W Polsce

ten trend jest szczególnie widoczny od 2014 roku, kiedy to w ramach tzw. „rewolucji śmieciowej” udało się częściowo uszczelnić system zbierania odpadów komunalnych. Polityka Unii Europejskiej konsekwentnie od lat zmierza w kierunku minimalizacji składowania oraz rozwoju recyklingu. Działania zmierzające do zmniejszenia ilości wytwarzanych odpadów generalnie doprowadziły jedynie do stabilizacji ich wytwarzania w najbardziej rozwiniętych krajach UE, w pozostałych krajach obserwujemy w dalszym ciągu wzrost ich ilości. W Polsce w ostatnich latach wzrost ten wynosił ok. 0,5 mln Mg rocznie. Wdrażanie założeń gospodarki obiegu zamkniętego ma docelowo (w 2035 roku) doprowadzić do 65% recyklingu całości odpadów komunalnych wytwarzanych w Polsce i maksymalnie 10% udziału składowania. Jak łatwo obliczyć pozostaje jeszcze ok. 25% masy odpadów - i to jest właśnie miejsce dla termicznego przekształcania odpadów. W zakresie technologii termicznego przekształcania odpadów komunalnych w Europie od lat dominuje technologia spalania na ruszcie. Liczne próby wdrożenia technologii opartych o pirolizę czy zgazowanie odpadów prowadzone w latach 90-tych ubiegłego wieku oraz na początku lat dwutysięcznych w zdecydowanej większości zakończyły się niepowodzeniem. Jedynie w Japonii obecnie funkcjonuje spora ilość instalacji zgazowania odpadów komunalnych (ok. 1/3 na ponad 1200 instalacji), ale należy pamiętać o znaczących różnicach w jakości i składzie odpadów japońskich i europejskich. Próby opracowania i wdrożenia technologii pirolizy czy zgazowania odpadów komunalnych podjęto także w Stanach Zjednoczonych, ale tam nie osiągnięto istotnych sukcesów i również tam dominuje technologia rusztowa.

W chwili obecnie w Polsce spalamy ok. 17% wytwarzanych odpadów komunalnych w 9 instalacjach. Kolejnych 6 jest w budowie, a w ramach programu NFOŚiGW kolejnych 17 projektów instalacji uzyskało dofinansowanie z funduszy spójności. Docelowo da to ok. 2,9 mln Mg mocy przerobowych spalarni w Polsce. Jeżeli do tego dołożymy ok. 1 mln Mg frakcji palnej wydzielonej z odpadów komunalnych, która może być wykorzystana do wytworzenia tzw. paliwa alternatywnego dla cementowni mamy maksymalnie (przy dobrej koniunkturze gospodarczej i zapotrzebowaniu na cement) możliwe do wykorzystania do termicznego przekształcania ok. 3,9-4,0 mln Mg odpadów komunalnych. Natomiast potrzeby mocy przerobowych w zakresie termicznego przekształcania szacuje się w Polsce na ok. 4,5 mln Mg (ok. 30% wytwarzanych odpadów komunalnych – docelowo ok. 15-16 mln Mg rocznie). Jest więc jeszcze miejsce na nowe instalacje.

Otwarte pozostaje pytanie o możliwość do zastosowania technologii - czy będzie to sprawdzona i powszechnie stosowana technologia rusztowa czy też będą to inne technologie, np. charakteryzujące się lepszymi wskaźnikami eksploatacyjnymi czy ekonomicznymi.

Oceniana praca doktorska mgr inż. Arkadiusza Primusa doskonale więc wpisuje się w aktualne potrzeby gospodarcze kraju. Zawiera ona wiele elementów nowości,

nieanalizowanych dotychczas w znanych pracach z tego zakresu. Można więc uznać, że jest to praca, której temat i zakres został trafnie wybrany, gdyż dotyczy on istotnego problemu inżynierii środowiska – gospodarki odpadami komunalnymi.

W świetle wyników pracy oraz sformułowanych na jej zakończenie wniosków, można uznać, że przyjęty w pracy program badawczy w zasadzie został zrealizowany, cel pracy osiągnięty. Biorąc pod uwagę aktualny stan wiedzy w przedmiotowym zakresie można uznać ocenianą rozprawę za oryginalny dorobek naukowy doktoranta.

3. Uwagi krytyczne

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Arkadiusza Primusa jest przygotowana bardzo starannie zarówno pod względem merytorycznym jak i edytorskim. Jest napisana jasnym, prostym językiem i zawiera bardzo dużo aktualnych spostrzeżeń oraz informacji, co bardzo dobrze świadczy o doktorancie.

Bardzo rzetelnie i w sposób przemyślany została przez doktoranta wykonana część badawcza. Przedstawione wyniki badań bardzo dobrze charakteryzują strumień odpadów, który może być poddany termicznemu przekształcaniu. Wykonane w 6 rozdziale i zestawione w załączniku 3 obliczenia wydają się prawidłowe, choć szkoda, że doktorant nie opisał szerzej metodyki obliczeń parametrów procesowych instalacji.

Jednocześnie widać u doktoranta duże zainteresowanie, a wręcz pewną fascynację procesem zgazowania. Traktuje on bez mała proces zgazowania jako coś lepszego, nowocześniejszego czy bardziej efektywnego od powszechnie stosowanego procesu spalania odpadów komunalnych, czy też wydzielonej z nich frakcji palnej (preRDF). Takie podejście do zagadnienia z jednej strony ukierunkowuje sposób myślenia i przebieg badań, a z drugiej strony jest zazwyczaj przyczyną pomijania negatywów. Recenzowana praca niestety nie jest wolna od tego typu przypadków.

Już rozdziale 3 (strona 26) pojawia się stwierdzenie, że Rozporządzenie Ministra Rozwoju w sprawie wymagań dotyczących termicznego przekształcania odpadów (...) nie dotyczy procesów zgazowania odpadów. Nie jest to prawda. Zgodnie z ustawą o odpadach zgazowanie zaliczane jest do procesów termicznego przekształcania, o ile produkty tego procesu są następnie spalane. Jedynym wyjątkiem (wynikającym z orzecznictwa ETS) jest przypadek, gdy gaz ze zgazowania przed spalaniem jest oczyszczony do poziomu gwarantującego emisję porównywalną z emisją ze spalania gazu ziemnego. Faktem natomiast jest, że jest to warunek nie określony w sposób precyzyjny. Jednak te wyłączenie w żadnym przypadku nie upoważnia do stwierdzenia, że procesy zgazowania odpadów nie podlegają regulacjom prawnym analogicznym, jak inne procesy termicznego przekształcania odpadów.

Kolejnym przejawem pozytywnej fascynacji procesem zgazowania jest całkowite pominięcie wszystkich negatywnych doświadczeń europejskich w zakresie wykorzystania procesu zgazowania do przetwarzania odpadów. Opisane zostały one szczegółowo w publikacji Gleisa z 2011 roku (*Gleis M.: Pyrolyse und Vergasung, w: Thome-Kozmiensky K.J., Beckman M.: Energie aus Abfall, Band 8, s. 437-465, TK Verlag 2011*). Faktem natomiast (nie opisanym również w pracy) jest, że procesy zgazowania znalazły swoje spore zastosowanie do unieszkodliwiania czy też termicznej utylizacji odpadów komunalnych w Japonii, gdzie na ok. 1200 instalacji ok. 1/3 to instalacje zgazowania. Ale przyczyną dobrych japońskich doświadczeń w zakresie zgazowania odpadów w przeciwieństwie do nie najlepszych doświadczeń europejskich jest najprawdopodobniej znaczna różnica składu i właściwości odpadów komunalnych pomiędzy Europą a Japonią. Szkoda również, że doktorant w podsumowaniu pracy (rozdz. 7, s. 167) analizując istniejące w Europie instalacje zgazowania odpadów komunalnych (głównie o niewielkiej wydajności) całkowicie pominął negatywny przykład instalacji zgazowania odpadów Sekundärrohstoff Verwertungszentrum Schwarze Pumpe, która to instalacja okazała się całkowicie niewydolną i awaryjną w odniesieniu od zgazowania odpadów (400 000 Mg/rok), a dziś zgazowuje bezawaryjne węgiel brunatny, a także pozytywny przykład instalacji w elektrociepłowni Lahti II gdzie zgazowywane jest ok. 250 000 Mg/rok RDF. Szczególnie ten drugi przykład powinien być przedmiotem zainteresowania doktoranta, gdyż tam właśnie wdrożono skuteczną metodę oczyszczania syn-gazu i zastosowano kocioł wykorzystujący oczyszczony gaz do produkcji ciepła. Wniosek płynący z obu przypadków jest jednoznaczny – o powodzeniu zastosowania technologii zgazowania do odpadów komunalnych, czy też wydzielonej z nich frakcji palnej (preRDF) decyduje obecność zanieczyszczeń, w szczególności zanieczyszczeń kwaśnych, które mogą być źródłem korozji instalacji oraz jej wysokiej awaryjności.

Wydaje się także, że ze względów edytorskich rozdział 7 powinien być rozdzielony na dwa: osobno podsumowanie, które w analizowanej pracy jest pewnego rodzaju streszczeniem pracy oraz osobno wnioski, co z pewnością ułatwiłoby percepcje całości pracy i podkreśliło sformułowane wnioski, choć można mieć pewne zastrzeżenia co do ich konkretności i jednoznaczności.

Generalnie jednak, można stwierdzić, że recenzowana praca została przygotowana w sposób przemyślany i uporządkowany. Jest napisana zwięzłym, prostym językiem, a sposób przedstawienia stanu wiedzy autora na temat gospodarki odpadami komunalnymi i termicznych metod ich przetwarzania nie budzi zastrzeżeń, wręcz wskazuje na bardzo dobrą znajomość tych zagadnień.

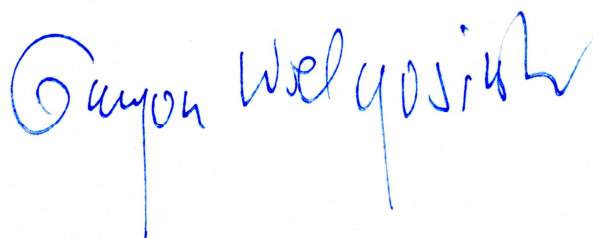
Zdaniem recenzenta, jest to, pomimo sformułowanych powyżej uwag krytycznych, bardzo dobra praca wnosząca elementy nowości do naszej wiedzy o technologiach przetwarzania komunalnych osadów ściekowych.

4. Wnioski

Mimo sformułowanych powyżej uwag krytycznych recenzowaną rozprawę doktorską mgr inż. Arkadiusza Primusa oceniam pozytywnie. Związana jest ona z niezmiernie ważnym obszarem inżynierii i ochrony środowiska – gospodarki odpadami komunalnymi. Praca jest spójna, przemyślana, uporządkowana i stanowi istotną nowość w zakresie inżynierii środowiska.

Przygotowana rozprawa dowodzi, że doktorant dobrze poznał i opanował warsztat pracy naukowo-badawczej oraz dysponuje znaczną wiedzą z zakresu reprezentowanej specjalności. Stwierdzam, że sformułowane w niniejszej recenzji uwagi mają charakter redakcyjno-dyskusyjny i nie obniżają wartości recenzowanej pracy, która spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim.

Reasumując, wnoszę więc do Rady Naukowej Głównego Instytutu Górniczego Państwowego Instytutu Badawczego o przyjęcie ocenianej pracy oraz dopuszczenie mgr inż. Arkadiusza Primusa do dalszych etapów przewodu doktorskiego w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.



prof. dr hab. inż. Grzegorz Wielgosiński

Łódź, dn. 21 marca 2024 roku