

Autoreferat

Opis dorobku i osiągnięć w pracy naukowo-badawczej,
dydaktycznej i organizacyjnej

dr inż. Sylwia Polesek-Karczewska

Instytut Maszyn Przepływowych
im. Roberta Szewalskiego
Polskiej Akademii Nauk
ul. Gen. J. Fiszer 14
80-231 Gdańsk

Spis treści

1. Imię i nazwisko	4
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe - z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	4
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	4
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego 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.)	4
4.1. Omówienie celu naukowego prac badawczych i osiągniętych wyników	5
4.2. Podsumowanie uzyskanych wyników i omówienie ich ewentualnego wykorzystania	13
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	17
5.1. Działalność i prace zrealizowane przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych	17
5.2. Działalność i prace zrealizowane po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych	17

1. Imię i nazwisko

Sylwia Polesek-Karczewska

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

Stopień **doktora nauk technicznych** w dyscyplinie: **mechanika**, specjalność: wymiana ciepła, Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk 1999,

Tytuł rozprawy doktorskiej: „*Nieustalona wymiana ciepła w upakowanych złożach*”.

Promotor: dr hab. inż. Brunon J. Grochal.

Tytuł **magistra inżyniera** w specjalności: mechanika stosowana,

Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechnika Gdańska, Gdańsk 1995.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- **Instytut Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku,**

08. 2009 – obecnie - starszy specjalista,

02.2000 – 07.2009 - adiunkt,

04.1996 – 01.2000 - asystent,

02.1996 – 03.1996 - specjalista.

- **Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrzu**

08.2009 – 12.2012 - adiunkt (telepraca), w ramach projektu POIG.01.01.02-24-017/08 pt. „*Inteligentna koksownia spełniająca wymagania najlepszej dostępnej techniki*”.

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego 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) Moje osiągnięcie naukowe w rozumieniu ww. ustawy z dn. 14 marca 2003 r. stanowi autorska monografia pt.:

Sylwia Polesek-Karczewska, *Modelowanie zjawisk w procesach termicznej konwersji paliw stałych*, Zeszyt Naukowy IMP PAN Nr 563/1522/2018, Wydawnictwo IMP PAN, Gdańsk 2018, ISBN: 978-83-88237-88-1.

Recenzenci wydawniczy:

prof. dr hab. inż. Jarosław Mikieliewicz

dr hab. inż. Rafał Kobyłecki

Przedłożona monografia jest podsumowaniem badań dotyczących zjawisk fizykochemicznych w procesach termicznego przetwarzania paliw stałych, jakie prowadziłam w okresie po uzyskaniu stopnia doktora, a ściślej od 2007 roku. Obejmowały one zarówno prace o charakterze teoretycznym jak i eksperymentalnym, skupiały się jednak w znacznym stopniu na matematycznym modelowaniu procesów transportu ciepła i masy w złożach reaktywnych. Celem monografii było usystematyzowanie zdobytej w tym zakresie wiedzy, a jednocześnie, synteza uzyskanych wyników obliczeń i przeprowadzonych analiz w tym obszarze zagadnień.

Syntetyczny opis najważniejszych zagadnień, objętych tematyką monografii wraz z omówieniem osiągniętych rezultatów przedstawiam poniżej (odwołania w nawiasach odnoszą się do pozycji w Załączniku 3 do wniosku).

4.1. Omówienie celu naukowego prac badawczych i osiągniętych wyników

W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na efektywne i niskoemisyjne technologie termicznej konwersji paliw stałych, na świecie obserwuje się wzrost zainteresowania pracami nakierowanymi na opracowywanie nowych rozwiązań w tym obszarze, jak również optymalizację już istniejących. Na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci szczególnie dynamiczny rozwój prac w tym zakresie dotyczy mało- i średnioskalowych technologii termochemicznego przetwarzania biomasy, co jest rezultatem rozwijającej się idei energetyki rozproszonej, której podstawą jest wykorzystanie lokalnie dostępnych surowców. Wraz z tym, znaczenia nabiera matematyczne modelowanie procesów fizycznych i chemicznych w złożach paliw stałych. Prowadzenie wielowariantowych badań eksperymentalnych dla szerokiej gamy paliw jest pracochłonne, a przez to mało efektywne, niejednokrotnie także ma swoje ograniczenia natury technicznej. Matematyczne modelowanie pozwala uzyskać pełny obraz zmienności parametrów, umożliwiając analizę wpływu podstawowych czynników i predykcję dynamiki procesów, stając się tym samym niezbędnym wsparciem dla projektowania i optymalizacji urządzeń.

Warunkiem koniecznym symulacji procesów konwersji oraz oceny ich charakterystyki jest dogłębna wiedza na temat istoty procesów fizykochemicznych w reaktywnych złożach. Stanowiło to istotną przesłankę do prac prowadzonych przez mnie w Zakładzie Energii

Odnawialnych (ZEO). Większość z nich wykonywałam w ramach projektów związanych z opracowywaniem małoskalowych technologii konwersji źródeł odnawialnych, realizowanych w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN (IMP PAN), m.in. w ramach sieci EKO-ENERGIA (poz. [II.J6]), Projektu Kluczowego POIG.01.01.02-00-016/08 (poz. [II.J5]) oraz Zadania Badawczego Nr 4 Programu Strategicznego NCBiR (poz. [II.J8]). Prowadzone w tym zakresie prace obejmowały eksperymentalno-numeryczne analizy szczegółowych zagadnień związanych z pirolizą, zgazowaniem i spalaniem biomasy.

Duży wpływ na mój rozwój naukowy w dziedzinie zagadnień związanych z modelowaniem złożeń reaktywnych miała również współpraca z Instytutem Chemicznej Przeróbki Węgla (IChPW) w Zabrze w latach 2008-2015 w ramach projektów badawczych, krajowego POIG.01.01.02-24-017/08 (poz. [II.J7]) i międzynarodowego RFCR-CT-2010-00006 (SPRITCO) (poz. [II.J9]), która obejmowała prace związane z matematycznym modelowaniem procesu koksowania węgla.

Cechą charakterystyczną paliw stałych jest niejednorodna i nieregularna struktura oraz jej silna zmienność podczas ich termicznej konwersji. Stanowi to duże utrudnienie w modelowaniu i analizie procesów cieplno-przepływowych. Najlepsze przybliżenie charakterystyki przemian fizykochemicznych oferują modele dyskretne, które są w stanie uwzględnić skomplikowaną strukturę złoża oraz oddziaływania na granicy międzyfazowej, jednak ich zastosowanie w odniesieniu do rzeczywistej skali złoża, typowej dla urządzeń do termicznego przetwarzania, wiąże się z ogromnymi kosztami obliczeniowymi. Kosztowne są także obliczenia z wykorzystaniem komercyjnego oprogramowania CFD, opartego na modelach dwu- i trójwymiarowych, bazujących na uśrednionym opisie złoża.

Zasadniczym celem moich prac było opracowanie narzędzi obliczeniowych do **szybkiej analizy przebiegu procesów konwersji**, ze szczególnym odniesieniem do takich urządzeń jak reaktory pirolityczne i zgazowujące. Tym też podyktowane było zastosowanie modeli jednowymiarowych wymiany ciepła i masy, wykorzystujących opis złoża jako ośrodka ciągłego, które w przeciwieństwie do wyżej wspomnianych pozwalają uzyskać wyniki w rozsądnym czasie, przy satysfakcjonującej zgodności jakościowej z danymi pomiarowymi. Ze względu na dominującą rolę procesów fizycznych, które, jak ostatecznie potwierdziły uzyskane wyniki, warunkują szybkość procesów chemicznych, większą część prac poświęciłam analizie podstawowych parametrów i mechanizmów zjawisk fizycznych. To pozwoliło ostatecznie na ocenę kluczowych czynników wpływających na przebieg procesów oraz na jakość uzyskiwanych produktów.

Podstawowym czynnikiem determinującym przebieg procesu termicznej konwersji jest dynamika zmian temperatury w złożu. Temperatura i szybkość nagrzewania decydują o intensywności odparowania wilgoci z cząstek paliwa, szybkości ich odgazowania, o kondensacji pary wodnej i smół oraz wpływają na przebieg reakcji chemicznych. Stąd też, istotne dla predykcji pola temperatury w złożu jest określenie właściwości fizycznych. Przeprowadzona analiza wykazała znaczne rozbieżności dostępnych w literaturze danych

w tym zakresie. Dotyczy to zarówno biomasy, jak i węgla, a powodem takiego stanu rzeczy jest duże zróżnicowanie składu fizykochemicznego i struktury paliw. Reżim temperaturowy, mając wpływ na zmienność struktury złoża podczas procesów konwersji, rzutuje tym samym na charakter zmienności parametrów termofizycznych, takich jak gęstość, ciepło właściwe czy współczynnik przewodzenia. Uzyskane przeze mnie wyniki wielowariantowych symulacji pirolizy biomasy w reaktorze laboratoryjnym na bazie własnego opracowanego modelu tego procesu wskazały, że parametrem najistotniej wpływającym na dynamikę nagrzewania złoża jest współczynnik przewodzenia ciepła. W przypadku upakowanych złóż cząstek wielkość ta jest wielkością efektywną, wynikającą z faktu udziału różnych faz (stałej, ciekłej i gazowej) i różnych mechanizmów transportu ciepła, co z uwagi na złożoność i zmienność struktury znacznie komplikuje opis. Właściwe zdefiniowanie funkcji efektywnego współczynnika przewodzenia ciepła w reaktywnym złożu nabiera znaczenia w przypadku istotnych zmian makrostruktury złoża. Takim przykładem jest złożo węgla poddanego wolnej pirolizie (karbonizacji). W trakcie prac dotyczących matematycznego modelowania procesu koksowania, jakie prowadziłam we współpracy z IChPW, w ramach Projektu Badawczego POIG.01.01.02-24-017/08 (poz. [II.J7]), znamienna okazała się rozbieżność dostępnych danych w szczególności w zakresie efektywnego współczynnika przewodzenia ciepła złoża węgla, zwłaszcza w temperaturach powyżej 800 K (np. zmienność w zakresie od 1 do 1.8 W/(m K) dla 1000 K oraz od 2 do 10 W/(m K) dla 1200 K), co ostatecznie skłoniło mnie do szerszej analizy tego aspektu. W tym celu, bazując na literaturowych danych eksperymentalnych przeprowadziłam studium zmian struktury wsadu węgla/koksu podczas karbonizacji. W trakcie procesu węgiel, ulegając dekompozycji i przemianom fazowym, zmienia swoją strukturę z granularnej, poprzez półpłynną, do porowatego monolitu wypełnionego szczelinami i spękaniem. Zebrane dane szacunkowe dla zmiennej w czasie geometrii szczelin pozwoliły mi wyznaczyć przybliżone funkcje rozwoju szczelin w warstwie koksu. Na tej podstawie opracowałam opis zmienności efektywnego współczynnika przewodzenia ciepła w tego typu medium, uwzględniającego mechanizmy przewodzenia i promieniowania, wykazując przy tym, że pojawianie się szczelin w strukturze koksu przyczynia się do znaczącego zwiększenia udziału promieniowania w transporcie ciepła w złożu koksu. Udział ten, reprezentowany przez zastępczy radiacyjny współczynnik przewodzenia jest zdefiniowany jako funkcja charakterystycznej drogi optycznej oraz temperatury w trzeciej potęgze. Przewidywania sformułowanego modelu pokazały, że rozprzestrzenianie się dominującej liczby pęknięć w jednym kierunku (wzdłuż szerokości złoża), powiązane ze zwiększeniem efektywnego współczynnika przewodzenia ciepła, prowadzi do silnej termicznej anizotropii złoża. Brak uwzględnienia tego faktu może być źródłem wspomnianych rozbieżności wartości współczynnika. Zaproponowane podejście, w przeciwieństwie do dotychczas stosowanych, uwzględnia, poza temperaturą, zmienną długość drogi optycznej opisaną funkcją zmiany długości szczeliny, co pozwala na

dokładniejsze oszacowanie wartości współczynnika przewodzenia i powiązanie jego zmienności z etapem procesu.

Opracowany model efektywnego współczynnika ciepła złoża okazał się przydatny do określenia współczynnika przewodzenia w złożu biomasy, stanowiącego wsad reaktora zgazowującego. Biomasa drzewna nie podlega takim przemianom fazowym jak wspomniany węgiel koksujący, złoża w reaktorze na każdym etapie procesu pozostaje więc granularne. Zmienia się natomiast jego struktura makro. Prowadzone w ZEO IMP PAN prace eksperymentalne procesu zgazowania zrębek drzewnych pokazały, że w strefie doprowadzania powietrza wskutek intensywnego spalania karbonizatu w sąsiedztwie dysz tworzą się duże wolne przestrzenie, znacząco odbiegające rozmiarem od typowych przestrzeni międzyziarnowych struktury granularnej. W tym obszarze średnia droga optyczna, jak oszacowano na podstawie obserwacji eksperymentalnej, nie jest rzędu milimetrów, a centymetrów, dzięki czemu transport ciepła w tej warstwie złoża jest znacznie szybszy niż w pozostałych strefach reaktora. Z przeglądu literatury wynika, że efekt ten nie jest uwzględniany w najnowszych modelach zgazowania. Zaproponowany opis efektywnego współczynnika przewodzenia ciepła, dzięki uwzględnieniu zmiennej wzdłuż reaktora drogi optycznej, pozwolił na ujęcie zmienności efektywnego współczynnika przewodzenia ciepła, wynikającego z charakteru zmian struktury złoża. Został on zaimplementowany do cieplno-przepływowego modelu procesu zgazowania w autotermicznym reaktorze współprądowym.

Zmiany strukturalne w reaktywnym ośrodku porowatym, wywołane przemianami fizykochemicznymi i powiązane z nimi zmienne udziały różnych mechanizmów transportu ciepła, stanowią znaczne utrudnienie w opracowaniu wiarygodnego modelu transportu ciepła. Częstki paliwa w złożu w procesie konwersji podlegają pęcznieniu, kurczeniu i defragmentacji, a tym samym zmianie kształtu i porowatości. To wiąże się ze zmianami charakteru przepływu gazów przez złoża i szybkością dyfuzji wewnątrz cząstek, co w rezultacie wpływa na efektywność przemian fazowych i reakcji chemicznych. W praktyce, przy silnej niejednorodności ośrodka, która cechuje złoża termicznie przetwarzanych paliw stałych, może to prowadzić do lokalnej nierównowagi termodynamicznej. Tego efektu nie ujmują klasyczne modele równowagowe dla transportu ciepła, masy i pędu, których podstawą jest założenie nieskończonej prędkości rozchodzenia się sygnałów. Bliższe rzeczywistości są modele nierównowagowe, wprowadzające równania ewolucyjne na strumieniu z czasem relaksacji. Ich stosowalność w odniesieniu do złożów granularnych, zwłaszcza reaktywnych, jest nadal obiektem dyskusji, głównie z powodu braku wystarczającego rozpoznania wielkości czasu relaksacji w tego typu ośrodkach. Możliwość zastosowania równania ewolucyjnego do opisu transportu ciepła w złożu reaktywnym rozważałam, uczestnicząc w pracach dotyczących modelowania koksowania węgla, realizowanych we współpracy z IChPW (poz. [III.M8], poz. [II.E7]-[II.E9]). Takie podejście zostało podyktowane między innymi zasadniczym praktycznym celem modelowania procesu karbonizacji węgla, jakim jest oszacowanie całkowitego czasu konwersji, którego wykładnikiem jest temperatura w osi

złoża. Dotychczasowe analizy pokazują, że uproszczony model transportu ciepła, wykorzystujący klasyczne równanie Fouriera, a nie uwzględniający efektów cieplnych wynikających z przemian fazowych wilgoci, odgazowania paliwa i konwekcji gazów, daje wyniki znacząco odbiegające od danych pomiarowych. Stąd też, we wstępnej fazie prowadzonych w tym zakresie prac, zaproponowano zastosowanie podejścia nie-fourierowskiego z sumarycznym ujęciem tych efektów w formie czasu relaksacji. Uzyskane rezultaty pozwoliły stwierdzić przydatność takiego opisu jako alternatywnego do szybkiej predykcji wymaganego czasu procesu konwersji.

Wśród proponowanych w literaturze bardziej zaawansowanych matematycznych modeli procesów konwersji wykorzystujących opis uśredniony złoża oraz uwzględniających przemiany fazowe, dekompozycję fazy stałej, reakcje chemiczne czy przepływ gazu przez złożę, dominująca większość opiera się na klasycznych modelach równowagowych. Zgodność ich przewidywań z wynikami pomiarów jest w dużym stopniu uwarunkowana stopniem skomplikowania opisu. Szczególnie ważne w określeniu charakterystyki cieplno-przepływowej procesów konwersji są przemiany fazowe wody i smół w ośrodku porowatym. Są one trudne w opisie, jak i pod względem numerycznym, ze względu na fakt, że cechują się dużo większą intensywnością niż pozostałe procesy zachodzące w złożu reaktywnym. Są to ponadto procesy heterogeniczne, w których dużą rolę odgrywa wielkość powierzchni międzyfazowej. W rzeczywistym złożu cechującym się złożoną i zmienną strukturą, parametr ten jest trudny do określenia, stąd proponowane w literaturze podejścia do opisu przemian fazowych w takich zagadnieniach jak zgazowanie i spalanie rzadko go uwzględniają. Ponadto, większość z modeli jest funkcją temperatury jako jedyne parametru termodynamicznego, co ogranicza ich stosowalność do zagadnień, w których zmiany ciśnienia w złożu są stosunkowo nieduże.

Z powyższych względów, część badań w obszarze modelowania termicznej konwersji paliw stałych, poświęciłam analizie mechanizmów przemian fazowych wody i smół oraz opracowaniu ich opisu matematycznego na potrzeby rozwijanych modeli jednowymiarowych.

Wilgoć jest nieodłączną składową paliwa stałego, stąd proces suszenia jest podstawowym pierwszym etapem każdego procesu termicznego przetwarzania. Jak wykazują dane eksperymentalne, jest on głównym czynnikiem warunkującym przebieg konwersji. Duża energochłonność procesu odparowania wody spowalnia nagrzewanie złoża, znacząco wydłużając całkowity czas procesu. Wpływ ten przejawia się charakterystycznym plateau profilu temperatury na poziomie 100°C. Prowadzone przez mnie prace obejmowały m.in. ocenę wpływu zawartości wilgoci w paliwie na dynamikę transportu ciepła w złożu. Analizie tej posłużyły opracowane niestacjonarne modele procesu pirolizy w złożach nieruchomych. Jeden z nich opracowano na potrzeby symulacji procesu pirolizy biomasy w reaktorze laboratoryjnym. W tym przypadku zastosowany został bardziej uproszczony opis suszenia paliwa, definiujący strumień masy pary wodnej wynikający jedynie z odparowania, ale uwzględniający powierzchnię międzyfazową. Symulacje numeryczne, przeprowadzone dla

różnych zawartości wilgoci potwierdziły wyraźny jej wpływ na opóźnienie procesu transportu ciepła w złożu. Uzyskane krzywe rozkładu temperatury w złożu cechowały się jednak, w przeciwieństwie do krzywych pomiarowych, rozmyciem plateau, charakterystycznym dla analogicznych uproszczonych modeli suszenia paliwa, prezentowanych przez innych autorów. Stanowiło to przesłankę do tezy, że wiarygodny opis przemian fazowych wymaga uwzględnienia faktu, że odparowywana wilgoć przemieszczająca się przez złożę ulega kondensacji w chłodniejszych jego strefach. Kierując się tym, przyjęto opis przemian fazowych opierający się na kinetycznej teorii gazów. Na jego podstawie określono powierzchniowy strumień netto przemiany w postaci równania Hertz-Knudsen-Schrage, będącego funkcją temperatury i ciśnienia. Zaproponowany opis, przy dodatkowym uwzględnieniu powierzchni międzyfazowej, zaimplementowany do modelu karbonizacji węgla, pozwolił uzyskać bardzo dobrą zgodność przewidywań z danymi eksperymentalnymi. Analiza wyników symulacji wykazała, że konsekwencją kondensacji pary wodnej jest wzrost zawartości wilgoci ponad poziom pierwotny w nienagrzanym obszarze złoża, co z jednej strony skutkuje szybszym wzrostem temperatury, z drugiej natomiast – ze względu na zwiększone zapotrzebowanie na ciepło do odparowania, prowadzi do wydłużenia czasu opóźnienia dalszego wzrostu temperatury w złożu.

Równie istotnym osiągnięciem jest zastosowanie analogicznego opisu w odniesieniu do przemian fazowych smół. Jednym z zagadnień, jakie podejmowałam w ramach prac dotyczących modelowania procesu koksowania, jest dynamika zmian ciśnienia. Jest ono bardzo istotne z praktycznego punktu widzenia z uwagi na odnotowywany podczas rzeczywistego procesu karbonizacji lokalny wzrost ciśnienia we wsadzie węgla/koksu. Określany mianem „ciśnienia koksowania”, oddziałuje on na ściany komory koksowniczej, stwarzając zagrożenie dla ich wytrzymałości. Jak pokazują dotychczasowe badania, wzrost ciśnienia wynika ze znaczących zmian przepuszczalności złoża węgla/koksu, będących rezultatem jego zmian strukturalnych. Wiąże się on z przemieszczającą się w trakcie procesu warstwą półpłynnego węgla, cechującą się znacznie niższą przepuszczalnością (rzędu 10^{-12} - 10^{-13} m²) niż węgiel i koks (rzędu 10^{-11} m²). W nielicznych pracach sygnalizuje się, że efekt wzrostu ciśnienia potęgowany jest przez kondensację smół na granicy warstwy węgla półpłynnego i warstwy węgla ziarnistego. Pomimo tak istotnej dla praktyki roli predykcji zmian ciśnienia w złożu karbonizowanego węgla, przegląd literatury wskazał, że mechanizm generacji ciśnienia nie doczekał się kompletnego opisu matematycznego uwzględniającego przemiany fazowe smół. Szczegółową analizę jakościową tego zagadnienia umożliwiło opracowanie nieustalonego jednowymiarowego cieplno-przepływowego modelu pirolizy węgla, obejmującego przemiany fazowe wilgoci i smół. Zasadniczym problemem w modelowaniu przemian fazowych smół jest zmienność ich składu w zależności od składu fizykochemicznego paliwa i warunków prowadzenia procesu. Jest to powodem trudności w określeniu ciśnienia nasycenia mieszaniny, stąd też jak wykazała przeprowadzona analiza, dostępne dane eksperymentalne w tym zakresie są częściowe. Symulacje przeprowadzone

z wykorzystaniem zaproponowanego modelu, przy założeniu poziomu zawartości smół ciężkich i średniej masy molowej mieszaniny na podstawie dostępnych danych, pozwoliły wyznaczyć rozkład strumienia masy smół. Skorelowanie tego rozkładu z przewidywanym rozkładem temperatury oraz zmiennym położeniem warstwy półpłynnego węgla, potwierdziło istotną rolę obu czynników – przepuszczalności złoża i kondensacji smół, w zjawisku generacji ciśnienia w złożu.

Część moich badań skupiała się na analizie zagadnień odnoszących się do urządzeń ze złożem ruchomym, gdzie istotną rolę odgrywa szybkość przemieszczania się złoża. Decyduje ona o przebiegu i efektywności procesu konwersji, a w konsekwencji o jakości produktów. Z tego względu, dostosowanie prędkości przemieszczania się paliwa do szybkości procesów fizykochemicznych należy do kluczowych zadań na etapie projektowania i optymalizacji urządzeń, pracujących w trybie ciągłym. Dotyczy to m.in. palników retortowych, dla których pomimo ich powszechnego zastosowania, brak jest matematycznych modeli cieplno-przepływowych. Na potrzeby wstępnej analizy odgazowania w palniku retortowym dedykowanym do biomasowego kotła małej mocy, opracowano jednowymiarowy model stacjonarny. Przeprowadzone obliczenia wariantowe pozwoliły na jakościową ocenę wpływu prędkości ruchu złoża na przebieg pirolizy, wskazując na przesunięcie strefy odgazowania w kierunku wylotu z palnika i zwiększenie jego intensywności wraz ze zwiększającą się prędkością dostarczania paliwa. Szybkość przemieszczania się złoża odgrywa szczególnie istotną rolę w procesie zgazowania. Pomimo tego, w literaturze stosunkowo niewiele miejsca poświęca się analizie tego zagadnienia, zwłaszcza w zakresie modeli bardziej efektywnych obliczeniowo, bazujących na opisie uśrednionym złoża. Prędkość ruchu złoża wpływa na rozkład poszczególnych stref w reaktorze, reprezentujących etapy: suszenia, odgazowania, utleniania i redukcji. Największego znaczenia nabiera zwłaszcza w odniesieniu do strefy redukcji, której wysokość jest jednym z najistotniejszych czynników decydujących o stopniu konwersji, a jednocześnie o ostatecznym składzie generowanego syngazu. W ramach prac, nakierowanych na rozpoznanie charakterystyki procesu zgazowania biomasy w autotermicznym reaktorze współprądowym, realizowanych w projekcie kluczowym POIG.01.01.02-00-016/08 (poz. [II.J5]), przeprowadziłam analizy wstępne wpływu prędkości dostarczania paliwa do reaktora na przebieg procesu w fazie rozruchu. W tym celu opracowałam nieustalony model, służący do wyznaczania dynamiki zmian temperatury, który uwzględniał wspomniany wyżej uproszczony opis suszenia paliwa oraz stałą prędkość ruchu złoża, przy czym ograniczał się on do górnej części reaktora, obejmującej obszary suszenia i pirolizy. Model ten został rozbudowany w dalszym etapie prac o pełen opis przemian fazowych, uwzględniający zarówno odparowanie wilgoci, jak i kondensację pary wodnej. W przypadku obydwu modeli, wyniki obliczeń wariantowych dla stałych wartości prędkości dostarczania paliwa wykazały przesunięcie stref odparowania i pirolizy w kierunku strefy spalania dla większych prędkości doprowadzania paliwa. Zastosowanie modelu rozbudowanego wskazało dodatkowo na wpływ wzrostu prędkości dostarczania paliwa na

zawężenie obszaru odgazowania. Znaczącym jest fakt, że ruch złoża w reaktorze spowodowany jest jego grawitacyjnym osiadaniem, wynikającym ze zmian objętości cząstek w poszczególnych strefach reaktora. Z tego względu, jak wykazały pomiary przeprowadzone w IMP PAN, jest on silnie zmienny wzdłuż reaktora. Problemem w modelowaniu ruchu złoża jest zależność zmian objętości cząstek od wielu czynników, takich jak typ paliwa, rozmiar cząstek, porowatość, skład i prędkość przepływu gazu. Ponadto, opis uśredniony traktujący upakowane złoże cząstek jako ośrodek ciągły, w przeciwieństwie do modeli lagrange'owskich, ogranicza możliwość uwzględnienia zmiennej prędkości, wymagającej określenia historii zmian objętości cząstki. Analizie prędkości osiadania złoża w strefie pirolizy i utleniania z uwzględnieniem wpływu rozmiaru cząstki posłużył opis, opracowany również w ramach projektu kluczowego POIG.01.01.02-00-016/08. Bazował on na bilansie liczby cząstek w objętości kontrolnej prowadząc w rezultacie, zgodnie z oczekiwaniami, do uzyskania funkcji malejącej prędkości w kierunku osiadania. Uzyskane wyniki potwierdziły jednocześnie większy spadek prędkości dla złoża mniejszych cząstek.

Kontynuując prace w obszarze zagadnień związanych z procesem zgazowania biomasy, skoncentrowałam się na modelowaniu procesów ciepłno-przepływowych w skali całego reaktora. Uczestniczyłam w opracowaniu koncepcji i budowie jednowymiarowego niestacjonarnego modelu, dedykowanego do wyznaczania charakterystyki procesu w reaktorze współprądowym. Model ten składał się ostatecznie z równań bilansowych masy dla: (i) fazy stałej, (ii) mieszaniny gazu oraz (iii) każdego z rozważanych składników gazu, oraz równań bilansowych: (iv) pędu dla gazu oraz (v) energii dla złoża. W modelu uwzględniono efekty cieplne, związane ze spalaniem CO i H₂ oraz reakcją powierzchniową redukcji CO₂ (reakcją Boudouard'a). W celu przeprowadzenia przybliżonej analizy zmienności prędkości osiadania i jej wpływu na dynamikę procesu zgazowania, zastosowano opis lagrange'owski do reprezentatywnej grupy cząstek, ułożonych w kolumnie wzdłuż komory reaktora. Zaproponowane podejście gwarantowało szerszą analizę zagadnienia przy nadal korzystnym czasie symulacji całego procesu (rzędu godzin), konkurencyjnym w stosunku do zaawansowanych modeli lagrange'owskich. Podstawą przyjętych do opisu założeń, definiujących zmiany prędkości złoża, były wcześniej przeprowadzone analizy zmian masy i objętości cząstki, bazujące głównie na badaniach eksperymentalnych przeprowadzonych w laboratorium ZEO IMP PAN. W zastosowanym ujęciu, wpływ na prędkość osiadania złoża ma szybkość odbioru produktu stałego (popiołu/karbonizatu). Wyniki symulacji dla różnych szybkości odbioru pozwoliły stwierdzić wyraźny jej wpływ na przebieg procesu. W każdym z przypadków wykazały istotny wzrost prędkości osiadania nad strefą pirolizy, spowodowany znaczącą redukcją objętości cząstki w wyniku dekompozycji. Potwierdziły one jednocześnie rezultaty wstępnie przeprowadzonych analiz wariantowych, które wskazały na przesunięcie w kierunku strefy utleniania strefy pirolizy i zwiększenie jej intensywności dla większych prędkości osiadania. Przeprowadzone analizy odnosiły się również do związku pomiędzy prędkością osiadania a strumieniem dostarczanego powietrza

do reaktora. Symulacje pozwoliły wykazać, że niedomiar powietrza powoduje obniżenie poziomu temperatur w reaktorze, a w konsekwencji mniejsze ubytki objętości cząstek, co w efekcie prowadzi do mniejszych prędkości osiadania. W rezultacie, dłuższy jest czas przebywania cząstek karbonizatu w strefie reakcji heterogenicznych, co sprzyja zwiększeniu stopnia konwersji i uzyskaniu syngazu lepszej jakości, tzn. cechującego się wyższą zawartością gazów palnych, CO i H₂.

Istotna rola reakcji heterogenicznych w strefie redukcji reaktora zgazowującego przyczyniła się do podjęcia przeze mnie badań także w tym zakresie. Prace skupiłam na analizie kluczowej dla zgazowania reakcji Boudouard'a. Celem badań było oszacowanie wpływu dynamiki przepływu gazu przez złożę na stopień konwersji. Szczególnie ważnym elementem tych badań były analizy eksperymentalne. Impulsem do ich przeprowadzenia był brak danych doświadczalnych uzyskanych na stanowiskach w skali zbliżonej do rzeczywistej. Dostępne w literaturze badania dotyczące reakcji heterogenicznych w dużej mierze ograniczają się do pomiarów mikroskalowych, w których warunki cieplno-przepływowe odbiegają od warunków procesowych w rzeczywistym reaktorze. Prac odnoszących się do skali złoża zbliżonej do typowej dla reaktorów zgazowujących, jest natomiast jak dotąd niewiele. W badaniach własnych, analizie poddano wpływ takich czynników jak struktura złoża, jego wysokość oraz natężenie przepływu reagenta (CO₂), wykonując pomiary z wykorzystaniem wysokotemperaturowego reaktora laboratoryjnego. Podstawowym wnioskiem wynikającym z pomiarów izotermicznego zgazowania, przeprowadzonych dla różnej struktur złoża karbonizatu (złoża cząstek regularnych i nieregularnych), różnych jego wysokości oraz różnych wydatków reagenta, była teza o istnieniu optimum warunków procesu, wiążącego rozważane parametry, które zapewnia maksymalizację stopnia konwersji. Rezultat ten, ważny z punktu widzenia projektowania i optymalizacji procesu, potwierdził przewidywania stacjonarnego modelu wymiany masy w złożu karbonizatu, który został opracowany na potrzeby analizy rozważanego zagadnienia.

4.2. Podsumowanie uzyskanych wyników i omówienie ich ewentualnego wykorzystania

Moje osiągnięcie naukowe dotyczy opracowania jednowymiarowych matematycznych modeli procesów termicznego przetwarzania paliw stałych, umożliwiających szybką predykcję ich charakterystyki oraz ocenę wpływu podstawowych parametrów na przebieg tych procesów i jakość uzyskiwanych produktów. W skład osiągnięcia wchodzi zarówno rezultaty badań o charakterze teoretyczno-numerycznym, związane z opracowaniem modeli dla jednostkowych zjawisk fizykochemicznych, opisem właściwości fizycznych oraz rozwijaniem własnych kodów obliczeniowych, jak również badania eksperymentalne, które umożliwiły bardziej szczegółową analizę wybranych aspektów procesu termicznej konwersji.

Ze względu na zasadniczy cel, jakim było opracowanie własnych narzędzi obliczeniowych, mających stanowić wsparcie dla projektowania i optymalizacji urządzeń termicznej konwersji, rozwijane przez mnie modele matematyczne opierały się na opisie uśrednionym złoża, traktującym go w kategoriach ośrodka ciągłego.

Reasumując, do najważniejszych osiągnięć w zakresie podejmowanej dotychczas tematyki zaliczam:

- Opracowanie opisu efektywnego współczynnika przewodzenia ciepła w reaktywnym złożu o zmiennej strukturze, uwzględniającego transport ciepła na drodze przewodzenia i promieniowania. Zaproponowany model będący funkcją dwóch parametrów – temperatury i średniej drogi optycznej, w odniesieniu do złoża koksowanego węgla, pozwolił wykazać dominującą rolę mechanizmu promieniowania w szczelinowo-porowatej strukturze koksu i jej znaczący wpływ na wzrost efektywnego współczynnika przewodzenia ciepła. Jednocześnie poprzez zastosowanie opisu dynamiki zmian długości szczelin, umożliwił powiązanie zmienności współczynnika z etapem procesu. Opracowany model, wykorzystany w opisie zgazowania biomasy w reaktorze, pozwolił również uwzględnić znaczącą zmianę współczynnika w strefie spalania reaktora, wynikającą ze zmian struktury złoża w tym obszarze.
- Opracowanie jednowymiarowego nieustalonego modelu transportu ciepła w upakowanym złożu reaktywnym, bazującego na modelu nierównowagowym opisanym relaksacyjnym równaniem Cattaneo i Vernotte'a. Uzyskane rezultaty pokazały, że model ten jest przydatny do opisu dynamiki zmian temperatury w złożu reaktywnym i predykcji całkowitego czasu konwersji, i może stanowić alternatywę dla bardziej zaawansowanych ciągłych modeli równowagowych.
- Opracowanie metod opisu procesu suszenia paliwa w złożu z uwzględnieniem wielkości powierzchni międzyfazowej: opisu uproszczonego – uwzględniającego jedynie odparowanie wilgoci, oraz pełnego – z dodatkowym uwzględnieniem kondensacji pary wodnej w strefie nienagrzanej złoża. Obydwa modele, zaimplementowane do modeli cieplno-przepływowych pirolizy paliwa w złożu stałym, potwierdziły rezultaty pomiarów wykazując wpływ obecności wilgoci w paliwie na wydłużenie etapu nagrzewania złoża, a w konsekwencji na wydłużenie procesu konwersji. Kompletny model przemian fazowych wody, zapewniający dobrą zgodność przewidywań z danymi pomiarowymi, dotyczącymi dynamiki zmian temperatury w złożu, umożliwił jednocześnie bardziej szczegółową analizę mechanizmu suszenia paliwa w złożu.
- Opracowanie nieustalonego jednowymiarowego modelu pirolizy biomasy w reaktorze i przeprowadzenie wariantowej analizy wpływu właściwości

fizycznych złoża (zawartości wilgoci, gęstości, ciepła właściwego, współczynnika przewodzenia ciepła i powierzchni międzyfazowej) na dynamikę zmian temperatury.

- Opracowanie modelu przemian fazowych smół, opartego na analogii do proponowanego pełnego opisu przemian fazowych woda-para.
- Budowa nieustalonego jednowymiarowego modelu koksowania węgla, uwzględniającego przemiany fazowe wilgoci i smół oraz konwekcję gazów. Model daje bardzo dobrą zgodność przewidywań z wynikami pomiarów. Implementacja do modelu zmiennej funkcji gazoprzepuszczalności, typowej dla węgla koksujących podlegających znaczącym zmianom strukturalnym, pozwoliła na bardziej szczegółową jakościową analizę mechanizmu powstawania tzw. ciśnienia koksowania. Zaproponowanie w ramach modelu opisu przemian fazowych smół, dotychczas niespotykane w dostępnych matematycznych modelach koksowania, identyfikuje efekt blokowania przepływu gazu przez kondensujące w złożu smoły oraz potwierdza ich rolę jako czynnika dodatkowego wpływającego na lokalny wzrost ciśnienia.
- Przeprowadzenie analizy wpływu ruchu złoża na przebieg pirolizy paliwa stałego na przykładzie palnika retortowego do spalania biomasy. Do celów analizy wariantowej opracowano model stacjonarny, w którym prędkość złoża jest parametrem zadany. Uzyskane rezultaty potwierdziły znaczenie szybkości przesuwu złoża w optymalizacji pracy palnika, a tym samym innych urządzeń termicznego przetwarzania ze złożem ruchomym.
- Analiza eksperymentalno-numeryczna procesu zgazowania karbonizatu ditlenkiem węgla w warunkach laboratoryjnych, w skali zbliżonej do rzeczywistej. Obejmowała ona pomiary wariantowe dla złóż o różnej strukturze i wysokości oraz różnym wydatku ditlenku węgla, jak również budowę stacjonarnego modelu procesu w warunkach izotermicznych. Uzyskano dobrą zgodność danych pomiarowych oraz przewidywań modelu, a jednocześnie potwierdzenie wpływu czynników - koncentracji reagenta i wysokości złoża, na stopień konwersji.
- Opracowanie modelu i analiza dynamiki zmian temperatury w strefie suszenia i pirolizy autotermicznego reaktora współprądowego w fazie jego rozruchu, przy uwzględnieniu stałej prędkości ruchu złoża i różnych opisów suszenia paliwa. Na tej podstawie określono wpływ tych parametrów na rozmieszczenie rozważanych stref.
- Budowa nieustalonego jednowymiarowego modelu wymiany ciepła i masy w reaktorze współprądowym z opisem prędkości osiadania złoża typu

lagrange'owskiego, zdefiniowanej historią zmian objętości cząstki w poszczególnych etapach procesu konwersji. Model uwzględnia efekty cieplne, związane z reakcjami homogenicznymi w strefie spalania i reakcją powierzchniową Boudouard'a. Przeprowadzona analiza wielowariantowych symulacji procesu wykazała dużą zmienność prędkości osiadania złoża wzdłuż wysokości reaktora oraz jej powiązanie z takimi parametrami, jak strumień dostarczanego powietrza i szybkość odbioru produktu stałego.

Wykonane w ramach badań analizy charakterystyki paliw, ich składu, struktury i parametrów wpływających na jej zmiany, bazujące na przeprowadzonym studium danych literaturowych oraz rezultatach pomiarów własnych, jak również rezultaty badań eksperymentalnych procesów jednostkowych, umożliwiły bardziej dokładne rozpoznanie zjawisk fizykochemicznych towarzyszących termicznej konwersji paliw stałych. Zdobyta w tym zakresie wiedza stanowiła podstawę do budowy modeli cieplno-przepływowych procesów konwersji, od modeli uproszczonych do bardziej złożonych.

Przyjęty poziom uproszczeń tworzonych modeli wynikał przede wszystkim z zasadniczego celu prowadzonych przeze mnie badań, jakim była potrzeba opracowania własnych, prostych i efektywnych obliczeniowo programów numerycznych, służących szybkiej analizie charakterystyki procesów spalania i zgazowania. Dodatkowym czynnikiem, jaki miał wpływ na przyjmowany stopień uproszczenia modeli była złożoność i wieloskalowość rozważanych zagadnień.

Rozwój i potencjalne wykorzystanie tego typu modeli ma swoją przyszłość zwłaszcza na gruncie energetyki małoskalowej. Wiążąca się z nią konieczność utylizacji lokalnie dostępnych surowców wymusza projektowanie i optymalizację urządzeń – np. kotłów, reaktorów pirolitycznych i zgazowujących, dedykowanych do nowych, alternatywnych paliw stałych. Wobec różnorodności składu fizykochemicznego paliw, efektywne obliczeniowo narzędzia do wielowariantowej predykcji podstawowych parametrów procesu i ich zmienności nabierają znaczenia. Mają one równie cenne zastosowanie w wielkoskalowych procesach przemysłowych, gdzie możliwość wiarygodnego i szybkiego określenia dynamiki procesu dla różnych parametrów wejściowych, jest kwestią kluczową dla ekonomii procesu i oceny jakości uzyskiwanych produktów. Przykład taki stanowi proces koksowania węgla. Prowadzone przez mnie badania w tym obszarze wskazały na aspekty, które nie są wystarczająco rozpoznane i wymagają dalszych analiz, jak chociażby mechanizm generacji ciśnienia wewnątrz wsadu węgla/koksu.

W tym kontekście, zaproponowane modele stanowią bardzo dobrą alternatywę dla bardziej zaawansowanych i obliczeniowo kosztownych modeli dwu- i trójwymiarowych, rozwijanych na potrzeby analizy dynamiki procesu. Stąd też, planuję prowadzić dalsze

badania w tym kierunku, uzupełniając w przyszłości opracowane modele o szczegółową kinetykę reakcji.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Działalność i prace zrealizowane przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych

Obszarem zainteresowań od początku mojej pracy naukowej stała się nieustalona wymiana ciepła w upakowanych złożach. Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych, tj. w latach 1996-1999, moje badania koncentrowały się na zagadnieniach sprzężonej kondukcyjno-radiacyjnej wymiany ciepła w upakowanych złożach kul. Badania teoretyczno-numeryczne i eksperymentalne w tym zakresie realizowałam w ramach projektów badawczych KBN, w tym promotorskiego (projekty [II.J13] i [II.J14]), głównie w charakterze wykonawcy/głównego wykonawcy. Przeprowadzone prace obejmowały m.in. pomiary rozkładów temperatur w nagrzewanych złożach (bazaltowych, stalowych, szklanych) oraz opracowanie kodów numerycznych do modelowania sprzężonej kondukcyjno-radiacyjnej wymiany ciepła, bazujące na analitycznych rozwiązaniach klasycznego równania parabolicznego przewodzenia ciepła oraz równania hiperbolicznego, wynikającego z zastosowania równania ewolucyjnego Cattaneo i Vernotte'a na strumień ciepła. Przy wykorzystaniu zagadnienia odwrotnego, określiłam m.in. wpływ struktury złoża (średnicy kul), rodzaju materiału i sposobu nagrzewania złoża na wartości efektywnego współczynnika przewodzenia ciepła, prędkość rozchodzenia się ciepła i czas relaksacji. Uzyskane rezultaty stanowiły przedmiot mojej rozprawy doktorskiej oraz wydanej wkrótce po obronie autorskiej pracy w formie Zeszytu Naukowego IMP PAN (poz. [II.E19]). Zaowocowały one również publikacją w czasopiśmie z listy JCR (poz. [II.A7]) i w anglojęzycznym czasopiśmie krajowym (poz. [II.E10]).

Moja rozprawa doktorska została wyróżniona doroczną nagrodą przez Gdańskie Towarzystwo Naukowe GTN (poz. [II.K2]), zaś moja działalność naukowa w obszarze rozważanych zagadnień związanych z materiałami niejednorodnymi doprowadziła do uzyskania w roku 2002 Krajowego Stypendium dla Młodych Naukowców, przyznawanego przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej (poz. [II.K1]). Stypendium to zostało przedłużone na rok 2003.

5.2. Działalność i prace zrealizowane po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Podjętą w ramach doktoratu tematykę nieustalonej wymiany ciepła w upakowanych złożach regularnych ziaren (kul) kontynuowałam do roku 2006. Prowadzone przeze mnie prace objęły badania zagadnienia tzw. efektu „pułapki cieplnej”, występującego w radiacyjnie

nagrzewanych złożach półprzezroczystych, zaizolowanych po stronie przeciwnej do źródła promieniowania. Zjawisko to przejawia się w charakterystycznym rozkładzie temperatury w złożu, wykazującym maksimum temperatury w warstwach złoża oddalonych od powierzchni bezpośrednio opromieniowywanej. Rozkład temperatury w warstwie złoża półprzezroczystego uwarunkowany jest jego przewodnictwem cieplnym i własnościami termooptycznymi. Impulsem do podjęcia analizy tego zagadnienia były praktyczne zastosowania tego efektu m.in. w technice solarnej, gdzie wykorzystanie dla adsorbera materiału o odpowiednich własnościach termooptycznych mogłoby umożliwić uzyskanie wyższych temperatur przy wystarczająco długim czasie ekspozycji na promieniowanie. Zjawisko to ma również znaczenie praktyczne w komorach spalania, gdzie osady gromadzące się na powierzchniach grzejnych kotła, stanowiące warstwę materiału porowatego, mogą stwarzać niebezpieczeństwo przegrzania i degradacji ścianek. Analizy wykazały, że na uzyskanie wysokich temperatur wpływają niski współczynnik przewodzenia ciepła, mała pojemność cieplna oraz wysoka transmisyjność dla promieniowania padającego i niska dla emisji własnej. Takie warunki spełniają upakowane złoża elementów półprzezroczystych, np. szklanych. Przeprowadzone badania eksperymentalne na przykładzie radiacyjnie nagrzewanych, jednostronnie zaizolowanych złożów kul szklanych oraz obliczenia numeryczne z zastosowaniem modelu sprzężonej kondukcyjno-radiacyjnej wymiany ciepła dla zastępczego układu jednoelementowych płyt/warstw, pozwoliły wykazać występowanie wspomnianego efektu pułapki cieplnej. Wyniki tych prac zostały przedstawione w artykułach konferencyjnych na konferencji zagranicznej i krajowej (poz. [II.E17] i [II.E18]).

W tym okresie uczestniczyłam w realizacji projektu, którego przedmiotem była analiza własności termooptycznych upakowanych złożów (poz. [II.J12]). Moje zainteresowania skupiły się jednak na analizie opisu zagadnienia nieustalanej wymiany ciepła w upakowanych złożach przy wykorzystaniu modelu „dual-phase-lag” (skr. DPL), zaliczanego do grupy modeli nie-fourierowskich. W 2005 roku uzyskałam własny projekt badawczy (poz. [II.J11]), którego celem była weryfikacja przydatności tego modelu do opisu nieustalanej wymiany ciepła w rozważanych złożach kul nagrzewanych radiacyjnie. Zagadnienie to ma istotne znaczenie praktyczne także w obszarze zagadnień interdyscyplinarnych odnoszących się do materiałów niejednorodnych np. w powiązaniu z zastosowaniami techniki laserowej w medycynie. W ramach projektu rozwiązano zagadnienie początkowo-brzegowe z warunkiem brzegowym strumienia ciepła o stałej gęstości na brzegu ciała półnieskończonego oraz zaimplementowano do własnego kodu numerycznego. Wykorzystując metodę zagadnienia odwrotnego, na podstawie wyników symulacji i danych eksperymentalnych wyznaczono czasy relaksacji strumienia i gradientu temperatury. W ramach badań przeprowadzono porównanie przewidywań modelu z przewidywaniami modelu hiperbolicznego, co pozwoliło stwierdzić, że w przypadku krótkich czasów nagrzewania i impulsów o dużej wartości, zastosowanie modelu DPL daje lepsze rezultaty niż model hiperboliczny. Moja działalność w tym obszarze

spotkała się z zainteresowaniem i w 2005 r. zostałam zaproszona na University of Vermont, gdzie wygłosiłam seminarium związane z problematyką nie-fourierowskiego transportu ciepła w upakowanych złożach (poz. [III.Q3]).

W roku 2007, w wyniku zmian strukturalnych w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN, zostałam członkiem Zakładu Energii Odnawialnych, angażując się jednocześnie w prace związane z rozwojem technologii termicznej konwersji paliw stałych, głównie pirolizy i zgazowania biomasy. Prace projektowe i optymalizacyjne w tym zakresie wiązały się z koniecznością rozpoznania i symulacji dynamiki procesów fizykochemicznych, zachodzących w reaktorach. Stanowiło to dla mnie impuls do rozszerzenia obszaru moich zainteresowań naukowych o zagadnienia wymiany ciepła i masy w złożach reaktywnych. Wraz z tym moja działalność w dużej mierze skupiła się na opracowywaniu własnych matematycznych modeli procesów cieplno-przepływowych w złożach paliw stałych. Duża złożoność zagadnień związanych z termochemicznym przetwarzaniem stanowi wyzwanie dla modelowania matematycznego. Celem prowadzonych przeze mnie prac była przede wszystkim analiza zjawisk towarzyszących tym procesom pod kątem określenia wpływu podstawowych parametrów na ich przebieg. Kluczem do opisu przemian fizykochemicznych było rozpoznanie charakterystyki paliw, tzn. ich składu chemicznego, budowy fizycznej i struktury. Pierwsze prace studyjne w tej dziedzinie wykonywałam w ramach prac statutowych oraz projektów ściśle związanych z rozproszoną energetyką odnawialną, realizowanych w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN, głównie w ramach projektu kluczowego POIG.01.01.02-00-016/08 (poz. [II.J5]) oraz Zadania Badawczego Nr 4 Programu Strategicznego NCBiR (poz. [II.J8]). Rezultaty przeprowadzonych analiz, dotyczące biomasy drzewnej, zostały przedstawione m.in. w monografii [II.E2]. Z kolei, w ramach prac w ww. projekcie [II.J8] przeprowadziłam analizę struktury ślazuwca pensylwańskiego przy wykorzystaniu mikroskopu optycznego i skaningowego mikroskopu elektronowego. Wykonana ona została na potrzeby analizy procesu hydrolizy biomasy lignocelulozowej, wspomaganego procesem tzw. *steam explosion*. W związku z tym prowadzone przeze mnie badania obejmowały również analizę struktury próbek poprocesowych, uzyskiwanych w różnych warunkach temperaturowych procesu i przy zastosowaniu różnych katalizatorów (poz. [II.E3]). Wyniki obserwacji zmian struktury pozwoliły stwierdzić m.in., że temperatura i ciśnienie są istotnymi czynnikami wpływającymi na efektywność hydrolizy, prowadzącej do rozpadu celulozy. Innym rozważanym przeze mnie aspektem, ważnym dla przebiegu termicznego przetwarzania paliw stałych, była kinetyka procesu pirolizy. Jego analiza i opis w odniesieniu do biomasy i węgla była jednym z przedmiotów pracy wykonanych w ramach sieci EKO-ENERGIA (poz. [II.J6]).

Z uwagi na zainteresowanie pracami dotyczącymi małych instalacji do spalania paliw stałych w kontekście utylizacji źródeł odnawialnych, w ramach wspomnianej sieci EKO-ENERGIA wykonywałam także obliczenia cieplno-przepływowe kotłów małej mocy na

biomasę, jak również wielowariantowe obliczenia współspalania węgla kamiennego i biomasy. Do obliczeń ciepłno-przepływowych kotłów opracowałam własny kod numeryczny (0D). Posłużył on opracowaniu wstępnych założeń projektowych dla kotła biomasowego z olejowym czynnikiem chłodzącym o mocy ok. 25 kW, stanowiącego źródło ciepła dla instalacji badawczej ORC, opracowanej w ramach projektu kluczowego POIG.01.01.02-00-016/08 (poz. [II.J5]). Program ten, w dalszej fazie prac w projekcie został zmodyfikowany i wykorzystywany do obliczeń kolejnej wersji kotła.

Problematyka wykorzystania lokalnie dostępnych paliw odnawialnych, w tym odpadowych, na cele energetyczne w układach małej i średniej mocy, była też w ostatnim okresie inspiracją do podjęcia tematu spalania kurzych odpadów. Polska od wielu lat jest w czołówce, a w 2014 była liderem, w produkcji i eksporcie drobiu w Europie, przy rocznej produkcji ok. 2.5 mln ton mięsa. To wiąże się z sukcesywnie rosnącą ilością poprodukcyjnych odpadów kurzych (pomiotu kurzego). Względy środowiskowe zadecydowały o wprowadzeniu przez Unię Europejską zakazu stosowania tych odpadów do bezpośredniego nawożenia gleby. Ze względu na ich stosunkowo dużą wartość opałową, porównywalną z wartością typową dla peletów drzewnych (poz. [II.A1]), alternatywą jest ich wykorzystanie na potrzeby grzewcze i generację prądu elektrycznego do wychowu drobiu. Małe instalacje do spalania wymagają na etapie projektowania bardziej precyzyjnego określenia charakterystyki spalania paliwa w porównaniu do instalacji większych mocy. Mając na uwadze możliwość energetycznego wykorzystania pomiotu kurzego, w ZEO IMP PAN prowadziłam badania eksperymentalne procesu spalania pomiotu kurzego różnego pochodzenia i jego mieszanek ze słomą, koncentrując się na jakościowej ocenie charakterystyki spalania, w szczególności oszacowaniu prędkości frontu spalania fazy stałej. Pomiary temperatury i wizualizacja procesu zostały przeprowadzone w laboratoryjnej komorze spalania. W celu określenia prędkości wykorzystano różne metody analizy: i) powszechnie stosowaną, bazującą na pomiarze temperatury, ii) optyczną analizę obrazu oraz iii) numeryczną analizę obrazu. Wymiernym rezultatem przeprowadzonej analizy była publikacja uzyskanych wyników w czasopiśmie *Fuel Processing Technology* (poz. [II.A1]). Przeprowadzone analizy doprowadziły ostatecznie także do opracowania koncepcji i założeń projektowych instalacji do spalania kurzych odpadów i zgłoszeniem wniosku patentowego pt. „*Instalacja do spalania pomiotu kurzego, sposób spalania pomiotu kurzego oraz przeznaczenie instalacji do spalania pomiotu kurzego*” (poz. [III.Q4]).

W centrum moich głównych zainteresowań naukowych w okresie po uzyskaniu stopnia doktora były różne aspekty, związane z modelowaniem zjawisk fizykochemicznych w procesach termicznej konwersji paliw stałych. Złożoność tych procesów skłoniła mnie do rozwijania prac, skupiających się na zjawiskach szczegółowych, towarzyszących tym procesom. Rezultaty prowadzonych przeze mnie badań w tej dziedzinie stanowiły podstawę opisu i syntezy podstawowych wniosków dotyczących zagadnień, podejmowanych

w autorskiej monografii stanowiącej moje główne osiągnięcie (poz. [I.A]). Prowadzone w tym obszarze prace obejmowały zagadnienia takie jak transport ciepła i masy, przemiany fazowe, reakcje chemiczne oraz dynamika przepływu.

Duża część prac, związanych z modelowaniem transportu ciepła w złożach reaktywnych, odnosi się do modelowania pirolizy węgla. Dotyczy to nie-fourierowskiego modelu transportu ciepła opracowanego, w ramach współpracy z IChPW, wstępnie w formie opracowań na zlecenie (poz.[III.M9]). Model ten był następnie rozwijany m.in. w ramach projektu MNiSW [II.J7], a rezultaty tych prac zostały opublikowane w anglojęzycznym krajowym czasopiśmie *Archives of Thermodynamics* (poz. [II.E7]) oraz polskim czasopiśmie branżowym *Karbo* (poz. [II.E8] i [II.E9]). Rozważane w tej tematyce zagadnienia obejmowały również m.in. analizy charakterystyki odgazowania na podstawie danych pomiarowych wykonanych w IChPW, których rezultatem było opracowanie opisu kinetyki pirolizy węgla (poz. [III.M7], [III.M8]). Miałam także duży udział w opracowaniu koncepcji i budowie jednowymiarowego modelu zmian ciśnienia w złożu węgla, który został opracowany w ramach innego projektu (europejskiego projektu SPRITCO (poz. [II.J9])), realizowanego także przez IChPW. Model ten umożliwił interpretację lokalnego wzrostu ciśnienia w złożu, co jest zagadnieniem o dużym znaczeniu praktycznym dla koksownictwa. Rezultaty tych analiz zostały zamieszczone w kilku artykułach w czasopismach z listy JCR (poz. [II.A3], [II.A4]) i krajowych (poz. [II.E5], [II.E6]) oraz prezentowane na konferencjach (poz. [II.L6], [II.L7], [II.L9]).

Rozwijane przeze mnie bardziej zaawansowane modele cieplno-przepływowe, opierały się na klasycznym równaniu Fouriera przewodzenia ciepła. Dotyczy to modeli pirolizy i zgazowania biomasy, które zostały opracowane głównie w ramach prac wykonywanych w projekcie kluczowym POIG.01.01.02-00-016/08 (poz. [II.J5])) oraz w ramach zadań statutowych. Zostały one zaprezentowane m.in. w artykułach [II.A5], [II.A6], [II.E1] oraz [II.E4], jak również w monografii dotyczącej procesu zgazowania biomasy [II.E2]. Podejście klasyczne do zagadnienia transportu ciepła zastosowano również w kompleksowych cieplno-przepływowych modelach pirolizy węgla (poz. [II.E5] i [II.E6]). Z uwagi na znaczący wpływ wilgoci obecnej w paliwie na dynamikę zmian temperatury złożu, prowadziłam też prace nad opisem procesu suszenia, w ramach których zaproponowano dwa modele (poz. [II.E2]). Implementacja opisu przemian fazowych, obejmującego odparowanie i kondensację, przyniosła bardzo dobre rezultaty, oddając charakter krzywych temperatury uzyskiwanych z pomiaru (poz. [II.A3]).

Część prac dotyczących procesu zgazowania biomasy poświęciłam analizie reakcji heterogenicznych, prowadząc w laboratorium IMP PAN własne badania eksperymentalne reakcji Boudouard'a w złożu węgla drzewnego. O podjęciu tego zagadnienia zdecydował głównie brak danych literaturowych, dotyczących wpływu parametrów strukturalnych złoża i dynamiki przepływu na stopień konwersji w rzeczywistej skali wsadu reaktora. Uzyskane

wyniki (poz. [II.L4], [II.L5], [I.A]) wykazały istotny wpływ rozmiaru cząstki i koncentracji reagenta na efektywność zgazowania.

Ważnym, z praktycznego punktu widzenia, rezultatem prac w obszarze modelowania procesu karbonizacji węgla, w których brałam udział uczestnicząc w projekcie MNiSW [II.J7] realizowanym przez IChPW, było opracowanie programu numerycznego do symulacji rzeczywistego procesu koksowania. Program ten (o akronimie ODCP), którego jestem współtwórcą, wyposażony jest w graficzny interfejs, umożliwiając wielowariantowe obliczenia dynamiki zmian temperatury i ciśnienia, prędkości i składu gazu, poprzez wybór różnych matematycznych opisów procesu i modeli kinetyki odgazowania. Do kodu numerycznego zaimplementowano wyżej wspomniane modele, opracowane w ramach projektu. Ogromną zaletą stworzonego narzędzia obliczeniowego jest możliwość symulacji procesu karbonizacji węgla, trwającego w rzeczywistości ok. 20 godz., w czasie rzędu minut.

Mój dotychczasowy dorobek naukowy obejmuje łącznie 26 prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora, przy czym 7 z nich (w tym dwie samodzielne) to artykuły, które ukazały się w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR). Zestawienie opublikowanych artykułów naukowych, z uwzględnieniem współczynnika wpływu (IF), punktów przyznanych czasopismom przez MNiSW (wg załączników A i B wykazu czasopism) oraz szacowanym moim udziałem procentowym w pracach, przedstawiłam w Tabeli 1.

Łączny Impact Factor (zgodny z rokiem opublikowania) wynosi 13.797, natomiast indeks Hirscha wg bazy Web of Science (Scopus) wynosi 3 (4). Prace opublikowane w czasopismach znajdujących się w wykazie MNiSW, posiadają łączną liczbę 193 punktów. Większość prac posiadających Impact Factor została opublikowana w okresie ostatnich trzech lat, w związku z czym wskaźniki bibliometryczne wykazują tendencję wzrostową. Aktualnie, jestem na etapie przygotowania kolejnych publikacji.

Tabela 1. Zestawienie opublikowanych artykułów wraz ze wskaźnikami bibliometrycznymi.

Pozycja (w pkt. II)	Załącznik wykazu czasopism MNiSW	Rok wydania	Impact Factor	Punkty MNiSW	Udział (%)	Liczba cytowań ¹	Liczba cytowań ²	Liczba cytowań ³
[A1]	A	2018	3.752	40	40	1 (1)	2 (2)	2 (2)
[A2]	A	2017	4.601	40	100	2 (2)	3 (3)	3 (3)
[A3]	A	2015	3.564	40	35	3 (1)	4 (2)	5 (2)
[A4]	A	2015	0.653	15	35	1 (0)	1 (1)	2 (1)
[A5]	A	2015	0.401	15	70	4 (4)	4 (4)	5 (4)
[A6]	A	2010	0.252	10	50	0 (0)	0 (0)	0 (0)
[A7]	A	2003	0.574	-	100	7 (7)	9 (8)	15 (15)
[E4]	B	2015	-	7	40	-	-	-

[E5]	B	2015	-	5	35	-	-	-
[E7]	B	2013	-	6	60	-	9 (9)	12 (11)
[E8]	B	2011	-	5	35	-	-	2 (0)
[E9]	B	2009	-	4	50	-	-	3 (0)
[E10]	B	2003	-	6	100	-	-	0 (0)
SUMA			13.797	193		18 (15)	32 (29)	49 (38)

¹⁾ Web of Science (z wyłączeniem autocytowań)

²⁾ Scopus (z wyłączeniem autocytowań)

³⁾ Google Scholar (z wyłączeniem autocytowań)

Jestem autorem 1 monografii (poz. [I.A]), współautorem 1 monografii (poz. [II.E2]) oraz 1 rozdziału w monografii (poz. [E3]). Jestem również autorem/współautorem prac publikowanych w Zeszytach Naukowych IMP PAN (poz. [II.E19], [II.E22]).

Jestem autorem i współautorem 22 referatów/doniesień konferencyjnych. Uczestniczyłam w 23 konferencjach i warsztatach w kraju, także o zasięgu międzynarodowym, i za granicą (m.in. w Czechach, Szwecji, Grecji, Austrii, Portugalii i we Włoszech). Wygłosiłam przy tym 13 referatów, z czego 9 w języku angielskim.

W trakcie pracy naukowej brałam udział w realizacji projektów badawczych (14 projektów), z czego 2 to projekty międzynarodowe (poz. [II.J9] i [II.J10]). Jeden z dwóch ostatnich realizowany był w ramach europejskiego programu krajów regionu bałtyckiego (INTEREG BSR). Wśród pozostałych projektów, część realizowana była w ramach krajowego Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013 (POIG). Większość z projektów, w których uczestniczyłam w ostatnim okresie nakierowana była na opracowanie instalacji laboratoryjnych i prototypowych do termicznego przetwarzania biomasy, dzięki czemu uczestniczyłam w opracowywaniu wstępnych założeń projektowych oraz rozruchowych badaniach urządzeń. Byłam m.in. współautorem projektu pierwszego, zaprojektowanego i zbudowanego w IMP PAN Gdańsk, reaktora zgazowującego biomasę typu współprądowego dla wydatku paliwa do 20 kg/godz., który powstał w ramach projektu kluczowego (poz. [II.J5]). Brałam udział w jego uruchamianiu i wstępnych testach, co pozwoliło bliżej rozpoznać aspekty techniczne i eksploatacyjne (poz. [II.F3], [II.F4], [II.L8], [II.L13]) tego typu urządzeń. Prace w obszarze tematycznym związanym ze zgazowaniem biomasy, prowadzone w ZEO IMP PAN z moim udziałem, zaowocowały również opracowaniem konstrukcji, budową i uruchomieniem kolejnej instalacji konwencjonalnego (powietrznego) i parowego zgazowania biomasy (poz. [II.F2]) o podobnym jw. wydatku paliwa. W ramach Zadania Badawczego Nr 4 Programu Strategicznego NCBiR, wykonywałam obliczenia i uczestniczyłam w opracowaniu wstępnych założeń projektowych dla biomasowych instalacji kotłowych dla potrzeb siłowni ORC, wykorzystujących olej termiczny jako pośredniczący czynnik grzewczy. Dotyczyło to siłowni spalających słomę o mocy elektrycznej 0,2, 0,3 i 1 MW (poz. [II.F1]).

W ostatnim okresie, od 2016 r., uczestniczę w projektach o charakterze aplikacyjnym, realizowanych w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój na lata 2014-2020 (POIR) we współpracy z przedsiębiorcami (poz. [II.J1]-[II.J4]). Byłam współautorem konstrukcji mikro-kotła parowego o mocy 20 kW (poz. [II.B]), opracowanej w ramach projektu [II.J4]. Zaprojektowany kocioł dedykowany jest do wytwarzania pary na potrzeby turbogenerатора ORC o mocy ok. 1kWe. Konstrukcja kotła jest nowatorska w skali krajowej. Czynnik roboczy (propanon) podgrzewany jest bezpośrednio od spalin w obiegu o ciśnieniu ok. 10 bar, dając parę o temperaturze ok. 150°C i wydatku 7.2 kg/h. O innowacyjności kotła stanowi również przystosowanie konstrukcji paleniska i wymiennika do spalania paliw stałych, jak i płynnych. W ramach projektów [II.J2] i [II.J3] uczestniczyłam w pracach związanych z opracowaniem prototypów siłowni ORC średniej i małej mocy, odpowiednio do 300kWe oraz 10 i 30 kWe, wykorzystujących ciepło odpadowe z procesów technologicznych. W ramach realizowanych prac prowadziłam obliczenia wymienników ciepła (parowników, skraplaczy, regeneratorów, wymienników typu „spaliny-olej”) dla projektowanych układów. W bieżącym roku powierzono mi funkcję lidera zespołu projektowego z zakresu zagadnień cieplnych, powołanego do prac związanych z konstrukcją prototypowego układu mikrokogeneracyjnego opartego o turbinę gazową z powietrzem jako czynnikiem roboczym - rozwiązania opracowywanego w ramach projektu o akronimie *VoltAeris*, realizowanego przez IMP PAN wspólnie z trzema partnerami z przemysłu (poz. [II.J1]). Celem prac zespołu jest opracowanie nowatorskiej konstrukcji wysokotemperaturowego kotła powietrznego na paliwo stałe, którego zadaniem będzie podgrzanie powietrza do temperatury 850°C przy ciśnieniu roboczym ok. 3 bar. Zagadnienie to jest trudne pod względem technologicznym, zarówno pod względem cieplno-przepływowym, jak i wytrzymałościowo-materiałowym. Jednym z podstawowych wyzwań technicznych jest mała efektywność konwekcyjnej wymiany ciepła w przepływowych wymiennikach typu „spaliny-powietrze”. Wysiłki skierowane są więc na intensyfikację wymiany ciepła na drodze promieniowania, co pozwoli zminimalizować powierzchnię ogrzewalną kotła. Problemem w takim wypadku jest wysoka temperatura pracy kotła. Wymaga to opracowania takiej konstrukcji wymiennika, która z jednej strony zminimalizuje naprężenia cieplne i deformację elementów konstrukcyjnych, a z drugiej pozwoli ograniczyć zużycie kosztownych stali żaroodpornych.

Byłam ponadto zaangażowana w przygotowanie wniosków, części z wymienionych w pkt. II.J oraz innych projektów, w ramach krajowych programów POIG, POIR oraz GEKON, jak również w ramach programów unijnych: INTELLIGENT ENERGY – EUROPE II (2011 r., wspólnie z partnerami z Niemiec, Austrii, Irlandii, Włoch i Słowenii) oraz ERA-NET Bioenergy/ BESTF3 (2017 r. wspólnie z partnerami z Holandii, Austrii i Niemiec), które ostatecznie nie uzyskały finansowania.

Poza działalnością stricte naukową, angażowałam się w prace o charakterze organizacyjnym. Byłam m.in. członkiem komitetu organizacyjnego Międzynarodowego

spotkania klastrow ekonoenergetycznych wraz z warsztatami „Biogas for Pomerania”, zorganizowanych w IMP PAN Gdańsk w 2010 r. poz. [III.C5]). Przy tej okazji byłam także współedytorem anglojęzycznej wersji materiałów konferencyjnych. Pełniłam również funkcję sekretarza komitetu organizacyjnego w dwóch kolejnych edycjach Warsztatów i Szkoły Letniej Przepływów Wielofazowych w latach 2015 i 2017 r. (poz. [III.C1] i [III.C3]). Jednocześnie zostałam współedytorem trzech numerów czasopisma *Transactions of IFFM* (pkt. III.G), poświęconych wybranym zagadnieniom prezentowanym na wspomnianych Warsztatach. Funkcję sekretarza pełnię także w kolejnej, aktualnie przygotowywanej edycji Warsztatów i Szkoły Letniej Przepływów Wielofazowych, która odbędzie się w czerwcu 2019 r.

Byłam ponadto współorganizatorem mini-symposium pt. „*Mechanical and Thermo-Chemical Interactions in the Reactors with Moving and Fluidized Bed*” w ramach krajowego Kongresu Mechaniki (2015 r., poz. [III.C4]) – konferencji o zasięgu międzynarodowym.

Od 2015 r. jestem także członkiem Stowarzyszenia Inżynierów i Mechaników Polskich.

W latach 2011-2014 byłam również w dużym stopniu zaangażowana w działania związane ze stworzeniem nowoczesnego zaplecza badawczo-rozwojowego, których celem było wzmocnienie współpracy pomiędzy nauką i przedsiębiorcami w zakresie rozwoju współczesnych technologii konwersji. Uczestniczyłam m.in., jako osoba współodpowiedzialna, w pracach związanych z organizacją budowy i wyposażeniem Laboratorium Biopaliw i Mikroenergetyki, które powstało na terenie IMP PAN (oddane do użytku w 2012 r.) w ramach projektu współfinansowanego przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska (WFOŚ), Pomorską Specjalną Strefę Ekonomiczną (PSSE) oraz Instytut (poz. [III.Q5]). W ramach tego projektu został zakupiony m.in. sprzęt do pomiarów cieplno-przepływowych, taki jak np. kamera termowizyjna o temperaturze pracy do 2000°C, system PIV, kalorymetr oraz wysokiej klasy sprzęt do analizy chemicznej (w tym m.in. termograwimetr SDT, różnicowy kalorymetr skaningowy, chromatografy gazowe i cieczowe, spektrometr WD-XRF i FTiR, titrator Karl-Fisher). Powstały również unikatowe stanowiska badawcze, które zostały zaprojektowane przez zespół ZEO IMP PAN, jak np. reaktor do ciągłej pirolizy biomasy, reaktor wysokotemperaturowy na biomasę o maksymalnej temperaturze pracy 900°C oraz instalacja kotłowa o uniwersalnej konstrukcji umożliwiająca wielowariantowe badania cieplno-przepływowe.

Moja aktywność w obszarach związanych z rozwojem krajowych technologii małoskalowej energetyki odnawialnej dotyczyła również działań promujących potencjał województwa pomorskiego w rozwoju energetyki odnawialnej, zarówno w kraju, jak i za granicą. Przykładem tego jest moje uczestnictwo z ramienia Bałtyckiego Klastra Ekonoenergetycznego, utworzonego i koordynowanego przez IMP PAN, w seminarium poświęconym działalności klastrow, które odbyło się w 2014 r. w Brukseli. Wystąpiłam tam

w roli eksperta w panelu dyskusyjnym, reprezentując województwo pomorskie (poz. [III.Q1]).

Istotnym elementem mojej działalności naukowo-badawczej były prace realizowane dla przemysłu i innych instytucji w ramach wykonywanych ekspertyz technicznych oraz innych prac/opracowań, które pozwoliły mi na wykorzystanie zdobytej wiedzy w praktyce inżynierskiej. Duża część z nich dotyczyła zagadnień związanych z eksploatacją kotłów energetycznych dużej mocy. Byłam współautorem dokumentacji dotyczącej analizy pracy parowego kotła OP-230 z palnikami pyłowymi, wykonanej na zlecenie Elektrociepłowni Gdańsk (poz. [III.M5]). Celem tego zadania było opracowanie zaleceń remontowych dla kotła i obejmowało analizę pracy dwóch innych, zmodernizowanych kotłów, różniących się systemem dystrybucji powietrza (układem dysz OFA) i paliwa. Byłam także współautorem ekspertyz technicznych dotyczących parowego kotła węglowego z rusztem przesuwym o mocy 7MW, eksploatowanego w WZPOW Sp. z o.o. w Kwidzynie na potrzeby produkcji pary technologicznej (poz. [III.M3]). Przedmiotowy kocioł, po przebytej modernizacji, nie osiągał deklarowanego wydatku pary 18ton/godz. Przeprowadzone w ramach ekspertyzy prace, obejmujące pomiary szybkości przesuwu rusztu i obliczenia, miały na celu ustalenie faktycznej mocy kotła oraz opracowanie wytycznych dla technicznych możliwości regulacji mocy kotła. W ostatnim czasie wykonywałam również ekspertyzę dla Sądu Okręgowego w Gliwicach, której celem była analiza przyrostu sprawności zmodernizowanych kotłów OPG-230, opalanych gazem i węglem kamiennym, oraz ocena efektów ekonomicznych wynikających z wprowadzonych modyfikacji (poz. [III.M1]).

Ponadto, na zlecenie amerykańskiej firmy Advanced Oxidation Reduction Technologies LLC (Kolorado) wykonywałam obliczenia termodynamiczne instalacji odsalania (poz. [III.M2]). Uczestniczyłam również w wykonaniu obliczeń dla firmy Moremaskiner, których celem było wyznaczenie charakterystyki pracy reaktora do termicznego przekształcania odpadów (poz. [III.M4]).

Na mój dorobek składa się również działalność dydaktyczna. Na początku swojej drogi naukowej, tzn. przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych, uczestniczyłam w opracowaniu skryptu dla studentów z zakresu wymiany ciepła (poz. [III.I6]).

W latach 2008-2013 prowadziłam wykłady dla studentów Wydziału Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej z zakresu zagadnień wymiany ciepła oraz, w języku angielskim, z numerycznej mechaniki płynów (poz. [III.I3], [III.I4]). Byłam także wykładowcą na Szkole Letniej zorganizowanej wspólnie z XII edycją Warsztatów Wielofazowych w 2017 r., gdzie przedstawiłam problematykę matematycznego modelowania zagadnień wymiany ciepła i masy w reaktywnych złożach (poz. [III.I1]). W ramach współpracy z Pratt&Whitney w Rzeszowie, prowadziłam serię autorskich szkoleń na temat modelowania zagadnień wymiany ciepła w silnikach lotniczych oraz zagadnień przepływowych z wykorzystaniem narzędzi CFD (poz. [III.I2]).

W trakcie swojej pracy sprawowałam również opiekę nad studentami Wydziału Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej, uczestniczącymi w ramach wakacyjnych inżynierskich praktyk studenckich w prowadzonych przez mnie badaniach eksperymentalnych pirolizy i zgazowania biomasy (poz. [III.J1]-[III.J3]). Pod moją opieką, w prowadzonych w Zakładzie Energii Odnawialnych IMP PAN badaniach eksperymentalnych w zakresie zgazowania biomasy, uczestniczyli studenci-stażysci z Ecole Speciale Militaire de Sant-Cyr (Paryż) (poz. [III.J4]).

W latach 2011-2018 pełniłam także rolę promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim z zakresu modelowania procesu zgazowania biomasy (pkt. [III.K]). Zakończył się on nadaniem stopnia przez Radę Naukową Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w listopadzie br.

Zdobyłam również doświadczenie w roli recenzenta. W okresie od 2010 r. wykonałam recenzje 23 publikacji naukowych, w tym 7 dla czasopism wydawnictw Elsevier i Springer, indeksowanych na liście JCR: *Fuel* (2 artykuły), *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* (2 artykuły), *Results in Physics* (1 artykuł) oraz *Heat and Mass Transfer* (2 artykuły).

Byłam także recenzentem dla krajowych czasopism anglojęzycznych: *Archives of Thermodynamics* (3 artykuły) i *Transactions of IFFM* (13 artykułów).

Moja działalność na polu naukowo-badawczym i organizacyjnym została dwukrotnie doceniona przez Dyrektora Instytutu Maszyn Przepływowych PAN. W 1999 r. zostałam wyróżniona nagrodą za osiągnięcia naukowo-badawcze, natomiast w roku 2015 za działalność na rzecz Instytutu. W roku 2016 zostałam także uhonorowana Brązowym Krzyżem Zasługi.

Syntetyczne podsumowanie całego swojego dorobku przedstawiłam w Tabeli 2.

Tabela 2. Liczbowe zestawienie dorobku naukowo-badawczego i organizacyjnego

Osiągnięcie	przed uzyskaniem stopnia doktora	po uzyskaniu stopnia doktora
Publikacje naukowe w czasopismach z bazy JCR	0	7
Monografie	0	2
Rozdziały w monografiach	0	1
Publikacje w czasopismach krajowych	1	6
Publikacje w materiałach (monografiach) konferencyjnych	2	10
Oryginalne projekty instalacji	0	1
Opracowania zbiorowe/dokumentacja prac badawczych	0	4
Liczba cytowań wg WoS (bez autocytowań)	0	18 (15)
Liczba cytowań wg Scopus (bez autocytowań)	0	32 (29)
Liczba cytowań wg Google Scholar (bez autocytowań)	0	49 (38)

Indeks Hirscha w bazie Web of Science	0	3
Indeks Hirscha w bazie Scopus	0	4
Indeks Hirscha w bazie Google Scholar	0	4
Udział w projektach badawczych (w tym międzynarodowych)	2 (0)	12 (2)
Udział w konferencjach naukowych (w tym międzynarodowych)	2 (1)	21 (9)
Referaty na konferencjach (w tym międzynarodowych)	2 (2)	13 (7)
Uczestnictwo w programach (w tym międzynarodowych)	0 (0)	4 (1)
Udział w komitetach organizacyjnych konferencji (w tym międzynarodowych)	0 (0)	4 (2)
Członkostwo w stowarzyszeniach i organizacjach naukowych	0	1
Wykłady i szkolenia	0	4
Opieka nad studentami (praktykanci/stażysci)	0	6
Promotorstwo w przewodzie doktorskim (rola promotora pomocniczego)	-	1
Opracowania na zamówienie (w tym ekspertyzy techniczne)	0	10 (4)
Recenzje publikacji w czasopismach (w tym z bazy JCR)	0	23 (7)
Nagrody za działalność naukową	1	1
Nagrody i wyróżnienia	1	2

S. Polesek-Karczewska