



Poznań, 18.01.2025r.

dr hab. inż. Katarzyna Ratajczak, prof. PP
Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych
Ul. Berdychowo 4, 61-131 Poznań
e-mail: katarzyna.m.ratajczak@put.poznan.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej
Pani mgr inż. Luizy Anny Dębskiej
pt. „Analiza komfortu cieplnego w budynkach
w warunkach stosowania masek ochronnych”

1. Podstawa opracowania

Podstawą formalną wykonania recenzji pt. „Analiza komfortu cieplnego w budynkach w warunkach stosowania masek ochronnych” jest Uchwała Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka w Politechnice Świętokrzyskiej z dnia 30.10.2024r., w sprawie powołania recenzentów rozprawy doktorskiej mgr inż. Luizy Dębskiej.

2. Podstawowe informacje o Doktorantce

Pani Luiza Dębska studiowała kierunek Odnawialne Źródła Energii i uzyskała tytuł magister inżynier na Uniwersytecie Opolskim na Wydziale Przyrodniczo-Technicznym w roku 2019. W czasie studiów otrzymała stypendia naukowe od Rektora Uniwersytetu Opolskiego, Marszałka Województwa Opolskiego oraz Ministra Edukacji i Nauki.

W roku 2020 rozpoczęła kształcenie w Szkole Doktorskiej na Wydziale Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki w Politechnice Świętokrzyskiej w Kielcach. Pani Luiza Dębska jest autorką lub współautorką 36 publikacji naukowych znajdujących się w wykazie czasopism naukowych Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, uczestniczyła w 16 konferencjach naukowych oraz otrzymała stypendium „Talenty Świętokrzyskie” od Marszałka Województwa Świętokrzyskiego.

W roku 2022 ukończyła studia podyplomowe z Przygotowania Pedagogicznego w Staropolskiej Akademii Nauk Stosowanych.

W roku 2019 rozpoczęła pracę zawodową w warszawskiej firmie zajmującej się dystrybucją paneli fotowoltaicznych oraz jej komponentów, a od stycznia 2025 roku rozpoczęła pracę na stanowisku starszego referenta w Dziale Nauki Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach.

Doktorantka nie ubiegała się uprzednio o nadanie stopnia doktora.

3. Struktura i zawartość ocenianej rozprawy doktorskiej

3.1. Tytuł rozprawy doktorskiej

Oceniana rozprawa doktorska zatytułowana jest „Analiza komfortu cieplnego w budynkach w warunkach stosowania masek ochronnych”. Tytuł odzwierciedla zawartość pracy i można stwierdzić, że poruszane zagadnienia związane są z dyscypliną naukową inżynieria środowiska. Wydaje się, że tytuł rozprawy mógłby być uszczegółowiony i uwzględnić to, że badania prowadzone były tylko w budynkach edukacyjnych.

3.2. Ocena układu rozprawy i informacje o częściach składowych

Rozprawa doktorska obejmuje 159 stron. Podzielona jest na 6 rozdziałów głównych (numerowanych) oraz rozdziały wprowadzające, streszczenia, spis literatury, wykaz rysunków, tabel, zdjęć i załączników oraz załączniki. Zasadnicza część rozprawy zawarta jest na stronach od 7 do 119.

Struktura rozprawy jest następująca: Spis treści; Wykaz oznaczeń i skrótów; Wprowadzenie; Rozdział I Komfort cieplny; Rozdział II Modelowanie komfortu cieplnego; Rozdział III Wnioski z przeglądu literatury; Rozdział IV Cele i tezy pracy; Rozdział V Badania eksperymentalne; Rozdział VI Podsumowanie i wnioski; Streszczenie; Summary; Literatura; Wykaz rysunków, tabel, zdjęć i załączników; Załączniki.

Układ rozprawy, w tym kolejność przedstawiania treści, są poprawne, a szczegółowe komentarze dotyczące zawartości poszczególnych części rozprawy znajdują się w pkt.3.3 tej recenzji.

3.3. Ocena poszczególnych części składowych rozprawy

Spis treści zawiera wszystkie rozdziały pracy. Nie do końca zrozumiałe jest jednak to, że rozdziały mają tytuł główny np. Rozdział I oraz podtytuł Komfort cieplny, a oba te tytuły występują jako osobne pozycje w spisie treści.

Wykaz oznaczeń zawiera większość symboli wykorzystanych w pracy.

Rozdział **Wprowadzenie** (nie numerowany) syntetycznie przedstawia zakres ocenianej rozprawy doktorskiej podając motywację podjęcia tematu, czyli wystąpienie w 2020 roku pandemii COVID-19 spowodowanej przez wirus SARS-CoV-2, w czasie której noszenie masek ochronnych było najpowszechniejszym sposobem zabezpieczania się ludzi przed zarażeniem się wspomnianym wirusem. We wprowadzeniu pojawiło się pytanie dotyczące tego jak noszenie masek ochronnych wpływa na odczucia komfortu cieplnego oraz czy istniejące modele oceny komfortu cieplnego ludzi, w których nie uwzględnia się, że ludzie noszą maski ochronne, mogą być wykorzystane do modelowania warunków cieplnych w pomieszczeniu w warunkach pandemicznych.

Rozdział ten jest rozbudowanym streszczeniem pracy. Do tematu wprowadza jedynie pierwszy akapit tego rozdziału. W mojej ocenie w miejsce rozdziału Wprowadzenie lepiej byłoby zamieścić streszczenie (w ocenianej rozprawie streszczenia są zamieszczone w końcowej części).

Rozdział I zawiera opis stanu wiedzy w zakresie podstawowych zagadnień związanych z komfortem cieplnym (6 stron) oraz z badaniami komfortu cieplnego w czasach pandemicznych (24 strony), chociaż analizując szczegółowo treść tej części rozprawy można stwierdzić, że część cytowanych badań nie była prowadzona w czasie pandemii. Do opracowania tej części pracy wykorzystano 105 pozycji literatury. Szczegółowo omówiono stan wiedzy w zakresie wpływu różnych elementów odzieży ochronnej (środków ochrony osobistej) stosowanych podczas pandemii na odczucia ludzi w zakresie komfortu

cieplnego, przedstawiono sposoby prowadzenia badań w czasie pandemii (badania ankietowe, badania w warunkach rzeczywistych i w warunkach kontrolowanych w komorach klimatycznych), wskazano w jakich warunkach prowadzone były badania oraz dla jakich grup uczestników.

Chociaż przygotowany przegląd literatury oddaje stan wiedzy w temacie i potwierdza, że podjęty temat jest aktualny i ważny, to został on wykonany dosyć chaotycznie. Prawdopodobnie podzielenie tej obszernej części na podrozdziały ułatwiłoby odbiór przedstawianych informacji oraz ułatwiłoby segregowanie podawanych informacji. Jednocześnie podział pozwoliłby na nadanie bardziej precyzyjnej nazwy podrozdziałowi 1.2.

Kolejnym rozdziałem w rozprawie jest **Rozdział II** omawiający zagadnienia związane z modelowaniem komfortu cieplnego. Omówiono w nim szczegółowo model komfortu cieplnego stworzony przez Fangera w latach siedemdziesiątych XX wieku, w tym przedstawiono wszystkie założenia oraz wzory. Następnie zwrócono uwagę na to, że po roku 2000 pojawiło się wiele publikacji związanych z badaniami nad stworzeniem nowych modeli komfortu cieplnego. Omówiono 13 badań, w których autorzy wprowadzali zmiany do istniejącego modelu Fangera w celu dostosowania go do indywidualnych warunków w analizowanych przez nich sytuacjach. Następnie omówiono krótko zagadnienie związane z komfortem adaptacyjnym, który bierze pod uwagę fizjologię oraz zagadnienia psychologiczne, jest zatem zagadnieniem trudniejszym do rozwiązania. Uwzględniono tu wyniki jedynie pięciu badań. Dodatkowo wspomniano o zastosowaniu sztucznej inteligencji, w tym sztucznych sieci neuronowych i logiki rozmytej, a także uczenia maszynowego do analiz komfortu cieplnego. Podsumowano, że szybki rozwój sztucznej inteligencji może pozwolić na precyzyjniejsze przewidywanie wrażeń cieplnych.

W **Rozdziale III** przedstawiono wnioski z przeglądu literatury. Rozdział ten obejmuje nieco ponad jedną stronę tekstu. Logiczniej byłoby zamieścić informacje podsumowujące przegląd stanu wiedzy w Rozdziałach wcześniejszych jako osobny podpunkt. Na podstawie przeglądu literatury z Rozdziałów I i II zidentyfikowano cztery luki badawcze w formie wniosków. Chociaż są one poprawne i wynikają z zaprezentowanych informacji to uważam, że nie wszystkie są trafne.

Wniosek pierwszy dotyczył tego, że można stwierdzić, że noszenie masek ochronnych wpływa na subiektywne odczucia ludzi, w tym dotyczące komfortu cieplnego, a badania dotyczące tego tematu są mało liczne. Zgadzam się jednak, że badań, w których porównuje się subiektywne odczucia ludzi w zakresie komfortu cieplnego do obiektywnych pomiarów parametrów środowiska wewnętrznego jest mało. Jednocześnie należy mieć na uwadze, że omawiane badania dotyczyły prac, które były realizowane w latach 2020-2024, podobnie jak recenzowana rozprawa, więc w czasie podejmowania decyzji o temacie badań publikacje były mało liczne. Warto byłoby uwzględnić ten fakt przy wnioskowaniu, co bardziej oddawałoby rzeczywistość i podkreślało istotność badań przedstawionych w rozprawie.

Kolejnym wnioskiem jest, że badania komfortu cieplnego z uwzględnieniem noszenia masek nie są dogłębne i szczegółowe oraz dotyczą tylko wybranych aspektów. Warto zauważyć, że publikacje naukowe są często fragmentem większych badań i projektów, a jednocześnie ograniczenie prezentowanych zagadnień do wąskiego tematu pozwala na bardziej szczegółowe omówienie wyników w wąskim zakresie, więc takie podejście do przygotowywania manuskryptów jest zasadne. Doktorantka wnioskuje również, że omówione wcześniej badania obejmowały zwykle niewielką grupę osób i wąski zakres parametrów mikroklimatu. Z tymi stwierdzeniami również się nie zgadzam. W cytowanych badaniach znajdują się takie, w których brało udział wielu uczestników, a pojawiający się zakres

parametrów powietrza obejmował temperaturę od 20°C do 36°C, a wilgotność względną od 20% do 90%. Wniosek o tym, że niewiele badań dotyczy mieszkańców Europy Środkowo-Wschodniej jest poprawny.

Trzeci wniosek z przeglądu literatury dotyczy tego, że nie znaleziono badań dotyczących komfortu cieplnego podczas noszenia masek ochronnych prowadzonych jednocześnie w pomieszczeniach użytkowych i komorze klimatycznej prowadzonych według jednakowej metodologii, a jednocześnie mało jest badań prowadzonych w pomieszczeniach w stosunku do liczby badań prowadzonych w warunkach ustalonych w komorach klimatycznych. Ten wniosek jest poprawny.

Ostatni wniosek dotyczy tego, że nie znaleziono modelu komfortu cieplnego lub badań, w których zmodyfikowano istniejący model komfortu cieplnego tak, żeby uwzględnił fakt noszenia masek ochronnych.

W moim odczuciu w Rozdziale III brakuje bardziej konkretnego odniesienia się do publikacji lub podawania z większą szczegółowością pewnych informacji. Gdyby podano wartości liczbowe – konkretne parametry powietrza jakie występowały w badaniach, konkretne zakresy dotyczące liczby uczestników i przeprowadzonych ankiet, lokalizacje dla których wykonywano badania itp., można by uniknąć nieco niefortunnych sformułowań ogólnych takich jak „mało liczne”, „stosunkowo wąskich zakresach”, itd. W przypadku wykonywania przeglądu literatury pomocne może być również tabelaryczne zestawianie informacji, które lepiej obrazuje mocne i słabe strony różnych badań. Zabrakło dokładniejszego podsumowania przeglądu literatury, a właściwe zidentyfikowanie luki badawczej pozwala na zaprojektowanie badań własnych, w sposób, który te luki uzupełni.

W **Rozdziale IV** sformułowano cele i tezy pracy. Doktorantka postawiła sobie trzy cele:

- 1) Wykonanie badań subiektywnych odczuć respondentów w maskach cienkich i grubych w warunkach rzeczywistych oraz w komorze klimatycznej z uwzględnieniem danych dotyczących BMI i oporu cieplnego ubrań.
- 2) Weryfikacja modelu komfortu cieplnego dla badań w warunkach pandemicznych (przy zastosowaniu ochrony indywidualnej w postaci masek).
- 3) Modyfikacja modelu komfortu cieplnego uwzględniająca fakt noszenia masek przez użytkowników pomieszczeń.

Następnie przedstawiła trzy przyjęte tezy pracy:

- 1) Fakt noszenia masek ochronnych wpływa na subiektywne wrażenia cieplne użytkowników pomieszczeń.
- 2) Wskaźniki PMV i PPD nie przewidują w sposób prawidłowy rzeczywistych odczuć cieplnych użytkowników pomieszczeń, którzy noszą maski ochronne.
- 3) Możliwe jest opracowanie modyfikacji modelu Fanger'a (tj. wyznaczenie zmodyfikowanych wartości wskaźników PMV i PPD w celu poprawy dokładności przewidywania wskaźników PMV i PPD dla grupy użytkowników pomieszczeń noszących maski.

W moim odczuciu teza 1 została zweryfikowana przez wykonany przegląd literatury, w którym jednoznacznie pokazano, że noszenie masek powoduje dyskomfort ludzi – to w jakim zakresie zależy od wykonywanej aktywności ludzi, parametrów otoczenia i innych czynników.

Teza 2 i teza 3 wydają się właściwe dla przedmiotowych badań. Moja wątpliwość dotyczy sformułowania tezy 3. Doktorantka napisała „... (tj. wyznaczenie zmodyfikowanych wartości wskaźników PMV i PPD)...” Czy Doktorantka modyfikuje wartości wskaźników PMV i PPD czy raczej

wzory (a ściślej stałe w modelu Fangera) do wyznaczania wskaźników PMV i PPD? Szczegółowe pytania w tym zakresie znajdują się w pkt.4.1 recenzji.

Rozdział V stanowi opis wykonanych badań, ich metodyki oraz uzyskanych wyników. W rozdziale omówiono przedmiot i zakres badań, w tych charakterystykę budynków i sal, w których przeprowadzono pomiary oraz opis komory klimatycznej, w której przeprowadzono część badań. Badania w salach dydaktycznych przeprowadzono w okresie od czerwca 2021 do stycznia 2023, a w komorze klimatycznej w roku 2021. Wykonano badania ankietowe w salach dydaktycznych uzyskując 1199 kwestionariuszy spełniających wszystkie założone warunki badania oraz wśród uczestników badań w komorze klimatycznej – 960 kwestionariuszy. Scharakteryzowano osoby biorące udział w badaniach w zakresie ich wieku, wagi i wzrostu oraz wyznaczono wskaźniki BMI uczestników. W procedurze badawczej scharakteryzowano aparaturę pomiarową opisując jej lokalizację, a także podano sekwencję czynności podczas wykonywania pomiarów. Opisano metodykę badań przeprowadzonych w komorze klimatycznej wskazując, że „procedura badawcza dla komory klimatycznej miała podobny charakter”. Podano zakres temperatury i wilgotności względnej powietrza podczas badań, ale nie jest jasne, jakie pary parametrów powietrza były badane. Oznaczono, że badania przeprowadzono symulując okres letni i zimowy poprzez zmianę izolacyjności cieplnej odzieży uczestników badania. Podano, że w badaniach uwzględniano rodzaj noszonej maski. Podano opory cieplne dla dwóch rodzajów masek oraz pokazano zdjęcia przykładowych masek (Fot.7).

Opisano ankietę, która była wykorzystywana w badaniach. Ankieta znajduje się na stronach 64 i 65 rozprawy. Nie podano, że ankieta była wcześniej wykorzystywana i zaprezentowana w rozprawie doktorskiej [144]. W przedstawionej ankiecie jest zdecydowanie więcej pytań niż wykorzystano w badaniach. Zastanawiająca jest więc prezentacja tej ankiety. Ankieta wykorzystana w badaniach w komorze klimatycznej pokazana na stronie 66 zawierała mniejszą liczbę pytań i wydaje się, że była bardziej adekwatna do prowadzonych badań. Nie zadano w niej jednak pytania dotyczącego odczuć względem wilgotności powietrza, chociaż w badaniach zmieniano wilgotność względną powietrza w komorze. Podano, że przebadano łącznie 45 sal i aul. Czy rzeczywiście badano sale i aule, czy jednak celem było zbadanie parametrów powietrza w tych pomieszczeniach oraz badanie odczuć ludzi przebywających w tych warunkach? Oceniony został mikroklimat w pomieszczeniach, w których prowadzono badania.

W dalszej części rozprawy omówiono uzyskane wyniki dotyczące oceny temperatury powietrza: wskaźnika TSV (Thermal Sensation Vote), wskaźnika TAV (Thermal Acceptability Vote) i TPV (Thermal Preferences Vote), a także dotyczące wilgotności względnej powietrza: AHV (Humidity Assessment Vote) i HPV (Humidity Preferences Vote) oraz w zakresie oceny jakości powietrza: AQAV (Air Quality Assessment Vote) oraz stężenia ditlenku węgla, wszystkie z podziałem na płeć. Następnie zaprezentowano zależności między współczynnikami dotyczącymi temperatury oraz między współczynnikami dotyczącymi wilgotności względnej. Omawiając zależności nie uwzględniano jaki rodzaj masek mieli założony podczas badania uczestnicy. W tej części zastanawiające jest wprowadzenie linii trendu, szczególnie o przebiegu nieliniowym przy jednoczesnym stosunkowo niskim wskaźniku R^2 .

Następnie omówiono wyniki badań w komorze klimatycznej, obejmujące wskaźniki TSV, TAV, TPV oraz zależność wartości temperatury powietrza i wskaźnika TSV uwzględniającą okres roku (zima lub lato) oraz podział na maski (cienkie i grube) oraz przeprowadzono analizę statystyczną, która wykazała, że nie ma istotnej różnicy, gdy wyniki są dzielone ze względu na rodzaj masek. W mojej opinii nastąpił

błąd w kolejności prezentowania wyników. Wydaje się, że logiczniej byłoby przedstawić wyniki badań z komory klimatycznej, uznać, że rodzaj maski ochronnej nie jest istotny statystycznie i dalej przejść do wyników z sal dydaktycznych, w których nie uwzględniono podziału na rodzaj maski ochronnej. W obecnej kolejności, analizując wyniki badań z sal dydaktycznych, można się zastanawiać dlaczego Doktorantka w metodyce podała, że w badaniach wykorzystywane będą maski ochronne cienkie i grube, a wyniki prezentuje i omawia nie uwzględniając tego podziału.

Najważniejszym fragmentem rozprawy jest wykonanie analizy, która potwierdzi tezę 2 i 3 pracy. (podrozdziały 5.3.3, 5.3.4 oraz 5.3.5). Obliczono wskaźniki PMV i PPD korzystając z dostępnego modelu komfortu cieplnego Fangera. Zestawiono z nimi wartości wskaźników TSV i APPD z badań własnych. Wyniki przedstawiono na Rys. 26 i w Tabeli 7. Porównując je uznano, że model komfortu cieplnego Fangera wymaga modyfikacji tak, żeby móc uwzględniać fakt noszenia masek. Doktorantka, na podstawie literatury, uznała, że podczas noszenia maski ochronnej zwiększa się tempo metabolizmu, zatem wprowadziła w modelu współczynnik zwiększający. Dodatkowo zaproponowała nowe wartości stałych eksperymentalnych oraz podała równanie do wyznaczania wskaźnika PMV, które uwzględnia zaproponowane zmiany (równanie (38)). Nie podano informacji w jaki sposób wyznaczono nowe stałe dla zmodyfikowanego modelu.

Weryfikacje zmodyfikowanego modelu komfortu cieplnego wykonano poprzez porównanie wyników obliczeń wskaźnika PMV z zaproponowanymi modyfikacjami z wynikami badań wykonanych w salach dydaktycznych oraz komorze klimatycznej. Doktorantka uznała, że uzyskała satysfakcjonujące wyniki oraz że zaproponowany model komfortu cieplnego może być wykorzystywany do sytuacji, w której ludzie noszą maski ochronne. Można się z tym zgodzić.

Do tej części pracy mam szereg pytań, które zestawiam w punkcie 4.3 recenzji.

Rozdział VI stanowi podsumowanie pracy oraz przedstawia wnioski Doktorantki. Doktorantka sformułowała 11 wniosków. Część z nich jest raczej podsumowaniem wyników. Te dotyczące parametrów powietrza wewnętrznego podczas przeprowadzonych badań oraz wyników badań ankietowych dotyczących tych parametrów – wniosek 1,2,4, są raczej ogólną oceną warunków badania niż wnioskami. Część wniosków dotyczy bezpośredniego porównania wyników recenzowanej rozprawy z wynikami przedstawionymi w rozprawie doktorskiej pani dr inż. Natalii Krawczyk, w której badano sytuacje w tych samych pomieszczeniach, ale uczestnicy badań nie nosili masek ochronnych – wniosek 3, 4, 5. Kolejna grupa wniosków dotyczy modelu komfortu cieplnego - oceny możliwości zastosowania modelu komfortu cieplnego Fangera w warunkach pandemicznych – wniosek 6, a także oceny wyższości zaproponowanych przez Doktorantkę modyfikacji tego modelu – wniosek 7,8,9. We wniosku 10 Doktorantka stwierdza, że udowodniła tezy pracy: fakt noszenia masek ochronnych wpływa na subiektywne wrażenia cieplne użytkowników pomieszczeń, że wskaźniki PMV i PPD nie przewidują w sposób prawidłowy odczuć cieplnych ludzi noszących maski ochronne oraz, że jest możliwe wprowadzenie modyfikacji modelu komfortu cieplnego Fangera tak, żeby można było uwzględnić fakt noszenia masek ochronnych. Wniosek 11 to stwierdzenie, że praca, jej wyniki i nowy model komfortu cieplnego mogą być wykorzystywane w praktyce przez projektantów i eksploatorów budynków, szczególnie tych, w których ludzie pracują w maskach ochronnych.

W większości przypadków wnioski wynikają z przeprowadzonych badań, ale w części z nich brakuje podania konkretnych wyników uzyskanych z badań (np. we wniosku 6, 7, 8, 9). Mam też wątpliwości, czy stwierdzenie we wniosku 3 „W takich warunkach maska wydaje się utrudniać chłodzenie poprzez płuca na drodze przemiany fazowej, czym może tłumaczyć rosnącą różnicę między TSV dla badań

w maskach i bez.” wynika z konkretnie przeprowadzonych pomiarów i analiz, czy też jest jedynie oparte na przeglądzie wyników badań innych autorów. Podobną wątpliwość ma co do stwierdzenia we wniosku 4 „...mikroklimat wytworzony między maską a twarzą wydaje się być bardziej wilgotny w związku z dużą zawartością pary wodnej w powietrzu wydychanym...”, bo nie znalazłam w pracy konkretnych wyników badań dotyczących tego zagadnienia. We wnioskach brakuje informacji, że modyfikacja modelu, oprócz zmiany tempa metabolizmu, uwzględniała zmianę innych współczynników. Wniosek z rekomendacją co do możliwości wykorzystania wyników pracy w praktyce jest niepełny i wymaga doprecyzowania o co pytam w dalszej części recenzji.

W podsumowaniu wyników badań zabrakło dyskusji wyników z wynikami badań omówionymi w Rozdziale I i wnioskami przedstawionymi w Rozdziale III. Zaprezentowanie konkretnych wyników badań własnych w zestawieniu z konkretnymi wynikami innych autorów pokazałoby jakie luki badawcze zostały uzupełnione przez Doktorantkę. Chociaż można to sprawdzić, szukając wyników w przytoczonych rozdziałach, wykonanie podsumowania w takiej formie ułatwiło by ocenę wkładu w rozwój badań w temacie rozprawy. W podsumowaniu pracy brakuje podania konkretnych ograniczeń zaproponowanego modelu, wydaje się, że przygotowanie zaproponowanej dyskusji wyników ułatwiłoby ich sformułowanie.

Pozostałe części obejmują nienumerowane rozdziały **Literatura** (omówioną w punkcie 4.2 recenzji), **Streszczenia**, **Wykaz rysunków, tabel, zdjęć i załączników**, a także **Załączniki**, które obejmują 13 tabel.

4. Ocena ważnych części rozprawy

4.1. Ocena celu i tez rozprawy

Sformułowane w Rozdziale IV cele pracy są ściśle związane z tematem rozprawy oraz wynikają ze sformułowanych tez. Uważam, że teza 2 i 3 są trafne, natomiast teza 1 właściwie nie musi i nie powinna być tematem przedmiotowej rozprawy.

Mam dwa pytania dotyczące tej części rozprawy:

- P1. Dlaczego w pierwszym celu pracy podano, że uwzględniany będzie wskaźnik BMI uczestników?
Nie znalazłam wyników i analiz, ani wniosków z badań Doktorantki dotyczących wykorzystania wskaźnika BMI, a w Rozdziale III nie wyszczególniono, że BMI może być kluczowym parametrem w badaniach komfortu cieplnego podczas noszenia masek ochronnych. Skąd więc przyjęcie wskaźnika BMI jako parametru do analizy oraz dlaczego nie wykonano analiz zgodnie z jednym z celów pracy?
- P2. W omówionych wynikach badań autorzy często posługiwali się konkretną charakterystyką masek – podawali konkretny rodzaj lub parametry. Dlaczego zdecydowano się używać sformułowania maski cienkie i maski grube, a nie scharakteryzowano ich bardziej szczegółowo, np. w odniesieniu do badań innych autorów?

4.2. Ocena zastosowanego piśmiennictwa

Spis literatury obejmuje 155 pozycji, wśród których większość to artykuły z czasopism naukowych w języku angielskim. W zestawieniu znajduje się 10 pozycji autorstwa lub współautorstwa Doktorantki. Wykorzystana literatura dotyczy tematu recenzowanej rozprawy i jest bardzo aktualna (70% pozycji datowanych jest na ostatnie 5 lat).

Literatura została wykorzystana głównie do opracowania przeglądu stanu wiedzy – 132 pozycje, a także w Rozdziale V przy opisie planowanych badań i wykorzystanych metodach badawczych.

4.3. Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych i części rozprawy z wynikami badań

Do realizacji badań Doktorantka wykorzystwała metody powszechnie stosowane w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Przeanalizowała literaturę dotyczącą tematyki rozprawy, wykonała badania ankietowe uczestników pomiarów dotyczące odczuć użytkowników pomieszczeń w zakresie występującego mikroklimatu, a także pomiary in situ mikroklimatu w salach dydaktycznych. Przeprowadziła także badania doświadczalne w komorze klimatycznej, oraz weryfikację opracowanego modelu komfortu cieplnego z uwzględnieniem faktu noszenia masek ochronnych. Dobór zastosowanych metod badawczych został wykonany poprawnie. Uzyskane wyniki pozwoliły Doktorantce na zrealizowanie większości celów pracy oraz zweryfikowanie tez pracy.

Do części rozprawy dotyczącej metod badawczych oraz wyników badań ma szereg pytań:

- P3. Czy w badaniach wzięło udział 1199 osób, czy wśród tych 1199 kwestionariuszy znajdowały się te same osoby – np. uczestniczące w różnych zajęciach, w różnym okresie czasu (przykładowo w lutym 2021 i czerwcu 2022)? Jeżeli mogło się zdarzyć, że osoby się powtarzały, czy uwzględniono to w charakterystyce uczestników badania (czyli czy z podanych informacji o wieku, wadze i wzroście usunięto powtarzające się osoby)?
- P4. Jak długo trwała procedura umiejscowienia i montowania aparatury pomiarowej, wyjaśniania celu i przebiegu badania, rozdawania i zbierania ankiet? Sam pomiar, zgodnie z opisem trwał ponad 30 minut. Czy każdorazowo postępowano według tego protokołu? Czy uczestnicy badania się powtarzali i można było pominąć część czynności związanych z omówieniem zasad badania?
- P5. W rozdziale IV Doktorantka wskazała, że luką badawczą jest brak wyników badań prowadzonych w rzeczywistych pomieszczeniach i w komorze klimatycznej według tej samej metodologii. Czy zastosowana przez Doktorantkę metodologia w badaniach w salach dydaktycznych i komorze klimatycznej była taka sama czy tylko miała podobny charakter i jakie były różnice? Proszę o komentarz.
- P6. Czy maski ochronne używane w salach dydaktycznych były równe dla wszystkich uczestników badania? Czy maski były dostarczane przez Doktorantkę, czy uczestnicy sami zaopatrywali się w maski? Na Fot.7 podano, że to przykłady – ile rodzajów masek było rzeczywiście stosowanych? Czy uczestnicy sami określali rodzaj maski? Czy było to kontrolowane?
- P7. Jak kontrolowano rodzaj masek w badaniach w komorze klimatycznej? Czy maski ochronne były zapewniane przez Doktorantkę?
- P8. Dlaczego w ankiecie realizowanej w salach dydaktycznych znajdowało się 14 pytań, a wykorzystano tylko część z nich?
- P9. Dlaczego w ankiecie dla badań w komorze klimatycznej brakuje pytań dotyczących wilgotności względnej powietrza? Spodziewałam się, że badania zostaną przeprowadzone według tej samej metodologii co w salach dydaktycznych, w których pytano o odczucia względem wilgotności powietrza.
- P10. Dlaczego nie podano ograniczeń zmodyfikowanego modelu, np. zakresów parametrów powietrza w jakim model może być wykorzystany? Proszę podać te ograniczenia.

P11. Modyfikując model komfortu cieplnego Fangera Doktorantka umotywowwała wprowadzenie zwiększonego tempa metabolizmu wynikami badań innych autorów. Podała również, że zmienione zostały współczynniki empiryczne. Określiła ich nowe wartości. Nie znalazłam opisu oraz procedury według której Doktorantka wyznaczyła te nowe współczynniki. Ta informacja jest bardzo istotna, ponieważ poprzez wprowadzenie tych współczynników Doktorantka uznała, że prawidłowo zmodyfikowała model Fangera.

4.4. Ocena sformułowanych wniosków

Doktorantka sformułowała 11 wniosków. Ogólnie są one poprawne i wynikają z przeprowadzonych badań oraz są wystarczające dla przeprowadzonych analiz, z pewnymi wyjątkami wskazanymi w punkcie 3.3 recenzji. W moim odczuciu brakuje doprecyzowania informacji o możliwości wykorzystania wyników w praktyce (wniosek 11) oraz sformułowania ograniczeń proponowanego modelu.

4.5. Informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników

Głównym osiągnięciem Doktorantki jest wprowadzenie modyfikacji do modelu komfortu cieplnego Fangera. Doktorantka sama wskazała, że jej rozprawa, wyniki i nowy zmodyfikowany wzór mogą stanowić źródło wiedzy dla projektantów i eksploataatorów budynku, a ich wykorzystanie przyczynić się do poprawy odczuć cieplnych ludzi noszących przez dłuższy czas maski ochronne. Wydaje się, że rekomendacja dotycząca możliwości wykorzystania proponowanego rozwiązania jest daleko idąca. Chociaż Doktorantka rozwiązała problem naukowy jakim jest modyfikacja istniejącego modelu do warunków pandemicznych, nie wykazała jednak szczegółowych propozycji jego wykorzystania. Widzę potencjał do praktycznego wykorzystania takiego modelu, ale wskazałabym innego beneficjenta.

Z uwagi na sformułowaną, przytoczoną wcześniej rekomendację, mam trzy pytania:

P12. W jaki sposób wykorzystać model komfortu cieplnego w projektowaniu instalacji HVAC? Proszę o podanie konkretnych przykładów oraz algorytmów wykorzystywanych przez projektantów, w których wykorzystywany jest model komfortu cieplnego.

P13. W jaki sposób zmodyfikowany model komfortu cieplnego pomoże eksploataatorom budynków? Proszę o podanie konkretnych przypadków, w których wykorzystuje się lub warto wykorzystywać ten model.

P14. Proszę o scharakteryzowanie pod kątem wymagań w zakresie parametrów powietrza pomieszczeń, w których ludzie przebywają w maskach ochronnych przez dłuższy czas. Proszę w charakterystyce tej uwzględnić rodzaj pomieszczenia, charakter pracy i aktywność fizyczną pracujących ludzi, a także wymagania w stosunku do stroju roboczego. Proszę odnieść się do warunków w jakich przeprowadzono pomiary, których wyniki stanowiły podstawę modyfikacji istniejącego modelu komfortu cieplnego Fangera i ocenić czy proponowany model może być bezpośrednio wykorzystany do tych wymienionych przypadków. Proszę podać uzasadnienie.

4.6. Informacje o nieprawidłowościach

We wcześniejszych punktach recenzji przedstawiono pytania i wątpliwości dotyczące jakości pewnych elementów i części pracy oraz wskazano część nieprawidłowości. Poniżej przedstawione są inne, wybrane elementy pracy, które są nieprawidłowe lub nieprecyzyjne.

Uwagi językowe i redakcyjne:

W pracy występują liczne błędy językowe i redakcyjne; z tego powodu podano tylko wybrane:

- Wykorzystując w opisie skrót należy podać jego rozwinięcie przynajmniej przy pierwszym wykorzystaniu skrótu w danym rozdziale pracy. Oprócz podania rozwinięcia właściwego, gdy jest ono w języku angielskim, dobrze byłoby podać również polskie tłumaczenie. Brak rozwinięcia skrótu zauważono wielokrotnie, po raz pierwszy na stronie 7 (dotyczy PMV i PPD).
- W pracy zauważono niejednorodność w zapisie cytowanych autorów. W różnych miejscach stosowane są różne formy m.in.: Lin & Chen, Liu i inni, Huo i Zang, Zender-Świercz i in., Zhong i współautorzy. Należy ujednolicić sposób cytowania, zachowując spójność w całym tekście.
- W rozprawie wielokrotnie pojawiają się błędy w konstrukcji zdań. Wybrane przykłady:
Str.14 „Przykładem takich objawów mogą być, opisane przez [45, 46], gdzie wykazano pojawienie się bólu głowy, zmęczenia, kataru czy bólu gardła.” Zadanie powinno brzmieć raczej: Przykładem takich objawów mogą być te opisane w [45, 46], gdzie wyszczególniono pojawienie się bólu głowy, zmęczenia, kataru czy bólu gardła.
Str.71 „Porównując, otrzymane wyniki mężczyzn z Rys. 4a do badań autora [90], to pomimo założonych masek przez mężczyzn na Uniwersytecie w Rumunii, 49% z nich odczuwało komfort, a przyjemnie ciepło było dla 27%, co jest zdecydowanie większe niż u mężczyzn noszących maski w obecnych badaniach.” Zdanie powinno brzmieć np.: Porównując wyniki ankiet i odpowiedzi mężczyzn przedstawione na Rys. 4a z wynikami badań autora [90], można zauważyć, że 49% mężczyzn z Rumunii odczuwało komfort cieplny, a 27% uznało warunki za przyjemnie ciepłe, co stanowi wartość zdecydowanie wyższą niż w obecnych badaniach.
- W pracy używane jest słowo „Autor” (lub „Autorzy” i podobne) pisane wielką literą w kontekście omawianych badań. Należy pamiętać, że w rozprawie doktorskiej „autor” powinien być zapisany małą literą, ponieważ odnosi się do badacza, a nie do osoby będącej adresatem tekstu, jak ma to miejsce w korespondencji.
- W rozprawie pojawiają się liczne literówki i inne błędy. Wybrane przykłady:
Str.15: „...i zamknięciu” powinno brzmieć: i zamknięcie.
Str. 15: „Temperaturę jaką utrzymywano...” powinno brzmieć: Temperatura...
Str. 16: „” ...poprzez nałożenie na maskę typu N95 wycięty okrąg z...” powinno brzmieć: ...wyciętego okręgu...
Str. 16: „...pomysł zaproponowanej ulepszonej maski, mogłaby przyczynić się...” powinno brzmieć: ...mógłby przyczynić się...
Str.16: „Na pierwszym etapie...” mogłoby brzmieć: W pierwszym etapie – podobnie w innych miejscach rozprawy.
Str.119: „Niniejsza praca, jej wyniki oraz modyfikacja wzorów na PMV i PPD, może stanowić...” powinno brzmieć: ...mogą stanowić...
- Str. 38: W zdaniu „Zarówno na etapie projektowania budynków jak i ich późniejszej eksploatacji skuteczne...” brakuje przecinków przed jak oraz przed skutecznie.

Uwagi dotyczące terminologii i słownictwa

W pracy w wielu miejscach stosowana jest nieprawidłowa terminologia i słownictwo. Wybrane przykłady:

- Str.14: „...ważne jest, aby budynki nowoczesne jak najlepiej mogły kontrolować wewnętrzne warunki w pomieszczeniach...” Budynki nie mogą kontrolować warunków w pomieszczeniu.
- W wielu miejscach pracy podawane są mało precyzyjne określenia. W pracy naukowej, szczególnie przy opisywaniu metodologii badań lub podawaniu wyników i wniosków, należy podawać szczegółowe informacje. Wybrane przykłady:
Str.59: „Procedura badawcza dla komory klimatycznej miała podobny charakter do tej, którą wykorzystano w salach.”. Takie określenie powoduje, że pojawia się wiele pytań. Co oznacza

„podobny charakter”? Na ile procedury są zbieżne? Co zmieniono w badaniach w komorze klimatycznej w stosunku do badań w salach?

Str.59: „Temperatura powietrza w komorze wynosiła od około 19 do około 28°C (10 wartości temperatur przy wilgotności względnej 20%, 45% oraz 70% (trzy wartości).” Jeżeli badania były prowadzone w komorze klimatycznej, w której możliwe jest przygotowanie konkretnych warunków w zakresie temperatury i wilgotności względnej powietrza, należałoby podać konkretne warunki podczas badań. Należałoby podać konkretne pary parametrów powietrza. Dodatkowo temperaturę powinno się zapisywać w formie pojedynczej, czyli: 10 wartości temperatury.

Str.71: „...obie płcie w podobny sposób oceniły...” Co oznacza podobnie? Doktorantka dysponuje konkretnymi wartościami, które należałoby przytoczyć przy ocenie wyników.

Uwagi merytoryczne:

- W spisie symboli niepoprawnie z fizycznego punktu widzenia zapisano jednostkę dla współczynnika konwekcji wymiany ciepła. Zapisano jako $[W/m^2K]$, a prawidłowy zapis to $[W/(m^2K)]$.
- Str.14: „Główne dolegliwości, jakie charakteryzowały SARS-CoV-2 to gorączka...” SARS-CoV-2 to wirus powodujący chorobę COVID-19. Należałoby napisać: Główne dolegliwości, jakie charakteryzowały COVID-19, powodowaną przez wirus SARS-CoV-2, to ...
- Str. 17: błędnie zapisano jednostkę „m/s” zamiast m^3/s .
- St. 43: zapisano „Finalnie PMV, które zostało zaprezentowane w Tabeli 1 – numer 13, jest stosowane do określenia przewidywanego średniego głosu odnoszącego się do komfortu cieplnego, czyli do przewidywania czy ludzie w danym pomieszczeniu o danych parametrach mogą odczuwać komfort cieplny, czy mogliby odczuwać środowisko jako zbyt ciepłe lub zbyt gorące oraz chłodne lub zbyt zimne.”.
Zdanie to ma liczne błędy językowe i merytoryczne w moim odczuciu poprawniej byłoby zapisać: Wzór do wyliczania PMV, który podany jest w Tabeli 1 (wzór (13)), stosowany jest do określenia przewidywanej średniej oceny komfortu cieplnego, czyli do przewidywania czy ludzie w danym pomieszczeniu o określonych parametrach mogą odczuwać komfort cieplny, czy też środowisko będzie uznane za zbyt ciepłe, zbyt zimne lub komfortowe.
- Błędem jest bezpośrednie przetłumaczenie rozwinięcia skrótu PMV - Predicted Mean Vote na przewidywany średni głos, podczas gdy poprawie byłoby przewidywana średnia ocena komfortu cieplnego. W pracy w wielu miejscach błędnie podany jest zły opis PMV.
- Str.46: Podobnie jak błędnie przetłumaczono rozwinięcie skrótu PMV, błędnie (prawdopodobnie bezpośrednio) przetłumaczono rozwinięcie ML – Machine Learning. Powinno się stosować tłumaczenie uczenie maszynowe, a nie nauczanie maszynowe.
- Str.50: W tezie 3 napisano: „(tj. wyznaczenie zmodyfikowanych wartości wskaźników PMV i PPD)”. Zmodyfikowano raczej wzory do wyznaczania PMV i PPD, a nie wskaźniki.
- Str.55: Zapisano wymiary komory klimatycznej jako 2,79x1,80x2,30 m^3 . Właściwe byłoby zapisanie wymiarów komory jako 2,79x1,80x2,30 m.
- Str.68: „Gdy zawartość dwutlenku będzie za wysoka...” powinno brzmieć: Gdy stężenie ditlenku węgla będzie za wysokie...
- Str.70: „Na Rysunku 4 zaprezentowano analizę wykonanych obliczeń.” Analiza to jest opis wyników, a na wykresach zaprezentowano wyniki obliczeń.
- Str.71: „...prawie dwa razy więcej procent kobiet...” Należałoby napisać: dwa razy więcej kobiet niż mężczyzn lub podać konkretną różnicę w punktach procentowych.

5. Ocena rozprawy doktorskiej

5.1. Ocena oryginalności rozwiązania problemu naukowego

Badania nad komfortem cieplnym prowadzone są od lat, co Doktorantka wykazała w przeglądzie literatury. Jednak uwzględnianie w nich wpływu środków ochrony indywidualnej zintensyfikowano po wybuchu pandemii COVID-19, ogłoszonej przez Światową Organizację Zdrowia w marcu 2020 roku. Większość badań związanych z pandemią rozpoczęła się w jej początkowej fazie, ale ich wyniki publikowane są do dzisiaj. Temat wpływu masek ochronnych na komfort ludzi, podjęty w 2020 roku, był oryginalny, gdyż wcześniejsze badania dotyczyły głównie pracowników służby zdrowia.

Problem naukowy w rozprawie dotyczył tego, że model komfortu cieplnego Fangera nie uwzględnia noszenia masek ochronnych. Głównym osiągnięciem Doktorantki jest zmodyfikowanie tego modelu. Doktorantka przeprowadziła pomiary parametrów powietrza w salach dydaktycznych i komorze klimatycznej, a także badania ankietowe wśród ludzi noszących maski ochronne. Po wprowadzeniu modyfikacji do modelu Fangera Doktorantka uzyskała wyniki obliczeń i z ankiet zbieżne, więc zrealizowała postawione sobie cele i potwierdziła tezy.

Osiągnięcie naukowe polegające na opracowaniu modelu komfortu cieplnego uwzględniającego noszenie masek ochronnych w budynku edukacyjnym jest oryginalne. Natomiast zastosowana metodyka i procedura prowadząca do uzyskania zmodyfikowanego modelu była wcześniej stosowana w innych pracach.

5.2. Ocena czy rozprawa prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz jej umiejętność samodzielnego prowadzenia badań

Doktorantka wykonała przegląd literatury obejmujący zagadnienia związane z realizowanym tematem i zdefiniowała cele i tezy pracy, które ukierunkowały badania na rozwiązanie problemu naukowego oraz rozszerzenie istniejącego stanu wiedzy. Zaplanowane badania obejmowały wykorzystanie metod badawczych powszechnie stosowanych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Uzyskane wyniki pomiarów obiektywnych i subiektywnych oraz ich analiza doprowadziły do sformułowania zmodyfikowanego modelu komfortu cieplnego i wniosków, które są zasadniczo poprawne. Mając na uwadze powyższe, można stwierdzić, że Doktorantka posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie oraz potrafi planować i przeprowadzać badania.

6. Wniosek końcowy

Podsumowując ocenę recenzowanej rozprawy, stwierdzam, że uwagi o charakterze krytycznym, choć istotne, nie podważają jej wartości naukowej ani osiągniętych wyników. Recenzowaną pracę oceniam pozytywnie i uznaję, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Luizy Dębskiej pt. „Analiza komfortu cieplnego w budynkach w warunkach stosowania masek ochronnych” w sposób wystarczający spełnia wymagania formalne określone w obowiązującej ustawie Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, tj. prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętność prowadzenia badań naukowych przez Doktorantkę, a jednocześnie prezentuje oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr inż. Luizy Dębskiej do dalszego etapu postępowania.

Krzysztof Kobiński