

Warszawa, 12 kwietnia 2024 r.

dr hab. inż. Adam Krasuski, prof. uczelni

Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa

Akademia Pożarnicza w Warszawie

## **Recenzja**

### **rozprawy doktorskiej mgra inż. Adama Dorsza, pt. „Wykorzystanie metod obliczeniowej mechaniki płynów do oceny możliwości ewakuacji podczas pożaru, implementacja do procesu projektowego”**

#### 1. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Adama Dorsza, pt. „Wykorzystanie metod obliczeniowej mechaniki płynów do oceny możliwości ewakuacji podczas pożaru, implementacja do procesu projektowego”, wykonana pod kierunkiem prof. dra hab. inż. Artura Rusowicza. Rozprawa jest pracą wdrożeniową co jednak nie zostało zaznaczone wprost w rodzaju rozprawy. Niemniej tytuł rozprawy zawiera słowo „implementacja” oraz w streszczeniu autor napisał: „W ramach pracy dokonano wdrożenia metody modelowania pożarów wykorzystującej obliczeniową mechanikę płynów do odwzorowania warunków środowiskowych panujących podczas pożaru do rzeczywistego procesu projektowego systemów poprawiających bezpieczeństwo ewakuacji podczas pożaru dostarczanych przez partnera doktoratu, jakimi są systemy wentylacji pożarowej”. W związku z powyższym praca została oceniona przez recenzenta jako praca wdrożeniowa.

Oceniana w tej recenzji rozprawa ma być podstawą do nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria środowiska górnictwo i energetyka.

## 2. Podstawa formalna wykonania recenzji

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Adama Dorsza, pt. „Wykorzystanie metod obliczeniowej mechaniki płynów do oceny możliwości ewakuacji podczas pożaru, implementacja do procesu projektowego”, została wykonana na podstawie umowy zawartej pomiędzy Politechniką Warszawską, Wydziałem Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa w Warszawie, przy ulicy Nowowiejskiej 24, który reprezentuje prof. dr hab. inż. Janusz Frączak – Dziekan Wydziału, a recenzentem pracy doktorskiej dr. hab. inż. Adamem Krasuskim, prof. uczelni. Recenzja została opracowana na bazie egzemplarza pracy doktorskiej, którą recenzent otrzymał wraz z umową. W niniejszej recenzji skupiono uwagę na dostarczeniu jednoznacznych odpowiedzi czy zostały przez doktoranta spełnione wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742), a mianowicie:

1. Czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej [P1].

2. Czy przedmiot rozprawy doktorskiej stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne [P2].

3. Czy forma rozprawy jest poprawna, a zatem stanowi ją praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej [P3].

4. Czy do rozprawy doktorskiej dołączono streszczenie w języku angielskim (w przypadku pracy polskojęzycznej), a do rozprawy doktorskiej przygotowanej w języku obcym również streszczenie w języku polskim [P4].

## 3. Celowość podjęcia i oryginalność tematu

W Polsce jak również w wielu innych krajach ochrona przeciwpożarowa bazuje głównie na przepisach mających charakter nakazowy. Oznacza to, że w zależności od rodzaju i klasy budynku obowiązuje szereg wymagań, które muszą być spełnione na etapie projektowym

i wykonawczym, aby projekt mógł uzyskać pozwolenie na budowę, a w konsekwencji budynek mógł być dopuszczony do użytkowania. W takim kontekście aktywność inżynierów pożarowych sprowadza się do znajomości oraz właściwej interpretacji przepisów budowlanych i pożarowych.

Prawo budowlane w Polsce było zmieniane wielokrotnie. Istnieje zatem dosyć duża liczba budynków, które nie są zgodne z obecnymi przepisami. Ustawodawca nakłada obowiązek dostosowania tych budynków do obowiązujących przepisów wówczas, gdy inwestor lub powołany zespół zaplanuje rozbudowę, przebudowę lub nadbudowę takiego budynku.

Dostosowanie budynku do aktualnie obowiązujących przepisów może być nieopłacalne z punktu widzenia biznesowego lub też wręcz niemożliwe do spełnienia np. dla budynków będących pod ochroną konserwatora zabytków. Wówczas to ustawodawca zapewnił możliwość alternatywnego projektu, nie będącego w pełni zgodnym z przepisami poprzez opracowanie Ekspertyzy stanu zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz uzyskanie pozytywnego stanowiska Komendanta Wojewódzkiego Państwowej Straży Pożarnej. W ramach ekspertyzy należy zaproponować rozwiązania zamiennie lub zastępcze kompensujące brak spełnienia przepisów i wykazanie, że zapewniają one nie gorszy poziom bezpieczeństwa niż wymagany przez przepisy.

Do wykazania skuteczności rozwiązań zamiennych i odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa wykorzystywane są narzędzia inżynierii bezpieczeństwa w tym symulacje CFD.

Istnieje również możliwość zaprojektowania nowego budynku przy odstępieniu od przepisów pożarowych, niemniej tutaj należy uzyskać postanowienie Ministra Rozwoju i Technologii. W przypadku odstępstwa ministerialnego wymagane jest również wykazanie, że odpowiednie bezpieczeństwo pożarowe będzie na poziomie nie niższym niż wymagane przepisami. W tym przypadku również stosuje się narzędzie inżynierskie.

Ustawodawca również wyodrębnił obszar, gdzie metody inżynierskie zostały wskazane wprost jako kryteria oceny bezpieczeństwa – mianowicie garaże zamknięte podziemne. W tego typu strefach pożarowych, przy określonej ich powierzchni, wymagane jest wykazanie za pomocą metod inżynierskich, że wentylacja oddymiająca zaprojektowana dla przestrzeni garażu jest skuteczna. Powszechną metodą znajdującą tutaj zastosowanie są ponownie symulacje CFD.

Wykorzystanie zatem metod inżynierskim jest problemem ważnym, ponieważ dotyczy codziennego funkcjonowania biur projektowych, a także wpływa na ogólne bezpieczeństwo

pożarowe społeczeństwa w zakresie dostosowania budynku do wymaganego poziomu bezpieczeństwa.

Inżynieria pożarowa przez lata ewoluowała od prostych analitycznych metod obliczeniowych poprzez modele strefowe, a następnie do modeli polowych stanowiących obecnie najwyższy poziom analiz. W latach osiemdziesiątych poprzedniego wieku, szczytem zaawansowania wydawały się modele strefowe. Weszły one do praktycznego użytku i ugruntowały się długo przed stosowaniem modeli polowych. W wielu państwach w tym USA, Niemcy, Austria stanowią one nadal podstawę wielu analiz inżynierskich. Modele strefowe, wypracowały też podejście do analizy bezpieczeństwa i kryteriów oceny. Między innymi temperatury i zasięgu widzialności. W związku z tym, że modele strefowe charakteryzowały się uśrednionymi wartościami gęstości optycznej dymu czy temperatury w ramach danej warstwy, kryteria oceny polegały na sprawdzeniu, kiedy warstwa dymu zejdzie do poziomu zagrażającemu ewakuacji oraz czy wartość gęstości optycznej lub temperatury w tej warstwie jest wyższy niż uznano za bezpieczny.

Wprowadzenie modeli polowych pozwoliło na dużo bardziej realistyczne odwzorowanie ruchu dymu w pomieszczeniach. Odwzorowano fluktuacje dymu w czasie i przestrzeni. Niemniej kryteria oceny pozostały te same. Co w aspekcie nierównomiernych wartości gęstości dymu lub temperatury na danej wysokości powodowało wiele rozbieżności i uznawalności w ocenie sytuacji, a przez to obniżenie poziomu bezpieczeństwa lub nadmierne inwestycje w bezpieczeństwo. Problem zatem pozostaje aktualny i nadal nie rozwiązany.

Praca Pana mgr inż. Dorsza dotyczy opisanego problemu. Jego autorską propozycją jest zastosowanie w ocenie ścieżek ewakuacji, na których porównywany jest aktualny zasięg widzialności z wymaganym do ewakuacji zasięgiem. Metoda pozwala na uniknięcie dwuznaczności i uznaniowości interpretacji wyników analiz, dzięki jednoznacznemu i mierzalnemu kryterium oceny. Stanowi zatem istotny wkład do dyscypliny [P2].

## 4. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedłożona do oceny praca doktorska mgr. inż. Adama Dorsza liczy ogółem 207 numerowanych stron. Do pracy dołączono streszczenie w języku polskim i angielskim. Praca składa się z 15 rozdziałów i 45 podrozdziałów, które obejmują tło historyczne i wprowadzenie do bezpieczeństwa pożarowego, opis warunków środowiskowych i systemów bezpiecznej ewakuacji, przegląd różnych metod modelowania pożaru, wdrożenie i optymalizację analizy CFD w procesie projektowania partnera, problematykę modelowania widoczności, porównanie

i proponowanie metod oceny, podsumowanie i bibliografię. W tym miejscu mogę jednoznacznie twierdząc odpowiedzieć, iż przedłożona do oceny praca doktorska spełnia wymagania określone w pkt. 4, art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742) [P4].

Celem pracy było wdrożenie metody modelowania pożaru z wykorzystaniem obliczeniowej mechaniki płynów do oceny warunków bezpieczeństwa ewakuacji podczas pożaru, w rzeczywistym procesie projektowania systemów wentylacji pożarowej. W dalszej kolejności dokonam krótkiego podsumowania pracy celem zarysu metody jaką Autor zastosował realizując cel pracy.

Historyczne i teoretyczne tło inżynierii bezpieczeństwa pożarowego: Praca zawiera historyczny przegląd zdarzeń pożarowych i środków bezpieczeństwa pożarowego od czasów starożytnych do współczesności. Wprowadzono także warunki środowiskowe mające wpływ na bezpieczeństwo ewakuacji, takie jak widoczność, temperatura i toksyczność. Zawiera przegląd różnych typów narzędzi do modelowania pożaru, takich jak modele algebraiczne, strefowe i polowe, a także ich zalety i ograniczenia.

Wdrożenie i optymalizacja analizy CFD w firmie partnerskiej: W rozdziale opisano wyniki testów, które zostały przeprowadzone w celu zaproponowania strategii dla obliczeń równoległych MPI, co umożliwiło wdrożenie klastrowej infrastruktury obliczeniowej odpowiadającej zapotrzebowaniu i charakterystyce projektów w firmie partnerskiej. W rozdziale przedstawiono także model porównawczy oraz cztery strategie obliczeniowe, a także dokonano oceny ich efektywności pod względem kosztu i czasu.

Modelowanie i ocena widoczności za pomocą CFD: W pracy omówiono problem modelowania widoczności, która jest jednym z najważniejszych parametrów oceny bezpieczeństwa ewakuacji podczas pożaru. Autor porównuje metody algebraiczne i CFD modelowania widoczności oraz analizuje wpływ różnych parametrów wejściowych i wyjściowych na zakres widoczności. Proponuje także modele oceny oparte na stopniu zaciemnienia wiązki światła przechodzącej przez warstwę dymu, które pozwalają na bardziej jednoznaczną interpretację wyników.

Współpraca z firmą APOż i tworzenie wytycznych CFD: W pracy przedstawiono współpracę z Akademią Pożarniczą, w wyniku której powstały ogólnopolskie wytyczne dotyczące opracowywania i oceny analiz numerycznych CFD systemów wentylacji pożarowej w garażach podziemnych zamkniętych. Wytyczne mają na celu zapewnienie spójnego i przejrzystego procesu weryfikacji systemów wentylacji pożarowej przez organy Państwowej Straży Pożarnej.

Całość pracy jest podsumowana trafnymi wnioskami wynikającymi z części eksperymentalnej i analitycznej. Stwierdzam zatem, że forma rozprawy jest poprawna, a tym samym spełniono wymagania określone w pkt. 3, art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742) [P3].

Kolejnym elementem jaki należy ocenić to umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej doktoranta [P1].

Przedłożona praca jest monografią jedno autorską mgr inż. Adama Dorsza. Zgodnie z treścią pracy, wszystkie badania, a także aplikacja i wdrożenie pracy zostało wykonane przez Doktoranta. Z treści podziękowań można wywnioskować, że udział promotora polegał głównie na nadzorowaniu tworzonej koncepcji i metodyk oraz każdorazowo nad przebiegiem samego procesu publikacyjnego. Wspominany został również opiekun pomocniczy, który stanowił wsparcie w aspektach technicznych i wdrożeniowych.

Potwierdzam tym samym jednoznacznie umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej doktoranta (praca spełnia wymagania określone w pkt. 1, art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742) [P1]). Na bazie powyższej analizy stwierdzam również, że przedmiot rozprawy doktorskiej stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego bazujące na wynikach badań własnych doktoranta (przedłożona do oceny rozprawa doktorska spełnia wymagania określone w pkt. 2, art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742) [P2]).

## 5. Ocena merytoryczna

W pracy Doktorant podjął się problemu opracowania metodyki oceny bezpieczeństwa pożarowego użytkowników obiektu bazującego na celach funkcjonalnych oraz wdrożenie tej metodyki w instytucji partnerskiej. Dodatkowo optymalizacja sprzętowo-programowa infrastruktury partnera służącej do realizacji oceny skuteczności projektowanej wentylacji pożarowej. Autor skupił się na strefach pożarowych PM stanowiących garaże podziemne zamknięte. Zakres wynikał z obszaru rynku szczególnie ważnego dla partnera przemysłowego.

Na bazie omówionych problemów w zakresie ewakuacji w trakcie pożaru oraz metod i oprogramowania dostępnego do analizy rozwoju pożaru, autor w pierwszej kolejności zaproponował rozwiązanie w zakresie konfiguracji sprzętu oraz oprogramowania wspierającego w sposób wydajny i ekonomiczny analizy inżynierskie wspierające procesy biznesowe partnera przemysłowego.

W dalszej kolejności autor przeanalizował oraz zidentyfikował główne problemy wynikające z obecnie stosowanej metodyki oceny bezpieczeństwa ewakuacji wskazując przyczyny wpływające na opóźnienie prac projektowych partnera przemysłowego lub ewentualne problemy z odbiorem zrealizowanej instalacji oddymiającej. Wskazał, że podstawą tych problemów były niejednoznaczność i uznaniowość w zakresie oceny zasięgu widzialności wynikające z możliwości modelowania przez CFD wirów i turbulencji.

Dla tak zdefiniowanych problemów autor zaproponował autorskie rozwiązanie eliminujące uznaniowość i dwuznaczność. Rozwiązanie bazuje ściśle na wynikach symulacji i wartościach liczbowych. Rozwiązanie to o ile jest stosowane, na pewno przyczyniło się do zmniejszenia liczby nadmiarowych analiz, które wymagane byłyby do realizacji przy niejednoznaczności odbioru symulacji a tym samym skróciło czas i oszczędziło zasoby finansowe partnera przemysłowego. Przez to uznaję, że cel główny pracy oraz cele szczegółowe zostały zrealizowane.

Na duże uznanie zasługuje fakt, że opracowana metoda została włączona do wytycznych krajowych powstających w Akademii Pożarniczej. Na tej postawie należy wysoko ocenić wkład Autora do dyscypliny jak również osiągnięcie inżynierskie, które pozwala na znaczną redukcję kosztów i pracochłonności procesów biznesowych partnera przemysłowego.

W trakcie realizacji pracy Autor nie ustrzegł się jednak pewnych potknięć, które poniżej wymienię:

1. Brak jasno zdefiniowanego zakresu i przedmiotu rozprawy. Autor zmieniał płynnie zakres pracy podczas pisania, od ogólnego nawiązywania do bezpieczeństwa pożarowego budynków do zawężenia tematyki do bezpieczeństwa ewakuacji z garaży podziemnych bez szerszego uzasadnienia i wprowadzenia.
2. Niejasno zdefiniowany cel cząstkowy pracy. Co oznacza sposób analityczny projektowania, a co CFD? Czy chodzi o zapisy z norm i standardów projektowych jako sposób analityczny? Czy też bardziej proste równania algebraiczne do opisu zjawiska pożaru?
3. Nie zdefiniowano, kiedy podejście nakazowe jest niewystarczające do oceny bezpieczeństwa ewakuacji oraz o trybie realizacji metodami inżynierskimi w procesie projektowym (str. 21 pracy).
4. Widzialność jest parametrem fizycznym i nie zależy od zaznajomienia użytkownika z obiektem. Może zależeć od warunków osobniczych takich jak dostrzeżenie kontrastu

czy inne. Natomiast zaznajomienie z obiektem wpływa na możliwość skutecznej ewakuacji przy niższej widzialności (str. 22).

5. Co to jest detekcja manualna i czym ona się różni od fizycznego zauważenia pożaru? (str. 23).
6. Definicja czasu alarmowania jest tautologiczna. Wyjaśniono jako skuteczne rozpoczęcie alarmowania.
7. Wstępne przygotowanie do przejścia. Skoro jest „wstępne” przygotowanie to oznacza, również jest właściwe lub końcowe. Pozostałe przygotowania nie zostały omówione.
8. Dyskusyjnym jest, czy tryskacze poprawiają warunki środowiskowe ewakuacji. Generalnie zaburzają one rozdział warstw dymu oraz wprowadzają parę wodną o wysokiej temperaturze do środowiska utrudniając ewakuację (str. 24). Nie wiem w jakim aspekcie zatem poprawiają warunki środowiskowe.
9. Opisana na stronie 26 metoda wyznaczania strumienia masy dymu jest tylko jedną z dostępnych metod. Nie wymieniono innych oraz nie wskazano, gdzie wspomniana metoda ma zastosowanie.
10. Flashover ma polską nazwę – rozgorzenie. Nie znajduję uzasadnienia do użycia zwrotów obcojęzycznych.
11. Autor dosyć swobodnie i nieprecyzyjnie porusza się po temacie bezpieczeństwa ekip ratowniczych. Używa pojęcia bezpieczeństwa ekip ratowniczych bez uprzedniego zdefiniowania na czym polega i jak jest określane i jakie kryteriów oceny stosuje. Bez precyzyjnej definicji nie można mówić, że wentylacja wspomaga lub nie działania ekip ratowniczych oraz w jakim stopniu to robi.
12. Źle opisane zależności 7 i 9 na stronie 28. Zgodnie ze znaczeniem, wzór podaje zależność na strumień masy, a nie masę.
13. Architektura OpenMP wymaga jawnego zrównoleglenia wątków w programie. Zatem odnosi się do konkretnych elementów kodu programu. Fragmenty te są używane w zależności od konfiguracji parametrów wejściowych symulacji. Ocena na podstawie jednej konfiguracji, optymalizacji obliczeniowej dostarczanej przez OpenMP jest powierzchowna.
14. Hyper Threading jest wirtualizacją fizycznych rdzeni. Liczba fizycznych rdzeni pozostaje bez zmian. Wykorzystanie wirtualnych rdzeni nie sprawdza się w obliczeniach CFD gdzie procesor jest cały czas obciążony obliczeniami jednej z sieci. Większa liczba sieci per procesor fizyczny to zmniejszenie wydajności na skutek



przełączania się. Wykonanie eksperymentów fizycznych, aby to wykazać jest niepotrzebne oraz powierzchowne.

15. Rozdział dotyczący propozycji optymalnych strategii obliczeniowych dla partnera przemysłowego stosuje niestety tzw. „podejście na ślepo”. To znaczy solver FDS potraktowany jest jako czarna skrzynka, a za pomocą wybranego zestawu symulacji oceniane są parametry funkcjonalne programu. Jest to podejście niewłaściwe i generujące błędy. Autor nie sięgnął do „Technical reference guide” aby wyjaśnić sposób implementacji oraz zależności fizyczne odkrywanych przez niego cech funkcjonalnych programu. Oszczędziłoby to niepotrzebnych eksperymentów. Dodatkowo zastosowanie jednego scenariusza pożarowego (parametrów wejściowych symulacji) spowodowało wystąpienia tzw. over-fitting, dopasowanie strategii obliczeniowych pod konkretną konfigurację programu. Istotne różnice zmieniające czas obliczeń wynikają bardzo często, gdy następuje wzrost ciśnienia w domenie lub prędkości np. w szachtach wentylacyjnych. Wówczas to następuje skrócenie kroku czasowego i istotne wydłużenie czasu symulacji. Na te ewentualności nie zostało sprawdzone jaka konfiguracja MPI i OpenMP byłaby właściwa. Nie zrobiono też kombinacji metod zrównoleglenia na różne scenariusze pożarowe. Nie sprawdzono też strategii obliczeniowej dla solwera promieniowania, którzy rządzi się innym podejściem do równań różniczkowych. Autor nie zajął się również modelem wirów, których jest kilka, a które również wpływają na czas obliczeń. Sensowność użycia LES w zależności od wielkości komórek w domenie.
16. Zainstalowanie jednego solwera FDS na jednostkę obliczeniową było błędną konfiguracją początkową sprzętu partnera przemysłowego. Natomiast wykonanie konfiguracji zgodnie z zaleceniami twórców programu nie może być przypisywane jako osiągnięcie naukowe.
17. Nie opisano wyczerpująco porównywania strategii obliczeniowych. Czy był to za każdym razem ten sam scenariusz pożarowy, czy były to różne? Jeżeli ten sam to popełniono błąd over-fittingu. Klaster został dopasowany do konkretnego zadania obliczeniowego. Nie odzwierciedlono różnych problemów obliczeniowych, które mogą się wydarzyć.
18. Obciążanie rdzeni wieloma zadaniami jest nieefektywne z założenia, ponieważ procesor traci czas na przełączanie się pomiędzy zadaniami. Dodatkowo przy niewystarczającej pamięci RAM może powodować zapisywanie danych na dysku co dodatkowo wydłuża

czas. Wnioski te nie wymagały eksperymentu w postaci czarnej skrzynki, tylko podstaw teoretycznych.

19. Modelowanie czy też uwzględnianie paniki w ocenie bezpieczeństwa jest poza obszarem inżynierii bezpieczeństwa i nie powinno być przywoływane.
20. Równanie 19 nie jest wyjaśnione lub zostało źle użyte. Opisuje ono zmianę kontrastu po czasie. Nie wiemy natomiast jakie zmiany wprowadza czas do kontrastu?
21. Nie za bardzo wiadomo jaki cel miały rozbudowane analizy zadymienia mierzonego zasięgiem widzialności w funkcji zmiany mocy pożaru, ciepła spalania, ułamka dymotwórczości czy lokalizacji pożaru. Wszystkie te zależności wynikają wprost z teorii pożarów i równań w ramach niej zdefiniowanych. Wykonanie symulacji, aby przekonać się, że zmiana ułamka dymotwórczości czy innych parametrów zmienia ilość dymu nie ma uzasadnienia. To tak jakbyśmy robili zaawansowane modelowanie komputerowe, aby sprawdzić, że dwa razy większa prędkość w ruchu jednostajnym powoduje, że obiekt przebywa dwa razy dłuższą drogę. Poza tym wnioski z tej części nie zostały nigdzie dalej wykorzystane w pracy.
22. Współczynnik absorpcji jest różny na różnych długościach fal. Jaka została użyta metoda uśredniania po długościach fal (równanie 43)?
23. Zaproponowana metoda autorska nie posiada odpowiedniego walidowania za pomocą eksperymentów fizycznych. Autor nie opisał jej ograniczeń oraz niepewności modelu.
24. Brak szerszej dyskusji metody we wnioskach. Nie dokonano oceny dokładności metody jej ograniczeń i wyłączeń. Obszary implementacji oraz możliwości dalszego rozwijania nie zostały również przedyskutowane.
25. Przegląd literatury w pracy mógłby być bardziej dogłębny i kompletny. Brakuje kilku istotnych pozycji w tej tematyce autorstwa Lukasa Arnolda czy Wojciech Węgrzyńskiego.

#### Uwagi edytorskie:

26. Strona 142. W pracy nie ma górnego i dolnego rysunku, ponieważ są one rozmieszczone na różnych stronach.
27. Strona 144. Popularność metod oceny bezpieczeństwa, pozostawiona jest bez odpowiedniego przywołania literatury.
28. Dwuznaczny tytuł rozdziału „Ocena wyników podczas interpretacji wyników”.
29. Niewyjaśnione skróty: SSP, SAP

30. Różne pisanie wyrazu solver, raz „solver” a raz „solwer”.
31. Performance-based design pisane na różne sposoby.

## 6. Ocena końcowa i wniosek końcowy

Reasumując stwierdzam, że opiniowana praca wnosi nowe aspekty do dyscypliny Inżynieria środowiska górnictwo i energetyka. Ma niewątpliwie wartość naukową i oraz została wdrożona u partnera przemysłowego. Merytorycznie jest poprawna i w swojej treści wyczerpuje poruszany problem. Przygotowana jest w większości starannie i rzetelnie. Autor dysertacji w toku prowadzenia analiz i przygotowania rozprawy wykazał się cechami niezbędnymi do prowadzenia, a w dalszym etapie planowania samodzielnych badań naukowych w dyscyplinie. W toku recenzji wykazałem, że przedłożona do recenzji praca doktorska mgra inż. Adama Dorsza, pt. „Wykorzystanie metod obliczeniowej mechaniki płynów do oceny możliwości ewakuacji podczas pożaru, implementacja do procesu projektowego” spełnia wszystkie wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742).

Wnioskuje zatem do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria środowiska górnictwo i energetyka o dopuszczenie pani mgra inż. Adama Dorsza do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

12.06.2024r

Adam Kusyński

