

dr hab. inż. Tomasz Godlewski, prof. ITB

Zakład Konstrukcji Budowlanych, Geotechniki i Betonu
Instytut Techniki Budowlanej
ul. Ksawerów 21,
02-656 Warszawa
Tel. (22) 56-64-163, 607-261-597
e-mail: t.godlewski@itb.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Jakimiuk

**pt. „Impact of the technical cover systems and landfill reclamation works
on selected environmental components”**

*„Wpływ technicznych sposobów przykrycia i rekultywacji składowiska na
wybrane komponenty środowiska”*

opracowanej pod kierunkiem: Promotor - prof. dr hab. inż. Magdalena Daria Vaverková
i Promotor pomocniczy - dr hab. inż. Anna Maria Podlasek, prof. SGGW

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną opracowania recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, nr 26/ILGT-2024/2025 z dn. 11.06.2025 r. (zgodnie z pismem Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport SGGW w Warszawie, dr hab. inż. Sławomira Bajkowskiego, prof. SGGW z dn. 11.06.2025 r.).

Postawę prawną recenzji pracy stanowi Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.). Zgodnie z art. 187 tej ustawy rozprawa doktorska ma prezentować ogólną wiedzę teoretyczną osoby kandydującej we wskazanej dyscyplinie naukowej, potwierdzać umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Mając to na uwadze, przy ocenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Jakimiuk przyjęto następujące kryteria:

- ocena problematyki i celów pracy,
- ocena metodyki badań,
- ocena rozwiązania problemu,
- ocena struktury oraz strony formalnej pracy.

Recenzja zakończona została konkluzją.

2. Przedmiot recenzji

2.1. Układ i forma rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Jakimiuk pt. „Impact of the technical cover systems and landfill reclamation works on selected environmental components” („Wpływ technicznych sposobów przykrycia i rekultywacji składowiska na wybrane komponenty środowiska”). Doktorantka uzyskała stopień inż. i mgr na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, a od 2020 r. jest pracownikiem naukowym, zatrudnionym obecnie na stanowisku asystenta w Katedrze Budownictwa Zrównoważonego i Geodezji w Instytucie Inżynierii Lądowej WBiŁŚ SGGW w Warszawie.

Recenzowana praca ma charakter teoretyczno-badawczy i dotyczy tematyki w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie naukowej: inżynieria lądowa, geodezja i transport w zakresie obejmującym specjalności dotyczące budowli i inżynierii środowiska.

Rozprawę doktorską przygotowano w formie odpowiadającej monografii naukowej, napisanej w języku angielskim, która składa się z 8 rozdziałów, streszczenia w języku polskim i angielskim, spisu literatury oraz czterech załączników. Bibliografia obejmuje ponad 230 pozycji, w tym normy i wytyczne. Wymienione pozycje literatury są w mniej więcej w proporcji 75/25 jeśli chodzi o publikacje angielskojęzyczne i polskojęzyczne. Tekst rozprawy liczy 245 stron z załącznikami i zawiera 83 rysunki, 26 tabel oraz 35 wzorów.

2.2. Krótka charakterystyka pracy

Głównym przedmiotem pracy jest kompleksowa i interdyscyplinarna ocena technik rekultywacji składowisk odpadów komunalnych poprzez porównanie dwóch najczęściej stosowanych systemów izolacji powierzchniowych: mineralnego i syntetycznego. Praca została ukierunkowana na analizę wpływu rozwiązań zrealizowanych na dwóch częściowo-zrekultywowanych składowiskach odpadów komunalnych w Zakroczymiu (Polska) oraz w Zdounkach (Republika Czeska).

Przeprowadzone w pracy badania środowiskowe, geotechniczne i hydrogeologiczne oraz analizy chemiczne i biologiczne, posłużyły do oceny skuteczności analizowanych systemów przykrycia wybranych składowisk. Wykorzystując dane z wieloletniego systemu monitoringu wód podziemnych, odcieków i gazów składowiskowych w rozprawie przeprowadzono analizy odnoszące się do oceny skuteczności zastosowanych rozwiązań konstrukcji składowisk w kontekście możliwych oddziaływań na środowisko.

Wykonano modelowanie prognozujące ilość odcieków, emisję gazu składowiskowego i stateczność skarp. Analizę uzupełniły testy biomonitoringowe oraz badania respiracji gruntu, które wykazały wpływ odcieków na aktywność biologiczną i rozwój roślin. Poprzez analizę przeprowadzonych zabiegów rekultywacji w ujęciu technicznym i biologicznym potwierdzono postawioną hipotezę wskazującą na bezpośredni wpływ zastosowanego materiału izolacyjnego na ilość i skład analizowanych czynników emitowanych do środowiska. Uzyskane wyniki posłużyły do opracowania

praktycznych rekomendacji dotyczących doboru i zastosowania systemów uszczelniających przy zamykaniu składowisk odpadów.

Praca na wstępie zawiera obszerne wprowadzenia w problematykę badawczą podjętą w rozprawie. Na wstępie zaznaczono, że prezentowane w rozprawie wyniki to efekt badań naukowych prowadzonych podczas trzech długoterminowych staży naukowych w zagranicznych ośrodkach naukowych (*Stanford University, USA; Okayama University, Japonia oraz Mendel University w Brnie, Czechy*) oraz prac badawczych zrealizowanych w Instytucie Inżynierii Lądowej WBiŚ SGGW. Doktorantka wskazała również powiązane tematycznie publikacje zawierające częściowe wyniki badań doktorskich oraz przedstawiła swój wkład i udział w ekspertyzach i projektach obejmujących zagadnienia praktyczne prezentowane w pracy tj. ekspertyzy sanitarne, geotechniczne i oceny oddziaływania na środowisko.

Na tle tej krótkiej charakterystyki dotychczasowych osiągnięć Doktorantki związanych z działalnością naukowo-badawczą omówiono następnie problematykę składowisk. Ten fragment pracy to syntetyczna i wyczerpująca analiza źródeł literaturowych, która przedstawia zarys historyczny omawianej problematyki, wskazuje na rezultaty dotychczasowych badań oraz identyfikuje kierunki niezbędnych działań poprzez omówienie relacji poszczególnych potrzeb technicznych, ekonomicznych i środowiskowych w całym cyklu projektowania, budowy i eksploatacji składowiska. Doktorantka podkreśla konieczność holistycznego podejścia do oceny procesu rekultywacji i traktuje to podejście jako główną oś swojej pracy.

W rozdziale pierwszym, jako wprowadzenie do podjętego problemu badawczego, nakreślone zostały podstawowe zagadnienie dotyczące utylizacji odpadów. Podkreślono rosnące znaczenie optymalnego (*bezpiecznego i ekonomicznie uzasadnionego*) podejścia do składowania odpadów w świetle możliwych zagrożeń tj. skażenie środowiska, ale też nowych możliwości związanych np. z wykorzystaniem emitowanych gazów do produkcji energii. Na tym tle w dalszej części rozdziału 1 sformułowano cel główny oraz cele dodatkowe oraz zakres wykonanych badań własnych i strukturę niniejszej rozprawy doktorskiej. Zidentyfikowano również luki w zakresie badań nad składowiskami wskazując na: brak jednolitych wytycznych dotyczących procesu rekultywacji składowisk odpadów, ograniczoną wiedzę na temat skuteczności stosowanych systemów osłon oraz brak kompleksowego systemu oceny oddziaływania długoterminowego pokrywy składowiska odpadów na środowisko. Zdefiniowana na tej podstawie hipoteza badawcza oraz kluczowe aspekty jej dowodzenia, koncentrując się na wypracowaniu rozwiązań mających na celu ustalenie rekomendacji dotyczących efektywnej metody rekultywacji składowisk odpadów.

Rozdział drugi to obszerna analiza źródeł literaturowych, która przedstawia procesy zachodzące na składowiskach odpadów komunalnych stałych oraz zagrożenia związane z tymi obiektami. Ponadto w rozdziale przedstawiono szczegółowy opis procesu powstawania odcieków, w tym charakterystykę oraz czynniki wpływające na ich intensywność i skład chemiczny. Jako kluczowe czynniki katalizujący dalsze przemiany chemiczne i biologiczne przedstawiono szczegółową charakterystykę bilansu

wodnego na składowiskach odpadów komunalnych oraz formy występowania wody i mechanizmy możliwych przemian. Omówiono też przebieg procesu produkcji gazu w składowisku (LFG), w tym etapy rozkładu odpadów oraz przemiany biochemiczne materii organicznej. Opisano w nim również sposoby odbioru gazu i rozwiązania w zakresie wykorzystania tego komponentu do produkcji energii oraz wpływ recyrkulacji odcieków na poziom produkcji gazu LFG. Ujęto tu również opis nowoczesnych technik kontroli emisji gazów ze składowiska.

W trzecim rozdziale omówiono stan prawny regulujący wymagania w zakresie budowy i rekultywacji składowisk odpadów w różnych krajach oraz scharakteryzowano metody inżynierskie uszczelniania i przykrywania składowisk odpadów zgodnie z dobrą praktyką inżynierską. W rozdziale tym Doktorantka przedstawiła również analizy dotyczące uwarunkowań w zakresie wymagań środowiskowych (*parametry warunkujące szczelność składowisk*) oraz liczne graficzne przykłady profili uszczelnień składowisk stosowane na całym świecie, gdzie wykorzystywane są mineralne i sztuczne przesłony. Również aspekty związane z rozwiązaniami w zakresie projektowania geotechnicznego dotyczące ustalania bezpiecznych nachyleń zboczy składowisk z uwagi na profil okrywy, zostały tu szczegółowo ujęte. Rozdział ten ma charakter przeglądowy, ale ze względu na liczne i aktualne zestawienia tabelaryczne odnośnie wymaganych funkcji i parametrów dla poszczególnych warstw oraz licznych schematów konstrukcji uszczelnień, stanowi cenny materiał źródłowy i punkt odniesienia do dalszych analiz własnych.

W kolejnym czwartym rozdziale szczegółowo opisano i charakteryzowano wykorzystane do pomiarów i analiz poletka badawcze. Przedstawiono lokalizacje dwóch stanowisk badawczych, opisując ich położenie, warunki geologiczne i hydrogeologiczne, fazy budowy, rodzaj składowanych odpadów oraz podjęte działania i monitoring warunkujące proces rekultywacji. Na końcu przeprowadzono porównanie poszczególnych ww. elementów dla obu składowisk. Szczegółowo zestawiono tu dane dotyczące opisu środowiska (*klimat, geologia*), konstrukcji i etapowania prac oraz prowadzonych prac i kierunków rekultywacji.

Rozdział piąty to szczegółowo omówiona i przedstawiona zintegrowana metodologia oceny skuteczności zamykania i rekultywacji składowisk odpadów, opartą na wieloetapowym badaniu i analizie uzyskanych wyników dla wytypowanych lokalizacji. W rozdziale tym Doktorantka kolejno prezentuje zakres zastosowanych metod podając opis dla zebranych danych z monitoringu środowiskowego oraz objaśniając statystyczne podejście do ich oceny, opis prowadzonych pomiarów i badań gruntów/gleb wykorzystanych do rekultywacji. Rozdział ten zawiera również opis modeli i przyjmowanych założeń w obliczeniach stateczności i symulacji procesów warunkujących powstawanie odcieków (*model UnsatSuite+HELP*) dla przyjętych scenariuszy analizowanych układów warstw składowisk oraz symulacje emisji metanu i dwutlenku węgla za pomocą modelu LandGEM.

Rozdział szósty zawiera efekty przeprowadzonych badania doświadczalnych i analiz własnych Doktorantki, w którym poddano krytycznej ocenie wyniki uzyskane na poszczególnych poletkach badawczych. Zestawiono tu zebrane i przeanalizowane wyniki badań monitoringowych, wyniki badań

laboratoryjnych, badań modelowych i biomonitoringu oraz obliczeń stateczności. Dane te zostały szczegółowo przeanalizowane w ujęciu statystycznym oraz omówione w odniesieniu do wyników innych badaczy, w kontekście efektów dla różnych opcji rekultywacji zastosowanych na testowanych składowiskach. Przeanalizowano też potencjalne ograniczenia zastosowanych metod. Rozważania te posłużyły do sformułowania wniosków i zaleceń praktycznych.

W siódmym rozdziale omówiono wyniki w świetle dostępnych badań naukowych i przedstawiono porównanie dwóch testowanych systemów osłon. Analiza ta obejmuje takie aspekty, jak emisja gazów cieplarnianych, potencjał utleniania pokrywy, oczyszczanie gazów, produkcja odcieku i jego poziom zanieczyszczenia, wpływ warunków meteorologicznych, stopień zanieczyszczenia pokrywy rekultywacyjnej, ograniczenia stabilności, koszty materiałowe i trwałość, ocena cyklu życia materiałów oraz fitotoksyczność odcieku i respirację gleby. Doktorantka opracowała na tej podstawie zestawienie rankingowe w oparciu o analizowane komponenty w ujęciu technicznym, środowiskowym, ekonomicznym i społecznym, wskazując kolejne kryteria w poszczególnych grupach i autorsko wyznaczone wagi. W ten sposób Doktorantka zaproponowała nowatorski system oceny pozwalający na porównywanie rozwiązań w zakresie projektowania i użytkowania pokryw składowisk odpadów. Rozdział kończą rekomendację Autorki w zakresie stosowalności i ograniczeń dla analizowanych systemów uszczelnień: mineralnych i syntetycznych.

Rozdział ósmy zawiera wnioski z przeprowadzonych badań i analiz. Przedstawiono w nim najważniejsze konkluzje dotyczące skuteczności badanych rozwiązań rekultywacyjnych. Zawarte w tym rozdziale podsumowanie jest syntetycznym opisem wyników uzyskanych z przeprowadzonych badań i analiz, w odniesieniu do przyjętego w pracy celu. Doktorantka sformułowała szereg wniosków ogólnych - użytkarnych i przydatnych dla dowolnych sytuacji, gdzie projektowane są systemy przykrycia składowisk odpadów. Wyszczególniono też szereg wniosków szczegółowych np. odnoszących się do danego poligonu, czy konkretnych rozważań. Rozdział zamyka opis sformułowanych przez Doktorantkę kierunków dalszych badań mających na celu dalszą optymalizację procesów zachodzących na składowiskach odpadów oraz sposobów ich rekultywacji.

Pracę zamyka obszerny spis przywołanej w większości bardzo aktualnej literatury tematu oraz inne dokumenty odniesienia tj. przepisy i normy.

Po części tekstowej praca zawiera cztery załączniki, które istotnie uzupełniają wyniki przedstawionych analiz i ich założenia. Szczególnie pozytywne dla odbioru pracy jest graficzne streszczenie badań pokazane w zał. 4, które w sposób syntetyczny, ale bardzo sugestywny obrazuje zarówno przedmiot badań jak i cel pracy.

3. Ocena rozprawy

3.1. Ocena doboru tematu i postawionych celów rozprawy

Problem zagospodarowania odpadów ma charakter globalny i narastający. W świetle potencjalnych zagrożeń związanych ze składowaniem odpadów i negatywnym skutkiem dla

środowiska naturalnego to nadal aktualne wyzwanie stawiane badaczom we współczesnym świecie. Wymagania w zakresie niezawodności i trwałości konstrukcji oraz konieczność minimalizacji potencjalnych ryzyk, wymusza w praktyce projektowej konieczność uwzględnienia wszelkich dodatkowych oddziaływań, również w aspekcie wieloletniej eksploatacji obiektu w kolejnych fazach jego funkcjonalności. W przypadku składowisk poza poprawnym zaprojektowaniem oraz wypełnianiem odpadami, elementem istotnym jest etap związany z zamknięciem i dalszą rekultywacją. Należy pamiętać, że składowiska odpadów są budowlami inżynierskimi szczególnie uciążliwymi dla środowiska, dlatego często wymuszona rachunkiem ekonomicznym optymalizacja rozwiązań projektowych wymaga realizacji według najlepszych dostępnych technologii (BAT) i pod dodatkowym, rygorystycznym nadzorem w zakresie monitoringu środowiskowego.

Rekultywacja składowisk odpadów to proces, który przyczynia się do przywrócenia walorów przyrodniczych i użytkowych terenów zdegradowanych oraz spowalnia procesy składowania odpadów. W tym aspekcie dobór tematu rozprawy oraz postawione cele należy ocenić jako istotne, aktualne i oczekiwane z punktu widzenia rozwoju dyscypliny. Inżynieria lądowa bowiem w dobie zrównoważonego rozwoju i „zielonej energii” nie może obejść się bez rozwiązań, które będą powiązane z ochroną zasobów i ograniczeniem wpływów na klimat. Podjęta w rozprawie problematyka ma, jak słusznie zauważyła Doktorantka na wstępie, liczne jeszcze ograniczenia poznawcze, z uwagi na długoterminowość efektów przyjętych rozwiązań oraz przepisy i wymagania prawne, które wydaje się nie zawsze nadążają w wielu aspektach za rozwojem technologicznym.

Doktorantka widząc potrzebę holistycznego spojrzenia na problem rekultywacji za główny cel pracy przyjęła przeprowadzenie kompleksowej analizy zagrożeń związanych ze składowiskami odpadów i procesami zachodzącymi w ich obrębie. Ocenę wpływu emisji odcieków i produkcji gazów składowiskowych nie potraktowała jedynie jako zagrożenie, ale jako szansę. Ponieważ, jak wykazała Autorka rozprawy, poprzez kontrolę procesów powstawania odcieków i gazów oraz odpowiednie ukształtowanie konstrukcji i zarządzanie całym systemem, możliwe jest wykorzystanie potencjału procesów zachodzących w składowisku, w celu poprawy stanu środowiska, minimalizując negatywne skutki emisji takiego obiektu. W tym kontekście Doktorantka postawiła w swojej dysertacji bardzo rzeczową hipotezę badawczą, której udowodnienie wymagało zrealizowania pięciu konkretnych zadań/celów naukowo-badawczych. Takie podejście, jak wykazano w odniesieniu do całego układu pracy i podjętej tematyki, było zabiegiem całkowicie uzasadnionym. W kolejnych rozdziałach przedstawiła aktualny stan wiedzy w tej tematyce, na tej podstawie zaproponowała całą metodykę prac o charakterze interdyscyplinarnym, zaprezentowała własny warsztat badawczy (*terenowy i laboratoryjny*) oraz numeryczny i na tej podstawie przeprowadziła własne analizy, formułując praktyczne wnioski, także w postaci konkretnych propozycji w zakresie rekomendowanych rozwiązań, tworząc kryteria do oceny ich skuteczności.

Poruszana problematyka z uwagi na szeroki zakres zagadnień wymagających analizy (tj. *monitoring środowiskowy, badania podłoża i analizy geotechniczne w zakresie stateczności, analizy*

chemiczne stanu środowiska, modelowanie produkcji odcieków i gazów, badania biologiczne w zakresie fitotoksyczności i aktywności mikrobiologicznej oraz warunków wegetacji roślin) jest zadaniem bardzo złożonym nie tylko z uwagi na czasochłonność prac, ale też z uwagi na ograniczoną dostępność wiarygodnych danych, często obarczonych wieloma niepewnościami w zakresie poznawczym. Niemniej, jak wykazała Doktorantka w swojej dysertacji, poprzez odpowiednie zaplanowanie badań doświadczalnych oraz wykorzystanie i umiejętny dobór narzędzi statystycznych pomocnych w walidacji wyników, jest to zadanie możliwe do realizacji, a opisana metodyka stanowi zbiór poprawnych rozwiązań dla tak postawionego problemu badawczego. Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że podjęty przez Doktorantkę temat rozprawy jest oryginalny i aktualny, a cel rozprawy zasadny i ważny tak z naukowego, jak i z praktycznego punktu widzenia. Recenzowana rozprawa jest ważnym krokiem w kierunku optymalizacji procesu rekultywacji składowisk i tym samym w pełni uzasadnia zakres podjętych kompleksowych badań przez Doktorantkę, o szerszym charakterze interdyscyplinarnym w tej dziedzinie.

3.2. Cel i sposób jego realizacji

Podstawowym celem pracy była analiza i ocena wpływu dwóch systemów rekultywacji/konstrukcji składowisk na wybrane komponenty środowiska, a rozważania te obejmowały następujące zagadnienia poznawcze, sformułowane szczegółowo w rozprawie jako zadania (cele) naukowe:

- przeprowadzenie analizy porównawczej rekultywacji technicznej i biologicznej na składowiskach odpadów MSW Zakroczym (PL) i Zdounky (CR);
- przeprowadzenie analizy porównawczej wyników badań monitoringowych dla wód podziemnych, odcieków i CH₄ w LFG na wybranych składowiskach;
- identyfikację zagrożeń środowiskowych i bezpieczeństwa technicznego składowisk odpadów na podstawie symulacji (modelowania) produkcji odcieków, generowanie LFG oraz obliczeń w zakresie stateczności zboczy;
- określenie wpływu odcieków składowiskowych na nasiona *Sinapis alba* L. oraz na tempo procesów respiracji gleb wykorzystywanych do rekultywacji badanych składowisk;
- opracowanie zaleceń dotyczących stosowania wybranych przesłon w rekultywacji składowisk odpadów.

Sposobem realizacji dla tak postawionych celów było opracowanie metodologii badań, która obejmowała cztery kluczowe etapy w zakresie ustalenia kryteriów do systemu oceny skuteczności zastosowanych metod rekultywacji, tj. analiza danych z monitoringu środowiskowego, badania laboratoryjne gruntu i gleby, symulacje i modelowanie procesów w obrębie składowiska oraz badania biomonitoringu. Uzyskane w ten sposób wyniki miały na celu określenie zmienności składu odcieków i gazów ze składowisk odpadów, ocenę właściwości gleby i profilu okrywy, ocenę ryzyka utraty

stateczności oraz badania wpływu odcieków na rośliny. Jeśli chodzi o efekty tych prac to w recenzowanej dysertacji Autorka:

- zebrała dane z monitoringu dla analizowanych obiektów i określiła skład oraz zmienność odcieków i gazu składowiskowego;
- wykonała badania własne w terenie i w laboratorium w celu określenia fizycznych i chemicznych właściwości gruntów użytych do rekultywacji oraz przeprowadziła analizy uzyskanych wyników na relatywnie wysokim poziomie naukowym i technicznym z zastosowaniem narzędzi statystycznych;
- na podstawie zebranych danych przeprowadziła ocenę możliwych zagrożeń poprzez modelowanie produkcji odcieków, emisji gazu (metanu) oraz analizę stateczności zbczoy, dokonała dyskursu naukowego zestawiając wyniki badań i obliczeń w odniesieniu do różnego typu założeń dla poszczególnych modeli;
- przeprowadziła ocenę wpływu odcieków (recyrkulacja) na parametry żyzności gleby (respiracja) i warunki wegetacji roślin (nasiona *Sinapis alba* L.) wykonując badania w laboratorium.

Podstawowym, własnym wkładem Doktorantki są rozdziały szósty i siódmy przedstawiający wyniki i dyskusję wyników potwierdzających wpływ techniczny metod rekultywacji składowisk odpadów komunalnych stałych na proces utylizacji tych odpadów. Autorka dysertacji zwróciła uwagę na zależność pomiędzy systemem uszczelnienia (*przesłona mineralna i syntetyczna*) a ilością i stężeniem odcieków oraz intensywnością i charakterem emisji gazów LFG. W tej części pracy Doktorantka zweryfikowała doświadczalnie wyniki obliczeń teoretycznych (modelowania) na obiektach rzeczywistych, a także odniosła się do badań doświadczalnych i pomiarów z monitoringu wykonanych na obiektach.

Na podstawie przeprowadzonych prac studialnych dotyczących uwarunkowań zewnętrznych dla każdego poligonu Doktorantka przeprowadziła autorską weryfikację danych wejściowych z pomiarów na obiektach. Porównanie i analiza statystyczna wyników wykazała ich przydatność a stwierdzone zależności potwierdziły, zakładaną tezę rozprawy. Analizowane przypadki potwierdzają skuteczność zaproponowanej metody oceny skuteczności systemów rekultywacji, dowodzą tym samym, że cel rozprawy został osiągnięty.

3.3. Ocena naukowej wartości rozprawy

Za najważniejsze **oryginalne osiągnięcia naukowe** Doktorantki uznają:

- przeprowadzenie wieloetapowych i zintegrowanych oraz częściowo unikatowych (*z uwagi na ograniczoną dostępność i brak wymogu ich prowadzenia w praktyce*) badań doświadczalnych i autorskich analiz (*studium przypadków*) dla wybranych poletek badawczych w kraju i zagranicą;

- opracowanie założeń na podstawie wykonanych badań własnych oraz przeprowadzenie walidacji na bazie wybranych obiektów rzeczywistych dla oceny wpływu technicznych metod przykrywania i rekultywacji składowisk odpadów na środowisko;
- opracowanie wielokryterialnego systemu oceny skuteczności rozwiązań w zakresie projektowania i użytkowania pokryw składowisk odpadów;
- autorskie wyznaczenie kryteriów ze wskazaniem wag dla poszczególnych systemów uszczelnień składowisk w ujęciu uwarunkowań technicznych, środowiskowych, ekonomicznych i społecznych;
- opracowanie autorskich rekomendacji dotyczących sposobu przykrywania składowisk odpadów komunalnych stałych w zależności od uwarunkowań i potrzeb, dla systemów przesłon mineralnych i syntetycznych.

Jako istotne ***spostrzeżenia o walorze poznawczym***, wskazujące na dalsze kierunki badań można uznać:

- wykazanie, że stosowanie pokryć syntetycznych na ogół wykazuje korzystniejsze skutki środowiskowe i operacyjne niż pokrycia mineralne. Pokrycia syntetyczne są bardziej skuteczne w ograniczaniu niekontrolowanych emisji LFG i wytwarzania odcieków, mają lepszą odporność na ekstremalne warunki pogodowe oraz sprzyjają wyższej wydajności odzyskiwania energii. Z kolei pokrywy mineralne charakteryzują się niższymi kosztami materiałowymi, łatwiejszym dostępem do lokalnych surowców, a także możliwością większej miąższości składowanych odpadów, co może uzasadniać ich wykorzystanie w określonych warunkach lokalnych;
- wykazanie empirycznie, że pokrywy mineralne skutkują zwiększeniem produkcji odcieków (ponad 4 razy więcej odcieków na hektar) niż pokrywy syntetyczne. Wskazuje to na potrzebę częstszego monitorowania zanieczyszczeń środowiska dla tego typu technologii izolacji;
- wykazanie, że gleby nawadniane odciekami miały lepszą aktywność mikrobiologiczną i większą żyzność w porównaniu z glebami nawadnianymi samą wodą. Odkrycia te potwierdzają wniosek, że recyrkulacja odcieków zwiększa aktywność mikrobiologiczną i wzrost roślin, co sugeruje potencjalne korzyści środowiskowe w zarządzaniu składowiskami.

Dysertacje naukowe w naukach technicznych często zmierzają do udowodnienia tezy przez doświadczalne potwierdzenie oczekiwanych wyników. W opracowaniach naukowych często również trudne jest precyzyjnie sformułowanie zagadnienia, jak i opracowanie kompletnego modelu, który mógłby zostać w całości weryfikowany doświadczalnie. Uważam, że Doktorantce udało się bardzo dobrze wykonać oba te zadania. Doświadczenia innych Autorów oraz własne, na których oparto analizę, a także sformułowanie własnego podejścia wielokryterialnego w ocenie skuteczności uszczelnień składowisk stanowią przekonującą podstawę do sformułowania końcowych wniosków przedstawionych w niniejszej pracy.

4. Wartość merytoryczna rozprawy

Praca zwraca uwagę zarówno ze względu na zakres jak i ze względu na staranność wykonanych i opracowanych badań. Dotyczy to zarówno badań doświadczalnych, jak i numerycznych. Dysertacja w tym zakresie posiada bardzo dobry poziom naukowy, dlatego wysoko oceniam wartość merytoryczną rozprawy. Wyniki badań własnych są praktycznie za każdym razem odnoszone do danych z najnowszej literatury w celu potwierdzenia ich wiarygodności, na tle obserwacji i wyników innych badaczy, co jest godne pochwały. Aby z sukcesem ocenić skuteczność wdrożonych rozwiązań, konieczne są długoterminowe obserwacje w warunkach rzeczywistych, ponieważ symulacje laboratoryjne nie są w stanie oddać pełnej złożoności procesów zachodzących na składowisku. Kluczowe jest zatem interdyscyplinarne podejście do tematu, łącznie kilka dziedzin i dyscyplin naukowych. Przedstawiona przez Doktorantkę w pracy perspektywa inżynierska, a także środowiskowa, stwarza szansę na konstruktywne i naukowo uzasadnione rozwiązanie problemu zapewnienia prawidłowej rekultywacji składowisk odpadów. Należy zauważyć, że badania i analizy prowadzone przez Doktorantkę nie są standardem przy ocenie skuteczności działań rekultywacyjnych i wymagały zaangażowania oraz wysiłku w celu ich pozyskania. Dodatkowy walor badań własnych Doktorantki to wyniki uzyskane na poligonach w różnych częściach Europy. Tak szeroki zakres obszaru badań będących przedmiotem analiz Doktorantki, a co za tym idzie analiza danych o dużej istotności statystycznej (*wieloletnie pomiary z monitoringu*) uzyskane w odmiennych uwarunkowaniach podłoża, stanowią bardzo wartościowy i wiarygodny materiał badawczy.

Te czasochłonne analizy danych, ich weryfikacja i selekcja pod kątem rozpatrywanych zjawisk stanowi główny element pracy, w której Doktorantka mogła zaprezentować swój warsztat badawczy. W rozdziałach 6 i 7 rozprawy zaprezentowano wszystkie wyniki z pomiarów i badań własnych, przeprowadzono analizy z wykorzystaniem wytypowanych metod statystycznych, dokonano krytycznej oceny uzyskanych wyników pod kątem predykcji i generalizacji wyznaczanych parametrów, co pozwoliło na ustalenie ich zakresu i wartości do wykorzystania w praktyce projektowej. Na tym polu Doktorantka wykazała się umiejętnością poprawnego zdefiniowania problemu, samodzielnego przeprowadzenia dyskursu naukowo-poznawczego i rozwiązania podjętego problemu badawczego poprzez sformułowane wnioski i autorskie rekomendacje.

Należy też podkreślić, że pomimo złożoności problematyki podjętej w pracy i zmienności opisanych szczegółowo uwarunkowań w zakresie badań i pomiarów, Doktorantka poprawnie i jasno sformułowała zadania badawcze, odpowiednio dobrała metody badawcze i narzędzia statystyczne do analizy danych. Następnie w kolejnych etapach w umiejętny sposób przedstawiła wyniki, poddała je krytycznej analizie, weryfikacji i interpretacji, wykazując skutecznie udowodnienie postawionej tezy, na tle literatury przedmiotu. Doktorantka w swojej pracy wykazała bezsprzecznie, wpływ rodzaju zastosowanego materiału izolacyjnego na ilość i skład gazu wysypiskowego oraz wytwarzanego odcieku. Badania i analizy przeprowadzone zgodnie z przyjętą metodologią pozwoliły w pełni

zrealizować założone cele pracy oraz udowodnić hipotezę. Wskazania te mają charakter autorski, uzyskany na podstawie badań własnych, które mogą być bezpośrednio zaimplementowane w praktyce.

Podsumowując recenzję rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Jakimiuk stwierdzam, że jest ona opracowaniem naukowym, o znacznych walorach zarówno poznawczych jak i użytkowych, przedstawiającym wyniki badań dotyczących aktualnej problematyki związanej z optymalnym projektowaniem systemów rekultywacji składowisk i stanowi przyczynek do ograniczenia ryzyk w tym zakresie. Problematyka, którą Autorka rozwija jako temat rozprawy doktorskiej, jest relatywnie nowa, a ponadto w swoich badaniach Doktorantka uwzględnia nowe rozwiązania technologiczne. Recenzowana praca będzie zatem kolejnym wkładem polskich inżynierów do rozwijanych w świecie technologii badań na realnych obiektach. Działania te powinny być kontynuowane i rozwijane.

Należy też odnotować świadomość pewnych ograniczeń w niektórych spostrzeżeniach (*np. lokalność przypadku, czy niewielki zbiór danych*), który jest w pracy wskazywany. Spostrzeżenia takie (*nawet jeśli niekiedy dyskusyjne*) są punktem wyjścia do prowadzenia dalszych badań, doskonalenia metod i ich rozwoju. Jednocześnie ostrożność w formułowaniu niektórych wniosków na tej podstawie świadczy o dużej dojrzałości naukowej Doktorantki, która nie unika też takiego dyskursu w pracy.

Wnioski z niniejszej pracy mają charakter aplikacyjny, co jest istotne w przypadku dysertacji w naukach technicznych, a podane rekomendacje mogą być bezpośrednio wykorzystane w praktyce.

4.1. Poprawność redakcyjna rozprawy

Układ recenzowanej pracy jest poprawny, zgodny z ogólnie przyjętymi wymogami dla tego rodzaju opracowań naukowych. Generalnie Doktorantka zachował balans pomiędzy opisami wiedzy dostępnej i opisem badań własnych. Prezentowany styl i język jest na bardzo dobrym poziomie, praca jest napisana w sposób przystępny, a prezentowane wyniki są klarownie i wyczerpująco opisane. Szata graficzna nie budzi generalnie zastrzeżeń, zestawienia tabelaryczne i prezentowane grafiki są czytelne. Należy w tym miejscu wyróżnić dobrą kompozycję całej pracy, a jej opracowanie w jęz. angielskim znacznie poszerzy grono odbiorców. Jedyne czego w ocenie Recenzenta może brakować to zestawienia w formie tabelarycznej ilości wykonanych badań własnych oraz ilości opróbowania dla pomiarów z monitoringu środowiskowego. Dane te są podane w pracy w sposób jawny (*punkty na wykresach*), niemniej takie zestawienie poprawiłoby jej odbiór.

5. Uwagi krytyczne i głosy w dyskusji

Jak każda praca, tak i recenzowana rozprawa nie jest wolna od drobnych omyłek, niedopowiedzeń czy niedociągnięć. Uwagi do pracy Recenzent podzielił na ogólne (*dotyczące ogólnych komentarzy i pytań otwartych do zagadnień poruszanych w rozprawie*), uwagi do wyników pracy (*do skomentowania i wyjaśnienia podczas obrony*) oraz na uwagi szczegółowe o charakterze technicznym i semantycznym (*wymagające jedynie drobnych korekt lub uzupełnień w tekście*).

5.1. Uwagi ogólne/pytania otwarte:

- 1) Czy można na podstawie uzyskanych wyników i analiz podać optymalny profil okrywy składowiska odpadów, mając na uwadze aspekty wykorzystujące potencjał działań rekultywacyjnych w kierunku środowiskowym i ekonomicznym?
- 2) Czy w analizowanej efektywność w ograniczaniu śladu węglowego z uwagi na szczelność przesłony syntetycznej był też brany pod uwagę ślad węglowy związany z wyprodukowaniem tego materiału? Czy wtedy ten bilans będzie nadal korzystny w stosunku do przesłony mineralnej?
- 3) Kierunki dalszych badań są poprawne i trafne, ale bardzo ogólne i z odległą perspektywą. Czy jest coś co pozostawiło niedosyt poznawczy, czy są działa, które można wskazać jako pilne do podjęcia i możliwe do podjęcia w dalszych pracach o charakterze naukowo-badawczym w tej tematyce?

5.2. Uwagi dotyczące uzyskanych wyników

- 4) Analizowane są liczne czynniki wpływające na trwałość okrywy rekultywacyjnej, a co z wpływem zwierząt np. gryzoni, itp.? Jak w tym aspekcie wygląda porównanie skuteczności przesłony mineralnej i syntetycznej jeśli chodzi o trwałość i szczelność?
- 5) Mając na uwadze przeprowadzone analizy zanieczyszczeń w piezometrach oraz ich rozmieszczenie na tle kierunku spływu wód gruntowych, czy można podać optymalną zakres (*rozstaw, lokalizacja, ilość*) rozmieszczenia piezometrów? Czy system obserwacji w zastosowany w analizowanych lokalizacjach był wystarczający i mógł wpłynąć na uzyskane wyniki?
- 6) Czy można na podstawie uzyskanych pomiarów wskazać jak duży wpływ na uzyskiwane wyniki i jakość odcieków ma geometria składowiska? Czy stwierdzona koncentracja metali ciężkich to nie jest również efekt powiązany z morfologią i kierunkiem spływu oraz nachyleniem warstwy rekultywacyjnej (*bo sam profil okrywy rekultywacyjnej jest zbliżony*)? Czy w tym zakresie można podać wiążące rekomendacje odnośnie sposobu kształtowania czaszy składowiska? A co z sorpcją w minerałach ilastych, czy ten element był brany pod uwagę i jaki to może mieć wpływ na rejestrowane stężenia odcieków?
- 7) Jaką metodą zostały wyznaczone rozkłady przestrzenne (*na rys. 6.1, 6.3, oraz 6.4 i 6.6*) dla analizowanych pierwiastków i związków chemicznych w analizach stężenia odcieków w piezometrach (met. Krigingu?) Dodatkowo z czego wynika koncentracja izolinii dla Cr (VI) na rys. 6.2 skoro nie ma tam punktów pomiarowych?

5.3. Uwagi szczegółowe

Uwagi szczegółowe (*techniczne*) dotyczą głównie znalezionych przez Recenzenta w tekście pewnych kontrowersyjnych lub niepełnych zapisów. Recenzent nie ma uwag do wyglądu i układu

pracy, którą ocenia bardzo dobrze. Poniżej podano miejsca znalezionych pomyłek lub braków w kolejności ich występowania:

- Fig. 3.3 to bardzo cenne zestawienie, ale należy wyjaśnić dlaczego profile stosowane w Polsce mają widoczną gradację roślinności, brakuje informacji, że jest to powiązane z grubością okrywy/warstwy rekultywacyjnej;
- str. 54, sugeruję patrząc na kontekst zamiast „*wind uplift*” użyć słowa „*windlift*” lub „*wind erosion*” jako bardziej precyzyjny zapis efektów procesu erozji eolicznej;
- Fig. 4.2 – na przekroju hydrogeologicznym należałoby konsekwentnie wskazać kolorem również warstwę gruntów izolujących na dole (iłów);
- sugeruję utrzymać jednolity styl szrafur i oznaczeń dla syntetycznych profili własnych prezentowanych układów systemów uszczelniających (np. fig. 4.4, fig. 5.10), co znacznie poprawi odbiór;
- w wielu miejscach można dopatrzyć się braku konsekwencji w stosowanym nazewnictwie dla omawianego rodzaju gruntu – piasek gliniasty: „*clayey sand*”, a na rysunkach i w tabelach „*loamy sand layer*”, należy to uporządkować lub wyjaśnić, gdyż pierwsza nazwa odnosi się stricte jedynie do litologii, druga wskazując również na genezę osadu;
- str. 61 – jest mowa o osiadaniu konstrukcji składowiska bez podania danych ilościowych, czy były prowadzone takie pomiary, a jeśli są dostępne czy można to uzupełnić?
- brakuje przekroju z układem warstw w podłożu dla składowiska w Zdounkach, co ubogaciłoby skromny opis budowy geologicznej dla tej lokalizacji, podano jedynie opis skał i zwietrzelin, natomiast czy lokalizacja w dolince nie sugeruje również możliwego wypełnienia gruntami czwartorzędowymi?
- w opisie warunków gruntowo-wodnych dla składowiska w Zdounkach podano informację o znacznych wahaniami wód gruntowych, należałoby podać przedział możliwych wahań (o ile to możliwe dla wód o charakterze szczelinowym?);
- Fig. 5.2 obraz przepływu wód gruntowych lepiej byłoby widać na mapach izolinii (hydroizobary/hydroizohipsy), czy jest to możliwe do uzupełnienia w powiązaniu z siecią piezometrów?
- Tab. 5.5 – brakuje informacji w jaki sposób zostały wyznaczone podane tu z dużą dokładnością parametry np. porowatość, z badań, związków empirycznych czy z literatury?
- Tab. 5.7 – wskazano że parametry geotechniczne wyznaczono na podstawie literatury, brakuje źródła? Czy nie było dostępnych danych z dokumentacji projektowej dla poszczególnych obiektów?
- Tab. 5.8 – tu wskazano na parametry efektywne ϕ i c' , inaczej niż dla drugiej lokalizacji, należy doprecyzować jakie parametry były stosowane w obliczeniach stateczność całkowite czy efektywne?

- str. 140 – należy poprawić opis dla stanu zwartego i bardzo zwartego (wg EC7) gruntu, powinno być „*stiff*” i „*very stiff*”, zamiast „*semi solid*” i „*solid*”;
- Fig. 6.18 i 6.19 do 6.22 należy objaśnić wartości na słupkach histogramów, czy oznaczają dokładność metody/oznaczenia? poza tym są mało czytelne;
- w pracy podawane są zapisy odnośnie nachylenia zbocza w różnym zapisie 1(V):2(H), a gdzie indziej 2H:1V (np. Tab. 7.1) - to nie błąd bo Autorka zawsze stosuje oznaczenia V i H, ale powoduje to dodatkowe zamieszanie i nie jest spójne z oznaczeniami w praktyce, sugeruje konsekwentnie przyjąć pierwszą formę;
- Tab. 7.1 - uwaga dotyczy przywołanego przykładu w pozycji „*material cost*”, gdzie nie podano jakich jednostek dotyczą wskazane koszty \$/m², m³?
- załącznik 1 – należy doprecyzować jakie wartości podano w tabeli (średnie?) dla poszczególnych miesięcy w rozważanym okresie 2016-2022, brakuje również źródła przedstawionych danych;
- załącznik 2 – opis próbek jest nie precyzyjny, wskazano lokalizację i numerację punktów poboru próbek, ale nie ma informacji odnośnie głębokości pobrania, nie wiadomo też czym się różni próbka z indeksem „a” od próbki z indeksem „b” z tej samej lokalizacji?
- załącznik 3 – podana wartość wagi w wierszu: geotechniczny wsp. bezpieczeństwa dla SCS jest niezgodna z rys. 7.1?
- jeśli dojdzie do publikacji (artykuł/monografia) to sugeruję większe rysunki i czcionki na rysunkach np. Fig. 2.1 i 2.7;

6. Wnioski i ocena końcowa

Podjęty przez mgr inż. Aleksandrę Jakimiuk temat ma zarówno praktyczne zastosowanie w pracach projektowych, jak i należy do zagadnień kreujących dalsze kierunki rozwoju dyscypliny naukowej *inżynieria lądowa, geodezja i transport*. Doktorantka wykazuje bardzo dobrą znajomość tematu na poziomie studium literaturowego, w tym publikacji naukowych i norm oraz potrafi samodzielnie wykonywać badania – także na obiektach w skali naturalnej – na wysokim poziomie prowadzenia analiz badawczych oraz wyciągać konstruktywne wnioski.

Zaproponowana koncepcja wypełnia lukę w ogólnodostępnych wytycznych, oferując interdyscyplinarne podejście do bezpiecznego i zrównoważonego zagospodarowania zamykanych składowisk mając na uwadze ochronę środowiska i zasobów naturalnych oraz ograniczenia śladu węglowego i emisji gazów cieplarnianych. Realizacja celów pracy wykazała, że połączenie badań terenowych, laboratoryjnych oraz modelowania w ujęciu inżynierskim i środowiskowym umożliwia uzyskanie kompleksowego obrazu procesów zachodzących w składowiskach odpadów. Ujęcie holistyczne aspektów technicznych, środowiskowych, ekonomicznych i społecznych pozwoliło na udowodnienie postawionej tezy.

Stwierdzam, że główny cel rozprawy doktorskiej został osiągnięty. Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem oraz umiejętnościami rozwiązywania problemów teoretycznych. Zaproponowała autorską metodę wielokryterialnej oceny skuteczności rozwiązań i działań w zakresie rekultywacji składowisk, przy wykorzystaniu dużej bazy danych oraz analiz statystycznych i obliczeń i przeprowadziła jej walidację. Uzyskała oryginalne wyniki i wykazała, że potrafi analizować i krytycznie oceniać uzyskane rezultaty oraz formułować poprawne wnioski poznawcze. Widzi również kierunki dalszych badań. Świadczy to o Jej odpowiednim przygotowaniu i predyspozycjach do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Uwagi krytyczne wymienione w punkcie 5. recenzji nie obniżają bardzo dobrego, moim zdaniem, poziomu merytorycznego i ogólnej wysokiej oceny dysertacji. Uwagi mają charakter porządkowy lub dyskusyjny i mam nadzieję, że przynajmniej w części będą pomocne Doktorantce podczas dalszej pracy naukowej i przygotowywania artykułów do czasopism naukowych.

Oceniam, że rozprawa stanowi rozwiązanie oryginalnego zagadnienia naukowego oraz potwierdzam, że Doktorantka dysponuje bardzo dobrze rozwiniętym warsztatem badawczym i obliczeniowym w zakresie prowadzonych analiz, posiada ogólną wiedzę teoretyczną i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Rozprawa jest opracowana na relatywnie wysokim poziomie naukowym i redakcyjnym oraz wnosi wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie *inżynieria lądowa, geodezja i transport*.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana **rozprawa doktorska** autorstwa **mgr inż. Aleksandry Jakimiuk** pt. ***„Impact of the technical cover systems and landfill reclamation works on selected environmental components”*** (*„Wpływ technicznych sposobów przykrycia i rekultywacji składowiska na wybrane komponenty środowiska”*) **spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim** określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.). Moja ocena jest **pozytywna**, w związku z tym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o jej dopuszczenie do publicznej obrony i dalsze procedowanie.

.....
Podpis



Raport weryfikacji

Wynik

Wynik przetwarzania
Skrót pliku z podpisem
Nazwa pliku z podpisem
Identyfikator weryfikacji

WAŻNY/PRAWIDŁOWY

Zakończono
eb83e5ddda5630633b670a907ac449c54bd334ea
recenzja Jakimiuk SGGW (002).pdf
BCC56D036C4AC29FAAA4CB4A4608A8F65BB490B1

Lista podpisów

Status weryfikacji podpisu
Data i czas wykonania podpisu
Data i czas weryfikacji podpisu
Format podpisu
Certyfikat podpisującego

WAŻNY/PRAWIDŁOWY

2025-09-01 12:25:30 GMT+02:00
2025-09-01 14:02:07 GMT+02:00
PADES
kwalifikowany

Lista znaczników czasu

WAŻNY/PRAWIDŁOWY

WAŻNY

2025-09-01 12:25:38 GMT+02:00
OID.2.5.4.97=VATPL-5170359458, CN=Certum QTST 2017, O=Asseco Data
Systems S.A., C=PL

Walidacja znacznika czasu

Status certyfikatu
Data i czas wykonania podpisu
Podpisujący

Ścieżka certyfikacji

Certyfikat podpisującego

Walidacja certyfikatu
Status certyfikatu
Wystawiony dla

WAŻNY/PRAWIDŁOWY

WAŻNY

ST=mazowieckie, L=Warszawa, postalCode=00-611, streetAddress=Filtrowa
1, O=Instytut Techniki Budowlanej, C=PL, surname=Godlewski,
givenName=Tomasz, CN=Tomasz Godlewski; ITB
CN=Certum QCA G3 R35, O=Asseco Data Systems S.A., C=PL
2025-03-13 09:48:40 GMT+01:00
2028-03-25 23:59:59 GMT+01:00
2025-09-01 14:02:07 GMT+02:00
4f6b167ecc2ab9b8be15cb86b653151f

Wystawiony przez

Ważny od
Ważny do
Data wystawienia CRL/OCSP
Numer seryjny

Certyfikat wystawcy

Walidacja certyfikatu
Status certyfikatu
Wystawiony dla
Wystawiony przez
Ważny od
Ważny do
Numer seryjny

WAŻNY/PRAWIDŁOWY

WAŻNY

CN=Certum QCA G3 R35, O=Asseco Data Systems S.A., C=PL
CN=Narodowe Centrum Certyfikacji, O=Narodowy Bank Polski, C=PL
2024-12-13 11:25:24 GMT+01:00
2035-12-14 00:59:59 GMT+01:00
06e964f56cde8f71