

Olsztyn, 21 sierpnia 2022 r.

Prof. dr hab. Zofia Rzepecka  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
Wydział Geoinżynierii  
Katedra Geodezji

## **Recenzja rozprawy doktorskiej**

**mgr Justyny Gabryszuk**

**pt. „Badanie wpływu zjawisk geofizycznych związanych ze zmianami klimatu na niepływowe zmiany długości doby ziemskiej”  
napisanej pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Wiesława Koska**

### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Recenzję niniejszą opracowano na zlecenie Rady dyscypliny inżynieria lądowa i transport Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (pismo 3DIŚiG-520-1/2019-2022, z dnia 21 czerwca, 2022), realizującej uchwałę 7/22 w sprawie powołania recenzentów rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Gabryszuk.

### **2. Opinia ogólna**

Recenzowana rozprawa dotyczy badania szeregów czasowych niepływowych zmian długości doby ziemskiej (LODR), współczynników opisujących dynamikę oceanów i atmosfery oraz współczynników związanych z aktywnością słoneczną i klimatem. Badano widma amplitudowe tych szeregów, czasowo-częstotliwościowe współczynniki korelacji, współczynniki korelacji zależne od częstotliwości, czasowo-częstotliwościowe współczynniki korelacji pomiędzy zmianami amplitud oscylacji, współczynniki korelacji zależne od częstotliwości między zmianami amplitud oscylacji pomiędzy szeregiem LODR i pozostałymi szeregami oraz poszukiwano podobieństwa pomiędzy zmianami amplitud oscylacji w szeregu LODR i pozostałych szeregach.

Badania przeprowadzono wykorzystując programy obliczeniowe autorstwa dr. hab. W. Popińskiego oraz Promotora rozprawy, prof. dr. hab. W. Koska. Analizowane szeregi czasowe pozyskano z odpowiednich stron internetowych.

Według mnie najbardziej charakterystycznymi cechami omawianej rozprawy doktorskiej są:

- ciekawa tematyka,
- zaawansowane metody badawcze,
- maksymalna zwięzłość,

- niepoprawna interpunkcja.

Dwie pierwsze spośród powyższych cech są jednoznacznie pozytywne, cecha trzecia w niektórych sytuacjach może być uważana za pozytywną, w innych za negatywną, natomiast cecha czwarta jest jednoznacznie negatywna i znacznie obniża przyjemność czytania oraz odbiór tekstu rozprawy.

Moja ogólna, wypadkowa ocena recenzowanej rozprawy mgr Justyny Gabryszuk jest pozytywna, szczegóły zamieszczam w dalszym tekście recenzji.

### **3. Ocena merytoryczna**

#### **3.1. Znaczenie problematyki podjętej w recenzowanej rozprawie**

W ramach pracy poszukiwano korelacji pomiędzy szeregiem czasowym niepływowych zmian długości doby ziemskiej LODR a szeregami czasowymi reprezentującymi wybrane zjawiska geofizyczne związane ze zmianami klimatu oraz indeksy związane z aktywnością słoneczną. Do szeregów czasowych związanych ze zmianami klimatu Autorka zaliczyła składową osiową pędu atmosfery, oscylacje antarktyczną, arktyczną, północnoatlantycką, południową, indeksy Nino oraz wskaźnik pacyficzno-północnoamerykański, natomiast szeregi związane z aktywnością słoneczną zawierały logarytmiczny wskaźnik aktywności magnetycznej, indeks Lymana, liczbę Wolfa, indeks rozbłysku słonecznego, dzienną średnią anomalię temperatury powierzchni lądu oraz całkowitą irradiancję słoneczną. Jak widać, w badaniach ujęto szerokie spektrum zjawisk geofizycznych opisujących dynamiczne zmiany stanu naszej planety, dlatego uważam, że tematyka badań jest bardzo ważna i aktualna. Znalezienie przyczyn zmian długości doby ziemskiej jest aktualnym wyzwaniem, nad którym pracują naukowcy w wielu światowych ośrodkach naukowych. W mojej opinii, każdy przyczynek do tych badań jest ważny.

Jeśli chodzi o bezpośrednie i praktyczne zastosowanie wyników badań uzyskanych w opiniowanej rozprawie, to jest nim – jak podkreśla sama Autorka – możliwość ich wykorzystania w przyszłości do opracowania dokładniejszych algorytmów transformacji pomiędzy międzynarodowymi systemami odniesienia ziemskim i niebieskim.

Problematykę badawczą podjętą w recenzowanej rozprawie oceniam bardzo pozytywnie.

#### **3.2. Metodyka badawcza (teza, założenia, metody)**

W recenzowanej rozprawie postawiono i zweryfikowano następującą tezę badawczą: *„w szeregu czasowym niepływowych zmian długości doby ziemskiej (LODR) występują nieregularne oscylacje szerokopasmowe, pobudzone w sposób losowy poprzez wymianę momentu pędu stałej Ziemi z momentem pędu atmosfery, w zakresie oscylacji o okresach od kilku dni do około 2 lat oraz zjawiskiem ENSO (El Nino Southern Oscillation) dla oscylacji kilkuletnich”*. W celu weryfikacji tej tezy wykorzystano zaawansowane metody analizy szeregów czasowych, co umożliwiło

wiarygodne badanie korelacji występujących w wykorzystanych szeregach czasowych danych geofizycznych.

Jak już wspomniano w punkcie 2 niniejszej recenzji, badano widma amplitudowe tych szeregów, czasowo-częstotliwościowe współczynniki korelacji, współczynniki korelacji zależne od częstotliwości, czasowo-częstotliwościowe współczynniki korelacji pomiędzy zmianami amplitud oscylacji, współczynniki korelacji zależne od częstotliwości między zmianami amplitud oscylacji pomiędzy szeregiem LODR i pozostałymi szeregami oraz poszukiwano podobieństwa pomiędzy zmianami amplitud oscylacji w szeregu LODR i pozostałych szeregach.

Przeprowadzone badania umożliwiły wykrycie podobnych zmian amplitud dla oscylacji o okresie około 470 dni w szeregach czasowych LODR, oscylacji arktycznej, północnoatlantyckiej oraz wskaźnika pacyficzno-północnoamerykańskiego. Wykryto również podobne zmiany amplitud oscylacji dwuletniej w szeregach czasowych LODR i indeksach Nino. Zauważono także oscylację 120-dniową o podobnie zmieniającej się amplitudzie w szeregach czasowych LODR oraz liczby Wolfa, logarytmicznego wskaźnika aktywności magnetycznej, a także dziennych średnich anomaliach temperatury powierzchni lądów. Ponadto znaleziono podobieństwo zmiany amplitud w szeregach LODR i dziennych średnich anomaliach temperatury powierzchni lądów o okresach 270, 300 i 506 dni, co może wskazywać na korelacje między zmianami temperatury lądów na Ziemi a długością ziemskiej doby. Znaleziono także podobne zmiany amplitud oscylacji o okresie 205 i 220 dni w szeregach LODR i szeregach całkowitej irradiancji słonecznej, co także sugeruje związek pomiędzy zmianami LODR i całkowitego napromieniowania słonecznego.

Zastosowane metody zostały dobrane poprawnie, zapewniły realizację badań i weryfikację postawionej tezy rozprawy. Moje uwagi i pytania dotyczące metodologii badań zamieściłam w punkcie 3.5 niniejszej recenzji.

### **3.3. Struktura rozprawy**

Treść rozprawy przedstawiona jest na 94 stronach. Poprzedzona jest streszczeniem w języku polskim i angielskim (2 razy po około 1,5 strony), spisem treści i wykazem skrótów. Za treścią rozprawy umieszczono spis literatury (18 stron) oraz spis rysunków i tabel (na około 5 stronach). Całość dysertacji zajmuje 130 stron rozmiaru A4. Praca jest podzielona na 8 rozdziałów, w tym wstęp, 5 rozdziałów o charakterze wprowadzającym lub opisowym, na zakończenie 2 rozdziały zawierające wyniki badań oraz podsumowanie i wnioski. Kolejność rozdziałów rozprawy jest prawidłowa i logiczna. Struktura pracy jest w zasadzie tradycyjna (teoria – metoda – obliczenia – prezentacja wyników - wnioski) i odpowiednia dla tego typu opracowania. We wstępie uzasadniono wybór tematyki pracy, podano jej tezę, wyeksponowano cel główny, jaki postawiła sobie Autorka, podano krótki przewodnik po kolejnych rozdziałach dysertacji. Rozdział drugi zawiera omówienie zagadnienia badania zmian długości doby ziemskiej, w rozdziale trzecim przedstawiono globalne ziemskie i niebieskie układy odniesienia, w rozdziale czwartym omówiono najważniejsze techniki obserwacyjne stosowane w geodezji kosmicznej i satelitarnej. Rozdział piąty zawiera omówienie zbiorów danych geofizycznych wykorzystanych do analiz. Rozdział szósty zapoznaje

czytelnika z wykorzystanymi metodami analizy szeregów czasowych. Rozdział siódmy prezentuje wyniki przeprowadzonych analiz, a w rozdziale ósmym zawarto podsumowanie i wnioski. W mojej opinii, o ile maksymalna zwięzłość, wspomniana przeze mnie w punkcie 2 niniejszej recenzji, jest cechą pozytywną w kontekście treści zawartej w rozdziałach 1-4, o tyle rozdziały 5, 6, 7 i, przede wszystkim 8, powinny być bardziej rozbudowane, zawierać więcej treści, omówień i przykładów. Odniosę się do tej kwestii w punkcie 3.5 recenzji, podając szczegółową ocenę merytoryczną poszczególnych części rozprawy. Długość rozdziałów zawierających podstawy teoretyczne, do których zaliczyłam rozdziały 1-6, stanowią około 51% całości, a rozdziały 7 i 8, zawierające wyniki badań i ich podsumowanie stanowią pozostałe 49% długości rozprawy. Taką proporcję można zaakceptować w tego typu opracowaniu.

### **3.4. Wykorzystana literatura**

Wykaz wykorzystanej literatury zajmuje 18 stron, kolejne pozycje ułożone są alfabetycznie względem nazwiska pierwszego autora. Nie są one ponumerowane. Wszystkich pozycji jest około 216, wydaje się to bardzo dużo. Większość cytowanych pozycji jest anglojęzyczna. Większość to pozycje z XXI wieku (około 60%). Pozycje starsze, czyli około 30% wszystkich (63/216), były warte zacytowania, ponieważ odnoszą się do opisów historii badania zmian długości doby ziemskiej czy też innych wielkości geofizycznych, lub do starszych definicji pojęć lub układów. Niemniej jednak byłam trochę zaskoczona, że jedno z głównych narzędzi do analizy szeregów czasowych wykorzystane w pracy, a mianowicie filtr środkowoprzepustowy transformaty Fouriera FTBPF pochodzi z pracy z lat 70-tych XX wieku. Najstarsza pozycja literatury pochodzi z 1758 roku i jest dziełem Leonharda Eulera dotyczącym badania ruchu obrotowego ciała stałego napisanym w języku francuskim. Z kolei bardzo mi zaimponowało to, że Autorka rozprawy czerpała wiadomości z dzieła samego Eulera.

Ogólnie do wykorzystanej literatury, jej doboru i sposobu cytowania nie mam większych uwag i uważam je za prawidłowe.

### **3.5. Szczegółowa ocena merytoryczna poszczególnych części rozprawy**

Pod względem merytorycznym praca zasługuje na pozytywną ocenę, niemniej jednak warto poczynić pewne ogólne i szczegółowe zastrzeżenia, część z nich może mieć charakter dyskusyjny. Mam jednak nadzieję, że te uwagi pomogą Doktorantce odpowiednio dopracować swój warsztat badawczy.

We **Wstępie** Autorka wprowadza czytelnika w tematykę pracy, podaje przyjętą definicję niepływowych zmian długości doby ziemskiej, krótko przedstawia jakie badania w tym zakresie już były zrobione przez inne ośrodki, stawia tezę i cel pracy, podaje uzasadnienie praktyczne podjętego tematu oraz dokonuje krótkiego omówienia zawartości kolejnych rozdziałów swojej pracy.

Autorka postawiła następującą tezę: „*w szeregu czasowym niepływowych zmian długości doby ziemskiej (LODR) występują nieregularne oscylacje szerokopasmowe pobudzone w sposób losowy poprzez wymianę momentu pędu stałej Ziemi z momentem pędu atmosfery AAM w zakresie oscylacji od kilku dni do około 2 lat oraz*

*zjawiskiem ENSO dla oscylacji kilkuletnich.*” Jednocześnie, w drugim akapicie wstępu, Autorka podaje, że korelacje pomiędzy LODR a AAM i ENSO znane są z wielu wcześniejszych publikacji. Uważam, że teza pracy powinna być omówiona szerzej w pracy doktorskiej, niekoniecznie we wstępie, ale w wybranym rozdziale, a następnie koniecznie w części zawierającej podsumowanie i wnioski. Proszę Doktorantkę o szersze omówienie tezy pracy i nowości, które mają być w niej udowodnione.

W **rozdziale drugim** omówione zostały podstawowe wiadomości na temat zmian długości doby ziemskiej LOD, przedstawiono w nim rys historyczny badań nad ruchem obrotowym Ziemi, omówiono międzynarodowe organizacje badające ruch obrotowy Ziemi, następnie omówiono parametry orientacji przestrzennej Ziemi EOP, do których zaliczany jest parametr LOD (przynajmniej w przypadku szeregów C04), omówiono czynniki geofizyczne wpływające na LOD, dokonano rozróżnienia między zmianami wpływowymi LOD i nie wpływowymi LODR, omówiono podstawowe wyniki poprzednich badań nad LOD i LODR.

Ten rozdział, w mojej opinii, jest napisany rzeczowo, poprawnie, dokonano trafnego wyboru przekazanych wiadomości. Trochę brakuje szerszego opisu parametrów EOP, pokazania w jakim układzie podawane są współrzędne bieguna ziemskiego x, y, etc. Natomiast Tabela 2.1 prowokuje do zadania pytania o dokładności wyznaczania wartości LOD i LODR. Podano w niej błędy wyznaczenia LOD, czy informacja o tych błędach była jakoś brana w pracy pod uwagę? Co na tej podstawie można powiedzieć o dokładności wyznaczenia wielkości LODR?

**Rozdział trzeci** jest poświęcony globalnym niebieskim i ziemskim systemom odniesienia (ICRS i ITRS) oraz ich realizacjom ICRF i ITRF. Czy tabele 3.1 i 3.2 są potrzebne w tak rozbudowanej postaci, w kontekście tytułu i celu pracy? Podobnie wzory 3.3 do 3.5? We wzorze 3.1 nagle wprowadzono niewyjaśnione oznaczenie GCRS, zapewne zamiast ICRS.

W **rozdziale czwartym** przedstawiono techniki obserwacyjne geodezji kosmicznej i satelitarnej wykorzystywane do wyznaczania parametrów EOP, w tym LOD. Są to techniki pomiarów laserowych SLR i LLR, interferometrii bardzo długich baz VLBI, pozycjonowania satelitarne GNSS oraz DORIS. Podobnie jak pozostałe rozdziały, tak i ta część pracy została potraktowana bardzo zwięźle, co jest może dobrą cechą tekstu naukowego, jednakże w mojej opinii, bardzo brakuje pokazania idei wyznaczania LOD i innych EOP za pomocą wymienionych technik. Według mnie, na obronę, zamiast podawania podstawowych informacji o SLR, LLR, VLBI, GNSS, DORIS, które wszyscy znają, warto byłoby omówić właśnie sposób wyznaczania EOP i LOD tymi technikami. Jeśli chodzi o pozostałe uwagi do tego rozdziału, to uważam, że wartość informacyjna Tabeli 4.1 ze strony 39 (dotyczy GNSS), bez podania wyjaśnienia występujących w niej symboli, jest niska. W tabeli tej wymieniono różne serwisy pozycjonowania, natomiast przy podawaniu dokładności pozycjonowania, nie podano, którego serwisu ta dokładność dotyczy.

W **rozdziale piątym** opisano zbiory danych poddane analizie w ramach przeprowadzonych badań. Badano zależności pomiędzy szeregiem czasowym LODR wyznaczonym od początku 1962 roku do końca marca 2020 roku a różnymi

wielkościami geofizycznymi związanymi z dynamiką oceanów i atmosfery (składowa osiowa momentu pędu atmosfery AAM, indeks oscylacji południowej SOI, indeksy Nino, indeks oscylacji północnoatlantyckiej NAO, oscylacja antarktyczna AO, wskaźnik pacyficzno-północnoamerykański PNA) oraz z aktywnością słoneczną (logarytmiczny wskaźnik aktywności magnetycznej Kp, indeks Lymana  $L_a$ , liczba Wolfa R, indeks rozbłysku słonecznego SFI, dzienną średnią anomalię temperatury powierzchni łądu TAVG, całkowita irradancja słoneczna TSI).

Ponownie, rozdział ten napisano tak zwięźle, jak to jest tylko możliwe, w niektórych miejscach nie podano jednostek omawianych wielkości, nie pokuszono się o próbę wyjaśnienia dlaczego daną wielkość warto przebadać w kontekście poszukiwania przyczyn zmian LODR, nie wyjaśniono dlaczego właśnie te wielkości wybrano do analiz.

**Rozdział szósty** przedstawia wykorzystane metody analizy widmowej i filtracji zastosowane do badania szeregów czasowych. Należą do nich widmo mocy, czasowo-częstotliwościowy i częstotliwościowy współczynnik korelacji między dwoma szeregami czasowymi oraz czasowo-częstotliwościowy i częstotliwościowy współczynnik korelacji pomiędzy zmianami amplitud oscylacji w dwóch szeregach czasowych. Definicje tych wielkości oparte są o transformatę Fouriera, Hilberta oraz filtr środkowoprzepustowy transformaty Fouriera. Autorka wprowadziła odpowiednie definicje i wzory, korzystając z bogatej literatury dotyczącej analizy widmowej szeregów.

W mojej opinii w podanych wzorach i definicjach brakuje interpretacji i omówień, jeśli są – to bardzo zdawkowe i nie wybiegające ponad to, co pod odpowiednimi wzorami można znaleźć w krótkich artykułach. Recenzowana praca doktorska nie jest długa, uważam, że opisy uzupełniające wzory, mogłyby stanowić dobry wkład Autorki w część metodologiczną pracy, dodatkowo ułatwiłyby czytelnikowi zrozumienie znaczenia wykorzystanych metod, pokazałyby także, że Autorka je dogłębnie rozumie. O ile transformata Fouriera wykorzystywana jest szeroko w analizie widmowej, to transformata Hilberta jest znacznie rzadziej omawiana. Warto byłoby wytłumaczyć, jaka jest jej fizyczna interpretacja, warto byłoby szerzej omówić znaczenie częstotliwości centralnej, czy jest to jedna z częstotliwości składowych, występujących w badanym szeregu, czy też jest ona niejako matematycznie skonstruowana oraz jaka jest jej interpretacja fizyczna.

Dobrze byłoby także szerzej omówić parametr  $\lambda$  występujący w zastosowanej funkcji transmitancji. Jak interpretować wyniki uzyskane dla różnych wartości tego parametru? We wzorze definiującym paraboliczną funkcję transmitancji nie wyjaśniono znaczenia argumentu częstotliwości  $\mu$ .

We wzorze 6.16 podano definicję i przepis na utworzenie sygnału zespolonego  $z(t, \omega)$ , gdzie częścią rzeczywistą tego sygnału zespolonego jest wejściowy sygnał  $x(t, \omega)$ , a jego częścią urojoną jest transformata Hilberta tego sygnału. Sama ta definicja jest prosta. Proszę o wytłumaczenie w jej kontekście potrzeby wprowadzenia wzorów 6.17-6.27. Wyjaśnienia wymaga też fakt, że według Autorki, wzór 6.28 wynika ze wzoru

6.27. Nie widzę tu wynikania, wzór 6.28 jest ogólnie znanym sposobem obliczania amplitudy sygnału zespolonego na podstawie jego części rzeczywistej i urojonej.

We wzorach 6.33 i 6.35 nie wyjaśniono jaką rolę pełni  $k$ . We wzorach 6.34 i 6.36 wprowadzenie nawiasów rozdzielających sumy pod pierwiastkami w mianownikach podniesie czytelność tych wzorów.

**Rozdział siódmy** przedstawia wyniki obliczeń uzyskane przez Autorkę. Obliczenia wykonano z zastosowaniem programów autorstwa dr hab. inż. Waldemara Popińskiego i prof. dr hab. inż. Wiesława Koska. Wyniki przedstawiono w formie wykresów oraz ich krótkich interpretacji. Rozdział ten jest najdłuższą częścią pracy, zajmuje 44 strony. Autorka uzyskała widma amplitudowe szeregów LODR i pozostałych szeregów przyjętych do badań, następnie przedstawiła czasowo-częstotliwościowy i częstotliwościowy współczynnik korelacji między dwoma szeregami czasowymi oraz czasowo-częstotliwościowy i częstotliwościowy współczynnik korelacji pomiędzy zmianami amplitud oscylacji w dwóch szeregach czasowych, w każdym przypadku badając odpowiednie korelacje między LODR a pozostałymi szeregami. Wyniki przedstawiono na 77 wykresach.

Dla różnych wartości parametru  $\lambda$  uzyskano różne wyniki dotyczące korelacji. Jaka jest interpretacja tego faktu? Jak wybierano wartości współczynników  $\lambda$ , dla których przeprowadzono obliczenia?

Na osiach pionowych niektórych wykresów brakuje jednostek.

**Rozdział ósmy** zawiera podsumowanie i wnioski. Został przedstawiony na 2,5 stronach. W mojej opinii jest on zdecydowanie za krótki. Przede wszystkim, nie dokonano żadnego odniesienia do tezy doktoratu. W tym właśnie miejscu należało dokonać podsumowania tych wyników, które świadczą o jej pozytywnej weryfikacji. W przypadku recenzowanej pracy, podsumowanie polegało na ponownym wymienieniu znalezionych korelacji. Nie zinterpretowano różnych wyników uzyskanych przy różnych wartościach parametru  $\lambda$ . Nie podoba mi się stwierdzenie „W pierwszej kolejności analizy wykonano pomiędzy szeregami czasowymi  $\chi_3$  AAM i LODR. Ze względu na potwierdzoną w licznych badaniach naukowych wysoką korelację pomiędzy tymi szeregami czasowymi, można było stwierdzić poprawność działania niniejszych procedur obliczeniowych, a następnie wykonać obliczenia dla innych szeregów czasowych”. Wydaje mi się, że zastosowane procedury obliczeniowe były już wielokrotnie sprawdzane przy generowaniu wyników prezentowanych w różnych wcześniejszych artykułach pisanych przez Autorów oprogramowania.

W trzecim akapicie Wstępu, Autorka użyła następującego sformułowania (które, nota bene, bardzo mi się podobało): „(...) *pozostaje wciąż pytanie, co tak naprawdę jest pierwotną przyczyną globalnych zmian prędkości obrotowej Ziemi i powiązanej z nią dynamiki atmosfery (...)*”. Czy udało się dokonać znaczącego przyczynku do odpowiedzi na to pytanie?

### 3.6. Język i formalna strona rozprawy

Język rozprawy jest poprawny i zrozumiały. Od strony formalnej błędem było pominięcie rozdziału ósmego w spisie treści. Natomiast w wielu miejscach Autorka

robiła podstawowe błędy interpunkcyjne, które bardzo przeszkadzały w czytaniu pracy. Przykładowe zdania z błędną interpunkcją:

- „(...) Halley badał historyczne zaćmienia Księżyca na podstawie, których doszedł do wniosku, że (...)”
- „Na skutek siły Eotvos’a przesuwałej powoli masy w kierunku równika zwiększeniu także ulega główny moment bezwładności Ziemi, co powoduje zmniejszenie jej prędkości obrotowej w wyniku, czego doba ziemską wydłuża się.”
- „W pracy skorzystano z szeregu czasowego  $\chi_3$  AAM wyinterpolowanego z jednodniowym interwałem próbkowania przedstawionych, jako suma składowych prędkości (wiatru) i masy (ciśnienia) zmodyfikowanej o efekt odwrotnego barometru (...)”.

Takich błędów w pracy jest bardzo dużo. Dodatkowo, często pod wzorami, umieszczano przecinek na początku linii, przed słowkiem „gdzie” bez spacji, co bardzo psuje widok całej strony.

Doktorantka zastosowała referencje nawiasowe, z umieszczonym w nawiasie nazwiskiem autora i roku publikacji, uważam to za prawidłowe i wygodne. Wykresy są raczej czytelne, może oprócz tych umieszczonych na rysunkach 7.7 i 7.11. Na niektórych wykresach brakuje jednostek na osi pionowej.

Reasumując, pod względem redakcyjnym i lingwistycznym, a także w zakresie stosowania poprawnych zasad używania odsyłaczy bibliograficznych, pracę oceniam pozytywnie, natomiast zastosowana interpunkcja jest w wielu miejscach nieprawidłowa.

### **3.7. Pytania problemowe**

Po zapoznaniu się z dysertacją, oprócz pytań i uwag szczegółowych, zawartych w treści recenzji, dodatkowo poniżej podaję trzy zagadnienia ogólne, o których przedyskutowanie proszę Doktorantkę podczas publicznej obrony:

- a) Proszę o szczegółowe omówienie tezy doktoratu, jej powiązania z przeprowadzonymi badaniami i uzasadnienia jej pozytywnej weryfikacji.
- b) Proszę o dokonanie interpretacji, wyjaśnienia i uzasadnienia najważniejszych wykorzystanych w pracy wzorów.
- c) Proszę o przedyskutowanie wybranych wyników uzyskanych przy różnych wartościach parametru  $\lambda$ .



#### **4. Podsumowanie, wnioski i konkluzja**

Wymienione powyżej sugestie i uwagi krytyczne nie zmieniają mojej pozytywnej opinii o pracy. Stwierdzam, że opiniowana praca spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595) i na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr Justyny Gabryszuk do publicznej obrony rozprawy doktorskiej przed Radą dyscypliny inżynieria lądowa i transport Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

Prof. dr hab. Zofia Rzepecka