



Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Kaliszu
im. Prezydenta Stanisława Wojciechowskiego
WYDZIAŁ POLITECHNICZNY
62-800 Kalisz, ul. Poznańska 201-205
tel. 62/ 76-79-555, 62/ 76-79-682, 62/ 76-79-660

dr inż. Karol Prałat

*Właściwości wybranych polimerów termoizolacyjnych istotne
w ograniczeniu strat ciepłych środowiska wewnętrznego*

Autoreferat

Załącznik 2 do wniosku

o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

(wersja polska)

KALISZ 2015

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko

Karol Prałat

2. Posiadane stopnie naukowe

- a) Dyplom ukończenia studiów magisterskich, Wydział Chemii Spożywczej i Biotechnologii Politechniki Łódzkiej, Łódź 2000. Tytuł rozprawy: *Ocena aktywności ureazy Corynebacterium glutamicum w procesie biosyntezy kwasu L-glutaminowego z różnych źródeł węgla.*
- b) Dyplom doktora nauk technicznych, Wydział Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2008. Tytuł rozprawy: *Badanie korelacji właściwości reologicznych i termicznych układów nienewtonowskich.*

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu

- a) Wykładowca, Instytut Politechniczny, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Kaliszu, 2001-2008,
- b) Starszy Wykładowca, Instytut Politechniczny, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Kaliszu, 2008-2011,
- c) Starszy Wykładowca, Wydział Politechniczny, kierunek: Inżynieria Środowiska, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Kaliszu, 2011-nadal.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

- a) tytuł osiągnięcia naukowego: jednotematyczny cykl publikacji pt.:
Właściwości wybranych polimerów termoizolacyjnych istotne w ograniczeniu strat cieplnych środowiska wewnętrznego.
- b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

[1] Lubomira Broniarz-Press, Karol Prałat: *Experimental studies on thermal conductivity of polymer solutions as a function on shearing rate and their rheological properties.* Proceedings of the 7th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, (ExHFT-7), Full text MT-19, pp. 2115-2122, 28.Juni - 3.Juli 2009, Krakow, (udział 50%).

- [2] Lubomira Broniarz-Press, **Karol Prałat**: *Shear rate dependent thermal conductivity measurements of stokesian liquids*. Proceedings of the 8th World Congress of Chemical Engineering (WCCE), Montreal, Canada, 23-27 August, 2009 (udział 50%). www.researchgate.net/publication/265805689 (18.08.2015)
- [3] Lubomira Broniarz-Press, **Karol Prałat**: *Thermal conductivity of Newtonian and non-Newtonian liquids*. International Journal of Heat and Mass Transfer, 52(2009), pp. 4701-4710 (udział 50%).
- [4] Dariusz Heim, **Karol Prałat**, Andrzej Mrowiec: *Zastosowanie metody "gorącej nici" do wyznaczania przewodności cieplnej płynnych kwasów organicznych*, Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 49 (41), nr 1, 51-52 (2010) (udział 70%).
- [5] Dariusz Heim, **Karol Prałat**, Andrzej Mrowiec: *Badania przewodności cieplnej organicznych materiałów fazowo zmiennych przy zastosowaniu metody „gorącej nici”*. Fizyka budowy w teorii i praktyce, Tom V, Nr 2, str. 15-20, Łódź 2010 (udział 50%).
- [6] Dariusz Heim, **Karol Prałat**, Andrzej Mrowiec: *Udoskonalona metoda pomiarów przewodności cieplnej płynów – stanowisko badawcze małych mocy*. Fizyka budowy w teorii i praktyce, Tom VI, Nr 2, str. 35-40, Łódź 2011 (udział 70%).
- [7] Dariusz Heim, **Karol Prałat**, Andrzej Mrowiec: *Zastosowanie stanowiska badawczego małych mocy do pomiarów przewodności cieplnej cieczy o gęstości większej od wody*. Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 53, nr 1, 21-22 (2014) (udział 70%).
- [8] Dariusz Heim, Andrzej Mrowiec, **Karol Prałat**: *Analysis and interpretation of results of thermal conductivity obtained by the hot wire method*, Experimental Techniques, (2014) (udział 50%).
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ext.12092/full> (on-line 30.04.2014).
- [9] **Karol Prałat**: *Research on thermal conductivity of the wood and analysis of results obtained by the hot wire method*, Experimental Techniques, (2015) (udział 100%)
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ext.12143/full> (on-line 12.06.2015).
- [10] **Karol Prałat**: *Zastosowanie metody elektrokolorymetrycznej do wyznaczania ciepła właściwego wodnych roztworów soli sodowej karboksymetylocelulozy* Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 54, nr 1, 14-15 (2015) (udział 100%).
- [11] **Karol Prałat**: *Comparison of electrocalorimetric and cooling methods to determine specific heat of aqueous solutions of the sodium salt carboxymethylcellulose*, Arabian Journal for Science and Engineering, (2015) (udział 100%).
<http://link.springer.com/article/10.1007/s13369-015-1858-8> (on-line 12.09.2015).

[12*] Karol Prałat: *Determining specific heat of aqueous solutions of the sodium salt carboxymethylcellulose with cooling method*, Chemical and Process Engineering, praca złożona do recenzji w 2014 roku (udział 100%).

c) omówienie celu naukowego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Współczesne państwa i gospodarki światowe rozumieją i widzą potrzeby ochrony środowiska. Troska ta, wyraża się w dążeniu do niższej emisji gazów cieplarnianych, ochrony wód, gleby, zmniejszenia hałasu, zagospodarowania odpadów, recyklingu, poszukiwaniu alternatywnych źródeł energii oraz szeroko pojętą energooszczędnością. Współczesne budownictwo, w którym spędzamy do 80% naszego życia, stanowi istotny element naszego środowiska i krajobrazu. Bardzo ważne podczas projektowania i wykonywania budowli jest przede wszystkim zapewnienie odpowiedniego stanu środowiska wewnętrznego, zarówno pod kątem zdrowotnym jak też wygody użytkownika. Dla wielu, priorytetem jest również poszanowanie środowiska naturalnego.

Działania nauki oraz przemysłu bardzo mocno wpisują się w ograniczenie strat cieplnych środowiska wewnętrznego. Dzięki zastosowaniom różnych metod dąży się do zmniejszenia zapotrzebowania na energię i jej zużycia. W większości typów budowli tematyka energooszczędności jest pierwszoplanowa i dominująca, dążąca do stanu umożliwiającego osiągnięcie w jak największym stopniu niezależności energetycznej budynku od zewnętrznych systemów zasilania. Energooszczędność staje się standardem w nowoczesnym budownictwie.

W budynkach ekologicznych wprowadza się różne metody redukcji energochłonności, mające na celu zmniejszenie zużycia energii konwencjonalnej, a w konsekwencji ochronę środowiska. Powyższy cel jest osiągany głównie przez:

- wykorzystanie energii ze źródeł alternatywnych (odnawialnych),
- stosowanie systemów odzyskujących ciepło,
- wprowadzanie niekonwencjonalnych metod pozyskiwania, magazynowania oraz konwersji energii.

Budownictwo energooszczędne najnowszej generacji wykorzystuje różne metody zamiany energii promieniowania słonecznego. Podstawowymi sposobami są:

1. Pasywne słoneczne rozwiązania, które wykorzystują kształt, ustawienie bryły budynku do gospodarowania dostępną energią słoneczną. Przekłada się to na odpowiedni projekt architektoniczno-budowlany. Układy pasywne wykorzystują i pochłaniają padające na elementy budynku promieniowanie słoneczne. Wykorzystywane są odpowiednie ściany akumulujące energię działające jako swoiste magazyny. Ogrzane powietrze (pozyskana energia) rozprowadzane jest kanałami do pomieszczeń.
2. Aktywne rozwiązania słoneczne, które są najczęściej rozwiązaniami instalacyjnymi. W układach takich ma miejsce konwersja fototermiczna czyli

przemiana energii promieniowania słonecznego w energię ciepłą lub konwersja fotowoltaiczna czyli przemiana w energię elektryczną.

3. Rozwiązania konstrukcyjno-materiałowo-instalacyjne zmierzające do zastosowania innych niekonwencjonalnych metod pozyskiwania energii zawartych w środowisku naturalnym na przykład wykorzystując pompy ciepła oraz niekonwencjonalnych metod jej magazynowania w gruncie, złożach kamiennych, substancjach o niskiej temperaturze przemian fazowych. Nowoczesne rozwiązania mogą obejmować: systemy odzyskiwania ciepła, sterowanie warunkami mikroklimatu środowiska wewnętrznego, pomiary zużycia energii, nieklasyczne konstrukcje okien o niskich wartościach współczynnika przenikania ciepła. Obecnie, bardzo szeroką dziedziną nauki w ramach nowoczesnych, pro-środowiskowych rozwiązań materiałowych jest poszukiwanie izolacji oraz kompozytów budowlanych o niskich wartościach współczynnika przewodnictwa cieplnego λ .

Uzyskiwanie niskich wartości współczynnika przewodnictwa cieplnego λ materiałów izolacyjnych i budowlanych dokonuje się obecnie za pomocą dodatku lub wbudowania w ich strukturę materiałów zmiennofazowych (PCM), które są w stanie absorbować, akumulować i uwalniać dużą ilość energii w zakresie temperatury przemiany fazowej. W trakcie pochłaniania energii temperatura materiału nie ulega zmianie. Wykorzystywanymi w pracach materiałami są zarówno związki nieorganiczne (uwodnione sole) jak też organiczne (parafiny, kwasy tłuszczowe, ciecze jonowe).

Nowym i słabo jeszcze poznanym sposobem obniżania wartości współczynnika λ jest dodatek do materiałów budowlanych polimerów rozpuszczalnych w wodzie. Przypuszcza się, że dodatek polimeru ma znaczący wpływ na krystalizację siarczanu wapnia (gipsu) oraz na szybkość i sposób wiązania w nim wody.

Istotną jest wiedza podstawowa zmierzająca do poznania stałych materiałowych wodnych roztworów polimerów, takich jak: lepkość η , przewodnictwo cieplne λ czy ciepło właściwe C_p . Drugim bardzo ważnym aspektem jest wpływ polimeru na wartość przewodnictwa gotowych materiałów budowlanych – głównie gipsów.

W swojej pracy poznawczej i doświadczalnej opisanej w rozprawach [1-12*] oraz niepublikowanych materiałach zajmowałem się głównie:

- I) badaniem właściwości termicznych roztworów polimerów, w szczególności soli sodowej karboksymetylocelulozy (Na-CMC), projektując odpowiednie stanowiska badawcze, wykonując je oraz wyznaczając przewodność cieplną λ oraz ciepło właściwe C_p .
- II) opracowaniem szybkiej metody wyznaczania przewodności cieplnej λ cieczy oraz materiałów izolacyjnych na przykład drewna.
- III) wykorzystaniem właściwości wybranych wodnych roztworów polimerów termoizolacyjnych (soli sodowej karboksymetylocelulozy Na-CMC oraz

hydroksymetyloetylocelulozy HMEC) istotnych w ograniczeniu strat ciepłych środowiska wewnętrznego do otoczenia, w budownictwie i inżynierii środowiska, zmierzającym do uzyskiwania nowych kompozytów gipsowych o zmniejszonych wartościach przewodności cieplnej λ ; ponadto opracowaniem metody pomiaru przewodności cieplnej zmodyfikowanych materiałów budowlanych.

W pracach [1-3] przedstawiono analizę teoretyczno-doświadczalną korelacji współczynników przewodzenia ciepła cieczy i ich właściwości reologicznych, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu szybkości ścinania i temperatury. Przedstawiono analizę stanu badań współczynników przewodzenia ciepła w układach nienewtonowskich. Wykazano w pracy znaczący wpływ nie tylko temperatury, ale również szybkości ścinania, na wartość współczynnika przewodzenia ciepła λ układów nienewtonowskich. Ponadto podjęto próby powiązania właściwości reologicznych i termicznych układów o złożonych właściwościach przepływowych.

Pomiar wartości współczynników przewodzenia ciepła wykonywano podczas ruchu obrotowego zewnętrznego cylindra w układzie współosiowych cylindrów. Istniała konieczność rozwiązania dokładnego pomiaru temperatury podczas ruchu zewnętrznego cylindra, albowiem we wcześniejszych opracowaniach literaturowych autorzy zmuszeni byli stosować uproszczenia i przybliżenia. Na potrzeby badań zaprojektowano i wykonano bezprzewodowy układ pomiarowy do pomiaru temperatury na wirującym, zewnętrznym cylindrze.

Za innowacyjne rozwiązanie pomiaru temperatury na wirującym cylindrze opisywanym w wyżej wspomnianych pracach, otrzymałem wyróżnienie w III edycji konkursu (2011) *Kuźnia Talentów* organizowanego przez Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego w ramach projektu systemowego *Regionalne sieci innowacji i promocja innowacji w regionie*.

Pomiary wykonano dla trzech cieczy newtonowskich: wody, oleju napędowego oraz 50%-owego wodnego roztworu gliceryny i 18 wodnych roztworów polimerów. Były to mieszaniny, nieelastycznych płynów nienewtonowskich rozrzedzanych ścinaniem. W badaniach przewodnictwa cieplnego wykorzystano układ współosiowych cylindrów własnej konstrukcji. Stwierdzono, że wartości współczynników przewodzenia ciepła cieczy newtonowskich nie zależą od wartości szybkości ścinania. Parametrem determinującym zmiany jest jedynie temperatura. Badania potwierdziły słuszność założenia, że współczynniki te zachowują dla płynów newtonowskich cechy stałej materiałowej.

Wykazano ponadto, że przewodzenie ciepła λ dla przebadanych płynów nienewtonowskich zależy od ich charakterystyk reologicznych, szybkości ścinania i temperatury. Znaczący wpływ na parametry cieplne miała również masa molowa rozpuszczonego polimeru. Wartości λ dla roztworów polimerów rosły liniowo ze wzrostem szybkości ścinania $\dot{\gamma}$ i temperatury T . Efekt ten opisano zależnością korelacyjną:

$$\lambda = a_0 + a_1 \cdot \dot{\gamma} + a_2 \cdot T + a_3 \cdot \dot{\gamma} \cdot T$$

Wzrost stężenia polimeru w roztworze wodnym powodował spadek wartości współczynnika λ . Jednocześnie zaobserwowano, iż wzrost masy molowej w przypadku roztworu soli sodowej karboksymetylocelulozy lub częściowe zhydrolizowanie polimeru poliakryloamidu w roztworze, powodowało wzrost wartości współczynnika przewodzenia ciepła.

W układach nienewtonowskich zaobserwowano występowanie krytycznych wartości szybkości ścinania, poniżej których współczynniki przewodzenia ciepła nie zależą od szybkości ścinania. Wszystkie przebadane ciecz newtonowskie oraz nienewtonowskie wykazały malejące przewodnictwo cieplne λ wraz ze wzrostem lepkości η . Zarówno ciecz newtonowskie jak i nienewtonowskie można opisać funkcją wielomianową:

$$\lambda = C - C_1 \cdot \eta + C_2 \cdot \eta^2 - C_3 \cdot \eta^3$$

Rozważania w pracach [1-3] stały się początkiem lepszego i pełniejszego poznawania właściwości fizykochemicznych wodnych roztworów polimerów. Celem kolejnych prac badawczych było przeprowadzenie pomiarów ciepła właściwego wybranych cieczy, szczególnie wodnych roztworów Na-CMC. Zaprojektowany i wykorzystany w badaniach kalorymetr został zbudowany na podstawie rozwiązania znanego w tematyce przedmiotu. Zmiany w konstrukcji, polegały na rozmieszczeniu w układzie czterech czujników Pt-100. Rejestrowana temperatura była średnią wartością, otrzymaną w wyniku czterech pomiarów.

W badaniach wodnych roztworów polimerów bardzo ważne jest określenie ich parametrów fizyko-chemicznych, takich jak: lepkość, przewodnictwo cieplne, ciepło właściwe. Ten sam polimer (np.: Na-CMC), różnić się może między innymi: masą molową czy stopniem podstawienia. Handlowe partie tego samego polimeru wytwarzane w odstępach czasowych, posiadać mogą różne właściwości reologiczne i termiczne. Cechy polimeru, są często bardzo zróżnicowane w zależności od jego producenta i technologii wytwarzania. Zasadne jest zatem opracowanie metody wyznaczania nieznanymi wartości ciepła właściwego C_p . W praktyce inżynierskiej należy każdorazowo wyznaczać właściwości fizyko-chemiczne wodnych roztworów polimerów. W pracy podjęto próbę pomiaru ciepła właściwego soli sodowej karboksymetylocelulozy. Zwieńczeniem tych rozważań, była praca [10].

Uzyskane eksperymentalnie wartości ciepła właściwego cieczy wzorcowych nie przekraczały 1,1% błędu, w porównaniu z danymi literaturowymi. Dobra zgodność otrzymanych wartości ciepła właściwego uzyskanego podczas eksperymentu, w porównaniu z danymi literaturowymi, pozwoliła na wykorzystanie stanowiska pomiarowego do wyznaczenia nieznanymi wartości ciepła właściwego, wodnych roztworów Na-CMC. W przypadku polimeru, wraz ze wzrastającym stężeniem,

wzrasta ciepło właściwe. Istotny wpływ na otrzymane wyniki ma również masa molowa. Najwyższe wartości C_p , uzyskano dla Na-CMC o masie molowej $7 \cdot 10^5$ [kg/kmol] i stężeniu 0,005 [kg p/kg]. Otrzymany wynik był o ponad 15% wyższy od wody.

Równolegle, do wspomnianej pracy [10], przeprowadzono badania mierzące do wyznaczania ciepła właściwego wodnych roztworów Na-CMC metodą ostygnięcia [11,12]. W pracach tych przedstawiono metodę wyznaczania ciepła właściwego cieczy metodą opierającą się na prawie ostygnięcia Newtona. Na potrzeby eksperymentu zbudowano stanowisko pomiarowe, pozwalające wyznaczyć ciepło właściwe dwóch cieczy wzorcowych o gęstości mniejszej i większej od wody. Obliczone wartości ciepła właściwego porównano z wartościami literaturowymi. Błąd pomiaru był mniejszy niż 1%. Ponadto, dzięki stanowisku pomiarowemu wyznaczono ciepło właściwe wodnych roztworów Na-CMC o różnym udziale masowym polimeru w mieszaninie. Najwyższe wartości C_p , uzyskano dla wodnych roztworów Na-CMC o masie molowej $M = 7 \cdot 10^5$ [kg kmol⁻¹] i stężeniu $u_p = 0,005$ [kg p kg⁻¹]. Otrzymany wynik był o ponad 19% wyższy od wody. Dla badanych roztworów polimerów zaproponowano uogólnioną zależność:

$$C_{Na-CMC} = D \cdot \ln u_p + E$$

Interesującym elementem w rozważaniach, było poznanie wszystkich stałych fizyko-chemicznych, występujących w liczbie Prandtla dla posiadanego polimeru. Na podstawie prac [1-3, 10-12] zaproponowano zależność umożliwiającą obliczenie liczby Prandtla wodnych roztworów soli sodowej karboksymetylocelulozy:

$$Pr = \frac{C_p \cdot \eta}{\lambda} = 2.095 K^{0.95} C_p \gamma^{0.881 n - 1.021}$$

W pracy [11] dokonano porównania dwóch metod (elektrokalorymetrycznej oraz ostygnięcia) wyznaczania ciepła właściwego wodnych roztworów polimerów wskazując na ich zalety oraz wady. Wyniki badań opisane w powyższych pracach przedstawione były również na światowych kongresach Inżynierii Chemicznej w Pradze, Krakowie oraz Montrealu i wydane w materiałach pokonferencyjnych.

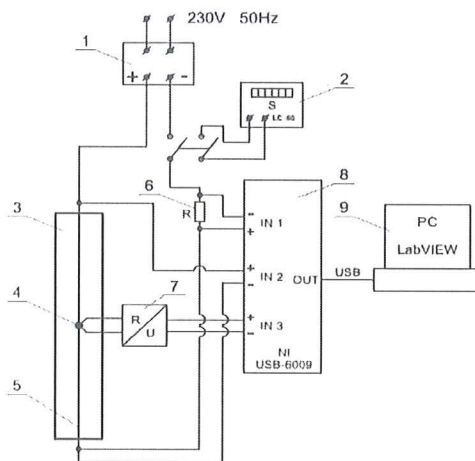
Inżynieria środowiska obejmuje swoim zakresem przedsięwzięcia dążące do zachowania środowiska przyrodniczego w stanie równowagi oraz zachowania jego możliwości do samo-regeneracji i samooczyszczania. Podejmuje takie działania człowieka w środowisku jak: budownictwo, rolnictwo i przemysł. Zgodnie z szeroko rozumianym pojęciem *poszanowania energii* poszukuje się związków, mieszanin, kompozytów o niskiej wartości przewodnictwa cieplnego λ , umożliwiających tworzenie nowych materiałów izolacyjnych wykorzystywanych w budownictwie.

Na podstawie analizy źródeł literaturowych, stwierdzono ograniczoną ilość danych dotyczących przewodności cieplnej materiałów fazowo-zmiennych organicznych, w tym eutektycznych mieszanin kwasów tłuszczowych. Pomiar tego parametru są dodatkowo złożone z uwagi na zachodzące, w różnych zakresach temperatur, przemiany fazowe. Na potrzeby badań zaprojektowano i wykonano urządzenie pomiarowe do pomiaru współczynnika λ metodą *gorącego drutu*. Zaproponowana metoda pomiarowa ma uniwersalny charakter, a jednocześnie charakteryzuje się dużą dokładnością. Może być stosowana zarówno dla ciał sypkich i stałych, jak płynów o różnorodnej wielkości i kształcie próbek. Ważną zaletą metody, podczas dokonywania pomiaru płynów, jest możliwość wyeliminowania wpływu konwekcji. Stosowana jest do badania materiałów o stosunkowo niewielkiej przewodności cieplnej. W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano wartości współczynników przewodzenia ciepła pięciu wybranych, czystych kwasów tłuszczowych. Badania przeprowadzono niezależnie dla materiałów w stanie ciekłym i stałym [4].

Na podstawie analiz wyników badań trzech wybranych, czystych kwasów tłuszczowych nie zaobserwowano bezpośredniej zależności współczynnika przewodzenia ciepła od ilości atomów węgla w cząsteczce. Istotne różnice zaobserwowano u materiałów w różnym stanie skupienia. Najniższe wartości współczynnika przewodzenia ciepła w obu stanach skupienia otrzymano dla kwasu heksanowego 0,125 W/(m·K) (w stanie stałym) oraz 0,132 W/(m·K) (w stanie płynnym). Największą przewodnością cieplną charakteryzował się kwas dekanowy 0,170 W/(m·K) (w stanie stałym) oraz 0,292 W/(m·K) (w stanie płynnym) [4,5].

Ciągle ulepszając i rozwijając stanowisko pomiarowe, wykorzystano je do pomiarów przewodności cieplnej cieczy [6-8]. W pracach przedstawiono udoskonaloną metodę pomiarów współczynnika przewodzenia ciepła metodą *gorącego drutu* przy małych mocach emitowanych przez element grzejny, dla wybranych cieczy: wody oraz trzech cieczy o gęstości większej od wody. Na potrzeby eksperymentu wykonano precyzyjny analogowy przetwornik pomiaru temperatury R/U, własnej konstrukcji. W stanowisku pomiarowym, do drutu oporowego przymocowano na stałe małogabarytowy, rezystancyjny platynowy czujnik temperatury Pt500. Czujnik pomiarowy w układzie mostkowym zasilano prądem stałym o wartości $I=0,8$ mA, ze skompensowanego temperaturowo źródła prądowego LM 234, a powstałe na nim napięcie wzmacniano wykorzystując precyzyjny wzmacniacz operacyjny typu INA 122. Czujnik Pt 500 z układem pomiarowym tworzył precyzyjny analogowy przetwornik pomiaru temperatury z wyjściem napięciowym. Analogowy przetwornik temperatury R/U podłączono do komputerowego stanowiska pomiarowego składającego się z wejściowego wielofunkcyjnego 14-bitowego przetwornika A/C typu NI USB-6009 firmy *National Instruments* z interaktywnym oprogramowaniem do rejestracji i pomiarów. Komputer PC wyposażono w sterowniki NI-DAQmx i NI-LabVIEW do obsługi modułu pomiarowego. Wyniki pomiarów,

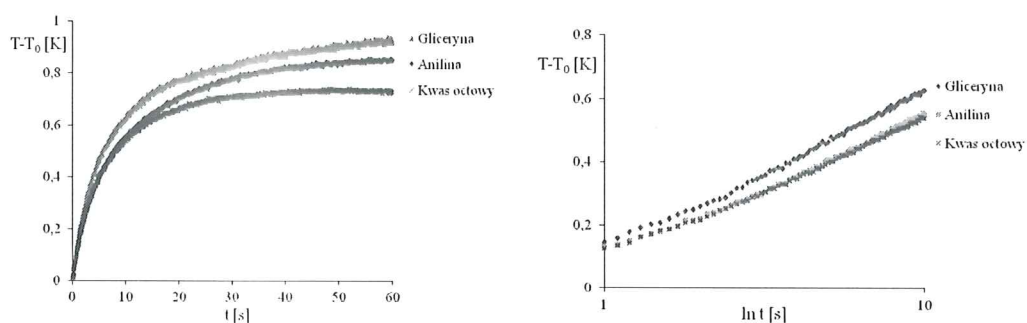
rejestrowano wykorzystując system komputerowy PC z czasem próbkowania co 0,1 sekundy (Rys. 1). Główną częścią układu pomiarowego była komora badawcza, w której zamontowano drut oporowy z powłoką izolacyjną o średnicy 0,2 mm.



Rys. 1. Stanowisko eksperymentalne do pomiaru przewodności cieplnej cieczy:

- 1 – zasilacz prądu stałego, 2 – stoper, 3 – testowana próbka, 4 – czujnik rezystancyjny Pt500,
5 – drut grzejny, 6 – rezystor wzorcowy 100 Ω , 7 – przetwornik temperatury, 8 – rejestrator danych,
9 – PC computer

Korzystając z zaprojektowanego i zbudowanego stanowiska badawczego, wykonano doświadczalne pomiary współczynnika przewodzenia ciepła czterech cieczy. Dla każdej z nich wykonano po siedem pomiarów w serii, przy wybranej mocy grzania z zakresu 0,2÷1,0W. Na wykresie (Rys. 2) przedstawiono przykładowe zależności temperatury w funkcji czasu przy mocy grzania 0,2W. Dla zależności $T-T_0 = f(\ln t)$ w zakresie czasu 1÷10 [s] otrzymano zależność liniową (Rys. 2b).



Rys. 2. Wykres temperatury drutu grzejnego w funkcji czasu w trzech badanych próbkach cieczy: a) $T-T_0 = f(t)$, b) $T-T_0 = f(\ln t)$

Autorskie stanowisko pomiarowe pozwoliło wyznaczyć z dokładnością $\pm 5\%$, wartości współczynnika przewodzenia ciepła wzorcowych cieczy, o gęstości większej od wody. Zaproponowany układ pomiarowy może znaleźć zastosowanie do wyznaczania przewodności cieplnej cieczy o nieznanymi wartościami λ . Dla wszystkich przebadanych cieczy i dla każdej mocy, zaproponowano uogólnioną zależność przedstawioną za pomocą wzoru:

$$T-T_0 = A \cdot \ln(t) + B$$

W pracy [8] przedstawiono wyniki badań doświadczalnych, wyznaczania współczynnika przewodzenia ciepła λ wybranych cieczy o gęstości większej oraz mniejszej od wody. W pracy zawarto trzy metody interpretacji danych pomiarowych. Przedstawiono metody pomiaru i interpretacji wyników eksperymentu w celu określenia współczynnika przewodzenia ciepła wybranych cieczy. Znajomość właściwości fizycznych badanych materiałów pozwoliła na określenie wymaganego zakresu temperatur, w których wyznaczano współczynnik λ . W celu znalezienia wymaganego przedziału temperatur opracowano program komputerowy do analizy bazy danych eksperymentalnych. Ponadto znaleziono zależności współczynników metody, czasu początkowego t_1 oraz współczynnika kierunkowego S , od wybranych parametrów fizycznych. Określone zależności pozwalają na wyznaczenie współczynników metody na potrzeby przyszłych badań współczynnika przewodzenia ciepła materiałów o nieznanymi właściwościami.

Dla wszystkich badanych cieczy, przy różnych mocach grzania, wykonano wykresy zależności $T-T_0 = f(t)$. Oczywiście jest to, że wraz ze wzrostem dostarczonej mocy do drutu grzejnego, wzrasta jego temperatura. Największy wzrost temperatury zaobserwowano dla oleju wazelinowego a najmniejszy dla wody. Po okresie przejściowym (pierwsza faza eksperymentu) funkcja $T-T_0 = f(\ln t)$ przyjmuje charakter liniowy.

W pomiarach wykorzystujących *hot wire method* zwykle wymagana jest, kalibracja wykorzystywanej aparatury pomiarowej. Bardzo ważne jest także znalezienie przedziału czasu, dla którego możliwe jest obliczenie wartości współczynnika przewodzenia ciepła. Przedział ten szacowany jest ze względu na jego zakres (współczynnik S) oraz punkt początkowy (czas t_1). Opracowany program komputerowy, pozwala uniknąć niedogodności wynikających z niejednoznacznej interpretacji wyników przez zoptymalizowanie procesu poszukiwania właściwego zakresu danych. Podczas 60 sekund trwania każdego pomiaru zebrano 600 punktów pomiarowych rejestrujących wartości temperatury drutu grzejnego.

W związku z dużą ilością punktów pomiarowych oraz ilością kombinacji obliczeń współczynnika przewodzenia ciepła ($N = 179700$), zaistniał problem ich wyboru do dalszych analiz (w zakresie czasu od 1 do 10 sekundy $N = 4005$). Na potrzeby eksperymentu oraz dalszych zestawień danych pomiarowych, została napisana oryginalna aplikacja w języku programowania *Java* przy użyciu środowiska

programistycznego *Eclipse*. Specjalne komponenty umożliwiły pobór danych eksperymentalnych z programu oraz zapis obliczonych wartości przewodnictwa cieplnego do programu *Excel*.

Dzięki bardzo wnikliwej analizie statystycznej wielu tysięcy obliczeń, znaleziono współczynniki kierunkowe S prostych w układzie współrzędnych $T-T_0=f(lnt)$, umożliwiającą obliczenie wartości współczynników przewodzenia ciepła λ z prostej zależności:

$$\lambda = \frac{Q}{4\pi L} \cdot \frac{l}{S} = \frac{q}{4\pi} \cdot \frac{l}{S}$$

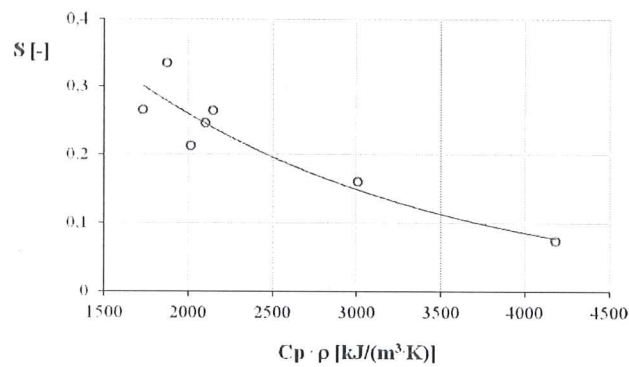
W pracy [8] zestawiono wyznaczone wartości współczynników kierunkowych prostych S oraz wartości przewodności cieplnej λ obliczone z powyższej zależności. Ponadto poddano analizie przedziały czasowe, dla których uzyskano najbliższe wartości λ z danymi literaturowymi. We wszystkich obliczonych przypadkach, błąd wynosił maksymalnie 10%.

O ile zadanie odwrotne polegające na znalezieniu parametrów metody dla znanych wartości końcowych współczynnika λ nie jest problemem złożonym, o tyle w przypadku materiałów o nieznanymi wartościami współczynnika, interpretacja wyników pomiarów stanowi dodatkowe wyzwanie. Aby metoda dawała precyzyjne rezultaty konieczne jest określenie dodatkowych zależności parametrów metody od innych właściwości fizycznych, na przykład gęstości lub ciepła właściwego. Na podstawie analizy danych pomiarowych, za pomocą autorskiego programu, znaleziono wartości współczynników kierunkowych. Wykreślono również zależności współczynnika kierunkowego S oraz czasu początkowego t_1 w funkcji objętościowej pojemności cieplnej $C_v = C_p \cdot \rho$ (Rys. 3 i 4).

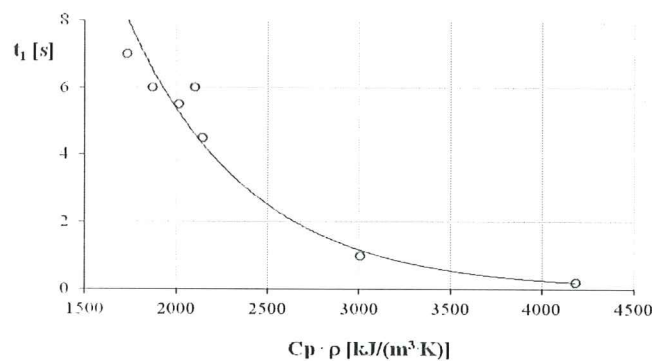
Porównując materiały o różnych parametrach fizycznych takich jak gęstość i ciepło właściwe zaproponowano uogólnione zależności:

$$S = 0,7891 \cdot e^{-6 \cdot 10^{-7} \cdot \rho \cdot C_p}$$

$$t_1 = 112,8 \cdot e^{-2 \cdot 10^{-6} \cdot \rho \cdot C_p}$$



Rys. 3. Wykres zależności współczynnika kierunkowego $S = f(C_p \cdot \rho)$ badanych cieczy



Rys. 4. Wykres zależności czasu początkowego $t_1 = f(C_p \cdot \rho)$ badanych cieczy

W celu opracowania uniwersalnej metody analizy danych pomiarowych uzyskanych metodą *gorącego drutu* wyznaczono zależności wybranych wielkości fizycznych od współczynnika kierunkowego i temperatury początkowej. Stwierdzono, że parametrem dobrze odzwierciedlającym (opisującym) wybrane funkcje jest iloczyn ciepła właściwego C_p oraz gęstości ρ . Uzyskane zależności mają charakter funkcji wykładniczych. Na tej jej podstawie zaproponowano uogólnioną zależność obliczania wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ jako funkcję dwóch zmiennych: ciepła właściwego i gęstości materiału.

$$\lambda = 0,0565 \cdot \left(e^{-6 \cdot 10^{-7} \cdot \rho \cdot C_p} \right)^{-1}$$

Efektem przeprowadzonych badań i analiz jest możliwość wyznaczenia współczynnika przewodzenia ciepła metodą *gorącego drutu* dowolnych materiałów, w tym mieszanin cieczy oraz materiałów kompozytowych. Znajomość podstawowych parametrów termicznych cieczy, jakimi są ciepło właściwe oraz przewodnictwo cieplne, jest niezbędna do ewentualnego planowania i wykorzystania ich przy tworzeniu nowych materiałów o niskiej przepuszczalności ciepła.

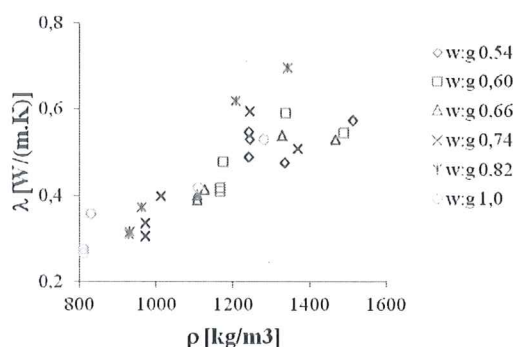
Opracowaną metodę *gorącego drutu* do badań cieczy, zaadoptowano do eksperymentalnego wyznaczenia przewodności cieplnej λ różnych gatunków drewna stosowanych jako materiał izolacyjny [9]. W pracy obliczono przewodnictwo cieplne sześciu gatunków drewna. Uzyskane wartości znajdowały się w przedziale $0,126 \div 0,225$ W/(m·K) i nie odbiegały od literaturowych więcej niż o 10%. Najniższe wartości uzyskano dla drewna sosnowego, największe dla drewna grabu. Zaproponowano ogólną zależność obliczania wartości λ drewna na podstawie znanej wartości gęstości.

$$\lambda = 0.00446 \cdot (0.5519 - 0.0004 \cdot \rho)^{-1}$$

Metodę *gorącego drutu* wykorzystano również w badaniach, do tej pory nigdzie jeszcze nie opublikowanych, przewodnictwa cieplnego materiałów budowlanych w tym głównie gipsu budowlanego. Materiały gipsowe zostały zmodyfikowane polimerem – solą sodową karboksymetylocelulozy (Na-CMC) – rozpuszczalnym w wodzie. Dla wszystkich próbek zastosowano stały stosunek masowy polimeru do gipsu w ilości 0,001 [g polimeru/g gipsu] – 0,1%, oraz stały stosunek wody do gipsu w: g=0,7. Równolegle przeprowadzono pomiary odniesienia, dla próbek bez zawartości polimeru.

Z dotychczasowych badań wynika, iż dla gipsu bez dodatku polimeru wyznaczono przewodnictwo cieplne, które wynosiło 0,4011 [W/(m·K)] w warunkach powietrzno-wilgotnościowych. Dodatek polimeru spowodował obniżenie przewodnictwa cieplnego o 9% i wyniosło one 0,3660 [W/(m·K)]. Nieduże stężenie polimeru przyczyniło się do obniżenia współczynnika λ , co stanowi bardzo cenne spostrzeżenie.

Badając wpływ hydroksymetyloetylocelulozy (HMEC) na wartość przewodnictwa cieplnego gipsu budowlanego zastosowano stały stosunek polimeru do gipsu 0,1% zmieniając i rozwijając pomiary o różne wartości stosunku wody do gipsu (0,54; 0,60; 0,66; 0,74; 0,82; 1,00). Równolegle przygotowano sześć próbek gipsu bez dodatku polimeru. Pomiarów przewodnictwa λ dokonywano po: 1, 3, 7, 14 oraz 21 dniach od wykonania próbek. Jednocześnie w każdym dniu wyznaczano gęstość gipsowych bloczków ρ . Zaobserwowano, iż wzrost stosunku wody do gipsu powodował zmniejszenie przewodnictwa cieplnego oraz gęstości próbek gipsowych z zawartością polimeru (Rys. 5).



Rys. 5. Wykres zależności $\lambda = f(\rho)$ próbek z domieszką polimeru dla różnych stosunków woda:gips

Stwierdzono ponadto, iż we wszystkich próbkach, wraz z kolejnym dniem pomiaru następował ubytek wody oraz jej związanie w strukturach gipsu. Malą gęstość, oraz przewodnictwo cieplne. Bardzo niewielki dodatek polimeru powodował zmniejszenie gęstości próbek w porównaniu do analogicznych gipsów bez jego dodatku. Najniższe wartości gęstości i przewodnictwa cieplnego uzyskano dla próbek, przy stosunku wody do gipsu w:g=1,0 z dodatkiem polimeru ($\rho=810 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0,2749 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$). Analogicznie bez dodatku polimeru ($\rho=884 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0,3443 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$). Wartość przewodnictwa zmalała o ponad 25%. Dla wszystkich próbek gipsowych zaproponowano uogólnioną zależność liniową zmiany przewodnictwa cieplnego w funkcji gęstości $\lambda=f(\rho)$:

$$\lambda = F \cdot \rho - G$$

Materiały termoizolacyjne z zawartością polimerów na bazie celulozy obniżając wartość przewodnictwa cieplnego λ i stwarzając odpowiednie warunki mikroklimatyczne w lecie, przyczyniają się do mniejszych nakładów energetycznych na klimatyzację czy wentylację pomieszczeń. Nowe kompozyty mogą redukować, w bardzo dużym stopniu, zapotrzebowanie na energię do ogrzewania pomieszczeń w czasie sezonu grzewczego.

Dzięki nowoczesnym i nowatorskim rozwiązaniom możliwe jest właściwe oddziaływanie budynków na środowisko zewnętrzne. Istotne jest aby budynki przy zapewnieniu właściwego utrzymania, magazynowały jak najwięcej energii ze środowiska naturalnego, zapewniając jak najmniejsze jego skażenie i degradację.

5. Podsumowanie działalności naukowej, dydaktycznej, wychowawczej i organizacyjnej

W ramach pracy dydaktycznej prowadziłem lub prowadzę różne formy zajęć (wykłady, ćwiczenia, projektowanie, laboratoria) z takich przedmiotów jak: *Wentylacja Ogólna, Procesy Jednostkowe, Mechanika Płynów, Urządzenia w Ochronie Środowiska, Fizyka Budowli czy Alternatywne Źródła Energii*. Do chwili obecnej wypromowałem 38 inżynierów oraz 26 magistrów. Zrecenzowałem 38 prac inżynierskich oraz 47 magisterskich.

Od wielu lat zajmuję się szeroko pojętą **promocją nauki**. Rozpocząłem współpracę z Zespołem Szkół Nr 9 w Kaliszu. Z grupą uczniów Gimnazjum Nr 9 rozpocząłem badania związane z szeroko pojętą ochroną środowiska.

- a) W 2009 roku zorganizowałem seminarium w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Kaliszu, propagujące i promujące naukę jaką jest reologia dla uczniów szkół średnich *Reologia stosowana*.
- b) W roku 2012 w Warszawie w *Centrum Nauki Kopernik* odbył się Finał Konkursu *Młodych Naukowców* organizowany przez *Krajowy Fundusz na Rzecz Dzieci* przy wsparciu *Uniwersytetu Warszawskiego*. Przedstawili prace *Wpływ niecentrycznego położenia mieszczał oraz przegród na moc mieszania*. Byli oni najmłodszymi uczestnikami konkursu co zostało zauważone i docenione. Otrzymali pisemną deklarację, Prorektora *Uniwersytetu Jagiellońskiego*, o sprzyjających warunkach dotyczących ubiegania się o podjęcie studiów na krakowskiej uczelni, jak również możliwości uzyskania specjalnego stypendium olimpijskiego w trakcie pierwszego roku studiów.
- c) W roku 2014 w finale konkursu *Fizyczne Ścieżki* organizowanym przez *Narodowe Centrum Badań Jądrowych* oraz *Instytut Fizyki PAN*, uczennice wykonały pracę naukową związaną z alternatywnymi źródłami energii, a w szczególności z energią wiatrową *Wpływ budowy wirnika oraz kierunku padania wiatru na wytworzoną moc znamionową turbiny wiatrowej*. W badaniach dokonywano szeregu modyfikacji laboratoryjnej turbiny wiatrowej, zmieniając m.in. kształt jej łopat, kąta ich nachylenia czy ilości. Praca, zyskała pozytywne opinie uznanych recenzentów ze świata nauki. Wśród wielu nadesłanych prac, tylko pięć miało okazję zostać zaprezentowanych podczas finałów w *Polskiej Akademii Nauk* w Warszawie. Uczniowie otrzymali również indeksy na *Uniwersytet Jagielloński* w Krakowie.
- d) Dzięki moim staraniom nawiązałem współpracę z *Krajowym Funduszem na rzecz Dzieci* w Warszawie. Fundusz ten zajmuje się rozwojem dzieci

i młodzieży szczególnie uzdolnionej, poprzez liczne dodatkowe seminaria, konferencje, spotkania, obozy naukowe i stypendia. Do Funduszu zgłosiłem jedną z uczennic kaliskiej szkoły.

- e) Dzięki współpracy ze mną i mojemu zaangażowaniu, jeden z absolwentów Gimnazjum Nr 9 uzyskał stypendium naukowe. Od roku szkolnego 2014/2015 rozpoczął naukę w Holandii w Maastricht. Nauka ta zostanie zakończona międzynarodową maturą.
- f) W roku 2011 miałem okazję uczestniczyć w kaliskich spotkaniach *Copernicus Science* prezentując młodzieży licealnej wykład z matematyki *Gry kombinatoryczne*.
- g) W roku 2015 uczestniczyłem, wraz uczniami w konkursie *Bohaterowie przyszłości* organizowanym przez chemiczną Firmę BASF, na którym uczniowie prezentowali pracę z inżynierii środowiska związaną z alternatywnymi źródłami energii. Uczniowie otrzymali wyróżnienie za prezentowane wyniki badań.
- h) W roku 2015 kaliscy uczniowie zdobyli IV miejsce w konkursie *Ciekawe doświadczenie - fascynujące wyjaśnienie*, organizowanym przez *Politechnikę Łódzką* za pracę związaną z wykorzystaniem w inżynierii środowiska energii wiatrowej.
- i) Od trzech lat promuję działania inżynierii środowiska podczas święta zabytkowej ulicy Niecałej w Kaliszu. Dużej imprezy, wpisanej w kalendarz miasta Kalisza, którą odwiedza około 5 tysięcy mieszkańców.

Wszystkie działania opisane w punktach od a) do i) potwierdzone były licznymi podziękowaniami, dyplomami, artykułami prasowymi, telewizyjnymi oraz internetowymi.

Od 2012 roku pełnię funkcję Prodziekana ds. Studenckich dbając o sprawne funkcjonowanie dziekanatu Wydziału Politechnicznego Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Kaliszu, obsługującego około 1400 studentów i prawie 150 pracowników naukowo-dydaktycznych. W roku 2014 byłem odpowiedzialny za przygotowanie *Raportu Samooceny* dla *Polskiej Komisji Akredytacyjnej*, wizytującej kierunek Inżynieria Środowiska w PWSZ w Kaliszu. Od 2012 roku koordynuję w programie *Erasmus*, bilateralną wymianę międzynarodową studentów Wydziału Politechnicznego jako Wydziałowy Koordynator Programu.

W latach 2009-2010 byłem członkiem Komisji Rekrutacyjnej PWSZ a do chwili obecnej jestem przewodniczącym Wydziałowej Komisji Stypendialnej. W latach

2009-2012 prowadziłem koło naukowe *Żyjesz w środowisku* działające przy kierunku Inżynieria Środowiska. W ramach pracy koła, zorganizowane zostały seminaria naukowe studentów, które trwają do chwili obecnej (w tym roku odbędzie się 9 seminarium z udziałem uczniów kaliskich szkół).

W latach 2011-2014 pracowałem w zespole realizującym projekt unijny w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Kaliszu:

- a) na kierunku Budownictwo: *Energooszczędnie zbuduj swoją przyszłość*,
- b) na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn: *Mechanika i Budowa Maszyn – profesjonalny start do Twojej kariery*.

W roku 2010 pracowałem w zespole tworzącym a następnie realizującym trzy projekty w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Kaliszu: *Uniwersytet Gimnazjalisty, Uniwersytet Licealisty* oraz *Politechnika dziecięca* w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, Priorytet IX, Działanie 9.5 Oddolne inicjatywy edukacyjne na obszarach wiejskich.

W roku akademickim 2011/2012 byłem Pełnomocnikiem Rektora ds. Studiów Podyplomowych.

Za osiągnięcia w pracy dydaktyczno-wychowawczej i naukowo-badawczej byłem **czterokrotnie nagradzany** przez Rektora PWSZ w Kaliszu, w latach 2003, 2006, 2008, 2010.

Udział konkursach i grantach:

1) W roku 2011 **otrzymałem wyróżnienie** w III edycji konkursu *Kuźnia Talentów* organizowanym przez Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego realizowanego w ramach projektu systemowego *Regionalne sieci innowacji i promocja innowacji w regionie*, za pracę *Badania korelacji właściwości reologicznych i termicznych roztworów nienewtonowskich*. Wyróżnienie dotyczyło innowacyjnego pomiaru temperatury na wirującym cylindrze.

2) Współwykonawca grantu: *Promowanie zrównoważonego podejścia do efektywności energetycznej w budownictwie jako narzędzia ochrony klimatu w miastach Niemiec i Polski: opracowanie technologii fasady dla potrzeb budynków o zerowej emisji*, WPN/5/2013. Grant przyznany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju - współpraca dwustronna, program Polsko-Niemiecki.

3) Współwykonawca grantu: *Nowe materiały hybrydowe (spoiwo budowlane-polimer-woda) o optymalnej strukturze i właściwościach*, UMO-2013/11/3/ST8/04308. Grant przyznany przez Narodowe Centrum Nauki.

4) Pracując na stanowisku technologa w piekarni w latach 2000-2001, zaprojektowałem i wdrożyłem innowacyjny aparat do produkcji granulatów z odpadowych produktów piekarniczych, dla celów zoologicznych i paszowych. Produkcja granulatu jest prowadzona do dnia dzisiejszego.

Członkostwo w towarzystwach naukowych:

- Od października 2007 roku członek *Polskiego Towarzystwa Reologii Technicznej*.
- Recenzent w czasopiśmie naukowym: *Building Physics in Theory and Practice*.

Odbyte staże:

W lipcu 2012 roku, odbyłem wakacyjny staż w *Ryerson University* (Toronto), *Department of Mathematics, Biomathematics and Fluids Group*.

Jestem autorem, bądź współautorem, 33 publikacji w czasopismach krajowych, zagranicznych i materiałach konferencyjnych, oraz 20 prezentacji na konferencjach naukowych. Według bazy danych Google Scholar, Indeks Hirscha wynosi 2, a artykuły były cytowane 19 razy.

Zestawienie dorobku naukowo-badawczego

Dorobek naukowo-badawczy	Przed doktoratem	Po doktoracie	Suma
Czasopisma z listy JCR	-	4 (+1)*	5
Artykuły w czasopismach polskich	2	6	8
Materiały konferencyjne o zasięgu międzynarodowym	1	3	4
Materiały konferencyjne krajowe	2	14	16
Sumaryczny impact factor IF	-	3,851 (+0,653)*	3,851 (4,504)*
Ilość wygłoszonych referatów	3	17	20
Liczba cytowań wg bazy Google Scholar	-	19	19

wartość współczynnika IF przy uwzględnieniu pracy [12] przyjętej do recenzji po wstępnej weryfikacji (after preliminary assessment)

Kalisz 8.10.2015

Karol Pietat