

dr hab. inż. Dariusz Obracaj, prof. uczelni
Akademia Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami
al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Kraków, 10.09.2026r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Adama Wróblewskiego pt.:

„Metoda wyznaczania strumieni ciepła procesów technologicznych dla określenia bilansu cieplnego rejonów robót górniczych w kopalniach rud miedzi”

1. Przedmiot i podstawa formalna opracowania recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr. inż. Adama Wróblewskiego napisana pod kierunkiem dr. hab. inż. Macieja Zawisłaka oraz promotora pomocniczego dr. inż. Sebastiana Goli.

Recenzję pracy doktorskiej opracowano na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej nr 465/23/RDND08/2024-2028 z dnia 15 lipca 2026 r. i w konsekwencji pismem nr RDND08/85/2026 z dnia 27.07.2026 roku skierowanym przez jej Przewodniczącego prof. dr hab. inż. Roberta Króla.

2. Dane bibliograficzne o pracy

Rozprawa zawiera stronę tytułową, podziękowania, streszczenie w języku polskim, spis treści Wykaz symboli, oznaczeń i skrótów oraz 147 ponumerowanych stron tekstu. Ostatnie strony tekstu to bibliografia, spis rysunków i spis tabel. Do pracy nie dołączono streszczenia w języku angielskim.

Treść rozprawy podzielona została na 12 głównych rozdziałów. Bibliografia zawiera 95 pozycji, w tym 5 pozycji, w których Doktorant jest autorem lub współautorem.

3. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska poświęcona jest zagadnieniu wyznaczania strumieni ciepła emitowanych przez maszyny i urządzenia górnicze pracujące w podziemnych kopalniach rud miedzi. Podjęta tematyka wynika z niedostatecznej identyfikacji wszystkich składników bilansu cieplnego wyrobisk górniczych eksploatowanych na znacznych głębokościach, charakteryzujących się wysoką temperaturą pierwotną górotworu oraz obecnością licznych źródeł ciepła wewnętrznego związanych z prowadzonymi procesami technologicznymi. Problematyka ta ma szczególne znaczenie praktyczne, ponieważ obecnie stanowi jedno z kluczowych ograniczeń dalszego rozwoju eksploatacji rud miedzi oraz innych kopalin zalegających na dużych głębokościach.

Należy podkreślić, że doskonalenie metod sporządzania bilansów cieplnych oraz ilościowa ocena wpływu eksploatowanych maszyn na warunki mikroklimatyczne mają istotne znaczenie dla projektowania systemów wentylacji i klimatyzacji w kopalniach głębokich. Wybór tematu należy zatem uznać za trafny i w pełni uzasadniony zarówno z poznawczego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia.

Cel pracy został sformułowany jako opracowanie metody wyznaczania strumieni ciepła pochodzących od maszyn i urządzeń górniczych pracujących w podziemnych wyrobiskach,

opartej na rzeczywistych pomiarach stanu cieplnego tych obiektów prowadzonych in situ oraz uwzględniającej wszystkie trzy mechanizmy wymiany ciepła.

Doktorant skoncentrował swoje badania na dwóch głównych obszarach: mechanizmie wymiany ciepła przez promieniowanie oraz emisji ciepła z maszyn i urządzeń górniczych. Autor argumentuje, że znaczenie tych mechanizmów i źródeł ciepła wzrasta wraz z głębokością prowadzenia robót górniczych oraz wzrostem temperatury pierwotnej górotworu.

4. Układ i treść rozprawy

Struktura rozprawy jest przejrzysta i logiczna, a układ rozdziałów podporządkowany realizacji założonych celów badawczych.

Na wstępie autor przedstawia problem zagrożenia klimatycznego w głębokich kopalniach podziemnych. Wskazuje, że wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji rośnie temperatura górotworu oraz udział ciepła generowanego przez maszyny i urządzenia. Uzasadnia potrzebę doskonalenia metod sporządzania bilansów cieplnych oraz identyfikacji rzeczywistych źródeł ciepła wpływających na mikroklimat kopalni.

W rozdziale 2 przedstawiono teoretyczne wprowadzenie do zagadnień wymiany ciepła oraz ich znaczenie w podziemnych wyrobiskach górniczych. Szczególną uwagę poświęcono promieniowaniu cieplnemu, które według autora może mieć większe znaczenie w warunkach współczesnych głębokości eksploatacji niż przyjmowano dotychczas.

W rozdziale 3 Doktorant dokonuje przeglądu głównych źródeł ciepła występujących w kopalniach, a w rozdziale 4 analizuje istniejące w literaturze metody wyznaczania poszczególnych składników bilansu cieplnego rejonów górniczych. Wskazuje ograniczenia obecnie stosowanych modeli prognozowanie dopływu ciepła do wyrobisk w postaci uroszczonych, często półempirycznych zależności i pomijanie promieniowania cieplnego. Na tej podstawie formułuje lukę badawczą, którą zamierza wypełnić. Rozdziały te mają charakter przeglądowy i stanowią podstawę dla późniejszych analiz bilansowych ciepła.

W rozdziale 5 Doktorant definiuje główny cel rozprawy oraz formułuje trzy tezy: udział mechanizmów wymiany ciepła zmienia się wraz z głębokością eksploatacji; promieniowanie cieplne staje się istotnym elementem bilansu cieplnego; techniki bezkontaktowe pomiaru temperatury powierzchni maszyn i urządzeń górniczych mogą służyć do wyznaczania strumieni ciepła maszyn.

Rozdział 6 zawiera charakterystykę warunków górniczo-geologicznych badanego rejonu wydobywczego zlokalizowanego w OZG „Polkowice-Sieroszowice” KGHM Polska Miedź S.A.”

W rozdziale 7 przedstawiono badania wpływu promieniowania cieplnego na temperaturę powietrza. Badania podzielony na trzy etapy. Pierwszy obejmował pomiary przeprowadzone w wyrobiskach podziemnych. Następnie wykonano analizy promieniowania cieplnego ociosów i stropu wyrobisk w różnych rejonach kopalni. Trzeci etap stanowiły badania laboratoryjne przeprowadzone na specjalnie skonstruowanym stanowisku badawczym.

Na podstawie wyników Doktorant stwierdza, że przy temperaturach powierzchni rzędu 40°C i wysokiej wilgotności powietrza udział promieniowania staje się istotny i powinien być uwzględniany w bilansach cieplnych.

Rozdział 8 przedstawia badania termowizyjne nagrzewających się elementów ładowarek LKP-0900B i LKP-0903. Pomiary przeprowadzono dla różnych obciążeń pracy ładowarek odpowiadających biegowi jałowemu, pracy przy maksymalnych obrotach oraz przy ładowaniu urobku. Na podstawie termogramów określono powierzchnie emitujące największe ilości

ciepła oraz stwierdzono, że emisja ciepła zależy przede wszystkim od stopnia obciążenia maszyny.

Wyniki badań numerycznych wymiany ciepła w wyrobisku ślepym przedstawiono w rozdziale 9. Na podstawie modelu geometrycznego uzyskanego ze skaningu laserowego utworzono model numeryczny komory K-2 w polu SI-XIII/2. W modelu uwzględniono geometrię ładowarki i określono warunki brzegowe dla przepływu powietrza oraz temperatur ścian wyrobiska i ładowarki. W wyniku symulacji uzyskano strumień ciepła maszyny przez przewietrzę z domeny obliczeniowej na poziomie około 3,15 kW ciepła jawnego.

Zasadniczym dla celu pracy jest rozdział 10, w którym Doktorant zaproponował metodę wyznaczania strumieni ciepła od maszyn i urządzeń górniczych. Metoda polega na wykonaniu termogramów maszyn i urządzeń oraz określeniu powierzchni oraz średnich wartości temperatury ich powierzchni. Następnie proponuje się poszerzenie równania Newtona o efektywny współczynnik przejmowania ciepła przez promieniowanie. Obliczenia teoretyczne porównano z wynikami pomiarów i ustalono współczynnik korekcyjny $R = 10,15$.

W rozdziale 11 Doktorant przedstawił wyniki pomiarów mikroklimatu na wlocie i wylocie pola eksploatacyjnego SI-XIII/2 w celu weryfikacji metody. Pomiary przeprowadzono przy pracy i bez pracy samojezdnych maszyn górniczych. Na podstawie bilansu entalpi pomiędzy wlotem i wylotem z oddziału określono całkowity strumień ciepła w polu eksploatacyjnym. Porównanie wyników uzyskanych metodą termowizyjną z bilansem entalpii wskazuje, że emisja ciepła od maszyn szacowana metodą podana przez Doktoranta jest zgodna co do rzędu wielkości z obserwowanym przyrostem energii w oddziale.

W końcowym rozdziale 12 Doktorant podsumowuje wyniki pracy, stwierdzając, że promieniowanie cieplne może odgrywać istotną rolę w głębokich kopalniach rud miedzi, a emisja ciepła maszyn samojezdnych zależy od ich rzeczywistego obciążenia. Podkreśla, że termowizja każdego obiektu w wyrobisku, który generuje ciepło, może być wykorzystywana do szacowania strumieni ciepła jawnego. Stwierdza, że opracowana metoda ma charakter praktyczny i może wspomagać sporządzanie bilansów cieplnych rejonów wydobywczych. W końcowym podsumowaniu Doktorat uważa, że wszystkie postawione tezy zostały potwierdzone.

5. Ocena merytoryczna

Należy stwierdzić, że problematyka rozprawy jednoznacznie mieści się w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Podjęcie tematu dotyczącego uwzględnienia promieniowania cieplnego w bilansowaniu cieplnym oddziałów wydobywczych w kopalni rud miedzi jest niezwykle istotne, zarówno z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy, jak i doboru środków ograniczających zagrożenie klimatyczne.

Autor formułuje trzy tezy badawcze, z których najważniejsza dotyczy możliwości wykorzystania termowizji do wyznaczania strumieni ciepła maszyn górniczych. W mojej ocenie problem praktyczny został określony poprawnie i odpowiada aktualnym potrzebom praktyki górniczej.

Doktorant zaplanował i przeprowadził wiele badań terenowych i laboratoryjnych opartych o pomiary termowizyjne gorących powierzchni i parametrów termodynamicznych powietrza. Badania laboratoryjne obejmowały budowę stanowiska badawczego w postaci komory przepływowej oraz analizę promieniowania cieplnego dla różnych temperatur ścian i temperatur powietrza dopływającego.

Zakres prac terenowych prowadzonych w kopalni podziemnej O/ZG „Polkowice-Sieroszowice” był obszerny i obejmował pomiary promieniowania cieplnego ociosów, pomiary termowizyjne maszyny typu LKP-0903 w komorze P-2 w polu XIII/2 oraz pomiary bilansu cieplnego oddziału wydobywczego w polu SI-XIII/2 w celu lokalnej weryfikacji opracowanej procedury.

Na szczególne podkreślenie zasługuje opracowany sposób wyznaczania powierzchni wymiany ciepła oraz uśredniania temperatur powierzchni na podstawie wykonanych termogramów samojezdnych maszyn górniczych. Doktorant przeprowadził również badania z wykorzystaniem modelowania CFD dla rzeczywistej geometrii komory K-2 wraz z wnękami pasa P-67. Model geometryczny został opracowany na podstawie wyników skanowania laserowego analizowanych wyrobisk.

Przeprowadzone badania pozwoliły na zaproponowanie procedury uwzględniania promieniowania cieplnego w strumieniu ciepła przekazywanego z nagranych powierzchni maszyn i urządzeń do powietrza kopalnianego. Uzyskane rezultaty wskazują na znaczący potencjał aplikacyjny proponowanego rozwiązania.

Reasumując, recenzowana rozprawa doktorska, a w szczególności jej część badawcza dotycząca planowania, doboru metod i interpretacji wyników, wskazuje jednoznacznie na bardzo dobrze opanowany warsztat badawczy Doktoranta. Na podkreślenie zasługują metody badawcze związane z pomiarami paramentów powietrza kopalnianego, termowizji powierzchni samojezdnych maszyn górniczych i skaningu laserowego w kopalni podziemnej co świadczy o dobrej znajomości praktyki górniczej Doktoranta, ale również planowanie i przeprowadzenie eksperymentu laboratoryjnego i prowadzenia modelowania numerycznego procesów cieplnych i przepływowych, świadczy o jego dobrym przygotowaniu badawczym.

W pracy wykazano, że wraz ze wzrostem temperatury powierzchni wyrobisk powyżej 40°C i wilgotności względnej powietrza powyżej 70% zwiększa się znaczenie wymiany ciepła przez promieniowanie kosztem zmniejszenia udziału konwekcji w klasycznych modelach bilansu cieplnego wyrobisk górniczych. **Osiągnięciem naukowym rozprawy doktorskiej jest:**

- 1) wykazanie wzrostu znaczenia promieniowania cieplnego w warunkach eksploatacji rud miedzi w głębokich kopalniach;
- 2) określenie możliwości wykorzystania termowizji do analizy emisji ciepła od samojezdnych maszyn górniczych;
- 3) opracowanie procedury umożliwiającej wyznaczanie strumieni ciepła emitowanych przez samojezdne maszyny górnicze;
- 4) przeprowadzenie lokalnej weryfikacji procedury wyznaczania strumieni ciepła emitowanych przez samojezdne maszyny górnicze w warunkach rzeczywistego zakładu górniczego.

W związku z powyższym należy stwierdzić, że cel rozprawy został osiągnięty, a wszystkie trzy tezy badawcze zostały potwierdzone w zakresie przeprowadzonych badań i przyjętych założeń metodycznych, choć zakres ich uogólnienia wymaga dalszych badań.

6. Uwagi krytyczne o charakterze dyskusyjnym

- 1) Tytuł rozprawy sugeruje opracowanie metody wyznaczania strumieni ciepła procesów technologicznych dla bilansu cieplnego rejonów w kopalni rud miedzi. W rzeczywistości zasadniczą część pracy dotyczy wyznaczania strumienia ciepła jawnego przejmowanego przez powietrze drogą konwekcji oraz promieniowania cieplnego tylko od powierzchni samojezdnych maszyn górniczych. Pozostałe składniki

bilansu cieplnego zostały de facto uwzględnione pośrednio w empirycznie wyznaczonym współczynniku korekcyjnym R , co Autor identyfikuje na stronach 115-116. Należy jednak zauważyć, że ilościowe wyznaczenie pozostałych źródeł ciepła omówionych w rozdziale 4.2 mogłoby istotnie wpłynąć na wartość współczynnika R . W konsekwencji mogłoby to również wyeliminować przedstawione w ostatnim akapicie na stronach 114-115 wyjaśnienie, zgodnie z którym wysoka wartość tego współczynnika może wynikać ze „sposobu wykonywania pomiarów”. Takie uzasadnienie wydaje się mało przekonujące bez wcześniejszej analizy wszystkich istotnych składników bilansu cieplnego.

- 2) Pewne wątpliwości budzi określenie przedstawionego rozwiązania mianem „*metody wyznaczania strumienia ciepła emitowanego przez maszyny i urządzenia górnicze*”. Przedstawione postępowanie sprowadza się zasadniczo do: pomiaru temperatur powierzchni za pomocą kamery termowizyjnej, wyznaczenia pól powierzchni wymiany ciepła, wykorzystania klasycznych zależności opisujących przejmowanie ciepła drogą konwekcji, uwzględnienia udziału promieniowania cieplnego oraz zastosowania współczynnika korekcyjnego $R \approx 10,15$. W pracy nie wykazano jednoznacznie, który element stanowi oryginalne osiągnięcie naukowe oraz jaka jest przewaga proponowanego rozwiązania nad istniejącymi metodami. Nie wskazano również ograniczeń dotychczasowych podejść, które proponowana metoda miałaby eliminować.

W przedstawionej postaci nowość rozwiązania wydaje się sprowadzać do sposobu wykorzystania termowizji oraz uwzględnienia promieniowania cieplnego przy szacowaniu strumienia ciepła od nagranych powierzchni maszyn.

Szczególne zastrzeżenia budzi współczynnik $R = 10,15$, którego wartość została określona dla konkretnego przypadku badawczego. Nie przedstawiono jednak analizy jego uniwersalności ani zakresu stosowalności dla innych maszyn, warunków eksploatacyjnych czy wentylacyjnych.

Należy również zauważyć, że opis badań przedstawiony w rozdziale 11 nie stanowi pełnej walidacji metody w rozumieniu metodologii badań naukowych. Należy go traktować raczej jako częściową weryfikację opracowanej procedury obliczeniowej niż pełną walidację metody. Nie wykazano bowiem jej skuteczności w odniesieniu do niezależnych zbiorów danych, innych typów maszyn ani odmiennych warunków eksploatacyjnych.

W związku z powyższym zasadne wydaje się doprecyzowanie, czy przedstawione rozwiązanie należy traktować jako nową metodę wyznaczania strumienia ciepła, czy raczej jako metodykę wykorzystania znanych zależności fizycznych oraz technik termowizyjnych.

- 3) Wątpliwości budzi zastosowanie zależności zaproponowanych przez McPhersona do analizy wymiany promieniowania pomiędzy powierzchniami maszyny górniczej. Model ten został opracowany dla wymiany ciepła zachodzącej pomiędzy powierzchniami wyrobiska rozpatrywanymi w przekroju poprzecznym, natomiast w analizowanym przypadku promieniowanie zachodzi pomiędzy powierzchniami o złożonej geometrii i różnym wzajemnym położeniu przestrzennym. Autor powinien uzasadnić zasadność takiego przeniesienia modelu oraz omówić wpływ tego założenia na dokładność uzyskanych wyników.
- 4) W analizie temperatury badanych powierzchni maszyny i temperatury powietrza nie uwzględniono zsynchronizowania czasu wykonywania termogramu i czasu pomiaru temperatury powietrza. Z punktu widzenia metrologii badań procesów wymiany ciepła bardziej zasadne byłoby prowadzenie analiz dla konkretnych chwil pomiarowych.

- 5) W przedostatnim zdaniu rozprawy Autor odwołuje się do poprawy „dokładności obliczeń”. Nie sprecyzowano jednak, jaki parametr dokładności jest rozpatrywany, względem jakiej metody referencyjnej dokonywano oceny oraz jaka jest oszacowana niepewność proponowanej metody. Nie wykazano, czy metoda może być stosowana do innych typów maszyn, innych konfiguracji wentylacyjnych oraz innych warunków mikroklimatycznych. W konsekwencji przedstawione wyniki potwierdzają poprawność działania procedury dla analizowanego przypadku, jednak nie pozwalają jednoznacznie ocenić jej uniwersalności.

7. Uwagi szczegółowe

- 1) Brakuje jednoznacznego rozróżnienia warunków ustalonej i nieustalonej wymiany ciepła przez przewodnictwo w górotworze. Powoduje to pewne niespójności pomiędzy rozdziałami pracy (pierwszy akapit na str. 24; przedostań akapit na str. 24; ostatni akapit na str. 13; rysunek 1).
- 2) Nie przedstawiono analizy kierunkowej emisyjności badanych powierzchni ani emisyjności gazów, co utrudnia interpretację przejścia pomiędzy zależnościami (14) i (60).
- 3) Opis stanowiska laboratoryjnego do badań promieniowania cieplnego wymaga rozszerzenia o analizę bilansu promieniowania pomiędzy trzema ścianami ogrzewanymi i jedną ścianą nieogrzewaną. W tym kontekście interpretacja niewielkich różnic pomiędzy średnią temperaturą promieniowania a temperaturą otoczenia przy braku przepływu powietrza wymaga doprecyzowania, szczególnie jeśli chodzi o zdolność powietrza wilgotnego do pochłaniania znacznych ilości energii przenoszonej drogą promieniowania.
- 4) W rozdziale 7.6 bardziej zasadne wydaje się wykorzystanie wilgotności właściwej zamiast wilgotności względnej przy analizie pochłaniania promieniowania przez powietrze.
- 5) Należy uzasadnić stosowanie średnich temperatur powietrza w obliczeniach według zależności (57) i (58), których wyniki przedstawiono w tabelach 16 i 17, szczególnie w odniesieniu do strumieni ciepła referencyjnego, wyznaczanych dla różnych stanów pracy maszyny (tabele 18 i 24).
- 6) W rozdziale 8.4 brakuje analizy pola temperatur powierzchni maszyny w kontekście przyjmowanych w kolejnych rozdziałach wartości uśrednionych (tabele 12, 14 i 15).
- 7) Uśrednianie wartości temperatur na badanych powierzchniach wymagałoby jednak dokładniejszego przykładu niż zamieszczono na stronie 107, gdyż przyjmowane wartości mają istotne znaczenie dla dalszych obliczeń (wyniki w tabelach 14 i 15).
- 8) W rozdziale 7.3 bardziej właściwe wydaje się posługiwanie średnią temperaturą promieniowania ϑ_{pr} , a nie temperaturą poczernionej kuli ϑ_k jeśli analizowany jest ruch powietrza (strona 47).
- 9) W rozdziale 10, z uwagi na charakter wykonywanych obliczeń, bardziej precyzyjne byłoby stosowanie pojęcia „gęstość strumienia ciepła” zamiast „strumień ciepła”.

8. Uwagi redakcyjne

1. Wykaz symboli i oznaczeń wymaga uporządkowania oraz ujednolicenia indeksów. Obecna forma utrudnia interpretację wzorów i prowadzi do niejednoznaczności jednostek, np. we wzorach we wzorach (57) i (60).
2. Ostatni akapit na stronie 4 jest niejasny i wymaga redakcji.
3. Pierwsze zdanie ostatniego akapitu na stronie 9 jest niezrozumiałe.
4. Wzór (39) zawiera niepoprawny zapis masowego strumienia powietrza suchego.

5. Przy wzorze (40) należy zaznaczyć, że zależność obowiązuje dla przemiany adiabatycznej.
6. Pojęcie „model dynamiczny” (strona 25) użyte przy wskazywaniu kierunków dalszych badań wymaga doprecyzowania lub zastąpienia bardziej precyzyjnym określeniem.
7. W tabelach 16 i 17 jednostka ciśnienia barometrycznego powinna być podana w hPa zamiast w Pa.
8. W opisie wzoru (66) należy używać pojęcia entalpii właściwej powietrza czyli $(1+x)$ entalpi powietrza wilgotnego oraz strumienia masowego powietrza suchego. Jednocześnie we wzorze (66) powinno być użyte ciepło parowania wody w temperaturze 0°C ($0,01^{\circ}\text{C}$) i stałym ciśnieniu. Strumień masowy powietrza w tabelach 22 i 23 powinien być strumieniem powietrza suchego.
9. W wielu miejscach pracy stosowane są sformułowania o charakterze kategoriowym, takie jak: „dowodzono”, „wykazano”, „należy obligatoryjnie stosować”, „znacznej ilości energii przenoszonej drogą promieniowania”. W świetle przedstawionego materiału eksperymentalnego oraz ograniczonego zakresu walidacji metody bardziej adekwatne byłyby określenia wskazujące na prawdopodobny lub obserwowany charakter zależności.
10. Określenie „współczynniki obliczeniowe” (str. 131) jest nieprecyzyjne.
11. Określenie „zobrazowanie termalne maszyn” warto zastąpić terminem „obrazy termowizyjne” lub „termogramy”.
12. Termin „sygnał świetlny” użyty na str. 128 nie jest właściwy w kontekście promieniowania podczerwonego.
13. W tabeli 22 dwukrotnie użyto określenia „wlot”; w drugim przypadku powinno występować określenie „wylot”.
14. We wzorze (59) wartość współczynnika B powinna zostać podana wraz z informacją o przyjętej chropowatości ścian wyrobiska.
15. Literatura powinna być uzupełniona o: *McPherson, M.J. (1993) Subsurface Ventilation and Environmental Engineering. Springer Science & Business Media, Berlin, 92-350 (Chapter 15)* z odwołaniami w rozdziale 10.

Przedstawione uwagi mają charakter dyskusyjny i nie obniżają wartości naukowej rozprawy doktorskiej.

9. Podsumowanie

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska stanowi **oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, polegające na opracowaniu i wstępnej weryfikacji procedury wyznaczania strumieni ciepła emitowanych przez samojezdne maszyny górnicze z wykorzystaniem technik termowizyjnych**. Jednocześnie praca wnosi **wkład w rozwój metod bilansowania ciepła w oddziałach wydobywczych kopalń rud miedzi**.

Opracowana procedura połączenia pomiarów termowizyjnych, danych o geometrii maszyny i parametrów mikroklimatu kopalnianego z modelami wymiany ciepła przez promieniowanie i konwekcję umożliwia szacowanie strumieni ciepła emitowanych przez samojezdne maszyny górnicze. Świadczy to o umiejętności mgr. inż. Adama Wróblewskiego do samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych i potwierdza jego zdolność do prowadzenia badań naukowych.

Rozprawa doktorska dowodzi również posiadania przez Doktoranta ugruntowanej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, ze szczególnym uwzględnieniem zagrożenia klimatycznego w kopalniach podziemnych.

Pomimo przedstawionych uwag krytycznych poziom merytoryczny rozprawy oceniam bardzo wysoko. Praca tworzy logiczną, spójną i dobrze przemyślaną całość, a jej warstwa badawcza stanowi wystarczającą podstawę do pozytywnej oceny dorobku naukowego Doktoranta.

10. Wniosek końcowy

Na podstawie przedstawionej przez mgr. inż. Adama Wróblewskiego rozprawy doktorskiej pt.: *„Metoda wyznaczania strumieni ciepła procesów technologicznych dla określenia bilansu cieplnego rejonów robót górniczych w kopalniach rud miedzi”* stwierdzam, że spełnia ona warunki określone w art. 187 ust. 1 i 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2024 r., poz. 1571) i wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktorskiego.