

Małgorzata Wzorek

AUTOREFERAT
dotyczący osiągnięć w pracy
naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej

1. Imię i nazwisko

Małgorzata Wzorek

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- 1998 Politechnika Opolska; Wydział Mechaniczny.
Dyplom magistra inżyniera inżynierii środowiska, specjalność ochrona powietrza. Temat pracy magisterskiej: „*Wpływ spalania opon samochodowych w piecu obrotowym na wielkość emisji zanieczyszczeń*”. Promotor: prof. dr hab. inż. Leon Troniewski. Studia ukończone z wynikiem bardzo dobrym.
- 1999 – 2003 Politechnika Opolska; Wydział Mechaniczny.
Słuchacz studium doktoranckiego.
- 22.12. 2003 Politechnika Opolska; Wydział Mechaniczny.
Uzyskanie stopnia doktora inżyniera nauk technicznych w dyscyplinie: budowa i eksploatacja maszyn. Tytuł rozprawy „*Energetyczne wykorzystanie osadów ściekowych*”. Promotor: prof. dr hab. inż. Leon Troniewski.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 1999 – 2003 Instytut Mineralnych Materiałów Budowlanych w Opolu, Zakład Ochrony Środowiska, stanowisko specjalista ds. inżynierii środowiska.
- 2003 – 2004 Instytut Mineralnych Materiałów Budowlanych w Opolu, Zakład Ochrony Środowiska, stanowisko adiunkt.
- od 24.12.2003 do obecnie Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Procesowej, stanowisko adiunkt.

3.1. Praktyki, staże i szkolenia

- 2007 Szkolenie: „Zarządzanie projektami w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego”.
- 2009 Staż dydaktyczno-naukowy w University of Pavia (Włochy); Faculty of Engineering, czerwiec/lipiec 2009.
- 2009 Kurs pedagogiczny dla pracowników dydaktycznych uczelni wyższej – organizator: Wyższa Szkoła Zarządzania i Administracji w Opolu, luty – czerwiec 2009.
- 2013 Staż przemysłowy w firmie Energiewende (Niemcy), styczeń/luty 2013.
- 2013 Staż przemysłowy w firmie Arf Gesellschaft für Organisationsentwicklung (Niemcy), marzec 2013.
- 2013 Staż przemysłowy w firmie budowlanej Atlant w Opolu, kwiecień – wrzesień 2013.
- 2013 – 2014 Staż przemysłowy w Zakładzie Komunalnym Sp. z o.o. w Opolu, listopad 2013 – czerwiec 2014.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

Podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska jest monografia pt.:

Eksperymentalna weryfikacja modelu tworzenia paliw z odpadów na przykładzie komunalnych osadów ściekowych

b) (autor/autorzy, rok wydania, tytuł/tytuły publikacji, nazwa wydawnictwa):

Wzorek M.: Eksperymentalna weryfikacja modelu tworzenia paliw z odpadów na przykładzie komunalnych osadów ściekowych, Studia i Monografie, z. 346, Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2013.

c) Omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Zagadnienia związane z tworzeniem paliw z odpadów, pomimo że podejmowane są od wielu lat, wciąż są aktualnym przedmiotem rozważań, dyskusji oraz badań naukowych.

Zainteresowanie przetwarzaniem odpadów w kierunku uzyskania z nich paliw wynika z wielu aspektów. Stosując paliwa wytworzone z odpadów unika się problemów występujących w przypadku spalania samych, nieprzetworzonych odpadów, tj. niejednorodności składu oraz niestabilności właściwości fizyko-chemicznych. Jednocześnie regulacje prawne niejako wymuszają zmianę podejścia do palnych frakcji odpadów, a przemysł poszukuje tańszych, niż paliwa pierwotne, źródeł energii.

Główni odbiorcy paliw z odpadów, przede wszystkim przemysł cementowy i energetyka, sprecyzowali wymagania odnośnie ich jakości, które wynikają z konieczności zapewnienia stabilności procesu spalania, jak i bezpieczeństwa ekologicznego. Dlatego też istnieje potrzeba kompleksowego spojrzenia na zagadnienia związane z tworzeniem paliw z odpadów tak, aby sprostać oczekiwaniom standardom jakościowym.

Podjęte w prezentowanej monografii zagadnienia badawcze są próbą całościowego ujęcia problemu przetwarzania odpadów w paliwa. Na podstawie analizy stanu wiedzy oraz wyników wieloletnich badań własnych autorki, zaproponowano procedurę dotyczącą postępowania przy opracowaniu paliw z odpadów. Procedurę podzielono na trzy etapy:

– *Etap I: Dobór składu paliwa*

Na tym etapie następuje identyfikacja problemu, tzn. charakterystyka ilościowa i jakościowa odpadu, określenie jego właściwości fizyko-chemicznych i ich zmienności, analiza trudności z jakimi mamy do czynienia, np. zbyt niska wartość opałowa, duża zawartość chloru itp. i na tej podstawie zdefiniowanie kryteriów doboru składników do wspólnego z odpadem wykorzystania.

Dla ustalonego odbiorcy i jego wymagań dotyczących parametrów energetycznych i fizycznych paliwa dokonywana jest optymalizacja składu paliwa zgodnie z wymogami kryterialnymi.

– *Etap II: Opracowanie technologii wytwarzania*

Etap ten obejmuje dobór lub też opracowanie nowej metody wytwarzania paliwa, pozwalającej na uzyskanie odpowiedniego produktu, opracowanie koncepcji linii technologicznej oraz przeprowadzenie analizy ekonomicznej procesu produkcji paliwa.

– *Etap III: Ocena jakości paliwa*

Ocena jakości paliwa polega na przeprowadzeniu szeregu badań dotyczących zarówno właściwości energetycznych jak i fizycznych paliwa oraz na ocenie wpływu zastosowania paliwa na proces w jakim ma być wykorzystane.

W pracy weryfikacji modelu postępowania dokonano na przykładzie produkcji paliw z komunalnych osadów ściekowych, przeznaczonych do współspalania z węglem kamiennym w procesie wypalania klinkieru portlandzkiego.

Podczas realizacji badań dotyczących *Etapu I*, dokonano bardzo szerokiej analizy właściwości fizyko-chemicznych osadów ściekowych, w tym szczególną uwagę zwrócono na ocenę zmienności składu komunalnych osadów ściekowych, co było przedmiotem długoterminowych prac badawczych [Zał. 4 poz. 2.2.5.].

Postawiony w pracy problem doboru dodatkowych składników paliwa do zastosowania wspólnie z komunalnymi osadami ściekowymi rozwiązano, definiując kryteria dotyczące wartości opałowej, zawartości wilgoci, chloru, siarki oraz metali ciężkich i stopnia rozdrobnienia, którymi muszą charakteryzować się odpady.

Przeprowadzone badania i analiza właściwości fizyko-chemicznych różnych odpadów i materiałów pod kątem ich zastosowania jako składników paliwa modyfikujących właściwości osadów ściekowych wykazały, że możliwe jest zastosowanie odpadów z zakładów utylizujących zwierzęta, odpadów z przemysłu drzewnego oraz pozaklasowych

sortymentów węgla [Zał. 3 część II pozycja E.5., Zał. 4. poz. 2.2.2., 2.2.4., 7.2.1., 7.2.4., 7.2.5.].

Zaproponowano wytworzenie trzech rodzajów paliw: paliwa z komunalnych osadów ściekowych i wzbogaconego mułu węglowego – paliwo PBS, paliwa na bazie komunalnych osadów ściekowych i mączki mięsno-kostnej – paliwo PBM oraz paliwa z osadów ściekowych i trocin – paliwo PBT.

W celu uzyskania paliw spełniających zdefiniowane kryteria przemysłu cementowego, zaproponowano metodę doboru optymalnego ich składu, z wykorzystaniem algorytmu genetycznego *ga*.

W tym względzie habilitantka proponowała nowatorskie podejście do poszukiwania optymalnego rozwiązania, wykorzystującego tzw. inteligencję obliczeniową, a mianowicie metodę naśladującą procesy naturalnej ewolucji.

Podstawą działania algorytmu genetycznego są operacje na populacji osobników zbudowanych z chromosomów (ciągów kodowych), reprezentujących przestrzeń poszukiwań. Dzięki operacjom reprodukcji (selekcji), mutacji i krzyżowania powstają nowe populacje, składające się z osobników lepiej przystosowanych do środowiska, tzn. w większym stopniu podobne do poszukiwanego optymalnego rozwiązania.

Procedurę optymalizacyjną, pozwalającą na wyznaczenie udziałów masowych składników, opracowano w oparciu o sześć parametrów kryterialnych, a mianowicie: wartość opałową (s.m.), zawartość chloru, siarki, rtęci, sumy lotnych metali ciężkich (Hg, Cd, Tl) i całkowitej sumy metali ciężkich tj. (Cr, Pb, Co, Ni, V, As, Cd, Sn, Mn, Cu, Zn, Hg, Tl).

Funkcję celu natomiast zdefiniowano tak, aby umożliwiała maksymalizację udziału komunalnych osadów ściekowych w paliwie. Jednocześnie, w algorytmie uwzględniono możliwość ograniczania udziałów masowych składników ze względów technologicznych, wynikających z warunków prowadzenia procesu produkcji paliwa (np. formowania).

Do celów użytkowych, służących do wyznaczania udziałów masowych składników paliw, opracowano formularz aplikacji, będący implementacją komputerową procedury optymalizacyjnej według algorytmu genetycznego.

W *Etapie II*, dotyczącym opracowania technologii wytwarzania paliw z osadów ściekowych zaproponowano dwa warianty produkcji.

Wariant I polega na jednoczesnym prowadzeniu procesu formowania i suszenia paliwa w suszarni bębnowej. [Zał. 4 poz. 4.2.2., 7.2.2., 8.2.6.].

Przeprowadzone w tym zakresie prace eksperymentalne, pozwoliły na opracowanie procesu

suszenia paliw z osadów w suszarni bębnowej z przeciwbieżnym przepływem czynnika suszącego, w temperaturze poniżej 200°C (Wariant I).

Ze względu na jego wysoką energochłonność zaproponowano również inne rozwiązanie, z wykorzystaniem do suszenia energii słonecznej (Wariant II). Polega ono na formowaniu paliwa w granulatrice bębnowej i następnie niskotemperaturowym suszeniu, z wykorzystaniem energii słonecznej. Według tego wariantu, suszenie proponuje się prowadzić w suszarni słonecznej, wyposażonej w specjalnie zaprojektowane urządzenie mieszające, stanowiące system obrotowych mieszadeł pionowych o specjalnie ukształtowanych łopatkach, poruszających się wzdłuż suszarni. Rozwiązanie to jest przedmiotem ochrony patentowej [Załącznik 3 część II poz. D.1.]. Wyniki prowadzonych badań pozwoliły na określenie średniego czasu suszenia paliw z osadów o trzech granulacjach w okresie wiosenno-jesiennym oraz letnim. Wskazano na warunki prowadzenia procesu suszenia dotyczące takich parametrów jak: grubość warstwy suszonego paliwa, częstotliwość obrotową mieszadeł pionowych, prędkość przesuwu belki z mieszadłami wzdłuż suszarni oraz intensywność cyrkulacji powietrza w suszarni.

Dowiedziano, że korzystnie jest suszyć paliwa w 10-cio cm warstwie z trzykrotnym mieszaniem w ciągu doby.

Weryfikując model postępowania przy opracowaniu paliw z odpadów w *Etapie II*, wskazano także na aspekty ekonomiczne produkcji według proponowanych wariantów wytwarzania paliw z osadów ściekowych.

Przeprowadzona analiza ekonomiczna dla produkcji paliw z osadów według wariantu I - zakład przetwarzania odpadów dokonana w oparciu o wskaźniki opłacalności inwestycji, tj.: prosty okres zwrotu SPBT, zdyskontowany okres zwrotu DPBT, wartość bieżąca netto inwestycji NPV oraz wewnętrzną stopę zwrotu IRR, wykazała rentowność inwestycji (przy przyjętych założeniach technicznych i ekonomicznych) dla paliwa PBM i PBT powyżej wydajności 1 000 kg/h, natomiast dla paliwa PBS powyżej wydajności 4 000 kg/h.

Wariant II natomiast kierowany jest dla produkcji paliw w oczyszczalniach ścieków.

Oceny jakości paliw (*Etap III*) dokonano określając zarówno ich właściwości energetyczne, istotne z punktu widzenia wykorzystania w procesie wypalania klinkieru portlandzkiego oraz właściwości fizyczne, ważne w operacjach mechanicznych, związanych z transportem, załadunkiem i rozładunkiem.

Analiza właściwości fizyko-chemicznych, przeprowadzona na podstawie szeregu oznaczeń wykonanych wg znormalizowanych procedur badawczych wykazała, że paliwa

z osadów charakteryzują się parametrami spełniającymi wymagania przemysłu cementowego zarówno pod względem wartości opałowej, jak i zawartości składników szkodliwych, wpływających negatywnie na proces wypalania i jakość klinkieru [Zał. 4. poz. 2.2.8., 9.2.2.]. Analizując właściwości fizyczne stwierdzono, że paliwa z osadów mogą być poddawane operacjom mechanicznym związanym z transportem, załadunkiem i rozładunkiem. Należy podkreślić, co udowodniono badaniami, że zdecydowanie lepszymi parametrami wytrzymałościowymi charakteryzują się paliwa PBM i PBT.

Kolejny rozpatrywany problem badawczy dotyczył oceny wpływu czasu oraz sposobu składowania paliw, w różnych warunkach atmosferycznych, na ich właściwości fizyczne i energetyczne. Przeprowadzone badania środowiskowe, polegające na ekspozycji paliw w różnych warunkach składowania, wykazały destrukcyjny wpływ wody na paliwa z osadów, dlatego też wskazane jest magazynowanie paliw na terenie otwartym, ale zadaszonym lub w pomieszczeniu zamkniętym [Zał. 4. poz. 2.2.9., 4.2.8.].

W badaniach zwrócono także uwagę na potencjalną możliwość wymywania składników z paliw podczas ich czasowego składowania w niekorzystnych warunkach środowiskowych. Analizę stopnia wymywalności zanieczyszczeń z paliw dokonano stosując metody symulujące różne warunki środowiskowe, tj. wpływ kwaśnych deszczy, wpływ warunków zimowych (cykliczne zamrażanie i rozmrażanie paliw) oraz rzeczywistych warunków środowiskowych, poprzez pobór odcieków ze składowanych paliw [Zał. 4. poz. 2.2.9., 4.2.8.].

Rozpatrując możliwość wykorzystania paliw z odpadów w przemyśle cementowym należy uwzględnić fakt, że powstający podczas spalania popiół jest absorbowany przez tworzący się klinkier. W związku z tym ocenie poddano wpływ popiołów z paliw z osadów na proces wypalania klinkieru i jego jakość, przy 10% substytucji węgla kamiennego paliwami z osadów.

Badania te dowiodły, że korekcja zestawu surowcowego popiołami z paliw z osadów nie pogarsza spiekalności mieszaniny surowcowej oraz składu chemicznego i fazowego wytworzonych klinkierów portlandzkich [Zał. 4. poz. 2.2.10.].

Ze względu na to, że popiół z paliwa PBM (paliwo na bazie osadów ściekowych i mączki mięsno-kostnej) zawiera dużą zawartość P_2O_5 , co może negatywnie wpływać na jakość klinkieru i wyprodukowanego na jego bazie cementu, ocenie poddano także wpływ 10 i 20% dodatku tego popiołu na skład fazowy, mikrostrukturę wytworzonych w skali półtechnicznej klinkierów, a także na właściwości mechaniczne zapraw cementowych.

Wytworzone zaprawy cementowe odznaczały się dobrymi właściwościami reologicznymi oraz wytrzymałościowymi. Należy podkreślić fakt, że zaprawy cementowe wytworzone z klinkierów, z dodatkiem popiołu z paliwa PBM, charakteryzowały się wyższą wytrzymałością po dłużnym okresie twardnienia (28 i 90 dni), w porównaniu do zaprawy cementowej bez dodatku tego popiołu [Zał. 4 poz. 6.2.4.].

Ze względu na szeroki wachlarz możliwych do energetycznego wykorzystania odpadów, ich zmienne właściwości fizyko-chemiczne oraz konieczność uzyskania paliwa o właściwościach dostosowanych do procesu, w którym mają być wykorzystane, istnieje potrzeba dysponowania narzędziami pozwalającymi zarówno na sterowanie składem paliw wytwarzanych z różnych strumieni odpadów, jak i na szybką i niezawodną ocenę jakości paliw wraz z ich odpowiednią klasyfikacją.

W związku z tym zaproponowano autorską koncepcję oceny jakości paliwa, wykorzystując modelowanie oparte na logice rozmytej.

Całość zaproponowanego przez autorkę systemu oceny obejmuje dobór i optymalizację składu paliwa według przyjętych kryteriów, a następnie, przy uwzględnieniu dodatkowych parametrów, podjęcie decyzji dotyczącej jego sklasyfikowania pod względem jakości.

System oceny jakości paliw opracowano w oparciu o siedem parametrów paliwa, tj. wartość opałową, zawartość siarki, chloru, rtęci oraz sumę metali ciężkich i tzw. parametry eksperckie odnoszące się do wilgotności i wytrzymałości na zrzucanie. Zaproponowano klasyfikowanie paliw w trzech klasach jakości.

W systemie przyjęto model typu Mamdaniego-Assiliana opierający się na bazie reguł i stosowaniu operatorów lingwistycznych. Zbiory rozmyte przyporządkowane wartościom parametrów w trzech klasach jakości paliwa zostały zdefiniowane z wykorzystaniem krzywej trapezoidalnej jako funkcji przynależności. Proces wnioskowania, czyli przypisanie odpowiedniej klasy paliwu, przeprowadzono w oparciu o zdefiniowaną bazę 12 reguł rozmytych.

Koncepcja ta wpisuje się w nurt nowatorskich rozwiązań pozwalających na sterowanie składem paliw zgodnie z oczekiwaniami oraz przypisywanie paliwom odpowiednich klas jakości. Zaproponowana koncepcja systemu oceny jakości paliw stanowi gotową aplikację komputerową, która może być wykorzystana w obecnej postaci, jak również może być dalej rozbudowywana.

Przeprowadzone prace nad weryfikacją modelu tworzenia paliw z odpadów na przykładzie paliw z osadów ściekowych miały charakter wieloaspektowy, a badania

eksperymentalne, w każdym z poszczególnych etapów, potwierdziły poprawność przyjętego modelu i możliwość jego wykorzystania przy opracowaniu innych paliw.

Jako aspekty aplikacyjne wynikające z przeprowadzonych prac badawczych można uznać:

1. Opracowaną procedurę optymalizacyjną do określania składów paliw z odpadów z wykorzystaniem algorytmu genetycznego *ga*.
2. Opracowaną dwuwariantową metodę wytwarzania paliw z osadów ściekowych, a mianowicie:
 - jednoczesnego prowadzenia procesu formowania i suszenia paliwa w suszarni bębnowej,
 - formowania paliwa w granulatorze bębnowym i niskotemperaturowego suszenia z wykorzystaniem energii solarnej w suszarni słonecznej.
3. Zaproponowany system oceny jakości paliw z wykorzystaniem logiki rozmytej, pozwalający na nadawanie paliwom odpowiednich klas jakości, co może stanowić element systemu zarządzania jakością w zakładach przetwarzających odpady w paliwa.
4. Zaproponowany ogólny model postępowania przy tworzeniu paliw z odpadów.

Przedstawione wyniki badań i analiz mogą zostać bezpośrednio wykorzystane w praktyce przemysłowej, a aspekty poznawcze pracy, ze względu na kompleksowość ujęcia wzbogacają wiedzę z zakresu energetycznego wykorzystania odpadów.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze

Swoje zainteresowania pracą naukowo-badawczą przejawiałam już na studiach, gdzie w ramach Koła Naukowego EKOINŻYNIER, brałam udział w pracach badawczych obejmujących ocenę zagrożeń ekologicznych zlewni rzeki Mała Panew.

Jednak decydujący wpływ na tematykę moich zainteresowań naukowych miała praktyka studencka w Cementowni GóraŹdŹe S.A., a w konsekwencji tematyka mojej pracy magisterskiej, związana z wpływem spalania opon samochodowych w piecu obrotowym na wielkość emisji zanieczyszczeń. Wyniki moich badań prezentowałam na II Międzynarodowej Konferencji Studentów „Środowisko Rozwój i Inżynieria” organizowanej przez Politechnikę Krakowską w roku 2000 [ZaŁ. 4 poz. 6.1.1.].

W lutym 1999 roku, rozpoczęłam pracę w Instytucie Mineralnych Materiałów Budowlanych w Opolu (obecna nazwa: Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych), gdzie szerzej zainteresowałam się tematyką związaną z energetycznym i materiałowym wykorzystaniem odpadów w procesie wypalania klinkieru cementowego.

Pierwsze lata mojej pracy zawodowej zbiegły się z intensywną modernizacją przemysłu cementowego i zgodnie z profilem działalności Instytutu mogłam uczestniczyć w pracach związanych z techniczną przebudową zakładów cementowych, wdrażaniem nowych, proekologicznych rozwiązań, w tym m.in. wprowadzaniem paliw alternatywnych jako substytutu węgla kamiennego. Ze względu na moje zatrudnienie w Zakładzie Ochrony Środowiska na stanowisku specjalisty ds. inżynierii środowiska, moja praca koncentrowała się na ocenie oddziaływania zakładów cementowych na środowisko, ze szczególnym uwzględnieniem emisji zanieczyszczeń. W tym zakresie opracowałam oceny i raporty oddziaływania na środowisko zakładów cementowych wprowadzających paliwa alternatywne jako substytut węgla kamiennego, m.in. dla Cementowni GóraŹdze Cement S.A., Cementowni Chełm S.A., Cementowni Warta S.A., Cementowni Nowiny Sp. z o.o. i Cementowni Rudniki S.A. (obecnie CEMEX Polska Sp. z o.o.) [Zał. 4 część III, poz. M 6, M 7, M 9, M 10, M 11, M 16, M 26, M 27].

Od początku pracy zawodowej zainteresował mnie problem wykorzystania osadów ściekowych w procesie wypalania klinkieru cementowego.

Prowadziłam badania przydatności zestalonych wapnem palonym osadów ściekowych, jako składnika nadawy surowcowej w procesie mokrej produkcji cementu.

W badaniach wykorzystałam komunalne osady ściekowe pochodzące z dwóch oczyszczalni ścieków oraz osady przemysłowe pochodzące z oczyszczalni ścieków należącej do Petrochemii Płock.

Zestalenie osadów ściekowych poprzez dodatek CaO miało na celu uzyskanie produktu o granulacji 1-2 mm i wilgotności około 20%. Proces ten prowadzono w mieszalniku lemieszowo-płującym.

Prowadzone badania dotyczyły oceny właściwości fizyko-chemicznych przetworzonych osadów, ze szczególnym uwzględnieniem parametrów mających wpływ na jakość klinkieru cementowego, a mianowicie składu chemicznego, zawartości metali ciężkich, a dodatkowo, dla produktu uzyskanego z osadów przemysłowych, analizy zawartości substancji ropopochodnych, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i wielopierścieniowych węglowodorów alifatycznych.

Uzyskane wyniki wstępnych badań wykazały, że produkt powstały w procesie zestalania komunalnych osadów ściekowych wapnem palonym, pod względem wilgotności i składu chemicznego, nadaje się do wykorzystania w procesie wypalania klinkieru, jako dodatek do nadawy surowcowej [Załącznik 3 część II poz. E 2., Załącznik 4 poz. 4.1.1., 7.1.1.].

W prowadzonych pracach badawczych ocenie poddano także wpływ dodatku w postaci zestalonych osadów na reologię szlamu surowcowego. W tym zakresie wskazano, że 1% dodatek przetworzonych osadów do badanej mieszaniny surowcowej zmienia właściwości reologiczne szlamu, powodując jego znaczne zagęszczenie poniżej płynności, co uniemożliwia mieszanie i transport [Załącznik 3 część II poz. E.2.].

Badania zakończyły się technologiczną próbą zastosowania przetworzonych osadów w Cementowni Strzelce Opolskie S.A. [Załącznik 3 część II poz. E.1.].

W listopadzie 1999 roku rozpoczęłam studia doktoranckie na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej, pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Leona Troniewskiego, wtedy to rozpoczęła się moja współpraca z zespołem Katedry Inżynierii Procesowej Politechniki Opolskiej.

W latach 2002-2004 byłam głównym wykonawcą grantu promotorskiego nr PB-4.T09D.049.22 finansowanego przez MNiSW, którego wyniki prac zostały przedstawione w mojej pracy doktorskiej pt. *Energetyczne wykorzystanie osadów ściekowych*.

Pracę doktorską obroniłam na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej 22 grudnia 2003 roku.

W przedstawionych w dysertacji doktorskiej badaniach skupiałam się na opracowaniu metody przetwarzania komunalnych osadów ściekowych w paliwo alternatywne, przeznaczone do wykorzystania w procesie wypalania klinkieru portlandzkiego.

Zaproponowałam sposób modyfikacji właściwości osadów ściekowych poprzez mieszanie ich z odpadowymi mułami węglowych oraz składnikiem wiążącym.

Badania dotyczyły zarówno opracowania składu paliwa, jak i poszukiwań rozwiązań aparaturowych, umożliwiających uzyskanie paliwa o odpowiednich właściwościach energetycznych i fizycznych.

W wyniku prowadzonych prac eksperymentalnych opracowano własną metodę formowania odpadów w granulach, będącą przedmiotem patentu RP [Załącznik 3. część II poz. C.1.].

Zaproponowano metodę granulacji w granulatorze bębnowym, z układem formowania, będącym częścią systemu dozowania. Zastosowana matryca formująca pozwala na uzyskanie zadanego kształtu produktu o wymiarach 15, 25 i 35 mm [Załącznik 4 poz. 4.2.1.].

Opracowano także warunki procesu formowania, m.in. wilgotności początkowej mieszanki poddawanej formowaniu, prędkości obrotowej bębna i kąta jego nachylenia, oraz stopnia zapelnienia [Zał. 4 poz. 4.2.1., 5.2.1.].

Na podstawie badań właściwości paliwa o różnych stopniach uwodnienia dowiedziono, że charakteryzuje się ono korzystnymi parametrami fizycznymi (wytrzymałość na zrzucanie, wytrzymałość bębnowa) oraz energetycznymi dopiero przy wilgotności około 10% [Zał. 4 poz. 6.2.1., 6.2.2., 8.2.1., 9.2.1.].

W pracy poruszony został także aspekt oddziaływania paliwa na proces wypalania klinkieru cementowego. W tym celu przeprowadzono obliczenia symulacyjne dla obiektu rzeczywistego, pracującego w oparciu o suchą technologię produkcji klinkieru i określono wpływ dodatku paliwa z osadów na bilans energetyczny procesu wypalania klinkieru oraz jakość klinkieru portlandzkiego.

Wykonane obliczenia cieplne dla pieca obrotowego o wydajności 2 166 Mg/dobę oraz składu chemicznego i fazowego klinkieru portlandzkiego, w zakresie udziału masowego paliwa z osadów od 5÷20% w mieszance paliwowej wykazały, że ze względów technicznych i technologicznych korzystna jest 10% substytucja paliwa konwencjonalnego [Zał. 4 poz. 8.2.1.] .

Po uzyskaniu stopnia doktora zastałam zatrudniona na stanowisku adiunkta w Katedrze Inżynierii Procesowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Opolskiej, gdzie pracuję do chwili obecnej.

Od tego momentu rozpoczął się drugi okres mojej działalności naukowej, która jest kontynuacją zagadnień podjętych w pracy doktorskiej, uzupełnionych i rozszerzonych jednak o nowe zagadnienia, modele badawcze oraz nowe aspekty naukowe.

Moje dalsze zainteresowanie energetycznym wykorzystaniem komunalnych osadów ściekowych wynikały bezpośrednio z zaangażowania m.in. w projekt celowy Naczelnej Organizacji Technicznej ROW – 479 pt. *Opracowanie i uruchomienie produkcji paliwa Ekomiał do opalania pieców cementowych*.

W wyniku realizacji tego projektu została opracowana technologia wytwarzania paliwa z osadów i mialu węglowego, która została wdrożona przez firmę Bomar.

Metoda ta polega na mieszaniu ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych z miałem węglowym w układzie objętych patentem RP [Zał. 3 część II poz. C.2.]. W tym rozwiązaniu, szczególnie ciekawym jest zaproponowany sposób mieszania i rozdrabniania składników paliwa w bębnie wyposażonym w specjalne ukształtowane elementy tnące.

Układ ten pozwala na wytworzenie paliwa zawierającego do 50% wag. osadów ściekowych.

Inspiracją do kontynuacji oraz skupienia głównej części aktywności naukowej na problematyce dotyczącej komunalnych osadów ściekowych była także realizacja, w latach 2006-2008, projektu badawczo-rozwojowego pt. *Opracowanie technologii wytwarzania paliwa na bazie osadów ściekowych*, którego byłam kierownikiem. Pozyskane środki finansowe umożliwiły wybudowanie stanowisk badawczych w skali półtechnicznej, tj. instalacji do produkcji paliw z osadów i suszarni słonecznej oraz utworzenie laboratorium oceny jakości paliw.

Kolejnym etapem moich zainteresowań naukowych było wykorzystanie energii słonecznej do suszenia komunalnych osadów ściekowych. Badania dotyczyły opracowania warunków suszenia osadów ściekowych, wykorzystując do tego celu stanowisko badawcze suszarni słonecznej oraz układ mieszania opracowany dla paliw z osadów. Opracowano warunki prowadzenia procesu suszenia w warunkach letnich i wiosenno-jesiennych. Zwrócono uwagę na częstotliwość mieszania, grubość warstwy osadów poddawanej suszeniu oraz właściwości fizyko-chemiczne osadów ściekowych, ze szczególnym uwzględnieniem, zawartości wilgoci. Wyniki prac były prezentowane w publikacjach [Zał. 4 poz. 5.2.2., 6.2.3., 8.2.8.].

Zostałam również zaproszona do współpracy z Adnan Menderes University, Department of Biosystem Engineering w Aydin (Turcja) w zakresie suszenia komunalnych i przemysłowych osadów ściekowych z wykorzystaniem energii solarnej. Prowadzone w okresie dwuletnim badania dotyczyły między innymi określenia warunków suszenia osadów ściekowych na terenie otwartym i opracowania systemu mieszania, a także oceny możliwości energetycznego wykorzystania osadów w różnych procesach przemysłowych. Część uzyskanych wyników badań prezentowałam na *The Second International Conference on Water, Energy and the Environment* w Kusadası (Turcja) oraz zostały one przedstawione w publikacji [Zał. 4 poz. 6.2.7.].

Jednocześnie współpraca z wyżej wymienionym ośrodkiem obejmuje również energetyczne wykorzystanie biomasy rolniczej oraz odpadów zwierzęcych.

Innym nurtem prowadzonych przeze mnie prac badawczych były zagadnienia związane z gospodarką odpadami przemysłowymi, pochodzącymi z hutnictwa i energetyki (żużle wielkopieczowe i popioły lotne), a w szczególności z opracowywaniem bezpiecznych metod ich gospodarczego wykorzystania jako składników betonów. Odpady te umożliwiają kształtowanie właściwości betonów tak, aby mogły sprostać one coraz wyższym

wymaganiom stawianym im przy zastosowaniu w budowaniu infrastruktury komunikacyjnej i podziemnej itp. Z drugiej strony działania te wiążą się z wprowadzeniem coraz większych ilości metali ciężkich do kompozytów mineralnych, co może mieć wpływ na ich skład oraz charakterystykę fizyko-mechaniczną.

Uczestniczyłam w badaniach nad rolą cynku w kształtowaniu właściwości nowoczesnych kompozytów mineralnych. W badaniach tych analizowano wpływ tego metalu na czas wiązania, wytrzymałość na ściskanie oraz zmiany kinetyki wydzielania się ciepła hydratacji matrycy. Określono, iż cynk prowadzi do wielu zmian w charakterystyce fizyko-mechanicznej kompozytów, które należy monitorować mając na uwadze trwałość matrycy [Zał. 4 poz. 4.2.9.].

Brałam także udział w pracach większego zespołu na Politechnice Opolskiej, które dotyczyły solidyfikacji/stabilizacji odpadów niebezpiecznych w betonach wytworzonych z różnych cementów i spoiw. W badaniach określano właściwości fizyko-mechaniczne betonów zarówno w stanie plastycznym jak i stwardniałym, z dodatkiem odpadów niebezpiecznych, które mogą determinować trwałość kompozytów (nasiąkliwość, głębokość penetracji wody, wytrzymałość na ściskanie). Dużo uwagi poświęcano też ocenie poziomu wymywalności metali ciężkich z betonu po testach trwałościowych. Jest to nowatorskie podejście do problemu zestalania odpadów niebezpiecznych w matrycach betonowych ponieważ, jak wynika z dostępnej literatury, większość badań prowadzona jest na podstawie norm i z uwzględnieniem jedynie warunków laboratoryjnych. W programie badań przewidziano określenie wpływu działania środowiska zewnętrznego na właściwości kompozytów zestalających metale ciężkie. Wyniki badań dotyczące zestalania osadów ściekowych z oczyszczania ścieków pochodzących z galwanizerni, charakteryzujących się dużą zawartością chromu, niklu i kadmu, przedstawiono w publikacji [Zał. 4 poz. 2.2.6.].

Innym wątkiem w tym obszarze badawczym były prace związane z oceną środowiskową gruzu budowlanego, wykorzystywanego jako podbudowa dróg lub materiał inertny na składowiskach odpadów. Przeprowadzone badania koncentrowały się zarówno na właściwościach kruszyw z recyklingu, pochodzących z rozbiórki obiektów przemysłowych po ponad 30-letnim okresie eksploatacji, jak i na wpływie warunków środowiskowych (w tym cyklicznego przemarzania) na poziom wymywania metali ciężkich. Dowiedziono, że cykliczne zamrażanie i rozmrażanie może prowadzić do wzrostu poziomu uwalniania jonów metali ciężkich, takich jak: nikiel, chrom, ołów, arsen czy rtęć, z betonu na kruszywie z recyklingu [Zał. 4 poz. 4.2.7.].

Powyższy obszar zainteresowania systemem ocen środowiskowych należy wiązać, z coraz powszechniejszym stosowaniem materiałów alternatywnych i odpadowych w procesie wytwarzania materiałów budowlanych, a przede wszystkim w produkcji betonu. Rozważając zatem system oceny środowiskowej materiałów budowlanych należy mieć na uwadze także i te materiały, które powstały na skutek procesu solidyfikacji. Zagadnienie problematyki oceny uwalniania metali ciężkich z kompozytów opartych na spoiwach mineralnych przedstawiono w publikacji [Zał. 4 poz. 8.2.7.].

W obrębie moich zainteresowań naukowych pojawiło się także wykorzystanie reguł i modeli matematyczno-informatycznych, ze szczególnym uwzględnieniem systemów eksperckich mogących mieć zastosowanie w ocenie jakości paliw i ich klasyfikacji.

W tym zakresie prowadzone własne prace badawcze, dążyły do stworzenia kompleksowego systemu, który umożliwiałby ocenę jakości paliwa, według przyjętych parametrów, istotnych z punktu widzenia odbiorcy, wytwórcy czy też założeń normowych.

System ten przewiduje znaczącą rolę eksperta, który poprzez wprowadzanie bazy danych oraz reguł, może aktywnie wspomagać proces oceny, a tym samym dokonywać klasyfikacji paliwa.

Kolejne moje inspiracje naukowe obejmują energetyczne wykorzystanie gazu wysypiskowego w kogeneracji produkcji prądu i ciepła, które prowadzę we współpracy z Zakładem Komunalnym Sp. z o.o. w Opolu. Prowadzone przeze mnie prace dotyczą możliwości poprawy efektywności układu kogeneracyjnego poprzez zastosowanie modułu ORC (Organic Rankine Cycle) oraz zagospodarowania ciepła odpadowego.

W ostatnim czasie zainteresowało mnie zagadnienie wykorzystania odnawialnych źródeł energii w aspekcie zrównoważonej gospodarki energetycznej w gminie. W tym zakresie współpracuję z niemiecką firmą Energiewende w ramach realizacji projektu opracowania autonomii energetycznej małego miasta. Doświadczenia z tego zakresu, a w szczególności tworzenia lokalnych stowarzyszeń energii oraz opracowania i wdrażania projektów z zakresu gospodarki energetycznej w gminach zawarłam w publikacji [Zał. 4 poz. 8.2.9.].

Jednocześnie rozpoczęłam inicjowanie podobnych projektów na gruncie krajowym, o czym świadczy współpraca z firmą Atlant, dla której opracowywałam koncepcję powstania innowacyjnego, samowystarczającego energetycznie osiedla mieszkaniowego.

Wszystkie moje zainteresowania naukowe obejmują zagadnienia związane z możliwością ich aplikacji w rozwiązaniach przemysłowych. Przez całą swą aktywność

zawodową świadomie podejmowałam wyzwania badawcze stanowiące bezpośrednie połączenie teorii z praktyką. Pozwalało mi to na zajmowanie się istotnymi z punktu widzenia ochrony środowiska (ze szczególnym uwzględnieniem zagospodarowania odpadów w idei zrównoważonego rozwoju) badaniami i dociekaniem naukowymi, które następnie prezentowałam w publikacjach.

Ogółem, mój dorobek składa się z 58 artykułów, spośród których 25 jest pracami samodzielnymi, 11 zostało opublikowanych w czasopiśmie wyróżnionych w Journal Citation Reports (JCR) [zał. 4 pkt. 2.2.], 12 stanowią rozdziały w monografiach w języku angielskim i polskim [zał. 4 pkt. 8 i 9]. Na konferencjach krajowych i zagranicznych wygłosiłam 21 referatów, a moje prace prezentowane były w 17 materiałach konferencyjnych.

5.2. Osiągnięcia organizacyjne, współpraca naukowa i popularyzacja nauki

W latach 1993-1998 podczas studiów na Politechnice Opolskiej byłam jednym z założycieli, a następnie aktywnym członkiem Studenckiego Koła Naukowego EKOINŻYNIER. W roku 2001 i 2003 uczestniczyłam w pracach związanych z organizacją konferencji branżowej pt. *Energia i środowisko w technologiach materiałów budowlanych*.

Od roku 2005 jestem współorganizatorem cyklicznego seminarium pt.: *Nowoczesne Technologie w Inżynierii Chemicznej i Ochronie Środowiska*, a w 2009 roku współorganizowałam seminarium pt. *Postępy w badaniach przepływów wielofazowych*.

Byłam również współorganizatorem seminarium naukowego pt. *Zrównoważony rozwój w gospodarce osadami ściekowymi*, które odbyło się w maju 2010 roku na Politechnice Opolskiej. Seminarium to skierowane było zarówno do świata naukowego regionu opolskiego, ale także do przedsiębiorców i usługodawców związanych z gospodarką odpadami i osadami ściekowymi.

Brałam również udział w różnych programach mających na celu popularyzację nauki, do najważniejszych można zaliczyć *Festiwal Nauki*, *Kreator Młodych Talentów*, *Dni Kariery Zawodowej* oraz *Dziewczyny na Politechniki*.

Uczestniczyłam także w akcjach promocyjnych Wydziału Mechanicznego Politechniki Opolskiej w szkołach średnich na terenie Opolszczyzny.

Od 2008 roku na Politechnice Opolskiej pełnię funkcję zastępcy przewodniczącego *Komisji Dyscyplinarnej dla studentów* i również od tego roku jestem członkiem *Komisji Wydziałowej ds. Programów Kształcenia*. Byłam także członkiem *Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej*.

W latach 2011-2012 uczestniczyłam w dostosowaniu programów kształcenia dla kierunków studiów I i II stopnia prowadzonych na Wydziale Mechanicznym do Krajowych Ram Kwalifikacyjnych. Za działalność w tym zakresie członkowie komisji zostali wyróżnieni zespołową nagrodą Rektora PO III stopnia.

W 2012 roku powierzona mi została funkcja *koordynatora wydziałowego do współpracy międzynarodowej i programu Erasmus*. W ramach pełnionej funkcji, na Wydziale Mechanicznym, organizuję i koordynuję zadania związane z prowadzeniem zajęć dydaktycznych dla studentów przyjeżdżających z uczelni partnerskich (średnio 50 osób/semestr) oraz sprawuję nadzór i opiekę nad studentami wydziału wyjeżdżającymi za granicę z ramienia programu Erasmus.

W roku 2012 byłam pomysłodawcą oraz współautorem projektu inwestycyjnego dla rozwoju zaplecza badawczego Politechniki Opolskiej. Projekt dotyczył utworzenia laboratorium analiz instrumentalnych w inżynierii środowiska i energetyce. Obecnie jestem jego kierownikiem (2012-2014r.). Projekt finansowany jest ze środków Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Opolskiego na lata 2007-2013.

W roku 2013 zostałam powołana na członka *Zespołu ds. programów kształcenia na kierunku Inżynieria Środowiska*.

Prowadząc działalność o charakterze naukowo-badawczym współpracowałam z ośrodkami w kraju, takimi jak: Politechnika Śląska w Gliwicach, Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych - Oddział Opole, Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych - Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

Współpracuję też z Adnan Menderes University w Turcji w zakresie słonecznego suszenia osadów ściekowych (sprawuję opiekę naukową nad studentką B. Domańską realizującą tam prace badawcze do pracy magisterskiej) oraz energetycznego wykorzystania biomasy rolniczej.

Kilkukrotnie byłam proszona o recenzowanie artykułów w zagranicznych czasopismach, takich jak: *Energies, Environmental Engineering and Management Journal, African Journal of Environmental and Technology* oraz czasopiśmie krajowym *Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych*.

Recenzowałam również wniosek badawczy VENTURES finansowany przez Fundację Nauki Polskiej.

W latach 2004 - 2005 byłam ekspertem do spraw gospodarki odpadami portalu internetowego *PITRO Platformy Innowacji Technologicznej Regionu Opolszczyzny*.

Jestem członkiem *Regionalnej Komisji do spraw Ocen Oddziaływania na Środowisko* będącej organem opiniodawczo-doradczym działającym przy Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Opolu oraz członkiem *zespołu konsultacyjnego Rady Miasta Opola do spraw gospodarki odpadami*.

Jestem również członkiem międzynarodowej organizacji *International Solid Waste Association (ISWA)*.

5.3. Działalność dydaktyczna

W swojej działalności dydaktycznej prowadziłam szereg zajęć z zakresu inżynierii środowiska i inżynierii procesowej w formie wykładów, ćwiczeń tablicowych i laboratoryjnych, projektów oraz seminariów.

Przygotowałam i prowadzę, m.in. 6 autorskich wykładów z następujących przedmiotów:

- Monitoring środowiska,
- Przemysłowe źródła zanieczyszczeń powietrza,
- Wybrane zagadnienia z techniki odpylania,
- Przemysłowe spalanie paliw,
- Metody ochrony środowiska,
- Teoria procesów w inżynierii środowiska.

Na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej prowadzę także wykłady oraz zajęcia tablicowe i laboratoryjne w języku angielskim, dla studentów programu LLP Erasmus, z przedmiotów: *Fuels combustion in industry*, *Process and technology of production*, oraz *Environmental engineering - application processes* (2008r.).

W latach 2008 – 2013 wygłosiłam kilkanaście wykładów w języku angielskim w zagranicznych uczelniach partnerskich (University of Valencia w Hiszpanii, Aalborg University w Danii, Adnan Menderes University, Istanbul Technical University i Gaziantep University w Turcji oraz Instituto Politecnico de Coimbra w Portugalii).

Tematyka wykładów obejmowała następujące zagadnienia:

1. Problemy zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych w UE i Polsce.
2. Materiałowy i energetyczny odzysk odpadów w przemyśle cementowym.
3. Metody suszenia komunalnych osadów ściekowych.
4. Technologie przeróbki odpadów w paliwa.
5. Wykorzystanie energii solarnej w suszeniu komunalnych osadów ściekowych na przykładzie polskich doświadczeń.

6. Energetyczne wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych.

Od 2004 roku do chwili obecnej byłam promotorem 30 prac dyplomowych (inżynierskich i magisterskich). Nadzorowałam i aktywnie uczestniczyłam także w programach badawczych realizowanych przez studentów przygotowujących prace magisterskie, co zaowocowało publikacjami współautorskimi [Zał. 4 poz. 5.2.2., 6.2.7.].

Jedna praca magisterska, której byłam opiekunem pomocniczym została nagrodzona przez Marszałka Województwa Opolskiego (2004r.) oraz jedna dostała się do finału konkursu na najlepszą pracę magisterską i doktorską organizowanego przez firmę ABB w roku (2007r.).

Jestem również współautorem 1 skryptu oraz 1 podręcznika akademickiego [Zał. 4. poz. 3.2.1., 3.2.2.].

Działając w studenckim Kole Naukowym SKRUBER byłam organizatorem wielu wyjazdów studyjnych dla studentów, m.in. do spalarni odpadów i biogazowni w Wiedniu, zakładów przemysłowych tj. cementowni, elektrowni, koksowni, zakładów chemicznych itp. Byłam inicjatorem wspólnych wyjazdów technicznych dla studentów programu LLP Erasmus oraz studentów naszego wydziału.

Prowadziłam również cykl zajęć dla młodzieży szkół gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych w ramach zorganizowanego przez Politechnikę Opolską programu *Kreator Młodych Talentów*.

Aktywnie uczestniczę w organizacji Festiwalu Nauki, odbywającego się co roku w Opolu, współpracując przy organizacji pokazów z zakresu inżynierii procesowej, jak również wygłaszając wykłady z zakresu gospodarki odpadami. Wykłady skierowane są do słuchaczy, którzy nie są studentami Politechniki Opolskiej.

W ocenie okresowej pracowników, dokonywanej zarówno przez moich zwierzchników, jak i studentów od momentu zatrudnienia otrzymuję najwyższą ocenę.

5.4. Nagrody i wyróżnienia

Za moją działalność naukową i zawodową zostałam nagrodzona między innymi:

- nagrodą Dyrektora Instytutu Mineralnych Materiałów Budowlanych w Opolu za działalność naukową, w roku 2003.
- nagrodą JM Rektora Politechniki Opolskiej za działalność naukową w latach 2008, 2010, 2013 (III stopnia),
- nagrodą JM Rektora Politechniki Opolskiej za działalność organizacyjną w roku 2013 (III stopnia).

- nagrodą JM Rektora Politechniki Opolskiej za działalność dydaktyczną w latach 2012, 2013 (zespołowa nagroda III stopnia),
- Brązowym Medalem za długoletnią służbę w roku 2013.

Ponadto zostałam wyróżniona uzyskaniem następujących stypendiów:

- Fundacji na rzecz Nauki Polskiej - stypendium konferencyjne w roku 2008,
- Akademii Rozwoju Politechniki Opolskiej AKROPOL - stypendium na rozwój naukowo-dydaktyczny w latach 2008-2010.

Opole, 10.03.2014

Małgorzata Wzorek

