

Dr hab. inż. Alicja Siuta-Oлча, prof. uczelni
Politechnika Lubelska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Jakości Powietrza Wewnętrznego i Zewnętrznego
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 40 B
e-mail: a.siuta-olcha@pollub.pl
tel.: +48 81 538 43 21

Recenzja rozprawy doktorskiej

Pani mgr inż. Izabeli Sarny

pt. „**Energetyczna i środowiskowa efektywność ogrzewania, chłodzenia i wentylacji
budynków mieszkalnych**”

wykonanej pod kierunkiem naukowym

Promotora dr hab. inż. Joanny Ferdyn-Grygierek, prof. w Politechnice Śląskiej
oraz Promotora pomocniczego dr inż. Agnieszki Palmowskiej

1. Podstawa prawna wykonania recenzji rozprawy doktorskiej

Podstawę formalną opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo Pana Profesora dr hab. Krzysztofa Labusa Przewodniczącego Rady Dyscypliny *Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka* Politechniki Śląskiej z dnia 28. lutego 2025 roku (nr pisma: RIE-BD.512.12.2025).

2. Aktualność wyboru tematu i umiejscowienie tematyki badawczej

Tematyka rozprawy doktorskiej pt. „*Energetyczna i środowiskowa efektywność ogrzewania, chłodzenia i wentylacji budynków mieszkalnych*” jest aktualna, dotyczy rozwiązań energooszczędnych oraz ekologicznych w sektorze budownictwa, wpisuje się w najnowsze kierunki badań w obszarze dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*.

Poprawa charakterystyki energetycznej budynku wiąże się ze zmniejszeniem zużycia energii oraz z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii w systemach ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji. W celu zapewnienia mieszkańcom odpowiedniego komfortu użytkowego i termicznego, szczególnie w okresie letnim, istotny jest sposób wentylacji oraz chłodzenia pomieszczeń w budynku. W pracy zaproponowano wykorzystanie chłodzenia powietrzem zewnętrznym do obniżenia energochłonności budynku jednorodzinne. Doktorantka przyjęła

jako wskaźnik efektywności energetycznej chwilowe i sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło i chłód oraz zużycie ciepła i chłodu, jako wskaźniki efektywności środowiskowej liczbę godzin dyskomfortu cieplnego oraz liczbę wymian powietrza w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi, a do oceny wpływu systemów HVAC na środowisko zewnętrzne wielkość emisji ditlenku węgla.

3. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska liczy 208 stron, zawiera streszczenie i słowa kluczowe w języku polskim oraz w języku angielskim, wykaz ważniejszych oznaczeń i indeksów, słownik pojęć, spis bibliografii, 64 rysunki (łącznie z fotografiami), 32 tabele. Na końcu pracy zamieszczone są 3 załączniki. Praca składa się z jedenastu głównych rozdziałów.

Rozdział 1. *Wstęp* stanowi krótkie wprowadzenie do tematyki podjętych rozważań naukowych, nawiązujące do priorytetowych działań określonych w aktualnej polityce klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej z zakresu redukcji emisji gazów cieplarnianych poprzez zmniejszenie zużycia energii w budynkach na cele ogrzewania, chłodzenia i wentylacji.

W rozdziale 2. *Identyfikacja budynków jednorodzinnych pod względem kształtu, konstrukcji i systemów HVAC* Doktorantka zdefiniowała budynki jednorodzinne, przedstawiła ogólną charakterystykę stosowanych technologii budowlanych oraz systemów HVAC.

Rozdział 3. *Aktualny stan wiedzy* podzielono na pięć podrozdziałów. W pierwszej części Autorka przybliżyła metody pasywnego chłodzenia budynków energooszczędnych, ze szczególnym uwzględnieniem wentylacji naturalnej, jako sposobu chłodzenia powietrzem zewnętrznym. Przedstawiła wyniki badań efektywności chłodzenia wentylacyjnego w celu wykazania skuteczności takiego rozwiązania. W podrozdziale 3.2 rozważyła wpływ wyboru zbioru danych klimatycznych, zarówno historycznych, jak i prognozowanych, na ocenę zużycia energii w systemach ogrzewania i chłodzenia. Punkt 3.3 prezentuje przegląd badań symulacyjnych warunków termicznych w pomieszczeniach wentylowanych z wykorzystaniem modelowania numerycznego CFD. W podrozdziale 3.4 podano wybrane przykłady środowiskowej oceny cyklu życia budynków. Punkt 3.5 jest podsumowaniem solidnego przeglądu literaturowego ściśle związanego z tematyką dysertacji, który pozwolił Doktorantce na wskazanie obszarów wymagających dalszych badań.

W rozdziale 4. został przedstawiony *Cel i zakres rozprawy*. Głównym celem pracy określonym przez Doktorantkę była „Ocena skuteczności konwencjonalnych i alternatywnych sposobów chłodzenia pomieszczeń w budynku jednorodinnym z wentylacją naturalną z punktu

widzenia zapewnienia komfortu cieplnego mieszkańcom, zużycia energii na potrzeby ogrzewania, chłodzenia i wentylacji oraz emisji gazów cieplarnianych do atmosfery w obecnych i przyszłych warunkach klimatycznych”.

Dodatkowo zostały sformułowane cztery cele szczegółowe takie, jak:

1. „Zbadanie warunków środowiska wewnętrznego w rzeczywistym domu jednorodzinnym dla oceny skali problemu związanego z zapewnieniem odpowiednich warunków cieplnych w okresie letnim”.
2. „Zbadanie wpływu czynników, to jest: klimatu zewnętrznego (w tym prędkości wiatru), otwarcia drzwi wewnętrznych, zachowania mieszkańców, automatyzacji otwierania okien na warunki cieplne i zużycie energii w budynku”.
3. „Zbadanie wpływu pasywnego chłodzenia powietrzem zewnętrznym na rozkład parametrów powietrza w pomieszczeniu”.
4. „Ocena emisji ditlenku węgla do atmosfery przy zastosowaniu konwencjonalnych i alternatywnych sposobów chłodzenia oraz dla różnych źródeł energii w systemach HVAC”.

Rozdział 5. *Pomiarowa identyfikacja środowiska wewnętrznego*, zredagowany na łamach trzech podrozdziałów, podaje charakterystykę budynku przyjętego do badań oraz opis metodyki badań eksperymentalnych in-situ, polegających na pomiarach parametrów powietrza wewnętrznego takich, jak: temperatura, wilgotność względna oraz na określeniu liczby wymian powietrza metodą gazu znacznikowego, z przyporządkowaniem przyjętych okresów wykonywania poszczególnych pomiarów. Sposób prowadzenia badań oraz cały układ pomiarowy zostały jasno i dobrze opisane, a stanowiska pomiarowe udokumentowane zdjęciami. Uzyskane dane pomiarowe posłużyły do oceny rzeczywistych warunków termicznych w pomieszczeniach oraz do pozyskania danych niezbędnych do walidacji modeli numerycznych budynku. Badania komfortu cieplnego zostały przeprowadzone dla dwóch pokoi zlokalizowanych na piętrze budynku, przy różnym stopniu rozszczelnienia okna, z wykorzystaniem wskaźników takich, jak: przewidywana średnia ocena komfortu termicznego PMV, przewidywany odsetek osób niezadowolonych PPD oraz ryzyko przeciągu DR, na podstawie pomiarów z dnia 15.01.2021 roku. Wyniki badań związanych z oceną komfortu cieplnego zestawiono w tabelach.

W rozdziale 6. *Model cieplny do symulacji wydajności budynku*, podzielonym na 5 podrozdziałów, Autorka opisała funkcje użytkowe programów EnergyPlus, CONTAM oraz możliwość ich połączenia w celu przeprowadzenia kosymulacji przepływu powietrza i wymiany ciepła. Wielostrefowy model budynku został utworzony w programie graficznym

SketchUp. Zamodelowany został również system ogrzewania, wentylacji naturalnej oraz chłodzenia. Do oceny warunków komfortu termicznego Doktorantka przyjęła model adaptacyjny. Uzasadniła wybór źródła pochodzenia danych klimatycznych dla wskazanej lokalizacji budynku, spójnych z okresem prowadzonych badań eksploatacyjnych oraz danych klimatycznych prognozowanych, uwzględniających ocieplenie klimatu. Uzyskany model numeryczny został poprawnie zweryfikowany na podstawie pomiarów temperatury powietrza w sześciu pomieszczeniach oraz strumienia powietrza wentylacyjnego w dwóch pokojach, a następnie poddany czteroetapowej kalibracji.

Rozdział 7. *Modelowanie numeryczne CFD przepływu powietrza (wentylacji naturalnej) w pomieszczeniu* składa się z 7 podrozdziałów. Autorka podała funkcje użytkowe programu ANSYS Fluent, opisała pokój będący obiektem badań, a następnie przedstawiła geometrię modelu numerycznego tego pomieszczenia z wyposażeniem. W celu walidacji modelu na podstawie danych pomiarowych Doktorantka przyjęła 13 wariantów obliczeniowych, zróżnicowanych z uwagi na porę roku oraz stopień rozszczelnienia/otwarcia drzwi balkonowych. Weryfikacja modelu numerycznego przepływu powietrza i ciepła do symulacji wentylacji naturalnej z zamkniętym lub otwartym oknem została przeprowadzona w 4 etapach. Na podstawie badań symulacyjnych został określony wpływ chłodzenia powietrzem zewnętrznym na rozkład parametrów powietrza w pomieszczeniu.

Rozdział 8. *Studium przypadku* dzieli się na dwa podrozdziały i zawiera wyniki obliczeń symulacyjnych przeprowadzonych dla warunków pogodowych aktualnych i prognozowanych. W celu oceny efektywności chłodzenia wentylacyjnego i porównania go z chłodzeniem mechanicznym Doktorantka przyjęła 6 wariantów chłodzenia budynku. Został oceniony wpływ zastosowania rolet wewnętrznych na efektywność chłodzenia powietrzem zewnętrznym, wpływ otwarcia/zamknięcia drzwi wewnętrznych, wpływ zachowania mieszkańców związanego z racjonalnym otwieraniem okien. Do oceny jakości powietrza wewnętrznego wprowadzono trzy kryteria takie, jak: liczba godzin dyskomfortu cieplnego, liczba wymian powietrza, zapotrzebowanie energii użytkowej i końcowej na cele ogrzewania, wentylacji oraz chłodzenia. Analizę parametrów powietrza wewnętrznego (temperatura i prędkość) oraz wystąpienia ryzyka przeciągu w wybranym pomieszczeniu przeprowadzono z wykorzystaniem opracowanego przez Autorkę modelu numerycznego pomieszczenia i symulacji CFD. Zaplanowano 8 wariantów symulacyjnych. Warunki brzegowe, przyjęte założenia zostały jasno sprecyzowane.

Symulacje CFD przeprowadzono dla strefy przebywania ludzi oraz w punktach monitorowania zlokalizowanych w pobliżu modelu siedzącego człowieka na czterech

wysokościach: 0,1 m, 0,6 m, 1,0 m, 1,1 m, licząc od poziomu podłogi. Prześladowano i porównano warunki środowiska wewnętrznego przy zamkniętych i otwartych drzwiach wewnętrznych, przy dużej prędkości wiatru (7 m/s), przy bezwietrznej pogodzie, przy wysokiej temperaturze powietrza wewnętrznego. Przeanalizowano również wpływ prędkości wiatru na rozkład prędkości powietrza w pomieszczeniu, wpływ temperatury powietrza zewnętrznego oraz wychłodzenia nocnego na środowisko wewnętrzne. Rozkłady prędkości powietrza i temperatury wewnętrznej, uzyskane na drodze symulacji, udokumentowano odpowiednią grafiką.

W rozdziale 9. *Analiza kosztów środowiskowych*, w punkcie 9.1, Autorka porównała wielkość emisji ditlenku węgla w zależności od przyjętego źródła ciepła i sposobu chłodzenia dla danych klimatycznych historycznych oraz prognozowanych. W drugim podrozdziale rozważyła wpływ zastosowania instalacji fotowoltaicznej na zmniejszenie emisji CO₂ oraz na ograniczenie rocznego poboru energii elektrycznej z sieci wraz z bilansem kosztów za energię elektryczną w przypadku, gdy źródłem ciepła w budynku jest kocioł gazowy (wariant 1) oraz pompa ciepła (wariant 2).

W rozdziale 10. *Dyskusja* porównano efektywność chłodzenia powietrzem zewnętrznym z efektywnością chłodzenia mechanicznego w różnych warunkach. Otrzymane wyniki badań zostały skonfrontowane z wynikami prezentowanymi w literaturze. W dyskusji pojawiają się również treści niezwiązane z uzyskanymi wynikami, chodzi o zestawienie kosztów inwestycyjnych rozpatrywanych systemów chłodzenia.

Rozdział 11. *Podsumowanie i wnioski* stanowi podsumowanie przeprowadzonych badań i analiz, zawiera wnioski szczegółowe oraz kierunki dalszych badań.

Załącznik 1 prezentuje 15 krzywych zaniku stężenia gazu znacznikowego. *Załącznik 2* przedstawia harmonogramy przebywania ludzi oraz profile zysków wewnętrznych od urządzeń elektrycznych. *Załącznik 3* zawiera dokumentację techniczną doboru elementów instalacji fotowoltaicznych.

4. Ocena merytoryczna pracy

Przedstawione w dysertacji treści są zgodne z jej tytułem, struktura pracy nie budzi zastrzeżeń, układ pracy jest logiczny. Bardzo dobrze, że na początku pracy został zamieszczony spis oznaczeń, ale zazwyczaj oznaczenia zestawiane są w porządku alfabetycznym, z podziałem na symbole łacińskie, greckie, indeksy dolne, indeksy górne, akronimy. Ponadto w mojej opinii każdy z rozdziałów 5 – 9 powinien być zakończony krótkim podsumowaniem.

Odniesienia bibliograficzne zastosowane w pracy są odpowiednie i kompletne. Spis literatury obejmuje 243 pozycje, w tym: 113 publikacji naukowych w języku angielskim,

12 publikacji naukowych w języku polskim, 13 książek, w tym 9 w języku angielskim, 7 rozdziałów w monografiach, 9 raportów i opracowań instytutów badawczych, 11 materiałów i wystąpień konferencyjnych, 63 źródła internetowe dostępne online, 6 aktów prawnych, 8 norm, 1 rozprawa doktorska. Liczba artykułów naukowych o obiegu międzynarodowym, które ukazały się w latach 2020 – 2024, wynosi 28, co daje udział 24,78% dla publikacji z ostatniego pięciolecia, 53 artykuły z lat 2015 – 2019 (46,90%) oraz 32 prace, które ukazały się przed 2015 rokiem (udział 28,32%). Wykaz bibliografii jest uporządkowany według kolejności pojawiania się w tekście pracy. Siedem publikacji stanowią autocytowania Doktorantki, są to: 3 artykuły w języku angielskim, 3 rozdziały w monografiach w języku polskim oraz 1 materiał konferencyjny.

Dobór literatury oceniam jako prawidłowy, ściśle związany z tematyką rozprawy, świadczy o bardzo dobrym rozeznaniu Autorki w zakresie literatury przedmiotu. Na podstawie dokonanego rzetelnego przeglądu wyników badań z zakresu pasywnego chłodzenia budynków oraz modelowania warunków cieplnych w pomieszczeniach, została wskazana luka badawcza oraz sformułowany cel pracy doktorskiej.

Cel rozprawy został jasno sprecyzowany jako cel poznawczy, natomiast nie wskazano wprost celu użytkowego, co budzi pewien niedosyt.

Część badawcza pracy została właściwie zaplanowana przez Doktorantkę. Na uznanie zasługuje nie tylko szeroki zakres przeprowadzonych wnikliwych ocen i analiz porównawczych, ale również różnorodny warsztat badawczy zastosowany przez Doktorantkę, obejmujący zarówno badania eksperymentalne w obiekcie rzeczywistym, jak i badania modelowe. Wykorzystanie nowoczesnych narzędzi symulacyjnych do oceny efektywności pasywnego chłodzenia przy jednoczesnej analizie parametrów komfortu cieplnego jest jednym z najmocniejszych punktów tej rozprawy. Przyjęte metody badawcze oceniam jako odpowiednie do realizacji postawionego celu. Istotne jest to, że do weryfikacji otrzymanych wyników badań symulacyjnych wykorzystano własne dane pomiarowe. Przeprowadzono autorską wieloetapową walidację zarówno modelu cieplnego budynku, jak i modelu przepływu powietrza i ciepła w pomieszczeniu, co pozwoliło na stworzenie modeli numerycznych dobrze odzwierciedlających warunki rzeczywiste.

Wyniki badań zostały poprawnie opisane, właściwie zinterpretowane i zilustrowane wieloma rysunkami i tabelami. Przeprowadzenie badań symulacyjnych z wykorzystaniem aktualnej bazy danych klimatycznych oraz danych klimatycznych prognozowanych uważam za interesujące podejście badawcze. Szczegółowe rozważania wpływu różnych czynników na

efektywność chłodzenia powietrzem zewnętrznym uważam za wartościowe, o zastosowaniu również praktycznym.

W ocenianej pracy doktorskiej zauważono elementy, które wymagają doprecyzowania lub uzupełnienia:

1. Str. 34: Nie do końca zgadzam się z zapisem: „... chłodzenie pasywne oparte na mechanicznym nawiewie nieuzdatnionego powietrza zewnętrznego”. Według mnie chłodzenie pasywne jest realizowane bez dostarczenia energii z zewnątrz, za wyjątkiem energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych. Dlatego też automatyczne otwieranie okien lepiej jest definiować jako chłodzenie powietrzem zewnętrznym.

2. Str. 46: Co oznacza stwierdzenie „... bardziej wiarygodny model systemów ogrzewania, wentylacji i chłodzenia ...”?

3. Str. 71: Proszę wyjaśnić, dlaczego w założeniach do modelu instalacji ogrzewania uwzględniono tylko sprawność wytwarzania ciepła oraz sprawność akumulacji? Do wyznaczenia rocznego zapotrzebowania na energię końcową na cele ogrzewania wymagana jest znajomość całkowitej sprawności systemu.

4. Str. 87, tabela 7.1: Proszę skomentować, dlaczego w większości wariantów symulacyjnych został przyjęty okres zimowy do walidacji modelu, a nie okres letni?

5. Str. 99: Mam uwagi dotyczące przyjętych założeń do symulacji energetycznych budynku:
a) Dlaczego zapisano, że nie uwzględniono rolet wewnętrznych, skoro przeprowadzono ocenę wpływu zastosowania rolet wewnętrznych na efektywność chłodzenia powietrzem zewnętrznym?

b) Na jakiej podstawie w kotłowni przyjęto temperaturę wewnętrzną równą 8°C?

c) Dlaczego hol i klatka schodowa mają być nieogrzewane (str. 120)?

6. Str. 114, rys. 8.4: W opisie osi odciętych jest „Data”, a powinno być „Godzina doby”. Ta uwaga dotyczy również rys. 8.10 oraz rysunków 8.5 i 8.9.

7. Str. 114, rys. 8.4: Proszę wyjaśnić, dlaczego dla wariantu W4 w godzinach 19:00-20:00 liczba wymian powietrza zmalała prawie do zera, przy otwartym oknie?

8. Czy podczas wykonywania pomiarów w budynku monitorowano również parametry powietrza zewnętrznego takie, jak: temperatura, prędkość wiatru?

9. Czy w badanym budynku jednorodzinnym w pokojach na piętrze była kratka wentylacyjna wywiewna i czy została ona uwzględniona w modelu numerycznym wybranego pomieszczenia?

10. Str. 120 i tabela 8.8: Roczne zużycie ciepła zestawione w Tabeli 8.8 dla gazu ziemnego jest z zakresu 5975 – 10263 kWh dla klimatu TLM2000, a dla klimatu 2050 z zakresu 5356 –

8140 kWh. W tekście (str.120) podano zakresy odpowiednio: 5871 – 10263 kWh oraz 5302 – 8140 kWh. Proszę wyjaśnić te różnice w wartościach.

11. Str. 121, rys. 8.9: W mojej opinii, roczne zużycie ciepła przedstawione na wykresie korzystniej byłoby pokazać z podziałem na straty ciepła przez przenikanie i straty ciepła na wentylację. Jaka jest sprawność całkowita systemu chłodzenia?

12. Str. 121, opis rys. 8.10: Dlaczego 17 maja ogrzewanie miało być włączone? Temperatura powietrza w pomieszczeniu w godzinach nocnych nie spadła poniżej 20°C.

13. Str. 122, rys. 8.10: Proszę wyjaśnić dlaczego w opisie osi pionowej pomocniczej pojawiła się jednostka [kW]: „Zużycie ciepła w kW”? 17 maja, jaki to był dzień tygodnia?

14. Str. 126, tabela 8.13: Proszę skomentować przyjęte wartości strumienia masy powietrza infiltrującego w nawiązaniu do stopnia uchylecia okna balkonowego.

15. Str. 138, rys. 8.27: Na jakiej podstawie dla wariantu C7 zapisano, że „zaobserwowano znaczne nagrzanie powierzchni podłogi do nawet 48,9°C”, skoro skala temperatury kończy się na 43°C?

16. Proszę o doprecyzowanie, dla jakiego kroku czasowego prezentowane są wyniki symulacji w rozdziale 8? Jaki był czas rozszczelnienia okna?

Rozprawa została zredagowana starannie, poprawnie od strony formalnej, ale mają miejsce błędy interpunkcyjne, gramatyczne, stylistyczne oraz „literowe”. Poniżej wymieniono przykładowo kilka uwag o charakterze edycyjnym:

1. Str. 23: jest: „... gwałtowny wzrost energii elektrycznej” powinno być: „... gwałtowny wzrost cen energii elektrycznej”.

2. Str. 45: jest: „konsymulacja”, powinno być: „kosymulacja”.

3. Str. 84: jest: „możliwości progowania numerycznego”, powinno być: „możliwości prognozowania numerycznego”.

4. Str. 99: jest: Zrezygnowano w rolet ...”, powinno być „Zrezygnowano z rolet ...”.

5. Str. 112: jest: „ocenić ujęciu lokalnym”, powinno być: „ocenić w ujęciu lokalnym”.

6. Str. 124: Numeracja tabel powinna być zgodna z kolejnością pojawiania się w tekście. Tabela 8.11 powinna być Tabelą 8.9 (Tabela 8.9 Tabelą 8.10, a Tabela 8.10 Tabelą 8.11).

7. Str. 143: W Tabeli 9.1 brakuje jednostki wskaźnika emisji W_e oraz jednostki emisji CO_2 .

8. Str. 156: jest: „... stanowi kolejnych krok ...”, powinno być: „... stanowi kolejny krok ...”.

Formalnie w pracy nie powinno być skrótów (np., m. in., tj., ok.), nawet tych powszechnie stosowanych, a w przypadku ich zastosowania powinny zostać wyjaśnione.

Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne są głównie natury formalnej oraz redakcyjnej, nie wpływają na pozytywną wartość merytoryczną rozprawy doktorskiej.

Podsumowując, Pani mgr inż. Izabela Sarna wykazała się bardzo dobrą znajomością wiedzy teoretycznej, jak również praktycznymi umiejętnościami w zakresie prowadzenia badań terenowych oraz modelowych z wykorzystaniem profesjonalnych programów komputerowych. Doktorantka dowiodła umiejętności samodzielnego rozwiązywania zadań badawczych poprzez właściwe zaplanowanie i realizację badań eksperymentalnych w warunkach rzeczywistych oraz aplikację programu EnergyPlus do symulacji energetycznych typowego budynku jednorodzinnego, programu CONTAM do analizy jakości powietrza wewnętrznego oraz oceny efektywności wentylacji w budynku, programu ANSYS Fluent 2022 R2 do opracowania modelu 3D wybranego pomieszczenia w analizowanym budynku, pozwalającego na symulację wentylacji naturalnej przy zastosowaniu różnych konfiguracji otwarcia okna. Uzyskane wyniki badań poszerzają wiedzę na temat skuteczności chłodzenia pomieszczeń powietrzem zewnętrznym, jego wpływu na jakość powietrza wewnętrznego oraz na ograniczenie zużycia energii w budynku i zmniejszenie emisji dwutlenku węgla.

Podjęta tematyka badań jest oryginalna, interesująca pod względem poznawczym, mieści się w dyscyplinie *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*.

5. Wniosek końcowy

Podsumowując niniejszą recenzję rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Izabeli Sarny pt. „*Energetyczna i środowiskowa efektywność ogrzewania, chłodzenia i wentylacji budynków mieszkalnych*”, oceniam ją **pozytywnie** oraz stwierdzam, że **spełnia ona wymagania** określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024 poz. 1571 t.j. z dnia 11 września 2024 r. ze zm.).

Wnioskuje do Rady Naukowej Dyscypliny *Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka* Politechniki Śląskiej o **dopuszczenie Pani mgr inż. Izabeli Sarny do publicznej obrony rozprawy doktorskiej**.

Lublin, dn. 29.04.2025 r.

dr hab. inż. Alicja Siuta-Oлча