

wpłynęło dnia 12.04.2021

Ldz. 163/WIMiO/2021

Kielce, 2.04.2021

Prof. dr hab. inż. Magdalena Piasecka
Politechnika Świętokrzyska
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
tel.: (41) 3424320
email: tmpmj@tu.kielce.pl

RECENZJA

przedstawionego osiągnięcia naukowego, wskazanego jako „*Badania miniszczelinowych i minikanalowych wymienników ciepła do zastosowań solarnych*”
oraz ocena aktywności naukowej dra inż. Michała E. Klugmanna
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego

1. Podstawa formalna recenzji

Recenzja została wykonana na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Gdańskiej, przekazane przez jej Przewodniczącego - prof. dra hab. inż. Michała Wasilczuka, wyrażone w piśmie Ldz49/WIMiO/2021 z dnia 2 lutego 2021 r. Opracowano ją zgodnie z wymogami tekstu ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.), określonymi w art. 219 jako warunki nadania stopnia doktora habilitowanego, ust. 1 pkt 2. Przygotowując recenzję kierowano się wytycznymi Rady Doskonałości Naukowej, podanymi w dokumencie dot. „*Recenzji w postępowaniach o awans naukowy*” oraz biorąc pod uwagę „*Dobre praktyki dotyczące recenzowania wniosków w postępowaniach o awans naukowy*” i „*Kodeks Etyki Pracownika Naukowego*”, Wyd. III.

2. Sylwetka dra inż. Michała Klugmanna

Dr inż. Michał Klugmann ukończył studia w 2004 r. na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej (w *Autoreferacie* nie wskazano kierunku odbytych studiów, natomiast wymieniona została Katedra Techniki Ciepłej w miejsce uzupełniających informacji dot. studiów. Zgodnie z dostępnymi informacjami, Kandydat ukończył studia na kierunku systemy i urządzenia chłodnicze i klimatyzacyjne. Tematem jego obronionej pracy magisterskiej były „*Badania wymiany ciepła i masy w adsorpcyjnych urządzeniach klimatycznych*”, przy czym promotorem pracy był dr inż. Marek Jaskólski, a recenzentem - prof. dr hab. inż. Dariusz Mikieliewicz. W latach 2004-2010 Kandydat będąc doktorantem, został zatrudniony na stanowisku asystenta w Katedrze Techniki Ciepłej (później Katedry Energetyki i Aparatury Przemysłowej) Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej. W roku 2010 Kandydat obronił rozprawę doktorską pt. „*Intensyfikacja wymiany ciepła podczas wrzenia w przepływie w kanałach o małej średnicy*”, w rodzimej jednostce, uzyskując stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn. Promotorem pracy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Dariusz Mikieliewicz, a recenzentami: prof. dr hab. inż. Jan Stąsiek oraz prof. nadzw. dr hab. inż. Marian Czapp.

Po obronie doktoratu dr inż. Michał Klugmann został zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Energetyki i Aparatury Przemysłowej, a w okresie 2018-2019 kontynuował pracę na stanowisku starszego wykładowcy. Od roku 2019 Kandydat jest zatrudniony na stanowisku adiunkta dydaktycznego w macierzystej jednostce. Zgodnie ze zmianami strukturalnymi, przeprowadzonymi na Politechnice Gdańskiej (Wydział Mechaniczny połączony został z Wydziałem Oceanotechniki i Okrętownictwa), dr inż. Michał Klugmann aktualnie jest zatrudniony na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, w Instytucie Energii.

3. Dorobek naukowy dra inż. Michała Klugmanna, w tym udział w projektach badawczych

Informacje bibliometryczne dra inż. Michała Klugmanna, podane na dzień złożenia dokumentów przez Kandydata (w *Wykazie osiągnięć naukowych...*), są następujące:

- całkowity wskaźnik **IF** (*Impact Factor*) wszystkich publikacji: **25,828**;
- liczba cytowań według bazy *Web of Science*: **49** (**37** bez autocytowań);
- indeks Hirscha: **5** wg baz *Web of Science* i *Scopus*;
- punkty publikacji zgodnie z odpowiednimi listami ministerialnymi MNiSW: 1315 (bez rozdziału na okresy, w których stosowano różną punktację, informacja nieprecyzyjna).

Najważniejszy naukowy dorobek publikacyjny Kandydata, zwłaszcza dotyczący dorobku habilitacyjnego, zostanie szczegółowo omówiony w dalszej części recenzji (punkty 4-6). Dodam, iż Habilitant w *Wykazie osiągnięć naukowych...* wskazał, iż przygotował 5 recenzji publikacji złożonych do czasopisma *Archives of Thermodynamics*.

Uważam, iż bardzo ważnym aspektem oceny dokonań naukowych dra inż. Michała Klugmanna był jego udział w pracach badawczych. Kandydat brał udział w realizacji pięciu projektów badawczych finansujących badania podstawowe w kraju (projekty MNiSW/NCN), będąc kierownikiem jednego i pełniąc funkcje wykonawcy lub głównego wykonawcy w pozostałych projektach.

Dr inż. Michał Klugmann będąc doktorantem/asystentem, a później adiunktem, brał udział jako główny wykonawca w trzech projektach badawczych MNiSW:

- pt. "*Heat transfer intensification during the flow boiling in small diameter channels*", okres realizacji projektu: lata 2005-2007;
- pt. "*Investigation of critical heat flux in small diameter channels*", okres realizacji projektu: 2006-2009;
- pt. "*Theoretical and experimental investigations on condensation in flow in small diameter horizontal and vertical channels*", okres realizacji projektu: 2009-2012.

Dodam jednakże, iż dane dot. projektów badawczych zostały przedstawione w *Autoreferacie* i *Wykazie osiągnięć naukowych...* w sposób bardzo ogólny. Mimo, iż są to projekty instytucji polskich, tytuły grantów zostały podane w języku angielskim, nie wymieniono typów projektów, kierowników (jeśli Kandydat nie piastował tej funkcji), czy przyznanej kwoty finansowania. Uważam, że oprócz siedmiu prac współautorskich złożonych do oceny dorobku dra inż. Michała Klugmanna, udział Kandydata w projektach badawczych jest istotny dla oceny jego działalności naukowej. Doprecyzuję dane dot. dwóch projektów badawczych NCN, w których dr Klugmann brał udział po obronie doktoratu:

- pt. „*Intensyfikacja wymiany ciepła w dwufazowym obiegu termosyfonowym z miniszczelinowym parownikiem*”, konkurs: SONATA 10, panel: ST8, nr 2015/19/D/ST8/03201, przyznane środki 385 440 PLN, okres realizacji projektu: lata: 2016-2020, dr inż. Michał Klugmann był kierownikiem tego projektu;
- pt. „*Badania eksperymentalne i modelowanie rozplywu czynnika roboczego w minikanalowych i miniszczelinowych płytowych wymiennikach ciepła*”, konkurs: PRELUDIUM 14, panel: ST8, nr 2017/27/N/ST8/02785, przyznane środki: 139 290 PLN, okres realizacji projektu: lata: 2018-2020, kierownik projektu: mgr inż. Paweł Dąbrowski, dr inż. Michał Klugmann był wykonawcą tego projektu.

Na dodatkowy dorobek naukowy Kandydata, który nie został wliczony w skład osiągnięcia naukowego, składa się pięć dodatkowych publikacji z listy JCR z dziedziny nauk inżyniersko-technicznych (wszystkie opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych) oraz siedem referatów, które były skutkiem najważniejszych aktywności konferencyjnych Kandydata. Prace wskazane jako osiągnięcia dla uzyskania stopnia doktora habilitowanego zostaną omówione w kolejnym punkcie recenzji.

Oprócz działalności badawczej bezpośrednio związanej z przedstawianym do oceny osiągnięciem naukowym, dr inż. Michała Klugmanna Habilitant jest zaangażowany również w inne działalności naukowe, związane z tematyką historii zabytków techniki, przy czym niektóre prace z tej z tematyki zostały również opublikowane.

4. Prace wskazane jako osiągnięcia dla uzyskania stopnia dr hab.

Zgodnie z tekstem ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.), określonymi w art. 219, do oceny osiągnięcia naukowego dra inż. Michała Klugmanna można przyjąć z przedstawionych warunków nadania stopnia doktora habilitowanego, ust. 1 pkt 2:

„1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit a”,

gdyż Habilitant nie przedstawił monografii naukowej, ani zrealizowanego oryginalnego osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego, technologicznego czy artystycznego.

Osiągnięcie naukowe, wskazane do oceny dorobku naukowego dra inż. Michała Klugmanna nosi tytuł „*Badania miniszczelinowych i minikanalowych wymienników ciepła do zastosowań solarnych*”. W jego ramach jako najważniejsze wskazano przeprowadzenie kompleksowych, wielowątkowych badań nad zjawiskami cieplnymi i przepływowymi w modelowych wymiennikach ciepła z minigeometrią przepływu.

Na przedstawione przez dra inż. Michała Klugmanna osiągnięcie naukowe składają się poszczególne problemy badawcze, wśród których wskazano:

- 1) badania obiegu termosyfonowego, w którym Kandydat zajął się rozpoznaniem wpływu wybranych parametrów eksperymentalnych (masowe natężenie przepływu i spadek ciśnienia) w parowniku oraz podstawowego parametru geometrycznego miniszczeliny (najmniejszy wymiar: jej głębokość) na wymianę ciepła i spadek ciśnienia w parowniku;

analizą wpływu warunków termicznych i ciśnieniowych na pracę termosyfonu; zagadnieniami niestabilności przepływu oraz analizą struktur przepływu dwufazowego;

- 2) badania wymiany ciepła podczas przepływu z wrzeniem, obejmujące analizy cieplne, cieplno-przepływowe; przy czym porównano wyniki oparte na bazie eksperymentalnej z otrzymanymi przy zastosowaniu równań kryterialnych dostępnych w literaturze przedmiotu; w układzie eksperymentalnym wykorzystywano moduły testowe z zestawem minikanalów lub z pojedynczą miniszczeliną; badania dotyczyły ponadto zagadnień intensyfikacji wymiany ciepła i niwelowania nierównomierności rozprywu płynu (w tym przy zastosowaniu powierzchni rozwiniętych);
- 3) badania nierównomierności rozprywu czynnika w wymiennikach ciepła z minigeometrią, przy adiabatycznym przepływie czynnika przez wymienniki ciepła z zestawem minikanalów oraz miniszczelinie, oparte głównie na badaniach wizualizacyjnych.

Kandydat wspomina również o przeprowadzeniu wstępnych badań wymiany ciepła podczas przepływu z kondensacją (dotyczy zagadnień wymienionych w punktach 1 i 2).

Jako udokumentowanie rezultatów ww. badań, Kandydat wskazał siedem prac, wydanych w recenzowanych i punktowanych czasopismach. Wszystkie zostały opublikowane po otrzymaniu stopnia doktora nauk technicznych przez Habilitanta. W skład cyklu wchodzi prace wymienione poniżej, przy czym zastosowano własną ich numerację, zależną od prestiżu naukowego publikacji. Wymienione w punkcie 4.4 *Autoreferatu* prace opublikowane w ramach osiągnięcia naukowego w dwóch kolejnych podpunktach, tj. „Publikacje recenzowane z listy Journal Citation Reports (JCR), wg Web of Science” (pkt 4.4.1) oraz „Publikacje recenzowane spoza listy Journal Citation Reports (JCR)” (pkt 4.4.2), nie zostały właściwie zakwalifikowane do podanych grup. Poniżej zestawiam spis publikacji przedstawionych do oceny dorobku naukowego Kandydata, przy czym w opisie prac współautorskich przytaczam wskazany udział procentowy Habilitanta, zgodnie z załączonym oświadczeniem oraz ewentualną punktację zgodną z rokiem opublikowania (różną dla lat 2017-2018 i lat 2019-2020):

I) artykuły w czasopismach naukowych, filtrowane przez *Web of Science*,
- posiadające wskaźnik IF

1. Klugmann, Michal; Dabrowski, Pawel; Mikielewicz, Dariusz: *Flow distribution and heat transfer in minigap and minichannel heat exchangers during flow boiling*, 2020. **Applied Thermal Engineering**, Vol. 181, Article Number: 116034, 14 pages;
IF = 4,725, IF (5-letni) = 4,514;
punktacja MNiSW, lata 2019-2020: **140 pkt**;
Wkład procentowy Habilitanta podany został jako **60%** i obejmuje zadania:
Koncepcja badań, koncepcja oprzyrządowania i budowa stanowiska badawczego, zebranie materiału badawczego, napisanie maszynopisu
2. Klugmann, Michal; Dabrowski, Pawel; Mikielewicz, Dariusz: *Flow Boiling in Minigap in the Reversed Two-Phase Thermosiphon Loop*, 2019. **ENERGIES**, Vol. 12, Issue 17, Article Number: 3368, 22 pages;
IF = 2,702, IF (5-letni) = 2,822;
punktacja MNiSW, lata 2019-2020: **140 pkt**;
Wkład procentowy Habilitanta podany został jako **60%** i obejmuje zadania:
Koncepcja badań, koncepcja oprzyrządowania i budowa stanowiska badawczego, zebranie materiału badawczego, napisanie maszynopisu

3. Dabrowski, Pawel; Klugmann, Michal; Mikieliewicz, Dariusz: *Channel Blockage and Flow Maldistribution during Unsteady Flow in a Model Microchannel Plate heat Exchanger*, 2019. **Journal of Applied Fluid Mechanics**, vol. 12, No. 4, pp. 1023-1035; IF=0,689, IF (5-letni) = 1,0;
punktacja MNiSW, lata 2019-2020: **70 pkt**;
Wkład procentowy Habilitanta podany został jako **35%** i obejmuje zadania:
Koncepcja badań, budowa stanowiska badawczego, zebranie materiału badawczego, napisanie maszynopisu
- nie posiadające wskaźnika IF
4. Klugmann, Michal; Dabrowski, Pawel; Mikieliewicz, Dariusz: *Pressure drop related to flow maldistribution in a model minichannel plate heat exchanger*, 2018. **Archives of Thermodynamics**, Vol. 39, Issue 2, pp. 123-146;
punktacja MNiSW, lata 2017-2018: **13 pkt** (lista Ministerialna B)
Wkład procentowy Habilitanta podany został jako **55%** i obejmuje zadania:
Koncepcja badań, koncepcja i budowa stanowiska badawczego, zebranie materiału badawczego, napisanie maszynopisu
5. Klugmann, Michal; Dabrowski, Pawel; Mikieliewicz, Dariusz: *Selected studies of flow maldistribution in a minichannel plate heat exchanger*, 2017. **Archives of Thermodynamics**, Vol. 38, Issue 3, pp. 135-148;
punktacja MNiSW, lata 2017-2018: **13 pkt** (lista Ministerialna B)
Wkład procentowy Habilitanta podany został jako **35%** i obejmuje zadania:
Koncepcja badań, budowa stanowiska badawczego, zebranie materiału badawczego, napisanie maszynopisu
II) artykuł w czasopiśmie dedykowanym dla materiałów pokonferencyjnych, filtrowany przez bazę *Web of Science*
1. Klugmann, Michal; Dabrowski, Pawel; Mikieliewicz, Dariusz: *Selected thermal and flow issues in a reversed thermosiphon with a steam liquid lifter*, 2018. **E3S Web of Conferences**, Vol. 7, Article Number: 02009, 6 pages;
(materiał przedstawiony na *17th International Conference Heat Transfer and Renewable Sources of Energy HTRSE-2018*);
punktacja MNiSW, lata 2017-2018: **15 pkt** (materiały filtrowane przez WoS)
Wkład procentowy Habilitanta podany został jako **60%** i obejmuje zadania:
Koncepcja badań, koncepcja oprzyrządowania i budowa stanowiska badawczego, zebranie materiału badawczego, napisanie maszynopisu
III) rozdział monografii
1. Dabrowski, Pawel; Klugmann, Michal; Mikieliewicz, Dariusz: *Flow maldistribution and its mitigation in mini heat exchangers*, 2019. In: *Contemporary Issues of Heat and Mass Transfer*, Monography No. 360, Faculty of Mechanical Engineering, Publishing House of the Koszalin University of Technology, Koszalin 2019, Vol. 1, pp. 83-109; (ISSN 0239-7129)
Punktacja MNiSW, lata 2019-2020: **20 pkt** – rozdział monografii recenzowanej
Wkład procentowy Habilitanta podany został jako **20%** i obejmuje zadania:
Koncepcja badań, wsparcie merytoryczne

Łącznie na dorobek publikacyjny przedstawiony do oceny osiągnięcia naukowego składa się siedem publikacji, przy czym **trzy z nich posiadają wskaźnik IF**, kolejne trzy mimo braku wskaźnika IF filtrowane są w bazie *Web of Science*, przy czym wszystkie z nich mają przyznane punkty na listach MNiSW, zgodnie z odpowiednimi wytycznymi dla lat 2017-2018 lub 2019-2020. Podkreślę, że **procentowy udział Kandydata w trzech pracach naukowych jest dominujący (60%), a w pozostałych pracach wynosi co najwyżej 35%**. W przypadku pięciu prac wkład Habilitanta w ich powstanie prac wskazany jako: „Koncepcja badań i budowa stanowiska badawczego, zebranie materiału badawczego, napisanie maszynopisu”, czasami też dodatkowo wymieniono „koncepcję oprzyrządowania”, a w jednej z prac podano: „Koncepcja badań, wsparcie merytoryczne”.

Indeks IF publikacji wchodzących w skład ocenianego dorobku badawczego Kandydata:

- całkowity: **8,116**,
- z uwzględnieniem procentowego udziału Kandydata w powstanie tych prac: **4,697**.

Jako zakres prac związanych z osiągnięciem habilitacyjnym, Kandydat wskazał badania realizowane dla trzech wątków: (i) obiegu termosyfonowego, (ii) wymiany ciepła podczas wrzenia w przepływie oraz (iii) nierównomierności rozpyłu czynnika w minigeometriach.

Badania miały charakter eksperymentalny. Główny element stanowisk badawczych stanowiły moduły testowe z miniszczelinami lub grupami minikanalów (zwanymi pakietami) o zmiennych wymiarach geometrycznych. Kandydat podkreślił w *Autoreferacie* swoje autorstwo koncepcji oraz wykonania stanowisk badawczych. Konstrukcje modułów badawczych umożliwiały obserwację struktur przepływu czynnika roboczego w testowanych minigeometriach wymiennika ciepła. W eksperymentach zapewniono porównywalność wymiarów podstawowych miniszczelin i pakietów minikanalów, dążąc do zachowania jednakowego przekroju czynnego geometrii obu struktur modułu testowego. Wlot i wylot czynnika roboczego do/z minigeometrii sekcji testowej następowało poprzez kolektory dolotowe i wylotowe, w różnych konfiguracjach. W badaniach jako czynniki robocze stosowano etanol i wodę zdemineralizowaną. Habilitant koncentrował się na wizualizacji struktur przepływu towarzyszących rozpyłowi czynnika roboczego w sekcji testowej, czy też tworzącym się podczas zmiany fazy (dot. wymiany ciepła przy wrzeniu w przepływie).

Ograniczę się do podsumowań na podstawie wyników we wskazanych przez Kandydata pracach w przedstawionej dokumentacji – poz. od [1] do [5], a także odnośię się do poz. [6] i [7] (dr Klugmann nie nawiązał w *Autoreferacie* do tych prac, mimo iż wskazał je do oceny), zgodnie z zastosowaną przez mnie w niniejszej recenzji numeracją. Koncentrować się będę na kluczowych publikacjach przedstawionych do oceny przez Kandydata, z jego dominującym udziałem w powstanie prac.

Ad. 1. Wyniki badań przedstawiono w dwóch referatach, jednym opublikowanym w **ENERGIES** - czasopiśmie o IF = 2,7 [I-2] oraz drugim, który jest artykułem pokonferencyjnym (konferencja HTRSE-2018) prezentowanym w czasopiśmie online **E3S Web of Conferences** [II-1]. Na prototypowym stanowisku badawczym wykonano badania obiegu termosyfonowego (termosyfon odwrócony). W układzie badawczym wykorzystano moduły testowe wymiennika ciepła o wymiarach 0,1 m x 0,2 m, pracującego w układzie jako parownik. Jego główną część tworzyły minikanaly o głębokości 1 mm, 2 mm oraz 3 mm. Wyniki badań dotyczyły przede wszystkim analiz wpływu podstawowych parametrów cieplno-przepływowych (masowe natężenie przepływu, ciśnienie, temperatura ścianki,

strumień ciepła) i geometrycznych (najmniejszego wymiaru pakietu równoległych minikanalów lub miniszczeliny) na efektywność wymiany ciepła oraz spadku ciśnienia podczas przepływu płynu roboczego przez parownik. Obserwacja struktur przepływu podczas eksperymentów została wykorzystana do ich dalszej analizy. Dodatkowymi zagadnieniami, którymi zajmował się Kandydat, była analiza wartości podstawowych parametrów pracy układów realizowanych na stanowisku, jak również pulsacyjny charakter przepływu i nierównomierności rozprzężu czynnika w strukturze przepływowej wymiennika ciepła. Analizując wkład autorów w powstanie poszczególnych artykułów analizowanych w tym punkcie, najważniejszy z nich był wpływ Kandydata (wkład procentowy 60%, realizowane zadania: koncepcja badań, koncepcja oprzyrządowania i budowa stanowiska badawczego oraz napisanie maszynopisu). Warte podkreślenia jest, że obie prace powstały w ramach projektu NCN, którego kierownikiem był dr inż. Michał Klugmann.

- Ad. 2. Wyniki badań przedstawiono w jednym referacie opublikowanym w **Applied Thermal Engineering** - czasopiśmie o IF = 4,7 [I-1], przy czym dominujący wkład procentowy Kandydata w powstanie tej pracy, jak i realizowane zadania, są identyczne z przytoczonymi powyżej (dot. punktu 1). Badania zostały przeprowadzone na drugim stanowisku pomiarowym z modułem testowym, które stanowił wymiennik ciepła o jednakowej geometrii, jak wykorzystany w eksperymentach, których wyniki podano w publikacjach opisanych w punkcie 1. Był to pakiet równoległych minikanalów lub pojedyncza miniszczelina, przy czym obieg czynnika roboczego w układzie przepływowym został wymuszony pompą. Eksperymenty przeprowadzone na tym stanowisku dotyczyły wymiany ciepła podczas przepływu ze zmianą fazy. Najważniejszym celem przeprowadzonych badań było rozpoznanie wymiany ciepła przy wrzeniu podczas przepływu oraz wyznaczenie współczynników przejmowania ciepła, analizy spadków ciśnienia, badania nierównomierności rozdziału czynnika. Testowano możliwości uzyskania intensyfikacji wymiany ciepła przy zastosowaniu rozwinięcia powierzchni ogrzewanej. Ważnym elementem badań była analiza struktur przepływu dwufazowego oraz porównanie wyników własnych z przyjętymi z literatury. W analizowanej pracy przedstawiono najważniejsze wnioski z przeprowadzonych analiz, przy czym podkreślę, iż w mojej ocenie najciekawsze są otrzymane wyniki eksperymentalne w ramach kompleksowych badań oraz przeprowadzone analizy wyników dla różnych geometrii ministruktur. W obliczeniach cieplnych zastosowano proste analityczne zależności, a analiza struktur opierała się na wnioskach wynikających z analizy zapisanych obrazów przepływających struktur, czy ich sekwencji. W analizach stosowano termodynamiczny stopień suchości, nie zaproponowano nowych równań kryterialnych, natomiast testowane rozwinięcie powierzchni ogrzewanej nie przyniosło oczekiwanych efektów w postaci intensyfikacji wymiany ciepła.
- Ad. 3. Wyniki badań przedstawiono w dwóch artykułach opublikowanych w czasopiśmie **Archives of Thermodynamics** (13 pkt - lista ministerialna B, MNiSW, punkty wg lat 2017-2018), filtrowanych przez bazę *Web of Science*, czasopismo oczekuje na przyznanie współczynnika IF. Udział Kandydata wyniósł 55% i 35%, przy czym w obu pracach dr Klugmann jako zrealizowane przez niego zadania podał: koncepcję badań, koncepcję i budowę stanowiska badawczego, zebranie materiału badawczego oraz napisanie maszynopisu. Najważniejszym zagadnieniem poruszonym w tych publikacjach jest badanie nierównomierności rozprzężu czynnika w testowanych minigeometriach. Zagadnienie to zostało tematem pracy doktorskiej mgra inż. Pawła Dąbrowskiego, przy czym Kandydat został jej promotorem pomocniczym. Zostałam powołana na recenzenta tej pracy, którą wysoko oceniłam, wnioskując

o wyróżnienie. Mgr inż. Paweł Dąbrowski został kierownikiem projektu badawczego NCN - PRELUDIUM, w ramach którego realizowane były prace badawcze i analizy teoretyczne związane z tematyką jego dysertacji doktorskiej. W omawianej publikacji opisano kompleksowe badania eksperymentalne z wizualizacją rozptyłu w testowanych miniprzestrzeniach, które umożliwiły rozpoznanie nierównomierności rozptyłu czynnika, w tym mechanizmy blokowania przepływu, w zależności od natężenia przepływu i wymiaru charakterystycznego minigeometrii.

Dodam, iż dr Klugmann w Autoreferacie podał informację, iż w ramach badań nierównomierności rozptyłu czynnika współpracuje z naukowcem z Indian Institute of Technology Indorem (Prof. R. Kumar).

Jak wspomniałam, Kandydat nie odniósł się w *Autoreferacie* do dwóch ostatnich wykazanych publikacji, numerowanych jako [6] i [7], a w niniejszej recenzji oznaczonych jako I-3 oraz III-1. Jego procentowy udział w powstaniu tych prac nie jest dominujący i odpowiednio wynosi 35% (zadania: Koncepcja badań, budowa stanowiska badawczego, zebranie materiału badawczego, napisanie maszynopisu) oraz 20% (zadania: Koncepcja badań, wsparcie merytoryczne). Obie z wymienionych publikacji dotyczą zagadnienia nierównomierności rozptyłu czynnika w docelowym płytowym wymienniku ciepła z zestawem kilkudziesięciu równoległych minikanalów o przekroju prostokątnym.

- Publikacja I-3, (Dąbrowski, Paweł; Klugmann, Michał; Mikieliewicz, Dariusz: *Channel Blockage and Flow Maldistribution during Unsteady Flow in a Model Microchannel Plate heat Exchanger*, 2019. **Journal of Applied Fluid Mechanics**, vol. 12, No. 4, pp. 1023-1035), ma charakter eksperymentalny. Podstawową część stanowiska badawczego stanowił wymiennik ciepła z zestawem 51 minikanalów o różnych średnicach hydraulicznych. Eksperymenty przeprowadzono w warunkach adiabatycznych, dla zmiennych wartości natężenia przepływu czynnika (wody zdemineralizowanej). Stosowano gładką lub rozwiniętą powierzchnię minikanalów, przy czym kolektory wlotowe i wylotowe posiadały geometrię trójkątną. Analizowano zjawisko blokowania minikanalów, opierając się głównie na badaniach wizualizacji przepływu. Przeprowadzono analizę porównawczą otrzymanych wyników eksperymentów dla gładkiej i rozwiniętej powierzchni minikanalów modułu testowego. Praca została sfinansowana z grantów NCN kierowanych przez Habilitanta (SONATA 10) i jego Doktoranta - mgra Dąbrowskiego (PRELUDIUM 14).
- Rozdział monografii III-1 (Dąbrowski, Paweł; Klugmann, Michał; Mikieliewicz, Dariusz: *Flow maldistribution and its mitigation in mini heat exchangers*, 2019. W: *Contemporary Issues of Heat and Mass Transfer*, Monography No. 360, Faculty of Mechanical Engineering, Publishing House of the Koszalin University of Technology, Koszalin 2019, Vol. 1, pp. 83-109) prezentuje wyniki badań modelowych wymienników ciepła z zestawem 50 minikanalów o przekroju 1 mm x 1 mm. Analizy numeryczne przeprowadzono w oparciu o obliczenia w programie ANSYS Fluent. Założono przepływ etanolu w minikanalach. Przedstawiono propozycję zmodyfikowania konstrukcji kanałów zbiorczych, która pozwoliłaby na zmniejszenie nierównomierności rozptyłu płynu w minikanalach. Modyfikacja geometrii obejmowała wykonanie dodatkowego elementu w sekcji wlotowej, tzw. progów. Opierając się na wynikach uzyskanych z obliczeń numerycznych, przeanalizowano kilka wariantów geometrii progów, w tym: prostokątnego, trapezowego, trójkątnego oraz parabolicznego. Symulacje w środowisku ANSYS stanowiły indywidualny wkład mgra Dąbrowskiego w powstanie pracy, a publikacja została sfinansowana ze środków grantu, którym kierował Doktorant.

Podsumowując, zagadnienia prezentowane w obu omówionych skrótowo pracach są ściśle powiązane z tematyką pracy doktorskiej mgr inż. Pawła Dąbrowskiego i stanowią integralną część tej pracy. Jednakże, dysertacja była objęta również merytorycznym wsparciem dra inż. Michała Klugmanna, jako promotora pomocniczego Doktoranta. Promotorem głównym tej pracy doktorskiej i trzecim autorem analizowanych publikacji był Prof. Dariusz Mikieliewicz. Jeżeli Habilitant był promotorem pomocniczym pracy doktorskiej, to tematyka i wskazywane zagadnienia w dorobkach naukowych obu naukowców (praca doktorska, dorobek habilitacyjny) zgodnie z uznawanymi powszechnie w środowisku naukowym zasadami mogą się uzupełniać, a nawet częściowo pokrywać, zwłaszcza gdy wskazywane przez Kandydata są zadania: „koncepcja badań” czy „wsparcie merytoryczne”. W przypadku wniosku o stopień doktora habilitowanego oczekiwany jest, aby dorobek naukowy Kandydata został oceniony jako znaczny wkład naukowy w rozwój dyscypliny. Biorąc pod uwagę wymienione przez dra Klugmanna wątki realizowane w ramach badań oraz wskazanie, że stanowiska badawcze powstały w wyniku realizacji jego koncepcji, przeprowadzone na podstawie wyników badań analizy i wnioski wliczają się do jego osiągnięć, a ten aspekt uważam za istotny w dorobku naukowym dra inż. Michała Klugmanna. Podkreślę jednak, że można było oczekiwać od Kandydata, aby wydane zostały indywidualne prace jego autorstwa, przykładowo w formie monografii.

5. Podsumowanie osiągnięcia naukowego Habilitanta przedłożonego do recenzji

Oceniam, że wymienione w poprzednim punkcie materiały tworzą cykl publikacji powiązanych tematycznie. Cykl prac dotyczy szerokiego zakresu analizy zjawisk przepływowych i cieplnych w wymiennikach cieplnych z minigeometrią. Tematyka cyklu publikacji, jak i stosowane przez Kandydata metody badawcze, pozwalają zakwalifikować pracę do dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. Dr inż. Michał Klugmann w podanych do oceny pracach zajmował się zagadnieniami, które nie zostały w wystarczającym stopniu opisane, przeanalizowane i rozwiązane. Publikacje stanowią ciekawe kompendium podjętej tematyki i zawarto w jej części głównej oryginalne nowe poznawczo metody. Wyniki prac Habilitanta opublikowane zostały w czasopismach naukowych, również wysoko punktowanych. Wyniki badań zamieszczone w przedstawionych do oceny pracach są oryginalnym dorobkiem Habilitanta, są aktualne i wnoszą wartościowy wkład w zgłębianie problemów naukowych w tematyce zagadnień cieplnych i przepływowych, dotyczących wymienników ciepła z minigeometrią.

6. Podsumowanie osiągnięć publikacyjnych Kandydata, nie wchodzących w skład osiągnięcia naukowego oraz jego aktywności konferencyjnej

Część działalności publikacyjnej Kandydata, która nie została wskazana do oceny osiągnięcia naukowego dotyczyła badań wymiany ciepła, spadku ciśnienia i intensyfikacji wymiany ciepła przy wrzeniu podczas przepływu czynników chłodniczych przez minikanaly. Część wymienionych zagadnień była realizowana przez dra Klugmanna w ramach jego pracy doktorskiej, a niektóre z opublikowanych prac związane były z jego udziałem w funkcji wykonawcy/głównego wykonawcy w kilku grantach badawczych, po uzyskaniu stopnia doktora. Habilitant jest współautorem pięciu publikacji indeksowanych z listy JCR, których nie włączył do ocenianego dorobku naukowego dla uzyskania habilitacji. Jest współautorem siedmiu artykułów konferencyjnych, opublikowanych w ramach uczestnictwa w konferencjach organizowanych w Polsce, w większości o charakterze międzynarodowym, (te aktywności konferencyjne związane były z pracą dokorską lub powstały po jej obronie).

7. Ocena osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzacyjnej naukę

Dr inż. Michał Klugmann prowadził zajęcia dydaktyczne z przedmiotów: *Wymiana i wymienniki ciepła*, *Termodynamika*, *Inżynieria ochrony środowiska* oraz *Komunikacja profesjonalna w języku angielskim*. Przedstawiał wykłady z autorskich przedmiotów dot. techniki termograficznej oraz wykładu nt. „*Historia i zabytki cywilizacji*” (później wykładu przedmiotu pt. „*Losy cywilizacji*”). Jest promotorem 52 prac inżynierskich i 12 prac magisterskich. Pełnił funkcję promotora pomocniczego jednego przewodu doktorskiego (mgra inż. Pawła Dąbrowskiego, publiczna obrona pracy odbyła się 31 marca b.r.). Kandydat nie posiada wybitnych osiągnięć dydaktycznych, jednakże wskazał w *Autoreferacie*, iż jego sumienność w działalności dydaktycznej jest pozytywnie oceniana przez studentów. Z działalności organizacyjnych można wymienić udział Kandydata jako członka komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji *53rd European Two-Phase Flow Group Meeting*. W kategorii „popularyzacja nauki” Kandydat wskazał liczne aktywności i osiągnięcia, związane z historią zabytków techniki. Współpracuje m. in. z innymi wydziałami Politechniki Gdańskiej jako ekspert do spraw zabytków techniki, prowadzi aktywnie działalność związaną z badaniem, ratowaniem i ochroną zabytków techniki. Na polu współpracy z otoczeniem gospodarczym i naukowym można również podkreślić jego liczne działalności, w tym współpracę z Wojewódzkim Funduszem Ochrony Środowiska, Wojewódzkim Inspektorem Ochrony Środowiska, Gdańską Infrastrukturą Wodociągowo-Kanalizacyjną Sp. z o.o., Archiwum Państwowym w Gdańsku czy Biblioteką Gdańską PAN. Aktywnie uczestniczy w organizowaniu imprez popularnonaukowych rodzimej uczelni, w tym Bałtyckiego Festiwalu Nauki czy Europejskiej Nocy Muzeów. Jest autorem lub współautorem sześciu publikacji naukowych z tematyki historii techniki. Wobec powyższego, osiągnięcia popularyzujące naukę Kandydata oceniam jako wyróżniające.

8. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę przedstawione przez dra inż. Michała E. Klugmanna osiągnięcie naukowe, wskazane jako „*Badania miniszczelinowych i minikanalowych wymienników ciepła do zastosowań solarnych*”, stwierdzam, że można osiągnięcie to ocenić jako spełniające formalne warunki nadania stopnia doktora habilitowanego, sformułowane w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.), a określone w art. 219, ust. 1 pkt 2. Wobec powyższego, wioskuję o dopuszczenie Pana dra inż. Michała E. Klugmanna do dalszego postępowania habilitacyjnego.

Magdalena Biarczyk