

AUTOREFERAT

Dr. Güray YILDIZ

Piroliza odpadów (bio-)polimerów do produkcji alternatywnych paliw i chemikaliów

Politechnika Białostocka
Wydział Mechaniczny
Instytut Inżynierii Mechanicznej
Katedra Inżynierii Materiałowej i Produkcji

Białystok, 2024

SPIS TREŚCI

1. IMIĘ I NAZWISKO.....	6
2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE LUB ARTYSTYCZNE – Z PODANIEM PODMIOTU NADAJĄCEGO STOPIEŃ, ROKU ICH UZYSKANIA ORAZ TYTUŁU ROZPRAWY DOKTORSKIEJ	6
3. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH LUB ARTYSTYCZNYCH.....	7
4. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT. 2 USTAWY Z DNIA 20 LIPCA 2018 R. PRAWO O SZKOLNICTWIE WYŻSZYM I NAUCE (DZ. U. Z 2021 R. POZ. 478 Z PÓŹN. ZM.).....	8
a. Wykaz publikacji stanowiących monotematyczny cykl artykułów naukowych.....	8
b. Omówienie osiągnięcia naukowego i zrealizowanych celów badawczych	11
5. INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ ALBO ARTYSTYCZNĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ LUB INSTYTUCJI KULTURY, W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ.....	23
5.1. Uniwersytet Ege, Turcja	23
5.2. Uniwersytet w Gandawie, Belgia.....	24
5.3. Instytut Technologii w Izmirze, Turcja.....	24
6. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ LUB SZTUKĘ.....	25
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne.....	25
6.1.1. Dydaktyka.....	25
6.1.2. Nadzór nad pracami dyplomowymi / doradztwo	26
6.1.2.1. Na Uniwersytecie w Gandawie, Belgia	26
6.1.2.2. Na Instytucie Technologii w Izmirze, Turcja	27
6.1.3. Członkostwo w komisjach egzaminacyjnych	28
6.2. Osiągnięcia organizacyjne.....	29
6.2.1. Pełnione stanowiska administracyjne na uniwersytecie	29
6.2.2. Członkostwa.....	29
6.3. Osiągnięcia w popularyzacji nauki lub sztuki.....	31
7. OPRÓCZ KWESTII WYMIENIONYCH W PKT. 1-6, WNIOSKODAWCA MOŻE PODAĆ INNE INFORMACJE, WAŻNE Z JEGO PUNKTU WIDZENIA, DOTYCZĄCE JEGO KARIERY ZAWODOWEJ.....	32
7.1. Tematy innych prac naukowych i badawczych.....	32
7.1.1. Badania eksperymentalne nad pirolizą biomasy.....	32
7.1.2. Badania eksperymentalne nad pirolizą tworzyw sztucznych.....	33
7.1.3. Badania eksperymentalne nad zastosowaniem ciekłych paliw pochodzenia biologicznego (BtL) w komponentach silników spalinowych	34
7.1.4. Badania eksperymentalne nad wykorzystaniem odpadów rolno-spożywczych	35
7.1.5. Badania eksperymentalne nad katalitycznym zgazowaniem hydrotermalnym bioproduktów.....	35
LISTA REFERENCJI I LINKÓW.....	36

1. IMIĘ I NAZWISKO:

GÜRAY YILDIZ

2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE LUB ARTYSTYCZNE – Z PODANIEM PODMIOTU NADAJĄCEGO STOPIEŃ, ROKU ICH UZYSKANIA ORAZ TYTUŁU ROZPRAWY DOKTORSKIEJ:

05.06.2015 Doktor (Dr)

Uniwersytet w Gandawie (Gandawa, Belgia)

Wydział Inżynierii Biosystemów

Katedra Inżynierii Biosystemów

Dyscyplina: Stosowane Nauki Biologiczne – Chemia i Technologia Bioprosesów

Tytuł rozprawy doktorskiej: Katalityczna szybka piroliza biomasy

Link: <https://biblio.ugent.be/publication/5973393>

Promotor: Prof. Dr. ir. Wolter Prins

Promotor pomocniczy: Prof. Dr. ir. Frederik Ronsse

Współpracownicy przemysłowi:

- Albemarle Catalyst Company B.V. (Amsterdam, Holandia)
- Biomass Technology Group B.V. (Enschede, Holandia)

Współpracownicy akademicy:

- Grupa Zrównoważonej Technologii Procesowej, Uniwersytet Twente (Enschede, Holandia)
- Laboratorium Technologii Chemicznej, Uniwersytet w Gandawie (Gandawa, Belgia)

Członkowie komisji doktorskiej:

- Prof. Dr. ir. Korneel Rabaey, Przewodniczący (Uniwersytet w Gandawie, Belgia)
- Prof. Dr. ir. Wolter Prins, Promotor (Uniwersytet w Gandawie, Belgia)
- Prof. Dr. ir. Frederik Ronsse, Promotor pomocniczy (Uniwersytet w Gandawie, Belgia)
- Prof. Dr. ir. Jo Dewulf, Sekretarz (Uniwersytet w Gandawie, Belgia)
- Dr. Dietrich Meier (Instytut Thünen, Hamburg, Niemcy)
- Prof. Dr. ir. Hero Jan Heeres (Uniwersytet w Groningen, Holandia)
- Prof. Dr. ir. Sascha R. A. Kersten (Uniwersytet Twente, Holandia)
- Prof. Dr. ir. Kevin M. van Geem (Uniwersytet w Gandawie, Belgia)

08.06.2009 Magister (Mgr)

Uniwersytet Ege (Izmir, Turcja)

Wydział Inżynieryjny

Katedra Inżynierii Chemicznej

Dyscyplina: Inżynieria Chemiczna

Tytuł pracy magisterskiej: *Hydrogen and/or Methane Production from Glycerol Using Catalytic Gasification Processes with Phosphoric Acid and Salts of Phosphoric Acid in Supercritical Water*

Promotor: Prof. Dr. Levent Ballice

Promotor pomocniczy: Prof. Dr. Mithat Yüksel

27.06.2007 Licencjat (Lic.)

Uniwersytet Ege (Izmir, Turcja)

Wydział Inżynieryjny

Katedra Inżynierii Chemicznej

Dyscyplina: Inżynieria Chemiczna

Tytuł projektu z Projektowania w Inżynierii Chemicznej: *Overall Design of a plant, producing cumene from propylene, propane and benzene*

Tytuł pracy dyplomowej: *Liquefaction of Solid Fuels and Characterization of Liquefaction Products*. Badania eksperymentalne zostały (częściowo) przeprowadzone w PETKIM Inc. (SOCAR).

Promotor: Prof. Dr. Levent Ballice

14.06.2007 Licencjat z Administracji Biznesu (Lic.)

Uniwersytet Anadolu (Eskisehir, Turcja)

Wydział Zarządzania

Katedra Zarządzania

3. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH LUB ARTYSTYCZNYCH:

- | | |
|--------------------------------|---|
| 01.10.2023 – obecnie | Politechnika Białostocka (Białystok, Polska)
Wydział Mechaniczny
Katedra Inżynierii Materiałowej i Produkcji
Stanowisko: Adiunkt |
| 22.02.2018 – 14.09.2023 | Instytut Technologii w Izmirze (Izmir, Turcja)
Wydział Inżynieryjny
Katedra Inżynierii Systemów Energetycznych
Stanowisko: Adiunkt |
| 07.06.2015 – 31.12.2016 | Uniwersytet w Gandawie (Gandawa, Belgia)
Wydział Inżynierii Biosystemów
Katedra Inżynierii Biodystemów
Stanowisko: Badacz po doktoracie (Postdoc) |
| 01.09.2009 – 05.06.2015 | Uniwersytet w Gandawie (Gandawa, Belgia)
Wydział Inżynierii Biosystemów
Katedra Inżynierii Biosystemów
Stanowisko: Doktorant-badacz |

01.04.2008 – 01.04.2009 Uniwersytet Ege (Izmir, Turcja)

Wydział Inżynieryjny

Katedra Inżynierii Chemicznej

Stanowisko: Stypendysta badawczy w ramach grantu Tureckiej Rady Badań Naukowych i Technologicznych (TUBITAK) (Nr projektu: 107M480)

4. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT. 2 USTAWY Z DNIA 20 LIPCA 2018 R. PRAWO O SZKOLNICTWIE WYŻSZYM I NAUCE (DZ. U. Z 2021 R. POZ. 478 Z PÓŹN. ZM.):

a. Wykaz publikacji stanowiących monotematyczny cykl artykułów naukowych

Wyjaśnienie symboli w numeracji poniższych prac:

A: Artykuły opublikowane w czasopismach z Impact Factorem (IF) i uwzględnione w bazie danych JCR (część A listy czasopism naukowych według wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, *MNiSW*).

* Autor(zy) korespondencyjny(i)

Spośród 16 artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych po uzyskaniu stopnia doktora wybrałem monotematyczną serię 7 publikacji, które są szczegółowo omówione poniżej. Informacje na temat pozostałych publikacji znajdują się w Sekcji 7.1 (strona 32) oraz w Sekcji II.4 (strona 43).

Łączny Impact Factor artykułów wchodzących w skład monotematycznego cyklu publikacji (7 publikacji): **30,135**

Łączna liczba punktów przyznanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego za artykuły wchodzące w skład monotematycznego cyklu publikacji (7 publikacji): **555**

Wartość Impact Factor (IF) oraz liczba punktów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (punkty *MNiSW*) zostały podane zgodnie z rokiem publikacji artykułów.

W odniesieniu do „Oświadczeń o wkładzie autorów”: Ponieważ nie udało się uzyskać wystarczającej liczby oświadczeń współautorów (tj. co najmniej 4 współautorów w przypadku prac z więcej niż 5 współautorami), przedstawiono jedynie oświadczenia od autora korespondencyjnego i/lub lidera grupy.

Monotematyczna seria 7 publikacji:

A1. Priharto, N., Ronsse, F., **Yildiz, G.**, Heeres, H. J., Deuss, P. J., & Prins, W.* (2020). Fast pyrolysis with fractional condensation of lignin-rich digested stillage from second-generation bioethanol production. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 145, 104756.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104756>

IF = 5.541; 100 punktów *MNiSW*.

Mój wkład w publikację polegał na opracowaniu metodologii eksperymentalnej i systemu reaktora (patrz Sekcja 5.2, strona 24), optymalizacji wspomnianego systemu na podstawie optymalnego

wykorzystania surowca bogatego w ligninę w warunkach pirolizy, nadzorowaniu operatora (pierwszy autor, doktorant) oraz przeprowadzaniu eksperymentów pirolizy, a także na recenzji i edycji oryginalnego manuskryptu.

Oświadczenie o wkładzie w autorstwo: Proszę zapoznać się z oświadczeniem lidera grupy badawczej i autora korespondencyjnego, **Voltera Prinsa**, w sekcji „Załączniki” na końcu tego dokumentu.

- A2.** Toraman, H. E., Vanholme, R., Borén, E., Van Wonterghem, Y., Djokic, M. R., **Yildiz, G.**, Ronsse, F., Prins, W., Boerjan, W., Van Geem, K. M. *, & Marin, G. B. (2016). Potential of genetically engineered hybrid poplar for pyrolytic production of bio-based phenolic compounds. *Bioresource Technology*, 207, 229–236.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.02.022>

IF = 5.651; 45 punktów MNiSW.

Mój wkład w publikację polegał na opracowaniu części metodologii eksperymentalnej, przeprowadzeniu eksperymentów pirolizy pośredniej (ang.: intermediate pyrolysis) genetycznie modyfikowanej topoli hybrydowej, optymalizacji aparatury procesowej na podstawie optymalnego wykorzystania tego surowca w pirolizie pośredniej, nadzorowaniu operatora w warunkach laboratoryjnych oraz recenzji i edycji oryginalnego manuskryptu.

Ta publikacja jest częścią projektu zatytułowanego "*BIOLEUM: Fuels and Chemicals by Fast Pyrolysis of Biomass*", w którym pełniłem rolę badacza (patrz Sekcja II.9 na stronie 50).

Oświadczenie o wkładzie w autorstwo: Proszę zapoznać się z oświadczeniem lidera grupy badawczej i autora korespondencyjnego, **Kevina M. van Geema**, w sekcji „Załączniki” na końcu tego dokumentu.

- A3.** Ekici, E., **Yildiz, G.***, Joka-Yildiz, M., Kalinowska, M., Şeker, E., & Wang, J. (2024). Continuous flow pyrolysis of virgin and waste polyolefins: a comparative study, process optimization and product characterization. *Frontiers of Chemical Science and Engineering*, 18, 70.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s11705-024-2429-x>

IF = 4.300; 70 punktów MNiSW.

Mój wkład w publikację obejmował planowanie pracy eksperymentalnej, projektowanie, optymalizację i walidację laboratoryjnego systemu reaktora do pirolizy, zbieranie produktów pirolizy oraz określanie wydajności, a także analizę produktów pirolizy w fazie ciekłej i gazowej odpowiednio za pomocą GC/MS i GC/FID. Ponadto, opracowałem koncepcję artykułu, w tym przegląd literatury, zinterpretowałem wyniki badań, zaprojektowałem grafiki, zrecenzowałem i zredagowałem manuskrypt oraz przygotowałem odpowiedzi na uwagi recenzentów i ostateczną wersję artykułu.

Ta publikacja jest częścią mojego projektu zatytułowanego "*FuelPlas: A sustainable and innovative thermochemical approach for producing hydrocarbon fuels from unrecycled plastic waste in Turkey*", w którym pełniłem rolę współgłównego badacza (patrz Sekcja II.9 na stronie 50). W trakcie przygotowywania artykułu kierowałem: administracją projektu, zarządzaniem zasobami, nadzorowaniem pierwszego autora (student studiów magisterskich) oraz pozyskiwaniem funduszy.

Oświadczenie o wkładzie w autorstwo: Proszę zapoznać się z oświadczeniem współautora, współgłównego badacza oraz lidera grupy badawczej na Aston University, **Jiawei Wanga**, w sekcji „Załączniki” na końcu tego dokumentu.

- A4.** Cheng, Y., Ekici, E., **Yildiz, G.**, Yang, Y., Coward, B., & Wang, J.* (2023). Applied machine learning for prediction of waste plastic pyrolysis towards valuable fuel and chemicals production. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 169, 105857.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2023.105857>

IF = 5.800; 100 punktów MNiSW.

Mój wkład w publikację polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, zebraniu i opracowaniu obszernego zestawu danych, interpretacji uzyskanych wyników badań, recenzji i edycji manuskryptu, nadzorowaniu pracy grupy badawczej, realizacji projektu oraz pozyskiwaniu funduszy na badania.

Ta publikacja jest częścią mojego projektu zatytułowanego "*FuelPlas: A sustainable and innovative thermochemical approach for producing hydrocarbon fuels from unrecycled plastic waste in Turkey*", w którym pełniłem rolę współgłównego badacza (patrz Sekcja II.9 na stronie 50). W trakcie przygotowywania artykułu kierowałem: administracją projektu, zarządzaniem zasobami, nadzorem oraz pozyskiwaniem funduszy.

Oświadczenie o wkładzie w autorstwo: Proszę zapoznać się z oświadczeniem współautora, współgłównego badacza oraz lidera grupy badawczej na Aston University, **Jiawei Wanga**, w sekcji „Załączniki” na końcu tego dokumentu.

- A5.** **Yildiz, G.*** & Prins, W. (2023). Perspectives of biomass catalytic fast pyrolysis for co-refining: review and correlation of literature data from continuously operated setups. *Energy&Fuels*, 37, 2, 805–832.

DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.2c02389>

IF = 5.200; 100 punktów MNiSW.

Wniosłem wkład w różne aspekty tej publikacji, w tym w konceptualizację, opracowanie danych, analizę formalną, badania, metodologię, walidację, wizualizację, napisanie oryginalnego manuskryptu, przygotowanie odpowiedzi dla recenzentów, recenzję i edycję artykułu oraz przygotowanie jego ostatecznej wersji. Dzięki obszernemu zbiorze danych przedstawiłem istotność badań dostępnych w literaturze za pomocą technik statystycznych i empirycznych.

Publikacja została opublikowana w numerze specjalnym zatytułowanym „Współprzetwarzanie biopaliw w rafineriach ropy naftowej” i otrzymała prestiżowe wyróżnienie „**American Chemical Society Editor’s Choice**”.

Oświadczenie o wkładzie w autorstwo: Proszę zapoznać się z oświadczeniem współautora, **Woltera Prinsa**, w sekcji „Załączniki” na końcu tego dokumentu.

A6. Yildiz, G.*, Ronsse, F., Vercruyssen, J., Daels, J., Toraman, H. E., van Geem, K. M., Marin, G. B., van Duren, R., & Prins, W. (2016). In situ performance of various metal doped catalysts in micropyrolysis and continuous fast pyrolysis. *Fuel Processing Technology*, 144, 312–322.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.01.012>

IF = 3.752; 40 punktów MNiSW.

Mój wkład w publikację obejmował planowanie pracy eksperymentalnej, optymalizację i walidację laboratoryjnego systemu reaktora do pirolizy w skali laboratoryjnej, zbieranie produktów pirolizy oraz określanie wydajności procesu, a także analizę produktów pirolizy w fazie ciekłej i gazowej odpowiednio za pomocą GCxGC/MS, miareczkowania Karla Fischera oraz GC/FID. Ponadto, opracowałem koncepcję artykułu, w tym przegląd literatury, zinterpretowałem wyniki badań, zaprojektowałem grafiki, zrecenzowałem i zredagowałem manuskrypt oraz przygotowałem odpowiedzi na uwagi recenzentów oraz ostateczną wersję artykułu.

Oświadczenie o wkładzie w autorstwo: Proszę zapoznać się z oświadczeniem lidera grupy badawczej i współautora, **Voltera Prinsa**, w sekcji „Załączniki” na końcu tego dokumentu.

A7. Priharto, N.*, Ghysels, F.*, Pala, M., Opsomer, W., Ronsse, F.*, **Yildiz, G.**, Heeres, H. J., Deuss, P. J., & Prins, W.* (2020). Ex-situ catalytic fast pyrolysis of lignin-rich digested stillage over Na/ZSM-5, H/ZSM-5, and Fe/ZSM-5. *Energy & Fuels*, 34, 10, 12710–12723.

DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.0c02390>

IF = 3.605; 100 punktów MNiSW.

Mój wkład w publikację polegał na opracowaniu metodologii eksperymentalnej i systemu reaktora (patrz Sekcja 5.2, strona 24), optymalizacji wspomnianego systemu na podstawie optymalnego wykorzystania surowców i katalizatorów w pirolizie katalitycznej, nadzorowaniu operatora (pierwszy autor, doktorant) oraz przeprowadzaniu eksperymentów pirolizy, a także na recenzji i edycji oryginalnego manuskryptu.

Oświadczenie o wkładzie w autorstwo: Proszę zapoznać się z oświadczeniem lidera grupy badawczej i autora korespondencyjnego, **Voltera Prinsa**, w sekcji „Załączniki” na końcu tego dokumentu.

b. Omówienie osiągnięcia naukowego i zrealizowanych celów badawczych

Osiągnięcie naukowe, które stanowi podstawę niniejszego wniosku, koncentruje się na teoretycznych podstawach i praktycznych wdrożeniach technologii pirolizy — techniki termochemicznej konwersji, wykorzystującej odpady (bio-)polimerowe, obejmujące zarówno materiały pochodzenia biologicznego, jak i ropopochodne. **Osiągnięcie to szczególnie podkreśla postępy dokonane w zakresie rozwoju, optymalizacji i walidacji procesu pirolizy** na różnych skalach, z uwzględnieniem unikalnych cech wykorzystywanego surowca oraz zastosowania zoptymalizowanych parametrów procesu.

Informacje wstępne

Produkcja alternatywnych paliw i chemikaliów z materiałów stałych (bio-)polimerowych w idealnym przypadku obejmowałaby proces jednoetapowy o wysokim stopniu konwersji. Elastyczność w

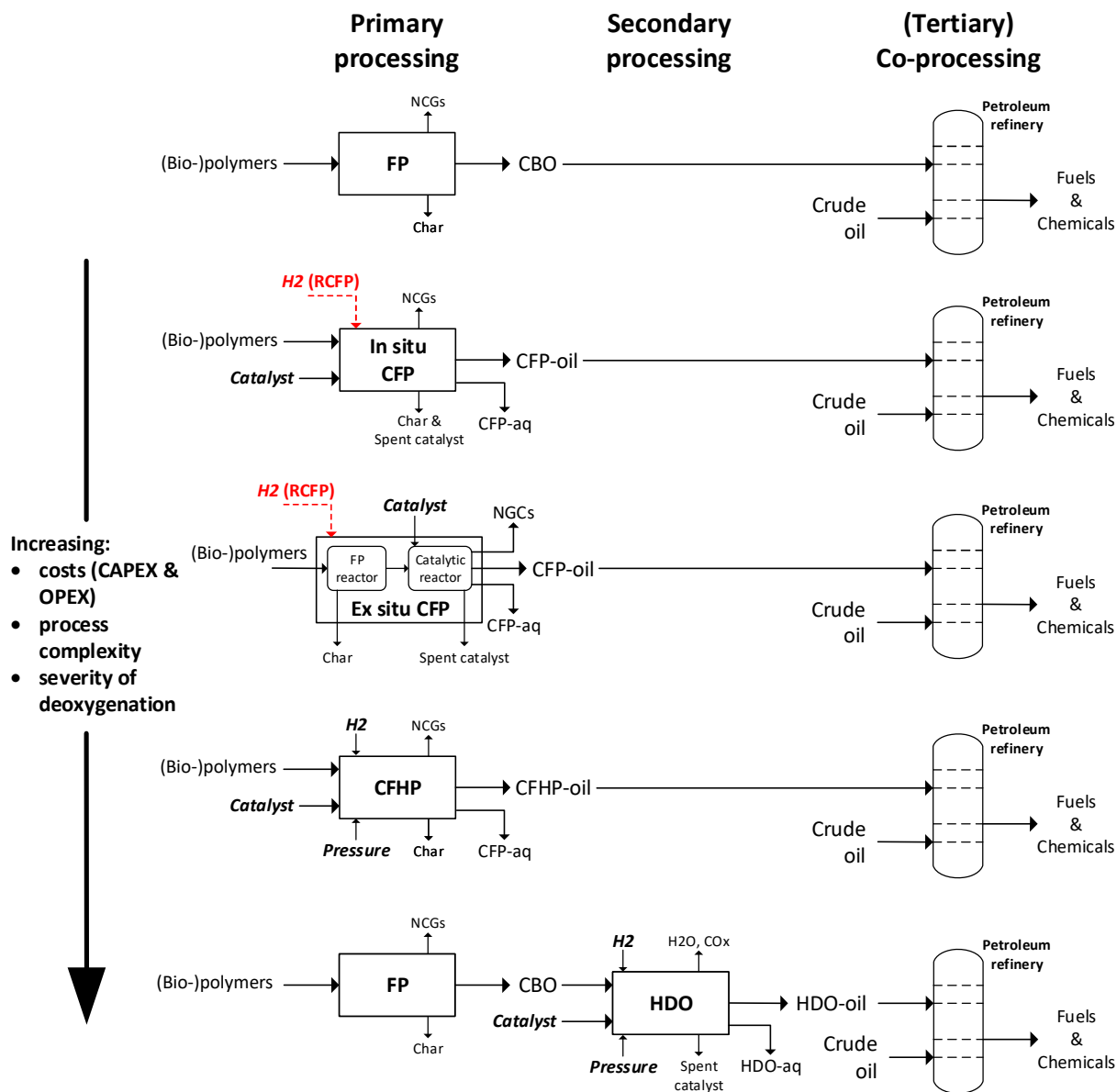
wykorzystaniu różnych rodzajów surowców i krótkie czasy konwersji stanowiłyby dodatkowy atut tego procesu. Piroliza jest uznawana za skuteczną technologię konwersji w celu produkcji półproduktów paliwowych, chemikaliów oraz źródeł ciepła (ang. heating sources). Wynik procesu pirolizy zależy od wielu czynników związanych z typem i właściwościami surowca (bio-)polimerowego, katalizatorami oraz reaktorem, warunkami procesowymi (np. temperatura reakcji, szybkość nagrzewania, czas przebywania itp.) oraz planowanym zastosowaniem produktów końcowych. Proces generuje produkty w formach ciekłej, gazowej i stałej w różnych proporcjach, a uzyskanie maksymalnej wydajności pożądanego produktu zależy od precyzyjnie zoptymalizowanych warunków procesowych. Produkt ciekły, olej pirolityczny (odnoszący się do surowego, niekatalitycznie produkowanego jednofazowego ciekłego produktu pirolizy), może być uzyskany w wydajności od 35 do 75% wagowych. Do określonych zastosowań surowego oleju pirolitycznego, np. w silnikach spalinowych (tj. stacjonarnych generatorach diesla lub silnikach statków) lub jako półprodukt (bio-pochodny) w istniejących rafineriach ropy naftowej, wymagana jest pewna forma modernizacji, obejmująca (częściowe) usunięcie tlenu i rozkład oligomerów obecnych w oleju pirolitycznym. Główne cele modernizacji oleju pirolitycznego można wymienić jako:

- poprawa mieszalności z paliwami ciekłymi pochodzenia ropopochodnego;
- redukcja lepkości i niestabilności;
- zmniejszenie kwasowości, co pozwala na jego użycie z konwencjonalnymi pompami, rurociągami i wtryskiwaczami;
- zapobieganie tworzeniu się koksu (uniknięcie zatykania wtryskiwaczy);
- zwiększenie liczby cetanowej (tj. wskaźnika zachowania zapłonu w silniku wysokoprężnym).

Aby osiągnąć te cele, jakość oleju pirolitycznego można poprawić poprzez działania (indywidualne lub w połączeniu) podejmowane przed, w trakcie lub po etapie pirolizy. Mogą to być deminalizacja surowca poprzez mycie kwasem (ługowanie), stopniowa kondensacja i estryfikacja alkoholem, aby obniżyć zawartość wody i kwasów w „surowym (bio-)oleju pirolitycznym (CBO, ang. crude bio-oil)”, katalityczna modernizacja wyprodukowanego CBO, np. poprzez uwodornienie i/lub hydrolizę, lub zastosowanie heterogenicznej katalizy w procesie pirolizy (tj. katalityczna szybka piroliza (CFP (ang. catalytic fast pyrolysis) in situ lub ex situ). Wspólnym celem wszystkich możliwych technik modernizacji CBO musi być preferowanie ścieżek prowadzących do redukcji funkcji tlenowych i koncentracji tlenu (tj. odtlenianie), przy jednoczesnym rozkładzie dużych struktur aromatycznych (głównie pochodzenia ligninowego) na mniejsze. W rezultacie powstaje zmodernizowany ciekły półprodukt (pochodzenia biologicznego) o zmniejszonej kwasowości, poprawionej stabilności, wyższej wartości opałowej i lepszej mieszalności ze strumieniami rafineryjnymi oraz/lub ropopochodnymi paliwami ciekłymi możliwy do bezpośredniego zastosowania (Rysunek 1).

W ciągu ostatnich dwóch dekad przeprowadzono szeroko zakrojone badania nad pirolizą różnorodnych materiałów (bio-)polimerowych, co zaowocowało licznymi publikacjami omawiającymi różne aspekty tej technologii, w tym chemię, katalizatory, procesy oraz analizy techno-ekonomiczne (TEA) i ekonomię procesów. Jednak nadal istnieje znacząca luka w badaniach dotycząca związku między typem surowca a wykorzystaniem dostosowanych surowców i katalizatorów w pirolizie, jak również w rozwoju i optymalizacji technologii dostosowanej do specyficznych kombinacji surowców i katalizatorów. Obejmuje to stosowanie różnych trybów przetwarzania (np. piroliza bez katalizatora, in situ oraz ex

situ) oraz nowatorskich technologii reaktorów w celu osiągnięcia optymalnych wydajności i bilansów masowych. W związku z tym głównym celem moich badań było pogłębienie zrozumienia tych aspektów technologii poprzez praktyczne badania eksperymentalne. To ostatecznie doprowadziło do opracowania innowacyjnych i oryginalnych metodologii badawczych, umożliwiających dogłębną i kompleksową charakterystykę procesów pirolizy. Wyniki te były możliwe do uzyskania dzięki zastosowaniu najnowocześniejszych technik w dziedzinie inżynierii chemicznej.



Rysunek 1. Rodzaje technologii pirolizy mających na celu produkcję ciekłych półproduktów jako surowca do współprzetwarzania w rafinerii ropy naftowej (Zaadoptowane z [A5]). Skróty: CBO: surowy olej pirolityczny (bio-olej); FP: szybka piroliza; CFP: katalityczna szybka piroliza; RCFP: reaktywna katalityczna szybka piroliza; CFHP: katalityczna szybka hydropiroliza; HDO: hydrorozkład; -aq: faza wodna.

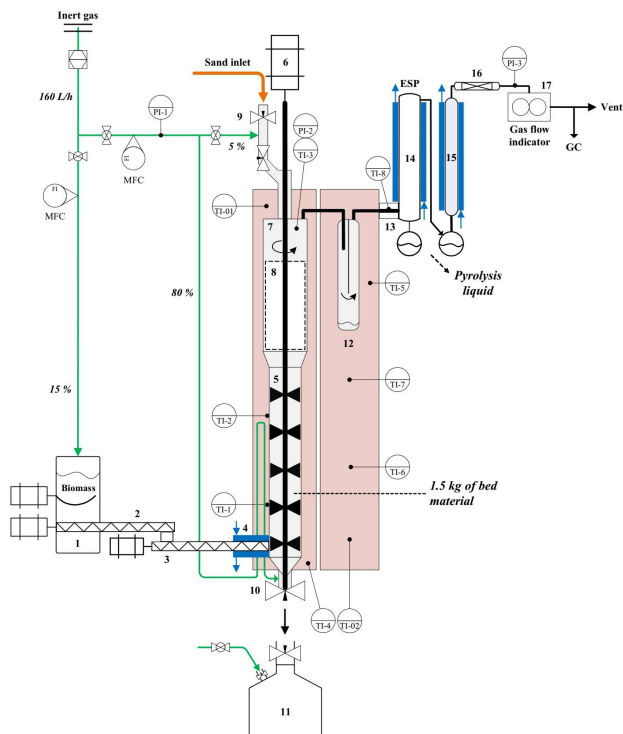
Szczegółowy opis przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników

Niekatalityczna szybka piroliza jest technologią termochemicznej konwersji, której celem jest produkcja surowego oleju pirolitycznego. W literaturze, jak również w moich wyżej wymienionych pracach, różne rodzaje materiałów na bazie bio- i/lub polimerów były stosowane jako surowce do pirolizy. W procesie pirolizy wszystkie te materiały powinny być jednak wykorzystywane zgodnie z technicznymi i fizykochemicznymi ograniczeniami wynikającymi z samego surowca [A1, A2, A3, A7]. W tym celu badaliśmy ocenę możliwości wykorzystania odfermentowanych wywarów bogatych w ligninę jako surowca do szybkiej pirolizy [A1].

Podczas pirolizy surowce bogate w ligninę mają tendencję do mięknięcia i topnienia przed całkowitym rozkładem, co stwarza wyzwania w procesie, szczególnie w reaktorach i systemach podawania. Stopiona lignina może przyklejać się do powierzchni urządzeń, prowadząc do poważnych osadów i zmniejszenia wydajności operacyjnej. Dodatkowo, podczas topnienia ligniny, małe cząsteczki mogą się sklejać, tworząc większe aglomeraty, które mogą zablokować lub zatkać sprzęt. Skutkuje to przerwami w pracy spowodowanymi koniecznością czyszczenia i konserwacji lub nawet całkowitym zatrzymaniem procesu. Aby zaradzić takim wadom, wdrożyłem innowacyjną technologię reaktora do pirolizy: prototyp zwany PYReactor (Rysunek 2). Reaktor ten został zaprojektowany specjalnie do przetwarzania trudnych do obsługi surowców z opisanymi powyżej ograniczeniami technicznymi. PYReactor wyposażony jest w specjalnie zaprojektowane mechaniczne mieszadło w komorze reaktora, które poprawia zdolności mieszania i wymiany ciepła w porównaniu do tradycyjnych reaktorów ze złożem fluidalnym. System umożliwia produkcję próbek bio-oleju w trybie w pełni ciągłym, zazwyczaj około 50 gramów na cykl, odpowiednich do kompleksowej charakteryzacji. PYReactor pozwala na przeprowadzanie trzech różnych rodzajów eksperymentów szybkiej pirolizy biomasy. Obejmują one eksperymenty niekatalityczne z użyciem piasku jako nośnika ciepła, eksperymenty katalityczne in-situ z wykorzystaniem mieszanek piasku i katalizatora jako nośnika ciepła oraz eksperymenty katalityczne ex-situ, w których dochodzi do uszlachetnienia par pirolitycznych przez stałe złożo katalizatora (patrz Sekcja III.4.B, strona 56) [1,2]. Ta technologia reaktora wykazuje znaczący postęp w stosunku do obecnego stanu techniki w porównaniu z innymi technologiami reaktorów, takimi jak reaktory fluidalne i ślimakowe, opisanymi w literaturze [patrz A5 po szczegóły], i została następnie opatentowana (szczegóły patentu znajdują się w sekcji III.3.A, strona 56).

W pracy [A1] odfermentowany wywar bogaty w ligninę został wstępnie poddany trawieniu enzymatycznemu przed szybką pirolizą przeprowadzoną w różnych temperaturach reakcji. Pary pirolityczne zostały zebrane metodą kondensacji frakcyjnej w celu oddzielenia od siebie ciekłej fazy organicznej ciężkiej i wodnej. Ciężka frakcja cieczy pirolitycznej, karbonizat (ang. char) i gazy niekondensujące (NCG) okazały się być korzystnymi kandydatami do wykorzystania jako paliwa, chociaż stosunkowo wysoka zawartość azotu w ciężkiej frakcji cieczy pirolitycznej oraz wysoka zawartość popiołu w karbonizacie wymagały dalszej uwagi, ponieważ mogą powodować specyficzne problemy podczas spalania. Szybka piroliza przyczyniła się do wzrostu konwersji o dodatkowe 26,8% wagowych, wykorzystując wcześniej pomijane stałe pozostałości, co zwiększyło ogólną wartość wytworzoną w produkcji etanolu lignocelulozowego. Dwa oryginalne osiągnięcia wynikające z tych badań to: **(i)** walidacja nowego i innowacyjnego systemu reaktora do pirolizy (tj. PYReactor) do przetwarzania trudnych do przetworzenia odfermentowanych wywarów bogatych w ligninę oraz **(ii)** połączenie dwóch głównych procesów – fermentacji beztlenowej wywaru i szybkiej pirolizy wytrąconego osadu – co dodało dodatkową wartość łańcuchowi produkcji bioetanolu. Podejście to

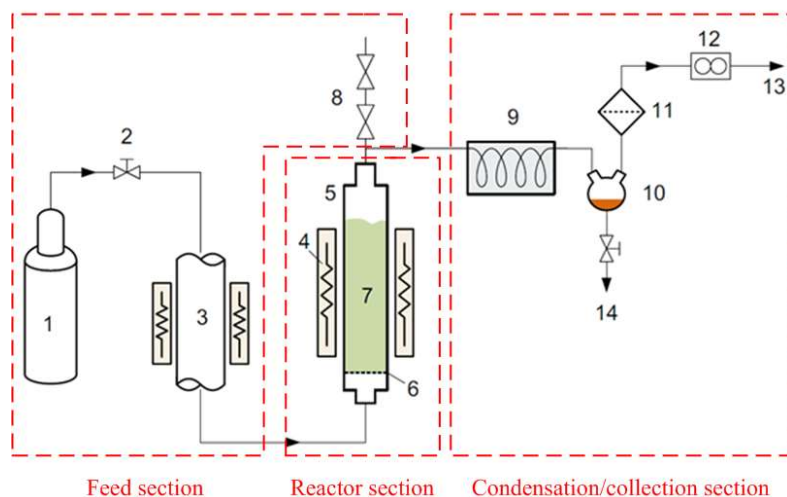
wykazało potencjał do zwiększenia ogólnej wartości produkcji bioetanolu drugiej generacji poprzez uzyskanie cennych strumieni ubocznych, takich jak oleje pirolityczne, związki fenolowe, gazy niekondensujące oraz karbonizaty.



Rysunek 2. Schemat instalacji pirolitycznej (PYReactor) używanej w tej pracy [3, A1]. (1) zasobnik biomasy; (2) śruba podająca zasobnika; (3) śruba podająca biomase; (4) płaszcz chłodzący; (5) mieszadło mechaniczne; (6) wirnik mieszadła; (7) naczynie reaktora pirolitycznego; (8) przekładka; (9) para zaworów do mechanizmu podawania piasku; (10) dolny zawór naczynia reaktora; (11) naczynie zbierające ciała stałe (piasek i węgiel drzewny); (12) naczynie wyłapujące; (13) izolowany przewód wlotowy skraplacza; (14) elektrostatyczny osadnik chłodzony wodą; (15) spiralny skraplacz szklany chłodzony wodą; (16) filtr bawełniany; (17) wskaźnik przepływu gazu.

Zmodyfikowane genetycznie surowce również wzbudziły zainteresowanie środowiska zajmującego się pirolizą ze względu na możliwość uzyskania z nich lepszych właściwości produktów popirolitycznych w odniesieniu do ich naturalnych odpowiedników. W kolejnym badaniu porównaliśmy skład bio-oleju pirolitycznego uzyskanego z pirolizy drewna topoli dzikiego typu ze składem bio-oleju pirolitycznego uzyskanego z topoli o genetycznie zmodyfikowanej strukturze ligniny [A2]. W tym badaniu zastosowano półciągły reaktor rurowy do eksperymentów pirolizy pośredniej (Rysunek 3). Oprócz opracowania części metodologii eksperymentalnej, mój wkład obejmował przeprowadzenie eksperymentów pirolizy pośredniej genetycznie zmodyfikowanej hybrydowej topoli oraz optymalizację aparatury procesowej na podstawie optymalnego wykorzystania tego surowca w pirolizie pośredniej. Stwierdzono, że struktura ligniny miała istotny wpływ na frakcję aromatyczną bio-oleju w warunkach szybkiej pirolizy. W warunkach pirolizy pośredniej, reakcje wtórne pary związków aromatycznych pochodzących z ligniny powodowały, że różnice zanikały. Szczegółowa analiza danych z pirolizy z zastosowaniem analizy głównych składowych (PCA, ang. Principal Component Analysis) w

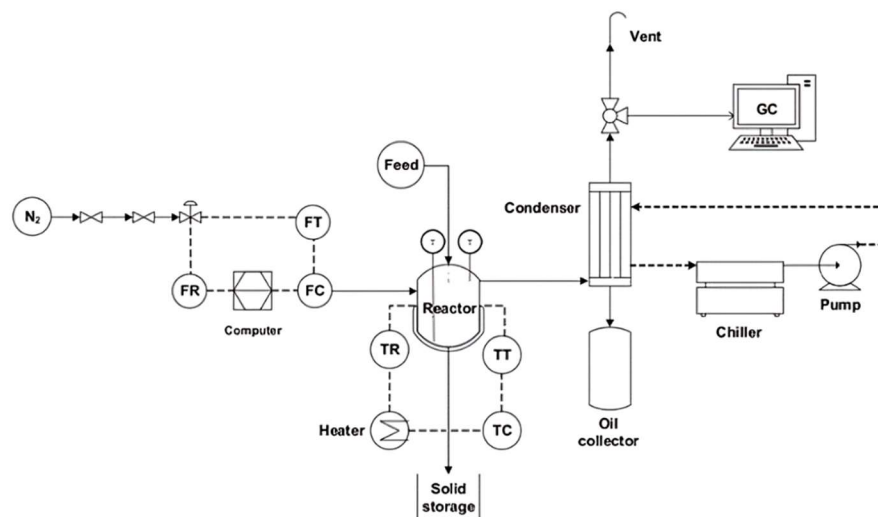
połączeniu z grupowaniem metodą K-średnich wykazała, że wydajność związków fenolowych zwiększyła się nawet trzykrotnie, zgodnie z proporcją syryngyl/guajakyl w pirolizowanej hybrydowej topoli. Nasze nowatorskie podejście, obejmujące badanie wpływu modyfikacji genetycznych surowca na skład bio-oleju pirolitycznego w warunkach zarówno szybkiej mikro-pirolizy, jak i pirolizy pośredniej, dostarczyło cennych informacji oraz pogłębiło nasze zrozumienie wpływu warunków procesu pirolizy, technologii reaktorów i właściwości surowców biomasowych na wydajność związków fenolowych pochodzących z ligniny. Ponadto, informacje uzyskane w tym badaniu oferują nowe perspektywy dotyczące możliwości wykorzystania bio-olejów pirolitycznych pochodzących z lignocelulozowej biomasy zmodyfikowanej genetycznie do produkcji chemikaliów specjalistycznych, zamiast paliw.



Rysunek 3. Schemat przepływu reaktora rurowego działającego w trybie półciągłym: (1) dopływ azotu, (2) kontrola przepływu, (3) podgrzewacz gazu, (4) elektryczny piec rurowy, (5) reaktor pirolityczny, (6) spiekana płyta podstawy, (7) złoża biomasy, (8) zasobnik blokujący biomasę, (9) skraplacz, (10) separator kondensatu/gazu, (11) filtr bawełniany, (12) membranowy przepływomierz gazu, (13) odpowietrznik gazu, (14) odzysk bio-oleju.

Rozwój procesu i optymalizacja pirolizy mają kluczowe znaczenie, niezależnie od rodzaju wykorzystywanego surowca. Skoncentrowałem znaczną część swoich badań na tym obszarze [A1, A2, A3, A4, A6, A7]. Ponadto, współprzetwarzanie różnych surowców – nawet z tej samej grupy surowcowej, tj. polimerów pochodzenia biologicznego i/lub ropopochodnego – może tworzyć efekty synergistyczne, które mogą zmieniać jakość i ilość produktów pirolizy [A3]. W tym celu, z grupą badawczą, którą kierowałem, przeprowadziliśmy badania nad optymalizacją niekatalitycznej pirolizy przepływowej w trybie ciągłym dla dziewiczych poliolefin i odpadów poliolefin [A3]. Celem tych badań było: (i) wykorzystanie mieszanek zarówno dziewiczych, jak i odpadów poliolefinowych, (ii) przeprowadzenie analizy porównawczej z indywidualnymi poliolefinami, (iii) wprowadzenie innowacyjnego konceptu zbiornika z roztopionymi tworzywami sztucznymi oraz (iv) dokładna charakterystyka produktów. Badano wpływ szybkości podawania, przepływu gazu obojętnego (tj. N₂) i rodzaju surowca na rozkład produktów w niekatalitycznej pirolizie poliolefin. Celem było eksperymentalne określenie optymalnych parametrów procesu, które maksymalizują wydajność cieczy podczas pirolizy poliolefin. Eksperymenty przeprowadzono w systemie reaktora działającego w trybie ciągłym, przeznaczonym do termicznej, in situ oraz ex situ katalitycznej pirolizy tworzyw

sztucznych, zaprojektowanym i wdrożonym przeze mnie. Rysunek 4 przedstawia schemat systemu eksperymentalnego.



Rysunek 4. Schemat eksperymentalnej instalacji laboratoryjnej działającej w trybie ciągłym, użytej do badań przedstawionych w [A3]. Skrót: N₂: gaz azotowy; FR: wskaźnik przepływu; FT: przetwornik przepływu; FC: kontroler przepływu; TR: wskaźnik temperatury; TT: przetwornik temperatury; TC: kontroler temperatury; T: termopara typu K; GC: chromatografia gazowa.

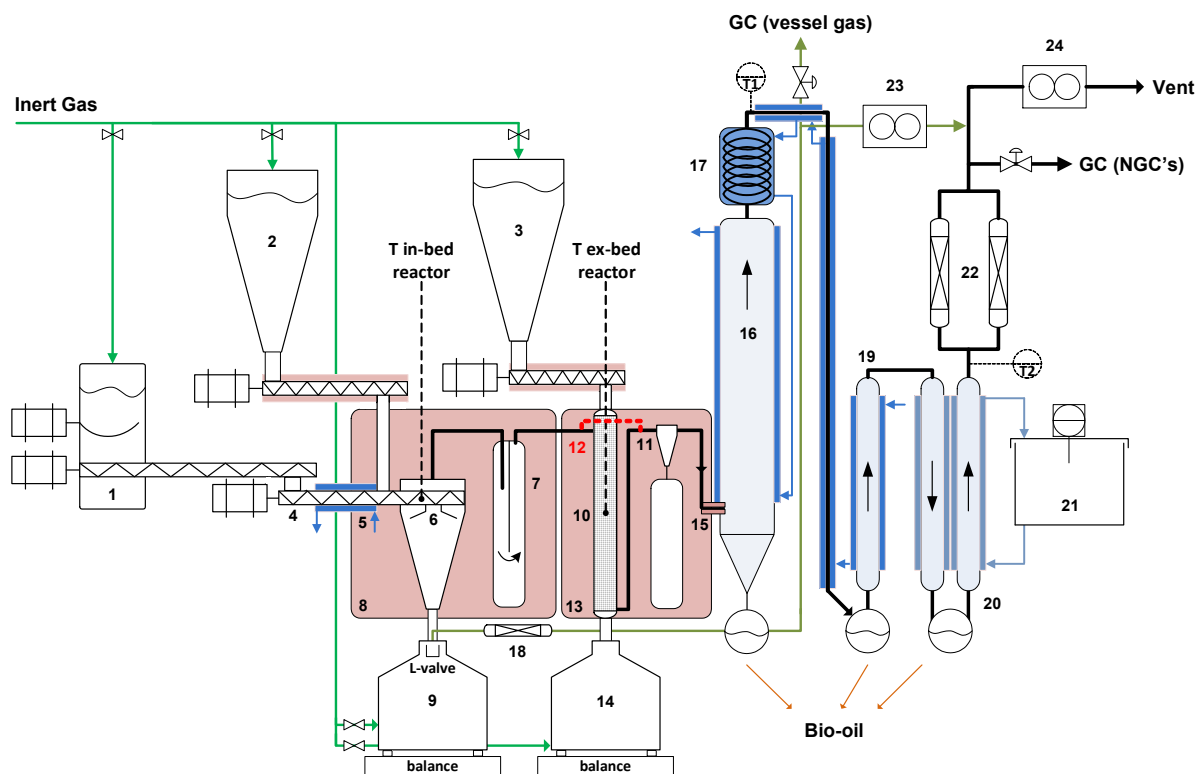
Innowacyjne podejście projektowe reaktora polegało na zwiększeniu poboru surowca, który tworzył gorącą mieszaninę roztopionych tworzyw sztucznych w specjalnie zaprojektowanym zbiorniku (basenie surowca), co zmniejszało spadki temperatury i poprawiało transfer ciepła podczas procesu. W zoptymalizowanych warunkach procesu preferowana była formacja lekkich węglowodorów, podczas gdy formowanie się wosków było ograniczone dla mieszanek bogatych w polipropylen. Piroliza dziewiczych tworzyw sztucznych dała więcej cieczy (maksymalnie 73,3% wag.), niż piroliza odpadów tworzyw sztucznych (maksymalnie 66% wag.). Mieszanie polietylenów z polipropylem sprzyjało produkcji cieczy i zwiększało formowanie się węglowodorów w zakresie benzynowym. Badania te dostarczyły cennych informacji na temat optymalizacji niekatalitycznej pirolizy przepływowej w trybie ciągłym dla dziewiczych poliolefin i odpadów poliolefin, rzucając światło na wydajność produktów, ich jakość oraz wpływ różnych parametrów procesu. Kolejnym osiągnięciem tych badań było sformułowanie zaleceń i sugestii dotyczących projektowania procesu pirolizy do efektywnej konwersji mieszanek poliolefin w alternatywne ciekłe półprodukty paliwowe na skalę komercyjną/przemysłową.

Równolegle z praktycznymi badaniami eksperymentalnymi, wraz z moimi współpracownikami, skupiliśmy się na modelowaniu komputerowym mającym na celu optymalizację technologii pirolizy [A4]. W badaniach nad pirolizą odpadów tworzyw sztucznych wciąż brakuje łatwych, tanich i niezawodnych metod do charakteryzacji złożonych surowców. Brak odpowiednich danych ograniczył możliwości maksymalizacji wydajności poprzez optymalizację parametrów operacyjnych, a prognozowanie produktów było wyzwaniem, biorąc pod uwagę złożoność surowca, który różni się w każdej partii. W naszych badaniach, wykorzystując algorytmy uczenia maszynowego (ML, ang. machine learning), opracowaliśmy modele do przewidywania produktów procesów ciągłych i niekatalitycznych w pirolizie odpadów tworzyw sztucznych [A4]. Mój główny wkład w te badania obejmował opracowanie koncepcji badawczych, zebranie i opracowanie obszernego zestawu danych oraz interpretację uzyskanych wyników badań.

Celem tego badania było modelowanie zależności między zmiennymi wejściowymi, takimi jak surowiec i parametry operacyjne procesu pirolizy bez katalizatora, a wyjściowymi, w tym wydajnością produktów trójfazowych i chemikaliów. Porównując algorytmy drzewa decyzyjnego (DT), sztucznej sieci neuronowej (ANN), maszyny wektorów nośnych (SVM) i procesu Gaussa (GP), praca ta wyjaśniła praktyczne i operacyjne parametry potrzebne do zidentyfikowania najdokładniejszych modeli. Warunki operacyjne (temperatura reakcji i czas przebywania surowca w reaktorze) oraz nawet transfer ciepła (wielkość cząstek, pobór surowca) były głównymi czynnikami ogólnych prognoz pirolizy, takich jak produkty stałe, ciekłe, woski i gazy. Jednak do przewidywania niektórych chemikaliów, takich jak związki aromatyczne, styren i lekkie oleje, skład pierwiastkowy surowca wciąż był najważniejszym czynnikiem decydującym. Głównym osiągnięciem tej pracy było to, że opracowane modele wykazały potencjał do przewidywania i optymalizacji procesu pirolizy odpadów tworzyw sztucznych bez kosztownych eksperymentów. Obserwacje umożliwiły prognozowanie na podstawie danych z analizy elementarnej, gdy dane o typie tworzywa sztucznego w nieznanach odpadach plastikowych były niedostępne. Ponadto kombinacja danych z analizy elementarnej i modelu drzewa decyzyjnego (DT) osiągnęła również doskonałą dokładność w prognozach składu cieczy i gazów.

W ciągu ostatnich dwóch dekad technologia katalitycznej szybkiej pirolizy (CFP) była intensywnie badana, opublikowano kilka przeglądów literatury poświęconych różnym aspektom tej technologii, tj. chemii i katalizatorom, procesowi, przeglądowi i postępom w technologii oraz analizie techno-ekonomicznej (TEA) i ekonomii procesów. Jednak tylko kilka artykułów przeglądowych, w których porównano wydajność jednostek procesu CFP o różnej skali, przyczyniło się do działań na rzecz ulepszenia/rozwoju procesu. Aby rozwiązać ten problem w nowatorski sposób, napisaliśmy krytyczny przegląd [A5], który analizował wyniki badań dotyczących pirolizy CFP biomasy in- i ex situ na podstawie starannie wybranych badań literaturowych, które przedstawiały wyniki uzyskane z zestawów laboratoryjnych o średniej i dużej skali, pilotażowych, jednostek rozwoju procesów (PDU, ang. Process Development Units) oraz jednostek procesowych (pół-)komercyjnych, w których surowiec biomasy i katalizator są podawane w sposób ciągły. Omówiono kluczowe aspekty operacyjne, takie jak technologia reaktora, medium reaktywne, tryb przetwarzania oraz optymalizacja parametrów procesowych. Wydajność jednostek CFP pracujących w trybie ciągłym została porównana na podstawie wydajności i składu elementarnego (produktów ubocznych). Opracowano specjalnie przygotowane analizy graficzne, które ujawniły kilka innowacyjnych podejść wykraczających poza aktualny stan wiedzy (szczegóły w artykule [A5]). Badanie to uświadomiło nam, że we współpracy z profesjonalistami z rafinerii, CFP-olej mógłby stać się poważnym kandydatem do współprzetwarzania opartego na biomasie. Dla integracji z rafinerią, kluczowe parametry jakości CFP-oleju, takie jak kwasowość, stabilność i mieszalność, powinny być traktowane tak samo poważnie jak jego zawartość tlenu. Artykuł ten był przeglądem krytycznym, w którym przeprowadzono obszerne badania w celu systematycznej oceny mocnych stron, słabości i wiarygodności istniejących badań za pomocą technik statystycznych i empirycznych. Celem było zapewnienie głębszego zrozumienia jakości badań oraz zasugerowanie nowych kierunków badań lub ulepszeń. Praca została opublikowana w specjalnym wydaniu czasopisma Energy&Fuels zatytułowanym „Współprzetwarzanie biopaliw w rafineriach ropy naftowej” i, w wyniku naszych wysiłków w kształtowaniu przyszłych kierunków w tej specyficznej dziedzinie badań, otrzymała prestiżowe wyróżnienie "American Chemical Society (ACS) Editor's Choice".

W technologii CFP biomasy, materiał przewodzący ciepło, który w konwencjonalnej szybkiej pirolizie jest zazwyczaj uznawany za obojętny, zostaje (częściowo) zastąpiony katalizatorem (tj. CFP in situ). Alternatywnie, pierwotne pary pirolizy mogą być katalitycznie przekształcane w reaktorze blisko połączonym, znajdującym się w serii z reaktorem szybkiej pirolizy (tj. CFP ex situ). W badaniach nad CFP kluczowe jest badanie wpływu rodzaju katalizatora i konstrukcji reaktora na powstające produkty. W tym celu przeprowadziliśmy CFP in situ drewna sosnowego w zestawie do mikro-pirolizy oraz w ciągle działającej jednostce do szybkiej pirolizy w skali laboratoryjnej [A6]. Współpracowałem ściśle z Biomass Technology Group B.V. (Enschede, Holandia) przy projektowaniu, budowie i optymalizacji tej jednostki, która była zdolna do niekatalitycznej, in situ oraz ex situ katalitycznej pirolizy biomasy (Rysunek 5) [4]. Ponadto, w celu testowania, stosowania i analizy używanych katalizatorów współpracowałem z Albemarle Catalyst Company B.V. (Amsterdam, Holandia), która również zapewniła wsparcie finansowe dla projektu. Głównym celem tego badania było znalezienie najlepiej działających katalizatorów, które byłyby w stanie zatrzymać jak najwięcej organicznych produktów ciekłych przy minimalnej produkcji wody oraz skutecznie zmniejszyć kwasowość podczas CFP in situ drewna sosnowego.



Rysunek 5. Schemat w pełni kontrolowanej, pracującej w trybie ciągłym mini-instalacji opartej na technologii reaktora ślimakowego [3, A6]. (1) zasobnik biomasy; (2) zasobnik nośnika ciepła; (3) zasobnik mieszaniny katalizator–piasek (dla procesów ex situ); (4) śruba ślimakowa; (5) płaszcz chłodzący; (6) reaktor in situ; (7) naczynie wyłapujące; (8) piec reaktora in situ; (9) naczynie zbierające ciała stałe; (10) reaktor ex situ; (11) cyklon ex situ; (12) linia obejściowa; (13) piec reaktora ex situ; (14) naczynie zbierające zużyty katalizator; (15) podgrzewacz wlotu skraplacza; (16) wieża skraplacza z pułapką chłodzącą; (17) spiralny skraplacz ze stali nierdzewnej; (18) filtr gazu; (19) szklane spiralne skraplacze chłodzone wodą z kranu; (20) szklane spiralne skraplacze chłodzone glikolem etylenowym; (21) chłodziarka; (22) filtry bawełniane; (23) wskaźnik przepływu gazu. Zielone: linie N₂; różowe: strefy podgrzewane; niebieskie: strefy chłodzone.

Aby określić ich indywidualne właściwości w zakresie krakowania i odtleniania w szybkiej pirolizie in situ drewna sosnowego, przetestowano osiem zastrzeżonych katalizatorów zeolitowych. Wykorzystano zarówno system py-GC/MS, jak i pracującą w trybie ciągłym mini-instalację opartą na technologii reaktora ślimakowego (Rysunek 5), przy zastosowaniu tej samej temperatury (500°C) i stosunku katalizatora do biomasy wynoszącego 5. Na podstawie rodzaju nośnika, ich kwasowości (katalizatory kwasowe i zasadowe), typu aktywnego metalu, który zawierają, oraz rozróżnienia na katalizatory świeżo kalcynowane i starzone, katalizatory te podzielono na trzy grupy. Wyniki eksperymentalne uzyskane z zastosowania katalizatorów in situ porównano ze sobą, a wyniki eksperymentów bezkatalitycznych uznano za przypadek odniesienia. W ciągle pracującej mini-instalacji w skali laboratoryjnej CFP produkowało dodatkową wodę, koks i gazy niekondensujące (NCG) kosztem oleju CFP. Jednak jakość uzyskanego oleju CFP znacząco zmieniała się w zależności od rodzaju katalizatora. Dla wszystkich katalizatorów kwasowość olejów CFP znacznie spadała wraz ze wzrostem stopnia odtlenienia. Najlepsze wyniki uzyskano przy użyciu katalizatorów kwasowych o niskiej

zawartości metali redoksowych oraz świeżo kalcynowanych katalizatorów zasadowych z domieszką metali. Wyniki uzyskane w eksperymentach py-GC/MS oraz zastosowanie i wiarygodność py-GC/MS w badaniach nad CFP również zostały zbadane. Poprzez porównanie wydajności różnych katalizatorów w reaktorze pirolitycznym w skali laboratoryjnej i w systemie mikro-pirolizy –ten ostatni system jest powszechnie stosowany do szybkiej oceny wydajności katalizatora w pirolizie biomasy (tj. w badaniach przesiewowych) – zweryfikowano, czy wydajność katalizatora w reaktorze większej skali jest podobna lub odbiega od obserwowanej w pyGC i czy zależy to od konkretnego typu katalizatora. Wyniki py-GC/MS uzyskane z tymi samymi katalizatorami okazały się jedynie częściowo wskazujące na wydajność katalizatora w CFP biomasy. Odchylenia w zachowaniu katalizatora między oboma skalami reaktorów skłaniają do ostrożnej interpretacji i porównania danych oceny katalizatorów opartych na pyGC z tymi uzyskanymi w większych, ciągłych systemach pirolizy, co może być istotnym przesłaniem dla społeczności naukowej. Ponadto przedstawiono sugerowane kryteria oceny oraz klasyfikację wydajności różnych katalizatorów – rzadko omawiane w dostępnej literaturze.

W trybie ex-situ pary pirolityczne wytworzone w pierwotnym reaktorze (piroliza niekatalityczna) są przenoszone przez wtórny reaktor (np. złożę stałe, ruchome lub cyrkulacyjne), gdzie stykają się z porcją katalizatora lub z ciągle podawanym świeżym (lub regenerowanym) katalizatorem. Jedną z największych zalet przetwarzania ex-situ jest to, że temperatury obu reaktorów są regulowane niezależnie, co pozwala kontrolować rozkład i selektywność produktów. W naszym badaniu poddaliśmy wywar pofermentacyjny bogaty w ligninę (LRDS, ang. lignin-rich digested stillage) z produkcji etanolu lignocelulozowego katalitycznemu ulepszaniu pary w fazie gazowej ex-situ (VPU, ang. vapor-phase upgrading) z par szybkiej pirolizy przy użyciu katalizatorów Na/ZSM-5, H/ZSM-5 i Fe/ZSM-5, a następnie frakcyjnej kondensacji [A7].

Półciągle eksperymenty szybkiej pirolizy przeprowadzono w temperaturze reakcji 480°C w mechanicznie mieszanym złożu piasku (patrz Sekcja III.4.B, strona 56), które było bezpośrednio połączone ze złożem stałym cząstek katalizatora do ulepszania par pirolizy ex situ. W tej pracy przedstawiono (i) wyniki analizy LRDS, (ii) wydajności szybkiej pirolizy w skali laboratoryjnej (60 g na godzinę) z różnymi katalizatorami VPU dla par ligninowych oraz (iii) kompleksową charakterystykę powstałych produktów, co było stosunkowo unikalną cechą w literaturze tamtego czasu. Katalityczne VPU z etapową kondensacją LRDS na katalizatorach H/ZSM-5, Na/ZSM-5 i Fe/ZSM-5 dało ciecz pirolityczną w ciężkiej fazie w zakresie 8,7–9,8% wagowych. Była to połowa ilości ciężkiej fazy uzyskanej z niekatalitycznej pirolizy tego samego surowca (patrz powyżej w sekcji dotyczącej [A1]). Jednak wszystkie trzy katalizatory ZSM-5 wytworzyły płyny pirolityczne o wyższej jakości pod względem wielkości frakcji lotnej, zawartości związków aromatycznych i alkilofenoli w porównaniu do ich odpowiedników niekatalitycznych, mimo że uzysk C był niższy ogółem. Przetwarzanie katalityczne w pirolizie ligniny daje bardziej odtlenione ciecze, z mniejszą ilością reaktywnych tlenków i wzbogacone w związki aromatyczne, co sprawia, że produkty ciekłe pirolizy są bardziej odpowiednie do współprzetwarzania w istniejących rafineriach ropy naftowej.

Podsumowanie osiągnięć i wkładu

Prace naukowe i badawcze, które przeprowadziłem na temat „Piolizy odpadów (bio-)polimerów do produkcji alternatywnych paliw i chemikaliów”, stanowią kumulację innowacyjnych podejść do projektowania, rozwoju i optymalizacji procesów pirolizy. Podejścia te są dostosowane do specyficznych cech surowca, katalizatorów wykorzystywanych w procesie, produktów docelowych oraz zamierzonych zastosowań. Tym samym prace te stanowią cenne źródło teoretycznych spostrzeżeń i praktycznej wiedzy w tej dziedzinie.

Mój znaczący wkład w rozwój inżynierii chemicznej obejmował:

- (1) Uznanie znaczenia rodzaju surowca, tj. zastosowanie dostosowanych surowców w procesie pirolizy oraz opracowanie i wdrożenie przełomowych technologii (np. opatentowana technologia reaktora PYReactor, reaktor laboratoryjny do pirolizy tworzyw sztucznych) w oparciu o specyficzne właściwości używanego surowca. Wykazanie możliwości wykorzystania i współpirolizy odpadów rolniczych i/lub przemysłowych jako surowców do pirolizy, co przyczyniło się do strategii zarządzania odpadami i promowania zrównoważonego wykorzystania zasobów.
- (2) Opracowanie procedur charakteryzacji produktów pirolizy za pomocą nowoczesnych technik obliczeniowych i analitycznych, co dostarczyło cennych informacji na temat składu i właściwości uzyskanych produktów. To zwiększyło naszą wiedzę na temat wpływu warunków procesu pirolizy, technologii reaktorów i surowców (bio-)polimerowych na wydajność produkowanych związków chemicznych.
- (3) Wykazanie możliwości kontrolowania mechanizmów przenoszenia ciepła oraz różnych parametrów procesu w celu skutecznej optymalizacji procesów, co prowadziło do poprawy wydajności i jakości produktów w procesach pirolizy. Obejmuje to integrację modelowania obliczeniowego oraz wykorzystanie różnych trybów przetwarzania (takich jak piroliza niekatalityczna, katalityczna in-situ i ex-situ) w celu osiągnięcia zoptymalizowanych wydajności i bilansów masowych.
- (4) Wykazanie najbardziej efektywnych konfiguracji procesów i przedstawienie wyraźnych różnic między różnymi skalami działania, tj. od mikro- do skali pilotażowej.
- (5) Znamiennym osiągnięciem moich prac było zidentyfikowanie kluczowych luk w badaniach nad pirolizą, oferując wizjonerskie perspektywy, które mogą prowadzić do ambitnych celów i prognoz dotyczących przyszłego rozwoju tej dziedziny. Przedstawienie prognoz może pomóc w zamknięciu luk w obszarze rozwoju procesów i dostarczyć cennych informacji naukowcom prowadzącym wyspecjalizowane badania zarówno na poziomie akademickim, jak i komercyjnym/przemysłowym.

W trakcie wyżej opisanych badań i procesu publikacji ściśle współpracowałem z interdyscyplinarnym zespołem naukowców z różnych jednostek badawczych na kilku uniwersytetach oraz z partnerami przemysłowymi (wymienionymi poniżej w punkcie 5 autoreferatu). Wśród współautorów publikacji z serii tematycznych znajdują się studenci z Uniwersytetu w Gandawie oraz Instytutu Technologii w Izmirze, którzy aktywnie przyczynili się do prac naukowych i badawczych w obu instytucjach. Ich zaangażowanie wzbogaciło wyniki badań i miało cel edukacyjny, dostarczając im praktycznego doświadczenia w technologii pirolizy, optymalizacji procesów oraz analizie produktów w ramach dyscypliny inżynierii chemicznej.

5. INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ ALBO ARTYSTYCZNĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ LUB INSTYTUCJI KULTURY, W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ:

W trakcie mojej kariery akademickiej interdyscyplinarny charakter moich badań pozwolił mi na współpracę z wieloma uniwersytetami i firmami w różnych krajach (w kolejności chronologicznej):

Uniwersytety, na których pracowałem na podstawie umowy:

- 5.1.** Uniwersytet Ege, Turcja. Rola: Badacz w ramach projektu TÜBITAK
- 5.2.** Uniwersytet w Gandawie, Belgia. Rola: Doktorant i badacz po doktoracie (Postdoc)
- 5.3.** Instytut Technologii w Izmirze, Turcja. Rola: adiunkt

Uniwersytety, które odwiedziłem w ramach wizyt studyjnych i staży:

- Uniwersytet Twente, Holandia. Rola: Badacz
- Uniwersytet Stanowy Iowa, USA. Rola: Badacz

Uniwersytety i grupy badawcze, z którymi współpracowałem w ramach różnych projektów:

- Uniwersytet Aston, Wielka Brytania. Rola: Główny badacz
- Uniwersytet Ege, Turcja & Uniwersytet w Liverpoolu, Wielka Brytania. Rola: Badacz
- Laboratorium Technologii Chemicznej Uniwersytetu w Gandawie, Belgia. Rola: Badacz po doktoracie (Postdoc)

Firmy przemysłowe, z którymi współpracowałem w ramach różnych projektów:

- Biomass Technology Group B.V., Holandia. Rola: Badacz
- Albemarle Catalyst Company B.V., Holandia. Rola: Badacz

5.1. Uniwersytet Ege, Turcja

Ukończyłem studia magisterskie w Katedrze Inżynierii Chemicznej na Wydziale Inżynieryjnym Uniwersytetu Ege (Izmir, Turcja). W trakcie moich badań magisterskich uczestniczyłem jako młody badacz w projekcie naukowym finansowanym przez Turecką Radę Badań Naukowych i Technologicznych (TÜBITAK). Moje badania obejmowały szeroko zakrojone prace eksperymentalne w środowisku laboratoryjnym, koncentrujące się na produkcji wodoru i/lub metanu z glicerolu przy użyciu procesu zgazowania w warunkach nadkrytycznych. Proces katalitycznego zgazowania wykorzystywał kwas fosforowy oraz sole kwasu fosforowego jako katalizatory homogeniczne w reaktorze wsadowym. Dzięki temu doświadczeniu badawczemu zdobyłem głęboką wiedzę na temat nauki o termochemicznej konwersji oraz nabyłem umiejętności w analizie surowców i produktów związanych z tym procesem. Wyniki tych badań, w połączeniu z wkładem innych członków zespołu badawczego, doprowadziły do publikacji w czasopiśmie naukowym (patrz Sekcja 7.1.5, strona 35).

5.2. Uniwersytet w Gandawie, Belgia

Uzyskałem stopień doktora w dziedzinie Nauk Biologicznych Stosowanych: Chemii i Technologii Bioprocessów na Uniwersytecie w Gandawie (Gandawa, Belgia) w 2015 roku. We wczesnych etapach moich studiów doktoranckich odegrałem kluczową rolę w założeniu Laboratorium Termochemicznej Konwersji Biomasy (TCCB) w Katedrze Inżynierii Biosystemów (później przemianowanej na Katedrę Zielonej Chemii i Technologii). Moje badania koncentrowały się głównie na wykorzystaniu heterogenicznych katalizatorów w szybkiej pirolizie biomasy. Aby to osiągnąć, ściśle współpracowałem z Biomass Technology Group B.V. (Enschede, Holandia) przy projektowaniu, budowie i optymalizacji instalacji laboratoryjnej zdolnej do przeprowadzania niekatalitycznej, in situ oraz ex situ pirolizy biomasy [4]. Ponadto, w celu testowania, stosowania i analizy używanych katalizatorów, współpracowałem z Albemarle Catalyst Company B.V. (Amsterdam, Holandia), która również zapewniła wsparcie finansowe dla projektu.

W ramach moich studiów doktoranckich odegrałem kluczową rolę w projektowaniu kolejnej instalacji do katalitycznej pirolizy w skali laboratoryjnej [5]. Przedsięwzięcie to wiązało się ze współpracą z grupą badawczą Zrównoważonej Technologii Procesowej w Katedrze Inżynierii Chemicznej na Uniwersytecie Twente, pod kierownictwem Prof. Dr Saschy R. A. Kerstena. Następnie nadzorowałem wykonanie i optymalizację tej instalacji w laboratoriach Uniwersytetu w Gandawie. Innowacyjny projekt ostatecznie doprowadził do zgłoszenia patentowego, a patent został pomyślnie przyznany w 2023 roku (szczegóły znajdują się w Sekcji 7.1.1).

W trakcie mojej pracy badawczej po doktoracie (Postdoc) na Uniwersytecie w Gandawie brałem udział w projekcie Fundacji Badań Naukowych - Flandria (FWO), BIOLEUM: Paliwa i Chemikalia z Szybkiej Pirolizy Biomasy. Projekt ten, finansowany kwotą niemal 2 milionów euro ze źródeł regionalnych i społecznościowych, obejmował moją współpracę z naukowcami z Katedry Inżynierii Chemicznej i Chemii Technicznej na Uniwersytecie w Gandawie, pod kierunkiem profesorów Guya Marina i Kevina M. Van Geema. Moja rola w tych badaniach koncentrowała się na produkcji bio-olejów z szybkiej pirolizy przy użyciu genetycznie zmodyfikowanej biomasy. Ponadto, podczas mojej pracy jako Postdoc, miałem zaszczyt odwiedzić Instytut Bioekonomii, Laboratorium Badawcze Surowców Odnawialnych w Ames, IA, USA, kierowane przez dr. Roberta Browna. Podczas tej wizyty prowadziłem badania nad rozwojem niskotemperaturowej i niskociśnieniowej technologii uwodornienia (LTLP-H) frakcji surowego bio-oleju pirolitycznego [6].

Te współpracy zaowocowały licznymi publikacjami naukowymi w czasopiśmie o wysokim wskaźniku wpływu, prezentacjami wyników badań na renomowanych międzynarodowych konferencjach oraz rozpoczęciem uzupełniających projektów badawczych.

5.3. Instytut Technologii w Izmirze, Turcja

Od lutego 2018 roku do października 2023 roku pełniłem funkcję adiunkta w Katedrze Inżynierii Systemów Energetycznych na Instytucie Technologii w Izmirze (IZTECH), Turcja. W tej roli prowadziłem inicjatywy badawcze i edukacyjne skupiające się na przekształcaniu odpadów w energię, systemach termochemicznej konwersji energii oraz alternatywnych paliwach. Moje obowiązki obejmowały nauczanie (patrz Sekcja 6.1.1, strona 25), badania oraz zadania administracyjne (patrz Sekcja 6.2.1,

strona 29). Dodatkowo założyłem i kierowałem Laboratorium Technologii Termochemicznej Konwersji (LTCT).

Podczas mojej pracy na IZTECH brałem udział w różnych projektach badawczych realizowanych we współpracy z partnerami krajowymi i międzynarodowymi. W szczególności, kierowałem międzynarodowym projektem bilateralnym we współpracy z dr Jiawei Wangiem z Uniwersytetu Aston (Birmingham, Wielka Brytania) zatytułowanym „FuelPlas: Zrównoważone i innowacyjne podejście termochemiczne do produkcji paliw węglowodorowych z nierecyklowalnych odpadów plastikowych w Turcji”. Projekt ten, współfinansowany przez Newton Fund Institutional Links (Wielka Brytania) i TÜBİTAK (Turcja), został pomyślnie zakończony w marcu 2023 roku i zaowocował 19 rekordami akademickimi (tj. 7 publikacjami w czasopiśmie, 5 monografiami oraz 7 ustnymi prezentacjami na międzynarodowych konferencjach naukowych) [7].

Ponadto współpracowałem z badaczami z Uniwersytetu Ege (kierowanymi przez Prof. dr Jale Yanik) oraz Uniwersytetu w Liverpoolu (kierowanymi przez Prof. dr Xina Tu) nad innym międzynarodowym projektem bilateralnym zatytułowanym „BioPlasma: Integracja zgazowania biomasy z reformingiem plazmowo-katalitycznym smoły w celu produkcji czystego wodoru”. Projekt ten, również współfinansowany przez Newton Fund Institutional Links (Wielka Brytania) i TÜBİTAK (Turcja), niedawno się zakończył, a związane z nim publikacje są obecnie w trakcie opracowywania. W tym projekcie pracowałem jako starszy badacz (ang. senior researcher) [8].

6. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ LUB SZTUKĘ:

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

6.1.1. Dydaktyka

W okresie od lutego 2018 roku do września 2023 roku pracowałem jako adiunkt odpowiedzialny za linię badawczo-edukacyjną dotyczącą różnych dyscyplin inżynierii chemicznej/energetycznej, takich jak przekształcanie odpadów w energię, technologie termochemicznej konwersji oraz odnawialne paliwa w Katedrze Inżynierii Systemów Energetycznych (w skrócie ESE) na Instytucie Technologii w Izmirze (IZTECH, Turcja). W tym okresie prowadziłem łącznie 11 różnych wykładów na poziomie licencjackim i magisterskim zarówno w Katedrze Inżynierii Systemów Energetycznych [9], jak i jako wykładowca gościnny w Katedrze Inżynierii Chemicznej [10] (w skrócie ChemEng). Językiem wykładowym na IZTECH jest angielski, co oznacza, że wszystkie wykłady były prowadzone w całości (100%) w języku angielskim. Poniżej znajduje się pełna lista wykładów, w tym poziom edukacyjny, katedra oraz czas trwania każdego wykładu:

Poziom magisterski:

- Wprowadzenie do bioenergii, IZTECH ESE, 1 semestr
- Energia biomasy i technologie, IZTECH ESE, 5 semestrów
- Termochemiczna konwersja biomasy, IZTECH ESE, 5 semestrów
- Podstawy inżynierii energetycznej, IZTECH ESE, 1 semestr
- Seminarium badawcze z inżynierii energetycznej, IZTECH ESE, 3 semestry

Poziom licencjacki:

- Wymiana masy, IZTECH ESE, 2 semestry
- Bilanse masy i energii, IZTECH ESE, 2 semestry
- Projektowanie systemów energetycznych, IZTECH ESE, 1 semestr
- Wprowadzenie do inżynierii systemów energetycznych, IZTECH ESE, 1 semestr
- Potencjalne źródła energii, IZTECH ChemEng, 3 semestry
- Projektowanie systemów energetycznych, IZTECH ESE, 1 semestr

6.1.2. Nadzór nad pracami dyplomowymi / doradztwo

6.1.2.1. Na Uniwersytecie w Gandawie, Belgia

Byłem opiekunem kilku projektów studentów studiów magisterskich oraz stażystów podczas mojego okresu doktoranckiego i podoktoranckiego na Uniwersytecie w Gandawie (2009-2016). Ponadto, zapewniałem również nadzór nad doktorantami podczas mojego okresu podoktoranckiego (2015-2016). Na Uniwersytecie w Gandawie projekt studenta studiów magisterskich zazwyczaj trwa cały rok akademicki i kończy się napisaniem pracy dyplomowej. Opiekun jest osobą odpowiedzialną za codzienny nadzór i wsparcie tych studentów, a do jego zadań należy m.in. szkolenie, nadzór nad pracą eksperymentalną, omawianie uzyskanych wyników oraz korekta wstępnych wersji manuskryptów [11].

W sumie byłem opiekunem 13 studentów studiów magisterskich, których lista znajduje się poniżej (wraz z tytułami prac magisterskich):

- Van Hecke, S. Production and characterization of biochar as a soil amendment, 2010.
- Van Poucke, R. Catalytic conversion of pyrolytic sugars to valuable chemicals and or fuels, 2012.
- Eyckmans, D. Catalytic fast pyrolysis of biomass, 2012.
- De Caluwaert, C. Fast pyrolysis of biomass: nitrogen balance, 2012.
- Vanwonterghem, Y. Bio-oil production by biomass fast pyrolysis, 2012.
- Daels, J. The role of catalysts in fast pyrolysis of biomass - Influence on in-situ performance, 2013.
- Schietse, M. Bio-oil and Bio-char production by fast pyrolysis of genetically modified biomass, 2013.
- Lybaert, S. Onderzoek naar alternatieve technieken om groenafval te verwerken, 2013.
- Lathouwers, T. Catalytic fast pyrolysis of biomass: optimisation of a new reactor design for catalyst regeneration, 2013.
- Jarabo Ocana, C. Effect of slow pyrolysis conditions on biochar yield and H/C-ratio, 2014.
- Wulleman, S. Optimizing liquid yield in a bench scale continuous unit for catalytic fast pyrolysis, 2015.
- Calvache Barbosa, C. Validation and optimization of a semicontinuous, bench scale fast pyrolysis setup, 2015.
- Herregods-Van De Pontseele, K. Snelle pyrolyse van voorbehandelde agrarische residue, 2016.

Dodatkowo, byłem opiekunem 3 stażystów, których lista znajduje się poniżej (wraz z ich macierzystymi instytucjami) – czas trwania stażu wynosił zazwyczaj 4 miesiące:

- Asli Toptas, Uniwersytet Ege, Wydział Chemii, 2012.
- Imran Guney, Uniwersytet Ege, Wydział Chemii, 2014.
- Didem Caglayan, Uniwersytet Ege, Wydział Chemii, 2015.

Wreszcie, w latach 2015-2017 nadzorowałem następujących dwóch doktorantów w Katedrze (wymienieni wraz z krajem pochodzenia i tytułem rozprawy doktorskiej):

- Neil Priharto (Indonezja), Fast catalytic pyrolysis of low-value biomass.
- Mehmet Pala (Turcja), Bioleum: Fuels and chemicals by fast pyrolysis of biomass.

6.1.2.2. Na Instytucie Technologii w Izmirze, Turcja

W okresie od października 2019 do września 2023 roku (4 lata) byłem opiekunem akademickim (promotorem) różnych studentów studiów magisterskich i licencjackich na Wydziale Inżynierii Systemów Energetycznych Instytutu Technologii w Izmirze. W Instytucie Technologii w Izmirze projekty doktorantów i studentów studiów magisterskich zazwyczaj trwają odpowiednio 3 i 1 pełny rok akademicki i kończą się napisaniem pracy dyplomowej. Opiekun akademicki to przypisany członek wydziału, który zapewnia specjalistyczne wsparcie w zakresie wyboru kursów, mentorstwa akademickiego oraz zadań, które obejmują m.in. szkolenie, nadzór i kierowanie pracą eksperymentalną, omawianie uzyskanych wyników oraz korektę wstępnych wersji manuskryptów.

W sumie byłem opiekunem 1 doktoranta, 4 magistrantów i 1 licencjata, których lista znajduje się poniżej (wraz z poziomem akademickim studenta i tytułem pracy dyplomowej):

- Gulsun Gizem Taylan
Poziom: Doktorat
Tytuł pracy: The valorization of various waste fractions for the production of renewable fuels via thermochemical conversion technologies
Czas trwania: Luty 2021 – Lipiec 2023
- Anılcan Ulu
Poziom: Magister
Tytuł pracy: Experimental Investigation of BtL Fuel Spray
Rok ukończenia: 2020
Uwagi: Po ukończeniu studiów Anılcan Ulu kontynuował naukę w Instytucie Dynamiki Płynów Von Karmana w Belgii.
- Hanijeh Hajatnia
Poziom: Magister
Tytuł pracy: Evaluation of waste management system in Izmir-Karaburun peninsula from a sustainability perspective
Rok ukończenia: 2022

- Ecrin Ekici
Poziom: Magister
Tytuł pracy: Thermo-catalytic Pyrolysis of Unrecycled Plastic Waste in A Lab-scale Experimental Set-up: Determination of Optimal Operating Conditions
Rok ukończenia: 2023
Uwagi: Po ukończeniu studiów Ecrin Ekici rozpoczęła doktorat w Instytucie Technologicznym w Karlsruhe, Niemcy.
- Fatma Defne Calik
Poziom: Magister
Tytuł pracy: Ex-situ Catalytic Pyrolysis of Waste Plastics Over Various Zeolite Catalysts
Rok ukończenia: 2023
Uwagi: Po ukończeniu studiów Fatma Defne Calik rozpoczęła doktorat na Uniwersytecie w Gandawie, Belgia.
- Meryem Fidan
Poziom: Licencjat
Tytuł pracy: Obtaining alternative fuel from waste vehicle tyres on a laboratory scale using the pyrolysis method
Rok ukończenia: 2023
Uwagi: Praca ta była wspierana przez Turecką Radę Badań Naukowych i Technologicznych (TÜBİTAK).

6.1.3. Członkostwo w komisjach egzaminacyjnych

W okresie od września 2019 do września 2023 zostałem zaproszony jako recenzent pracy dyplomowej oraz dodatkowy członek komisji podczas obron doktoratów/prac magisterskich różnych studentów studiów magisterskich, których lista znajduje się poniżej (wraz z tytułami prac magisterskich):

- Seçkiner Dülger İrdem
Poziom: Doktorat
Instytucja / Wydział: Uniwersytet Ege / Wydział Chemii
Tytuł pracy: Biomass Gasification
Data obrony: 06.09.2019
- Abdalwahab Alazreg
Poziom: Magister
Instytucja / Wydział: Instytut Technologii w Izmirze / Wydział Inżynierii Chemicznej
Tytuł pracy: Effects of Methanol on Species
Data obrony: 13.11.2019
- Nuran Temelli
Poziom: Magister
Instytucja / Wydział: Instytut Technologii w Izmirze / Wydział Inżynierii Żywności
Tytuł pracy: Organosolv Treatment for Prebiotic Oligosaccharide Production from Agro-Food Waste
Data obrony: 13.07.2020

- Yusufcan Tezel
Poziom: Magister
Instytucja / Wydział: Instytut Technologii w Izmirze / Wydział Inżynierii Mechanicznej
Tytuł pracy: Spray Characteristics of Emulsified Biodiesel-Diesel Blend Using Shadowgraph Technique in a Constant Volume Combustion Chamber
Data obrony: 23.12.2020
- Ozan Demir
Poziom: Magister
Instytucja / Wydział: Instytut Technologii w Izmirze / Wydział Inżynierii Chemicznej
Tytuł pracy: Anaerobic Digester Modelling for Production of Biogas from Waste Hazelnut Husk
Data obrony: 18.07.2022

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

6.2.1. Pełnione stanowiska administracyjne na uniwersytecie:

W okresie od lutego 2018 do września 2023 roku pełniłem kilka funkcji administracyjnych na Instytucie Technologii w Izmirze [12]:

- Wybrany członek Zarządu Wydziału Inżynieryjnego (czerwiec 2019 – czerwiec 2022)
- Wybrany członek Rady Wydziału Inżynieryjnego (listopad 2018 – listopad 2021)
- Zastępca kierownika Katedry Inżynierii Systemów Energetycznych (IZTECH – ESE) (wrzesień 2020 – wrzesień 2023)
- Kierownik Laboratorium Technologii Termochemicznej Konwersji (LTCT) (styczeń 2019 – wrzesień 2023)
- Zastępca kierownika Centrum Aplikacji i Badań Rozwoju Kariery IZTECH (marzec 2022 – wrzesień 2023)
- Mianowany członek Komisji - Koordynatorstwo ds. Projektów Badań Naukowych (styczeń 2023 – wrzesień 2023)
- Członek Komisji Akademickiej Programu Studiów Magisterskich z Inżynierii Energetycznej

6.2.2. Członkostwa

Pełniłem kilka funkcji administracyjnych i członkowskich w różnych międzynarodowych organizacjach/instytucjach:

Stanowiska administracyjne w międzynarodowych organizacjach naukowych:

- Komitet Zarządzający COST Action:
 - Członek Komitetu Zarządzającego COST Action dla CA20133 - Transgraniczny transfer i rozwój zrównoważonych strategii odzyskiwania zasobów w kierunku zero waste (FULLRECO4US).

Funkcja: Mianowany przedstawiciel Republiki Turcji (nominacja dokonana przez Turecką Radę Badań Naukowych i Technologicznych (TUBITAK) na podstawie konkursu).

Stanowiska eksperckie w międzynarodowych organizacjach naukowych:

- Grupa Robocza COST Action:
 - Członek Grupy Roboczej COST Action (WG1&2 - Bioenergia z odpadów i Biochemikalia z odpadów) dla CA20133 - Transgraniczny transfer i rozwój zrównoważonych strategii odzyskiwania zasobów w kierunku zero waste (FULLRECO4US).
Funkcja: Badacz
 - Członek Grupy Roboczej COST Action (WG2 & WG3 - Technologie biorafinerii i Zastosowania biorafinerii) dla CA20127 - Technologie biorafinerii odpadów w celu przyspieszenia procesów zrównoważonej energii (WIRE).
Funkcja: Badacz
- Członek Społeczności Ekspertów Eureka, Bruksela, Belgia.
Funkcja: Ekspert
- Członek Europejskiej Współpracy w Dziedzinie Nauki i Technologii (COST), Bruksela, Belgia.
Funkcja: Ekspert

Członkostwo w komitetach naukowych na międzynarodowych konferencjach:

- 24. Międzynarodowa Konferencja na temat Pirolizy Stosowanej i Analitycznej, 19 - 23 maja 2024, Pekin, Chiny.
Funkcja: Członek Komitetu Naukowego, Recenzent.
- Międzynarodowa Konferencja Zrównoważonego Odzyskiwania Zasobów w Kierunku Zero Waste (FULLRECO4US), 13 - 15 września 2023, Stambuł, Turcja.
Funkcja: Członek Komitetu Naukowego, Recenzent.
- 23. Międzynarodowa Konferencja na temat Pirolizy Stosowanej i Analitycznej, 15 - 20 maja 2022, Gandawa, Belgia.
Funkcja: Członek Komitetu Naukowego, Recenzent.
- Międzynarodowa Konferencja Naukowa Inżynierii Środowiska - Okiem Młodych Innowacje - Zrównoważoność - Nowoczesność - Otwartość, Białystok, Polska. Edycja X, 14 maja 2021.
Funkcja: Członek Komitetu Naukowego, Recenzent.
- Międzynarodowa Konferencja Naukowa Inżynierii Środowiska - Okiem Młodych Innowacje - Zrównoważoność - Nowoczesność - Otwartość, Białystok, Polska. Edycja XI, 26 - 27 maja 2022.
Funkcja: Członek Komitetu Naukowego, Recenzent.

6.3. Osiągnięcia w popularyzacji nauki lub sztuki:

Poniżej znajduje się lista zaproszonych wykładów, które wygłosiłem w ramach popularyzacji dziedziny nauki, nad którą pracuję:

- Organizacja: Sust'INO V, Odnawialna i Zrównoważona Energia
Tytuł wykładu: Trends in Energy Production from Biomass and Waste
Miejsce: Centrum Konferencyjne Instytutu Technologii w Izmirze
Data: 10.12.2019
- Organizacja: Instytut Technologii w Izmirze, Koordynacja cyklu seminariów na temat Zrównoważonego Zielonego Kampusu, Tom 8
Tytuł wykładu: Trends in Energy Production from Biomass and Waste
Miejsce: Online
Data: 18.06.2020
- Organizacja: Instytut Technologii w Izmirze & Uniwersytet Technologiczny Sharif (Iran) – Warsztaty online
Tytuł wykładu: An Overview of the Academic Activities in IZTECH Department of Energy Systems Engineering
Miejsce: Online
Data: 15.09.2020
- Organizacja: Teknopark Izmir Meetup-3
Tytuł wykładu: Current Research Activities in Laboratory for Thermochemical Conversion Technologies (LTCT)
Miejsce: Online
Data: 11.02.2021
- Organizacja: Mobilność dydaktyczna Erasmus+
Tytuł wykładu: Production of energy fuels and chemicals from biomass and waste: A focus in pyrolysis
Miejsce: Hybrydowe – Politechnika Białostocka
Data: 19.05.2021
- Organizacja: Izba Inżynierów Chemików – Biuro w Stambule
Tytuł wykładu: Thermochemical Conversion of Waste (Bio-) Polymers into Energy, Fuels and Chemicals
Miejsce: Online
Data: 16.06.2022
Link: <https://www.youtube.com/watch?v=N1jcoBBm940>
- Organizacja: Mobilność dydaktyczna Erasmus+
Tytuł wykładu: Thermochemical conversion of waste (bio)polymers to energy fuels and chemicals
Miejsce: Politechnika Białostocka
Data: 26.04.2023

7. OPRÓCZ KWESTII WYMIENIONYCH W PKT. 1-6, WNIOSKODAWCA MOŻE PODAĆ INNE INFORMACJE, WAŻNE Z JEGO PUNKTU WIDZENIA, DOTYCZĄCE JEGO KARIERY ZAWODOWEJ:

7.1. Tematy innych prac naukowych i badawczych

W ramach mojej działalności badawczej prowadzonej po uzyskaniu stopnia doktora, oprócz i w związku aktywnościami omówionymi w punkcie 4, przeprowadziłem również prace eksperymentalne w dziedzinach badań dotyczących pirolizy biomasy i tworzyw sztucznych, zastosowania ciekłych paliw pochodzenia biologicznego (BtL) w elementach silników spalinowych, wykorzystania odpadów rolnospożywczych oraz katalitycznego zgazowania hydrotermalnego produktów bio.

** Autor(zy) korespondencyjny(i)*

7.1.1. Badania eksperymentalne nad pirolizą biomasy

Obszerne badania zostały przeprowadzone w ramach mojego okresu podoktoranckiego oraz pracy na stanowisku adiunkta, a także w ramach różnych projektów, które są szczegółowo opisane w WYKAZIE OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH LUB ARTYSTYCZNYCH (patrz strona 37). Te działania zaowocowały 2 publikacjami w czasopismach, 1 prestiżową monografią naukową w książce dr Roberta Browna (dyrektora Instytutu Bioekonomii na Uniwersytecie Stanowym Iowa, IA, USA), 1 publikacją w PyNe Issue 40 – International Energy Agency IEA Bioenergy Task 34 oraz 1 patentem. Ponadto wygłosiłem liczne ustne prezentacje na najbardziej prestiżowych międzynarodowych konferencjach naukowych (pełna lista znajduje się w Sekcji II.7 na stronie 46).

Publikacje w czasopismach:

- Li, T. Y., Xiang, H., Yang, Y., Wang, J.*, & **Yildiz, G.**, (2021). Prediction of char production from slow pyrolysis of lignocellulosic biomass using multiple nonlinear regression and artificial neural network. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 159, 105286.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2021.105286>
IF = 6.437; 100 punktów MNiSW (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego).
- **Yildiz, G.***, Ronsse, F., van Duren, R., & Prins, W. (2016). Challenges in the design and operation of processes for catalytic fast pyrolysis of woody biomass. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 57, 1596–1610.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.202>
IF = 8.050; 45 punktów MNiSW (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego).

Monografia naukowa:

- **Yildiz, G.***, Ronsse, F., & Prins, W. (2017). Catalytic Fast Pyrolysis Over Zeolites. In: K. Wang & R. C. Brown (Eds.), *Fast Pyrolysis of Biomass: Advances in Science and Technology* (pp. 200-230). The Royal Society of Chemistry.
DOI: <https://doi.org/10.1039/9781788010245-00200>

Inna publikacja:

- **Yildiz, G.***, Ronsse, F., & Prins, W.* (2017). Catalytic fast pyrolysis of biomass. PyNe Issue 40 – IEA Bioenergy Task 34, 10–12.
Link: <https://task34.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/3/2019/12/PyNe-40.pdf>

Patent:

- Tytuł: Reaktor do pirolizy o ciągłym działaniu z mechanicznym mieszaniem i wieloma wejściami
Funkcja wnioskodawcy: **Wynalazca**
Urząd rejestracyjny: Turecki Urząd Patentowy i Znaków Towarowych
Numer dokumentu: 2018-GE-279752
Numer rejestracyjny: 2018 09099
Data rejestracji: 23/10/2023
Link: <https://www.turkpatent.gov.tr/arastirma-yap?form=patent>

7.1.2. Badania eksperymentalne nad pirolizą tworzyw sztucznych

Badania zostały przeprowadzone w ramach projektu „Zrównoważone i innowacyjne podejście termochemiczne do produkcji paliw węglowodorowych z nierecyklowalnych odpadów plastikowych w Turcji”, w którym byłem głównym badaczem (patrz również Sekcja I.3 na stronie 41). Łącznie opublikowano 2 artykuły w czasopismach i 5 monografii naukowych. Ponadto w najbliższym czasie zostaną opublikowane 2 artykuły w czasopismach naukowych (1 złożony, 1 w trakcie opracowywania).

Publikacje w czasopismach:

- Xiang, H., Wang, J., Ma, P., Cheng, Yi. *, Yildiz, G. (2024). Unveiling the conditioning correlation in ex-situ catalytic pyrolysis of waste polyolefins towards designated conversion into valuable products. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Volume 181, 106639, ISSN 0165-2370.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2024.106639>
IF = 5.800; 100 punktów MNiSW (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego).
- Khatun, R., Xiang, H., Yang, Y., Wang, J.*, & **Yildiz, G.**, (2021). Bibliometric analysis of research trends on the thermochemical conversion of plastics during 1990 – 2020. Journal of Cleaner Production, 317, 128373.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128373>
IF = 11.072; 140 punktów MNiSW (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego).

Monografie naukowe:

- Taylan G. G., & **Yildiz, G.*** (2022). Investigation of the effect of waste polypropylene (PP) originated metal contaminants on the pyrolysis of PP. Proceedings of the 2022 International Symposium on Energy Management and Sustainability, ISEMAS 2022 (pp. 88–98). ISBN: 978-83-67185-50-9 (eBook)
DOI: <https://link.springer.com/book/10.24427/978-83-67185-50-9>

- Ekici E., & **Yildiz, G.*** (2022). Determination of optimal pyrolysis process parameters to maximize gasolinelike renewable fuel production from polypropylene. Proceedings of the 2022 International Symposium on Energy Management and Sustainability, ISEMAS 2022 (pp. 167–175). ISBN: 978-83-67185-50-9 (eBook)
DOI: <https://link.springer.com/book/10.24427/978-83-67185-50-9>
- Çalık F. D., & **Yildiz, G.*** (2022). Catalytic pyrolysis of low-density polyethylene. Proceedings of the 2022 International Symposium on Energy Management and Sustainability, ISEMAS 2022 (pp. 21–28). ISBN: 978-83-67185-50-9 (eBook)
DOI: <https://link.springer.com/book/10.24427/978-83-67185-50-9>
- Taylan G. G., & **Yildiz, G.*** (2022). Characterization of Post-Consumer Household Plastic Waste: Assessing the Suitability for Hydrocarbon Fuel Production by Pyrolysis. Proceedings of the 2022 International Symposium on Energy Management and Sustainability, ISEMAS 2022 (pp. 301–309). ISBN: 978-3-031-30171-1 (eBook)
DOI: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-30171-1>
- Ekici E., & **Yildiz, G.*** (2022). Analysis of Pyrolysis Process Parameters for the Maximized Production of Gasoline-Range Renewable Fuels from High-density Polyethylene. Proceedings of the 2022 International Symposium on Energy Management and Sustainability, ISEMAS 2022 (pp. 311–318). ISBN: 978-3-031-30171-1 (eBook)
DOI: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-30171-1>

7.1.3. Badania eksperymentalne nad zastosowaniem ciekłych paliw pochodzenia biologicznego (BtL) w komponentach silników spalinowych

Przeprowadzono badania eksperymentalne dotyczące zastosowania biodiesli pozyskiwanych z olejów rzepakowego, kukurydzianego, bawełnianego i słonecznikowego w dyszach wtryskowych silników wysokoprężnych. W szczególności eksperymentalnie zbadano charakterystykę rozpylania wszystkich biopaliw w komorze rozpylania o stałej objętości, przy różnych ciśnieniach w komorze i ciśnieniach wtrysku. Badania te zaowocowały 2 publikacjami w czasopismach i 1 monografią naukową.

Publikacje w czasopismach:

- Ulu, A. *, **Yildiz, G.**, Rodriguez, A. D., & Özkol, Ü. (2022). Spray analysis of biodiesels derived from various biomass resources in a constant volume spray chamber. ACS Omega, 7, 23, 19365–19379.
DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c00952>
IF = 4.100; 70 punktów MNiSW (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego).
- Ulu, A. *, **Yildiz, G.**, Özkol, Ü., & Rodriguez, A. D., (2022). Experimental investigation of spray characteristics of ethyl esters in a constant volume chamber. Biomass Conversion and Biorefinery.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02476-3>
IF = 4.000; 70 punktów MNiSW (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego).

Monografia naukowa:

- Ulu A.*, & **Yildiz, G.** (2022). Comparative investigation of the spray properties of ethyl and methyl ester-based biodiesels. Proceedings of the 2022 International Symposium on Energy Management and Sustainability, ISEMAS 2022 (pp. 257–261). ISBN: 978-3-031-30171-1 (eBook)
DOI: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-30171-1>

7.1.4. Badania eksperymentalne nad wykorzystaniem odpadów rolno-spożywczych

Badania, które przeprowadziłem we współpracy z pracownikami Politechniki Białostockiej, dotyczyły wykorzystania różnych odpadów rolno-spożywczych za pomocą technologii termochemicznego przetwarzania. Współpraca ta zaowocowała 1 artykułem przeglądowym i 1 artykułem badawczym.

Publikacje w czasopismach:

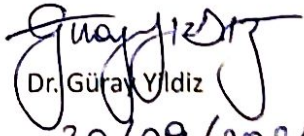
- Gołębiowska, E.*, Kalinowska, M.*, & **Yildiz, G.** (2022) Sustainable Use of Apple Pomace (AP) in Different Industrial Sectors. Materials, 15(5), 1788.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15051788>
IF = 3.400; 140 punktów MNiSW (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego).
- Dożyńska, M.*, Obidziński, S., Piekut, J., & **Yildiz, G.** (2020). The utilization of plum stones for pellet production and investigation of post-combustion flue gas emissions. Energies, 13(19), 5107.
DOI: <https://doi.org/10.3390/en13195107>
IF = 3.004; 140 punktów MNiSW (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego).

7.1.5. Badania eksperymentalne nad katalitycznym zgazowaniem hydrotermalnym bioproduktów

Badania zostały przeprowadzone przez zespół badawczy prof. L. Ballice z Uniwersytetu Ege (Turcja). Brałem udział w badaniach, przeprowadzając eksperymenty dotyczące nadkrytycznego katalitycznego zgazowania surowego glicerolu oraz analizę produktów zgazowania. Badania te zaowocowały 1 publikacją w czasopiśmie.

Publikacje w czasopismach:

- Cengiz, N. U.*, **Yildiz, G.**, Sert, M., Gokkaya, D. S., Saglam, M., Yuksel, M., & Ballice, L. (2015). Hydrothermal gasification of a biodiesel by-product crude glycerol in the presence of phosphate-based catalysts. International Journal of Hydrogen Energy, 40(43), 14806–14815.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.08.097>
IF = 3.205; 35 punktów MNiSW (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego).


Dr. Gülay Yıldız
Date: 30/09/2024

LISTA REFERENCJI I LINKÓW:

- [1] Yildiz, G.* , Lathouwers, T., Toraman, H. E., van Geem, K. M., Marin, G. B., Ronsse, F., van Duren, R., Kersten, S. R. A., & Prins, W. (2014). Catalytic fast pyrolysis of pine wood: effect of successive catalyst regeneration. *Energy & Fuels*, 28, 4560–4572. <https://doi.org/10.1021/ef500636c>
- [2] Yildiz, G.* , Ronsse, F., Venderbosch, R., van Duren, R., Kersten, S. R. A., & Prins, W. (2015). Effect of biomass ash in catalytic fast pyrolysis of pine wood. *Applied Catalysis B: Environmental*, 168, 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2014.12.044>
- [3] Yildiz, G. (2015). Catalytic fast pyrolysis of biomass (Doctoral dissertation). Ghent University, Ghent, Belgium, 214 p. <https://biblio.ugent.be/publication/5973393>
- [4] <https://www.ugent.be/bw/gct/en/research/thermochemical-conversion-of-biomass/continuousfastpyrolysisminiplant.htm>
- [5] <https://www.ugent.be/bw/gct/en/research/thermochemical-conversion-of-biomass/pyreactor.htm>
- [6] Oświadczenie Dyrektora Instytutu Biogospodarki na Uniwersytecie Stanowym w Iowa, dr. Roberta Browna, w części „Załączniki” na końcu tego dokumentu.
- [7] Oświadczenie współgłównego badacza na Uniwersytecie Aston, prof. dr. Jiawei Wanga, w sekcji „Załączniki” na końcu tego dokumentu.
- [8] Oświadczenie współgłównego badacza na Uniwersytecie w Ege, prof. dr. Jale Yanika, w części „Załączniki” na końcu tego dokumentu.
- [9] W celu potwierdzenia i uzyskania szczegółowych informacji, proszę kontaktować się z:
Prof. Dr. Gulden Gokcen Akkurt. Chair of the Department of Energy Systems Engineering. Izmir Institute of Technology, Izmir, Türkiye.
E-mail address: guldengokcen@iyte.edu.tr
- [10] W celu potwierdzenia i uzyskania szczegółowych informacji, proszę kontaktować się z:
Prof. Dr. Erol Seker. Chair of the Department of Chemical Engineering. Izmir Institute of Technology, Izmir, Türkiye.
E-mail address: erolsek@iyte.edu.tr
- [11] W odniesieniu do mojej działalności związanej z nadzorem na Uniwersytecie w Gandawie, proszę zapoznać się z listem referencyjnym Prof. Dr. Frederika Ronsse załączonym w Załącznikach.
- [12] W celu potwierdzenia i uzyskania szczegółowych informacji, proszę kontaktować się z:
Prof. Dr. Mustafa M. Demir. Dean of the Faculty of Engineering. Izmir Institute of Technology, Izmir, Türkiye.
E-mail address: mdemir@iyte.edu.tr