Dr hab. inż. Robert Wójcik prof. UWM

Wydział Geoinżynierii
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Heweliusza 4
10-724 Olsztyn
e-mail: robert.wojcik@uwm.edu.pl

Olsztyn 25. 09.2023 r.

Recenzja dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr. inż. Bożeny Orlik-Kożdoń

zatrudnionej na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej – recenzja dotyczy nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną jest Uchwała nr 42/2023 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej z dnia 29 czerwca 2023 roku w sprawie wyrażenia zgody na przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport na wniosek Pani dr. inż. Bożeny Orlik-Kożdoń.

Podstawą merytoryczną przeprowadzenia oceny jest analiza dokumentacji przygotowanej przez Habilitantkę zawierająca:

- autoreferat,
- opis aktywności naukowej oraz inne wymagania informacyjne o kandydatce,
- monografię naukową stanowiącą główne osiągnięcie naukowe,
- zestawienie prac składających się na pozostałe osiągnięcia z oświadczeniem autorów o wkładzie w powstanie każdej pracy,
- kopię dokumentu potwierdzającego odbycie stażu na Politechnice Lwowskiej,
- kopie dokumentów potwierdzających wykonanie recenzji w czasopismach.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Rada Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport
wpłynęło dnia 2.10.2023
nr 213 zał. —

Wpłynęło dnia 2.10.2023 r.

2. SYLWETKA HABILITANTKI

Dr. inż. Bożena Orlik-Kożdoń studiowała na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej w specjalności Inżynieria Miejska. Tematyką związaną z budownictwem energooszczędnym zainteresowała się już w okresie studiów. Tym zagadnieniom poświęcona była jej praca inżynierska zatytułowana „Analiza techniczno-ekonomiczna rozwiązań materiałowych przegród zewnętrznych", a także praca magisterska „Doradztwo energetyczne na poziomie gminy Orzesze. Praca doktorska obroniona w 2009 roku pt. „Wpływ zróżnicowania struktury styropianu na kinematykę procesów transportu ciepła i wilgoci w przegrodzie budowlanej" również wpisuje się w nurt zainteresowań dotyczących energooszczędności w budownictwie.

Po obronie doktoratu w 2009 roku Pani dr. inż. Bożena Orlik-Kożdoń podjęła pracę w Katedrze Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej. Dodatkowo prowadziła wykłady na studiach podyplomowych z auditingu energetycznego organizowanych przez Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie oraz Wyższą Szkołę Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach. Istotnym etapem wzbogacającym rozwój naukowy habilitantki wskazujący na narastające zainteresowanie obiektami historycznymi było ukończenie studiów podyplomowych: Konserwacja Zabytków Architektury i Urbanistyki w Wyższej Szkole Technicznej w Katowicach. Od 2017 roku Habilitantka jest zatrudniona na stanowisku adiunkta w Katedrze Procesów Budowlanych i Fizyki Budowli Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej.

3. DOROBEK NAUKOWO-BADAWCZY

3.1. Główne osiągniecie naukowe

Za główne osiągniecie naukowe w dyscyplinie Inżynieria Lądowa Geodezja i Transport wskazano monografię „Prognozowanie stanu wilgotnościowego ścian ocieplonych od wewnątrz w budynkach historycznych z cegły". Celem głównym było rozpoznanie zjawisk higrotermicznych zachodzących w warstwach układów ściennych z cegły ocieplanej od wewnątrz na podstawie badań eksperymentalnych oraz analiz numerycznych. Cel ten habilitantka realizowała wykonując badania laboratoryjne wybranych cech fizykochemicznych cegieł i zapraw, a także prowadząc badania systemów dociepleń od wewnątrz w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Badania obejmowały pomiary temperatury i wilgotności powietrza wewnętrznego oraz w wybranych płaszczyznach przegrody

(w części płaskiej oraz w narożu). Również obliczeniowo określano wpływ temperatury i wilgotności powietrza wewnętrznego na przebieg zmian higrotermicznych w docieplonym ustroju ściennym. Badano zatem wpływ niejednorodnego rozkładu parametrów mikroklimatu pomieszczeń (temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnętrznego) na zagrożenie rozwojem pleśni. Na podstawie uzyskanych wyników przedstawiono propozycję korekty wilgotności względnej przyjmowanej w obliczeniach granicznej wartości czynnika temperaturowego $f_{Rsi,\max}$ dla naroża zewnętrznego budynku.

Monografia składa się z dziewięciu rozdziałów. Na wstępie, ze szczególnym uwzględnieniem budynków historycznych, przedstawiono problematykę zapotrzebowania na energię do ogrzewania. Odniesiono się do szerokiej literatury problemu cytując ogółem 316 pozycji krajowych oraz zagranicznych. Przytoczono również 44 normy i dokumenty związane. Skomentowano stan wiedzy w odniesieniu do kondensacji międzywarstwowej i zmian zawartości wilgoci w warstwach układów ściennych, a także kondensacji pary wodnej na powierzchniach wewnętrznych skutkującej rozwojem pleśni. Przeprowadzona analiza literatury dała podstawy do sformułowania celu i zakresu monografii.

Monografia składa się z części studialnej oraz badawczo-analitycznej. W części studialnej opisano rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe ścian w odniesieniu do różnych wymiarów cegieł, grubości murów i wiązań. Przedstawiono zmieniające się na przestrzeni lat wymagania cieplno-wilgotnościowe stawiane ścianom zewnętrznym. W drugiej części omówiono metody poprawy jakości cieplnej ścian przy zastosowaniu dociepleń od strony wewnętrznej.

Sformułowano dwa cele monografii. Pierwszym celem było prognozowanie oraz ocena charakteru zjawisk higrotermicznych zachodzących w warstwach układów ściennych z cegły ocieplanych od wewnątrz na podstawie badań własnych oraz analiz numerycznych.

Drugi cel sformułowano w brzmieniu „wykazanie niejednorodnego rozkładu parametrów mikroklimatu pomieszczeń w diagnostyce rozwoju pleśni, a w konsekwencji propozycja korekty wilgotności względnej w obliczeniach granicznej wartości czynnika temperaturowego dla miejsc narażonych na inicjację tego zjawiska". Cel ten nie jest sformułowany precyzyjnie, ale zapewne Habilitantce chodziło o wykazanie wpływu niejednorodnego rozkładu temperatury i wilgotności powietrza na prognozowanie występowania zagrożenia rozwojem pleśni. Wskazują na to działania, które podjęto, aby cel ten zrealizować. Dla poparcia realizacji drugiego celu Habilitantka wymienia następujące działania:

- przeprowadzenie klasyfikacji zasobów badanych budynków na podstawie badań współczynnika *U*,
- pomiar temperatury i wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniach i w narożnikach,
- pomiar temperatury i wilgotności powietrza zewnętrznego,
- określenie wzajemnej zależności statystycznej $RH_{2D}=f(RH_i)$ oraz kierunku i siły współzależności na podstawie współczynnika Pearsona,
- przeprowadzenie analiz numerycznych rozkładu temperatury i wilgotności względnej w pomieszczeniu modelowym.

W rozdziale 2 przedstawiono informacje na temat stosowanych w budownictwie historycznym jednostek murowych, grubości murów oraz typowe ustroje ścienne jak mury szczelinowe z cegły pełnej, dziurawek oraz pustaków. Omówiono również zmieniające się w czasie wymagania cieplno-wilgotnościowe stawiane przegrodom zewnętrznym.

Rozdział 3 poświecono ocieplaniu ścian od wewnątrz. Na wstępie przedstawiono obowiązujące wymagania projektowe i stosowane metody obliczeniowe. Szczególną uwagę zwrócono na problematykę obliczania kondensacji pary wodnej i skutkom zawilgacania materiałów budowlanych. Omówiono stosowane metody obliczeniowe począwszy od metody Glasera do współczesnych modeli jak np. model Künzela w progrmie *WUFI.*

Kluczowe dla trwałości ustrojów docieplanych ścian zjawiska, jak np.: zamarzanie wody czy kondensacja powierzchniowa i rozwój pleśni przedstawiono w punkcie 3.4. Podkreślono, że decydującym kryterium dla rozwoju pleśni jest wilgoć, która może być pobierana nie tylko z podłoża, lecz także z powietrza. W mykologii warunki wilgotnościowe opisuje się przy pomocy współczynnika aktywności wody definiowanego jako stosunek ciśnienia pary wodnej nad powierzchnią roztworu do ciśnienia nad powierzchnią czystej chemicznie wody przy tym samym ciśnieniu atmosferycznym i temperaturze. W omawianej tematyce aktywność wody jest przydatnym parametrem, co znajduje odzwierciedlenie w modelach szacowania ryzyka rozwoju pleśni.

Najważniejszy dla zrealizowania przyjętego w monografii celu jest model opisany w PN EN ISO 137888. Habilitantka konkluduje, że w omawianym obszarze złożone modele np. biohydrotermalne nie znajdują praktycznego zastosowania. Habilitantka koncentruje się na problemach związanych z modelem opisanym w PN EN ISO 137888 przytaczając

liczne badania prowadzone w europejskich ośrodkach badawczych wskazujące na liczne niedostatki tego algorytmu i potrzebę jego doskonalenia.

W punkcie 3.5 przedstawiono klasyfikację metod docieplania od wewnątrz opierając się głównie na instrukcjach WTA i normie DIN 4108-3, które za główne kryterium podziału przyjmują wartość dyfuzyjnie równoważnej grubości warstwy powietrza s_d . Zgodnie z instrukcją WTA metody dociepleniowe podzielono na:

- minimalizujące wystąpienie kondensacji,
- dopuszczające wystąpienie kondensacji,
- limitowanego oporu cieplnego.

W punkcie 3.5.5. przedstawiono współautorski panel wykonany z wykorzystaniem regranulatu EPS, cementu, wapna i mikrozbrojenia o współczynniku przewodzenia ciepła tego ($\lambda = 0,06[\mathrm{W/m \cdot K}]$. Przy produkcji stendowej, wysokim nakładzie robocizny i ponad dwutygodniowym cyklu wytwarzania nie jest to prawdopodobnie jeszcze rozwiązanie, która daje wyrobowi szanse rywalizowania z innymi ofertami rynkowymi. Zastosowanie regranulatu EPS do produkcji materiałów termoizolacyjnych nie jest nowym rozwiązaniem i wiele ośrodków badawczych takie próby dotychczas podejmowało. Istotne problemy pojawiają się podczas uruchamiania wytwarzania w większej skali produkcyjnej. Brakuje informacji na temat koncepcji przyspieszenia dojrzewania materiału, technologii rozformowywania i dojrzewania masy cementowo-wapienno-styrenowej, podczas której dochodzi do deformacji elementów i powstawania kolejnych odpadów wymagających recyklingu. Fotografie przedstawione na rys. 3.25 pokazują wytwarzanie płyt na prowizorycznych stendach, co w badaniach rozpoznawczych jest oczywiście akceptowalne. Należy docenić, że wyrób wdrożono, a jego produkcję można udoskonalać.

W podsumowaniu rozdziału 3 Habilitantka konkretyzuje obszary wymagające szczególnego rozpoznania.

W rozdziale 4 zatytułowanym „Badanie właściwości fizykochemicznych cegieł historycznych i zapraw" przedstawiono metody i interesujące wyniki badań uzyskane przy zastosowaniu m.in. mikroskopii optycznej i skaningowej, porozymetrii czy dyfrakcji rentgenowskiej XRD. Opisano również standardowe badania laboratoryjne w zakresie określenia absorpcji wody czy zawartości jonów rozpuszczalnych soli. Oznaczono składy atomowe badanych materiałów i ich porowatość.

W rozdziale 5 zaprezentowano badania temperatury i wilgotności względnej środowisk otaczających przegrodę oraz temperaturę i wilgotność względną w warstwach styku układu ściennego z docieplenieniem. Dodatkowo przeprowadzono pomiary współczynnika przenikania ciepła badanych ścian. Do pomiaru temperatury powierzchni stosowano metody stykowe oraz metody zdefiniowane jako „zdalne". Z opisu tych badań wynika, że były to badania termowizyjne, które kwalifikuje się jako bezstykowe. Nazwa „pomiary zdalne" dotyczy raczej sytuacji, w której odczyty lub rejestracja parametru jest oddalona od obiektu, a sygnał jest przesyłany drogą przewodową lub bezprzewodową do systemu zbierania danych zlokalizowanego w oddaleniu. Tego typu ciągłe (nawet wieloletnie) badania byłyby bardzo oczekiwane.

Pomiary wykonywano w okresie trzech lat w rzeczywistych warunkach historycznego budynku mieszkalnego poddanego docieplenieniu przy zastosowaniu płyt grubości 10 cm z lekkiego betonu komórkowego oraz paneli recyklingowych. Uzyskane rozkłady wilgotności względnej powietrza oraz temperatury dla wybranego okresu czasu porównano z modelami odnoszącymi się do norm PN EN 15026 oraz 13788 dla różnych warunków obciążenia wilgocią. Posługując się metodą najmniejszych kwadratów oszacowano zróżnicowane wartości dopasowania.

W punkcie 5.4 zatytułowanym „zmiany temperatury i wilgotności względnej w wybranych warstwach" Habilitantka prezentuje wyniki badań, które są kluczowe w realizacji obranego celu. Na rysunku 5.14, 516 i 517 zatytułowanych „wartości średnie wilgotności względnej warstwy stykowej...." wyniki są podawane w % RH, a więc odnoszących się raczej do wilgotności powietrza. Nie wiadomo zatem co dokładnie prezentują wykresy wilgotności i jak należy interpretować w odniesieniu do „wilgotności względnej warstwy stykowej". Brakuje również informacji o metodzie uzyskania wyników pomiaru wilgotności przedstawionych na rys. 5.21, dotyczących nie zdefiniowanej „przestrzeni stropowej". Można się domyślać, że były to pomiary wilgotności względnej powietrza w pustkach powietrznych stropu.

W punkcie 5.6 zatytułowanym pomiary temperatury na powierzchni wewnętrznej, w podpunkcie 5.6.1. Pomiar stykowy, opisano procedurę pomiaru przy wykorzystaniu czujnika Pt 100. Standardowe czujniki PT 100 nie są przeznaczone do pomiarów stykowych powierzchni ciał stałych. Do tego celu stosuje się np. mikroczujniki termoparowe (które mierzą temperaturę w punkcie styku dwóch metali) lub np. metodę MCA. Możliwe że Ha-

bilitantka dysponowała jakąś specjalną odmianą czujnika PT100. Jeśli stosowano standardowe czujniki PT 100, to należy przyjąć, że rysunki 5.26, 5 27, 5.28 nie przedstawiają temperatury powierzchni lecz uśrednioną temperaturę przyściennej warstwy powietrza. Dodatkowo w podrozdziale 5.6.1 zamieszczono obszerne informacje dotyczą obliczania stateczności cieplnej przegród. Nie jest to zbyt trafna lokalizacja tej tematyki w rozdziale zatytułowanym „pomiary temperatury", chociaż istotna w omawianej grupie zagadnień.

Punkt 5.6.2 zatytułowano „pomiar zdalny" i zaprezentowano w nim wyniki bezstykowych pomiarów termowizyjnych. Badania te były podstawa do oceny pola temperatury na docieplanych powierzchniach, chociaż bez dodatkowego kalibrowania są to wyniki, które należy traktować raczej jako dane jakościowe. Kamera FLIR E8 osiąga dokładność ± 5 °C, tak więc głębszy sens ma porównywanie gradientów temperatury a nie samej temperatury i wówczas rozdzielczość 0,5 °C daje możliwość analizy względnego rozkładu temperatury powierzchni.

W punkcie 5.7 opisano sposób wyznaczania wilgotności masowej składowych układu ściennego. Do tego celu słusznie zastosowane metodę grawimetryczną i pobieranie rdzeni przy pomocy wiertła koronkowego. Niepokój mogą budzić jednak bardzo foremne kształty poszczególnych fragmentów rozczłonkowanego rdzenia. Prawdopodobnie rozdzielano je przy pomocy piły tarczowej, co miałoby istotny wpływ na uzyskiwane wyniki. Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem byłoby łupanie i ważenie pobranych rdzeni natychmiast po wykonaniu odwiertu.

W punkcie 5.8 przedstawiono wpływ parametrów środowiska na stan higrotermiczny warstwy stykowej. W obszernym podsumowaniu tego rozdziału przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań układów ściennych z izolacją od wewnątrz w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Ponownie habilitantka posługuje się tu parametrem wilgotności względnej powietrza RH „dla warstwy styku". W badanych materiałach docieplenio-wych zaobserwowano tendencję polegająca na wzroście wilgotności masowej materiału w kierunku styku z murem ceglanym.

W rozdziale 6 przedstawiono analizy numeryczne zmian rozkładu temperatury i zawartości wilgoci w ustrojach dociepleniowych w funkcji czasu wraz z walidacją eksperymentalną. Do analiz wykorzystano programy THERM 7.6 oraz WUFI 2D. Obliczenia prze-

prowadzono dla różnych lokalizacji i zmiennych warunków początkowych zawartości wilgoci w murze. W podsumowaniu habilitantka zwraca uwagę, że zastosowanie programu THERM pozwoliło ujawnić tzw. „trójkąt zaburzeń".

W analizach standardowo uwzględniono usytuowanie przegród względem stron świata, uwzględniono również oddziaływania zacinającego deszczu. Habilitantka zwraca uwagę na widoczny wpływ parametrów fizycznych pięciu badanych rodzajów cegieł jednak nie wskazuje precyzyjnie jak ten wpływ udało się uzyskać. Do tego celu byłyby potrzebne współczynniki materiałowe opisujące kinematykę transportu wilgoci poszczególnych rodzajów ceramiki, jak np. współczynnik dyfuzji wilgoci. Inną (przybliżoną) droga postępowania może być wygenerowanie współczynników kinetycznych przy pomocy dodatkowych algorytmów.

W rozdziale 7 opisano badania wpływu warunków klimatycznych na ryzyko kondensacji powierzchniowej pary wodnej i rozwój pleśni. Postawiono sobie zadanie „wyznaczenia różnic pomiarowych w profilach zmian temperatury i wilgotności względnej. Z analizy dalszej części rozdziału wynika, że zadanie to jest poprawnie sformułowane. Można się domyślać, że nie chodzi tu o „różnice w sposobie prowadzenia pomiarów, ale o określenie różnic rozkładu temperatury i wilgotności powietrza w centralnej i narożnej części pomieszczenia metodą pomiarową. Profilu (pionowego, poziomego) prawdopodobnie nie wyznaczano, a jedynie mierzono wartości w punktach zlokalizowanych w centralnej części w narożnej części. Słowo profil ma tu prawdopodobnie znaczenie zachodzących w czasie zmian. Habilitantka wielokrotnie używa w różnych kontekstach sformułowania „profil zmian temperatury", który nie jest jednoznacznie definiowany.

Do badań wytypowano 11 budynków na Górnym Śląsku (w tym 5 budynków bez docieplenia). Badano współczynniki przenikania ciepła, prędkości przepływu powietrza na wysokości 1,7 m oraz temperaturę i wilgotność powietrza w centralnej części pomieszczeń oraz przy powierzchni naroży płaskich w odległości 0,5 do 1 cm od powierzchni. Nie podano informacji dotyczących stanu wentylacji budynków w okresie prowadzenia pomiarów. Brakuje również opisu metodologii pomiaru temperatury powierzchni przegród T_{si} podane w tablicy 7.9. Na podstawie wykonanych badań zarejestrowano wyższe wartości wilgotności w narożnikach w porównaniu z centralnym punktem pomieszczeń.

W punkcie 8 przedstawiono obliczenia rozkładu temperatury z wykorzystaniem programu Ansys Fluent wykorzystywanego do obliczeniowej mechaniki płynów. Program

umożliwia prognozowanie przybliżonego rozkładu temperatury i wilgotności powietrza z uwzględnieniem wentylacji pomieszczeń i lokalizacji urządzeń grzewczych. Analizy pozwoliły sformułować wniosek, że jakość ciepłochronna obudowy (definiowana wartością współczynnika przenikania ciepła ścian zewnętrznych) „ma wpływ na kształtowanie temperatury i wilgotności powietrza a nie na profil i jakość zachodzących procesów". Ponownie termin „profil" jak również „jakość zachodzących procesów" nie są tu jednoznaczne. Analizy przeprowadzone przy zastosowaniu programu Ansys Fluent pozwoliły sformułować również wniosek, że „zaizolowanie ścian zewnętrznych przyczyniło się do wyrównania temperatury ich powierzchni z temperaturą powierzchni ścian wewnętrznych". Docieplenie ścian nie może jednak skutkować aż tak rewelacyjnym efektem i jest to zapewne skrót myślowy.

W rozdziale 9 Habilitantka podsumowała badania i sformułowała wnioski końcowe. Interesującym osiągnieciem habilitantki jest opracowanie procedury prognozowania zmian zawartości wilgoci w funkcji czasu przy wykorzystaniu algorytmu opierającego się na maksimach lokalnych. Po uzbrojeniu tej koncepcji w odpowiednia aplikację może ona służyć do prognozowania niekorzystnych zjawisk na potrzeby inżynierskie. Również propozycja wyznaczenia korekty wilgotności względnej w obliczaniu wartości czynnika temperaturowego $f_{Rsi,\max}$ w narożnikach wpisuje się w trwające od lat trzydziestych ubiegłego wieku próby doskonalenia prognozowania stanu wilgotnościowego narożników.

Wiadomo, że poza odpowiednią wilgotnością podłoża i powietrza, na rozwój pleśni w narożnikach istotny wpływ mają takie czynniki jak obecność kurzu (pożywienia), który gromadzi się na zawilgacanych okresowo powierzchniach, spowolnienie i zawirowania strug unoszonego konwekcyjnie powietrza w warstwie przyściennej, ograniczone naświetlenie dzienne czy odczyn środowiska. Temat jest bardzo obszerny i zapewne będzie kontynuowany.

Trzeba docenić zaangażowanie Habilitantki w prace mające na celu wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu, chociaż aspekt efektywności energetycznej powinien ukierunkowywać dalsze tego typu przedsięwzięcia szczególnie w zakresie technologii wytwarzania wyrobu.

Generalnie należy stwierdzić, że Habilitantka podjęła się bardzo trudnego zadania. W czasach doskonalenia dobrze funkcjonujących programów numerycznych, przy wielomilionowych nakładach euro, trudno osiągnąć spektakularne efekty korygując wilgot-

ność względną w obliczaniu granicznej wartości współczynnika temperaturowego. Dostępne programy, jak np. WUFI plus umożliwia realistyczne obliczenia przejściowych zachowań higrotermicznych budynku wystawionego na działanie naturalnych warunków klimatycznych w dowolnej lokalizacji. Możliwa jest zarówno prognoza jak również interakcja na zachodzące zmiany w obudowie a nawet w zachowaniach użytkowników.

Równolegle są udoskonalane modele, które coraz lepiej prognozują rozwój i wzrost pleśni, jak np. model VTT opracowany w Finlandii przez Hukkę i Viitanena, który za pomocą wskaźnika pleśni (M) odzwierciedla różne stany rozwoju pleśni – począwszy od kiełkowania zarodników do zróżnicowanego procentowo pokrycia powierzchni.

Pomimo tak zaawansowanych i spektakularnych wyników badań prowadzonych w różnych ośrodkach naukowych Habilitantka z dużym zaangażowaniem znalazła również swoje obszary poszukiwań. Podsumowując, rozmiar poniesionego wysiłku naukowego oraz uzyskane wyniki zawarte w monografii stwierdzam, że pomimo wykazanych drobnych potknięć stanowią one ważny wkład w rozwiązanie istotnego problemu naukowego i równocześnie eksperckiego.

Należy uznać, że główne zamierzenia naukowe wskazane przez Habilitantkę zostały osiągnięte.

1. Rozpoznano zjawiska higrotermalne zachodzące w układach ściennych ocieplanych od wewnątrz.
2. Opracowano nowy wyrób do dociepleń od wewnątrz wykorzystując materiały pochodzące z recyklingu.
3. Opracowano procedurę prognozowania zmian zawartości wilgoci w funkcji czasu dla składowych izolowanego układu w oparciu o algorytm bazujący na maksimach lokalnych.
4. Rozpoznano zmienny rozkładu temperatury i wilgotności względnej powietrza w zamkniętej kubaturze pomieszczeń w zależności od jakości cieplnej obudowy budynku scharakteryzowanego współczynnikiem przenikania ciepła *U*.
5. Wyznaczono korekty wilgotności względnej w obliczaniu granicznej wartości czynnika $f_{Rsi\max}$.
6. Wykazano w oparciu o analizy numeryczne oraz badania in situ lokalizację miejsc narażonych na zwiększoną degradację.

7. Określono wpływ i zasięg oddziaływania temperatury zewnętrznej na rozkładu izoterm oraz gęstości strumienia ciepła w płaszczyźnie ściany płaskiej oraz naroża zewnętrznego ocieplonego od wewnątrz.

Wskazane uwagi dotyczące zagadnień pomiarowych mogą być wykorzystane przez habilitantkę w dalszych badaniach.

3.2. **Inne osiągnięcia** w **zakresie aktywności naukowej**

Aktywność naukową dr inż. Bożeny Orlik-Kożdoń dobrze odzwierciedlają dane bibliometryczne wg stanu na luty 2023 r. Przed obroną doktoratu Habilitantka opublikowała 18 publikacji, natomiast po obronie 16 artykułów naukowych indeksowanych przez Web of Science i Scopus oraz 42 oryginalne artykuły w krajowych czasopismach naukowych. Ponadto 3 monografie, 8 rozdziałów w monografiach, 13 rozdziałów w pracach zbiorowych. Sumaryczna liczba punktów MNiSW uzyskana po doktoracie wynosi 1983 pkt (według Bazy wiedzy Politechniki Śląskiej Sumaryczny IF wynosi 42,47, sumaryczny SNIP wynosi 20,795, sumaryczny CiteScore wynosi 62,3

Habilitantka jest współautorką wielu publikacji omawiających różne aspekty wymiany ciepła i wilgoci przez złożone przegrody budowlane w kontekście ograniczania strat ciepła i trwałości ustrojów ściennych. Na uwagę zasługuje monografia przygotowana wspólnie z prof. Janem Ślusarkiem „Procesy transportu ciepła i wilgoci w przegrodach budowlanych o złożonej strukturze". Podejmowała również działania mające na celu opracowanie i wdrożenie materiałów recyklingowych opisane np. w artykule opublikowanym w Constarction and Buildings materials „Ocena efektywności zastosowania materiałów recyklingowych do izolacji termicznej, co dowodzi, że Habilitantka posiada umiejętność wykorzystania praktycznego swojej wiedzy naukowej. Jest to bardzo oczekiwana cecha pracownika naukowego krzewiącego wiedzę szczególnie przydatna w bezprecedensowym okresie transformacji energetycznej i narastających problemów klimatycznych.

4. DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA, ORGANIZACYJNA ORAZ POPULARYZUJĄCA NAUKĘ

W przedłożonym „Wykazie osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny" zawarty jest rozdz. VI zatytułowany: Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę. Wynika z niej, że Habilitantka sześć razy znalazła się w zespołach wyróżnionych Nagrodami Rektora za osiągnięcia organizacyjne, dydaktyczne i naukowe. Uzyskała również dwa Rektorskie granty Projakościowe. W 2019 roku otrzymała Zespołowa nagrodę w konkursie „Innowacje w budownictwie energooszczędnym kluczem sukcesu w kategorii: Innowacje w świecie nauki" za rozwiązanie „Zintegrowanego systemu ocieplenia budynku i podgrzewu powietrza wentylacyjnego" w ramach konferencji jakość Powietrza a efektywność energetyczna.

Jako pracownica zatrudniona w Katedrze Procesów Budowlanych i Fizyki Budowli prowadzi wykłady i ćwiczenia na studiach I i II stopnia łącznie z 7 przedmiotów, w tym z budownictwa ogólnego z fizyką budowli. Jest promotorem przeszło 20 projektów inżynierskich oraz 35 prac dyplomowych na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej oraz w Centrum Kształcenia Inżynierów Politechniki Śląskiej w Rybniku. Habilitantka brała ponadto udział w licznych szkoleniach z zakresu efektywności energetycznej budynków.

Pani dr inż. Bożena Orlik-Kożdoń współpracuje również z otoczeniem społecznym i gospodarką. Poza omawianymi wyżej panelami recyklingowymi jest również aktywnym członkiem zespołów lub osobiście opracowała liczne rozwiązania techniczne, w tym:

- kanałową płytę izolacyjna (udział 50%),
- elastyczną płytę izolacyjną (udział 100%),
- panel termiczny do ociepleń od wewnątrz z barierą paroizolacyjną (udział 100%)
- zintegrowany system ocieplania budynku i podgrzewu powietrza wentylacyjnego (udział 25%).

Pani dr inż. Bożena Orlik-Kożdoń prowadzi również działalność ekspercką. W celu podniesienia swoich kwalifikacji ukończyła studia podyplomowe oraz inne formy szkoleń i kursów. Aktywnie współpracuje z wydawnictwami w charakterze recenzenta.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Zgodnie z wymaganiami okreslonymi w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku. Prawo o szkolnictwie wyzszym i nauce (Dz.U z 2021 r poz. 478) stwierdzam, że kandydatka spełnia oczekiwane wymagania. W 2009 roku uzyskała w stopień doktora nauk technicznych na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej. Przeprowadziła badania i opblikowała ich wyniki w monografii „Prognozowanie stanu wilgotnościowego ścian ocieplanych od wewnatrz w budynkach historycznych z cegły". Opracowała szereg artykułów, będących istotnym osiągnieciem w dorobku naukowym. Stwierdzam, że dr inż. Bożena Orlik-Kożdoń posiada osiągnięcia naukowe uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, które wraz z publikacjami uzupełniającymi stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria lądowa i transport.

Habilitantka posiada wiedzę i umiejętności organizacyjne umożliwiające podejmowanie międzynarodowych inicjatyw naukowo-badawczych, co spełnia wymóg 3 sprecyzowany w art. 219.1 Ustawy. Pozytywnie oceniam również Jej działalność dydaktyczną i popularyzatorską.

Podsumowując stwierdzam, że łączny dorobek Pani dr inż. Bożeny Orlik-Kożdoń spełnia wymagania określone w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478) związane z nadaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport. Wnoszę do Komisji Habilitacyjnej o przeprowadzenie dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Robert Wójcik

* 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