



Wydział Chemiczny, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
tel. (071) 320-22-92, fax (071) 322-35-03

Katedra Inżynierii i Technologii Procesów Chemicznych (K-24)
ul. Smoluchowskiego 25, 50-370 Wrocław

dr hab. inż. Marta Huculak-Mączka, prof. uczelni
ul. Gdańska 7/9, 50-344 Wrocław, tel. (071) 320-20-65
e-mail: marta.huculak@pwr.edu.pl

Wrocław, 10.12.2025 r.

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Tracz

pt. „*Synteza ekoplastyfikatorów z półproduktów pochodzenia odnawialnego*”

wykonanej pod kierunkiem promotora Pana prof. dr hab. inż. Sławomira Boncela oraz opiekuna pomocniczego Pani dr Ewy Pankalli w Katedrze Chemii Organicznej, Bioorganicznej i Biotechnologii Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

Podstawą opracowania recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Śląskiej z dnia 8.10.2025 r. Recenzowana praca była realizowana w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy” (zgodnie z umową trójstronną o numerze: RJO15/SDW/001-57) finansowanego przez Ministerstwo Edukacji i Nauki.

Opis rozprawy doktorskiej – aktualność tematu, cel i teza rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Tracz ma charakter naukowo-badawczy i wdrożeniowy. Dotyczy aktualnego i ważnego zagadnienia, jakim jest opracowanie ekologicznych plastyfikatorów do PVC, stanowiących alternatywę dla powszechnie stosowanych estrów ftalanowych, które z uwagi na potwierdzone niekorzystne oddziaływanie na zdrowie człowieka i środowisko, zostały objęte regulacyjnymi ograniczeniami wprowadzonymi przez Rozporządzenie REACH. Tematyka pracy wpisuje się w priorytety Zielonej Chemii, zagadnienia redukcji migracji substancji chemicznych oraz dążenie do zastępowania surowców konwencjonalnych materiałami odnawialnymi, co nadaje rozprawie szczególnej aktualności i znaczenia aplikacyjnego.

Nadrzędnym celem pracy było opracowanie technologii syntezy ekoplastyfikatorów oraz ocena ich właściwości w kompozycjach PVC. Cel ten realizowano poprzez trzy główne zadania badawcze:

1. Synteza innowacyjnych ekoplastyfikatorów poprzez estryfikację wybranych kwasów dikarboksylowych z wykorzystaniem cieczy jonowych oraz analiza wpływu parametrów procesu na wydajność i czystość produktu.
2. Charakterystyka otrzymanych ekoplastyfikatorów z wykorzystaniem metod instrumentalnych oraz weryfikacja możliwości ponownego wykorzystania katalizatora.

3. Zastosowanie opracowanych plastyfikatorów w PVC, ocena ich właściwości użytkowych oraz przeskalowanie procesu w celu oceny potencjału wdrożeniowego rozwiązania.

Opis rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska, łącznie ze spisem treści, wykazem stosowanych skrótów, tabel (27 tabel) i rysunków (61 rysunków) oraz bibliografią liczy 147 stron. Recenzowana praca składa się z części literaturowej – 49 stron i części badawczo-wdrożeniowej – 61 stron. Integralną część pracy stanowi wykaz dorobku naukowego.

W pierwszym merytorycznym rozdziale – **Rozdział 2 „Wprowadzenie”** Doktorantka przedstawia uwarunkowania środowiskowe, regulacyjne i technologiczne motywujące podjęcie badań nad alternatywnymi plastyfikatorami dla PVC, zwracając uwagę na ograniczenia stosowania ftalanów oraz potrzebę wykorzystania surowców odnawialnych.

Rozdział 3 definiuje krótko cel pracy, którym było opracowanie innowacyjnej metody syntezy ekoplastyfikatorów. Nowe plastyfikatory mają **stanowić alternatywę dla wycofywanego DEHP i potencjalnie poszerzyć ofertę Grupy Azoty ZAK S.A.** jako bezpieczniejsze i bardziej funkcjonalne dodatki do PVC.

Rozdział 4 „Część literaturowa” liczy 49 stron i zawiera 11 tabel oraz 23 rysunki. Podzielony została na 9 części obejmujących kolejno: charakterystykę i klasyfikację plastyfikatorów w tym omówienie ich właściwości i ograniczeń, przegląd nowoczesnych plastyfikatorów alternatywnych, w szczególności pochodzenia odnawialnego oraz zagadnienia ich biodegradowalności. Przedstawiono następnie mechanizm plastyfikacji, charakterystykę poli(chlorku winylu), zagadnienie migracji plastyfikatorów oraz szczegółowe informacje dotyczące estrów kwasów dikarboksylowych i metod ich syntezy. **Rozdział kończy opis cieczy jonowych jako nowoczesnych i obiecujących katalizatorów stosowanych w procesach estryfikacji.** Przegląd literaturowy, na którym Doktorantka oparła swoje opracowanie, liczy 112 pozycji.

Rozdział 5 „Część badawczo-wdrożeniowa” stanowi zasadniczą część pracy, w której Autorka w sposób uporządkowany przedstawia przebieg, zastosowane metody oraz wyniki eksperymentów związanych z opracowaniem syntezy ekoplastyfikatorów oraz ich oceną aplikacyjną. Rozdział otwiera opis zakresu badań, obejmujących **syntezę pięciu estrów kwasów dikarboksylowych – sebacynianu di-*n*-butylu (DBS), bursztynianu di-*n*-butylu (DBSn), bursztynianu di-(2-etyloheksylu) (DEHSn), adypinianu di-*n*-butylu (DBA), adypinianu di-(2-etyloheksylu) (DEHA),** poprzez estryfikację odpowiednio kwasu sebacynowego, bursztynowego, adypinowego wybranymi alkoholami: butan-1-olem i 2-etyloheksan-1-olem, z wykorzystaniem protocznych cieczy jonowych jako katalizatorów. Wskazano również na dobór parametrów procesowych (temperatury, stosunku reagentów, ilości katalizatora oraz intensywności mieszania) oraz na końcową ocenę właściwości użytkowych produktów jako alternatywnych ekoplastyfikatorów PVC.

W dalszej części rozdziału (**Rozdziały 5.1 – 5.3**) scharakteryzowano stosowane odczynniki oraz aparaturę wykorzystywaną do estryfikacji oraz przygotowania próbek PVC. **Rozdział 5.4** obejmuje opis technik analitycznych i oznaczeń wykonanych w celu oceny otrzymanych ekoplastyfikatorów. Charakterystykę produktów przeprowadzono z wykorzystaniem wybranych metod analizy instrumentalnej, takich jak chromatografia gazowa (GC) oraz spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego (^1H i ^{13}C NMR) oraz oznaczeń: lepkości dynamicznej, gęstości, współczynnika załamania światła, barwy w skali Hazena oraz zawartości wody metodą Karla Fischera.

Kolejny rozdział 5.5 dotyczy metod oceny kompozytów PVC, obejmujących badania migracji plastifikatora, twardości Shore'a, czasu plastyfikacji, wytrzymałości na rozciąganie oraz stabilności termicznej.

W rozdziale 5.6 Autorka szeroko opisuje syntezę ekoplastyfikatorów, poczynając od otrzymywania cieczy jonowych o różnych stosunkach molowych aminy do kwasu siarkowego, poprzez badania ich aktywności katalitycznej, aż po syntezę estrów z wytypowaniem korzystnych parametrów reakcji. Przedstawiono również badania nad odzyskiem cieczy jonowej, wskazujące na jej wysoką stabilność i możliwość wielokrotnego wykorzystania. Dalej opisano proces wydzielania estrów, oparty na rozdziale faz, ekstrakcji, suszeniu i destylacji.

Rozdział 5.7 dotyczy przygotowania kompozytów PVC, obejmując przygotowanie mieszanek „dry-blend”, optymalizację procesu wytłaczania i granulacji, a także prasowanie próbek PVC i LDPE.

Wstęp do rozdziału 5.8 prezentuje kluczowe wyniki etapu optymalizacji syntezy estrów kwasów dikarboksylowych katalizowanych protoczynnymi cieczami jonowymi. Autorka wskazuje, że bursztyniany i adypiniany dialkilu uzyskano z wysoką wydajnością (ok. 99%) i selektywnością (>99%) w łagodnych warunkach reakcji, przy temperaturze 70–80°C, stosunku alkoholu do kwasu 4:1 oraz 15 mol% katalizatora IL 2.7, wykazującego stabilność w 10-ciu cyklach. Dla syntezy DBS wytypowano warunki optymalne obejmujące temperaturę powyżej 90°C, stosunek alkoholu do kwasu 4:1 i 15 mol% udział IL 3.0, co pozwoliło osiągnąć ponad 99% wydajność procesu. Następnie przedstawiono wyniki syntez DEHSn, DBSn, DEHA oraz DBA — obejmujące ich wydajności (82-91%) oraz charakterystykę strukturalną potwierdzoną widmami ¹H NMR.

Rozdział 5.8 „Wyniki badań” składa się z 7 podrozdziałów w tym 3 pierwsze części (Rozdziały 5.8.1 - 5.8.3) to szczegółowa analiza przebiegu reakcji estyfikacji kwasu sebacynowego, bursztynowego, adypinowego z wykorzystaniem wybranych alkoholi (butan-1-olu oraz 2-etyloheksan-1-olu) w obecności protoczynnych cieczy jonowych. Autorka w sposób metodyczny każdorazowo przedstawia wpływ zasadniczych parametrów procesowych na przebieg reakcji, ze szczególnym uwzględnieniem ilości zastosowanego katalizatora, stosunku molowego reagentów oraz temperatury prowadzenia procesu. Dodatkowo w przypadku kwasu sebacynowego przeprowadzono badania wpływu intensywności mieszania na przebieg reakcji estyfikacji, co było istotne ze względu na dwufazowy charakter układu. Wykazano, że dopiero prędkość 1000 rpm eliminuje ograniczenia dyfuzyjne i pozwala prowadzić proces w obszarze kinetycznym, dlatego przyjęto ją jako warunek dalszych eksperymentów. Przeprowadzono ponadto badania wpływu kompozycji cieczy jonowej na przebieg reakcji estyfikacji kwasu bursztynowego, analizując aktywność katalityczną IL o różnych stosunkach molowych aminy do kwasu siarkowego oraz ich zdolność do absorpcji wody. Wykazano, że mimo zbliżonej aktywności katalitycznej, najbardziej korzystne właściwości praktyczne – stabilność termiczną, efektywny rozdział faz i obojętne pH produktu – zapewniała IL 2.7, którą ostatecznie wytypowano jako katalizator optymalny. Rozdział 5.8.4 przedstawia próbę 30-krotnego zwiększenia skali syntezy DBS względem ilości kwasu sebacynowego, przy zachowaniu wcześniej wyznaczonych optymalnych warunków reakcji. W początkowej fazie proces przebiegał wolniej, jednak po dłuższym czasie osiągnięto pełną konwersję, a wydajność w skali powiększonej wzrosła do 100%, potwierdzając możliwość skutecznego przeskalowania syntezy DBS.

Rozdział 5.8.5 to wyniki badań możliwości recyklu katalizatora IL 2.7, którego stabilność sprawdzono w 10-ciu kolejnych cyklach syntezy DEHSn i DEHA. Uzyskane wyniki potwierdziły utrzymanie wysokiej aktywności i selektywności katalizatora (99 ± 1%), co potwierdza jego przydatność do wielokrotnego wykorzystania.

Rozdział 5.8.6 obejmuje kompleksową ocenę właściwości użytkowych PVC uplastycznionego ekoplastyfikatorem DBS, stanowiąc kluczowy etap weryfikacji jego

przydatności aplikacyjnej. Autorka przeprowadziła zestaw badań obejmujących twardość Shore'a A, migrację plastyfikatora, stabilność termiczną, wytrzymałość na rozciąganie, czas plastyfikacji oraz podstawowe oznaczenia analityczne otrzymanego DBS, porównując wyniki z komercyjnymi plastyfikatorami DEHP i DEHT. **Badania wykazały, że PVC zawierające DBS charakteryzuje się najniższą twardością Shore'a A oraz najmniejszą migracją plastyfikatora spośród próbek referencyjnych, co potwierdza wysoką kompatybilność i efektywność uplastyczniającą otrzymanego estru.** Stabilność termiczna kompozytu była niższa niż dla DEHT i DEHA, co może ograniczać zastosowania wymagające wysokiej odporności termicznej, natomiast w próbie rozciągania próbki PVC-DBS osiągnęły najwyższe wydłużenie przy zerwaniu, zgodne z charakterystyką materiałów silnie uplastycznionych. Istotnym atutem okazał się również bardzo krótki czas plastyfikacji (62 s), świadczący o korzystnych właściwościach przetwórczych DBS. Wyniki analiz fizykochemicznych, w szczególności niska lepkość dynamiczna oraz korzystne wartości gęstości i współczynnika refrakcji, wskazują dodatkowo, że DBS sprzyja szybkiemu i efektywnemu uplastycznianiu PVC, co znajduje potwierdzenie w przeprowadzonych testach przetwórczych. Dodatkowo w rozdziale 5.8.7 zamieszczone widma ^1H NMR i ^{13}C NMR potwierdziły strukturę chemiczną otrzymanego estru, potwierdzając poprawność przebiegu syntezy.

Rozdział 5.9 przedstawia analizę potencjału rynkowego plastyfikatora DBS, wskazując na jego szerokie zastosowanie w PVC oraz innych polimerach wymagających wysokiej elastyczności i odporności na niskie temperatury. Aktualność podjętej problematyki poparto rosnącym globalnym popytem wynikającym z odchodzenia od ftalanów i zapotrzebowania na bezpieczne plastyfikatory. Przedstawiono także strukturę rynku, prognozy wzrostu oraz dominującą w nich rolę regionu Azji i Pacyfiku, a także znaczenie dostępności kwasu sebacynowego jako kluczowego surowca w procesie. Rozdział ten wskazuje, że **DBS posiada realny potencjał wdrożeniowy i wpisuje się w aktualne potrzeby przemysłu chemicznego.**

Rozdział 5.10 poświęcono wstępnym założeniom projektowym instalacji do otrzymywania plastyfikatora DBS w skali 1000 kg/dobę. Autorka przedstawia podstawowe parametry procesu, zestaw surowców oraz proponowany sposób prowadzenia reakcji, a następnie opisuje ogólny schemat blokowy syntezy zarówno katalizatora IL 3.0, jak i samego plastyfikatora. W dalszej części umieszczono uproszczony bilans masowy i cieplny procesu, obejmujący główne strumienie procesowe, operacje jednostkowe oraz orientacyjne zapotrzebowanie energetyczne procesu.

Rozdział 5.11 zawiera syntetyczne podsumowanie badań oraz najważniejsze wnioski wynikające z realizacji pracy dotyczącej syntezy ekoplastyfikatorów z udziałem cieczy jonowych. Doktorantka wskazuje optymalne warunki estyfikacji, potwierdza wysoką aktywność i możliwość wielokrotnego wykorzystania IL bez utraty funkcjonalności oraz przedstawia właściwości otrzymanego DBS, wykazujące jego wysoką efektywność przetwórczą i korzystną kompatybilność z PVC. **Wnioski prowadzą do konkluzji wskazującej na wyraźny potencjał wdrożeniowy opracowanej technologii oraz na funkcjonalną przewagę DBS nad plastyfikatorami konwencjonalnymi.**

Ocena merytoryczna i najważniejsze osiągnięcia Doktorantki

Rozprawa doktorska mgr inż. Anny Tracz pt. „Synteza ekoplastyfikatorów z półproduktów pochodzenia odnawialnego” wpisuje się w aktualny nurt rozwoju zrównoważonych materiałów polimerowych oraz stopniowego odchodzenia od ftalanowych plastyfikatorów PVC, ograniczanych z uwagi na wymagania regulacyjne Rozporządzenia REACH i dane toksykologiczne. **Praca ma charakter wdrożeniowy a zakres poruszanej w niej tematyki i przeprowadzonych badań jest szeroki i dobrze przemysłany.**

Doktorantka przeprowadziła syntezę pięciu estrów kwasów dikarboksylowych (sebacynowego, bursztynowego, adypinowego) z wykorzystaniem butan-1-olu i 2-etyloheksan-1-olu, stosując protyczne ciecze jonowe jako katalizatory pełniące równocześnie funkcję absorbenta wody. **Zaprezentowane wyniki dowodzą, że badane procesy pozwalają na prowadzenie reakcji estryfikacji w stosunkowo łagodnych warunkach, przy niewielkim zużyciu katalizatora i wysokich wydajnościach, co należy ocenić bardzo pozytywnie.** Badania wpływu kluczowych parametrów procesowych na przebieg reakcji estryfikacji świadczą o dobrze zaplanowanej i rzetelnie zrealizowanej metodyce eksperymentalnej, w której świadomie uwzględniono m.in. dwufazowy charakter układów reakcyjnych i konieczność rozróżnienia ograniczeń kinetycznych oraz dyfuzyjnych.

Na wysoką ocenę zasługuje również część analityczna i aplikacyjna. Doktorantka stosuje właściwy zestaw metod instrumentalnych (GC, ^1H i ^{13}C NMR, oznaczenia KF, pomiar lepkości, gęstości, barwy i współczynnika załamania światła), a w dalszej kolejności przeprowadza badania kompozytów PVC zgodnie z praktyką przemysłową – z uwzględnieniem przygotowania mieszanek typu „dry-blend”, wytlaczania, prasowania oraz badań migracji, twardości Shore’a, stabilności termicznej, wytrzymałości na rozciąganie i czasu plastyfikacji. **Wyniki jednoznacznie wskazują, że DBS jest plastyfikatorem o bardzo korzystnym profilu użytkowym:** zapewnia najniższą twardość Shore’a A, najmniejszą migrację w porównaniu z DEHP i DEHT, bardzo wysokie wydłużenie przy zerwaniu oraz znacząco krótszy czas plastyfikacji, co z punktu widzenia przetwórstwa stanowi niewątpliwego jego atut. Uwagę zwraca również udokumentowana **możliwość wielokrotnego wykorzystania cieczy jonowej (10 cykli bez utraty aktywności) oraz próba przeskalowania syntezy DBS, co potwierdza ukierunkowanie pracy na praktyczną implementację.** Włączenie do rozprawy analizy potencjału rynkowego i wstępnych założeń projektowych instalacji do produkcji DBS należy uznać za ważny walor rozprawy – pokazuje dojrzałość inżynierską i świadomość realnych uwarunkowań wdrożeniowych.

Do najistotniejszych uwag krytycznych w formie komentarzy, niepodważających jednak całościowej wartości rozprawy, zaliczyłabym:

1. Część literaturowa, mimo szerokiego ujęcia tematyki, nie obejmuje analizy patentowej, która w pracy o charakterze wdrożeniowym stanowi ważny element przeglądu stanu techniki.
2. W pracy zasygnalizowano możliwość powstawania produktów ubocznych (np. siarczanu(VI) butylu), jednak brak jasno przedstawionej informacji, czy związki te faktycznie zidentyfikowano i w jaki sposób wpływają one na czystość otrzymanych estrów.
3. We wstępie do rozdziału 5.8 podano docelowe, zoptymalizowane warunki syntezy poszczególnych plastyfikatorów co może wyprzedzać narrację metodyczną. Dodatkowo dane z widm ^1H NMR dla DEHSn, DBSn, DEHA, DBA i wydajność procesu ich syntezy nie zostały opatrzone komentarzem wskazującym na ich pochodzenie i interpretację strukturalną, bez wyraźnego powiązania z tymi warunkami optymalnymi. Utrudnia to jednoznaczne odtworzenie pełnej ścieżki przejścia od serii badań do ostatecznie przyjętych optymalnych parametrów i wyników.
4. W części wynikowej (rozdziały 5.8.1-5.8.3) przedstawiono szczegółową analizę wpływu temperatury, stosunku molowego substratów oraz ilości katalizatora na przebieg reakcji, jednak nie zawsze w pełni jasno uzasadniono, dlaczego dla badań poszczególnych czynników przyjęto właśnie takie, a nie inne wartości pozostałych parametrów (np. raz wykorzystywane są warunki „optymalne”, innym razem „maksymalne” z przyjętego zakresu)?
5. W pracy zasadnie podjęto optymalizację ilości cieczy jonowej, która w badanym układzie pełni zarówno funkcję katalizatora, jak i absorbenta wody. Uwagę zwraca

- jednak badanie wpływu różnych zakresów ilości IL dla poszczególnych reakcji estryfikacji kwasów dikarboksylowych (15 i 30 mol% dla estryfikacji kwasu sebacynowego, 5–30 mol% dla estryfikacji kwasu bursztynowego i 5–15 mol% dla estryfikacji kwasu adypinowego) oraz brak pełnych wyników dla wszystkich założonych wartości. Budzi to pytanie o kryteria doboru badanych ilości katalizatora oraz powody pominięcia części rezultatów, których uwzględnienie zwiększyłoby przejrzystość metodyczną i umożliwiło pełniejszą ocenę porównawczą wyników.
6. W przypadku estryfikacji kwasu bursztynowego dobór kompozycji cieczy jonowej został przeprowadzony w oparciu o właściwe kryteria: aktywność katalityczną, zdolność IL do absorpcji wody, stabilność termiczną, rozdział faz, pH warstwy estrowej oraz aspekt ekonomiczny. Taki sposób postępowania należy ocenić pozytywnie. Jednak analogicznej analizie nie przedstawiono dla estryfikacji kwasu sebacynowego i adypinowego. Proszę o wyjaśnienie, na jakiej podstawie dobrano kompozycję IL w przypadku tych reakcji (odpowiednio IL 3.0 i IL 2.7)?
 7. Podpisy pod rysunkami np. rys. 38–43, są poprawne merytorycznie, lecz nadmiernie rozbudowane jak na standardy pracy naukowej. Część zawartych w nim objaśnień dotyczących metodyki i powtarzalności pomiarów powinna zostać przeniesiona do treści rozdziału, co zwiększyłoby przejrzystość i spójność redakcyjną pracy.
 8. W pracy nie podano jednoznacznego uzasadnienia, dlaczego przeskalowaniu poddano wyłącznie syntezę DBS. Proszę o komentarz.
 9. W opisie powiększenia skali procesu (rozdział 5.8.4) pojawiają się drobne rozbieżności w zakresie temperatury (90 vs 100°C) w odniesieniu do „optymalnych” warunków syntezy DBS. Choć nie wpływa to istotnie na ogólną ocenę wyników, bardziej precyzyjne i jednolite przedstawienie warunków odniesienia byłoby pożądane, zwłaszcza w kontekście rozważań wdrożeniowych.
 10. Rozdziały 5.9–5.10 stanowią cenny element pracy, pokazując świadomość rynkową i procesową Doktorantki. W pracy o charakterze wdrożeniowym można by oczekiwać jednak oszacowania wskaźników ekonomicznych (koszty surowców, energii, orientacyjne koszty produktu), co jeszcze mocniej podkreśliłoby praktyczny wymiar proponowanej technologii.
 11. Doktorantka nie ustrzegła się drobnych błędów językowych i technicznych, niektóre przykładowo przytaczam:
 - niekonsekwencja pisowni skrótów jednostek i pominięcie spacji pomiędzy liczbą a jednostką jak np. str. 13 – „2023r.”, str. 17 – „1968r.”, str. 83 – „80 °C do 95°C”, str. 90 – „2,00g, n-dekanu 0,20g”, str. 76 – „10%wag. wody”, str. 99 – „4 mole, kwas bursztynowy 1mol” i inne;
 - błędy językowe, skróty myślowe, potoczne sformułowania jak np. str. 17 – Doktorantka napisała: „...przy zastosowaniu różnych katalizatorów oraz opisano fenomen cieczy jonowych.”, str. 76 – Doktorantka napisała: „Otrzymana IL była bezbarwną cieczą o wydajności 98%.”, str. 100 – Doktorantka napisała: „Na podstawie tych informacji, najwygodniejszym IL do estryfikacji kwasu bursztynowego jest IL 2.7.” i inne;
 - niespójności, takie jak brak skrótu DBSn (bursztynianu dibutyłu) w wykazie skrótów czy równoległe użycie oznaczeń D2EHS i DEHS dla sebacynianu di(2-etyloheksylu).

Doktorantka uzasadniła jednak wybór przyjętej nomenklatury i podjęła próbę jej ujednolicenia, co należy ocenić pozytywnie. **Drobne błędy językowe, edytorskie, skróty myślowe czy niespójności nie wpływają na wartość merytoryczną recenzowanej rozprawy doktorskiej.**

Podsumowując, rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Tracz jest dojrzałym, oryginalnym i wartościowym opracowaniem na styku chemii organicznej, chemii polimerów i technologii chemicznej. **Opracowana wstępna koncepcja syntezy ekoplastyfikatorów z udziałem protycznych cieczy jonowych, poparta optymalizacją procesu, badaniami aplikacyjnymi oraz próbą przełożenia wyników laboratoryjnych na skalę procesową, stanowi istotny wkład w rozwój technologii nowoczesnych plastyfikatorów i wpływa na rozwój dyscypliny nauki chemiczne.** Recenzowana praca zawiera zarówno elementy poznawcze jak i naukowe oraz propozycje rozwiązań umożliwiających wykorzystanie wyników w przemyśle.

Potwierdza to również przedstawiony dorobek naukowy składający się z 4 publikacji naukowych o sumarycznym wskaźniku oddziaływania $IF=16,055$ i sumarycznej liczbie punktów MEiN – 410, w tym 3 publikacje są ściśle związane z rozprawą doktorską. Swoje wyniki badań Doktorantka przedstawiła na 2 konferencjach naukowych w tym wydarzeniu poświęconym innowacjom przemysłowym.

Na podkreślenie zasługuje również aktywność Doktorantki w obszarze rozwoju kompetencji naukowych, m.in. udział w kursie *Nature Masterclasses* oraz uzyskanie grantu rektorskiego w ramach programu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza za publikację w czasopiśmie z grupy TOP. Świadczy to o jej zaangażowaniu, konsekwencji i wysokiej świadomości naukowej.

Ocena końcowa

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Tracz pt. „Synteza ekoplastyfikatorów z półproduktów pochodzenia odnawialnego” spełnia ustawowe i zwyczajowe warunki stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.). **Praca ma charakter oryginalny, jest poparta wynikami badań eksperymentalnych oraz wykazuje wyraźny potencjał wdrożeniowy.** Dogłębne i szczegółowe rozważania odnośnie otrzymanych wyników badań syntezy ekoplastyfikatorów pochodzenia odnawialnego, a także wykorzystanie nowoczesnych metod badań wskazują na dużą wiedzę teoretyczną i praktyczną Pani mgr inż. Anny Tracz oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia prac o charakterze naukowo-badawczym i wdrożeniowym. **Wnoszę do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Śląskiej w Gliwicach o dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Tracz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

Podpisano odręcznie przez autora