

Zabrze, 08/12/2023r.

Prof. dr hab. inż. Jarosław Zuwała
Z-ca Dyrektora Instytutu ds. Badań i Rozwoju

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Przemysława Deca
pt. *„Optymalizacja procesu produkcji szkła opakowaniowego mająca na celu zmniejszenie zużycia me-
diów energetycznych oraz ograniczenie emisji zanieczyszczeń”*

Promotor rozprawy: prof. dr hab. inż. Anna Skorek – Osikowska / Politechnika Śląska
Opiekun branżowy: mgr inż. Aleksandra Gózdź

1. Wprowadzenie

Podstawą formalną opracowania recenzji jest umowa o dzieło zawarta pomiędzy Politechniką Śląską (Pol. Śl.) w Gliwicach a autorem niniejszej recenzji. Recenzja przygotowana jest w oparciu o uchwałę Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Pol. Śl. z dnia 19 października 2023 r., oraz Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2023 poz. 742) z dnia 20 lipca 2018 r.

Recenzja opracowana jest na podstawie otrzymanej w dniu 15.11.2023 r. rozprawy doktorskiej, stanowiącej opracowanie zwarte.

2. Ogólna ocena rozprawy wraz z uwagami krytycznymi

W bieżącym punkcie dokonam zwięzłego podsumowania treści rozprawy oraz ocenę prawidłowość wyboru jej tematyki.

2.1 Zakres rozprawy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska powstała w formule doktoratu wdrożeniowego, który prowadzony był w Politechnice Śląskiej na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki a realizowany przez Doktoranta zatrudnionego w przedsiębiorstwie CP Glass S.A. Oddział Huta Szkła „Orzesze”.

Praca poświęcona jest problematyce optymalizacji procesu produkcji szkła ukierunkowanej na zmniejszenie zużycia energii oraz emisji do środowiska.

Rozważania zawarte w rozprawie opierają się na analizie celowości wdrożenia oraz ocenie efektów towarzyszących głównie działaniu systemu zarządzania energią i systemu odzysku ciepła odpadowego w analizowanej hucie szkła. W przeprowadzonej dyskusji otrzymanych wyników duży nacisk położony został na określenie wpływu wdrożenia działań modernizacyjnych na wielkość oszczędności kosztów będących efektem zmniejszenia zużycia nośników energii: elektryczności i gazu ziemnego oraz konsekwentnego zmniejszenia emisji CO₂ do atmosfery. Dodatkowym elementem analizy jest ocena oszczędności kosztowych wynikających ze zmniejszenia zużycia surowców do produkcji szkła w efekcie wzrostu stopnia wykorzystania stłuczki szklanej jako wsadu do pieców (wanien) szklarskich.

Tytuł pracy informuje o jej tematyce, która mieści się w problematyce dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Uzasadnienie wyboru tematu znajduje się w rozdziale #1 zatytułowanym *Wprowadzenie*. Z uwagi na specyfikę prowadzonego procesu technologicznego, przemysł szklarski zużywa znaczne ilości gazu ziemnego oraz energii elektrycznej. Trend dekarbonizacji oraz rosnące koszty energii wytwarzanej z paliw kopalnych prowadzą w kierunku poprawy procesów technologicznych i działań optymalizacyjnych.

Rozprawę Doktorant zawarł na 149 stronach tekstu zasadniczego. Praca jest bogata w liczne formy graficzne, zawiera spis tabel i rysunków brak jest niestety wykazu najważniejszych oznaczeń. Praca zawiera wymagane obowiązującymi przepisami streszczenia w języku polskim i angielskim.

Manuskrypt podzielono na jedenaście numerowanych rozdziałów, z czego zasadniczą część pracy zawarto w rozdziałach 1÷9, rozdział 10 to *Dyskusja*, rozdział 11 to *Wnioski* a rozdział 12 obejmuje *Bibliografię*. Składa się na nią 65 pozycji, cytowane źródła są aktualne, dużą część cytowanych prac pochodzi z ostatnich lat. W wykazie literatury Doktorant umieścił trzy pozycje, których jest współautorem i na które powołał się w pracy. Odwołania do przedstawionych w bibliografii pozycji literaturowych mają uzasadnienie wynikające z treści rozprawy. Sposób oznaczenia cytowań źródeł literatury jest zgodny ze stylistyką stosowaną w naukowej literaturze technicznej.

W rozdziale 1 *Wprowadzenie* Autor krótko omawia specyfikę procesu przemysłowego produkcji szkła z naciskiem na proces topienia realizowany w piecach szklarskich. Wskazuje na możliwy potencjał oszczędności energii chemicznej gazu ziemnego oraz elektryczności a także zasobów mineralnych. Wykazuje także na możliwość przenoszenia uzyskanych wyników działań optymalizacyjnych do innych przedsiębiorstw tego sektora.

Tytuł rozdziału 2: *Cele, zakres i tezy rozprawy doktorskiej* anonsuje jego zawartość. Za cel rozprawy doktorskiej Autor stawia „optymalizację procesu produkcji szkła w celu zmniejszenia zużycia mediów energetycznych oraz ograniczenia emisji do środowiska”. W zakres rozprawy wchodzi analiza stosowanych w przemyśle szklarskim rozwiązań optymalizacyjnych, prezentacja i analiza zastosowanej w rozważanym obiekcie instalacji odzysku ciepła wykorzystującej kotły odzyskowe oraz turbinę parową zasilającą sprężarkę a także syntetyczna analiza ekonomiczna i ekologiczna wdrożonych rozwiązań. Doktorant formułuje także w punkcie 2.3 cztery tezy, dotyczące planowanego do rozwiązania w pracy problemu badawczego, który w ujęciu doktoratu o charakterze wdrożeniowym bliższy jest praktycznej stronie procesu przemysłowego produkcji szkła. Cel przyjęty w pracy ma charakter ściśle użyteczny i zgodny jest co do idei z ogólnym celem doktoratu wdrożeniowego, w ramach którego wg zamierzeń Ustawodawcy powstać mają rozwiązania, które pozwolą uzyskać trwałą przewagę konkurencyjną firmie zatrudniającej osobę chcącą uzyskać stopień naukowy doktora.

Na tym etapie zauważyć można, że układ rozprawy odbiega nieco od tradycyjnego układu prac mających cechy rozpraw doktorskich, gdzie zwyczajowo przedstawienie analizy stanu wiedzy w temacie rozprawy ma miejsce przed określeniem celu, ewentualnie tez i zakresu pracy. W takim (klasycznym) układzie widoczne jest w sposób jednoznaczny, z czego wynika przyjęty cel pracy oraz zakres prac planowanych do jego realizacji. Przypuszczam, że zastosowana konwencja układu rozprawy po części jest konsekwencją specyfiki doktoratu wdrożeniowego (gdzie ocena stanu wiedzy naukowej jest nie zawsze istotna z punktu widzenia zamiaru rozwiązania konkretnego celu naukowo – wdrożeniowego przedsiębiorstwa).

Rozdział 3 zatytułowany „Opis produkcji szkła” przedstawia ogólną charakterystykę procesu produkcji szkła. Autor ilustruje główny ciąg technologiczny (rys. 1, str. 12) oraz schemat węzła technologicznego zestawiami (rys. 2, str. 14). Szkoda trochę, że oba schematy pochodzą ze źródeł literaturowych a nie dotyczą rozważanego obiektu.

W rozdziale 4 pt. „Prezentacja analizowanej huty szkła” bardzo zwięźle przedstawiono rozważany obiekt, głównie w aspekcie historycznym. W tym miejscu można było przedstawić główne parametry techniczno – technologiczne związane z prowadzonym procesem produkcyjnym (zużycie nośników energii w podziale na linie W-1, W-2, W-3) oraz wielkość emisji do środowiska. Rozdział 5 przynosi „Prezentację sylwetki doktoranta wdrożeniowego”, która z punktu widzenia układu zawartości samej pracy doktorskiej mogła zostać przeniesiona do ewentualnego załącznika bądź wprost pominięta.

Rozdział 6 to „Przegląd wybranych metod zwiększania efektywności energetycznej i zmniejszania oddziaływania na środowisko”. Doktorant opisał w nim wybrane działania techniczne prowadzące do poprawy efektywności energetycznej, wskazał m.in. system zarządzania zużyciem mediów umożliwiający monitorowanie bieżących wartości parametrów charakteryzujących zużycie mediów energetycznych. Do innych działań zaliczył: modernizację oświetlenia (np. LED), zabudowę wysokowydajnych silników, wykorzystanie przemienników częstotliwości, modernizację instalacji sprężonego powietrza, odzysk ciepła odpadowego, zastosowanie OZE. Interesujący z punktu widzenia postawionego w pracy celu jest podrozdział 6.2 traktujący o szczególnych rozwiązaniach optymalizacyjnych stosowanych w przemyśle szklarskim. Od strony surowcowej są to działania polegające na zwiększaniu udziału stłuczki szklanej (wpisujące się w tzw. gospodarkę o obiegu zamkniętym), co umożliwi dodatkową oszczędność w zużyciu energii. Podgrzew stłuczki szklanej oraz zastosowanie palników tlenowych to przykłady kolejnych działań mogących prowadzić do oszczędności energii choć w tych przypadkach trafnie określono wyzwania towarzyszące potencjalnym wdrożeniom.

W rozdziale 7 pt. „Wybrane wdrożenia rozwiązań optymalizacyjnych mające na celu zmniejszenie zużycia energii oraz negatywnego wpływu na środowisko huty szkła” Autor opisuje działania podjęte w trakcie realizacji doktoratu wdrożeniowego, przy czym trzon rozdziału stanowi opis systemu zarządzania mediami energetycznymi, który został wdrożony na początkowym etapie prac. Zdanie, które brzmi: „...Jego specjalistyczne wykształcenie, doświadczenie oraz zrozumienie specyfiki branży hutniczej stanowiły nieocenione wsparcie dla całego przedsięwzięcia...” wskazuje na rolę Autora pracy na etapie prac przygotowawczych do wdrożenia systemu. Brakuje tutaj jednak informacji, na czym ta rola polegała – wdrożenie systemu nie jest działaniem stricte naukowo – badawczym, które stanowi element prac objętych zakresem doktoratu wdrożeniowego – ale organizacyjnym. Należało w tym miejscu zdecydowanie bardziej niż to uczyniono wskazać na konkretne prace, które z pewnością były dokonane a ich efektem końcowym było zaprojektowanie, dostarczenie i wdrożenie systemu. Tym bardziej, że Autor pisze w tym samym rozdziale, że „...Wybrane innowacje są rezultatem badań i analiz przeprowadzonych w niniejszym doktoracie wdrożeniowym.” Rola Doktoranta na tym etapie nie została wyraźnie określona. Częściowych informacji w tym zakresie dostarcza pierwszy akapit na str. 55 (działania tutaj wykazane dotyczyły wsparcia firmy wdrażającej system w zakresie zaprojektowania bazy danych i samego układu komunikacyjnego) oraz ostatni akapit na str. 62 (w którym mowa o zaprojektowaniu układu raportów generowanych przez system).

Przedmiotowy system zarządzania energią ułatwiać ma zgodnie z intencją Doktoranta bieżące prognozowanie zużycia poszczególnych nośników energii i jak opisano w dalszej części tego rozdziału bazuje na zastosowaniu metody regresji wielokrotnej. Zaprezentowane w tej części rozdziału wyniki analiz są efektem zastosowania tego narzędzia dla danych historycznych i danych pochodzących z bieżących zbiorów. Z opisu można wnioskować, że wyznaczone i opisane (choć nie wprost – jedynie poprzez wybrane parametry w Tabeli 1 na str. 65) równanie regresji stosowano zarówno dla danych historycznych (na podstawie których wyznaczono jego parametry) jak i dla bieżących (w zamiarze weryfikującym poprawność równania regresji). Ponieważ określony R kwadrat wynosi 0,702 zapytać można, czy zaproponowana metoda regresji liniowej i równanie ([1]) jest dla tego celu najwłaściwszą? Czy

rozbieżności w zakresie rzeczywistego i obliczeniowego zużycia energii są na poziomie akceptowalnym dla tego rodzaju narzędzia prognostycznego? Wykresy na rys. 16 i rys. 17 prezentują wartość błędu względnego wyznaczoną na podstawie danych pomiarowych wielkości zużycia energii w zakładzie. Nasuwa się jednak pytanie, czy wniosek, mówiący iż *nastąpiła poprawa efektywności topienia szkła średnio o 8% po wdrożeniu EMS* nie powinien brzmieć raczej, iż *po wdrożeniu systemu EMS dokładność oszacowania wielkości wskaźnika średniego zużycia energii na topienie szkła wzrosła o 8%*?

Kolejne działania Doktoranta skupiały się na wsparciu działań modernizacyjnych oświetlenia w zakładzie, wymiany układów gwiazda – trójkąt na przemienniki częstotliwości w szafach silników wentylatorów pieca szklarskiego oraz zwiększeniu udziału stłuczki szklanej w procesie produkcyjnym. Szczególnie w tym ostatnim z działań, udział Doktoranta powinien być nieco bardziej uwypuklony, w bieżącej treści podrozdziału 7.5 brak jest niestety informacji w tym zakresie. Wprawdzie w tabelach 9-11 zawarto – jak opisano – „...wyniki badania zastępowania tradycyjnych surowców stłuczka szklaną...” (str. 79) – brak jednak opisu na czym te badania polegały i jaki był ich zakres; dodatkowo niejasne jest które z zaprezentowanych w tych tabelach wartości liczbowych te wyniki prezentują. Interesującą częścią pracy są analizy porównawcze zużycia gazu ziemnego w hucie towarzyszące wzrostowi udziału stłuczki, jednak nie jest w pełni jasne czy jest to jedynie wynikowa obserwacja, towarzysząca próbom technologicznym zwiększania udziału tego surowca wtórnego czy za doborem określonych udziałów stłuczki stały inne przesłanki, które były wkładem Doktoranta.

Dalsza część rozdziału 7 to opis działań, które związane były z wdrożeniem systemu odzysku ciepła odpadowego oraz ocenie jego efektów. Ten element pracy jest bardzo ważny, zwykle analiza możliwości oceny wdrożenia systemu odzysku ciepła odpadowego bazuje na ocenie, która ma charakter audytu technologicznego i powinna pokazywać obszary, w których istnieje potencjał ciepła odpadowego i możliwość jego zagospodarowania. Nie zostało to wyraźnie w pracy wskazane, ale system, który wdrożono i który prezentuje schemat na rys. 23 zapewne bazuje na wyniku/wynikach takiego audytu.

Informacja o najważniejszych korzyściach z wdrożenia systemu została zawarta na str. 87 (drugi akapit od góry strony), choć dopiero rozdział 8 wyraźnie zatytułowano: „*Wdrożenie odzysku ciepła odpadowego w badanej hucie szkła*”. W rozdziale tym szczegółowo omówiono poszczególne składowe tego systemu, czyli: podsystem kotłów odzyskowych, podsystem turbiny – kompresora, podsystem regeneracji wody zasilającej (określony w pracy jako „system ciepłowniczy”) oraz systemy pomocnicze. Rozdział zawiera także wyniki analiz bazujących na bilansach energii opracowanych z wykorzystaniem narzędzia IPSEPro, których dokonano dla ośmiu wariantów pracy systemu. Tę część wykonał Doktorant z wykorzystaniem parametrów (danych wejściowych), których pozyskanie umożliwił wdrożony system zarządzania energią. Uzyskane wyniki obliczeń stanowią wartości oszczędności energii wyrażone w MWh/miesiąc, w odniesieniu do roku bazowego.

Podsumowaniem wyników uzyskanych w trakcie realizacji pracy jest rozdział 9 pt. *Analiza ekologiczna i ekonomiczna wdrożonych rozwiązań optymalizacyjnych*. W tym rozdziale oszacowano wielkość zmniejszenia emisji CO₂ do atmosfery dzięki zastosowaniu wdrożonych rozwiązań. Wyniosła ona łącznie 15 120,22 ton CO₂. Krótka analiza finansowa wdrożonego przedsięwzięcia daje informację o oszczędności związanej z zakupem energii elektrycznej oraz gazu ziemnego na poziomie blisko 20 mln złotych rocznie.

Dyskusja zawarta w rozdziale 10 oraz *Wnioski* zawarte w rozdziale 11 stanowią podsumowanie przeprowadzonych przez Doktoranta prac i odniesienie się do postawionych na początku pracy tez.

Podsumowując powyższe, stwierdzam że sposób w jaki Doktorant sformułował w oparciu o przeprowadzone własne doświadczenia z pracy zawodowej cel i tezy pracy był właściwy. Zakres zaplanowanych, przeprowadzonych i opisanych w pracy analiz służących realizacji postawionego celu pracy uznaję na tym etapie za wystarczający.

2.2 Ocena prawidłowości wyboru tematu

W obliczu transformacji energetycznej gospodarki Unii Europejskiej ukierunkowanej m.in. na dekarbonizację nie tylko sektora wytwarzania energii ale także licznych gałęzi przemysłu, rola przedsięwzięć proefektywnościowych, prowadzących do zmniejszenia zużycia nośników energii wytwarzanych na bazie paliw kopalnych (w tym gazu ziemnego) jest i będzie bardzo istotna.

Dla hutnictwa szkła, wykorzystującego znaczące ilości gazu ziemnego i energii elektrycznej, wszelkie działania prowadzące do zmniejszenia zapotrzebowania na te nośniki energii będą prowadziły nie tylko do osiągnięcia celów dekarbonizacji ale także mogą przyczynić się do konkretnych korzyści ekonomicznych. Ważne jest, aby wdrażane przedsięwzięcia modernizacyjne były ściśle zaadresowane dla potrzeb konkretnego zakładu, przez co można osiągać efekty synergii w obszarze gospodarki energetycznej i materiałowej.

Biorąc pod uwagę powyższe, uważam, że temat rozprawy doktorskiej mgr inż. Przemysława Deca został wybrany prawidłowo a całość podjętej pracy choć uwarunkowana w większości zamierzeniami o charakterze stricte utylitarnym zawiera elementy nowości naukowej.

3. Analiza treści rozprawy wraz z uwagami krytycznymi

W poniższym rozdziale recenzji skupię uwagę na zagadnieniach naukowych samodzielnie rozwiązanych przez Doktoranta oraz dyskusji prawidłowości rozważań, uzyskanych wyników i wniosków oraz na uwagach i wątpliwościach, które nasunęły mi się przy pisaniu recenzji. Na końcu zamieszczonej analizy odniosę się do oryginalności i wskażę na główne walory rozprawy.

3.1 Zagadnienia naukowe i utylitarne rozwiązane samodzielnie przez Doktoranta

Po przeprowadzeniu analizy treści rozprawy stwierdzam, że postawiony przez Doktoranta cel pracy został zrealizowany.

Do **najważniejszych zagadnień naukowych** rozwiązanych przez Niego samodzielnie zaliczam:

- opracowanie modeli obiegu energetycznego zaimplementowanego układu odzysku ciepła zintegrowanego z urządzeniami podstawowymi przedmiotowej huty szkła,
- przeprowadzenie obliczeń symulacyjnych i pozyskanie charakterystyk pracy systemu dla 14-tu różnych wariantów pracy zakładu,
- ocenę wpływu poszczególnych działań technologicznych na wielkość zużycia energii oraz unikniętą emisję CO₂.

Za **najistotniejsze elementy pracy w aspekcie praktycznym** uważam natomiast:

- opracowanie założeń dla systemu zarządzania energią, który został wdrożony w zakładzie pracy Doktoranta,
- analizę rozległego zbioru danych o zużyciu energii w zakładzie i opracowanie charakterystyki zużycia energii,
- potwierdzenie skuteczności zrealizowanych działań inwestycyjnych o charakterze optymalizacyjnym i wykazanie celowości wdrożenia systemu zarządzania energią oraz systemu odzysku ciepła odpadowego poprzez wykonanie analizy ekonomicznej i ekologicznej.

3.2 Prawidłowość rozważań, uzyskanych wyników i wniosków oraz uwagi krytyczne

Treść rozprawy dowodzi, że Doktorant dobrze znajduje się w przedmiotowej problematyce. Nie stwierdzam w tym zakresie uchybień i oceniam Jego znajomość przedmiotu zagadnienia - w tym przygotowanie zawodowe i naukowe – pozytywnie.

Przyczynę do podjęcia pogłębionej dyskusji naukowej stanowią natomiast zagadnienia, które poruszam poniżej, z prośbą o odniesienie się do nich w trakcie obrony pracy:

1. Str. 13: proszę o rozwinięcie i wyjaśnienie stwierdzenia, mówiącego iż „Aktualnie nie istnieje szybka i dokładna metoda kontroli wilgotności piasku, dlatego suszenie jest niezbędnym procesem zapewniającym utrzymanie stałej zawartości danego surowca w zestawie.”
2. Str. 64: o jakich badaniach naukowych mowa w zdaniu: „System EMS [...] wspiera Doktoranta w jego badaniach naukowych”? Czy chodzi o badania opisane w pracy czy też system ten umożliwia prowadzenie innego rodzaju badań?
3. Str. 65: jaką dokładnie postać przyjmuje wyznaczone w pracy równanie regresji, które ogólnie przedstawiono zależnością [1]?
4. Str. 71: jaki jest wpływ systemu EMS na zużycie energii w zakładzie? Czy wpływ nie wynika jedynie z uzyskanych bardziej wiarygodnych wartości parametrów obliczeniowych, które służą wyznaczeniu sumarycznej wielkości zużycia energii ?
5. Str. 77: proszę o bardziej szczegółowe niż to uczyniono wskazanie własnego udziału w przedsięwzięciu polegającym na zwiększaniu udziału stłuczki szklanej we wsadzie do pieców szklarskich.
6. Str. 79: Tabele 9-11 prezentują zgodnie z opisem „...wyniki badań zastępowania tradycyjnych surowców stłuczką szklaną dla trzech różnych kolorów wytapianego szkła...”. Proszę o informację, jaki był charakter tych badań i na czym one polegały?
7. Str. 85: zaprezentowany na rys. 22 bilans cieplny pieca szklarskiego zaczerpnięto z literatury [61]. Czy możliwe jest zaprezentowanie analogicznego bilansu dla przedmiotowej huty szkła?
8. Str. 98: w jaki sposób może być wykorzystana w rozważanym systemie energia ze źródeł odnawialnych?
9. Str. 103: rys. 31 – czy stopnie LP i HP turbiny nie są oznaczone odwrotnie?
10. Pytanie ogólne #1: czy przed wdrożeniem systemu zarządzania energią i systemu odzysku ciepła odpadowego określono potencjał ciepła odpadowego dla rozważanego obiektu (analiza stanu istniejącego, tzw. analiza stanu „0”)?
11. Pytanie ogólne#2: o faktycznej opłacalności ekonomicznej danej inwestycji modernizacyjnej przesądzą nie tylko korzyści (oszczędności) ale także nakłady inwestycyjne na aparaty i urządzenia, które składają się na elementy wdrożonej technologii a także koszty eksploatacyjne. Czy ocenie efektywności ekonomicznej rozważanej w pracy inwestycji towarzyszyła pełna analiza opłacalności ekonomicznej, w trakcie której wyznaczono wskaźniki efektywności ekonomicznej takie jak NPV, IRR, SPBT czy chociażby uproszczony okres zwrotu nakładów inwestycyjnych?

Podkreślić należy, że wskazane powyżej uwagi i komentarze nie umniejszają wartości naukowej i oraz aspektów utylitarnych pracy. Zaplanowany zakres pracy został zrealizowany a postawiony cel został osiągnięty.

Praca jest dobrze zredagowana, napisano ją dobrym językiem. Nie spotkałem w niej błędów ortograficznych ani tzw. literówek co warte jest zdecydowanego podkreślenia.

Jednocześnie chciałbym natomiast zwrócić uwagę na pewne niefortunne sformułowania, których proponuję unikać w ewentualnych przyszłych publikacjach naukowych bądź piśmiennictwie o takim charakterze. Zaliczyć do nich można przykładowo: „ekologiczny odcisk przemysłu” (str. 33), „technika, która jednocześnie produkuje energię” (str. 38), „kolejnym źródłem energii odnawialnej są pompy ciepła” (str. 43), „gaz spalinyowy” (str. 85), „łopaty turbiny” (str. 89), „zasadę termiczną” (str. 94), „mnożąc z kosztami energii elektrycznej daje zyski ekonomiczne” (str. 134).

3.3 Oryginalność i główne walory rozprawy

Doktorant planując i realizując zakres własnych badań uzyskał interesujący materiał służący ocenie efektów energetycznych i ekologicznych towarzyszących wdrożeniu przedsięwzięć optymalizacyjnych w hucie szkła wykorzystującej gaz ziemny i energię elektryczną w celach procesowych.

Zakres zrealizowanych prac stanowi Jego oryginalny dorobek a wyniki uzyskane w trakcie realizacji pracy dostarczają oprócz zasygnalizowania elementów naukowych ważnych wniosków utylitarnych, które mogą być przydatne nie tylko na etapie wykorzystywania wdrożonego systemu zarządzania energią w zakładzie czy instalacji odzysku ciepła odpadowego ale także mogą dawać interesujące dane o charakterze tzw. *best-practise* dla innych zakładów o zbliżonym profilu technologicznym.

Są one zatem bardzo cenne z praktycznego punktu widzenia. Uzyskany w trakcie realizacji pracy materiał jest interesujący i wart dalszej popularyzacji poprzez np. prezentowanie uzyskanych wyników jako publikacji w innych czasopismach naukowych a także poprzez referaty wygłaszane na konferencjach z obszaru energetyki przemysłowej czy efektywności energetycznej.

4. Wnioski końcowe

Na podstawie przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej, biorąc pod uwagę przedstawione wcześniej uwagi i spostrzeżenia **stwierdzam, że przedstawiona przez Pana mgr inż. Przemysława Deca rozprawa pt. „Optymalizacja procesu produkcji szkła opakowaniowego mająca na celu zmniejszenie zużycia mediów energetycznych oraz ograniczenie emisji zanieczyszczeń” spełnia w całości określone w Art. 13.1 przywołanej w pkt. 1 Ustawy warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim.**

Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, dowodzi także Jego umiejętności samodzielnego zaplanowania i przeprowadzenia badań. Praca posiada wartościowe aspekty użytkowe, co zgodne jest z ideą doktoratu wdrożeniowego, osiągnięte wyniki mogą być przydatne oraz dalej rozwijane w przedsiębiorstwie zatrudniającym Doktoranta.

Wobec powyższych faktów wnioskuję do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka o dopuszczenie Pana mgr inż. Przemysława Deca do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

Podpisał Jarosław Zuwała