

## METODY REMEDIACJI *IN SITU* Z WYKORZYSTANIEM NATURALNYCH WŁAŚCIWOŚCI SKAŁ ORAZ ORGANIZMÓW ŻYWYCH

### Streszczenie

Celem pracy była poprawa efektywności wybranych metod remediacji *in situ* gleb, w różnym stopniu zanieczyszczonych substancjami ropopochodnymi, a także metalami ciężkimi poprzez wykorzystanie naturalnych właściwości skał i organizmów żywych, głównie roślin.

Przeprowadzono badania zmierzające do najlepszego doboru materiałów naturalnych zastosowanych w procesie fitostabilizacji do przygotowania zanieczyszczonej gleby przed wprowadzeniem odpowiednich gatunków roślin. Na podstawie prac badawczych, łączących badania terenowe i laboratoryjne określono, które gatunki roślin, szczególnie rodzimych dla flory Polski, posiadają najlepsze właściwości remediacyjne oraz wykorzystując naturalne właściwości skał określono, które z nich znacząco wpływają na likwidację lub unieruchomienie zanieczyszczeń.

Do procesu bioremediacji skażonej gleby zastosowano komercyjnie dostępny enzymatyczny preparat mikrobiologiczny firmy Cleanbacter Instytut Technologii Mikrobiologicznych Sp. z o.o. W procesie bioremediacji zastosowano bakterie tlenowe m.in. z rodzaju *Bacillus Sp.*, *Pseudomonas fluorescens* oraz enzymy i biosurfaktanty.

W procesie fitoremediacji testowano różne gatunki roślin: mieszankę kwiatów i traw tworzącą tzw. „łąki kwietne”, morwę białą *Morus alba*, wierzbę wiciową *Salix viminalis*, rokitnika zwyczajnego *Hippophae rhamnoides* oraz śnieguliczkę białą *Symphoricarpos albus*, które wybrano pod kątem mechanizmów reakcji roślin na poszczególne zanieczyszczenia.

W badaniach skupiono się na zwiększonej efektywności działania oczyszczającego roślin, także poprzez zmianę właściwości gleby, korzystnie wpływającą na przebieg procesu oczyszczania poprzez zastosowanie dodatków stabilizujących w postaci wapna, sorbentu mineralnego z montmorylonitem, drobnoziarnistej frakcji węgla brunatnego i mączki bazaltowej wykorzystanych w eksperymencie wazonowym fitoremediacji wspomaganiej z użyciem sadzonek rokitnika zwyczajnego *Hippophae rhamnoides* jako czynnika remediującego.

Prace badawcze nad udoskonaleniem metod wspomaganie samooczyszczania się gruntu prowadzono zarówno w warunkach laboratoryjnych, z wykorzystaniem przygotowanych w tym celu poletek doświadczalnych, jak też w warunkach „poligonowych”, na przykładzie faktycznych terenów zanieczyszczonych różnymi substancjami.

Jak wykazały badania, fitoremediacja jest stosunkowo długotrwałą, ale skuteczną metodą w oczyszczaniu gleby. Zarówno proces fitoremediacji jak i bioremediacji gleby przyczynił się do redukcji zanieczyszczenia i uzyskania stężenia zanieczyszczeń mieszczących się w wartościach dopuszczalnych określonym w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz. U. 2016 poz. 1935).

W procesie fitoremediacji gleb zanieczyszczonych substancjami ropopochodnymi skutecznym, najbardziej ekonomicznym, ale długotrwałym rozwiązaniem okazało się zastosowanie mieszanki kwiatów i traw tworzących „łąki kwietne”. Na zanieczyszczonych terenach o niewielkich powierzchniach lub zanieczyszczonych punktowo równie skuteczną metodą remediacji gruntów zanieczyszczonych substancjami ropopochodnymi okazała się fitoremediacja z zastosowaniem sadzonek morwy białej *Morus alba*. Z kolei najszybszą i efektywną metodą remediacji *in situ* gruntów zanieczyszczonych węglowodorami ropopochodnymi jest bioremediacja. W przypadku fitoremediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi, najszybszą metodą remediacji okazało się użycie sadzonek rokitnika zwyczajnego *Hippophae rhamnoides* i wierzby wiciowej *Salix viminalis*.

Na podstawie przeprowadzonego eksperymentu wazonowego wprowadzania dodatków glebowych oraz uzyskanych wyników badań stwierdzono, że dodatek doglebowy w postaci bentonitu z montmorylonitem (w dawce 5%) można uznać za substancję, która najskuteczniej zoptymalizowała proces fitoremediacji gleby zanieczyszczonej metalami ciężkimi przy wykorzystaniu sadzonek rokitnika zwyczajnego *Hippophae rhamnoides*.