

Prof. dr hab. inż. Edward Michłowicz
Akademia Górniczo – Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
e-mail: michlowi@agh.edu.pl

Kraków, 29.07.2024



RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Mariusza BRZEZIŃSKIEGO
na temat:

Metoda lokalizacji terminali intermodalnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju Polski

Podstawą wykonania recenzji jest Uchwała nr 978/2024 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 4.06.2024 r. oraz pismo dr hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. uczelni – Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 8.07.2024 r. (WTBD.521.DR.97.2024).

Dokumentację merytoryczną do sporządzenia recenzji stanowił egzemplarz rozprawy doktorskiej mgra inż. Mariusza Brzezińskiego pt. *Metoda lokalizacji terminali intermodalnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju Polski*.

Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Dariusz Pyza.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska mgra inż. Mariusza Brzezińskiego zawarta jest na 256 stronach, a jej treść stanowią:

- wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń, wstęp,
- dziesięć numerowanych rozdziałów,
- bibliografia, wykaz ważniejszych pojęć używanych w pracy,
- spis ilustracji, spis tabel,
- dziesięć załączników.

Rozprawę można podzielić na cztery zasadnicze części:

- część pierwszą (rozdziały 1, 3 i 4, ok. 45 stron), która obejmuje identyfikację obszaru badawczego – transport intermodalny i terminale (rozdz. 1 i 3) oraz analizę aktualnych lokalizacji terminali intermodalnych w Polsce i Europie (rozdz. 4),

- część drugą (rozdziały 5 i 6, ok. 30 stron), która zawiera opisy typowych metod wykorzystywanych do wyznaczania lokalizacji obiektów logistycznych (rozdz. 5) oraz wybranych metod prognozowania (rozdz. 6),

- część trzecią (rozdziały 2, 7 i 8, ok. 35 stron), która obejmuje cel i tezę rozprawy oraz najważniejsze osiągnięcia Doktoranta, tj. sformułowanie modelu wspomagającego proces podejmowania decyzji związanej z wyborem lokalizacji terminali intermodalnych, szczegółowy opis zaproponowanej metody oceny lokalizacji tych terminali oraz implementację komputerową zaproponowanej metody,

- część czwartą (rozdziały 9 i 10, ok. 70 stron) stanowi weryfikacja metody na przykładzie wybranego regionu poszukiwań (region 7 – mazowieckie, łódzkie), a także podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych badań.

Nie wnikając w szczegółową ocenę merytoryczną rozprawy stwierdzam, że praca została napisana poprawnie i starannie zarówno pod względem językowym, jak i edytorskim. Coraz bardziej odczuwalna uciążliwość transportu drogowego, dążenia



do zrównoważonego rozwoju Polski dodatkowo uzasadniają ważność i celowość rozprawy.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

Obszarem zainteresowań Doktoranta są systemy transportu intermodalnego, a w szczególności terminale intermodalne przystosowane do przeładunku jednostek ładunkowych transportu intermodalnego (UTI).

We wstępie rozprawy Doktorant stwierdza, że *transport intermodalny do sprawnego funkcjonowania wymaga wysokowydajnej, niezawodnej infrastruktury transportowej, m.in. terminali intermodalnych umożliwiających szybki przeładunek jednostek transportowych z jednego środka transportu na drugi oraz połączeń kolejowych*. Ponadto dodaje - *współcześnie terminale intermodalne lokalizowane są w okolicach dużych miast powodując dalszą centralizację kraju wokół największych ośrodków aglomeracyjnych. Konsekwencje tego ponoszą mniejsze miejscowości, które tracą szansę zarówno na rozwój demograficzny, jak i gospodarczy*.

Powołując się na dokument prawny *Kierunki rozwoju transportu intermodalnego w Polsce do 2030 r. z perspektywą do 2040 r (KRTI)* Doktorant proponuje w swojej rozprawie model wspomagania procesu decyzyjnego w zakresie wyboru lokalizacji dla terminali intermodalnych w obszarach, w których obecnie brak jest obiektów punktowych transportu intermodalnego. Ponadto Doktorant deklaruje, że badania będą prowadzone z wykorzystaniem wielokryterialnej metody wspomagania decyzji.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest w mojej ocenie bardzo dobrze opracowana od strony metodologicznej.

Po szczegółowym opisie zagadnień związanych z transportem intermodalnym oraz terminalami intermodalnymi Doktorant sformułował cel i tezę rozprawy. Następnie przedstawił autorską metodę oceny lokalizacji terminali intermodalnych. Zaproponowane w metodzie procedury i modele (model oceny, model rankingu) wykorzystał do opracowania aplikacji komputerowej. Weryfikacji zaproponowanej metody dokonał na przykładowym regionie poszukiwań (region 7) uzyskany z analiz przeprowadzonych w opracowanej aplikacji.

Rozprawę kończy podsumowanie zawierające poprawnie sformułowane wnioski oraz bardzo konkretne propozycje kierunków dalszych badań.

Stwierdzam, że praca przygotowana przez mgr inż. Mariusza Brzezińskiego to metodologicznie dobra i wartościowa rozprawa.

2.1. Temat, teza i cel pracy

Wybór tematyki pracy uważam za bardzo celowy i w pełni uzasadniony. Mgr inż. Mariusz Brzeziński w swojej rozprawie (str. 43) stwierdza, że: *Za budową nowych terminali przemawia rosnąca uciążliwość transportu drogowego dla środowiska i ludzi. W celu ograniczenia negatywnych skutków transportu drogowego należy rozważyć próbę przeniesienia ruchu kołowego na transport kolejowy. Pomóc w tym mogłyby terminale przeładunkowe umożliwiające realizację przeładunków w technologii poziomej naczep siodłowych oraz pojazdów jako całość. Niezbędne są zatem inwestycje poprzedzone analizami lokalizacyjnymi dla nowych terminali intermodalnych*.

Na tej podstawie Doktorant sformułował cel rozprawy (str. 44): ***Celem rozprawy jest opracowanie wieloaspektowej i użytecznej praktycznie metody oceny***

lokalizacji terminali intermodalnych, pozwalającej na wyznaczenie racjonalnych lokalizacji w aspekcie zrównoważonego rozwoju kraju.

Na tej samej stronie Doktorant zdefiniował tezę pracy, stwierdzając, że:

stosując wieloaspektową i użyteczną metodę oceny lokalizacji terminali intermodalnych i narzędzia programowania matematycznego możliwe jest racjonalne planowanie lokalizacji w aspekcie zrównoważonego rozwoju Polski.

Stwierdzam, że zarówno teza, jak i cel pracy są poprawnie sformułowane.

Mam jednak pytanie związane z zamiennie stosowanymi w wielu miejscach pracy pojęciami:

- ... metoda lokalizacji ... (m.in. w tytule rozprawy *Metoda lokalizacji terminali..*, czy w tytule rozdz. 8 *Implementacja komputerowa metody lokalizacji terminali...*),
- ... metoda oceny lokalizacji ... (m.in. w celu i tezie rozprawy, a także w tytule rozdz. 7 *Metoda oceny lokalizacji..*).

W moim odczuciu pytanie jest zasadne, gdyż szerszym problemem jest opracowanie *metody lokalizacji terminali*. Wydaje się także, że w metodzie powinna się zawierać procedura oceny rozwiązania, czyli w tym przypadku ocena lokalizacji terminali.

W przypadku *metody oceny lokalizacji* nie jest konieczne wyznaczanie propozycji tych lokalizacji. Możliwe jest ocenianie lokalizacji zadanych, opracowanych przez inne zespoły projektantów.

Stąd, może lepszym rozwiązaniem byłoby inne nazwanie rozprawy – np. *Metoda wyboru i oceny lokalizacji terminali intermodalnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju Polski*.

Proszę o ustosunkowanie się do tej kwestii podczas obrony publicznej.

2.2. Ocena przeprowadzonych badań i analiz, uwagi i wątpliwości

To co najważniejsze w pracy i decyduje o naukowej wartości rozprawy zostało zawarte w dwóch rozdziałach:

- rozdział 7: *Metoda oceny lokalizacji terminali intermodalnych*,
- rozdział 8: *Implementacja komputerowa terminali intermodalnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju Polski*.

Zaproponowana w rozprawie metoda składa się z pięciu etapów. Realizacja każdego z nich wymaga wielkiego nakładu pracy, a także gromadzenia znaczącej liczby danych. Modułowo sformułowana aplikacja komputerowa zaproponowanej metody (trzy moduły) bardzo dobrze opisuje obszar prowadzonych badań i analiz. Jednakże na podstawie modeli i opisów zawartych w rozdziałach 7 i 8 trudno byłoby ocenić użyteczność metody (a ta użyteczność jest zawarta w tezie pracy). Dlatego bardzo wysoko oceniam treści zawarte w rozdz. 9 *Weryfikacja i walidacja metody lokalizacji terminali intermodalnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju Polski*. Jest to znaczący rozdział rozprawy (ok. 60 stron), gdyż udowadnia, że złożone i nieraz skomplikowane zależności i związki pomiędzy wieloma zmiennymi decyzyjnymi nie stanowią istotnych przeszkód w uzyskaniu pożądanego rozwiązania.

Uwagi do

Metoda oceny lokalizacji terminali intermodalnych (rozd. 7)

Moim zdaniem najważniejszym osiągnięciem naukowym Doktoranta jest opracowanie wieloetapowej metody wyboru i oceny lokalizacji terminali intermodalnych. Metoda zaproponowana przez mgra inż. Mariusza Brzezińskiego jest

bardzo złożona (bo i rozważany w dysertacji problem jest złożony), ale dzięki umiejętnemu rozbiciu metody na etapy możliwe jest rozwiązywanie mniej złożonych problemów w poszczególnych etapach. Proponowanymi etapami są:

- Etap I – identyfikacja regionów poszukiwań,
- Etap II – wyznaczenie lokalizacji dla terminala intermodalnego ze względu na przyjęte kryteria (pięcioma metodami jednokryterialnymi),
- Etap III – opracowanie bazowego rankingu wariantów lokalizacyjnych z uwzględnieniem wielokryterialnej metody wspomaganie decyzji,
- Etap IV – przygotowanie zaktualizowanego rankingu wariantów lokalizacyjnych z uwzględnieniem wielokryterialnej metody wspomaganie decyzji i analiz wartości zmiennych diagnostycznych,
- Etap V – analiza wyników, wybór miejsca lokalizacji intermodalnego terminala przeładunkowego oraz przygotowanie rekomendacji dla inwestora.

Warto zaznaczyć, że rozważane w pracy jednokryterialne metody wyznaczania lokalizacji zostały przez Doktoranta zmodyfikowane tak, aby uzyskać pożądane kryterium, a ponadto metoda graficzna jest autorskim opracowaniem umożliwiającym wyznaczenie lokalizacji z punktu widzenia konkurencji.

Metoda zawiera w sobie dwa wartościowe modele (autorskie), które świadczą o znaczącej wiedzy Doktoranta w zakresie budowy modeli złożonych procesów.

Pierwszym jest model oceny lokalizacji dla terminala intermodalnego MWLTI (str. 102). Wg Doktoranta model MWLTI opisuje uporządkowana czwórka:

$$MWLTI = \langle RP, JM(rp), ZRW, ZRW'(\tau) \rangle$$

gdzie:

RP – zbiór regionów poszukiwań,

JM(rp) – zbiór lokalizacji terminali intermodalnych wyznaczonych jednokryterialnymi metodami wspomaganie decyzji dla *rp*-tego regionu poszukiwań,

ZRW – zbiór rankingów wariantów wyznaczonych z uwzględnieniem wielokryterialnej metody wspomaganie decyzji,

ZRW'(\tau) – zbiór rankingów wariantów lokalizacyjnych wyznaczonych dla zaktualizowanych wartości zmiennych diagnostycznych w okresie τ , przy wykorzystaniu wybranej metody prognozowania.

W kolejnych podrozdziałach (7.3, 7.4) Doktorant opisuje odwzorowania, które przyjął w swoim modelu. W większości są to złożone i szczegółowe zależności bazujące na analizie matematycznej i teorii mnogości.

Z naukowego punktu widzenia istotne znaczenia posiada model wyznaczania rankingu lokalizacji dla terminali intermodalnych (rozdz. 7.5., str. 115).

W modelowaniu Doktorant zastosował metodę PROMETHEE II, stąd zbiór rankingów wariantów ZRW opisał jako uporządkowaną czwórkę:

$$ZRW = \langle W, M, WO, MWD \rangle$$

gdzie:

W – zbiór wariantów lokalizacyjnych,

M – zbiór kryteriów wykorzystywanych do oceny poszczególnych wariantów,

WO – zbiór ocen wariantów lokalizacyjnych,

MWD – metoda PROMETHEE II.

Do tego modelu mam dwie uwagi:

1. *M* – zbiór kryteriów; jakie to kryteria – brak opisu,
2. *MWD* – w moim odczuciu nie stanowi elementu zbioru ZRW. Skoro do rankingowania została wybrana metoda PROMETHEE II, to jej algorytm jest znany (zresztą Doktorant pisze o tym na str. 116).

Ponadto mam uwagę dotyczącą terminów i oznaczeń związanych z czasem.

W modelu MWLTI Doktorant używa określenia:

- $ZRW'(\tau)$ – zbiór rankingów wariantów... w okresie τ ,
- w opisie prognozy zmiennej diagnostycznej $mab(m)\tau^*$ (str. 117) dodatkowo występują zmienne t, \bar{t} ,
- natomiast na str. 118: ... $maz'(m)\tau^*$ – wartość prognozowana pokrewnej zmiennej diagnostycznej w chwili τ ,
- podobnie zresztą w rozdz. 5 (np. str. 94):
... $SKt-1$ – wygładzona wartość trendu w okresie $t-1$,

Moje pytania:

- co to jest okres τ , okres $t-1$,

- co oznacza chwila τ ,

a generalnie: co to jest czas, chwila, moment, okres czasu ?

- jak to odnieść do zmiennych opisywanych w modelach rozprawy.

Ogólnie – stwierdzam, że metod i modele matematyczne opisane na stronach od 96 do 118 świadczą o dużej wiedzy Doktoranta w zakresie modelowania złożonych procesów, a także umiejętności formułowania złożonych zależności, zmiennych i kryteriów.

Uwagi do

Implementacja komputerowa terminali intermodalnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju Polski (rozdz. 8)

Aplikacja komputerowa modelu (str. 119 - 124) składa się z trzech modułów:

Moduł I: Obejmuje narzędzia służące do wyznaczania regionów poszukiwań. Dzięki nim zostaną określone obszary, w których brakuje terminali intermodalnych.

• Moduł II: Obejmuje narzędzia służące do wyznaczenia lokalizacji terminali intermodalnych. W module wyznaczane są lokalizacje terminali metodą grawitacyjną, numeryczną, zmodyfikowaną maksymalnego pokrycia, klastrową oraz dodatkowo metodą graficzną.

• Moduł III: Obejmuje narzędzia służące do wyznaczania bazowego (2021) oraz zaktualizowanego rankingu na lata 2030, 2040, 2050. Zaktualizowanie rankingu wymaga użycia dodatkowych narzędzi do prognozowania wartości wybranych zmiennych diagnostycznych.

Z przedstawionego w rozprawie opisu wynika, że aplikacja wymaga bardzo wielu baz i zbiorów danych.

W moim odczuciu opis jest zbyt lapidarny. Schemat przedstawiony na rysunku 38 jest bardzo ogólny. Wyraźnie brakuje schematów blokowych opisujących procesy i działania realizowane w poszczególnych modułach. Doktorant opisuje nazwy narzędzi i zestawy potrzebnych danych. Jest to opis czysto techniczny, w którym brakuje m.in. przyjętych kryteriów oceny wariantów, także zmiennych diagnostycznych (prognozowanych na kolejne lata 2030, 2040 i 2050).

Uwagi do

Weryfikacja i walidacja metody lokalizacji terminali intermodalnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju Polski (rozdz. 9)

Jako cel swojej rozprawy Doktorant przyjął: *opracowanie wieloaspektowej i użytecznej praktycznie metody oceny lokalizacji terminali intermodalnych, pozwalającej na wyznaczenie racjonalnych lokalizacji w aspekcie zrównoważonego rozwoju kraju.*

Wartość i użyteczność jakiegokolwiek metody wynikającej z badań naukowych można ocenić poprzez jej weryfikację na obiekcie rzeczywistym (jeśli to możliwe).

W odniesieniu do obiektów nieistniejących zadanie to jest zdecydowanie trudniejsze. Zaproponowana w rozprawie metoda wymaga bardzo żmudnych i licznych obliczeń oraz zgromadzenia bardzo wielu zbiorów danych. Doktorant dokonał egzemplifikacji autorskiej metody przeprowadzając badania zgodnie z algorytmami przedstawionymi w pracy. Po wyznaczeniu dziewięciu regionów poszukiwań (Etap I) dokonał pełnej oceny uzyskanych rozwiązań dla jednego z nich – region 7 (mazowieckie, łódzkie). Obliczenia umożliwiły wyznaczenie sześciu lokalizacji. Dla tych lokalizacji Doktorant dokonał wielokryterialnej oceny, przyjmując aż 16 kryteriów (dotąd w pracy kryteria oceny były opisywane dość enigmatycznie). Analizy rozwiązań uzyskane w kolejnych etapach doprowadziły Doktoranta do sformułowania rankingu wariantów (uśredniony dla okresu 2021 – 2050).

Wartość tego rozdziału oceniam bardzo wysoko. Doktorant jednoznacznie wykazał, że opracowana przez niego metoda jest użyteczna i może być wykorzystana w procesie podejmowania decyzji o potencjalnej lokalizacji i budowie terminali intermodalnych w obszarach, w których brak tych terminali.

2.3. Dodatkowe pytania i uwagi szczegółowe (wybrane)

1. Metody prognozowania (rozd. 6)

Na stronie 92 Doktorant stwierdza:

Do najczęściej opisywanych w literaturze i stosowanych w praktyce modeli prognostycznych zalicza się klasyczny model regresji liniowej [29], [41], [179], [187], model Holta [138], [147], [196], model Wintersa [196], [199] i model Browna [73], [129], [153]. Dlatego też należy prowadzić analizy w zakresie zmian zmiennych diagnostycznych w kolejnych latach np. 10, 20 i 30 lat, a następnie badać ich wpływ na miejsce lokalizacji terminala intermodalnego.

Opisywane w rozprawie modele Browna, Holta czy Wintersa służą przede wszystkim do prognozowania krótkoterminowego, zatem w przypadku tej rozprawy są nieprzydatne. Zresztą Doktorant sam stwierdza, że:

... w wybranej metodzie wielokryterialnego podejmowania decyzji należy dokonać predykcji niektórych wartości zmiennych diagnostycznych. Informacji na temat skali zmian ich wartości w czasie mogą dostarczyć prognozy oparte o klasyczny model regresji liniowej.

Natomiast warto byłoby uwzględnić (np. w aplikacji) metody prognozowania długoterminowego (tu: perspektywa nawet do 2050 r.), które uwzględniają przedziały czasu, w których zachodzą zmiany ilościowe oraz znaczne zmiany jakościowe rozpatrywanej zmiennej (np. przyczynowo – skutkowe modele ekonometryczne, metody heurystyczne).

2. Wrażliwość modelu na prognozy

Czy możliwe jest zbadanie wpływu wartości zmiennych diagnostycznych uzyskiwanych z prognoz (np. stan natężenia ruchu na badanych trasach „x” w 2040 r., 2050 r. ?) na zmiany w lokalizacjach terminali ?

3. Aktualizacja danych

Proponowane rozwiązanie jest uzależnione od właściwie podejmowanych decyzji. Na pewno problem dotyczy kilkudziesięciu lat w przyszłości, zatem – kto i jak często powinien dokonywać aktualizacja danych, aby jednak metoda była użyteczna (jak zapisano w tezie) ?

4. Koszty związane ze zmianą infrastruktury

Z pracy (także z obserwacji codziennych na drogach) wynika, że istotnym problemem do rozwiązania i zdecydowanej poprawy jest system RO-RO. W mojej ocenie ważnym problemem jest budowa samego terminala, ale być może większym problemem jest doposażenie przewoźników kolejowych w wagony – platformy.

Proszę o krótki komentarz.

5. W podsumowaniu (str. 194) Doktorant stwierdza:

W efekcie, rozprawa doktorska dostarcza nową procedurę i narzędzia, za pomocą których możliwe jest wyznaczenie optymalnych z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju lokalizacji dla terminali intermodalnych.

Moje pytania

– *optymalnych*, czyli jakich ?

- czy to możliwe, realne (zmiennie decyzyjne są obarczone dużą niepewnością).

7. Bardzo wartościowy rozdział 9 został zatytułowany jako *Weryfikacja i walidacja metody lokalizacji terminali intermodalnych...* - czy rzeczywiście w rozprawie została przeprowadzona *weryfikacja i walidacja*; czy terminy te są synonimami ?

8. Czy byłoby możliwe, a raczej realne przykładowe rozwiązanie:

Transport drogowy z zachodu na Litwę - od granicy niemieckiej poprzez tereny Polski do granicy litewskiej – z wykorzystaniem terminali intermodalnych (dwóch), Terminal 1 – transport kolejowy – terminal 2 ?

3. Podsumowanie i ocena końcowa

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Mariusza Brzezińskiego pt. *Metoda lokalizacji terminali intermodalnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju Polski* podejmuje bardzo aktualne oraz istotne problemy związane z systemami transportu intermodalnego.

Poziom naukowy i aplikacyjny, a także całość rozprawy oceniam wysoko:

- Doktorant bardzo zasadnie opisuje wybór tematu, poprawnie formułuje tezę i cel,
- we właściwy i interesujący sposób opisuje problemy związane z systemami intermodalnymi w Polsce i Europie (ważny aspekt poznawczy),
- w sposób naukowy buduje modele lokalizacji i oceny lokalizacji terminali,
- opracowuje autorską metodę lokalizacji terminali intermodalnych,
- dokonuje implementacji komputerowej opracowanej metody,
- przeprowadza obszerną weryfikację zaproponowanej metody oraz dokonuje właściwej oceny uzyskanych wyników.

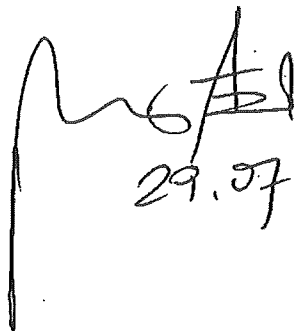
Do najważniejszych osiągnięć Doktoranta zaliczam:

- sformułowanie autorskiej metody wyznaczania lokalizacji terminali intermodalnych oraz wielokryterialnej metody oceny tych lokalizacji,
- opracowanie modelu matematycznego oceny lokalizacji dla transportu intermodalnego,
- opracowanie modelu wyznaczania rankingu lokalizacji dla terminali intermodalnych,
- opracowanie aplikacji komputerowej umożliwiającej wykorzystanie zaproponowanej metody do rozwiązywania problemu wyznaczania lokalizacji terminali w regionach poszukiwań.

Ważnym elementem przedstawionej rozprawy jest także wskazanie przez Doktoranta kierunków dalszych badań (str. 194). Dotyczy to zwłaszcza problematyki terminali typu RO-RO.

Na podstawie sporządzonej recenzji rozprawy doktorskiej mgra inż. Mariusza Brzezińskiego pt. *Metoda lokalizacji terminali intermodalnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju Polski* stwierdzam, że spełnione zostały wymagania określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85) oraz w Dziale 5 – Stopnie i tytuł w systemie szkolnictwa wyższego i nauki (art. 186, ust. 1).

Tym samym wnoszę o dopuszczenie mgra inż. Mariusza Brzezińskiego do publicznej obrony i do ubiegania się o stopień doktora w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.


29.07.2024