

Lublin, dn. 28.08.2024 r.

dr hab. inż. Tomasz Cholewa, prof. uczelni
Politechnika Lubelska
Wydział Inżynierii Środowiska
Katedra Jakości Powietrza Wewnętrznego i Zewnętrznego
ul. Nadbystrzycka 40B
20-618 Lublin
e-mail: t.cholewa@pollub.pl
tel.: +48 81 538 4424

Recenzja rozprawy doktorskiej
Pani mgr inż. Oluwafunmilola Oladipo
pt. „**MATHEMATICAL MODELLING OF A HVAC SYSTEM
POWERED BY PHOTOVOLTAIC PANELS INCORPORATED WITH A
SEASONAL THERMAL STORAGE FOR A SINGLEFAMILY PLUS-
ENERGY HOME**”
przygotowana pod kierunkiem naukowym
Promotora prof. dr hab. inż. Jacka Kasperskiego

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą formalną przygotowania przedmiotowej recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki z dnia 12 czerwca 2024 roku dotyczące przygotowania recenzji pracy doktorskiej Pani mgr inż. Oluwafunmilola Oladipo.

2. Aktualność wyboru tematu i umiejscowienie tematyki badawczej

Efektywność energetyczna oraz osiągnięcie neutralności węglowej budynków zarówno nowych jak i istniejących jest aktualnym tematem badawczym w Polsce i na świecie. Dlatego poszukiwane i weryfikowane są rozwiązania techniczne jak i koncepcje teoretyczne, które umożliwiłyby osiągnięcie wyższego standardu energetycznego w budynkach. Nadal brak jest wystarczającej ilości analiz w zakresie koncepcji oraz rzeczywistych badań w jaki sposób osiągnąć neutralność węglową budynków nowych jak i istniejących.

Zatem tematyka niniejszej rozprawy doktorskiej została właściwie wybrana i wpisuje się w aktualne trendy badań w zakresie zwiększenia efektywności energetycznej budynków, integracji odnawialnych źródeł energii wraz z magazynami ciepła oraz osiągnięcia standardu budynku plus energetycznego.

Podjęty temat ma znaczenie nie tylko poznawcze, ale również użyteczne, ponieważ może zostać wykorzystany jako skuteczne narzędzie w procesie optymalnego wyboru systemów ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji zasilanych z odnawialnych źródeł energii na potrzeby pokrycia rocznego zapotrzebowania energetycznego w budynkach jednorodzinnych.

3. Ocena merytoryczna pracy

Oceniana rozprawa doktorska liczy 170 stron, zawiera 209 pozycji cytowanego piśmiennictwa i napisana jest w języku angielskim. W rozprawie znajduje się streszczenie w języku polskim i angielskim. Pomocnym elementem rozprawy jest zamieszczony „Wykaz skrótów” oraz spisu rysunków i tabel, które znajdują się na początku pracy.

Praca składa się z 7 głównych rozdziałów. Generalnie strukturę prac uważam za właściwą, zaś podział na poszczególne rozdziały jest logiczny i przemyślany. Ewentualnie bardziej logiczne dla czytelnika rozprawy byłoby zamieszczenie przeglądu literatury przed podaniem celu, zakresu i też przedmiotowej pracy.

W rozdziale 1 (*Wprowadzenie*) Doktorantka odpowiednio przedstawiła argumentację dlaczego podjęła się realizacji tematyki rozprawy doktorskiej odwołując się do wysokiego zużycia energii końcowej w istniejących budynkach, potrzeby integracji odnawialnych źródeł energii (szczególnie energii promieniowania słonecznego) w budynkach oraz wykorzystania magazynów energii na potrzeby uzyskania plus energetycznego budynku.

Na tej podstawie odpowiednio sformułowała cel przedmiotowej rozprawy, który obejmował konceptualizację, projektowanie, modelowanie matematyczne i testowanie innowacyjnego systemu magazynowania ciepła zasilanego fotowoltaiką w celu dostarczania energii w ilości potrzebnej dla funkcjonowania domu jednorodzinnego przez cały rok. Postawiła również cztery klarowane tezy pracy.

W ramach rozdziału 2 (*Przegląd literatury*) przedstawiono w ciekawy sposób wybrane zagadnienia w zakresie budynków niskoenergetycznych, zużycia energii w budynkach, technologii fotowoltaicznej, systemów magazynowania ciepła oraz typowego

roku meteorologicznego. Przegląd literatury został wykonany na podstawie aktualnej literatury przedmiotu, głównie anglojęzycznej.

W zakresie ogniw fotowoltaicznych omówiono ich rodzaje, wpływ na środowisko oraz możliwości integracji z magazynami ciepła. Na właściwym poziomie naukowym omówiono również różne możliwości krótkoterminowego i sezonowego magazynowania ciepła oraz wykorzystania materiałów izolacyjnych stosowanych w tych rozwiązaniach technicznych. W ramach rozdziału 2.3 dokonano wyboru materiały magazynującego ciepło dla proponowanej aplikacji magazynu ciepła. Doktorantka w tym zakresie mogła bardziej dokładnie opracować proces wyboru materiału magazynującego w innym rozdziale niż przegląd literatury, ponieważ nie jest to klarowne dla czytelnika. Dodatkowo w przedmiotowym rozdziale (przegląd literatury) warto było zamieścić więcej informacji podsumowujących i pokazujących lukę/luki badawcze, które będą następnie adresowane w przedmiotowej rozprawie doktorskiej.

Rozdział 3 obejmuje rozważania koncepcyjne oraz przedstawienie poprawnie wykonanego projektu analizowanego budynku jednorodzinne o powierzchni 70 m² wraz z systemami technicznymi. Odpowiednio przeprowadzono analizę energetyczną rozważanego budynku oraz zaproponowano magazyn ciepła. W zakresie analizy energetycznej (w szczególności dotyczącej obliczeń projektowego obciążenia cieplnego) przedstawiono wiele bardzo podstawowych informacji inżynierskich, a można było tylko napisać według jakiej metodyki dane obliczenia przeprowadzono.

W rozdziale 4 właściwie przedstawiono proces opracowania modelu matematycznego proponowanego systemu zasilania analizowanego budynku z ogniw PV połączonych z magazynem ciepła dla miasta Wrocławia. Należy podkreślić, że ten zakres został również opublikowany w międzynarodowym czasopiśmie (Kasperski, J.; Bać, A.; Oladipo, O. A Simulation of a Sustainable Plus-Energy House in Poland Equipped with a Photovoltaic Powered Seasonal Thermal Storage System. *Sustainability* 2023, 15, 3810. <https://doi.org/10.3390/su15043810>), co dodatkowo potwierdza istotne znaczenie tego materiału na arenie międzynarodowej. W ramach tego rozdziału Doktorantka przedstawiła również badania eksperymentalne, których celem było potwierdzenie dokładności zastosowanych równań z zakresu wymiany ciepła (strat ciepła spowodowanych przewodzeniem) w zastosowanym magazynie ciepła przy wykorzystaniu trzech różnych materiałów izolacyjnych. Metodyka badań oraz wykorzystane stanowisko badawcze zostały

jasno i szczegółowo opisane przez Autorkę. Następnie właściwie porównano i przedyskutowano wyniki uzyskane z modelu oraz badań eksperymentalnych.

Doktorantka na potrzeby wykonania bilansu energetycznego (rozdział 4.6) analizowanego układu (budynek-magazyn ciepła-systemy techniczne) przyjęła właściwe założenia w zakresie czynników wpływających na zużycie energii oraz zastosowała metodę „prób i błędów”, co świadczy o właściwej wiedzy naukowej i umiejętności prowadzenia badań naukowych przez Doktorantkę.

W rozdziale 5 przedstawiono ciekawe wyniki z zakresu procesu optymalizacji proponowanego sezonowego magazynowania ciepła poprzez zastosowanie różnych materiałów wypełniających magazyn oraz izolacji cieplnej, którego celem było uzyskanie optymalnej objętości i kosztów systemu. Te materiały zostały również opublikowane w międzynarodowym czasopiśmie (Kasperski, J.; Oladipo, O., Energy, Volume and Cost Analyses of High Temperature Seasonal Thermal Storage for Plus Energy House. Energies 2023, 16, 4568. <https://doi.org/10.3390/en16124568>), co pozytywnie wpływa na ocenę przedmiotowej pracy. W sumie wykonano analizę dla 12 materiałów wypełnienia złoża oraz 9 materiałów do izolacji cieplnej przy wysokich wartościach temperatury i wybrano 7 wariantów składających się z połączenia materiałów wypełnienia złoża oraz materiałów izolacji cieplnej. Następnie przy wykorzystaniu opracowanego modelu matematycznego, przeprowadzono analizę energetyczną całorocznego działania systemów technicznych w analizowanym budynku i przedstawiono ciekawe wyniki. Doktorantka zamieściła odpowiednią dyskusję w zakresie możliwości zastosowania poszczególnych materiałów.

Rozdział 6 zawiera wyniki i zwięzłą dyskusję dotyczącą porównania analizowanego magazynu ciepła z dwoma innymi rozwiązaniami z zakresu magazynowania energii, które są stosowane w praktyce inżynierskiej.

Ostatni rozdział 7 (*Podsumowanie*) zawiera wnioski z przeprowadzonych prac badawczych, które w jasny i klarowny sposób pokazuje, że postawione wcześniej tezy pracy są spełnione. Jest to podparte wynikami przeprowadzonych badań oraz analizami Autorki pracy.

4. Uwagi do pracy

Uwagi o charakterze ogólnym:

Doktorantka powinna w bardziej jasny sposób podkreślać uniwersalny charakter oraz możliwości szerokiego wykorzystania wyników badań. Można to było zrobić w różnych

częściach pracy przy pokazywaniu zalet i wad przedstawianych algorytmów i rozwiązań, czy też przy porównywaniu ich z obecnie wykorzystywanym podejściem w danym zakresie.

Uwagi o charakterze redakcyjnym:

W rozprawie pojawiają się drobne błędy związane ze składem pracy (nie widać całości tabeli, rysunek nie jest na tej samej stronie co jego podpis).

5. Wnioski końcowe

Pani mgr inż. Oluwafunmilola Oladipo przedstawiła do oceny rozprawę, którą oceniam pozytywnie. Układ i zawartość pracy jest prawidłowy. Przedstawione uwagi i sugestie w ramach rozdziału 3 oraz rozdziału 4 recenzji nie wpływają na wartość merytoryczną rozprawy oraz na pozytywny odbiór całości rozprawy.

Pani mgr inż. Oluwafunmilola Oladipo wykazała się znajomością wiedzy teoretycznej i umiejętnościami praktycznymi w zakresie prowadzonych badań.

Podsumowując moją recenzję stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska mgr inż. Oluwafunmilola Oladipo p.t. „Mathematical modelling of a hvac system powered by photovoltaic panels incorporated with a seasonal thermal storage for a singlefamily plus-energy home” spełnia wymagania określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 r., poz. 1668 ze zm.) stawiane rozprawom doktorskim.

Wniosuję o dopuszczenie Pani mgr inż. Oluwafunmilola Oladipo do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Lublin, dn. 28.08.2024 r.



dr hab. inż. Tomasz Cholewa