

dr hab. inż. Marcin Chrzan
prof. UTH
Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny
w Radomiu
Wydział Transportu i Elektrotechniki

Radom, dnia 27.08.2018 r.



Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Michała Urbaniaka

pt.

**„Model organizacji ruchu na sieci kolejowej z uwzględnieniem rekuperacji energii”
przedstawionej**

Radzie Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej

promotor rozprawy: dr hab. inż. Ewa Kardas-Cinal, prof. PW

I. Podstawa opracowania recenzji

Podstawa prawna opracowania recenzji – pismo z dnia 27 lipca 2018 r. Dziekana Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej prof. dr hab. inż. Marianny Jacyny na podstawie dostarczonej rozprawy doktorskiej zatytułowanej: **„Model organizacji ruchu na sieci kolejowej z uwzględnieniem rekuperacji energii”**.

II. Uwagi ogólne

Przedstawiona do recenzji przez Pana mgr inż. Michała Urbaniaka dysertacja zatytułowana: *„Model organizacji ruchu na sieci kolejowej z uwzględnieniem rekuperacji energii”* stanowi istotny wkład w zagadnienia związane z eksploatacją taboru kolejowego, a w szczególności jego energochłonnością. W pracy autor wykazał, że stworzenie odpowiednich narzędzi programistycznych służących do synchronizacji rozkładów jazdy pojazdów szynowych, a później ich właściwe wykorzystanie może przyczynić się do ograniczenia zjawisk związanych z nadmierną energochłonnością taboru kolejowego. Biorąc to pod uwagę należy stwierdzić, że dotychczas w Polsce nie stworzono takiego mechanizmu do modelowania systemu zarządzania rozkładem jazdy oraz nie opracowano metody synchronizacji hamowania i rozruchu pociągów na wybranym odcinku linii kolejowej. Opracowanie autorskiego modelu energetycznej kompensacji pociągów oraz narzędzi programistycznych do weryfikacji zaproponowanej metody było procesem złożonym. Wymagało bowiem od autora pogłębienia wiedzy w zakresie



organizacji procesów przewozowych, złożonych zjawisk zachodzących w trakcji elektrycznej oraz metod programistycznych i symulacyjnych. Autor przedstawionej do oceny dysertacji podjął się tego trudnego zadania i w sposób wielowymiarowy zaproponował rozwiązanie tego problemu w aspekcie organizacji ruchu na sieci kolejowej z uwzględnieniem rekuperacji energii. Co w sposób jasny zostało uwypuklone w rozprawie przez autora jako wkład własny w dyscyplinę transport. W pracy została wskazany model energetycznej kompensacji pociągów oraz wskaźniki służące do budowy rozkładów jazdy uwzględniających wypracowaną metodę. Autor wyniki swojej analizy przedstawił na wybranym przykładzie na tyle uniwersalnym, że może on być wykorzystywany na innych liniach kolejowych. Podstawowym celem pracy było zdaniem autora: *„opracowanie metody modyfikacji kolejowego służbowego rozkładu jazdy (poprzez określenia rzeczywistego czasu przyjazdu pociągu na stację lub przystanek w jego dopuszczalnym zakresie z wykorzystaniem rezerwy technicznej) w celu podniesienia efektywności wykorzystania rekuperowanej energii oraz wyznaczenie ilości możliwej do zaoszczędzenia energii po wprowadzeniu zmian w rozkładzie jazdy na przykładowym odcinku sieci kolejowej.”* Praca ta stanowi próbę autorskiego ujęcia problematyki zarządzania ruchem kolejowym w celu ograniczenia jego energochłonności.

III. Struktura formalna oraz przedmiot i zakres dysertacji

Praca zawiera siedem rozdziałów w tym wstęp, wykaz skrótów i pojęć, bibliografię, załączniki oraz sześć rozdziałów zasadniczych. Została opisana na 130 stronach i zawiera 116 pozycji literatury światowej i krajowej. Układ treści, podział na rozdziały i podrozdziały oraz sformułowanie celu, tezy i wniosków jest zgodne z przyjętym schematem dla tego typu opracowania. Widoczny w pracy jest podział na część analityczną określającą bieżący stan wiedzy w zakresie rozprawy a także część praktyczną, w której autor przedstawił swoje propozycje rozwiązań oraz wyniki badań. Badania własne autor bardzo bogato udokumentował w pracy jak i w postaci załączników dołączonych do pracy. Tak, więc można stwierdzić, że taka struktura pracy odpowiada jej charakterowi dysertacyjnemu.

Język rozprawy świadczy o znajomości prezentowanej problematyki przez autora.

W rozdziale 1 składającym się z 3 stron autor przedstawił ogólną charakterystykę problematyki zawartej w rozprawie, a także wskazał na przesłanki, które legły u podstaw zajęcia się zagadnieniami opisanymi w dysertacji.

W rozdziale 2 zatytułowanym „Przegląd zasad organizacji ruchu kolejowego i strategii odzyskiwania energii”, autor dokonał analizy literatury krajowej i zagranicznej w zakresie:

- organizacji ruchu kolejowego;
- strategii odzyskiwania energii.



Na 11 stronach zostały przedstawione metody optymalizacji organizacji ruchu kolejowego według kryterium minimum kosztów oraz istniejące metody magazynowania energii w zasobnikach z możliwością jej zwrotu do sieci energetycznej. W pewnym zakresie autor przedstawił również koncepcję kooperacji energetycznej pomiędzy pojazdami trakcyjnymi.

W rozdziale 3 zatytułowanym Cel i teza rozprawy, autor na wstępie przedstawił cel rozprawy jak również zaprezentował szczegółowe cele badawcze do których należą:

- *usystematyzowanie oraz analizę stanu wiedzy na temat wykorzystania rekuperacji w transporcie szynowym zawarte w przeglądzie literatury niniejszej rozprawy,*
- *wybór najkorzystniejszej pod względem ekonomicznym, a zarazem efektywnej metody wykorzystania energii odzyskanej podczas procesu hamowania elektrodynamicznego pojazdu,*
- *rozbudowanie modelu matematycznego przejazdu teoretycznego o moduł analizy efektywności wykorzystania technologii rekuperacji z uwzględnieniem energetycznej kooperacji pociągów,*
- *na podstawie zaproponowanego modelu przejazdu teoretycznego stworzenie programu komputerowego optymalizującego wykorzystanie energii z rekuperacji,*
- *wyznaczenie zmodyfikowanego rozkładu jazdy (poprzez określenia rzeczywistego czasu przyjazdu pociągu na stację lub przystanek w jego dopuszczalnym zakresie) dla wybranej, rzeczywistej linii kolejowej,*
- *analizę otrzymanych wyników i określenie możliwych oszczędności związanych z zapotrzebowaniem na elektryczną energię trakcyjną dla danej linii przy wprowadzeniu proponowanych zmian.*

Tak sformułowane cele szczegółowe pozwoliły na postawienie tezy naukowej dysertacji: *„Możliwe jest zwiększenie efektywności rekuperacji energii w kolejowej sieci trakcyjnej dzięki energetycznej kooperacji pociągów poprzez modyfikację kolejowego służbowego rozkładu jazdy w zakresie rzeczywistych czasów przyjazdów pociągów bez ponoszenia dodatkowych kosztów związanych z rozbudową infrastruktury transportu szynowego.”*

Teza, cel i zakres pracy są sformułowane w sposób czytelny i świadczą o naukowym charakterze pracy, a przedstawione stronie 25 cele cząstkowe w klarowny sposób określają kierunek badań wiodący do uzyskania postawionego celu i potwierdzenia stawianej tezie w pracy. Tak postawiona teza i cele pracy świadczą o trafności wyboru i oryginalności problemu badawczego podjętego w rozprawie. A problem badawczy zaprezentowany w rozprawie należy uznać za istotny, z punktu widzenia jej tematyki i wnoszący znaczący wkład w dyscyplinę transport. Należy jednocześnie

stwierdzić, że zaproponowany zakres pracy jest bardzo szeroki dlatego też należy podkreślić systematykę podejścia do tematu w celu wychwycenia najważniejszych aspektów poszczególnych zagadnień przez autora tj.: organizacji procesów przewozowych, złożonych zjawisk zachodzących w trakcji elektrycznej oraz metod programistycznych i symulacyjnych,. Dlatego też należy wysoko ocenić umiejętność autora w zakresie wydobywania „clou problemu” z różnych dziedzin nauki w celu wykorzystania w pracy. Zawarte w tym rozdziale treści świadczą również o bogatej wiedzy merytorycznej autora z zakresu prezentowanej rozprawy, znajomości terminologii, metodologii badań oraz przyjętych i zastosowanych metod badawczych. Autor w ocenie recenzenta w sposób wystarczający dokonał analizy literaturowej w zakresie dysertacji oraz dokonał oceny stanu wiedzy.

Rozdziały 4, 5 i 6 z punktu widzenia rozprawy są rozdziałami zasadniczymi. Zostały tam przedstawione metody badawcze, autorska propozycja modelu energetycznej kooperacji pociągów oraz zastosowanie opracowanej metody na przykładzie linii kolejowej nr 250 Gdańsk Główny – Rumia.

O ile zawarte w rozdziale 4 modele są implementacją istniejących i znanych w literaturze modeli, tak przedstawiona w rozdziale 5 autorska propozycja modelu energetycznej kooperacji pociągów zawiera oryginalną metodę optymalizacji efektywności energetycznej kooperacji pociągów z wykorzystaniem jednego z algorytmów rojowych - algorytmu świetlika. W pracy autor wykorzystał ten algorytm do minimalizacji funkcji kosztu. W rozdziale tym autor przedstawił również założenia oraz narzędzia informatyczne jakimi będzie się posługiwał do rozwiązania zadania naukowego w postaci modułu analizy rozkładu jazdy – ARJ, modułu przejazdu teoretycznego – MPT, modułu optymalizacji przejazdu teoretycznego – OPT.

W rozdział 6 została przedstawiona implementacja opracowanej metody, w tym celu autor zdefiniował dane niezbędne do przeprowadzenia symulacji przejazdu teoretycznego, symulację przejazdu teoretycznego a także dokonał wyczerpującej analizy wyników symulacji przejazdu teoretycznego.

Biorąc pod uwagę powyższe w opinii recenzenta problem badawczy jaki został postawiony i zrealizowany w przedstawionej do recenzji dysertacji w pełni zasługuje na realizację w pracy doktorskiej w zakresie nauk technicznych w dyscyplinie naukowej transport.

Rozdział 7 stanowi podsumowanie pracy, w którym, autor odnosi się do postawionej tezy pracy oraz celów pracy. Za oryginalny wkład autora w pracy należy uznać:

- *stworzenie w oparciu o środowisko MATLAB oraz Simulink autorskiego programu komputerowego pozwalającego na analizę rozkładu jazdy na dowolnej trasie polegającą na wyszukiwaniu par pojazdów oraz stacji i przystanków, w obrębie których energetyczna kooperacja jest możliwa,*

- wykazanie, że na odcinku trójmiejskiego SKM Gdańsk Śródmieście – Lębork, w okresie od 13 marca do 9 czerwca 2018 roku, istniało 396 par pociągów w ciągu doby, dla których możliwa była energetyczna kooperacja bez ingerencji w obowiązujący rozkład jazdy,
- wykorzystanie algorytmu świetlika do określenia optimum zdefiniowanej funkcji celu minimalizującej rzeczywiste zapotrzebowanie na energię trakcyjną i maksymalizującej wielkość możliwej do odzyskania w procesie hamowania rekuperacyjnego energii elektrycznej,
- na podstawie przeprowadzonych obliczeń przejazdu teoretycznego dla kooperujących par pociągów i w oparciu o analizę sytuacji ruchowej w obrębie trzech przystanków (Gdańsk Żabianka AWFIS, Gdynia Orłowo oraz Gdynia Ciszowa) oszacowanie rzędu wielkości korzyści finansowych wynikających z synchronizacji hamujących i ruszających pociągów prowadzącej do zmniejszenia zapotrzebowania na energię trakcyjną.

IV. Ocena rozprawy

Treść pracy przedstawionej do recenzji, świadczy o dojrzałości naukowej kandydata oraz o zrealizowaniu postawionych tez badawczych. Autor sformułował w sposób czytelny tezę oraz problemy badawcze co w rezultacie doprowadziło w rozdziałach czwartym, piątym i szóstym do uzasadnienia stawianej tezy oraz problemu badawczego. Autor również zrealizował wszystkie postawione cele szczegółowe. Sposób prezentacji założeń, spójność zaproponowanych modeli oraz przejrzysty sposób prezentacji wyników zasługuje na szczególne wyróżnienie.

V. Uwagi krytyczne

Rozprawa zdaniem recenzenta jest przygotowana w sposób staranny, nie budzący większych zastrzeżeń, jednak autor nie ustrzegł się kilku stwierdzeń, które w ocenie recenzenta pozostawiają pewien niedosyt.

1. W rozdziale drugim, gdzie autor przedstawił organizację ruchu kolejowego, użył na stronie 15 stwierdzenia: „*Optymalizacja rozkładu jazdy jest dążeniem do osiągnięcia maksymalnej efektywności wykorzystania środków finansowych, technicznych i logistycznych posiadanych przez kolej.*” Sama logistyka to „optymalizacja” więc nie można optymalizować efektywności wykorzystania środków finansowych, technicznych i logistycznych.
2. Na stronie 20 autor pisze: „*Do wad powyższego systemu można zaliczyć również fakt, że energia odzyskana podczas procesu transportowego nie wraca do niego i nie wpływa bezpośrednio na jego energochłonność.*” W ocenie recenzenta użyto niewłaściwie sformułowania proces transportowy w aspekcie odzyskiwania energii. Proces transportowy

to zbiór (zespół) różnorodnych czynności związanych z przedmiotem transportu, występujących w określonej kolejności i wzajemnie ze sobą powiązanych w czasie i przestrzeni, których wykonanie jest niezbędne do przemieszczenia ładunków z miejsc produkcji do miejsc konsumpcji oraz osób z początkowych do końcowych punktów podróży. Tak więc hamowanie pociągu i związany z tym zjawiskiem odzysk energii nie jest procesem transportowym tylko w dużym przybliżeniu jego elementem. Co więcej teza postawiona w dalszej części tego zdania nie jest słuszna. Energia oddana do krajowego systemu energetycznego obniża koszt energii, więc wpływa na energochłonność transportu, a nie jak pisze autor nie wpływa.

3. Na stronie 22 autor wskazuje na opisane w literaturze pomysły dotyczące wykorzystania rekuperacji i przekazywania energii na inny pojazd trakcyjny oraz o propozycjach rozkładów jazdy dla metra w Madrycie, natomiast na stronie 13 w przesłankach do podjęcia tematu pisze: *„Wśród przeanalizowanych prac dotyczących ruchowej optymalizacji efektywności hamowania odzyskowego brakuje natomiast odwołań ściśle do ruchu kolejowego. Brak w nich dokładnie opracowanych modeli i narzędzi umożliwiających modyfikację dowolnego rozkładu jazdy dla potrzeb zwiększenia efektywności hamowania rekuperacyjnego.”*
4. Na rysunku 4 został przedstawiony schemat kolejności metod wykorzystania energii z hamowania odzyskowego. Czy zgodnie z definicją metody, na rysunku 4 przedstawiono schemat kolejności metod? W ocenie recenzenta nie ma metod bezkosztowych. Każde działania wiąże się z ponoszeniem kosztów finansowych bądź społecznych.
5. Błędne sformułowania pojawiają się w zdaniach na stronie 28, gdzie autor napisał: *„Wykonanie takich badań w praktyce, na rzeczywistych pojazdach i pracujących urządzeniach byłoby bardzo kosztowne i mogłoby prowadzić do poważnych utrudnień w ruchu.”* W ocenie recenzenta Zarządca infrastruktury po prostu nie wyraził by zgody na takie działania na czynnych liniach kolejowych. Dalej autor pisze o *„stosunkowo prostych operacjach obliczeniowych”* a dalej używa sformułowania *„specjalistycznych programów obliczeniowych”*, jak obliczenia są proste to po co wykorzystywać specjalistyczne programy obliczeniowe?
6. Na stronie 29 autor napisał: *„Jednostkowe opory dodatkowe zależą od profilu podłużnego i poprzecznego trasy (które można określić korzystając między innymi z pomiarów satelitarnych [58–60]).* Z takiej konstrukcji zdania może wynikać, że jednostkowe opory dotykowe można wyznaczyć na podstawie pomiarów satelitarnych, co jest nieprawdą.

7. Na stronie 52 wyliczając dane wymagane do poprawności działania systemu napisał: „*napięcie zasilające sieć trakcyjną (w przypadku większości linii kolejowych w Polsce jest to 3kV prądu stałego –DC)*”. Czy w Polsce mamy inne zasilanie linii kolejowych niż 3kV DC?
8. W pracy autor zastosował niezrozumiały dla recenzenta kryterium doboru ważniejszych skrótów, oznaczeń i ważniejszych pojęć oraz nie ustrzegł się niewielkich błędów redakcyjnych jak, np.: zmiana czcionki w streszczeniu w języku angielskim, tabela 2.2 literówka „podmiejskim”, czy w pozycji [71] pozostawienie znaków, których nie powinno być.
9. Rozdział Bibliografia jest przygotowany częściowo niezgodnie z normą PN-ISO 690:2012 „Wytyczne opracowania przypisów bibliograficznych i powołań na zasoby informacji”

W czasie obrony proszę o wyjaśnienie następujących kwestii:

1. Proszę o wskazanie różnicy merytorycznej pomiędzy rysunkami 9 i 10.
2. Proszę o wyjaśnienie w jaki sposób dokonano porównania na rysunkach 41, 42, 43 profilu toru nr 1 i 2 na linii kolejowej 250 skoro w Załączniku 3 do dysertacji, dane z kilometrażu różnią się w toku 1 i 2?
3. Czy zaproponowana metoda uwzględnia: zmniejszenie prędkości szlakowej, gradacje pierwszeństwa dla rodzajów pociągów, zmiany doraźne w rozkładzie jazdy?
4. Czy wskazana metoda uwzględnia tylko pociągi wjeżdżające i wyjeżdżające ze stacji, czy także pociągi będące w zasięgu zasilania podstacji trakcyjnej?

VI. Konkluzja

Biorąc pod uwagę przedstawione w recenzji aspekty rozprawy należy stwierdzić, że za pozytywną oceną pracy mgra inż. Michała Urbaniaka, mimo przedstawionych uwag krytycznych, które nie wpływają negatywnie na całokształt przedstawionej dysertacji przemawia przedstawiony warsztat naukowy.

Przygotowywana pod opieką promotora rozprawa stanowi w myśl art. 13 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr 65 z dnia 16 kwietnia 2003 r., poz. 595 z póź. zm.) oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w dyscyplinie naukowej transport, dlatego też wnoszę o dopuszczenie jej do dalszego procedowania i publicznej obrony.

