



Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny
Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej
90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116
tel. +48 42 631-30-91, fax +48 42 631-31-28

Prof. dr hab. inż. Joanna Kałużna-Czaplińska

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Zarębskiej zatytułowanej

„Opracowanie i zastosowanie nowych procedur analitycznych do oznaczania
wybranych związków poli- i perfluoroalkilowych w próbkach środowiskowych”
wykonanej w Sieci Badawczej Łukasiewicza-Instytucie Ciężkiej Syntezy Organicznej
„Blachownia” oraz Katedrze Chemii Nieorganicznej, Analitycznej i Elektrochemii
Politechniki Śląskiej w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy”.

Promotorem pracy doktorskiej jest

dr hab. inż. Sylwia Bajkacz, prof. PŚ,

Opiekunem ze strony przedsiębiorcy dr hab. Zofia Hordyjewicz-Baran

Wprowadzenie

Tematyka podjęta w rozprawie doktorskiej przez mgr inż. Magdalenę Zarębską dotyczyła opracowania nowych metod oznaczania związków per- i polifluoroalkilowych (PFAS), które stanowią szeroką grupę związków organicznych charakteryzujących się wyjątkową trwałością chemiczną, odpornością na wysoką temperaturę, utlenianie i degradację biologiczną, co prowadzi do ich długotrwałej obecności w środowisku. Rodzina PFAS obejmuje związki o różnych długościach łańcucha, grupach funkcyjnych i właściwościach fizykochemicznych. Tradycyjne metody analityczne często pozwalają oznaczyć jedynie wybrane, dobrze poznane PFAS (np. PFOA, PFOS), podczas gdy wiele nowych substancji pozostaje nawet

niezidentyfikowanych. PFAS stanowią zatem duże wyzwanie dla chemii analitycznej, nie tylko ze względu na wyjątkową trwałość, mobilność oraz zdolność do bioakumulacji, ale także ze względu na trudności w ich oznaczaniu spowodowane występowaniem w środowisku na bardzo niskich poziomach stężeń oraz ograniczoną dostępnością wzorców analitycznych. Dodatkowo, odporność PFAS na procesy degradacji sprawia, że utrzymują się one w wodach i glebach przez długi czas. Z tego powodu konieczne jest stosowanie zaawansowanych metod analitycznych oraz kompleksowych działań, które mogą ograniczyć ich obecność w środowisku. Dlatego już w tym miejscu recenzji pragnę zaznaczyć, że przedstawione w rozprawie doktorskiej wyniki są ważne i bardzo aktualne, a jako analityk wiem, jak wiele wysiłku i wielogodzinnej pracy wymagało od Doktorantki opracowanie nowych, precyzyjnych i dokładnych metod analitycznych.

Struktura i treść rozprawy doktorskiej

Recenzowana praca mgr inż. Magdaleny Zarębskiej jest przykładem rozprawy doktorskiej w nowej formie. Stanowi ją spójny tematycznie zbiór 6 artykułów naukowych, które zostały opatrzone stosownym opisem. Ponadto, zostały dołączone załączniki do publikacji, którym Doktorantka nadała przypisy Supplementary, bądź Supporting information. Na elementy tego opisu składają się: wprowadzenie, cel i zakres oraz tezy pracy, opis przeprowadzonych badań wraz z uzasadnieniem podjętych działań, podsumowanie, wnioski i bibliografia. Całość stanowi 71 stron. Cytowana literatura obejmuje 89 pozycji naukowych polskich i zagranicznych, z przewagą tych drugich. Cel główny i zakres prowadzonych badań został przedstawiony jasno i w zwięzły sposób. Ponadto, w przedstawionym do recenzji materiale, znalazły się: naukowy życiorys Doktorantki, publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej (jako załączniki) oraz oświadczenia współautorów. Te ostatnie potwierdzają niepodważalny wkład pani mgr inż. Magdaleny Zarębskiej w badania. Pragnę także zauważyć, że Doktorantka jest pierwszym współautorem we wszystkich pracach naukowych składających się na dysertację. Wprowadzenie, opis wyników, ich dyskusja oraz wnioski dotyczące otrzymanych rezultatów z powołaniem się na odpowiednie odnośniki literaturowe nie budzą zasadniczo moich wątpliwości.

Wykaz dorobku naukowego Doktorantki w mojej opinii jest imponujący. Wskazuje na bardzo duże Jej zaangażowanie w pracę naukową, badawczą i staranne, przemyślane dobieranie czasopism naukowych, pod kątem

prezentowanych wyników badań. W załączonym wykazie są artykuły, które ukazały się w bardzo dobrych czasopismach naukowych, takich jak: *TRAC-Trends in Analytical Chemistry* (Elsevier), *Talanta* (Elsevier), czy *Science of the Total Environment* (Elsevier). Liczne wystąpienia konferencyjne, w tym 15 wystąpień bezpośrednio związanych z tematem rozprawy doktorskiej oraz udział w wielu innych konferencjach i seminariach, co potwierdza bardzo dużą naukową aktywność Doktorantki. Po drugie, imponująco wręcz przedstawia się doświadczenie zawodowe Doktorantki, na które składają się zarówno praktyka laboratoryjna, karty aplikacyjne, jak również zgłoszenia patentowe, nagrody i wyróżnienia.

W części Wprowadzenie Autorka omówiła zagadnienia dotyczące właściwości fizykochemicznych PFAS, źródła emisji tych związków, przenikanie ich do środowiska, zdolność do bioakumulacji w organizmie ludzkim oraz wpływ na zdrowie człowieka. Ważnym elementem tej części pracy są omówione analityczne trudności dotyczące oznaczania tych związków w różnych matrycach i potrzeba ich monitorowania z zastosowaniem czułych i precyzyjnych metod analitycznych.

Cel badań został sformułowany czytelnie, dotyczył opracowania i wdrożenia nowych procedur analitycznych do oznaczania wybranych związków z grupy PFAS oraz produktów ich transformacji z zastosowaniem LC-MS/MS jako nowej usługi oferowanej przez Instytut Łukasiewicz-ICSO "Blachownia". Pragnę jeszcze raz zaznaczyć, że realizacja założonego celu głównego i poszczególnych zadań badawczych, ze szczególnym uwzględnieniem procedur ekstrakcji wybranych związków z grupy PFAS w wodzie, ściekach, osadach i tkankach roślinnych, wymagała dużego eksperymentalnego wkładu pracy Doktorantki.

W części dysertacji dotyczącej opisu prowadzonych eksperymentów, szczególną uwagę zwrócono na ocenę parametrów walidacyjnych, ocenę zielonego charakteru procedur z zastosowaniem różnych narzędzi do oceny tzw. ekologicznego profilu metod analitycznych. Najlepsze wyniki są dla metody oznaczania PFAS w próbkach tkanek roślinnych. Opracowanie całego materiału doświadczanego przez mgr inż. Magdalenę Zarębską wskazuje na Jej dobre opanowanie planowania eksperymentów poprzedzających końcowe oznaczenie analitów. Podjęcie się trudu zwalidowania opracowanych metod analitycznych przed ich wykorzystaniem do oznaczeń, następnie wykorzystanie ich do monitorowania zanieczyszczeń

w ściekach i ocenę wpływu sezonowości na poziomy stężenie związków wskazują na dojrzałość Doktorantki w planowaniu i prowadzeniu badań naukowych.

Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Za najbardziej wartościowe w przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej uważam:

- opracowanie czterech nowych procedur analitycznych umożliwiających oznaczenie PFAS występujących na poziomie śladów w próbkach środowiskowych,
- walidację opracowanych metod,
- aplikacyjny charakter opracowanych metod analitycznych oraz ich aspekt ekonomiczny i ekologiczny.

Uwagi

Recenzent poza oczywistym podkreśleniem walorów i zalet pracy ma także obowiązek wskazania pewnych błędów, uwag i postawienia pytań, co poniżej czynię.

Praca mgr inż. Magdaleny Zarębskiej jest przygotowana starannie, tabele, rysunki, schematy i znajdujące się opisy są czytelne, słownictwo przeważnie poprawne, choć zdarzają się błędne sformułowania, jak np.: „izolacją PFAS” (na str. 19, 22 i na dalszych stronach dysertacji), raczej powiemy izolowanie PFAS z matryc, kolejne na str. 20 zdanie „sposób przygotowania poszczególnych matryc”. Matryca to wszystkie składniki próbki poza analitem, czyli poza substancją, którą chcemy oznaczyć (np. PFAS).

Wśród innych niedociągnięć w pracy, uwag dyskusyjnych można wymienić: drobne błędy literowe, np. w wykazie skrótów jest ekstrakcję par jonowych, a powinno być ekstrakcja (na str.8), czasami brak odpowiednika polskiego w wykazie skrótów. Mam także kilka wątpliwości i pytań:

- Jak można zmodyfikować metody ekstrakcji próbek, aby zwiększyć odzysk i dokładność oznaczania PFAS w opracowanych metodach?
- W jakim stopniu standardowe oczyszczalnie ścieków eliminują PFAS i jakie technologie są najskuteczniejsze?
- Jakie zalety i ograniczenia ma LC–MS/MS w porównaniu do innych technik przy oznaczaniu śladowych stężeń PFAS?

- W jaki sposób obecność matrycy próbki (np. woda pitna, osady rzeczne) wpływa na dokładność oznaczeń PFAS?

Podsumowanie recenzji

Stwierdzam, że mgr inż. Magdalena Zarębska wykazała się wiedzą w aktualnej i ważnej tematyce będącej przedmiotem rozprawy doktorskiej. Wskazane w recenzji błędy i uwagi nie umniejszają wartości dysertacji. Ze względu na wysoki poziom zaprezentowanych w rozprawie wyników badań przez Doktorantkę, ich aplikacyjny charakter, duże znaczenie poznawcze i wdrożenie otrzymanych wyników badań, znakomity całościowy dorobek naukowy, w tym publikacyjny o łącznymi IF przekraczającym liczbę sto, wnoszę o wyróżnienie tej dysertacji.

Praca spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (aktualne odniesienie do aktu prawnego - tekst jednolity: DzU z 2022 r. poz. 574 z późn. zm.).

Wniosek końcowy

Podsumowując, recenzowana rozprawa mgr inż. Magdaleny Zarębskiej zatytułowana „*Opracowanie i zastosowanie nowych procedur analitycznych do oznaczania wybranych związków poli- i perfluoroalkilowych w próbkach środowiskowych*” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, wnoszę o dopuszczenie jej Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Podpisano odręcznie przez autora

Łódź, 15 grudnia 2025 roku