

Zabrze, 02/01/2023r.

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

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Michała DOFFEK
pt. „*Ogrzewanie i chłodzenie z centralnego źródła ciepła w sieci
ze zdalnymi węzłami cieplnymi*”

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Piotr Ostrowski, / Politechnika Śląska

1. Wprowadzenie

Podstawą formalną opracowania recenzji jest umowa o dzieło zawarta pomiędzy Politechniką Śląską w Gliwicach a autorem niniejszej recenzji. Recenzja przygotowana jest w oparciu o uchwałę Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka z dnia 20 października 2022 r., Ustawę *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 r., poz. 1668, z późn. zm.) z dnia 20 lipca 2018 r. oraz Ustawę *o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. z 2012, z późn. zm.) z dnia 14 marca 2003 r.

Recenzja opracowana jest na podstawie otrzymanej w dniu 20.11.2022 r. rozprawy doktorskiej, stanowiącej opracowanie zwarte.

2. Sylwetka Doktoranta

Autor recenzowanej rozprawy doktorskiej, Pan Michał Doffek uzyskał w październiku 2013 r. tytuł mgr inż. na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Według posiadanych informacji, Doktorant nigdy wcześniej nie ubiegał się o nadanie stopnia doktora w żadnej jednostce organizacyjnej.

Poniżej ujęto przebieg pracy zawodowej Doktoranta:

- FENICE Poland Sp. z o.o., Kierownik Działu Wsparcia Operacyjnego, 04.2021-na-dal;
- FENICE Poland Sp. z o.o., Główny Specjalista ds. efektywności energetycznej, 05.2017 – 04.2021;
- FENICE Poland Sp. z o.o., Specjalista ds. efektywności energetycznej, 01.2016 – 05.2017;

- Abeinsa Business Development Sp. z o.o., Inżynier ds. mechanicznych, 10.2014 – 12.2015;
- Astrum Sp. z o.o., dział DS Energia ,własna działalność gospodarcza, 05.2014 – 10.2014;
- Przedsiębiorstwo Innowacyjno – Wdrożeniowe Enesa Michalina Pytel, 06.2013 – 01.2014;
- Tenneco Automotive Eastern Europe Sp. z o.o. Gliwice, 03.2011 – 04.2013.

3. Ogólna ocena rozprawy wraz z uwagami krytycznymi

3.1 Zakres rozprawy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska powstała w formule tzw. doktoratu wdrożeniowego, który prowadzony był w Politechnice Śląskiej w Gliwicach na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki a realizowany przez Doktoranta zatrudnionego w przedsiębiorstwie FENICE Poland Sp. z o.o.

Praca poświęcona jest ocenie możliwości wdrożenia i eksploatacji instalacji dostarczających ciepło oraz chłód z centralnych źródeł ciepła do odbiorców zasilanych ze zdalnych węzłów cieplnych, co wpisuje się w tzw. koncepcję ciepłownictwa hybrydowego.

Rozważania zawarte w rozprawie opierają się wariantowych obliczeniach bilansowych wykonanych z wykorzystaniem opracowanych przez Doktoranta modeli. Warianty różnicowano z uwagi na technologie, wg której wykonane zostały analizowane sieci ciepłownicze, wejściowe dane pogodowe oraz możliwość techniczną zastosowania alternatywnych źródeł ciepła oraz energii elektrycznej. W przeprowadzonej dyskusji otrzymanych wyników nacisk położony został na porównanie kosztów eksploatacyjnych w stanie przed i po rozważaną modernizacją, które ponoszone byłyby przez końcowych użytkowników ciepła i chłodu.

Tytuł pracy jest zwięzły i informuje o jej tematyce, która mieści się w problematyce dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Uzasadnienie wyboru tematu znajduje się w rozdziale #1: *Wstęp* oraz w rozdziale #3: *Technika ciepłownicza – rozwój, innowacje*.

Rozprawę Doktorant zawarł na 112 stronach tekstu zasadniczego. Praca, bogata w liczne formy graficzne, zawiera wykaz terminów, brak jest niestety wykazu najważniejszych oznaczeń. Manuskrypt podzielono na siedem numerowanych rozdziałów z czego zasadniczą część pracy zawarto w rozdziałach 1÷5, rozdział #6 to *Podsumowanie i wnioski*, ostatni rozdział stanowi *Bibliografia*. Jest ona dość skromna i obejmuje 34 pozycje. Cytowane źródła są aktualne, przeważający udział cytowanych prac pochodzi z ostatnich lat, ponadto duża część raportów i dokumentów opublikowana została w roku wydania pracy doktorskiej. W wykazie literatury Doktorant umieścił dwie 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 *Wstęp* Autor omawia zwięźle problematykę funkcjonowania sektora ciepłowniczego, skupiając się na perspektywicznej jego dekarbonizacji poprzez zastosowanie m.in. paliw niskoemisyjnych i zeroemisyjnych a także rozwój nowoczesnych sieci ciepłowniczych – tzw. hybrydowych, umożliwiających dostarczanie oprócz ciepła grzejnego także chłodu.

Tytuł rozdziału #2: *Cel i zakres pracy* anonsuje jego zawartość. Autor jako cel pracy przyjmuje „analizę możliwości wdrożenia instalacji dostarczającej ciepło i chłód z centralnego źródła ciepła do odbiorców zasilanych ze zdalnych węzłów cieplnych”. Zakres pracy obejmuje analizę przeprowadzoną dla trzech wariantów technicznych rozwiązań sieci ciepłowniczej oraz zastosowanej w nich technologii. Cel przyjęty w pracy ma charakter ściśle użytkowy i zgodny jest co do idei z ogólnym celem doktoratu wdrożeniowego, w ramach którego wg zamierzeń

Ustawodawcy powstawać 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 też 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 wynika po części ze stylu przyjętego w jednostce nadającej stopień a po części jest konsekwencją specyfiki doktoratu wdrożeniowego (gdzie ocena stanu wiedzy naukowej jest nie zawsze istotna z punktu widzenia zamiaru rozwiązania konkretnego celu naukowego – wdrożeniowego przedsięwzięcia).

Rozdział #3 zawiera przegląd stanu wiedzy i bieżących rozwiązań technicznych stosowanych w ciepłownictwie zdalczynnym. Autor przywołuje m.in. definicje „systemów efektywnych energetycznie” oraz omawia kierunki rozwoju ciepłownictwa, skupiając się na tzw. ciepłownictwie czwartej i piątej generacji (określanym jako „4G” i „5G”). Cechami charakterystycznymi tych systemów jest wykorzystywanie m.in. pomp ciepła, magazynów ciepła oraz możliwość zasilania odbiorców w chłód.

W rozdziale # 4 *Opis koncepcji* zawarto bardzo zwięzły opis dwóch planowanych do rozpatrzenia w pracy koncepcji działania instalacji hybrydowej: w sezonie grzewczym oraz w sezonie letnim. Z punktu widzenia technicznej wykonalności przebudowy w kierunku systemu hybrydowego, istotna jest możliwość modernizacji istniejących budynków i pomieszczeń ukierunkowanej na zabudowę pomp ciepła oraz zmianę instalacji grzewczych (grzejniki naścienne bądź system ogrzewania podłogowego). Rozdział # 5 zawiera opis trzech modeli obliczeniowych, które Doktorant opracował w celu zweryfikowania koncepcji, którą proponuje. Cechami różnicującymi te modele są: stopień zużycia sieci kanałowej, rodzaj sieci ciepłowniczej, zakres danych klimatycznych (w ujęciu jednorocznym oraz 30-letnim), możliwość zastosowania mobilnych magazynów ciepła oraz możliwość wykorzystania ciepła odpadowego. Analizę wariantową prowadzono z wykorzystaniem modeli wyznaczających bilanse energii oraz wartość kosztów eksploatacyjnych dla trzech kombinacji źródło – odbiór ciepła. Stanowiły one kolejno: 1) ciepłownię, zakład przemysłowy, szkołę i osiedle mieszkaniowe; 2) ciepłownia oraz 60 węzłów cieplnych zabudowanych w obiektach użyteczności publicznej oraz mieszkalnych; 3) ciepłownia oraz budynek biurowy (tzw. wariant „wdrożeniowy”). W każdym z przypadków analiza porównawcza obejmuje bilanse energii budynków przed i po modernizacji oraz zestawienie kosztów dla tych przypadków.

W rozdziale #5 pt. *Podsumowanie i wnioski* Doktorant odnosi się do postawionego na początku pracy celu. Na podstawie uzyskanych wyników analiz wariantowych potwierdza możliwość wdrożenia ciepłowniczego systemu hybrydowego, wskazując na przyszłościową rolę tego rodzaju systemów, szczególnie z uwzględnieniem odnawialnych źródeł energii oraz zasobników ciepła.

Z punktu widzenia celu doktoratu wdrożeniowego, tego rodzaju wytyczne są istotne z punktu widzenia podmiotu wdrażającego wyniki pracy doktorskiej.

Podsumowując powyższe, stwierdzam że sposób w jaki Doktorant sformułował w oparciu o przeprowadzone własne doświadczenia z pracy zawodowej cel i zakres pracy był właściwy i doprowadził w konsekwencji do zaplanowania analiz, które zostały przeprowadzone i opisane w pracy. Zakres pracy zaplanowany dla realizacji postawionego celu pracy uznaję na tym etapie za wystarczający.

3.2 Ocena prawidłowości wyboru tematu

W obliczu transformacji energetycznej gospodarki Unii Europejskiej ukierunkowanej m.in. na dekarbonizację sektora wytwarzania energii, problematyka zmian technologicznych sektora ciepłowniczego jest kluczowa zważywszy na fakt, iż blisko 90% krajowych systemów ciepłowniczych nie posiada statusu „systemów efektywnych”. Zmiany zachodzące w tym sektorze powinny być ukierunkowane na dostarczanie ciepła grzebnego oraz c.w.u. dla obywateli po umiarkowanej cenie oraz docelową poprawę jakości powietrza. Zgodnie z raportem „Forum Energii” ([https://forum-energii.eu/public/upload/articles/files/Transformacja%20ciep%C5%82ownictwa%202030\(2\).pdf](https://forum-energii.eu/public/upload/articles/files/Transformacja%20ciep%C5%82ownictwa%202030(2).pdf)), w pierwszym etapie transformacji systemów ciepłowniczych do szerokiego stosowania najbardziej efektywne będą kotły na biomasę (lub RDF) i technologie skojarzonego wytwarzania wykorzystujące gaz ziemny. Geotermia i ciepło odpadowe prawdopodobnie zostaną wykorzystane jedynie w szczególnych przypadkach, jeżeli pozwolą na to lokalne warunki techniczno-ekonomiczne. Wykorzystanie energii promieniowania słonecznego w połączeniu z magazynami energii będzie stosowane po przeprowadzeniu procesów termorenowacyjnych budynków i po przejściu na instalacje niskotemperaturowe.

W obecnej chwili pewnym staje się także odchodzenie od tradycyjnych „jedno-„ bądź „dwu-produktowych” systemów ciepłowniczych (c.o., c.o. + c.w.u.) w kierunku instalacji umożliwiających także dostarczanie odbiorcom chłodu. Ważnym elementem transformacji sektora ciepłowniczego powinno w wielu przypadkach (szczególnie systemów ciepłowniczych o niskim stopniu rozwoju) być wykorzystanie tzw. „renty zacofania” i przechodzenie od razu do koncepcji sieci 4 czy 5 generacji, z pominięciem etapów pośrednich.

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

4. 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.

4.1 Zagadnienia naukowe i użyteczne rozwiązane samodzielnie przez Doktoranta

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

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

- wybór referencyjnych systemów ciepłowniczych umożliwiających potraktowanie uzyskanych wyników w sposób wskaźnikowy,
- opracowanie trzech teoretycznych modeli systemów ciepłowniczych, dla których w dalszej kolejności przeprowadzono obliczenia bilansowe,

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

- wybór rzeczywistych systemów ciepłowniczych dla oceny możliwości ich rozbudowy w kierunku systemów hybrydowych,

- zróżnicowanie wariantów technologicznych dla przyjętych do systemów ciepłowniczych przyjętych do analizy,
- wskazanie kierunków rozwoju systemów hybrydowych na przykładzie wykonanych badań i analiz.

4.2 Prawdliwość 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 stanowi natomiast kilka zagadnień, które przedstawiam poniżej, z prośbą o odniesienie się do nich w trakcie obrony pracy:

1. Pytanie #1: dlaczego jeżeli chodzi o źródło ciepła we wszystkich rozważanych wariantach skupiono się jedynie na technologiach węglowych a nie rozważano technologii biomasowych bądź odpadowych (RDF)?
2. Pytanie #2: jaką sprawnością cechuje się przyjęta do rozważań technologia magazynowania ciepła, szczególnie w rozwiązaniach mających charakter mobilny? Czy Doktorant przeprowadził rozpoznanie jeżeli chodzi o najbardziej efektywny sposób magazynowania i transportu ciepła ze źródła do odbiorców? Czy rozważano m.in. zasobniki z przemianą fazową albo bazujące na przemianach termochemicznych, które są niewrażliwe na ruch zasobnika i samego medium akumulującego ciepło?
3. Pytanie #3: jak zauważono w *Podsumowaniu*, inwestycje modernizacyjne i odtworzeniowe są kluczowe dla wdrożenia systemów ciepłowniczych a ich koszt jest często bardzo znaczący. Cytując ponownie przywołany powyżej raport „Forum Energii”, łączne nakłady na przebudowę źródeł ciepła w tzw. obszarze krytycznym wyniosą ponad 13 mld zł. Dostępność finansowania w pojedynczych przypadkach może wpływać na finalny kształt technicznych rozwiązań, często odmienny od początkowo rozważanych i technicznie wykonalnych koncepcji. Czy można choć szacunkowo oszacować nakłady inwestycyjne towarzyszące realizacji wariantów 1-3?
4. Pytanie #4: z punktu widzenia odbiorcy końcowego istotny jest całkowity koszt ciepła w odniesieniu np. do 1GJ. Czy możliwe jest wyznaczenie takiego parametru dla rozważanych wariantów 1-3? Zestawienie kosztów przed i po modernizacji podane jest w bezwzględnych wartościach wyrażonych w PLN, podczas gdy istotna będzie wartość jednostkowa.
5. Pytanie #5: jak głębokiej modernizacji będą wymagać istniejące w istniejących – wieloletnich często – ogrzewanych budynkach i pomieszczeniach wewnętrzne instalacje grzewcze i czy nakłady inwestycyjne z tym związane nie staną na przeszkodzie w transformacji systemów ciepłowniczych zasilających w przeważającej części budynki o dużym zapotrzebowaniu na ciepło grzejne?

Podkreślić należy, że wskazane powyżej uwagi i komentarze nie umniejszają wartości naukowej i oraz aspektów użytkowych 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.

4.3 Oryginalność i główne walory rozprawy

Doktorant planując i realizując zakres badań analitycznych i modelowych uzyskał materiał służący ocenie możliwości wdrożenia systemów hybrydowych w trzech przyjętych do oceny wariantach technicznych, zróżnicowanych w szerokim zakresie.

Zakres zrealizowanych prac stanowi Jego oryginalny dorobek a wyniki uzyskane w trakcie realizacji pracy dostarczają oprócz zasygnalizowania elementów naukowych ważnych wniosków użytecznych, które mogą być przydatne na tworzenia i realizacji strategii transformacji aktywów ciepłowniczych poszczególnych jednostek grupy FENICE Poland sp. z o.o.. Po koniecznym moim zdaniem rozbudowaniu opracowanego na potrzeby pracy modelu analitycznego o moduł oceny efektywności ekonomicznej, wyniki mogą służyć ocenie skutków realizacji poszczególnych scenariuszy transformacji jednostek ciepłowniczych w kierunku systemów hybrydowych. Są one zatem 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 ciepłownictwa.

5. 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. Michała Doffek rozprawa pt. „Ogrzewanie i chłodzenie z centralnego źródła ciepła w sieci ze zdalnymi węzłami cieplnymi” 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 chemiczna, 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. Michała Doffek do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

Podpisał Jarosław Zuwała