

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Pani mgr inż. Karoliny Szulc

**pt. *Warunki panujące w budynku w czasie ewakuacji osób
z niepełnosprawnościami***

napisanej pod kierunkiem naukowym promotor

Pani dr hab. inż. Małgorzaty Król, prof. PŚ,

przy wsparciu promotora pomocniczego Pana dr. inż. Marcina Ciska

1. Ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach składowych

Układ recenzowanej rozprawy doktorskiej odpowiada układowi naukowej pracy kwalifikacyjnej. Jako praca badawcza składa się z części teoretycznej oraz z części empirycznej. Tę pierwszą stanowią treści ujęte w rozdziale 2. Pozostałe rozdziały dysertacji zawierają rezultaty badań empirycznych wraz z niezbędnymi wprowadzeniami teoretycznymi. Ponadto, rozprawę doktorską otwiera wprowadzenie, a wieńczą wnioski końcowe i spis bibliograficzny. W ocenie recenzenta zabrakło spisu rysunków i spisu tabel – zwłaszcza, że stanowią one istotne i wartościowe merytorycznie elementy pracy.

We wprowadzeniu Autorka opisała motywację, jaka przyświecała jej przy wyborze przedmiotu badań naukowych. Trafnie zrelatywizowała ją ze współczesnymi zjawiskami społecznymi i trendami przeobrażającymi rzeczywistość. Zwróciła uwagę na sukcesywne starzenie się społeczeństwa oraz powiązany z nim wzrost ryzyka zagrożeń dla osób z niepełnosprawnościami (zwłaszcza osób o ograniczonej zdolności poruszania się). Równocześnie podkreśliła występowanie luk prawnych, które ograniczają kształtowanie warunków do efektywnego i racjonalnego zapewniania bezpieczeństwa użytkownikom budynków i innych obiektów budowlanych w odniesieniu do zagrożeń pożarowych. W niniejszej części rozprawy doktorskiej opisano także najważniejsze założenia badawcze, tj. cel badań (cel główny i cele pośrednie), hipotezy badawcze, zakres pracy i tzw. wkład własny

(rozumiany jako podkreślenie autorskiego podejścia do przeprowadzonych badań naukowych). W ocenie recenzenta zabrakło wyartykułowania głównego problemu badawczego i problemów szczegółowych. Wspomniane cele i hipotezy świadczą o racjonalnym i względnie spójnym ukierunkowaniu wysiłków badawczych. Dla dodatkowego podniesienia waloru powtarzalności badań naukowych, podczas obrony rozprawy doktorskiej **proszę wskazać, jak poszczególne cele badań naukowych (cel główny i cele pośrednie) mają się do hipotez badawczych i poszczególnych części rozprawy doktorskiej (rozdziałów i podrozdziałów).**

Rozdział 2 poświęcono rezultatom krytycznego przeglądu literatury przedmiotu. Badane źródła literaturowe podzielono na publikacje dotyczące ewakuacji osób z niepełnosprawnościami, modeli ewakuacji oraz warunków ewakuacji. Tym samym nakreślono teoretyczne tło badań naukowych oraz wyjaśniono kluczowe terminy wykorzystywane w rozprawie autorskiej. Uzyskano kontekst interpretacyjny dla wyników badań zaprezentowanych w kolejnych rozdziałach dysertacji. Przegląd literatury przedmiotu przeprowadzono w sposób pozwalający wykorzystać wybrane wyniki badań naukowych uzyskane przez innych naukowców w celach określenia szczegółowych założeń dla symulacji komputerowych i praktycznego sprawdzenia przebiegu ewakuacji, a także na potrzeby dyskusji wyników badań naukowych właściwych niniejszej rozprawie doktorskiej. W satysfakcjonującym stopniu oddano bieżący stan wiedzy w przedmiotowym zakresie (więcej uwagi można było poświęcić na zasygnalizowanie wybranych elementów problematyki ewakuacji osób z niepełnosprawnościami z nauk społecznych, choć najprawdopodobniej w marginalnym stopniu miałyby to swoje przełożenie na przebieg zrealizowanego procesu badawczego).

W rozdziale 3 opisano wyniki badań empirycznych dotyczących praktycznego sprawdzenia przebiegu ewakuacji, w tym ewakuacji osób z niepełnosprawnościami, w tym z wykorzystaniem krzesła ewakuacyjnego. Badania o charakterze eksperymentalnym przeprowadzono w budynku Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Z uwagi na rozkład pomieszczeń, lokalizację klatek schodowych i zastosowane elementy konstrukcyjne budynek ten może być traktowany jako referencyjny dla wielu rodzajów obiektów użyteczności publicznej w Polsce. Procedurę badawczą opisano w stopniu pozwalającym osiągnąć atrybut powtarzalności badań naukowych. Przyjęta próba badawcza (liczność grupy doświadczalnej) wynikała z ograniczeń praktycznych, w tym bezpieczeństwa uczestników eksperymentu (z uwagi na warunki ewakuacji oraz masowe oddziaływanie biologicznego czynnika chorobotwórczego w Polsce). Wyraża przyjęte i jednoznacznie zakomunikowane ograniczenia badawcze. Właściwe wyniki badań naukowych przedstawiono zrozumiale i atrakcyjnie graficznie, a także opatrzone komentarzem.

Modelowanie rozwoju pożaru stanowiło fragment przedmiotu badań naukowych, któremu dedykowano rozdział 4. Opisano w nim kolejną część wyników badań empirycznych. W tym przypadku dotyczyły przeprowadzenia symulacji komputerowych warunków pożarowych dla modelu obiektu odpowiadającego budynkowi, w którym dokonano praktycznego sprawdzenia przebiegu ewakuacji. Symulacje komputerowe wykonano z wykorzystaniem oprogramowania PyroSim, które opiera się na modelowaniu CFD. Wskazane narzędzie inżynierskie jest jednym z najpowszechniej stosowanych w branży ochrony przeciwpożarowej, i nie tylko. W rozprawie doktorskiej scharakteryzowano przyjęty model numeryczny oraz zestawiono wyniki symulacji komputerowych. Słusznie zdywersyfikowano je z uwzględnieniem obecności samozamykaczy w drzwiach na drogach ewakuacji (zwłaszcza przy wejściach na klatki schodowe) oraz specyficznych elementów tychże dróg. Szczegółowo opisano dane wejściowe oraz rezultaty symulacji. Dzięki temu kompleksowo przeanalizowano i oceniono warunki panujące na drogach ewakuacji w trakcie pożaru, ze szczególnym uwzględnieniem kluczowych parametrów toksyczności produktów termicznego rozkładu materiałów palnych w strefie zagrożenia.

Rozdział 5 to najbardziej wartościowa merytorycznie część dysertacji. Zebrano w nim wyniki badań naukowych dotyczących modelowania ewakuacji osób z budynku z uwzględnieniem ewakuacji osób z niepełnosprawnościami. W tym celu wykorzystano kolejne stosowane w praktyce narzędzie inżynierskie – oprogramowanie Pathfinder. W autorski sposób określono specyfikację agentów odzwierciedlającą uwarunkowania ruchu osób z niepełnosprawnościami oraz osób tzw. asysty. Symulacje przemieszczania się agentów w związku z ewakuacją przeprowadzono dla osób w pełni sprawnych, osób poruszających się o kulach, osób transportowanych na krześle ewakuacyjnym oraz osób tzw. asysty (w badaniach nazwanych ekipą pomocniczą). Rozkłady czasów ewakuacji dla różnych układów zmiennych zestawiono z rozkładami toksyczności. Dzięki temu odniesiono się do zasadniczych parametrów bezpieczeństwa ewakuacji (tj. wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji WCBE oraz dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji DCBE).

W rozdziale 6 zawarto zasadnicze wnioski z przeprowadzonych badań naukowych. Odniesiono się w nim do wybranych założeń badawczych, w tym postawionych wcześniej celów badań naukowych. W opinii recenzenta zabrakło wskazania perspektywicznych kierunków dalszych badań naukowych. Znajduje to swoje uzasadnienie w przyjętych ograniczeniach badawczych. Wobec powyższego, podczas obrony rozprawy doktorskiej **proszę wskazać** **cn. 5 perspektywicznych kierunków kontynuacji przeprowadzonych badań naukowych w relacji z reprezentowaną dyscypliną naukową.**

Układ rozprawy doktorskiej oceniam pozytywnie.

2. Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej

Autorka powołała się w sumie na 149 pozycji literaturowych. W przeważającej mierze były to publikacje naukowe. Uzupełniono je głównie o krajowe akty prawa powszechnie obowiązującego, w których zawarto regulacje prawne determinujące współczesną koncepcję ewakuacji osób z niepełnosprawnościami z budynków w Polsce, a także dokumenty zawierające dobre praktyki międzynarodowe w zakresie ewakuacji.

Na potrzeby przeprowadzenia sprawozdawanych w rozprawie doktorskiej badań naukowych nawiązano do najistotniejszych współcześnie prac naukowych w przedmiotowym zakresie, w tym do rezultatów wysiłków badawczych podejmowanych przez właściwych pionierów i osób o ugruntowanej pozycji międzynarodowej (m. in. Kuligowski, Zhao, Gwynne, Proulx, Sharifi, Cisek), a także do czasopism zasadniczo kształtujących współczesną wymianę myśli naukowej na świecie (m. in. *Fire Safety Journal*, *Building and Environment*, *Safety Science*, *Physica A*, *Fire Technology*). Tym samym stwierdzam, że dokonano doboru literatury przedmiotu w sposób racjonalny i zapewniający ukazanie obecnego stanu wiedzy w zakresie ewakuacji osób z niepełnosprawnościami w budynków. Sposób ten był adekwatny względem przyjętych założeń badawczych. Umacnia w przekonaniu, że Autorka prezentuje poziom wiedzy wynikającej z osiągnięć krajowych i, co istotniejsze w niniejszym kontekście, międzynarodowych.

Piśmiennictwo zastosowane w ramach rozprawy doktorskiej oceniam pozytywnie.

3. Wskazanie oraz ocena celu pracy kandydata

Za cel pracy przyjęto „sprawdzenie czy istnieje możliwość analizy warunków jakie mogą panować na drodze ewakuacji w czasie rozwoju pożaru w wybranym budynku, wykorzystując w tym celu komercyjne narzędzia komputerowe. Jednocześnie, czy dostępny czas bezpiecznej ewakuacji (DCBE) jest wystarczający dla zapewnienia bezpiecznych warunków na drogach ewakuacyjnych w czasie ewakuacji osób mających trudności z poruszaniem się” [s. 10].

Zacytowany powyżej cel główny zdekomponowano do postaci 8 celów szczegółowych [s. 10]. Układ celów szczegółowych odzwierciedla przyjętą metodę badań (w szerokim rozumieniu) oraz zaprojektowany proces badawczy.

W toku przeprowadzonych badań naukowych przyjęty cel pracy został osiągnięty w pełni. Wiązało się to z osiągnięciem wszystkich celów szczegółowych.

Cel pracy oceniam pozytywnie.

4. Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych

Autorka umiejętnie zastosowała racjonalnie dobrany zestaw metod badawczych. Były to teoretyczne metody badawcze (określające sposób formułowania treści i same treści) oraz empiryczne (praktyczne) metody badawcze (pozwalające na gromadzenie materiału badawczego). Razem ukonstytuowały metodę badań (w szerokim rozumieniu).

W związku z prowadzeniem badań naukowych w naukach inżynieryjno-technicznych na szczególną uwagę zasługują empiryczne metody badawcze. Zastosowano metodę eksperymentu oraz metodę symulacji komputerowych.

Metoda eksperymentu znalazła swoje zastosowanie w odniesieniu do praktycznego przeprowadzenia ewakuacji. Uwarunkowania COVID-19 oraz relatywnie wysokie ryzyko ewakuacji (w tym ćwiczeń ewakuacyjnych) spowodowały ograniczenie liczności próby (uczestników eksperymentu) do niezbędnego minimum. Rezultaty jej zastosowania opisano w rozdziale 3, a wykorzystano w ostatniej, najbardziej wartościowej poznawczo części rozprawy doktorskiej (w rozdziale 5).

Metoda symulacji komputerowej rozwoju pożaru została zastosowana dzięki oprogramowaniu PyroSim na potrzeby określenia warunków panujących na drogach ewakuacji podczas pożaru. Dzięki niej uzyskano informacje na temat warunków brzegowych świadczących o tym, czy na drogach ewakuacji jest (jeszcze) bezpiecznie. Rezultaty jej zastosowania opisano w rozdziale 4, a wykorzystano w ostatniej, najbardziej wartościowej poznawczo części rozprawy doktorskiej (w rozdziale 5).

Metoda symulacji komputerowej modelowania ewakuacji została zastosowana dzięki oprogramowaniu Pathfinder na potrzeby określenia przebiegu ewakuacji w zakładanych warunkach infrastrukturalnych, a także na potrzeby porównania z wynikami badań eksperymentalnych.

Autorka dobrała instrumentarium badawcze w sposób adekwatny względem przyjętych założeń badawczych. Wykazała się umiejętnością wykorzystania wybranych narzędzi inżynierskich w praktyce badań naukowych. Uwzględniła przy tym właściwe ograniczenia użytkowe.

Zastosowane metody badawcze oceniam pozytywnie.

5. Ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań

Omówienia wyników badań naukowych zostały umiejscowione bezpośrednio w treściach podrozdziałów prezentujących te wyniki, w podrozdziałach podsumowujących

rozdziały odnoszące się do badań empirycznych (rozdział 3, rozdział 4 i rozdział 5), a także w rozdziale 6 (wnioskach końcowych).

Z treści podsumowujących wynika umiejętność stosowania przez Autorkę teoretycznych metod badawczych syntezy, uogólnienia, porównania, analizy porównawczej, a także wnioskowania logicznego (indukcyjnego i dedukcyjnego). Analiza wyników badań została przeprowadzona na satysfakcjonującym poziomie szczegółowości – wystarczająco wnikliwie, aby odnieść się do przyjętych założeń badawczych oraz pośrednio zasygnalizować perspektywiczne kierunki dalszych badań naukowych. Wnioski zostały wyciągnięte prawidłowo, odzwierciedlając relację przyczynowo-skutkową pomiędzy uzyskanymi wynikami badań naukowych a nową wiedzą naukową.

Części rozprawy doktorskiej dotyczące omówienia wyników badań naukowych oceniam pozytywnie.

6. Informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań

Dostrzegam możliwość praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań w następujących przypadkach:

- a) argumentów w pracy projektantów, inspektorów ochrony przeciwpożarowej i rzeczoznawców do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych za stosowaniem samozamykaczy w drzwiach na drogach ewakuacyjnych, a zwłaszcza w drzwiach z korytarzy na klatki schodowe (tj. w miejscach przejścia poziomych dróg ewakuacji w pionowe drogi ewakuacji),
- b) przesłanek i studium przypadku pozwalającym na modyfikację algorytmów ruchu agentów w programach symulacji ewakuacji bazujących na mechanice płynów (Pathfinder, Exodus, VISWalk i in.),
- c) studium przypadku na potrzeby racjonalizacji instrukcji bezpieczeństwa pożarowego w budynku Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach przy uwzględnieniu ewakuacji osób z niepełnosprawnościami,
- d) studium przypadku na potrzeby racjonalizacji instrukcji bezpieczeństwa pożarowego w budynkach użyteczności publicznej w odniesieniu do uwzględnienia ewakuacji osób z niepełnosprawnościami,
- e) punktu wyjścia do pogłębionych badań naukowych dotyczących większych (niżeli próba badawcza) zbiorowości, skutkujących publikacjami wysoko punktowanymi.

7. Informacja o ewentualnych nieprawidłowościach, które pojawiły się w ocenianej rozprawie doktorskiej

Autorka nie ustrzegła się drobnych potknięć terminologicznych, które miały marginalne znaczenie dla zrealizowania przyjętych założeń badawczych (np. traktowanie na równi terminów akcja ratownicza i działanie ratownicze, utożsamianie starzenia się społeczeństwa jako szansy a nie zagrożenia lub przynajmniej wyzwania, niejednoznaczne rozróżnianie terminów osoba z niepełnosprawnością i osoba ze szczególnymi potrzebami).

W opinii recenzenta mocniej można było zaakcentować ograniczenia badawcze, w związku z którymi badania naukowe nie są reprezentatywne statystycznie, a przyjęły formę studium przypadku (referencyjnego dla wielu rodzajów obiektów użyteczności publicznej).

Ponadto, bardziej bezpośrednie odniesienie do siebie celów badań, hipotez naukowych i rozdziałów rozprawy doktorskiej podniosło by walory klarowności założeń badawczych. Podobnie jak sformułowanie głównego problemu badawczego i problemów szczegółowych.

Pomimo stwierdzonych nieprawidłowości uważam, że nie wpłynęły one istotnie na powodzenie zaprojektowanych i zrealizowanych badań naukowych.

8. Ocena, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

O oryginalności rozwiązania problemu naukowego poprzez rozprawę doktorską świadczą autorskie:

- a) zarysowanie tła badań naukowych wraz z determinowaną współczesnymi zjawiskami społecznymi motywacją do ich podjęcia,
- b) połączenie empirycznych metod badawczych, w tym metody eksperymentu i metod symulacji komputerowej,
- c) wykorzystanie wyników badań eksperymentalnych do zasilenia danych wejściowych w modelu ewakuacji na potrzeby symulacji przebiegu ewakuacji z budynku osób z niepełnosprawnościami,
- d) uwzględnienie podczas badań naukowych kluczowych zmiennych (m. in. samozamykaczy w drzwiach, faktu wykorzystania krzesła ewakuacyjnego, podziału dróg ewakuacji na charakterystyczne fragmenty, uwzględnienia osób o ograniczonej zdolności poruszania się posługujących się kulami),
- e) uwzględnienie praktycznych aspektów wykorzystania specjalistycznego sprzętu (przygotowania krzesła ewakuacyjnego do użycia).

W ocenie recenzenta rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

9. Ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej

Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Autorki w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Autorka zastosowała charakterystyczną dla tej dyscypliny terminologię. Ponadto, odnotowałem opanowanie wiedzy z wybranych zakresów pokrewnej dyscypliny naukowej, tj. inżynierii bezpieczeństwa. Autorka wykazała się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Dowiodła tego poprzez wyartykułowanie obszaru niewiedzy, sformułowanie zasadniczych założeń badawczych ukierunkowanych na osiągnięcie przyjętego celu badań naukowych, adekwatny dobór instrumentarium badawczego (zwłaszcza inżynierskich empirycznych metod badawczych), prawidłowe zaprojektowanie procesu badawczego, efektywną jego realizację oraz opisanie wyników badań naukowych w formie dysertacji.

10. Wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej wraz z uzasadnieniem

Wnioskuje o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Karoliny Szulc pt. *Warunki panujące w budynku w czasie ewakuacji osób z niepełnosprawnościami*. Niniejszy wniosek popieram następującymi argumentami:

- 1) W rozprawie doktorskiej potwierdzono liczne przypuszczenia, z jakimi można spotkać się w działalności praktycznej inspektorów ochrony przeciwpożarowej i rzeczoznawców do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych (m. in. o wpływie ograniczoności ruchowej na czas ewakuacji, toksyczności podsufitowej warstwy dymu w warunkach pożaru determinowanej przez wiele niebezpiecznych substancji chemicznych).
- 2) Przeprowadzone badania naukowe były interdyscyplinarne. Autorka w umiejętny sposób odzwierciedliła w nich specyfikę inżynierii środowiska, górnictwa i energetyki oraz inżynierii bezpieczeństwa.
- 3) Autorka w unikalny sposób powiązała ze sobą empiryczne metody badawcze. Polegało to na tym, że rezultaty eksperymentu posłużyły jako dane wejściowe do symulacji

komputerowych. Ich wykorzystanie rzuciło światło na niedoskonałości narzędzi inżynierskich wykorzystywanych w badaniach naukowych.

- 4) Ze wspomnianych niedoskonałości wynika potencjał rozwoju numerycznych narzędzi badawczych. Sposób określenia profilu agentów pełniących rolę osób z niepełnosprawnościami, wykorzystujących specjalistycznych sprzęt lub nie, a także osób tzw. asysty może posłużyć do rozwoju specjalistycznego oprogramowania symulacyjnego ewakuacji.
- 5) Z przyjętych ograniczeń badawczych pośrednio wynika potencjał dalszych badań naukowych – perspektywicznych dla rozwoju zarówno inżynierii środowiska, górnictwa i energetyki, a także inżynierii bezpieczeństwa.

11. Wnioski końcowe

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Karoliny Szulc pt. *Warunki panujące w budynku w czasie ewakuacji osób z niepełnosprawnościami* stanowi oryginalne rozwiązanie istotnego społecznie problemu naukowego o naturze inżynierskiej. Wyniki wnikliwej analizy jej treści utwierdzają w przekonaniu, że prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Autorki w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Na jej podstawie stwierdzam, iż Autorka wykazała się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Reasumując, rozprawa doktorska Pani mgr inż. Karoliny Szulc pt. *Warunki panujące w budynku w czasie ewakuacji osób z niepełnosprawnościami* spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.). W związku z powyższym wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

Podpisał Paweł Gromek