



Politechnika
Śląska

WYDZIAŁ CHEMICZNY

KATEDRA CHEMII NIEORGANICZNEJ, ANALITYCZNEJ I ELEKTROCHEMII

mgr inż. Magdalena Zarębska

ROZPRAWA DOKTORSKA

**Opracowanie i zastosowanie nowych procedur analitycznych
do oznaczania wybranych związków poli- i perfluoroalkilowych
w próbach środowiskowych**

Przewodnik po jednotematycznym cyklu publikacji

***Development and application of new analytical procedures for the
determination of selected poly- and perfluoroalkyl substances
in environmental samples***

Guide to a thematic series of publications

Promotor pracy: dr hab. inż. Sylwia Bajkacz, prof. PŚ

Opiekun ze strony przedsiębiorcy: dr hab. Zofia Hordyjewicz-Baran

GLIWICE 2025

Streszczenie

Związki poli- i perfluoroalkilowe (PFAS) to liczna grupa trwałych zanieczyszczeń chemicznych, które ze względu na odporność chemiczną, toksyczność i zdolność do bioakumulacji stanowią poważne zagrożenie dla zdrowia ludzi i środowiska. PFAS stanowią istotne wyzwanie dla ochrony środowiska, a ich analityka jest jednym z kluczowych kierunków badań. W związku z Dyrektywą (UE) 2020/2184, zobowiązującą państwa członkowskie do monitorowania wybranych związków PFAS w wodzie pitnej do 2026 roku, opracowanie czułych i wiarygodnych metod analitycznych jest niezbędne dla zapewnienia skutecznej kontroli ich obecności. **Celem niniejszej rozprawy doktorskiej było opracowanie oraz zastosowanie nowych procedur analitycznych, umożliwiających oznaczanie 25 związków z grupy PFAS w różnych typach matryc środowiskowych, ze szczególnym uwzględnieniem wód.** Do badań wybrano 20 związków ujętych w Dyrektywie oraz 5 nowych zamienników o potencjalnie szkodliwym działaniu. Izolację PFAS z próbek ciekłych prowadzono z zastosowaniem ekstrakcji do fazy stałej (SPE), z osadów dennych z zastosowaniem zmodyfikowanej ekstrakcji alkalicznej typu QuEChERS oraz z tkanek roślinnych z zastosowaniem trawienia alkalicznego (ADE) połączonego z ekstrakcją ciało stałe–ciecz (SLE). Optymalizację warunków ekstrakcji przeprowadzono metodą jednoczynnikową oraz z wykorzystaniem planowania eksperymentów (DoE). Analizę celowaną PFAS przeprowadzono z użyciem wysokosprawnej chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (LC-MS/MS) w trybie planowanego monitorowania reakcji następczych (sMRM), natomiast identyfikację produktów transformacji wykonano w zintegrowanym podejściu przesiewowo-potwierdzającym o charakterze półcelowanym, wykorzystując różne tryby skanowania spektrometru masowego. Metody zwalidowano zgodnie z wymaganiami dla oznaczeń śladowych, a zastosowanie wzorców wewnętrznych PFAS znakowanych izotopowo zapewniło kompensację efektów matrycowych i wysoką precyzję wyników. Profil ekologiczny opracowanych metod oceniono jako umiarkowany. **Procedury wykorzystano do monitoringu PFAS w wodach i osadach** południowego odcinka Odry. Otrzymane wyniki zostały wykorzystane m.in. do oceny ich występowania, identyfikacji potencjalnych źródeł emisji oraz analizy ryzyka ekologicznego. Ponadto opracowane metody **wykorzystano do oceny skuteczności usuwania PFAS z użyciem (i) filtrów domowych, (ii) fotodegradacji** w ramach zaproponowanego procesu pogłębionej redukcji (ARP) oraz **(iii) z wykorzystaniem obecnie stosowanych technologii oczyszczania ścieków**, potwierdzając ich przydatność w eliminacji tych zanieczyszczeń. Wyniki badań opublikowano w formie cyklu sześciu artykułów naukowych, z których jeden ma charakter przeglądowy, a pięć pozostałych prezentuje wyniki własnych badań eksperymentalnych.

Prace w ramach realizowanego doktoratu wdrożeniowego zostały zakończone wdrożeniem w Sieć Badawcza Łukasiewicz – ICSO "Blachownia" czterech opracowanych procedur analitycznych związanych z oznaczaniem związków PFAS w próbkach ciekłych (wody, ścieki) i stałych (gleby, tkanki roślinne) **w celu poszerzenia oferty usług analitycznych ICSO.**