

2022 -09- 05

WPŁYNEŁO DNIA

L. dz.

Dr hab. inż. Zbigniew Perkowski, prof. uczelni
Politechnika Opolska
Wydział Budownictwa i Architektury
Katedra Fizyki Materiałów
ul. Katowicka 48, 45-061 Opole
e-mail: z.perkowski@po.edu.pl
tel.: 77 449 8554, 77 449 8557

Opole, 05.09.2022 r.

Recenzja

osiągnięć i aktywności naukowej Pana dra inż. Arkadiusza Węglarza
w postępowaniu habilitacyjnym wszczętym w dniu 23 marca 2022 r.

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji stanowi pismo z dnia 08 lipca 2022 r. (sygn. WTBD.524.HAB.136.2022), skierowane do mnie przez Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej, dra hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. uczelni, z informacją o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dra inż. Arkadiusza Węglarza.

Do pisma dołączono w formie papierowej:

- kopię pisma Rady Doskonałości Naukowej do JM Rektora PW z dn. 20 kwietnia 2022 r. (sygn. DRKN.Z2.400.43.2022) z informacją o wszczęciu postępowania habilitacyjnego,
- kopię uchwały nr 431/2022 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 10 maja 2022 r. w sprawie wyrażenia zgody na przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport, wszczętego na wniosek Pana dra inż. Arkadiusza Węglarza,
- kopię pisma Rady Doskonałości Naukowej do JM Rektora PW z dn. 29 czerwca 2022 r. (sygn. DRKN.Z2.400.43.2022) z informacją o powołaniu części składu komisji habilitacyjnej,
- kopię uchwały nr 496/2022 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 05 lipca 2022 r. w sprawie powołania komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport, wszczętym na wniosek Pana dra inż. Arkadiusza Węglarza,
- egzemplarz monografii pt. „*Eksperckie systemy wspomaganie procesu decyzyjnego w energooszczędnym budownictwie mieszkaniowym*”, stanowiącej osiągnięcie naukowe,
- załącznik do uchwały nr 212/L/2022 Senatu PW,
- wytyczne dla recenzentów,
- dokumenty związane z zawarciem umowy na wykonanie recenzji.

Do pisma w formie elektronicznej załączono wniosek dra inż. Arkadiusza Węglarza o wszczęcie postępowania habilitacyjnego wraz niezbędną dokumentacją, tj.:

- wniosek przewodni,
- dane wnioskodawcy,
- autoreferat,
- wykaz osiągnięć naukowych,
- kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora,

- załącznik nr 1 – kopia monografii pt. „*Eksperckie systemy wspomagania procesu decyzyjnego w energooszczędnym budownictwie mieszkaniowym*”, stanowiącej osiągnięcie naukowe,
- załącznik nr 2 – kopie cyklu 6 artykułów, stanowiących osiągnięcie naukowe i kopie 3 innych artykułów, uzupełniających dorobek, wraz z oświadczeniami współautorów,
- załącznik nr 3 – zaświadczenie o odbyciu stażu naukowego.

2. Zakres recenzji

Niniejsza opinia została opracowana w związku z postępowaniem habilitacyjnym dra inż. Arkadiusza Węglarza i obejmuje ogólną sylwetkę kandydata oraz ocenę wskazanych we wniosku osiągnięć i aktywności naukowej zgodnie z art. 219 Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. – „*Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*” (Dz. U. RP, 11 marca 2022 r., poz. 574).

3. Ogólna sylwetka habilitanta

Dr inż. Arkadiusz Węglarz ukończył studia z tytułem magistra inżyniera na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej w 1987 r. Za pracę magisterską pt. „*Projekt organizacji budowy z uwzględnieniem kryterium niezawodności*”, której promotorem był prof. dr hab. inż. Kazimierz Jaworski, otrzymał nagrodę Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa.

W 1990 r. ukończył kurs podyplomowy metod probabilistycznych w Instytucie Matematyki Polskiej Akademii Nauk.

W 1998 r. na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej uzyskał z wyróżnieniem tytuł doktora nauk technicznych w zakresie budownictwa, broniąc rozprawę pt. „*Statystyczne modelowanie właściwości fizycznych materiałów kompozytowych*”. Promotorem pracy był dr hab. inż. Krzysztof Żmijewski, prof. PW, a jej recenzentami prof. dr hab. inż. Andrzej Garstecki i prof. dr hab. inż. Lech Czarnecki. Autor otrzymał za swoją dysertację nagrodę II stopnia Rektora Politechniki Warszawskiej i wyróżnienie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji.

Habilitant zaraz po studiach pracował na budowie i odbył służbę wojskową. W 1989 r. zatrudnił się jako asystent w Ośrodku Metod Komputerowych na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej. Następnie pracował tamże w Zakładzie Zastosowań Informatyki i od 2007 r. do dnia dzisiejszego w Zakładzie Budownictwa Ogólnego. W międzyczasie, w latach 1997-1998 przeszedł na stanowisko głównego specjalisty ds. informatyki, a od roku 1998 jest adiunktem. W 1998 r. kandydat zatrudnił się dodatkowo w Krajowej Agencji Poszanowania Energii S.A. (KAPE S.A.), gdzie kolejno pełnił funkcje kierownika projektu Enconsult, wiceprezesa zarządu, koordynatora projektów, dyrektora ds. zrównoważonego rozwoju, doradcy ds. gospodarki niskoemisyjnej i prokurenta. Ponadto w latach 1999-2002 był wiceprzewodniczącym Rady Polskiej Korporacji Termorenowacji, w latach 2003-2017 członkiem, a następnie przewodniczącym rady nadzorczej firmy Procesy Inwestycyjne Sp. z o.o., był przewodniczącym komisji rewizyjnej stowarzyszenia Forum Rozwoju Efektywnej Energii, pełni funkcję wiceprezesa zarządu Zrzeszenia Audytorów Energetycznych i jest członkiem rady programowej Centrum Efektywności Energetycznej Kolei.

Kandydat otrzymał Złoty Krzyż Zasługi za osiągnięcia w dziedzinie efektywności energetycznej w budownictwie, zespołowe nagrody Rektora Politechniki Warszawskiej za osiągnięcia naukowe (1) i pracę dydaktyczną (2) oraz nagrodę Ministra Rozwoju za monografię pt. „*Nowoczesne budynki energoefektywne*” (wyd. Polcen, Warszawa 2019).

4. Ocena osiągnięć i aktywności naukowej

4.1. Ocena osiągnięć naukowych

4.1.1. Monografia

We wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego dr inż. Arkadiusz Węglarz jako swoje osiągnięcie naukowe wskazał autorską monografię pt.: „*Eksperckie systemy wspomagania procesu decyzyjnego w energooszczędnym budownictwie mieszkaniowym*”, wydaną w roku 2021 przez

Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej. Praca liczy 190 stron. Składa się na nią: 9 rozdziałów, bibliografia i 3 załączniki. Recenzentami wydawniczymi monografii są prof. dr hab. inż. Wojciech Gilewski i dr hab. inż. Dariusz Heim, prof. PŁ.

We wstępie (str. 9-13) autor zwięźle nakreśla kontekst tematyki poruszanej w monografii, wskazując słusznie na dość duże niedostatki w liczbie przeprowadzonych termomodernizacji budynków mieszkalnych i odpowiedniej wiedzy uczestników tego procesu w Polsce. Występuje także pilna potrzeba intensyfikacji przeprowadzenia takich działań w świetle prowadzonej polityki na poziomie naszego kraju jak i kontynentu. Niewątpliwie bardzo mogą pomóc w tym przypadku odpowiednie systemy eksperckie, których autor podjął się opracować. „Masowe cytowanie” pozycji [2-16] w 2. akapicie wstępu nie jest wskazane bez wcześniejszego i bardziej szczegółowego odniesienia się do ich treści.

W rozdziale 2 (str. 14-34) przedstawiono podstawowe definicje i informacje związane z budownictwem energooszczędnym. Prezentuje on dla fachowców informacje dobrze znane, jednak można uzasadnić ich wprowadzenie w tym miejscu z uwagi na uporządkowanie, następujących w dalszej części książki, częstych i nieuniknionych odwołań autora do tego zasobu pojęć. Na końcu rozdziału pojawiają się wyniki i analiza z oryginalnej autorskiej ankiety nt. postrzegania przez inwestorów wartości parametrów technologii energooszczędnych. Na jej podstawie autor słusznie zauważa na str. 34, że „kluczowe znaczenie we wdrażaniu energooszczędnego budownictwa mieszkaniowego mają bariery komunikacyjne między projektantami, wykonawcami a inwestorami”. Tak też stara się w dalszej części pracy skonstruować swoje systemy eksperckie, które tę barierę mają niwelować.

W rozdziale 3 (str. 35-44) habilitant dokonał przeglądu metod wspomagania procesu decyzyjnego w kontekście budownictwa energooszczędnego – w szczególności wykorzystywanych w tym celu metod optymalizacyjnych i sztucznej inteligencji, a także oprogramowania, które ułatwia ten proces. Z uwagi na wielość podejść w tym zakresie autor słusznie zauważył na str. 38, że „nie ma jednej metody, którą można określić jako najbardziej odpowiednią do rozwiązania problemu decyzyjnego” i „zastosowanie więcej niż jednej metody i porównanie rozwiązań może zwiększyć pewność i niezawodność procesu optymalizacji”.

Rozdział 4 (str. 45-53) poświęcono omówieniu koncepcji proponowanego systemu wspomagania decyzji w budownictwie energooszczędnym. W ocenie recenzenta kandydat na str. 45 i 46 słusznie stwierdza, że powinien on mieć następujące cechy:

- „• łatwość komunikacji z użytkownikami – najlepiej w języku naturalnym (a nie specjalistycznym),
- możliwość gromadzenia przetwarzania i uzupełniania wiedzy, np. w procesie samouczenia,
- możliwość oceny ryzyka podejmowanych decyzji,
- możliwość optymalizacji rozwiązań architektonicznych, technicznych, technologicznych i organizacyjnych,
- możliwość określenia niezawodności technologii budownictwa energooszczędnego.”

Jednak zaraz poniżej zamieszczone jest krótkie stwierdzenie, że biorąc te cechy pod uwagę, autor postanawia wykorzystać w systemie: zbiory rozmyte, systemy eksperckie, systemy CBR, algorytmy genetyczne, technikę BIM oraz metody oceny ryzyka, niepewności i niezawodności. Oczywiście wprawny czytelnik domyśla się dlaczego padł na nie wybór, ale w tym zagadnieniu w ogólności można wybrać inny zestaw metod. Ponieważ autor od tego momentu de facto zdecydował o zasadniczym kształcie swoich rozważań, wprowadzenie takiej a nie innej metodyki w tym miejscu pracy powinno być szerzej uzasadnione na tle innych możliwych podejść do problemu, a tym bardziej w kontekście zacytowanego w recenzji wniosku z rozdziału 3. Następnie autor podaje także ogólne informacje o zbiorach rozmytych (wskazane jest w tym miejscu cytowanie również oryginalnych prac L. Zadeha) i wprowadza autorskie wskaźniki niezawodności i ryzyka, które będą stanowić podstawę dalej prowadzonych analiz, tj.:

- wskaźnik niezawodności osiągnięcia zakładanego standardu energetycznego budynku,
- wskaźnik niezawodności osiągnięcia i utrzymania standardu energetycznego w okresie 25 lat eksploatacji budynku,
- wskaźnik niezawodności komfortu termicznego (ciepłego) w budynku,

- wskaźnik niezawodności osiągnięcia planowanych oszczędności energii,
- wskaźnik niezawodności rozwiązania techniczno-materiałowego lub technologii budowlanych,
- wskaźnik niezawodności procesu termomodernizacji,
- wskaźnik ryzyka nieosiągnięcia planowanego standardu energetycznego nowego lub termomodernizowanego budynku,
- wskaźnik ryzyka braku odpowiedniego komfortu cieplnego,
- wskaźnik ryzyka osiągnięcia przez budynek mniejszych niż wyznaczone w audycie energetycznym rocznych oszczędności energii w przypadku optymalnego wariantu termomodernizacji,
- wskaźnik ryzyka błędnej oceny poziomu niezawodności rozwiązania technicznego lub technologii budowlanej.

Recenzent pozytywnie ocenia podane sformułowania wskaźników jako potencjalnie bardzo przydatnych w ocenie efektywności energetycznej procesów budowlanych, biorąc pod uwagę fakt, że oddają one istotę najważniejszych zagadnień w tym zakresie. Generalnie niezawodności określono za pomocą zmiennych lingwistycznych z intuicyjnie przypisanymi trapezowymi liczbami rozmytymi do ich wartości, a ryzyka interpretuje się jako prawdopodobieństwa. Na końcu tej części monografii habilitant określa uczestników badanych procesów w budownictwie energooszczędnym (inwestor, projektanci, administracja budowlana, wykonawcy, nadzór budowlany, zarządca) i decyzje za które są oni odpowiedzialni, a w przypadku których pomagać ma nowo proponowany system ekspercki.

W rozdziale 5 (str. 54-63) kandydat przytacza podstawowe wiadomości z zakresu budowy systemów eksperckich i opisuje 2 przykłady takich systemów, w pracach nad którymi brał udział.

Rozdziały 6 (str. 64-149) i 7 (str. 150-166) są najważniejszymi w całej pracy. Poświęcono je opisowi budowy i działania autorskich modułów systemu „Ekspert_BM”, który ma wspomagać podejmowanie decyzji przy projektowaniu, realizacji i eksploatacji jednorodzinnych budynków energooszczędnych.

W rozdziale 6 opisano następujące moduły, definiując w ich przypadku tzw. fakty, reguły, zestawy pytań dla użytkowników oraz formuły na niezawodności i ryzyka:

- Moduł koncepcja architektoniczna (MKA) – umożliwiający przygotowanie koncepcji architektonicznej nowej inwestycji przy uwzględnieniu wymagań i oczekiwań inwestora, projektanta oraz przepisów prawa budowlanego.
- Moduł baza wiedzy o energooszczędnych materiałach i technologiach budowlanych (MBWoEMiTB) – umożliwiający przypisanie własności techniczno-materiałowych poszczególnym elementom konstrukcyjnym projektowanego budynku wraz z możliwością wariantowych rozwiązań materiałowych.
- Moduł baza wiedzy o energooszczędnych technologiach instalacyjnych (MBWoETI) – umożliwiający określenie możliwości zastosowania w budynku energooszczędnych rozwiązań instalacyjnych i niskoemisyjnych źródeł energii (rekuperatory, pompy ciepła, kolektory słoneczne, panele fotowoltaiczne).
- Moduł projektowanie zintegrowane (MPZ) – wspierający wykonanie projektu budowlano-architektonicznego w technice 3D wraz z parametryzacją obiektową, zintegrowany z systemami BIM.
- Moduł modernizacja (MM) – wspierający proces remontu budynku w tym termomodernizacji.
- Moduł realizacja inwestycji (MRI) – wspierający proces realizacji inwestycji.
- Moduł koszty i finansowanie inwestycji (MKiFI) – umożliwiający oceny kosztów inwestycyjnych oraz wskazanie najlepszego sposobu finansowania inwestycji.
- Moduł zarządzanie energią (MZE) – wspomagający proces zarządzania energią w budynku.
- Moduł szczegółowe procedury (optymalizacyjne) wspomaganie procesu decyzyjnego (MSPWPD) – zawierający zaawansowane algorytmy optymalizacyjne.”

Co warte podkreślenia, w ramach prac nad niektórymi modułami habilitant przeprowadził badania ankietowe.

Ankietowanie zastosowano do modułu MKA w celu identyfikacji zmiennych lingwistycznych, określających wielkości pomieszczeń i dokonano oceny ich zgodności pomiędzy ich postrzeganiem przez architektów i inwestorów. Służący temu wskaźnik WZO_PPP jest jednak zdefiniowany w sposób niejasny (wzór 6.1), bo nie wiadomo, co oznacza w tym przypadku zbiór A,

skoro ma on oceniać różnicę pomiędzy rozmytymi wartościami powierzchni pomieszczeń, postrzeganymi przez projektantów i klientów. W opisie reguł na str. 75 występują niespójności oznaczeń parametrów liczb rozmytych z tymi, które określono w tabeli 6.1, a także numeracji reguł i faktów.

Ankietyzację w pierwszej kolejności zastosowano także przy budowie modułów MBWoEMiTB i MBWoETI, co pozwoliło autorowi wiarygodnie oszacować wskaźniki niezawodności wielu rozwiązań materiałowych i instalacyjnych oraz ryzyka błędnej oceny wskaźnika ich niezawodności.

W module MPZ określono z kolei formuły na skumulowane wskaźniki niezawodności osiągnięcia standardu energetycznego całego budynku i ryzyka jego nieosiągnięcia w momencie fazy projektowej. Analogiczne wskaźniki określono także w przypadku utrzymania tego standardu w perspektywie 25 lat.

Budowę modułu MM poprzedzono ankietą nt., jak inwestorzy rozumieją termomodernizację, dzięki której autor mógł ustalić sensowny zakres działań w tym zakresie i opracować: 1) procedurę odpowiadającą na pytanie, czy należy w danym przypadku rozpocząć termomodernizację i na jakich zasadach; 2) asystenta procesu termomodernizacji z fachowymi rekomendacjami technicznymi; 3) procedurę oceny jakości wykonanej termomodernizacji, w którym szacowany jest wskaźnik niezawodności procesu termomodernizacji i wskaźnik ryzyka nieosiągnięcia zakładanych w audycie oszczędności energii.

W ramach modułu MRI sformułowano 3 procedury. Pierwsza służy obliczeniu sumy ważonej kryteriów cząstkowych wyboru wykonawców (referencje, kompetencje i kwalifikacje pracowników, cena, czas realizacji). Procedura druga jest powtórzeniem działań z modułu MPZ po ustaleniu ewentualnych zmian, wprowadzonych na budowie w stosunku do projektu. W trzeciej procedurze szacuje się z kolei wskaźnik wpływu procesu realizacji inwestycji na niezawodność jej standardu energetycznego i wskaźnik ryzyka wystąpienia realizacji inwestycji niezgodnej z projektem.

Moduł MKiF pozwala ocenić środki potrzebne do wnoszenia nowych, modernizowania istniejących i utrzymania budynków energooszczędnych na podstawie wyników z popularnych programów kosztorysowych (z uwzględnieniem inflacji i stóp dyskontowych). Jest to użyteczne narzędzie dla inwestora, jednak przy bieżących realiach może okazać się, że ta część modułu może mieć ograniczoną zdolność do prognozowania kosztów z uwagi na dokładnie nieprzewidywalną w dłuższej perspektywie inflację i możliwe zerwania łańcuchów dostaw materiałów i instalacji budowlanych. Kolejną część modułu to praktyczny doradca finansowy, który po sprecyzowaniu odpowiedzi przez użytkownika określa, w jakim programie jest obecnie możliwe dofinansowanie planowanej inwestycji.

Moduł MZE, dotyczący zarządzania energią w budynku energooszczędnym, pozwala użytkownikowi na 4 rzeczy. W pierwszej kolejności możliwe jest łatwe porównanie realnego zużycia energii (na podstawie zużycia nośników energii) ze wskaźnikiem energii końcowej (EK) ze świadectwa charakterystyki energetycznej (autor wprowadza w to miejsce akronim SCHE, nie objaśniając go wcześniej w p. 2.2). Następnie do dyspozycji użytkownika oddano procedurę, oceniającą zastosowaną automatykę w budynku (przypisanie do klasy A, B, C i D wg EN), która informuje także o zmianach w energochłonności obiektu przy przejściu do klasy wyżej. Na końcu opracowano pomocniczy zestaw faktów i reguł do tworzenia sterowników w systemach BMS i procedurę uproszczonego określania komfortu cieplnego za pomocą wskaźników, wykorzystujących zliczenie dni w istniejącym programie symulacyjnym, w których temperatura wykracza poza ustalony przez mieszkańców przedział.

Ostatni z opisanych w rozdziale modułów (MSPWPD) ma na celu ułatwić decyzje w projektowaniu budynków energooszczędnych na podstawie oceny cyklu życia (LCA), w ich projektowaniu polioptymalnym i optymalizacji strategii termomodernizacyjnych grupy budynków. Choć rozwiązane problemów w tak złożonej tematyce byłoby bardzo interesujące z naukowego punktu widzenia, to opis modułu MSPWPD nie wnosi wiele nowego do całej pracy, gdyż czytelnik otrzymuje informację, że pierwsza procedura polega na użyciu gotowego programu komputerowego, który opracowano w ramach innego projektu (wg poz. [66] bibliografii), druga procedura pochodzi z poz. [160] bibliografii, a trzecia jest sformułowana ogólnie z wykorzystaniem metodologii algorytmów genetycznych i jest obecnie w fazie testów.

Rozdział 6 zakończono przykładami użycia omawianych modułów z wyjątkiem MSPWPD. Są one jednak wrywkowe (pojedyncze na procedurę) i nie można na ich podstawie z pewnością napisać, jak np. uczynił to autor na str. 130, że: „Przedstawiony przykład potwierdził przydatność zaproponowanych algorytmów, co pozwala na stwierdzenie, że cel pracy został osiągnięty.” Również lakoniczny komunikat na końcu rozdziału 6, mówiący o tym, że „prezentowany prototyp ma oczywiście swoje wady, biorąc pod uwagę dostępne w budownictwie systemy eksperckie wykonane przez liczne zespoły, ale jest pierwszym w warunkach polskich systemem eksperckim obejmującym prawie cały cykl życia energooszczędnego budynku, i to jest jego wartość dodana w stosunku do istniejących dotychczas systemów wspomaganie decyzji w energooszczędnym budownictwie mieszkaniowym” podano bez głębszego porównania swojego systemu i konkurencyjnych. Budzi to niedosyt z naukowego punktu widzenia. Wyjściem z tej sytuacji, skoro jeszcze nie są dostępne referencje do prototypu systemu eksperckiego (przynajmniej nie zamieszczono ich we wniosku), mogłoby być znalezienie, za pomocą ankietyzacji ekspertów, dobrze opisanych, istniejących i funkcjonujących benchmarków inwestycji w budownictwie energooszczędnym i na ich przykładzie przetestowanie skuteczności swojego systemu (w części, którą przedstawiono w rozdziale 6).

Rozdział 7 poświęcono opisowi systemów eksperckich, wnioskujących na podstawie przypadków (CBR). Na wstępie podano zwięzły opis metody i 4 przykłady jej zastosowania na polu budownictwa energooszczędnego. Następnie habilitant omówił 3 nowe autorskie moduły, które, zgodnie z główną linią pracy, mają służyć nie tylko projektantom, ale także inwestorom dzięki użyciu powszechnie zrozumiałych zmiennych lingwistycznych do opisu parametrów budynku w bazie wiedzy. Poszczególne moduły służą wspomaganie decyzji przy projektowaniu nowych domów jednorodzinnych, termomodernizacji istniejących i rozwiązywaniu problemów szczegółowych. Przedstawione przykładowe rekordy z działania narzędzi pokazują ich potencjalnie dużą użyteczność we wspomaganie decyzji w mieszkaniowym budownictwie energooszczędnym.

W krótkim rozdziale 8 (str. 167-168) omówiono kierunki dalszego rozwoju prac nad systemami eksperckimi, a w rozdziale 9 (str. 169-174) dokonano zwięzłego podsumowania pracy i płynących z niej wniosków. Na końcu monografii umieszczono bibliografię (str. 175-184) ze 178 pozycjami oraz załączniki nr 1 (str. 185-186), nr 2 (str. 187) i nr 3 (str. 188-190) ze wzorami formularzy ankiet, które wykorzystano w książce.

W świetle przedstawionych faktów można stwierdzić, że opiniowana monografia porusza szczególnie istotne i aktualne dzisiaj zagadnienia oszczędzania energii i technologii niskoemisyjnych. Monografia zawiera nowe elementy do zastosowania w systemach eksperckich, związanych z dyscypliną inżynieria lądowa i transport, a w szczególności z praktycznym ujęciem fizyki budowli i zintegrowanym zastosowaniem oprogramowania wspomagającego projektowanie. Należy tu wymienić przede wszystkim opracowane przez habilitanta narzędzia eksperckie, szacujące szereg nowych wskaźników z wykorzystaniem zmiennych lingwistycznych, reguł logiki rozmytej, rachunku prawdopodobieństwa i średnich ważonych. Wskaźniki te określają, w sposób przystępny także dla inwestorów, stopnie niezawodności i ryzyka zastosowań rozwiązań materiałowo-instalacyjnych i technologicznych w mieszkaniowym budownictwie energooszczędnym. Podstawą obliczeń w tym zakresie są analizy autorskich, licznych ankiet, które przeprowadzono wśród inwestorów i projektantów. W monografii można znaleźć usterki. Nie rzutują one jednak w mojej opinii na potencjał w zastosowaniu praktycznym wymienionych wskaźników.

Pozytywnie należy ocenić również dużą inwencję autora w tworzeniu prototypów wielu narzędzi nakierowanych na praktyczną pomoc w projektowaniu nowych, termomodernizacji istniejących i utrzymaniu budynków w aspekcie energooszczędności. Kandydat nie zapomniał przy tym o możliwości ich wykorzystania przez ludzi spoza branży.

4.1.2. Cykl publikacji

We wniosku (w autoreferacie) o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego dr inż. Arkadiusz Węglarz jako swoje drugie osiągnięcie naukowe wskazał cykl publikacji nt. zastosowania innowacji w budownictwie zrównoważonym. Składają się na niego następujące prace (w poniższym spisie posłużono się numeracją zawartą w załączniku nr 2, uwzględniono punktację ministerialną i „impact factor” (IF)):

[A1] Arkadiusz Węglarz, Paweł Gilewski, "Risk analysis in the environmental impact assessment of building construction innovations", Archives of Civil Engineering, 67, 4, 2021, s. 433-450, 100 punktów, IF(0,8).

[A2] Arkadiusz Węglarz, Paweł Gilewski, "Innovative Technologies in Construction Sector that Meet Criteria of Sustainable Development", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 661, 012058, 2019, 5 punktów.

[A3] Arkadiusz Węglarz, Michał Pierzchalski, Dariusz Heim, "Peripheral Isothermal System of Heat Gain Storage for Thermal Stability in Low-Energy Buildings", Applied Sciences, 9, 3091, 2019, 100 punktów, IF(2,217).

[A4] Michał Pierzchalski, Elżbieta Dagny Ryńska, Arkadiusz Węglarz, "Life Cycle Assessment as a Major Support Tool within Multi-Criteria Design Process of Single Dwellings Located in Poland", Energies, 14, 3748, 2021, 140 punktów, IF(2,707).

[A5] Małgorzata Fedorczyk-Cisak, Agnieszka Leśniak, Przemysław Markiewicz-Zahorski, Arkadiusz Węglarz, Paweł Jastrzębski, „Wpływ rozwiązań materiałowych przegród zewnętrznych na emisję CO₂ na przykładzie budynku w standardzie nZEB”, Materiały Budowlane, 1, 593, 2022, 46-49, 100 punktów.

[A6] Tadeusz Skoczkowski, Elena Verdolini, Sławomir Bielecki, Max Kocharński, Katarzyna Korczak, Arkadiusz Węglarz, "Technology innovation system analysis of decarbonisation options in the EU steel industry", Energy, 212, 118688, 2020, 200 punktów, IF(6,082).

Artykuły te, z wyjątkiem [A2], opublikowano w pozycjach, znajdujących się w wykazie Ministra Edukacji i Nauki (MEiN) czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych. W związku z tym, w tej części recenzji wykluczono artykuł [A2] z oceny osiągnięcia.

W wykazach MEiN prace [A1,A3-A6] są przypisane do dyscypliny inżynieria lądowa i transport. Poniżej opisano zwięźle dostrzeżony przez recenzenta wkład artykułów [A1,A3-A6] w rozwój tej dyscypliny.

Publikacje [A1,A3-A6] tworzą wspólną całość, jeśli wziąć pod uwagę wzajemne uzupełnianie się różnych badań i wiadomości z zakresu innowacji w budownictwie energooszczędnym. Nie stanowią jednak w całości kontynuacji nawzajem z siebie wynikających i zaplanowanych z góry badań problemów, co powinno cechować cykl zgłaszany jako osiągnięcie. Warunek ten spełniają częściowo publikacje [A1,A4,A5], które są tematycznie bardziej ze sobą związane.

Artykuł [A1] dotyczy wstępnej propozycji oceny oddziaływania na środowisko innowacji budowlanych i określeniu ryzyka podjęcia błędnej decyzji ich zastosowania. Zdecydowano się na porównanie z wykorzystaniem zbiorów rozmytych różnych technologii. Dokonano go na podstawie eksperckich ocen wg jakościowo przyjętej skali w stosunku do skumulowanej energii pierwotnej, śladu węglowego, tworzenia odpadów i zużycia wody w cyklu życia budynku, które są związane z daną technologią. Oceniono 4 rozwiązania: „ziemi ubijanej”, odzysku wody deszczowej z modułem jej oczyszczania, wykorzystania robotów w budownictwie i budynków inteligentnych. Można stwierdzić, że doświadczenia zdobyte na tym etapie autor wykorzystał twórczo w monografii (p. 4.1.1).

Artykuł [A3] dotyczy badań symulacyjnych magazynowania wewnętrznych zysków ciepła w celu stabilizacji temperatury powietrza wewnętrznego w sezonie grzewczym. Zaproponowano metodę określania magazynowania nadmiernych zysków ciepła w zbiorniku z parafiną, korzystając z danych pomiarowych temperatury ze strefy o kontrolowanych parametrach środowiska w masywnym budynku pasywnym.

Artykuł [A4] to profesjonalna praca związana z porównaniem emisji CO₂, zużycia energii i poniesionych kosztów w cyklu życia serii 20 domów mieszkalnych, porównywalnych co do wielkości i zróżnicowanych tylko ze względu na typowe rozwiązania architektoniczne i technologiczne. Wykazano, że różnice badanych wskaźników mogą sięgać w tym wypadku od kilkunastu aż do ok. 20%. Pozwoliło to wyznaczyć rozwiązanie optymalne z punktu widzenia tych wskaźników, które kumulowano z przypisaną wagą po normalizacji względem wartości maksymalnej danego wskaźnika. W pracy wkraśl się błąd edycyjny we wzorze (1) i we wskazaniu na str. 18

optymalnego rozwiązania ze względu na koszty, gdyż z tabeli 8 wynika, że jest to dom typu „B3”, a nie „B2”.

Artykuł [A5] zawiera de facto analogiczne rozważania jak w pracy [A4] w odniesieniu do budynku nZEB, lecz ze względu na zróżnicowanie rozwiązań materiałowych.

Ostatni artykuł z cyklu [A6] to w pełni profesjonalna praca związana z szeroką analizą innowacji w europejskim przemyśle stalowym. Oparto ją na tzw. systemie innowacji technologicznych (TIS) i wykorzystano do identyfikacji możliwych dróg dekarbonizacji tego sektora. Na tej podstawie wysnuto wniosek, że głęboka dekarbonizacja jest możliwa tylko przy silnym wsparciu zmniejszania ryzyka biznesowego jak i prac badawczo-rozwojowych przez rządy.

Omawiane prace są aktualne i były cytowane na dzień 02.09.2022 w bazie Scopus – [A6] 23 razy i [A3] 3 razy, a wg bazy Web of Science Core Collection (WoS) – [A6] 22 razy i [A3] 3 razy. Sumaryczny IF publikacji [A1,A3-A6] wynosi 11,80, a suma punktów ministerialnych to 640. Zgodnie z oświadczeniami współautorów udział habilitanta w artykule [A1] jest dominujący, znaczący w [A3,A5], zaś mniej znaczny w artykułach [A4,A6]. Przedstawione badania wykonano częściowo we współpracy z badaczami z innych ośrodków (Politechnika Łódzka i Krakowska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, RFF-CMCC European Institute on Economics and the Environment w Mediolanie). Dowodzi to umiejętności habilitanta w analizowaniu literatury przedmiotu oraz formułowaniu i rozwiązywaniu problemów naukowych w ramach zespołów badawczych.

W konkluzji pozytywnie oceniam wkład habilitanta w powstanie publikacji [A1,A3-A6].

4.1.3. Ogólna ocena osiągnięć

Tematyka osiągnięć Pana dra inż. Arkadiusza Węglarza w formie monografii (p. 4.1.1) i cyklu publikacji (p. 4.1.2) uzupełnia się nawzajem i dotyczy zagadnień poszanowania energii w budownictwie – szczególnie ważnych w dniu dzisiejszym z punktu widzenia stanu gospodarki krajowej jak i światowej. Recenzent stwierdza, że usterki wykazane w monografii (p. 4.1.1) są zrekompensowane osiągnięciami habilitanta w cyklu publikacji (p. 4.1.2). **Dorobek kandydata omówiony w p. 4.1.1 i 4.1.2 recenzji można uznać sumarycznie jako znaczny wkład naukowy – przede wszystkim w praktycznych zastosowaniach fizyki budowli i tym samym w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport, zgodnie z art. 219 ust. 1, pkt. 2 Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. – „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”.**

4.2. Ocena aktywności naukowej

4.2.1. Osiągnięcia naukowo-badawcze

Dorobek publikacyjny dra inż. Arkadiusza Węglarza (wg wykazu dołączonego do wniosku i nie wchodzący w skład osiągnięcia naukowego, o którym mowa w p. 4.1 recenzji) obejmuje na marzec br. 170 prac w roli autora lub współautora, w tym 160 po obronie pracy doktorskiej. Jest to więc liczny dorobek, którego zdecydowana część została uzyskana po doktoracie. Wśród niego należy wyszczególnić:

- 3 artykuły indeksowane w Scopus lub WoS z IF (3 po doktoracie);
- 13 publikacji indeksowanych w Scopus lub WoS bez IF, a w tym: 3 artykuły, 1 rozdział w książce, 9 referatów z konferencji międzynarodowych (13 po doktoracie);
- 4 książki (4 po doktoracie);
- 31 rozdziałów w monografiach (23 po doktoracie);
- 2 redakcje monografii (2 po doktoracie);
- 87 publikacji punktowanych wg list ministerialnych (86 po doktoracie).

Publikacje kandydata dotyczą przede wszystkim mechaniki kompozytów, gospodarowania energią i rozwiązań niskoemisyjnych w budynkach oraz ich termomodernizacji, a więc tematyki ściśle związanej z dyscypliną inżynieria lądowa i transport. Prace z mechaniki habilitant pisał głównie w okresie przed doktoratem, a te związane z budownictwem niskoemisyjnym i energooszczędnym

po doktoracie. Na uwagę zasługują 3 aktualne artykuły z bazy JCR (w poniższym spisie posłużono się numeracją zawartą w załączniku nr 2, uwzględniono punktację ministerialną i IF):

[B1] Jan Rosenow, Tadeusz Skoczkowski, Samuel Thomas, Arkadiusz Węglarz, Wojciech Stańczyk, Michał Jędra, "Evaluating the Polish White Certificate Scheme", Energy Policy, 144, 111689, 2020, 140 punktów, IF(5,042).

[B2] Tadeusz Skoczkowski, Sławomir Bilecki, Arkadiusz Węglarz, Magdalena Włodarczak, Piotr Gutowski, "Impact assessment of climate policy on Poland's power sector", Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, Springer, 2018, stron 47, 30 punktów, IF(2,651).

[B3] Shady Attia, Piotr Kosiński, Robert Wójcik, Arkadiusz Węglarz, Dariusz Koc, Oriane Laurent, "Energy efficiency in the Polish residential building stock: A literature review", Journal of Building Engineering, 45 ,103461, 2022, 140 punktów, IF(3,379).

Wymienione pozycje były cytowane na dzień 02.09.2022 w bazie Scopus – [B1] 7 razy, [B2] 20 razy i [B3] 6 razy, a wg bazy WoS – [B1] 7 razy, [B2] 18 razy, [B3] 4 razy. Sumaryczny IF publikacji [B1-B3] wynosi 11,07, a suma punktów ministerialnych 310. Dotyczą one także głównego nurtu działalności naukowej habilitanta, związanego z badaniem zużycia energii w budynkach i prowadzeniem polityki klimatycznej w Polsce. Zgodnie z oświadczeniami współautorów udział habilitanta w artykułach [B1-B3] nie jest dominujący. Nazwy periodyków, w których je zamieszczono, figurują w wykazie MEiN czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych, ale tylko artykuł [B3] jest przypisany do dyscypliny inżynieria lądowa i transport. Co jednak istotne, przedstawione badania wykonano we współpracy z badaczami z kilku ośrodków zewnętrznych – The Regulatory Assistance Project w Brukseli, Uniwersytet Sussex, Uniwersytet Oksfordzki, Krajowa Agencja Poszanowania Energii, Uniwersytet w Liège, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski i EPF Graduate School of Engineering w Montpellier. Dowodzą one umiejętności habilitanta w prowadzeniu efektywnej krajowej i międzynarodowej współpracy naukowej.

Dr inż. Arkadiusz Węglarz brał udział z referatami naukowymi w 26 konferencjach krajowych i międzynarodowych.

Wszystkie prace kandydata (zarówno te wykazane w ramach osiągnięcia jak i pozostałego dorobku publikacyjnego) wg bazy WoS są cytowane na dzień 03.09.2022 r. 62 razy, dając kandydatowi indeks Hirscha (H) równy 4. Z kolei w bazie Scopus wykazano odpowiednio 98 cytowań i indeks H równy 6. W dniu składania wniosku indeksy te wynosiły odpowiednio 4 i 5. Habilitant po doktoracie wykonał 15 recenzji do 5 czasopism, posiadających wskaźnik IF, oraz 18 recenzji w innych czasopismach i do materiałów konferencyjnych.

Kandydat publikował także bardzo dużo w prasie branżowej, takiej jak: Materiały Budowlane, Energia i Budynek, Rynek Instalacyjny, Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja, Izolacje, Budujemy Dom, Instal, Budownictwo i Prawo. W 2022 roku został członkiem Rady Naukowej w czasopiśmie Budownictwo i Prawo (wyd. Polcen).

Dr inż. Arkadiusz Węglarz w ramach aktywności badawczo-rozwojowych i eksperckich wykazał się także wieloma osiągnięciami. Do najważniejszych z nich mogą zaliczyć następujące:

- 1) Był członkiem (także w charakterze głównego wykonawcy lub kierownika merytorycznego) około 50 zespołów badawczych, które realizowały projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych (w programach takich jak: 5 Program Ramowy Badań i Rozwoju UE, SAVE II, OPET, FEMOPET, Phare, Inteligentna Energia dla Europy, Horyzont, LIFE). Projekty te były związane przede wszystkim z tematyką poszanowania energii, a w tym w budownictwie i transporcie.
- 2) W ramach projektu „Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju” był pomysłodawcą i głównym wykonawcą programu komputerowego LCA, wspomagającego proces projektowania budynków, spełniających kryteria zrównoważonego rozwoju.
- 3) W ramach projektu „Naukowcy dla Gospodarki Mazowsza” opracował 5 programów obliczeniowych wraz z dokumentacją, służących obliczaniu całkowitej emisji CO₂ podczas procesu rewitalizacji budynku i jego eksploatacji, ocenie stanu budynku na podstawie audytu poziomu zrównoważenia, wyborowi materiałów ekologicznych, zarządzaniu procesem realizacji inwestycji

i wyborze najlepszych rozwiązań technicznych i organizacyjnych w procesie rewitalizacji budynków publicznych.

4) Jest współautorem wytycznych, określających standardy budynków energooszczędnych NF40 i NF15 do programu dopłat NFOŚiGW.

5) Byłem kierownikiem, autorem lub współautorem 108 opracowań eksperckich realizowanych na zamówienie organów władzy publicznej, podmiotów publicznych lub przedsiębiorstw, w tym wielu z zakresu tematyki termomodernizacji budynków, działań proniskoemisyjnych i poszanowania energii w budownictwie i transporcie.

6) Brał udział w pracach kilkunastu zespołów eksperckich, wymagających wiedzy z zakresu gospodarki niskoemisyjnej w budownictwie.

7) W latach 2012-2013, w wyniku wygrania konkursu odbył staż naukowy w Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia – jednostce naukowej sparametryzowanej przez ministerstwo. Staż był związany z realizacją grantu „Naukowcy dla Gospodarki Mazowska”.

W podsumowaniu uzyskanych po doktoracie osiągnięć naukowych kandydata (nie wchodzących w skład osiągnięć wg p. 4.1) mogę stwierdzić, że są one wystarczające z punktu widzenia art. 219 ust. 1, pkt. 3 Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. – „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”.

4.2.2. Dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski

Dr inż. Arkadiusz Węglarz jest promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim mgra inż. Tomasza Kułakowskiego na Politechnice Łódzkiej pt. „Modelowanie i analiza procesów wymiany ciepła w oszkleniu wypełnionym materiałem fazowo zmiennym”.

W latach 2001-2021 był promotorem 83 prac inżynierskich i 19 prac magisterskich na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej. Dotyczyły one efektywności energetycznej budynków. Jedna z promowanych prac (mgra inż. Pawła Sadowskiego) otrzymała nagrodę ministra właściwego ds. budownictwa oraz nagrodę firmy Budimex. Habilitant był także promotorem 28 prac dyplomowych na studiach podyplomowych „Budownictwo energooszczędne, certyfikacja energetyczna, audyt energetyczny i termomodernizacja budynków” na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej.

Habilitant na macierzystym wydziale prowadzi następujące przedmioty: „Projektowanie budynków według kryteriów zrównoważonego rozwoju” na studiach I i II stopnia, „Innowacje w budownictwie” jako przedmiot obieralny na studiach II stopnia oraz „Energooszczędne konstrukcje drewniane” i „Metody optymalizacyjne w budownictwie energooszczędnym” na specjalności „Budownictwo Zrównoważone” studiów II stopnia. Prowadzi także seminaria dyplomowe i jest opiekunem praktyk na tej specjalności. Był Pełnomocnikiem Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej ds. międzywydziałowych studiów inżynierii zrównoważonego rozwoju oraz członkiem wydziałowych komisji ds. kształcenia i ds. nagród za prace dyplomowe i rozprawy doktorskie. Od 2010 roku prowadzi zajęcia na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej na studiach podyplomowych „Budownictwo energooszczędne, certyfikacja energetyczna, audyt energetyczny i termomodernizacja budynków”.

Kandydat jest członkiem krajowych towarzystw i zespołów naukowych. Od 2000 jest członkiem-założycielem Zrzeszenia Audytorów Energetycznych oraz wiceprezesem zarządu. Należy do grupy roboczej „Inteligentne i energooszczędne budownictwo” w ramach Krajowych Inteligentnych Specjalizacji (KIS). Jest członkiem IBPSA-International/IBPSA-Polska. Jestem także członkiem zespołu oceniającego w ramach przedsięwzięć „Budownictwo efektywne energetycznie i procesowo” oraz „Wentylacja dla szkół i domów”, prowadzonych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Dr inż. Arkadiusz Węglarz był członkiem komitetu organizacyjnego „19th International Conference on Computer Methods in Mechanics” (CMM 2011, Warszawa) oraz organizatorem licznych konferencji branżowych, seminariów, warsztatów i webinarów na temat efektywności energetycznej, gospodarki niskoemisyjnej i zrównoważonego rozwoju. Jako wiceprezes Zrzeszenia Audytorów Energetycznych uczestniczył w organizacji i moderacji 20 corocznych całodniowych seminariów „Forum Termomodernizacja”.

Habilitant brał udział w pracach zespołów konkursowych, związanych z tematyką gospodarowania energią.

W roku 2014 kandydat prowadził szkolenia dla nauczycieli w ramach projektu „Budujemy domy energooszczędne”, realizowanego przez Europejski Fundusz Rozwoju Wsi Polskiej. W roku 2018 był uczestnikiem kampanii edukacyjnej „Termomodernizacja – to się opłaca!” fundacji Ziemia i Ludzie. W latach 2018-2022 brał udział w projekcie „NERW PW Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca” z zadania „Dostosowanie i realizacja programów kształcenia na Wydziale Inżynierii Lądowej w zakresie umiejętności praktycznych stosowania BIM w budownictwie”. Kandydat uczestniczył także w dwóch edycjach projektu „Autobus Energetyczny”, tj. w objazdowym centrum edukacyjno-informacyjnym, w którym eksperci prowadzili szkolenia w szkołach i dla mieszkańców polskich gmin.

Habilitant jest autorem wielu artykułów w czasopiśmie branżowych, o których wspomniano już w p. 4.2.1 recenzji.

W podsumowaniu tej części recenzji mogę stwierdzić, że dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski kandydata oceniam bardzo wysoko z punktu widzenia art. 219 ust. 1, pkt. 3 Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. – „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”.

4.2.3. Ogólna ocena aktywności naukowej

W świetle faktów opisanych w p. 4.2.1 i 4.2.2 można uznać, że dr inż. Arkadiusz Węglarz wykazał się istotną aktywnością naukową zgodnie z art. 219 ust. 1, pkt. 3 Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. – „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”.

5. Wniosek końcowy

Na podstawie wniosków zawartych w p. 4 niniejszej recenzji uważam, że dr inż. Arkadiusz Węglarz wykazał się po doktoracie istotnym i oryginalnym dorobkiem naukowym w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport. Osiągnięcie naukowe habilitanta w postaci przedstawionej do oceny monografii i cyklu artykułów naukowych nt. wspomaganie decyzji i innowacji w energooszczędnym budownictwie mieszkaniowym oraz pozostała aktywność naukowa, w tym dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska, spełniają wymagania Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. – „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”, o których mowa w art. 219.

Wobec powyższego popieram wniosek o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Arkadiuszowi Węglarzowi.

Zbigniew Perkowski