



dr hab. inż. Przemysław Bukowski
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Przyrodniczo-Technologiczny
Instytut Inżynierii Rolniczej
Zakład Niskoemisyjnych Źródeł Energii i Gospodarki Odpadami

Wrocław, 16.08.2024 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Oluwafunmilola Oladipo pt. „Mathematical modelling of a HVAC system powered by photovoltaic panels incorporated with a seasonal thermal storage for a single-family plus-energy home”.

Recenzja została wykonana na zlecenie Zastępcy Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej w ramach Zawiadomienia nr 23/06/D08/2024 z dnia 18.06.2024 r.

Charakterystyka ogólna rozprawy

Praca doktorska została wykonana przez mgr inż. Oluwafunmilola Oladipo w Katedrze Inżynierii Konwersji Energii pod kierunkiem Kierownika Katedry prof. dr hab. inż. Jacka Kasperskiego.

Recenzowana Rozprawa składa się z 7 rozdziałów, obejmuje 178 strony maszynopisu, w tym 72 rysunki, 44 tabele, 1 załącznik, wykaz oznaczeń (skrótów), streszczenie po polsku i angielsku, dedykację, podziękowania, przedmowę oraz spis rysunków i tabel. Praca zawiera także wykaz literatury zawierający 209 pozycji, z czego 26% stanowią źródła internetowe (w tym cenniki materiałów budowlanych). Dobór bibliografii jest dość skromny, ale prawidłowy, zarówno źródła z recenzowanych czasopism naukowych jak i baz danych oraz opisy produktów budowlanych są aktualne i związane z przedmiotem pracy. Nie recenzowano oryginalnych podziękowań na samym początku pracy, ale już po pierwszych zdaniach wstępu można zauważyć, że autorka podaje informacje w sposób dość specyficzny. Po pierwsze napisała



zarówno dedykację, przedmowę jak i podziękowania (co jest działaniem nadmiarowym), pod drugie często pisze w pierwszej osobie liczby pojedynczej, po trzecie posługuje się językiem dość potocznym (np. stan wiedzy nazywając „State of the art”). Autorka już na początku pracy uzasadnia celowość i istotność podjęcia tematu (podrozdział 1.1) ale tezy są dość oczywiste (a zwłaszcza teza D „The proposed thermal storage solution can be optimized”). Żadna z tez pracy nie jest wprost związana z przedmiotem pracy, a więc modelowaniem matematycznym. Podobnie postawiony problem naukowy (str. 16 i 17) jest w rzeczywistości listą wytycznych wynikających z Dyrektyw unijnych.

Mimo mało trafnych problemów naukowych, hipotezy zostały pozytywnie zweryfikowane, a cele zrealizowane, więc minimum wynikające z metodyki badań i analiz naukowych zostało spełnione.



Ocena merytoryczna rozprawy

Poruszona w rozprawie tematyka jest istotnym i aktualnym obszarem badawczym obejmującym zagadnienia z zakresu energetyki, ale także ochrony środowiska i gospodarki zrównoważonej. Przeprowadzone badania i analizy miały na celu zaproponowanie zrównoważonego sposobu zaspokajania potrzeb energetycznych domu jednorodzinnego poprzez zaproponowanie systemu ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji zasilanego energią fotowoltaiczną, połączonego z sezonowym magazynowaniem ciepła.

W rozdziale pierwszym autorka wprowadza czytelnika do tematyki pracy, formułuje problem badawczy, a także określa cele, które mają zostać osiągnięte w tej pracy. Sam problem badawczy nie jest sformułowany w sposób prawidłowy, ale w treści pracy autorka udowadnia to, czego nie sformułowała w tym rozdziale, a mianowicie, że model matematyczny jest dobrym narzędziem do optymalizacji zarówno wielkości złoża magazynu ciepła, jak i innych parametrów analizowanych instalacji. **To powinna być główna teza tej pracy.**

W kolejnym rozdziale omówiono istniejący stan wiedzy w odniesieniu do budynków niskoenergetycznych, technologii fotowoltaicznych, systemów magazynowania ciepła oraz typowego roku meteorologicznego. Wykonano tu także przegląd literatury dotyczącej istniejących budynków niskoenergetycznych oraz parametrów zużycia energii w budynkach. Przedstawiono historię technologii PV, jej sposób działania, typy systemów PV i ich wpływ na środowisko. W dalszej części przeglądu literatury autorka przytacza i analizuje publikacje na temat systemów fotowoltaicznych połączonych z magazynowaniem ciepła. Na koniec opisano różne metody obliczania uzysków dla typowego roku meteorologicznego.

W trzecim rozdziale autorka przedstawiła zaproponowany przez architekta projekt budynku o powierzchni 70 m², oraz swoją własną koncepcję systemu energetycznego, który pokryje zapotrzebowanie energetyczne domu. W dalszym kroku wykonała analizę energetyczną budynku. Analizowała też system Seasonal Thermal Energy Storage Stack (STS) i wyjaśniła jego zasady działania, oraz w jaki sposób połączenie STS zasilanego przez panele fotowoltaiczne na dachu prowadzi do powstania innowacyjnego systemu HVAC – PVPSTS.



Zarówno metodyka obliczeniowa jak i wzory wykorzystane do obliczeń w tym rozdziale są poprawne.

Rozdział czwarty to opracowanie modelu matematycznego zaproponowanego systemu HVAC - PVPSTS. Na tym etapie autorka wykonała badania i pomiary współczynnika przenikania ciepła w stosie termicznym z wykorzystaniem trzech różnych materiałów izolacyjnych w połączeniu z wypełnieniem stosu. Całość połączyła z analizą przewodzenia ciepła proponowanego magazynu ciepła. Sam eksperyment jak i obliczenia w tym rozdziale nie będą zastrzeżeń.

W rozdziale piątym omówiono możliwości optymalizacji zaproponowanego systemu sezonowego magazynowania ciepła przez porównanie i analizę możliwych wariantowych kombinacji materiału wypełniającego stos oraz izolacji stosu w celu osiągnięcia optymalnej objętości i kosztu.

Rozdział szósty zawiera przedstawienie wyników i dyskusję nad porównaniem zaproponowanego systemu z obecnie istniejącymi i powszechnie znanymi technologiami magazynowania energii.

Rozdział siódmy to przedstawienie wniosków oraz ocena, czy cele wyznaczone na początku pracy zostały osiągnięte. Mimo wcześniejszych uwag do samych też sposób wnioskowania i argumentowania jest tutaj zadowalający.



Uwagi szczegółowe

Str. 13 – wykaz skrótów jest niekompletny (np. brak skrótu TES ze str. 83) oraz nieuporządkowany alfabetycznie, co bardzo utrudnia korzystanie.

Str. 14 – niepoprawnie wpisany numer rozdziału jako 1.0 Introduction. To samo dotyczy każdego głównego rozdziału.

Str. 19 – autorka pisze „This thesis is outlined into **seven** chapters. The contents of this **nine** chapters are outlined as follows (...)”. Należy się zdecydować, czy rozdziałów jest siedem czy dziewięć.

Str. 21, rys. 2.1 – niepoprawne jednostki w legendzie. Zamiast „year” są „kWh”.

Str. 25, równanie 2.1 – autorka podaje strumień ciepła, ale oznacza je jednostką mocy cieplnej (wat).

Str. 31 – tabela oznaczona nieprawidłowo jako „Table 2.^” co burzy kolejność tabel i jest prawdopodobnym błędem. Ponadto sama tabela jest urwana w połowie, a więc nieczytelna.

Str. 34, rys. 2.8 jest wykonany niezgodnie z zasadami rysunku technicznego.

Str. 40 – rysunek oznaczony nieprawidłowo jako „Figure 2.**”.

Str. 59 – rysunek oznaczony nieprawidłowo jako „Figure 2.&”.

Str. 62 ÷ 65, oraz 80 ÷ 82, 118, 126, 146 – pocięte tabele bez podpisów, dodatkowo brak numerów stron.

Dodatkowo:

- autorka przy wielu rysunkach nie podaje źródła (np. rys. 2.3 do 2.6, rys. 4.3) więc nie można stwierdzić, czy autorka rysunki te wykonała samodzielnie,
- autorka stosuje niepoprawny zapis jednostek, np. 15 kWh/m²a, powinno być 15 kWh·m⁻²·a⁻¹. Taki zapis jest czytelny i zgodny z obowiązującymi zasadami,



- w pracy jest złe formatowanie, gdzie nagłówki pozostają na poprzedniej stronie (np. str. 42 czy 52),
- autorka stosuje wielkie litery bez żadnego powodu (np. podpis pod rys. 3.12),
- brak konsekwencji w oddzielaniu liczby całkowitej, od części dziesiętnych. Czasem są to kropki (np. tab. 3.1) a czasem przecinki (np. tab. 6.1). W tab. 6.2 zastosowane są oba podejścia,
- wszystkie główne rozdziały mają nieprawidłową numerację (np. 7.0 Conclusions). Powinno być 7. Conclusions.

Pytania szczegółowe (Detailed questions for the defense)

1. Proszę wyjaśnić co autorka rozumie przez „EJ – Energy Joules” które zapisała w wykazie skrótów.
Please explain what the author means by "EJ – Energy Joules," as listed in the list of abbreviations.
2. Czy zalecenie, że „pozostały nadmiar energii może być przekazany do sieci energetycznej, dzięki czemu budynek staje się energooszczędnym domem plus-energetycznym” jest uzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia?
Is the recommendation that "any excess energy can be exported to the power grid, thus achieving a plus-energy home" economically justified?
3. Proszę podać warunki dla których optymalizacja magazynów ciepła nie byłaby możliwa (odnośnie tezy D).
Please specify the conditions under which the optimization of thermal storage would not be possible (regarding thesis D).



Wnioski końcowe

Temat rozprawy doktorskiej oraz jej wybór nie budzi zastrzeżeń zarówno merytorycznych jak i formalnych. Zaprezentowany w pracy przegląd aktualnego stanu wiedzy wskazuje na dobre przygotowanie doktorantki dotyczące analizy efektywności energetycznej budynku oraz mechanizmów przekazywania ciepła. Wytyczony obszar badań jest logiczny, uzasadniony w aspekcie poznawczym i praktycznym. Podjęte badania uważam za wartościowe, a otrzymane wyniki i przeprowadzona ich analiza uzupełnia wiedzę naukową. Wiedza ta może być zastosowana w praktyce w celu wykorzystania paneli fotowoltaicznych i magazynów ciepła do projektowania budynków zeroemisyjnych. Doktorantka wykazała się umiejętnością formułowania problemu badawczego, zaproponowała właściwe metody jego rozwiązania, poprawnie przedstawiła i zinterpretowała uzyskane wyniki analiz. Sformułowane przez doktorantkę wnioski znajdują oparcie w prezentowanych danych. Daje to przekonanie, że postawiony cel badań został osiągnięty, potwierdza jednocześnie umiejętność **samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**.

Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, a przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.



Reasumując stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Oluwafunmilola Oladipo pt. „Mathematical modelling of a HVAC system powered by photovoltaic panels incorporated with a seasonal thermal storage for a single-family plus-energy home” spełnia wymagania wynikające z art. 187 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz. U. z 2022 r., poz. 574 z późn. zm.) i zwracam się do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej z wnioskiem o dopuszczenie mgr inż. Oluwafunmilola Oladipo do dalszego toku przewodu doktorskiego.

Kierownik Zakładu

Niskoemisyjnych Źródeł Energii

i Efektywności Energetycznej

dr hab. inż. Przemysław Bukowski, prof. UPWr