Recenzja spełnia wymogi formalne

Prof. dr hab. inż. Halina Koczyk
Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych
pl. M. Skłodowskiej-Curie 5
60-965 Poznań

Poznań, 8 września 2023 roku

OCENA

dorobku naukowo-badawczego oraz współpracy międzynarodowej
dr inż. Bożeny ORLIK - KOŻDOŃ oraz

RECENZJA

osiągnięcia naukowego pod tytułem: *„Prognozowanie stanu wilgotnościowego ścian ocieplanych od wewnątrz w budynkach historycznych z cegły”*,
stanowiącego podstawę ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie *inżynieria lądowa, geodezja i transport*

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną opracowania recenzji jest:

- Pismo Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Śląskiej z dnia 23 czerwca 2023 roku o powierzeniu mi funkcji Recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Bożeny Orlik-Kożdoń.

  Uchwała Rady Dyscypliny Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Śląskiej (Monitor Prawny Politechniki Śląskiej poz.707 Uchwała nr 42/2023 Rady Dyscypliny IILiT PŚ z dnia 23 czerwca 2023 roku o powołaniu komisji habilitacyjnej w postepowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport wszczętym na wniosek dr inż. Bożeny Orlik-Kożdoń.
  Pisma zostały dostarczone do Instytutu Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych Politechniki Poznańskiej w dniu 11.07.2023 roku.
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 poz. 574Lj ze zmianami).
- Ustawa z dnia 3 lipca 2018 r. - Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1669 ze zmianami).

Podstawę merytoryczną stanowi komplet dokumentacji wniosku w wersji elektronicznej i drukowanej opracowany przez dr inż. Bożenę Orlik-Kożdoń, przedłożony Radzie Dyscypliny Naukowej Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Śląskiej za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej z prośbą o wszczęcie postępowania habilitacyjnego, w skład której wchodzi:

1. Dane wnioskodawcy.
2. Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora.
3. Autoreferat przedstawiający opis osiągnięcia i dorobku naukowego.
4. Aktywność naukowa oraz inne wymagane informacje o kandydacie.
5. Monografia naukowa stanowiąca główne osiągnięcie naukowe.
6. Zestawienie prac składających się na pozostałe osiągnięcia (osiągnięcie nr 2) z oświadczeniem autorów o wkładzie w powstanie każdej z pracy.
7. Kopia dokumentu potwierdzająca odbycie stażu na Politechnice Lwowskiej.
8. Kopia dokumentu potwierdzająca wykonanie recenzji w czasopismach.

Wpłynęło dnia 31.10.2023 r.

Stwierdzam, że otrzymana dokumentacja zawiera wszystkie niezbędne dokumenty dla wykonania oceny zarówno osiągnięcia naukowego dr inż. dr inż. Bożeny Orlik-Kożdoń, jak i oceny całokształtu Jej dorobku naukowo-badawczego i współpracy międzynarodowej.

Jako główne osiągnięcie naukowe Kandydatka wskazała monografię *„Prognozowanie stanu wilgotnościowego ścian ocieplanych od wewnątrz w budynkach historycznych z cegły"* wydaną w Gliwicach w Wydawnictwie Politechniki Śląskiej w 2022 roku (UIW 48600; ISBN 978-83-7880-860-2) uzupełnioną poprzez artykuły i wnioski patentowe.

Na podstawie przeprowadzonej analizy informacji zawartych w dokumentach stwierdzam, że działalność badawcza i dorobek naukowy Habilitantki mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie *inżynieria lądowa, geodezja i transport.*
W recenzji oceniono monografię habilitacyjną z uzupełnieniami stanowiącą osiągnięcie habilitacyjne. Przeanalizowano, czy stanowi ona ***znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej i dokumentuje istotną aktywność naukową.***

2. Podstawowe dane o Kandydatce

Pani dr inż. Bożena Orlik-Kożdoń ukończyła studia wyższe II stopnia w 2004 roku na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Po studiach podjęła Studia Doktoranckie, a od 2009 roku rozpoczęła pracę na macierzystym Wydziale początkowo jako asystent, a od 2012 roku jako adiunkt.

Od 2017 roku do chwili obecnej pracuje jako adiunkt w Katedrze Procesów Budowlanych i Fizyki Budowli Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej.

Doktoryzowała się w zakresie budownictwa na Politechnice Śląskiej na podstawie rozprawy pt. „Wpływ zróżnicowania struktury styropianu na kinetykę procesów transportu ciepła i wilgoci w przegrodzie budowlanej".
Promotorem pracy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Jan Ślusarek, a recenzentami prof. dr hab. inż. Halina Garbalińska i prof. dr hab. inż. Janusz Szwabowski.

Zgodnie z zapisami ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, art. 219, ust. 1 pkt 1 – Habilitantka spełnia warunek konieczny do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego – posiada stopień doktora uzyskany na podstawie przepisów obowiązujących w polskim systemie prawa.

3. Ocena osiągnięć naukowo-badawczych

3.1. Ocena osiągnięcia naukowego wskazanego przez Kandydatkę w przewodzie habilitacyjnym

We wniosku o przeprowadzenie przewodu habilitacyjnego zatytułowanym: *„Prognozowanie stanu wilgotnościowego ścian ocieplanych od wewnątrz w budynkach historycznych z cegły "*, Pani dr inż. Bożena Orlik-Kożdoń wskazała jako swoje osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 poz. 574Lj ze zmianami) *„Prognozowanie stanu wilgotnościowego ścian ocieplanych od wewnątrz w budynkach historycznych z cegły"* wydaną w Gliwicach w Wydawnictwie Politechniki Śląskiej w 2022 roku (UIW 48600; ISBN 978-83-7880-860-2) uzupełnioną poprzez artykuły i wnioski patentowe.

Monografia ma 267 stron, Habilitantka odwołała się w niej do 316 pozycji literaturowych, z czego 8 pozycji to publikacje autorskie lub współautorstwa Habilitantki.

W swojej dokumentacji Kandydatka wyodrębnia oprócz podstawowego osiągnięcia drugie uzupełniające zatytułowane *„Opracowanie i ocena innowacyjnych rozwiązań w zakresie podnoszenia efektywności energetycznej budynków"*.

Jako załącznik do dokumentacji dołączyła autoreferat (załącznik 3), w którym oceniane osiągnięcie naukowe omówiono w punkcie 4 (strony 4 do 44), a uzupełniające na stronach 45 do 56).

Celem pracy, zgodnie z deklaracją Habilitantki, było *„...prognozowanie oraz ocena charakteru zjawisk higrotermicznych zachodzących w warstwach układów ściennych z cegły ocieplanych od wewnątrz."*. Realizacja celu nastąpiła poprzez przeprowadzenie: długoterminowych badań in situ oraz analiz numerycznych.
Oceniana rozprawa zrealizowała następujące główne cele badawcze:

- Ocena stanu cieplno-wilgotnościowego układów ściennych ocieplanych od wewnątrz w budynkach historycznych wykonana na podstawie długoterminowych badań doświadczalnych w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych oraz analiz numerycznych.
- Wyspecyfikowanie podstawowych czynników, które mogą wpływać na wyniki diagnostyki rozwiązań izolacyjnych,
- Opracowanie procedury prognozowania zmian zawartości wilgoci w funkcji czasu dla składowych izolowanego układu w oparciu o algorytm bazujący na maksimach lokalnych,
- Wyznaczenie korekty wilgotności względnej w obliczaniu granicznej wartości czynnika $f_{Rsi,max}$ dla naroży zewnętrznych.

Habilitantka jako metodę oceny i analizy rozwiązań ścian ocieplanych od wewnątrz zaproponowała zastosowanie analiz numerycznych przy pomocy pakietów programów komputerowych stosowanych w profesjonalnych i komercyjnych analizach z zakresu symulacji stanów termicznych i wilgotnościowych przegród budowlanych. Analizy numeryczne wspomogła długoterminowymi badaniami doświadczalnymi.
Przeważającą część badań eksperymentalnych przeprowadzono na odpowiednio przygotowanym stanowisku badawczym zlokalizowanym w budynku jednorodzinnym z cegły z początku XX wieku spełniającego kryteria budynku historycznego.
Zasadniczym niedociągnięciem recenzowanej monografii jest drobiazgowość wyników, która wbrew pozorom pogarsza czytelność pracy i uogólnienie jej efektów.

Omówienie problematyki w monografii przedstawiła dzieląc materiał na następujące punkty:

(1) Wprowadzenie.
(2) Budynki historyczne z cegły.
(3) *Ocieplanie ścian od wewnątrz.*
(4) *Badania właściwości fizykochemicznych cegieł historycznych i zapraw.*
(5) Badania parametrów higrotermicznych układów ściennych ocieplanych od wewnątrz.
(6) Analizy numeryczne zmian parametrów higrotermicznych w warstwach układów ściennych ocieplanych od wewnątrz.
(7) Badania wpływu warunków klimatycznych na ryzyko kondensacji powierzchniowej pary wodnej i rozwój pleśni.
(8) Analizy numeryczne rozkładu parametrów mikroklimatu w pomieszczeniu.
(9) Podsumowanie i wnioski końcowe.

Rozdziały 1 do 3 – Habilitantka w monografii w jej części początkowej przedstawiła wyniki i analizy dotyczące i dokumentujące ważność podjętego w monografii tematu. W tej części pracy (punkty od **1** do **3**):

- przedstawiła wprowadzenie zawierające cel i zakres pracy (**rozdział 1** – 6 stron),
- opisała budynki historyczne z cegły, w tym grubości murów stosowane, począwszy od XIX wieku, dokonała systematyki typowych ustrojów ściennych oraz wymagań cieplno-wilgotnościowych na przestrzeni lat do teraźniejszości włącznie (**rozdział 2** – 17 stron),
- zaprezentowała ogólne aktualne wymagania projektowe dotyczące obliczeń cieplnych, cieplno-wilgotnościowych lub wilgotnościowych przegród budowlanych i obiektów budowlanych oraz dokonała przeglądu stanu wiedzy w rozważanej tematyce stanu wilgotnościowego i analizy zjawisk zachodzących w przegrodach zwłaszcza izolowanych od wewnątrz (**rozdział 3** – 48 stron);

Analizując kondensację międzywarstwową omówiła wpływ rodzaju oraz struktury materiałów na wzrost zawilgocenia, przedstawiła procedury obliczeniowe oraz sposób definiowania warunków środowiskowych; a także opisała proces zamarzania wody oraz kryteria mrozoodporności stawiane materiałom w układach ściennych ocieplanych od wewnątrz.
W kwerendach dotyczących kondensacji powierzchniowej i rozwoju pleśni prześledziła warunki wzrostu pleśni oraz genezę formułowania wymagań, które to zjawisko opisują oraz diagnozują. Zwróciła uwagę na wewnętrzne warunki klimatyczne, które są wykorzystywane w obliczeniach normowych granicznej wartości czynnika *fRsi,max*. Czynnik ten stanowi normatywny wskaźnik informujący o tym, że na wewnętrznej powierzchni przegrody zewnętrznej uniknięto rozwoju grzybów i porażeń pleśniowych.
Wynikiem analizy stanu wiedzy było sformułowanie podstawowych celów i zakresu rozprawy habilitacyjnej. Ich realizacja stanowi zasadniczą część monografii – rozdziały **4–8**.

Rozdział 4 (17 stron) – zawiera szczegółowe wyniki badań laboratoryjnych cech fizykochemicznych cegieł i zapraw historycznych. Zbadano grupę siedmiu cegieł i trzech zapraw. Próbki do badań uzyskano z odkrywek ścian zewnętrznych kondygnacji nadziemnych w budynkach historycznych znajdujących się w różnych regionach Polski.
Celowość tych badań wynikała z faktu, że znajomość własności fizykochemicznych jest niezbędna w analizach numerycznych stanu cieplno-wilgotnościowego przegród zewnętrznych budynków, w tym również historycznych.
Moim zdaniem znacznym mankamentem rozdziału jest brak wyników badań współczynników przewodności cieplnej λ cegieł i zapraw historycznych
Uważam, że część monografii obejmująca rozdziały **1** – **4** (88 stron) ma charakter **podręcznikowy**, w części **historyczny** i mogłaby być znacznie zredukowana objętościowo.
Dalsza część pracy (rozdziały **5** – **8**) stanowią podstawową merytoryczną część pracy, a rozdział **9** zawiera podsumowanie wyników pracy i wnioski końcowe.
Rozdział **5** zawiera raport z badań doświadczalnych **„in situ"**, rozdział **7** - raport z badań **terenowych** grupy budynków, a rozdziały **6** i **8** prezentują wyniki **obliczeń** numerycznych.

Rozdział 5 (38 stron) – Zawarto w nim wyniki długoterminowych (trzyletnich) badań doświadczalnych układów ściennych z izolacją od wewnątrz w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych.
Badania prowadzono dla dwóch ścian różniących się zastosowaną izolacją, a mianowicie:

1. z lekkiego betonu komórkowego,
2. w formie paneli recyklingowych, który powstał w ramach współpracy autorki z przemysłem.

Badania przeprowadzono na specjalnie przygotowanym i zbudowanym stanowisku badawczym zlokalizowanym w budynku jednorodzinnym pochodzącym z początku XX wieku zbudowanym z cegły.

Badania objęły pomiary w dwóch wybranych pomieszczeniach o zróżnicowanym sposobie użytkowania następujących wielkości fizycznych:

- temperatury i wilgotności względne środowisk otaczających przegrodę (powietrze wewnętrzne i zewnętrzne),
- temperatury oraz wilgotności względne w warstwach styku układu ściennego ocieplonego od strony wewnętrznej dla styków w ścianie płaskiej oraz w narożu zewnętrznym,
- gęstość strumienia ciepła z wyznaczeniem współczynnika przenikania ciepła dla analizowanych układów (dla ściany płaskiej),
- temperatura powierzchni analizowanych układów ściennych metodą stykową oraz z wykorzystaniem metody zdalnej,
- wilgotność masowa wybranych składowych izolowanego układu ściennego.

Badania w warstwach izolowanych układów ściennych oraz w pomieszczeniach rejestrowano za pomocą systemu pomiarowego z krokiem czasowym 1h w okresie 3 lat.

Moim zdaniem głównym celem raportowanych w tym rozdziale badań było, poza oceną nowego rozwiązania paneli recyklingowych i weryfikacją ich zachowania w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych, również porównanie otrzymanych wyników parametrów mikroklimatu analizowanych pomieszczeń z powszechnie stosowanymi modelami klimatu wewnętrznego i opracowanie przydatnego we własnych dalszych obliczeniach numerycznych modelu klimatu wewnętrznego.

Stosowane powszechnie modele klimatu wynikają z obowiązujących norm:

PN EN ISO 13788: 2013 „Cieplno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej. Metoda obliczania.", a także, według Habilitantki, również obowiązującej:

PN EN 15026: 2008 „Cieplno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Szacowanie przenoszenia wilgoci za pomocą symulacji komputerowej." (aktualnie *FprEN 15026* jest autorskim dokumentem wykorzystywanym wyłącznie do dalszych prac normalizacyjnych).

Zarejestrowane parametry klimatu wewnętrznego, tj. temperatura i wilgotność względna powietrza wewnętrznego w monitorowanych dwóch pomieszczeniach o różnym przeznaczeniu zostały przez Kandydatkę wykorzystane do opracowania indywidualnego klimatu do przyszłych numerycznych analiz higrotermicznych. Klimat ten opracowany został w formie specjalnych plików klimatycznych wykorzystywanych w kolejnych numerycznych analizach cieplno –wilgotnościowych w programie *WUFI 2D*.

Dla obu układów ściennych z izolacją od wewnątrz prowadzono również pomiar zdalny oraz stykowy temperatury powierzchni w pomieszczeniu nr 2.

Badania pól temperatur na powierzchni układów ściennych wykonano również wykorzystując technikę termowizyjną.

Przedstawione w rozdziale **5** wyniki badań in situ dwóch systemów ściennych izolowanych od wewnątrz zostały w następnym rozdziale **6** przebadane numerycznie z wykorzystaniem komercjalnych komputerowych narzędzi obliczeniowych.

Spośród programów lub systemów komputerowych zostały wykorzystane m.in.: program *THERM 7.6* (do analiz cieplno-wilgotnościowych w stanie stacjonarnym), oprogramowanie *WUFI 2D* (do analiz zmian temperatury i zawilgocenia w warstwach układów ściennych dla nieustalonych warunków brzegowych).

Rozdział 6 (53 strony) - Zawarto w nim wyniki obliczeń numerycznych pól temperatury w stanach stacjonarnych dla wielu wariantów ścian izolowanych od wewnątrz oraz wyniki wariantowych obliczeń cieplno-wilgotnościowych w wybranych stanach niestacjonarnych.
Wykonane obliczenia w warunkach stacjonarnych pozwoliły zwizualizować:

- zasięgi oddziaływania temperatury zewnętrznej oraz strefy przemarzania w zależności od grubości materiału izolacyjnego, grubości ściany z cegły oraz wartości temperatur zewnętrznych,
- temperatury na styku izolacji i muru ceglanego w narożu i w ścianie w zależności od oporu cieplnego izolacji termicznej oraz temperatury zewnętrznej.

W obliczeniach numerycznych zmian zawartości wilgoci w stanach niestacjonarnych wariantowano czynniki wpływające na stan cieplno-wilgotnościowy, a mianowicie:

- wewnętrzne warunki klimatyczne wyrażone temperaturą i wilgotnością względną powietrza wewnętrznego,
- zewnętrzne warunki klimatyczne wyrażone temperaturą i wilgotnością względną powietrza zewnętrznego w zależności od strefy klimatycznej,
- rodzaj analizowanego pola temperatur : jedno- czy dwuwymiarowe,
- wpływ zacinającego deszczu i orientacji budynku względem stron świata,
- rodzaj zastosowanej cegły historycznej i jej parametry fizyczne,
- grubość muru ceglanego i zastosowanej izolacji.

Wykonane wielowariantowe obliczenia numeryczne w warunkach niestacjonarnych pozwoliły zrealizować następujące cząstkowe zadania badawcze:

- określenie wpływu warunków klimatycznych na zmiany zawartości wilgoci w wybranych warstwach ściany z cegły ocieplonej od wewnątrz,
- określenie wpływu grubości materiału izolacyjnego, rodzaju cegły historycznej i jej parametrów fizycznych na zmiany zawartości wilgoci w wybranych warstwach,
- walidację wyników obliczeń numerycznych z pomiarami,
- opracowanie metody prognozowania zmian zawartości wilgoci w warstwach układu ściennego ocieplanego od wewnątrz na podstawie wartości maksymalnych w analizowanych cyklach badawczych.

Kolejne rozdziały **7** i **8** dotyczą modelowania warunków klimatu wewnętrznego w obliczeniach cieplno-wilgotnościowych przegród pod kątem zapobiegania powstawaniu porażeń pleśniowych i obejmują terenowe badania doświadczalne (rozdział **7**) oraz obliczenia z użyciem profesjonalnych narzędzi komputerowej mechaniki płynów (rozdział **8**).

Rozdział 7 (23 strony) - W rozdziale **7** przedstawiono wyniki badań podstawowych parametrów klimatu wewnętrznego pomieszczeń w budynkach ogrzewanych tzn. temperatury i wilgotności względnej powietrza.
Wytypowano do analiz terenowych grupę 11 budynków z cegły historycznej, które poddano wstępnej diagnostyce obejmującej ocenę:

- jakości cieplnej ich obudowy (wyznaczenie na podstawie pomiarów współczynnika przenikania ciepła ścian zewnętrznych U); w każdym z budynków wykonano pomiar

gęstości strumienia ciepła z wykorzystaniem zestawu badawczego gSkin U−Value Kit firmy greenTEG.

- rozwiązań podstawowych instalacji: ogrzewania, wentylacji i przygotowania c.w.u.; wszystkie budynki posiadały tradycyjny system ogrzewania grzejnikowego z kotłem węglowym z centralną regulacją temperatury, instalację c.w.u. zasilaną z kotła c.o. lub z bojlera elektrycznego oraz wentylację naturalną. Pomiar prędkości przepływu powietrza wykonano w każdym z budynków w pokoju mieszkalnym w jego centralnej części na wysokości 1,70 m w marcu przy wykorzystaniu urządzenia TESTO 400 z krokiem czasowym 10 minut.

W oparciu o wyniki analiz i diagnostykę cieplną dokonano podziału na dwie kategorie, tj. budynki historyczne z cegły – G1 (5 budynków) oraz budynki historyczne z cegły poddane termomodernizacji – G2 (6 budynków, w tym 1 z izolacją od wewnątrz oraz 5 z izolacją zewnętrzną).
W każdym z tych budynków w pokoju reprezentatywnym przeprowadzono miesięczne, z krokiem czasowym 1 h, badania klimatu wewnętrznego obejmujące ciągły pomiar temperatury i wilgotności względnej powietrza w centralnej części pomieszczenia oraz przy narożach zewnętrznych. Do zapisu wyników pomiaru wykorzystano rejestrator wielokanałowy APAR AR207. Pomiar temperatury prowadzony był przy wykorzystaniu czujników Pt 100, pomiar wilgotności względnej przy użyciu czujników HIH 4000.
Opracowano także równania wiążące parametry klimatu panującego: w centralnej części pomieszczenia oraz przy narożach zewnętrznych w formie związku statystycznego, który podaje zależność wilgotności względnej w narożu od wilgotności względnej powietrza wewnętrznego dla każdej grupy budynków.

Rozdział 8 (20 stron) - Zawarto w nim wyniki obliczeń numerycznych rozkładu przestrzennego parametrów mikroklimatu pomieszczenia: temperatury i wilgotności względnej, uzyskane z wykorzystaniem profesjonalnego narzędzia komputerowej mechaniki płynów ***Ansys Fluent.***
Zakres obliczeń obejmował:

- opracowanie modelu numerycznego pomieszczenia z siatką dyskretyzacji wraz z sformułowaniem warunków brzegowych; Warunki brzegowe zostały ustalone na podstawie: wizji lokalnej, analizy dokumentacji projektowej budowlanej i instalacyjnej oraz zalecanych parametrów projektowych.
  W modelu uwzględniono rzeczywiste wymiary i geometrię pomieszczenia, wymianę powietrza drogą wentylacji naturalnej, położenie oraz moc cieplną grzejnika,
- określenie rozkładu przestrzennego temperatury i wilgotności względnej w pomieszczeniu modelowym,
- wyznaczenie rozkładu prędkości oraz linii prądu prędkości powietrza.

Obliczenia wykonano dla obu grup budynków, tj. G1 – budynki historyczne o współczynniku przenikania ciepła dla ścian U = 1,60 [W(m2 ·K)] oraz G2 – budynki historyczne z izolacją ścian zewnętrznych, współczynnik U = 0,30 [W(m2 ·K)].
Obliczenia potwierdziły niejednorodność pól temperatur i prędkości w pomieszczeniu ogrzewanym oraz wpływ izolacyjności cieplnej przegród obudowy budynku na ich szczegółową charakterystykę.

Rozdział 9 (10 stron) zawiera podsumowanie wyników pracy i szczegółowe wnioski końcowe.

Prezentując tak interdyscyplinarny temat łączący: budownictwo, inżynierię środowiska, mechanikę płynów, wymianę ciepła i masy. Autorka nie ustrzegła się pewnych niedociągnięć czy uproszczeń opisu. Z obowiązku recenzenta wymieniam najważniejsze z nich:

1. Autorka wykorzystała w części obliczeniowej pracy programy komputerowe i pakiety programów komputerowych nie określając jednoznacznie, co przesądziło o ich zastosowaniu. Uważam, że w analizie stanu wiedzy na temat obliczeń cieplno-wilgotnościowych przegród powinny znaleźć się krótkie opisy i charakterystyki tych narzędzi komputerowych, określające jednoznacznie ich możliwości, zalety i wymagania. Najważniejszą kwestią, jaka powinna być wyjaśniona, to podanie, jakiego rodzaju funkcjonalności tych narzędzi zadecydowały o ich wykorzystaniu w pracy habilitacyjnej?

2. Duża część badań i obliczeń dotyczyła przegród o niskiej izolacyjności cieplnej, niespełniających aktualnych, minimalnych wymagań prawnych w tym zakresie (budynki historyczne z cegły – grupa G1). Nie znaleziono opinii nt. celowości badań tej grupy budynków i ewentualnej stosowalności uzyskanych wyników we współczesnym budownictwie.

3. W zbiorze budynków poddanym badaniom poligonowym (11 obiektów) tylko jeden (G2_modelowy) odpowiada tematowi rozprawy (izolacja od wewnątrz)

4. W obliczeniach numerycznych pól temperatur wilgotności i prędkości w ogrzewanym pomieszczeniu posłużono się profesjonalnym narzędziem komputerowej mechaniki płynów ***ANSYS FLUENT.*** Niektóre z warunków brzegowych dla badanego pomieszczenia powinny pochodzić z norm ogrzewniczych. Zauważyłam pewne nieścisłości numerów norm i przyjętych wartości liczbowych. Interesuje mnie przyjęcie mocy grzejnika, czy odpowiada projektowemu obciążeniu cieplnemu czy wymaganej mocy dla warunków średniej temperatury najzimniejszego miesiąca roku? Podwyższone temperatury w pomieszczeniu G2 sugerują, że przyjęto pierwszy wariant albo przyjęto wartość mocy grzejnika bardzo orientacyjnie.

5. W modelowaniu przy pomocy ***Ansys Fluent*** na s.217 podano, że dla budynków G2, czyli po termomodernizacji „nie uwzględniono strony, od której znajduje się izolacja". Czy oznacza to, że wyniki nie odzwierciedlają w pełni stanu mikroklimatu w budynku historycznym z cegły ocieplonej od wewnątrz?

6. W rozdziale **5** nie podano szczegółów zabudowy czujnika pomiarowego wilgotności względnej powietrza w warstwie stykowej (klej). Czy została zapewniona wystarczająca przestrzeń robocza?

7. Na s.105 podano względne niepewności pomiarowe temperatury i wilgotności względnej. Podawanie niepewności [%] dla temperatury [°C] jest błędem.

8. Na s.147 podano, że parametry cegły historycznej dobrano z bazy **WUFI** tak, aby „w sposób najbardziej zbliżony odpowiadała cegle rzeczywistej, tj. cegle C1 , rozdział 4". Czy cegła C1 pochodzi z budynku poddanego badaniom w rozdziale **5** ?

Powyższe uwagi **nie umniejszają mojej ogólnej pozytywnej oceny pracy.**

Habilitantka dołączyła do rozprawy habilitacyjnej drugie osiągnięcie naukowe pod tytułem: *„Opracowanie i ocena innowacyjnych rozwiązań w zakresie podnoszenia efektywności energetycznej budynków".*

Zostało ono zrealizowane poprzez opublikowanie **monografii oraz 7 artykułów naukowych w wysoko punktowanych czasopismach, a także** opracowanie i uzyskanie **3 wzorów przemysłowych i 1 patentu.**
W ramach drugiego osiągnięcia opisano pięć rozwiązań podnoszących standard energetyczny budynku, sporządzono ich charakterystykę oraz przedstawiono zakres przeprowadzonych badań i ich efekty. Rozwiązaniami tymi są:

- perforowana płyta styropianowa,
- kanałowa płyta izolacyjna,
- elastyczna płyta izolacyjna,
- panel termiczny z barierą paroizolacyjną,
- zintegrowany system do podgrzewu powietrza wentylacyjnego.

W rozwiązaniach tych dla polepszenia własności cieplnych i wilgotnościowych zaproponowano m. in. np.: modyfikacje materiałowo–geometryczne, wykorzystanie odpadów recyklingowych przy produkcji wyrobów izolacyjnych. Przedstawione jako ostatnie rozwiązanie stanowi połączenie systemu pozyskiwania energii cieplnej z promieniowania słonecznego do ogrzewania powietrza wentylacyjnego z układem ścian budynku.
Do osiągnięć technologicznych można również włączyć inicjatywę wykorzystania teorii najgęstszego upakowania kul do wyznaczania efektywnej przewodności cieplnej ośrodka ziarnistego.
W podsumowaniu należy stwierdzić, że recenzowana rozprawa uzupełniona dorobkiem technologicznym:

- Realizuje cel badań: ocena efektów cieplno-wilgotnościowych dla ścian ocieplanych od wewnątrz w budynkach historycznych z cegły (teoretycznie i doświadczalnie).
- Zawiera sformułowanie, analizę i rozwiązanie problemu naukowego dotychczas jednoznacznie nie rozstrzygniętego. Jest spójnym odniesieniem do tego problemu, połączonym myślą przewodnią i ma wartość utylitarną.

Po analizie monografii stanowiącej osiągnięcie naukowe pt.: *„Prognozowanie stanu wilgotnościowego ścian ocieplanych od wewnątrz w budynkach historycznych z cegły"* oraz drugiego osiągnięcia zatytułowanego *„Opracowanie i ocena innowacyjnych rozwiązań w zakresie podnoszenia efektywności energetycznej budynków"*. stwierdzam, że świadczy ona o zdolności Habilitantki do samodzielnego prowadzenia badań naukowych i **spełnia wymagania** określone w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 poz. 574Lj ze zmianami) **i jest** - uzyskanym po otrzymaniu stopnia doktora - **osiągnięciem naukowym stanowiącym wystarczający wkład Habilitantki w rozwój dyscypliny naukowej *inżynieria lądowa, geodezja i transport***, który może być podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

3.2. Pozostałe opublikowane prace naukowe nie wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

Przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitantka opublikowała:

- 1 artykuł,
- 11 referatów na konferencjach krajowych,
- 6 rozdziałów w monografiach i pracach zbiorowych.

Po uzyskaniu stopnia doktora opublikowała łącznie **16** artykułów naukowych indeksowanych przez **Web of Science i Scopus**, oraz **42** oryginalnych artykułów **w krajowych czasopismach naukowych**. W tym okresie opublikowała również **3 monografie**, **8 rozdziałów w monografiach**, **13 rozdziałów w pracach zbiorowych.**

Sumaryczna liczba uzyskanych punktów wg MEiN (dawniej MNiSW) wynosi **2143** punktów w tym **1030** punktów za artykuły w czasopismach z IF.

Sumaryczny Impact Factor według listy Journal Citation Reports (**JCR**), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **42,418** punktów, sumaryczny **SNIP** wynosi **20,661**, sumaryczny **CiteScore** wynosi **62,8** według Bazy Wiedzy Politechniki Śląskiej (https://omega.polsl.pl).

Indeks Hirscha wg Web of Science wynosi (na dzień 27.09.2023) **8 przy liczbie cytowań 132,** a wg Scopus też **8 przy liczbie cytowań 138.**

Artykuły Habilitantki opublikowane zostały w czasopismach z listy **JCR** oraz w innych czasopismach krajowych i zagranicznych, istotnych w obszarze inżynieria lądowa, geodezja i transport, takich jak: *Journal of Building Physics, Energies, Construction and Building Materials, International Journal of Heat and Mass Transfer, ACEE Architecture Civil Engineering Environment, Materiały Budowlane, Izolacje, Inżynier Budownictwa, Builder, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Zeszyty Naukowe Politechniki Gliwickiej, Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym, Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce, Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury, Czasopismo Techniczne Informatyka, Energia i Budynek.*

4. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

Aktywność naukowa Habilitantki związana ze współpracą z naukowcami z innych uczelni zagranicznych rozpoczęła się w 2019 roku jednomiesięcznym stażem naukowym na Politechnice Lwowskiej.

Na zaproszenie Politechniki Lwowskiej Kandydatka odbyła staż naukowy **w okresie od 18.11.2019–16.12.2019**. Tematem stażu była diagnostyka termiczno–wilgotnościowa budynków zabytkowych w kontekście ich przyszłej termomodernizacji, która objęła badania in situ oraz analizy numeryczne. Badania in situ objęły m.in. ocenę termowizyjną i analizę stanu technicznego elewacji budynku historycznego o zabytkowej elewacji z określeniem typowych uszkodzeń. Analizy numeryczne miały za cel przeprowadzenie pełnej analizy cieplno-wilgotnościowej przegród i ich połączeń na potrzeby poprawy ich jakości energetycznej w klimacie lokalnym miasta Lwowa. Staż zaowocował 1 publikacją w czasopiśmie Energies (140 pkt w punktacji MNiSW).

Kandydatka współpracuje z pracownikami naukowymi innych ośrodków lub instytucji badawczych, w tym z jednym ośrodkiem zagranicznym. Oprócz Politechniki Lwowskiej zostały wymienione: Politechnika Krakowska, Instytut Techniki Budowlanej, Biuro Projektowe EKOPROBUD, Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego oraz firma Akces BK.

Zgodnie z zapisami ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, art. 219, ust. 1 pkt 3 – Habilitantka spełnia warunek do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego – *wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.*

5. Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski

Habilitantka na studiach I i II stopnia na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej oraz w Centrum Kształcenia Inżynierów Politechniki Śląskiej – filia w Rybniku prowadziła lub prowadzi ćwiczenia i wykłady („Budownictwo ogólne z fizyką budowli", „Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie", „Remonty i modernizacja obiektów budowlanych", „Historia budownictwa i architektury"), projekty oraz seminaria.

Jest promotorem ponad 20 projektów inżynierskich oraz 35 prac dyplomowych.

Habilitantka bierze czynny udział w pracach na rzecz Wydziału (udział w Nocy Naukowców, opracowanie programu studiów podyplomowych *„Audyting i certyfikacja energetyczna w budownictwie na potrzeby termomodernizacji i oceny energetycznej budynków"*).
Była członkiem Komitetu Naukowego V Międzynarodowej Konferencji *Jakość powietrza a efektywność energetyczna* organizowanej przez Małopolskie Centrum Budownictwa Energooszczędnego (2021r), a także członkiem Komitetu Organizacyjnego *68. Konferencji Naukowej Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB.*

Uczestniczyła w szkoleniach z zakresu dydaktyki w języku obcym i podnoszenia kompetencji językowych kadry akademickiej uczelni.

6. Wniosek końcowy

Stwierdzam, że osiągnięcie naukowe - rozprawa habilitacyjna zatytułowana : *„Prognozowanie stanu wilgotnościowego ścian ocieplanych od wewnątrz w budynkach historycznych z cegły"* uzupełnione poprzez drugie osiągnięcie *„Opracowanie i ocena innowacyjnych rozwiązań w zakresie podnoszenia efektywności energetycznej budynków"* dr inż. Bożeny Orlik-Kożdoń spełnia warunki, aby uznać je za **znaczący** wkład do rozwoju dyscypliny naukowej: *inżynieria lądowa, geodezja i transport* wynikające z art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 poz. 574Lj ze zmianami). Ponadto, mając na uwadze kryteria oceny w zakresie osiągnieć naukowo - badawczych stwierdzam, że Habilitantka wykazuje się dużą aktywnością naukową w Polsce i wystarczającą za granicą.
W związku z powyższym **pozytywnie opiniuję wniosek** dr inż. Bożeny Orlik-Kożdoń o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie ***inżynieria lądowa, geodezja i transport*** i wnoszę o dopuszczenie Habilitantki do dalszych czynności w postępowaniu habilitacyjnym.

Recenzję podpisała
Halina Koczyk

* wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz. U. z 2026 r. poz. 1764)
Marzena Gaura