

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Aleksandry Cichoń

pt.: „Kształtowanie procesów pedogenicznych w glebach technogenicznych utworzonych na zwałowiskach kopalni wapieni z uwzględnieniem wybranych czynników”

wykonanej pod kierunkiem Promotora: dr hab. Izabelli Pisarek, prof. UO

oraz Promotora pomocniczego: dr inż. Katarzyna Łuczak

z Instytutu Inżynierii Środowiska i Biotechnologii Uniwersytetu Opolskiego

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została sporządzona w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Uniwersytetu Opolskiego, Pana dr hab. Sławomira Mitrusa, prof. UO z dnia 25.09.2025 r., które otrzymałam z informacją, że zgodnie z uchwałą Rady Naukowej Uniwersytetu Opolskiego z dnia 25 września 2025 r. zostałam powołana na recenzenta pracy doktorskiej mgr Aleksandry Cichoń.

Ocenianą pracę Pani mgr Aleksandra Cichoń wykonała na Uniwersytecie Opolskim, w Instytucie Inżynierii Środowiska i Biotechnologii pod kierunkiem dr hab. Izabelli Pisarek (Promotora) i dr inż. Katarzyny Łuczak (Promotora pomocniczego).

2. Ocena podjętej tematyki badawczej

Eksploatacja surowców węglanowych, takich jak wapień, dolomity czy margle, stanowi istotny element gospodarki surowcowej wielu krajów, dostarczając materiałów niezbędnych dla przemysłu budowlanego, cementowego oraz chemicznego. Jednocześnie działalność górnicza, szczególnie prowadzona metodą odkrywkową, powoduje głębokie i często nieodwracalne przekształcenia środowiska przyrodniczego. Do najpoważniejszych skutków należą: degradacja rzeźby terenu, zniszczenie pokrywy glebowej, utrata funkcji ekosystemowych gleb oraz zaburzenia stosunków wodnych. Gleby kształtujące się w wyniku rekultywacji tych obszarów stanowią szczególną grupę gleb antropogenicznych, których geneza, tempo rozwoju oraz zdolność do pełnienia funkcji ekosystemowych wciąż nie są

dostatecznie rozpoznane. W tym kontekście podjęcie badań nad glebami technogenicznymi powstającymi na zwałowiskach kopalni surowców węglanowych uważam za ważne i ciekawe z uwagi na złożoność i wzajemne oddziaływanie czynników determinujących przebieg procesów glebotwórczych oraz jakość środowiska glebowego na terenach pogórnich. Tematyka rozprawy doktorskiej Pani mgr Aleksandry Cichoń, poświęcona badaniom gleb rekultywowanych kopalni surowców węglanowych, została dobrana trafnie i odpowiada aktualnym problemom badawczym w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Szczególnym walorem pracy jest ukierunkowanie badań na tereny pogórnice po eksploatacji surowców węglanowych, które w literaturze przedmiotu pozostają relatywnie słabo rozpoznane, zwłaszcza w porównaniu z obiektami po górnictwie węgla brunatnego czy wydobywaniu kruszyw naturalnych, takich jak piaski. Tym samym rozprawa wypełnia istotną lukę badawczą i wnosi wartościowy wkład do rozwoju wiedzy dotyczącej rekultywacji specyficznych podłoży węglanowych.

3. Formalna ocena pracy

Praca przedstawiona do oceny zawiera oryginalne wyniki badań własnych Autorki. Ma ona formę monotematycznej rozprawy, liczącej – łącznie ze streszczeniem w języku polskim i angielskim - 199 ponumerowanych stron maszynopisu. Całość została podzielona na 14 części, wyodrębnionych i uszeregowanych zgodnie z klasycznym schematem redagowania prac naukowych: (1) Wstęp, (2) Przegląd literatury, (3) Cel i zakres pracy, (4) Charakterystyka obiektu badawczego, (5) Metodyka badań, (6) Omówienie wyników badań, (7) Dyskusja wyników, (8) Wnioski, (9) Streszczenie w języku polskim, (10) Streszczenie w języku angielskim, (11) Literatura, (12) Spis tabel, (13) Spis rysunków, (14) Załączniki tabelaryczne. Poszczególne rozdziały recenzowanej pracy ściśle się zazębiają i tworzą logiczną całość.

W krótkim, dwustronicowym, **Wstępie** Autorka zaprezentowała ogólny zarys problematyki pracy oraz przedstawiła główny cel pracy.

Przegląd literatury obejmuje 30 stron tekstu i został podzielony na sześć podrozdziałów. Ta część pracy została napisana w oparciu o starannie dobraną literaturę. Rozdział ten stanowi poprawnie skonstruowany i merytorycznie wartościowy przegląd literatury dotyczący wpływu górnictwa odkrywkowego surowców skalnych, w szczególności węglanowych, na środowisko przyrodnicze oraz problematyki rekultywacji terenów zdegradowanych. Autorka w sposób logiczny i uporządkowany omawia skalę zjawiska, mechanizmy degradacji gleb oraz obowiązujące kierunki rekultywacji, wykazując dobrą orientację w aktualnym stanie badań oraz regulacjach prawnych. Autorka wykazuje się również dobrą znajomością terminologii specjalistycznej.

Rozdział **Cel i zakres pracy** został opracowany zgodnie z zasadami metodologii badań naukowych. Zaproponowany cel jest spójny z wcześniejszymi rozważaniami teoretycznymi i jasno ukierunkowuje dalsze etapy pracy. Autorka, w tym rozdziale definiuje główny cel pracy oraz precyzuje trzy tezy badawcze. Istotnym elementem rozdziału jest wskazanie autorskiego wskaźnika jakości gleb WGP_{Ca} , co podkreśla oryginalność i aplikacyjny charakter badań.

W rozdziale **Charakterystyka obiektu badawczego**, na 12 stronach, Doktorantka przedstawiła lokalizację obiektu objętego badaniami, szczegółową charakterystykę złoża oraz przebieg prac rekultywacyjnych kopalni wapienia „Górażdże”.

W rozdziale **Metodyka badań** Autorka pracy opisała przebieg prac terenowych, sporządziła wykaz wykonanych analiz laboratoryjnych, z podaniem odnośnych źródeł bibliograficznych, oraz przedstawiła założenia i metody postępowania wykorzystane do interpretacji i statystycznej analizy wyników. W rozdziale tym przedstawiona została również metodologia opracowania autorskiego wskaźnika jakości gleb WGP_{Ca} .

W rozdziale **Omówienie wyników badań**, liczącym 75 stron tekstu, przedstawione zostały w pierwszej kolejności cechy morfologiczne profili glebowych gleb opisane w terenie (podrozdział 6.1) oraz bardzo szczegółowy opis właściwości fizycznych, fizykochemicznych i chemicznych gleb, opisany w podrozdziałach 6.3 – 6.11. Podział opisywanych właściwości gleb na odrębne podrozdziały zwiększa przejrzystość przedstawionego materiału i jego czytelność. Na wysoką ocenę zasługują, starannie przygotowane, barwne wykresy jak również starannie opracowane tabele. Podrozdział 6.12 poświęcony został omówieniu wskaźników jakości gleb (wskaźnika jakości gruntów wg Skawiny i Trafas, Indeksu Trofizmu Gleb Leśnych oraz autorskiego wskaźnika jakości gleb WGP_{Ca}).

Rozdział **Dyskusja wyników** liczy 10 stron tekstu. Jest on podsumowaniem przeprowadzonych badań w odniesieniu do najnowszej literatury. W tym rozdziale, Autorka w interesujący sposób analizuje założone problemy badawcze odnosząc otrzymane wyniki do danych literaturowych.

Wnioski, zredagowane w formie 9 punktów, stanowią zwięźczenie merytorycznej części pracy.

Wykaz literatury obejmuje 235 pozycji, opisanych i cytowanych poprawnie. Wykaz stanowi obszerny i tematycznie trafny materiał bibliograficzny, obejmujący zarówno klasyczne pozycje krajowe, jak i aktualne publikacje zagraniczne z renomowanych czasopism naukowych. Duża część cytowanych pozycji to opracowania nowe, prezentujące aktualny stan wiedzy, opublikowane w ciągu ostatnich 10 lat.

W rozdziale **Załączniki tabelaryczne** wybrane właściwości fizykochemiczne i chemiczne gleb zestawiono w postaci sześciu zbiorczych tabel.

Podsumowując należy stwierdzić, że układ pracy jest właściwy, a opracowanie spełnia formalne wymagania stawiane pracom doktorskim.

4. Merytoryczna ocena rozprawy

Celem przedłożonej do oceny rozprawy doktorskiej jest określenie wpływu wybranych czynników (rodzaju podłoża, czasu i roślinności) na przebieg procesów glebotwórczych oraz na zmiany właściwości gleb technogenicznych, które są tworzone na zwałowiskach kopalni surowców węglanowych. W pracy zaproponowano również nowy wskaźnik jakości gleb powstałych na

terenach po górnictwie surowców węglanowych WGPCa, który pozwoli zweryfikować prawidłowość przebiegu dotychczasowej rekultywacji.

Dla uszczegółowienia i weryfikacji celu pracy Autorka sformułowała trzy tezy badawcze:

- Niejednorodność podłoża glebowego (potencjalnej skały macierzystej) determinuje kształtowanie się cech jakościowych gleb technogenicznych;
- Czynniki czasu wpływa na zmiany właściwości gleb technogenicznych powstałych na zwałowiskach kopalni surowców węglanowych;
- Zróżnicowanie szaty roślinnej stanowi czynnik dynamizujący procesy glebotwórcze w utworach zwałowych surowców węglanowych;

Cel pracy, poprawnie opisany, jest spójny z tytułem dysertacji. Cel rozprawy został sformułowany jasno i logicznie, a jego zakres odpowiada zarówno podjętej tematyce, jak i aktualnemu stanowi wiedzy.

Materiał badawczy stanowiło 97 próbek glebowych pobranych z 16 profili gleb zlokalizowanych na zrehabilitowanych zwałowiskach wewnętrznych kopalni wapienia „Góraźdże”. Powierzchnie badawcze, na których wykonano profile glebowe, były zróżnicowane ze względu na zastosowany rodzaj nadkładu (utwór gliniasty lub piaszczysty) oraz na wiek ich utworzenia (od uformowania zwałowiska do zakończenia prac rekultywacyjnych). Jednocześnie obiekty badawcze charakteryzowały się odmiennymi gatunkowo nasadzeniami drzew (sosna zwyczajna, olsza czarna). W celu porównania właściwości gleb technogenicznych wyznaczono powierzchnie referencyjne, znajdujące się w sąsiedztwie terenu kopalni – 3 profile na glebach leśnych i jeden profil na glebie ornej.

Próbki glebowe pobrano według obowiązujących procedur, a po przetransportowaniu do laboratorium, poddano wstępnej preparatyce, a następnie wykonano analizy laboratoryjne. Do określenia jakości gleb wykorzystano parametry charakteryzujące właściwości fizyczne: barwa gleby, morfologia gleb, skład granulometryczny, wskaźniki plastyczności; fizykochemiczne i chemiczne: pH, przewodność elektryczną, zawartość węgla wapnia, kationową pojemność wymienną wraz z kwasowością hydrolityczną, zawartość węgla organicznego, zawartość azotu ogólnego, zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. Zastosowana metodyka badań została dobrana prawidłowo i jest adekwatna do postawionych celów oraz charakteru obiektów badawczych. Autorka wykorzystała standardowe, powszechnie akceptowane w gleboznawstwie metody oznaczania właściwości fizycznych, fizykochemicznych i chemicznych gleb, co zapewnia porównywalność uzyskanych wyników z danymi literaturowymi. Na podstawie wybranych właściwości gleb Autorka pracy obliczyła trzy wskaźniki jakości gleb i gruntów:

1. Wskaźnik jakości gruntów oparty na liczbie bonitacyjnej LB wg Skawiny i Trafas
2. Wskaźnik ITGL (Indeks Trofizmu Gleb Leśnych) wg Brożka
3. Wskaźnik jakości gleb powstałych na terenach po górnictwie surowców węglanowych WGPCa.

Uzyskane wyniki badań zostały przedstawione w sposób czytelny i logiczny, z zachowaniem poprawnej struktury rozdziałów oraz właściwego doboru tabel i rycin. Autorka wykazuje umiejętność krytycznej analizy danych oraz ich interpretacji w odniesieniu do warunków siedliskowych i zastosowanych metod rekultywacji.

Do najważniejszych osiągnięć rozprawy, w mojej opinii, należy zaliczyć:

- wykazanie istotnego wpływu rodzaju materiału zwałowego na właściwości gleb,
- udokumentowanie zmian właściwości gleb w funkcji czasu,
- potwierdzenie korzystniejszego oddziaływania na rekultywowane gleby olszy czarnej w porównaniu z sosną zwyczajną,
- opracowanie autorskiego wskaźnika jakości gleb WGPCa.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że zastosowanie w procesie rekultywacji materiału zwałowego o charakterze gliniastym przyczyniło się do powstania gleb o wyższym pH, korzystniejszych właściwościach sorpcyjnych, wyższej zawartości węgla organicznego i azotu, większej dostępności składników pokarmowych (Mg i K), natomiast uboższych w fosfor przyswajalny w porównaniu z materiałem piaszczystym. Ciekawym efektem prowadzonych badań jest wykazanie korzystniejszego wpływu olszy czarnej na rekultywowane gleby niż sosny zwyczajnej, co zostało potwierdzone przez Autorkę wyższymi zdolnościami kumulacji węgla i azotu w glebach pod zbiorowiskami olchowymi. Mgr Aleksandra Cichoń w pracy wykazała również, że z upływem czasu na rekultywowanych powierzchniach następują zmiany właściwości gleb, czego najbardziej widocznym efektem jest pojawienie się poziomu organicznego oraz poziomu próchnicznego. Szczególnie było to widoczne na powierzchniach w wieku ponad 15 lat od zakończenia zabiegów rekultywacyjnych.

Jednym z najważniejszych walorów pracy jest kompleksowe ujęcie procesów glebotwórczych, uwzględniające jednocześnie oddziaływanie rodzaju podłoża, czasu oraz zróżnicowanej szaty roślinnej. Autorka trafnie łączy klasyczne metody gleboznawcze z oceną wybranych wskaźników gleb, co pozwala na interpretację przemian rekultywowanych gleb, szczególnie w odniesieniu do obiegu węgla i azotu.

Interpretacja wyników została osadzona w aktualnym stanie wiedzy i poparta odpowiednimi odniesieniami do literatury krajowej i zagranicznej. Szczególnie cenne są rozważania dotyczące wpływu podłoża węglanowego na właściwości badanych gleb oraz tempo akumulacji materii organicznej. Za drobny mankament pracy należy uznać brak bezpośredniej oceny aktywności biologicznej badanych gleb, np. poprzez zastosowanie podstawowych analiz aktywności enzymatycznej. Uwzględnienie tego typu wskaźników mogłoby stanowić cenne uzupełnienie interpretacji procesów glebotwórczych, w szczególności w zakresie przemian materii organicznej oraz obiegu pierwiastków biogennych. Wskaźniki te mają istotne znaczenie w glebach leśnych, ponieważ pozwalają na ocenę procesów mineralizacji i humifikacji, a tym samym przemian węgla i azotu. Uzupełniają one analizy fizykochemiczne,

dostarczając informacji o funkcjonowaniu gleby jako dynamicznego układu biologicznego. Jednakże uchybienie to nie wpływa na ogólną wartość merytoryczną rozprawy.

W ocenianej pracy za szczególnie istotne i oryginalne osiągnięcie pracy uważam opracowanie autorskiego wskaźnika jakości gleb WGP_{Ca} , dedykowanego glebom powstającym na zwałowiskach kopalni surowców węglanowych. Zaproponowany wskaźnik stanowi udane rozwinięcie dotychczas stosowanych metod liczbowej oceny jakości gleb (m.in. ITGL i SIG), a jego konstrukcja została dobrze uzasadniona specyfiką badanych utworów. Uzyskane wyniki potwierdzają przydatność WGP_{Ca} jako narzędzia diagnostycznego umożliwiającego ocenę skuteczności dotychczasowej rekultywacji oraz porównywanie obiektów o zróżnicowanych warunkach siedliskowych. Wskaźnik ten może służyć do oceny gleb technogenicznych w pierwszych stadiach ich rozwoju ze względu na podobieństwo do wskaźnika jakości gruntów wg Skawiny i Trafas oraz Indeksu Trofizmu Gleb Leśnych (ITGL). Wskaźnik ten umożliwia również sformułowanie zaleceń zabiegów, które mogą być wykorzystane na innych tego typu obiektach.

W ocenianej pracy na podkreślenie zasługuje również bogata i krytycznie wykorzystana literatura przedmiotu, obejmująca zarówno klasyczne opracowania krajowe, jak i aktualne publikacje międzynarodowe, co pozwoliło osadzić wyniki badań własnych w szerokim kontekście naukowym.

Podjęcie tak złożonej problematyki i udokumentowanie przedstawionych zależności, znaczących dla poznania wpływu niejednorodności materiału glebowego, czynnika czasu oraz zróżnicowania szaty roślinnego na właściwości gleb rekultywowanych, a także analityczne podejście Autorki do wyników i trafne odwołania do literatury - stanowią cenne walory pracy decydujące o jej jednoznacznie pozytywnej ocenie.

5. Uwagi

Podczas studiowania przedłożonej rozprawy nasunęły mi się uwagi i spostrzeżenia, które przedstawiam poniżej:

1. W celu porównania właściwości gleb technogenicznych wyznaczono powierzchnie referencyjne, znajdujące się w sąsiedztwie terenu kopalni – 3 profile na glebach leśnych, co w interpretacji wyników uzyskanych badań jest bardzo zasadne i jeden profil na glebie ornej. Jaki był cel takiej powierzchni referencyjnej (gleby ornej), skoro rekultywacja badanego obiektu przeprowadzana jest w kierunku leśnym?
2. W aktualnej praktyce diagnostyki siedlisk leśnych podstawowym wskaźnikiem jest Siedliskowy Indeks Glebowy (SIG) który stanowi metodologiczne rozwinięcie Indeksu Trofizmu Gleb Leśnych (ITGL) i w pełniejszy sposób odzwierciedla rzeczywiste warunki siedliskowe. W porównaniu do ITGL, SIG lepiej oddaje zróżnicowanie przestrzenne i pionowe gleb, a także umożliwia precyzyjniejsze powiązanie cech gleby z zespołami

roślinnymi i typami siedlisk leśnych. Dlaczego, zatem, jako jednego ze wskaźników jakości gleb użyto w pracy wskaźnika ITGL, a nie SIG?

3. Jak Pani interpretuje zaobserwowany w pracy fakt, iż maksymalne zawartości węgla organicznego i azotu ogólnego w glebach technogenicznych rozwijających się na zwałowiskach kopalni surowców węglanowych występują w przedziale wiekowym 16–25 lat, po czym w starszych profilach obserwowany jest ich spadek? Czy zjawisko to można wiązać z przejściowym etapem intensyfikacji akumulacji materii organicznej, charakterystycznym dla określonej fazy rozwoju gleb pogórnich? Jakie procesy glebotwórcze i biologiczne mogą odpowiadać za obserwowaną dynamikę zmian? W jaki sposób uzyskane wyniki wpływają na ocenę skuteczności rekultywacji oraz długoterminowego potencjału sekwestracji węgla w badanych glebach?
4. Czy obserwowany w pracy spadek wartości pH w starszych glebach można interpretować jako przejaw naturalnego dojrzewania gleb technogenicznych, wynikający z postępujących procesów glebotwórczych, takich jak wymywanie węglanów, akumulacja kwasowych produktów rozkładu materii organicznej czy oddziaływanie roślinności i mikroorganizmów glebowych? Jak Autorka odnosi ten proces do specyfiki podłoża węglanowego oraz do dynamiki rekultywacji i sukcesji roślinnej na badanych obiektach? Ponadto, czy zmiany odczynu gleby obserwowane w kolejnych przedziałach wiekowych można uznać za czynnik sprzyjający stabilizacji funkcjonowania gleby i jej stopniowemu upodabnianiu się do gleb zbliżonych do naturalnych, czy też stanowią one potencjalne ograniczenie dla dalszego rozwoju ekosystemu leśnego na terenach pogórnich?
5. Jakie przemiany fizykochemiczne i biologiczne zachodzące w glebie w świetle uzyskanych wyników badań, decydują o niskiej zawartości fosforu przyswajalnego w glebach technogenicznych rozwijających się na zwałowiskach kopalni surowców węglanowych? Jakie konsekwencje może mieć obserwowana niska zasobność w fosfor przyswajalny dla dalszego przebiegu procesów glebotwórczych, funkcjonowania mikroorganizmów glebowych oraz sukcesji roślinnej, zwłaszcza w kontekście rozwoju zbiorowisk leśnych i stabilizacji ekosystemu na terenach pogórnich?
6. Jakie są główne ograniczenia opracowanego wskaźnika WGP_{Ca} i w jakich warunkach jego stosowanie może prowadzić do błędnej oceny jakości gleb? Czy wskaźnik WGP_{Ca} mógłby zostać zaadaptowany do oceny gleb technogenicznych powstałych po innych typach działalności górniczej?

W ogólnej ocenie pracy doktorskiej Pani mgr Aleksandry Cichoń pragnę stwierdzić, że wymienione wyżej uwagi czy pytania często mają charakter dyskusyjny i nie podważają wysokiej wartości naukowej całości rozprawy. Recenzowana praca zawiera obszerny materiał badawczy, o dużej wartości poznawczej, w pełni oryginalny, przedstawiony w sposób przejrzysty na tle aktualnej literatury. Cel pracy został przemyślany i zrealizowany poprawnie pod względem metodycznym, a uzyskane wyniki zostały poddane rzetelnej dyskusji.

6. Podsumowanie

Przedstawiona do oceny dysertacja spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, a sposób rozwiązania problemów naukowych sformułowanych w celu i tezach badawczych oceniam wysoko. Zwracam uwagę na duży zakres prac terenowych i laboratoryjnych wykonanych przez Autorkę pracy, co pozwoliło na pozyskanie cennych wyników wyjściowych. Uzyskane wyniki dysertacji Pani mgr Aleksandra Cichoń dobrze konfrontuje z literaturą przedmiotu, potrafi wyciągać wnioski, z których większość odpowiada postawionym celom. Uwagi oraz sformułowane nieliczne wątpliwości recenzenta w kwestiach szczegółowych pozostają bez wpływu na wysoką ocenę merytoryczną pracy. W niniejszej recenzji postawiono kilka pytań. Podczas obrony pracy proszę o krótkie ustosunkowanie się do tych kwestii.

7. Wniosek końcowy

Zgodnie z wymogami określonymi w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (tekst jednolity Dz. U. 2024 r., Poz. 1571 z późn. Zm.), **biorąc pod uwagę zakres i sposób przeprowadzenia badań będących przedmiotem przedstawionej do oceny pracy doktorskiej pt. „Kształtowanie procesów pedogenicznych w glebach technogenicznych utworzonych na zwałowiskach kopalni wapieni z uwzględnieniem wybranych czynników” autorstwa Pani mgr Aleksandry Cichoń stwierdzam, że praca spełnia wymogi stawiane tego typu opracowaniom, mieszcząc się w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.**

W związku z powyższym składam formalny wniosek do Rady Naukowej Uniwersytetu Opolskiego o dopuszczenie Pani mgr Aleksandry Cichoń do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie biorąc pod uwagę merytoryczną wartość rozprawy doktorskiej oraz opracowanie autorskiego wskaźnika jakości gleb powstałych na terenach rekultywowanych po górnictwie surowców węglanowych, który jest elementem nowatorskim w pracy i ma dużą wartość aplikacyjną, wnioskuję o wyróżnienie powyższej rozprawy.

Katarzyna Szopka

Wrocław, 08.12.2025 r.