



Autor: mgr inż. Jakub Michalski

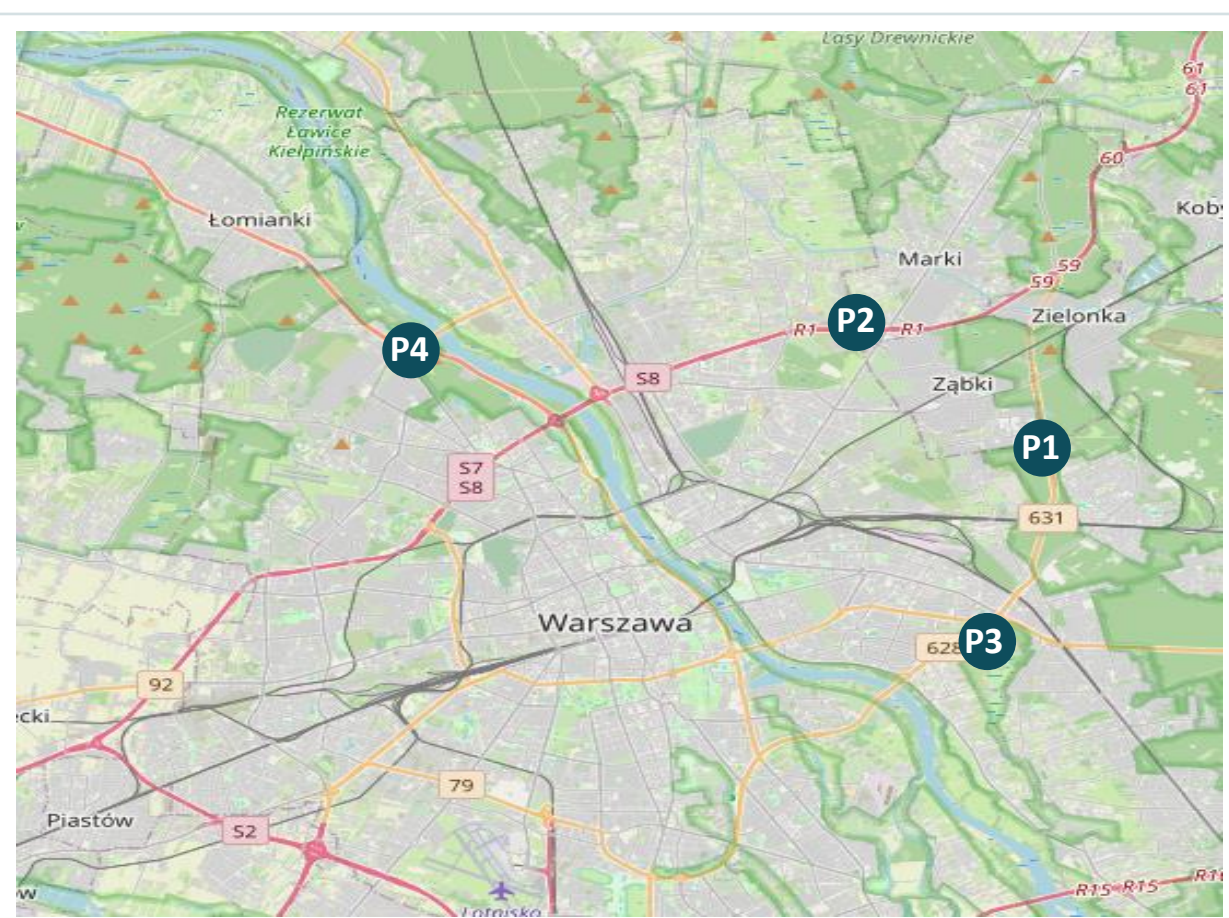
Promotor: dr hab. inż. Barbara Nasiłowska, prof. WAT

Wytwarzanie i badania filtra wykonanego z użyciem nanostruktur grafenu

Wprowadzenie

Wody opadowe i roztopowe w warunkach miejskich zawierają mieszaninę zawieszin, soli, metali ciężkich oraz związków organicznych, dlatego ich skuteczne oczyszczanie stanowi istotne wyzwanie technologiczne. Celem pracy było wytworzenie oraz zbadanie filtra z nanostruktur grafenu i sprawdzenie, czy poprawia on skuteczność oczyszczania wód środowiskowych. Zmiany składu próbek przed i po filtracji oceniono metodami UV-Vis, LIBS, EDAX oraz badaniami biologicznymi.

Pobór próbek środowiskowych



Rys. 1. Lokalizacje poboru próbek P1–P4 (okolice Warszawy, 2026)

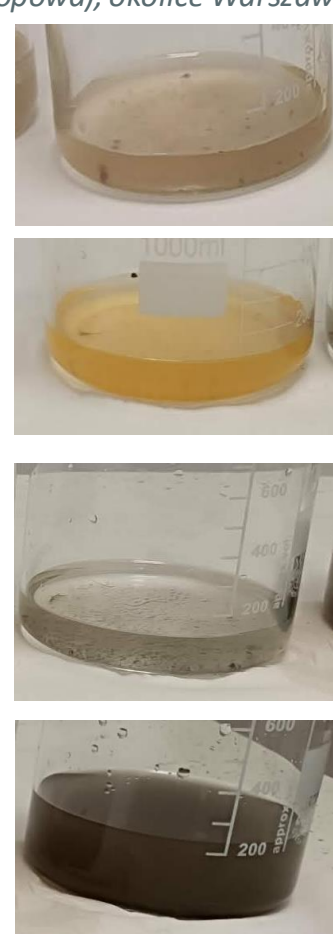
Cztery próbki (śnieg / woda roztopowa), okolice Warszawy, styczeń 2026.

P1 ul. Płochocińska

P2 ul. Brukowa

P3 ul. Toruńska

P4 ul. Geodezyjna



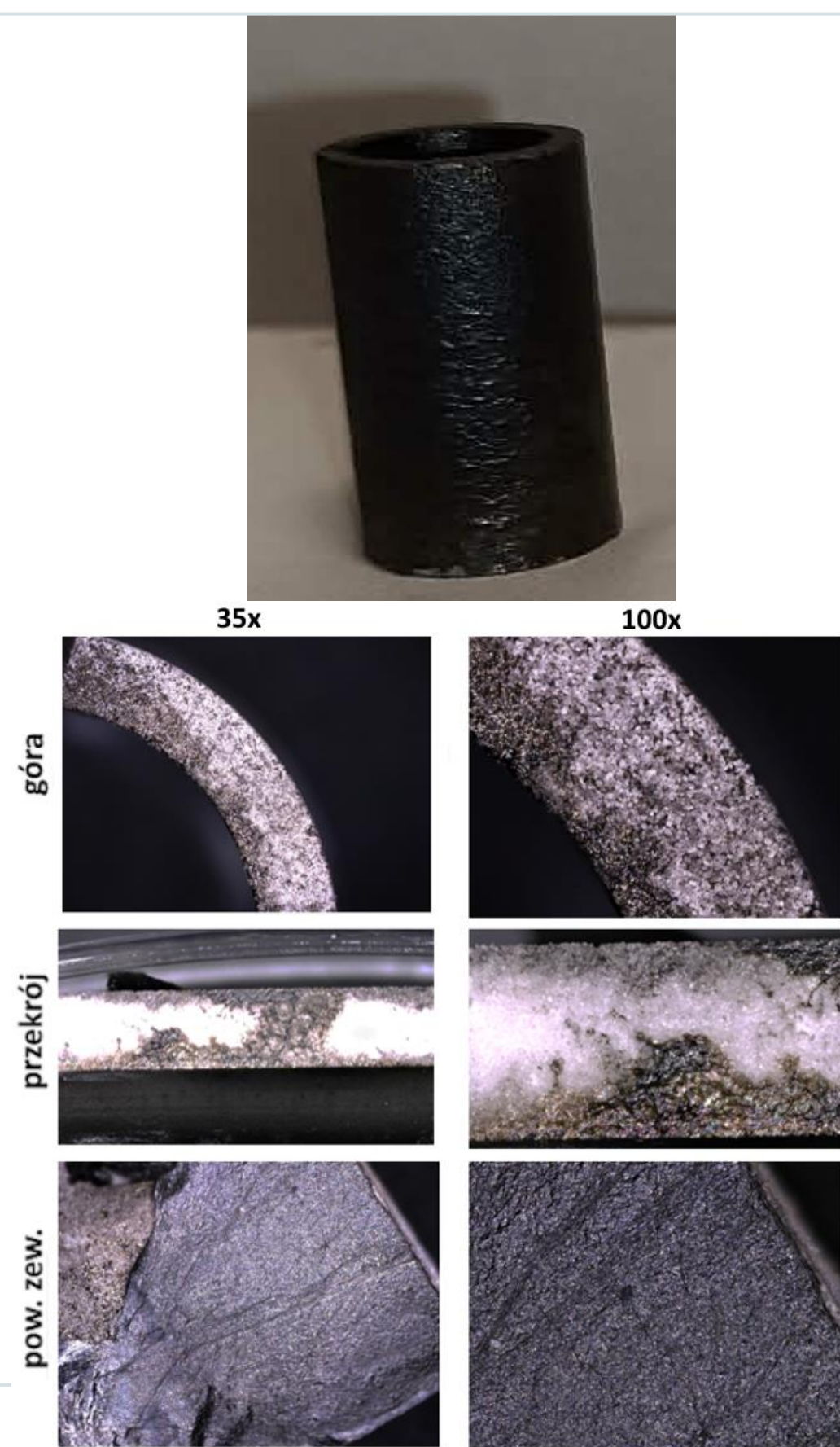
Przygotowanie filtrów grafenowych

FP filtr piankowy (referencyjny)

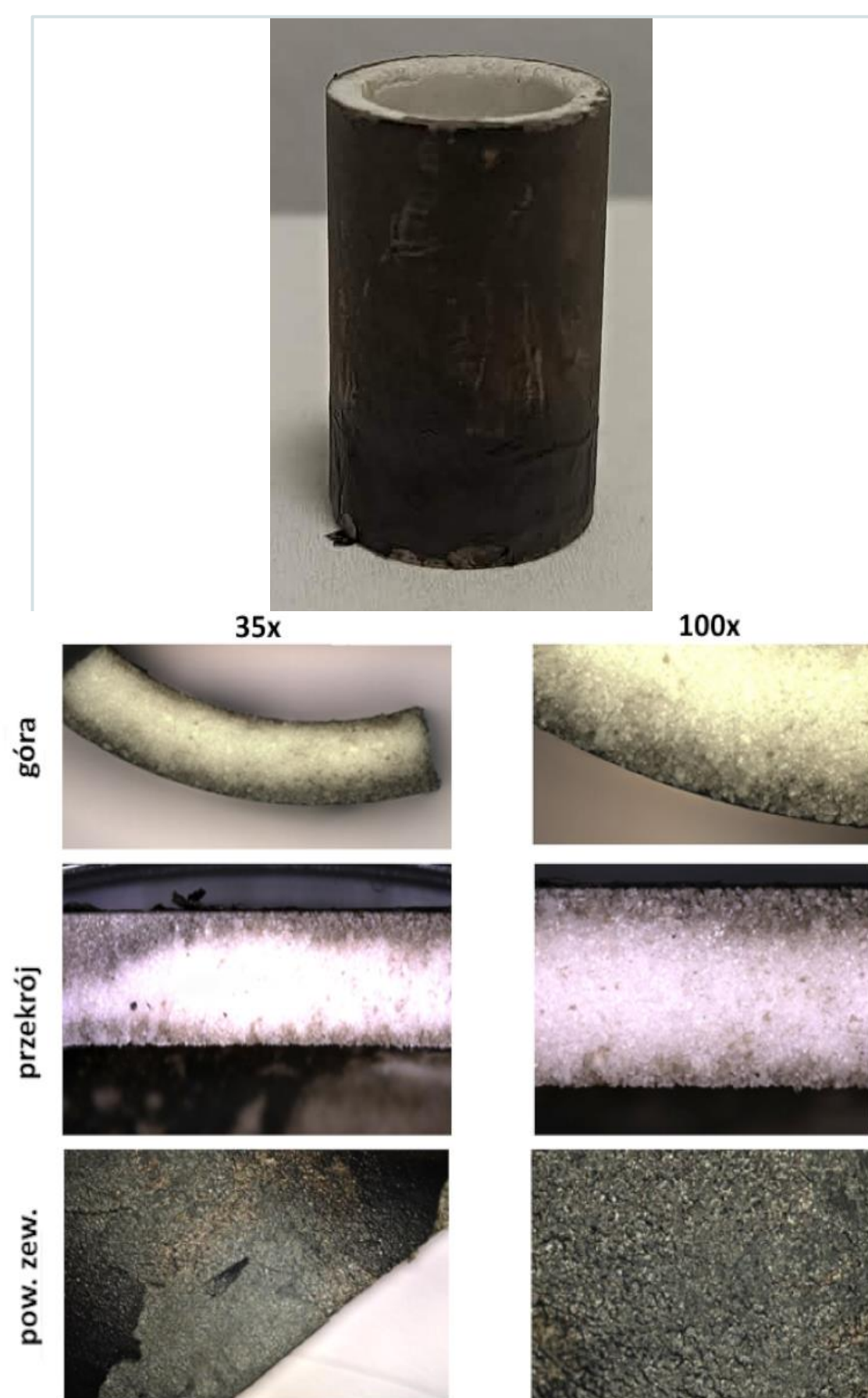
GO A tlenek grafenu — metoda A

GO B tlenek grafenu — metoda B

GO BA układ modułowy B → A



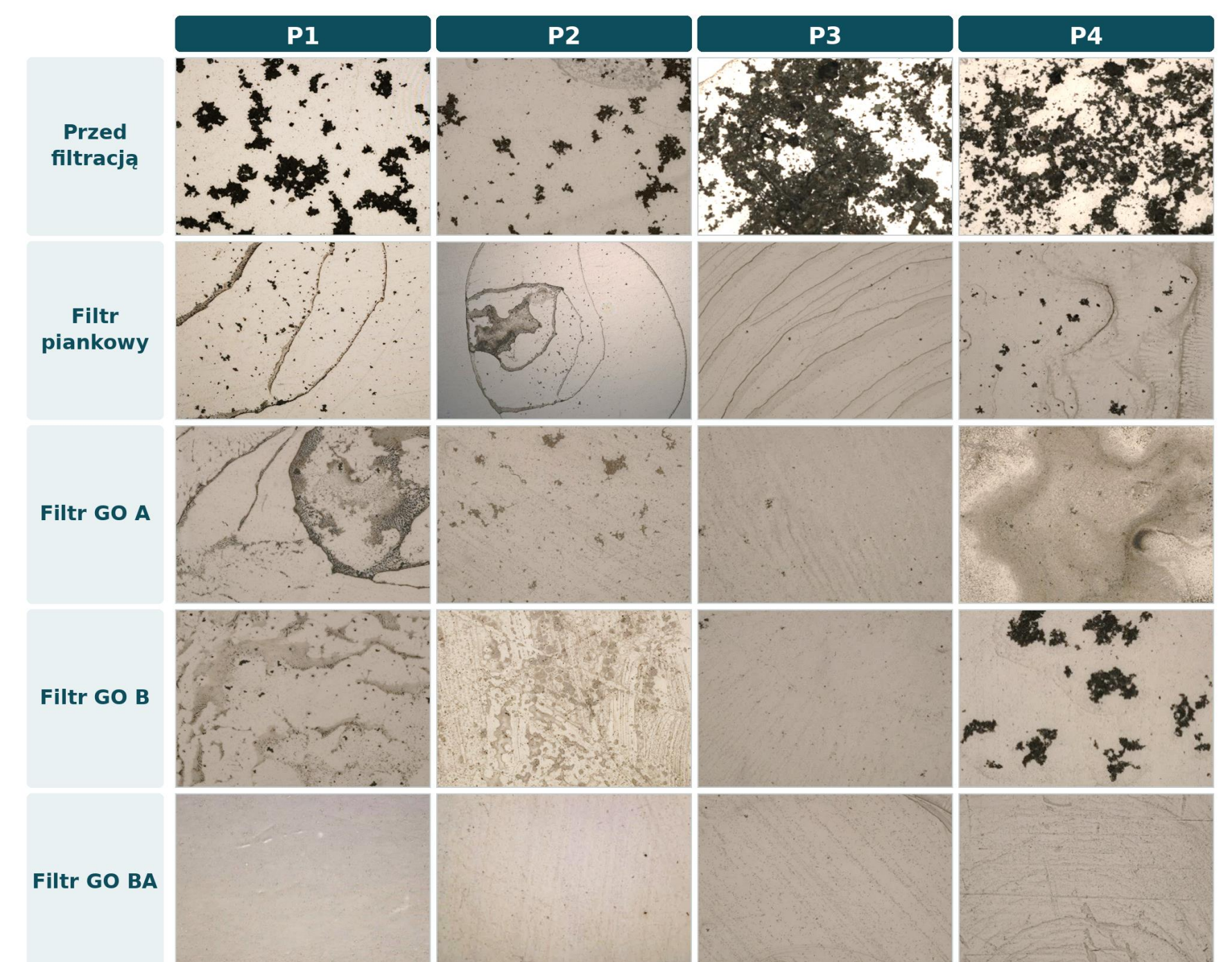
Rys. 2. Filtr grafenowy wykonany metodą B



Rys. 3. Filtr grafenowy wykonany metodą A

Wyniki badań

Obecność zanieczyszczeń w osadzie przed i po filtracji; mikroskop stereoskopowy Zeiss Smartzoom 5, powiększenie 100×



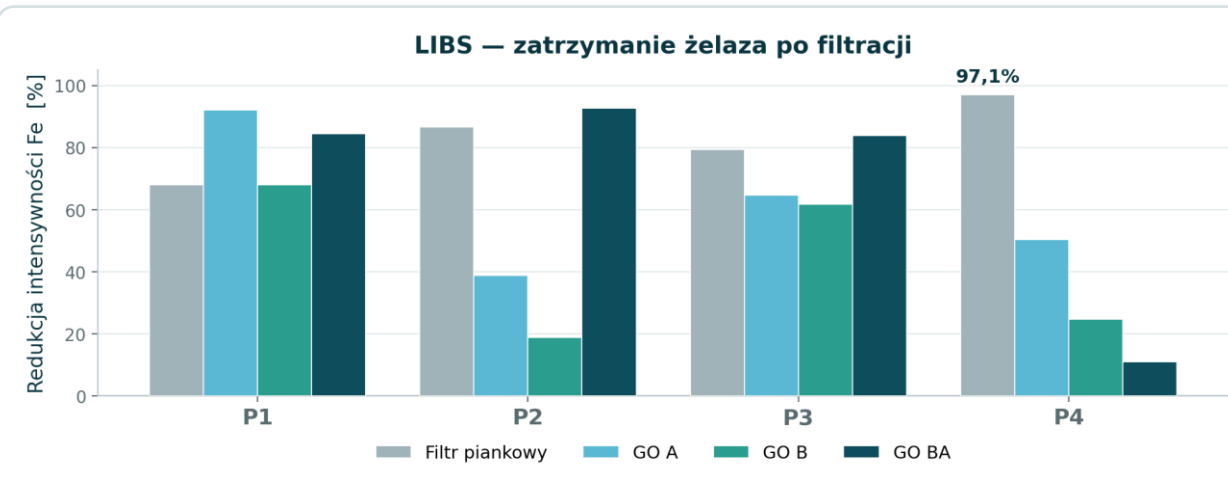
Rys. 4. Wyniki mikroskopii stereoskopowej

97,1 %

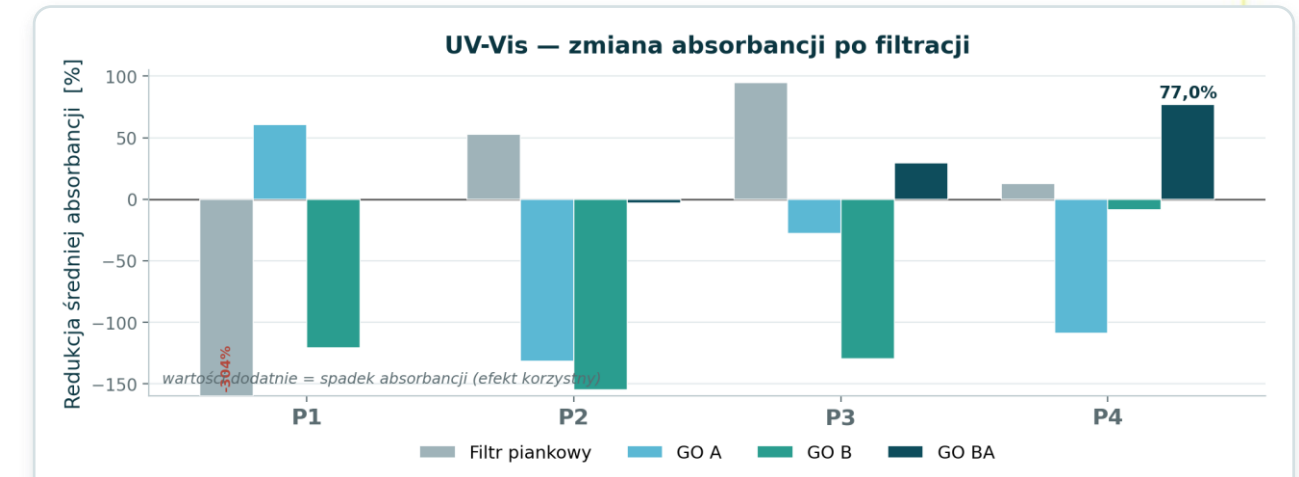
redukcja Fe w LIBS (próbka P4)

77,0 %

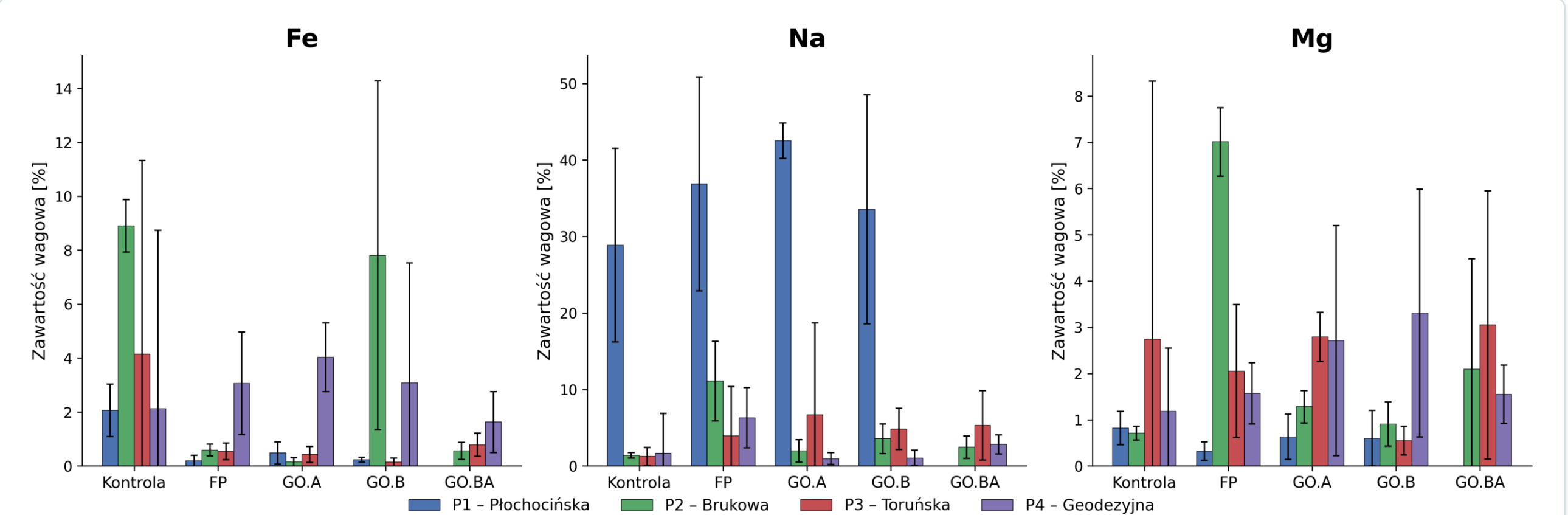
spadek absorpcji UV-Vis (P4-GO BA)



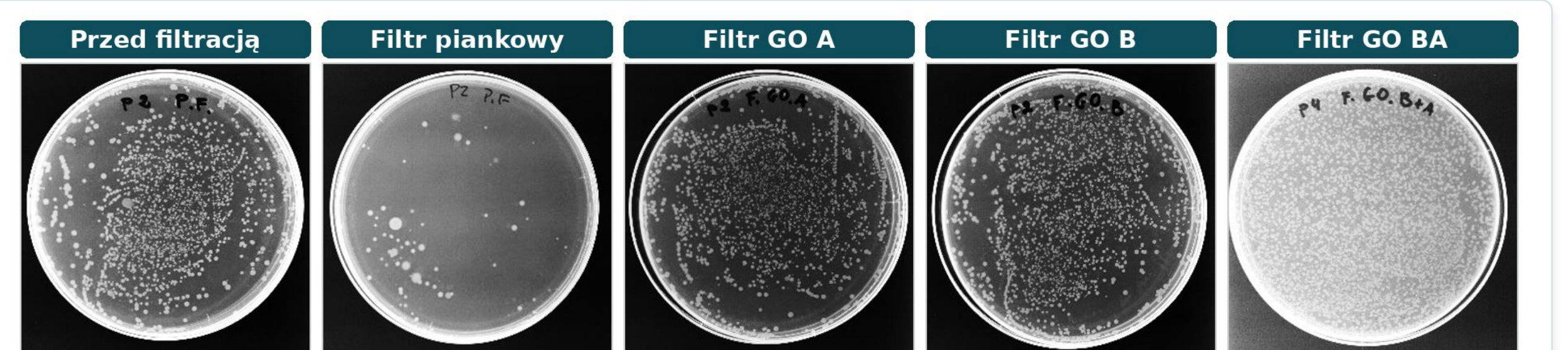
Rys. 5. LIBS — redukcja intensywności Fe (laser Nd:YAG, 1064 nm)



Rys. 6. UV-Vis — UV-Vis — zmiana absorpcji (spektrofotometr Helios β)



Rys. 7. EDAX EDAX (sprężony z SEM) — średnia zawartość wagowa Fe, Na, Mg w osadzie (± odchylenie standardowe)



Rys. 8. Posiewy mikroorganizmów z próbki P1 przed i po filtracji (całkowita liczba mikroorganizmów; podłoże agarowe, 37°C / 24 h)

Wnioski

- Filtry grafenowe (GO A, GO B, GO BA) oraz filtr referencyjny wpływały na skład próbek, jednak skuteczność zależała od próbki, wariantu filtra i zastosowanej metody.
- Najsilniejszym efektem było ograniczenie zawartości żelaza — redukcja sygnału Fe w LIBS sięgała 97,1% (P4) i przekraczała 80% dla próbek P2 i P3.
- LIBS i EDAX wykazały wyraźne ograniczenie udziału krzemu, glinu i węgla, co potwierdza zatrzymywanie frakcji mineralnej i glinokrzemianowej.
- Rozpuszczone sole (Na, Cl) nie były skutecznie zatrzymywane, a wapń utrzymywał wysoką intensywność sygnału.

- UV-Vis: największą redukcję średniej absorpcji uzyskał układ modułowy P4-GO BA (77,0%) oraz pojedynczy filtr P1-GO A (60,8%).
- Układ modułowy GO BA najczęściej dawał wyniki korzystne lub zbliżone do próbki przed filtracją, bez jednoznacznej przewagi pojedynczych filtrów.
- Badania biologiczne miały charakter wskaźnikowy — duża niejednorodność próbek uniemożliwiła jednoznaczną ocenę działania przeciwbakteryjnego.
- Kierunki dalszych prac: analiza filtrów po filtracji, badania XRD osadu oraz przestrzenne mapowanie powierzchni metodami LIBS i EDAX.

Specjalność: **BIOMECHATRONIKA I SPRZĘT REHABILITACYJNY**