

Katedra Podstawowych Problemów Energetyki  
Wydział Energetyki i Paliw  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
30-059 Kraków, al. A. Mickiewicza 30  
e-mail jaszczur@agh.edu.pl  
Tel:126172657, Fax:126173767

## RECENZJA

### **rozprawy doktorskiej mgra inż. Michała Doffka pt. „Ogrzewanie i chłodzenie z centralnego źródła ciepła w sieci ze zdalnymi węzłami cieplnymi”**

#### **I. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Rozprawa doktorska dotyczy możliwości wdrożenia instalacji w technologii ciepłownictwa hybrydowego dostarczającej zarówno ciepło jak i chłód z centralnego źródła ciepła do różnego typu odbiorców zasilanych ze zdalnych węzłów cieplnych. Badane zagadnienie związane jest z energetyką a konkretnie z ciepłownictwem i wiąże ze sobą zależności energetyczne i ekonomiczne. Szczegółowej analizie - w oparciu o trzy opracowane modele w różnych konfiguracjach technologicznych - poddano sieć ciepłowniczą pracującą w zróżnicowanych warunkach klimatycznych. Badaniom poddano warunki, możliwości i potencjalne efekty wdrożenia systemu ciepłownictwa hybrydowego zasilającego wielkoskalowe magistrale ciepłownicze jak i niewielkie lokalne sieci ciepłownicze. Zależnie od analizowanego przypadku rozpatrywana sieć ciepłownicza zasilala odbiorców komunalnych, niewielkie osiedle mieszkaniowe, zespół szkół lub zakład przemysłowy.

W ramach prac badawczych określono czynniki niezbędne do uzyskania pozytywnego wyniku finansowego wdrożenia, a ponadto wskazano obszary możliwej współpracy sieci ciepłowniczej zarówno z odnawialnymi źródłami energii jak i instalacjami do odzysku ciepła.

Opracowany model obliczeniowy pozwolił na przeprowadzenie bilansu energii oraz wyznaczenie wskaźników ekonomicznych. Zaproponowane rozwiązanie bazuje na uproszczonym bilansie strat ciepła sieci ciepłowniczej przed i po modernizacji, zróżnicowanej pod względem technologii jej wykonania, stopnia degradacji oraz lokalizacji. Autor rozprawy w oparciu o wyniki obliczeń dla pierwszego modelu opracował drugi model pozwalający na analizę dużej miejskiej sieci ciepłowniczej zaopatrującej odbiorców komunalnych. Z kolei ostatni trzeci zaproponowany model pozwolił na określenie warunków wdrożenia instalacji ciepłownictwa hybrydowego dla budynku administracyjno-biurowego zlokalizowanego w Krośnie w Jednostce Operatywnej Podkarpacie należącej do firmy FENICE Poland Sp. z o.o.

Tematyka rozprawy jest niezwykle aktualna i ważna wobec zmieniającej się w szybkim tempie sytuacji w branży energetycznej i ciepłowniczej w Polsce. Rosnące oczekiwania

odbiorców, wymogi polityki klimatycznej, starzejąca się infrastruktura oraz galopujące ceny paliw sprawiają, że sektor energetyczny w szczególności ciepłowniczy czeka poważna restrukturyzacja. Opracowane w ramach doktoratu modele i algorytmy, jak i przedstawiona metodologia, mogą w oczywisty sposób przełożyć się zarówno na aspekty poznawcze jak i aplikacyjne. Zbudowane narzędzia umożliwiają analizowanie efektów wdrożenia w tym zmian efektywności energetycznej oraz ekonomicznych skutków zmian, co może stanowić znakomite uzupełnienie i wspomaganie dla procesów decyzyjnych. Recenzowana rozprawa może ponadto stanowić źródło informacji dla przedsiębiorstw energetyki ciepłej do przeprowadzenia podobnych techniczno-ekonomicznych analiz.

Rozprawa bazując na różnych modelach, analizuje możliwości dostarczenia czynnika grzewczego w sezonie zimowym oraz czynnika chłodniczego w sezonie letnim w konfiguracjach zróżnicowanych pod względem rozpiętości sieci oraz zastosowanych technologii. Skala trudności podjętych badań, ze względu na analizę dużych i złożonych układów oraz zależności energetyczno-ekonomicznych, jest odpowiednia i odpowiada wymaganiom stawianym pracom doktorskim.

Rozprawę należy od strony formalnej zakwalifikować do dziedziny nauk inżynierjno-technicznych i dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

## II. Struktura i ocena wartości naukowej

Opiniowana rozprawa została wykonana na Politechnice Śląskiej, Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki pod opieką naukową dr hab. inż. Piotra Ostrowskiego. Została zredagowana w języku polskim i liczy 124 strony. Składa się z 7 rozdziałów (w tym bibliografii) oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Bibliografia zawiera tylko 34 pozycje przy czym wiele z nich to odniesienia do Dzienników Ustaw lub stron internetowych i patentów. Należy podkreślić, że zaledwie  $\frac{1}{4}$  cytowanych pozycji to publikacje w renomowanych czasopismach naukowych opisujące najnowsze osiągnięcia w dziedzinie rozwiązań i modelowania układów energetycznych rozpatrywanych w pracy. Wśród publikacji znalazły się 2 pozycje Autora rozprawy, wydane w czasopiśmie *Rynek Energii*, w jednej z publikacji Autor doktoratu występuje jako główny Autor publikacji. Na uwagę zasługuje fakt cytowania prac z krajowych ośrodków, co świadczy o pewnej wiedzy Autora na temat realizowanych w Polsce badań.

Podstawowym celem rozprawy, zgodnie z informacjami podanymi w Rozdziale 2, jest „analiza możliwości wdrożenia instalacji dostarczającej ciepło i chłód z centralnego źródła ciepła do odbiorców, zasilanych ze zdalnych węzłów cieplnych - technologii ciepłownictwa hybrydowego”. Natomiast rezultatem przeprowadzonej analizy ma być: „uzyskanie odpowiedzi, czy opisywana technologia będzie mogła być wdrożona na obszarze zarządzanym przez Jednostkę Operatywną Podkarpacie, obszar Krosno, należąca do przedsiębiorstwa FENICE Poland Sp. z o.o.” Ponadto w tym samym rozdziale zapisano, że w zakres pracy wchodzi opracowanie trzech modeli obliczeniowych oraz wskazanie kierunków dalszego rozwoju ciepłownictwa hybrydowego. Podane informacje częściowo się dublują z informacjami podanymi w Rozdziale 1 (Wstęp).

Autor zaprezentował w rozprawie analizę wpływu wybranych parametrów i czynników na pracę poszczególnych układów ciepłowniczych w różnych warunkach klimatycznych jak i na potencjalne zyski lub straty ekonomiczne. Zastosowanie opracowanych algorytmów pozwala śledzić koszty i przychody z produkcji ciepła i chłodu.

Opiniowana praca zawiera:

- a) wstęp,
- b) wieloźródłowy opis stosowanych metodologii, technik ciepłowniczych, typów analiz, innowacji i kierunków rozwoju,
- c) zwięźle sformułowany cel oraz zakres rozprawy,
- d) opis planowanej do wdrożenia koncepcji,
- e) model matematyczny sieci ciepłowniczej obejmujący zagadnienia techniczno-ekonomiczne ,
- f) szczegółową analizę układów poprzedzoną założeniami oraz wykorzystywanymi danymi wejściowymi,
- g) wielowariantowe wyniki obliczeń dla analizowanych konfiguracji układów oraz różnych scenariuszy klimatycznych,
- h) porównanie wyników obliczeń,
- i) opis przedsięwzięcia modernizacyjnego,
- j) dyskusję wyników i zwięźłe podsumowanie, w postaci najistotniejszych wniosków wspartych wynikami.

Przyjęta przez Autora koncepcja, jak i metodyka rozwiązania przedstawionego w rozprawie problemu, zostały dobrane poprawnie i pomimo dokonanych uproszczeń, pozostają właściwe pod względem merytorycznym. Autor, swoją pracą udokumentował dobre opanowanie warsztatu naukowego. Na podkreślenie zasługuje wiedza i umiejętności z zakresu modelowania zagadnień cieplnych i ekonomicznych układów ciepłowniczych oraz implementacja modelu i opracowanie algorytmu dla przeprowadzenia obliczeń komputerowych. W rozprawie, z sukcesem wykorzystano opracowane modele. Modele te wraz z opracowanym algorytmem obliczeniowym i metodyką mogą stanowić istotne narzędzie wspomagające procesy decyzyjne w prawidłowo opomiarowanych i monitorowanych jednostkach wytwórczych.

Do ważniejszych elementów pracy stanowiących oryginalny wkład Autora należy zaliczyć:

1. Opracowanie trzech modeli obliczeniowych ekonomiczno-energetycznych instalacji ciepłownictwa hybrydowego.
2. Opracowanie koncepcji planowanej do wdrożenia instalacji.
3. Wykonanie badań i analiz dla różnych konfiguracji układów i dla różnych warunków klimatycznych.
4. Porównanie kosztów pracy układów dla bieżących warunków cenowych.
5. Zbadanie wpływu zmian parametrów technologicznych dla poszczególnych wariantów analizowanych systemów.
6. Porównanie poszczególnych wariantów układów dla różnych koncepcji ich modernizacji.
7. Analizę wpływu zmian wybranych parametrów wejściowych na wyniki końcowe.

### III. Uwagi rzeczowe i pytania do Autora

Rozprawa jest napisana mało przejrzysto, widoczny jest w niej pośpiech ponadto niektóre kwestie wyszczególnione poniżej wymagają dodatkowego wyjaśnienia:

1. Nie jest jasne jaka jest teza naukowa pracy którą Autor w swojej rozprawie udowadnia? Tezy naukowe rozprawy doktorskiej są kluczowe dla każdego doktoratu niezależnie czy jest to doktorat zwykły czy tzw. wdrożeniowy.
2. Przegląd literatury, pozwalający na zapoznanie się z aktualnym stanem wiedzy w rozpatrywanej tematyce został przeprowadzony niezwykle pobieżnie i zawiera tylko kilka pozycji literaturowych cytowanych wielokrotnie a odnoszących się wprost do tematyki badań. Ponadto w tekście cytowana jest garstka pozycji literaturowych z czasopism o międzynarodowym zasięgu za to dominują Dzienniki Ustaw, strony internetowe i patenty.
3. W rozdziale drugim podano cel i zakres pracy. Jednak nie wszystkie cele wydają się być poprawnie sformułowane i wspierać tytuł rozprawy. Jak podaje Autor rozprawy, jej celem jest analiza możliwości wdrożenia instalacji dostarczającej ciepło i chłód, czego w tytule rozprawy nie znajdziemy, ponadto nie sformułowano jasnych technicznych lub ekonomicznych kryteriów zasadności wdrożenia.
4. Rozdział 4 zatytułowany „Opis koncepcji” zawiera jak się można domyślić koncepcje które, Autor planuje wdrożyć. Niestety w tekście należącym do tego rozdziału nie odniesiono się do tytułu rozdziału, planów i zasadności prezentowanych rozwiązań.
5. Przeprowadzone w pracy analizy odnoszą się jedynie do bieżących cen energii i uwarunkowań. Zabrakło w nich tzw. analizy czułości czyli zbadania wpływu zmiany parametrów wejściowych na uzyskiwane wyniki końcowe. W szczególności w okresie gwałtownie zmieniających się cen nośników energii, taka analiza byłaby wielce pożądana i pozwoliła odpowiedzieć na pytania dotyczące zasadności wdrożenia przedstawionych instalacji nie tylko w chwili obecnej, ale również w przyszłości w potencjalnie innych warunkach ekonomicznych.
6. Dla pomp ciepła analizowanych w badanych instalacjach przyjęto średni współczynnik dla COP. Czy wartość średnia jest istotnie reprezentatywna dla tego typu analiz. Czy przyjęta wartość COP równa 4,0 nie jest zbyt wysoka?
7. W analizie ekonomicznej przyjęto ceny uprawnień do emisji CO<sub>2</sub> na podstawie archiwalnych danych giełdowych. Czy wobec rosnących cen uprawnień przyjmowanie wartości archiwalnych nadal jest zasadne?
8. W analizach przyjęto poza lokalnymi warunkami klimatycznymi również warunki klimatyczne panujące w strefie śródziemnomorskiej a dokładnie dla miasta Barcelona. Jaki cel miały analizy dla zupełnie innej niż strefa klimatyczna występująca w Polsce?
9. Bilans energii oraz przepływy finansowe wykonano w oparciu o dane klimatyczne z roku 2021. Skąd wiadomo, że wskazany rok jest w jakikolwiek sposób reprezentatywny dla innych lat i czy na podstawie tak krótkich analiz można wyciągać konstruktywne wnioski?

10. W pracy w obliczeniach ekonomicznych nie uwzględniono nakładów inwestycyjnych, ponieważ jak wskazuje Autor rozprawy mogłoby to sprawić, że czas zwrotu inwestycji okaże się bardzo długi. Czy pominięcie takich nakładów jest jednak zasadne? Jest oczywiste, że modernizacja, unowocześnienie czy przebudowa sieci ciepłowniczej to niezwykle kosztowne przedsięwzięcia jednak muszą być ekonomicznie uzasadnione i ostatecznie zostać z jakiś źródeł sfinansowane.

#### IV. Strona redakcyjna pracy

Rozprawa doktorska zawiera szereg błędów literowych i niepoprawnych konstrukcji gramatycznych. Zdarzają się zdania urwane lub niejasne stwierdzenia, wprowadzane są slogany. Pomimo dużej liczby wprowadzanych równań i oznaczeń w pracy znajduje się jedynie wykaz terminów, natomiast brak jest wykazu oznaczeń co ułatwiło by analizę wprowadzanych modeli. Znajdujące się w pracy rysunki często nie są ani omawiane ani cytowane w tekście co utrudnia czytanie pracy.

Poniżej zestawiono ważniejsze zauważone w pracy usterki redakcyjne, które jednak nie wpływają znacząco na jego ocenę merytoryczną:

- a) formatowanie spisu treści jest niefortunne,
- b) w pracy występują niepoprawne gramatycznie stwierdzenia lub literówki (s.9) „określono parametry ekonomicznych i przeprowadzono analizę”, (s.16) „straty cieśnienia”, (s.17) „W Tabela 3 zestawiono”, (s.34) „przejęte na podstawie danych”, (s.49) „W tabelach Tabela 9 i Tabela 10”, (s.77) „sieć ciepłą napowietrzna”, (s.112) „Na Rysunek 46 przedstawiono”,
- c) wprowadzono slogany np. (s.15) „podbijanie temperatury wody zasilającej”, (s.77) „najwyższym ubytkiem mocy”,
- d) braki jednostek podawanych wielkości np. (s.37) „ciepło wydzielone przez jedno urządzenie  $q_u$ ”, (s.45) „ $K'_{H_2O}$  - suma kosztów zakupu ciepła przez odbiorcę”,
- e) wg. opisu Tabela 29 przedstawia równocześnie zestawienie kosztów przed jak i po modernizacji co nie jest właściwe. Tabele 37 i 38 ; 39 i 40 oraz 52 i 53 przedstawiają te same wielkości jednak mają zamienione kolejności ostatnich kolumn, co utrudnia porównanie wyników,
- f) rysunki 18, 19, 20 i szereg kolejnych zestawiają koszty przed i po modernizacji, niestety brak legendy nie pozwala w prosty sposób określić które dane dotyczą kosztów przed a które po modernizacji,
- g) wiele stron nie jest numerowanych np. pomiędzy s. 32-35, s. 49-54, s. 69-76,
- h) rysunki 34-36 nie są właściwie zacytowane w tekście, rysunek 37 jest bardzo słabej jakości,
- i) formatowanie literatury nie jest jednolite.

## V. Wniosek końcowy

Przedstawiona praca stanowi pewną zamkniętą całość, dowodzi posiadania przez Autora zasobu wiedzy z zakresu modelowania oraz analizowania układów i systemów ciepłowniczych i to zarówno pod względem energetycznym jak i ekonomicznym. Wskazuje również na opanowanie w stopniu dobrym zagadnień obliczeniowych, metod analizy zjawisk, jak i umiejętności analizowania uzyskanych wyników i ich interpretacji oraz wyciągania logicznych wniosków. Autor w swojej rozprawie w sposób właściwy zaprezentował istotę przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników.

Recenzowana rozprawa doktorska wskazuje na znaczny wkład pracy Autora i dowodzi poprawnego zbadania zagadnienia. Przedstawiona rozprawa pozwala stwierdzić, że Autor stał się specjalistą w zakresie analizowania i modelowania układów ciepłowniczych starego jak i nowego typu.

Podsumowując niniejszą recenzję stwierdzam, że praca doktorska mgra inż. Michała Doffka spełnia oczekiwania stawiane zwyczajowo rozprawom doktorskim, a także wymagania formalne stawiane pracom doktorskim i odpowiada warunkom określonym w Ustawie z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 – art. 13, Dz. U z 2018 r. poz. 1789 – art. 187) i może stanowić podstawę do ubiegania się przez mgra inż. Michała Doffka o stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. W związku z powyższym stawiam wniosek o dopuszczenie rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Michała Doffka do publicznej obrony.



Marek Jaszczur