

\Prof. dr hab. inż. JAROSŁAW MIKIELEWICZ
członek rzeczywisty PAN
INSTYTUT MASZYN PRZEPŁYWOWYCH PAN
(INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY - POLAND)
ul. Gen. J. Fiszer 14
80-952 GDAŃSK

Gdańsk, styczeń 2017

RECENZJA

osiągnięcia naukowego pt."Zastosowanie techniki reflektometrii w domenie czasu do oceny stanu zawilgocenia przegród budowlanych" i aktywności naukowej dr inż. Zbigniewa Suchoraba na podstawie monografii i oceny całokształtu działalności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej w postępowaniu habilitacyjnym

1. Podstawowe dane o kandydacie.

Dr inż. **Zbigniew Suchorab** ukończył studia na Wydziale Inżynierii Budowlanej i Sanitarnej Politechniki Lubelskiej w 2001r uzyskując stopień magistra inżyniera. W 2003r na Wydziale Elektrycznym Politechniki Lubelskiej ukończył studia podyplomowe „Współczesne technologie informatyczne”. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w dyscyplinie Inżynieria Środowiska na Wydziale Inżynierii Środowiska PL na podstawie rozprawy doktorskiej pt „Ocena strat ciepła i przepływu wody w przegrodach budowlanych” w 2006r. Od 2002r do chwili obecnej pracuje na Politechnice Lubelskiej początkowo na stanowisku asystenta a obecnie na stanowisku adiunkta w Katedrze Zaopatrzenia w Wodę i Usuwania Ścieków na Wydziale Inżynierii Środowiska.

1. Ocena „osiągnięcia naukowego” Kandydata przedstawionego w monografii pt. pt."Zastosowanie techniki reflektometrii w domenie czasu do oceny stanu zawilgocenia przegród budowlanych" przedstawionej jako rozprawa habilitacyjna

Zgodnie z art.16, Ust. z dn 14 marca 2003r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2016r , Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn 1 września 2011r w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn. 30 października 2015 w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodach. Kandydat przedstawił jako

swoje główne osiągnięcie monografię **pt. "Zastosowanie techniki reflektometrii w domenie czasu do oceny stanu zawilgocenia przegród budowlanych"** Wydawnictwo Komitetu Inżynierii Środowiska PAN Lublin 2016, ISBN 978-83-63714-32-1

Monografia zawiera wyniki własnych badań Kandydata. Prace te dotyczą problemu oceny stanu i pomiaru wilgotności materiałów przegród budowlanych. Tematyka prac Kandydata jest współczesna i ważna dla Inżynierii Środowiska. Podwyższona wilgotność przegród budowlanych stwarza szereg problemów podczas eksploatacji budynków. Powodują ją najczęściej awarie instalacji sanitarnych, brak odpowiednich izolacji przeciw wilgotnościowych. Wilgotność przegród budowlanych wpływa na jakość powietrza pomieszczeń. Jest to ważny nowoczesny problem budownictwa niskoenergetycznego i pasywnie absorbującego energię słoneczną oraz korzystającego z Odnawialnych Źródeł Energii. Nadmierne zawilgocenie przegród budowlanych prowadzi do pogorszenia właściwości izolacyjnych przegród. Zwiększa się efektywne przewodnictwo cieplne przegród zmniejszając tym samym opór cieplny przegród, a temperatura powierzchni przegrody budowlanej obniża się w pomieszczeniu. Powoduje to do obniżenia temperatury pomieszczeń lub też wymaga większej energii do ich ogrzewania. Jednakże wówczas rośnie różnica pomiędzy temperaturą powietrza w pomieszczeniu a przegrodami budowlanymi. Jest to niekorzystne dla komfortu przebywania człowieka w pomieszczeniu. Woda wewnątrz struktury materiałów przegród budowlanych przyczynia się do rozwoju mikroorganizmów-grzybów pleśniowych szkodliwych dla człowieka tworząc zagrożenia chorobami nowotworowymi. Stąd też, ważny jest problem detekcji wilgoci opracowany przez Kandydata.

Osiągnięcie Kandydata polega na opracowaniu nowej metody oceny stanu wilgotnościowego przegród budowlanych. Metoda bazuje na technice zmiany w czasie refraktometrii materiału badanego. Bazuje na pomiarze przenikalności dielektrycznej ośrodków porowatych zbudowanych z trzech faz: stałej (szkieletu), gazowej (powietrza) i ciekłej (wody) w zależności od stanu ich zawilgocenia. Każda z tych faz posiada określoną wartość przenikalności dielektrycznej. Przenikalność efektywna przegrody trójfazowej jest wypadkową przenikalności poszczególnych faz. Przenikalność dielektryczna wody jest dominująca i o nią opiera się metoda pomiaru wilgotności. Pomiar przenikalności dielektrycznej polega na pomiarze prędkości propagacji generowanego impulsu elektromagnetycznego wzdłuż prętów pomiarowych umieszczonych wewnątrz lub na powierzchni materiału. Prędkość propagacji jest określana na podstawie powracającego echa generowanego impulsu do miernika tzw. reflektogramu. Kandydat opracował konstrukcję

bezinwazyjnych powierzchniowych sond oraz metodykę pomiarów, a także możliwości monitoringu procesu transportu wilgoci w materiale. Opracowane nowe konstrukcje pięciu powierzchniowych sond pomiarowych umożliwiają pomiary w twardych ośrodkach porowatych. Sonden wykonane były z dielektryków- tworzyw sztucznych a elementami pomiarowymi były mosiężne falowody. Sonden różniły się szerokością rozstawu prętów pomiarowych i ich ilością i kształtem przekroju pręta oraz sposobem ich umieszczenia na dielektryku dystansującym. Dodatkowo sondy były wyposażone w rezystory stabilizujące odbicie generowanego impulsu. Kandydat wykonał dla nich kalibrację i przetestował je w warunkach laboratoryjnych uzyskując dobre rezultaty. Istotnym parametrem sond jest ich zasięg. Kandydat zbadał indywidualne charakterystyki nowych konstrukcji sond w tym ich zasięg i błędy pomiarowe. Nowe sondy nie mogły korzystać ze znanych charakterystyk sond tradycyjnych inwazyjnych. Kandydat badał przenikalność dielektryczną próbek betonu komórkowego w stanie maksymalnego nasycenia. Stwierdził że przy pewnej krytycznej grubości próbki nie następuje już wzrost efektywnej przenikalności dielektrycznej. Grubość ta określa zasięg impulsu sondy.

Wyniki pomiarów Kandydat analizował w oparciu o analizę statystyczną. W oparciu o tę analizę stwierdził, że sondy o węższym rozstawie prętów charakteryzuje mniejszy zasięg. Wyniki te potwierdzają dotychczasowe wyniki badań podane w literaturze przedmiotu.

Kandydat przeprowadził szerokie badania charakterystyk polskich materiałów budowlanych pod kątem możliwości badania ich zawilgocenia. Dotychczasowe znane z literatury charakterystyki były nie przydatne dla nowych powierzchniowych sond. Badania kalibracyjne Kandydata wymagały opracowania odpowiedniej własnej metodyki. Polegała ona na stopniowym nasycaniu próbek materiałów budowlanych, aż do maksymalnego zawilgocenia. W wyniku badań Kandydat uzyskał dla każdej sondy i każdego materiału zależność pomiędzy efektywną przenikalnością dielektryczną a wilgotnością materiału. Zależność tą opisał regresją wielomianową drugiego stopnia. Przyjęty model regresji Kandydat badał metodami statystycznymi celem ustalenia jej dokładności. Uzyskał zadawalające rezultaty. Porównanie wyników badań z danymi literaturowymi pokazało, że wartości parametru RMSE z badań Kandydata są nieco niższe dla większości badanych materiałów. Niepewności pomiarowe uzyskane przez Kandydata są w większości badanych przypadków niższe niż podawane w literaturze. i dotyczące sond tradycyjnych. Kandydat przeprowadził również badania laboratoryjne wilgotności modelowych przegród budowlanych w warunkach stacjonarnych i nie stacjonarnych metodą techniki reflektometrii oraz metodą bezpośrednich badań wagowych przyrostu masy wody podciąganej siłami kapilarnymi w próbce .Okazało się że

obie metody są porównywalnie dokładne. Na tej podstawie można sądzić, że opracowane przez Kandydata sondy mogą służyć do oceny wilgotności przegród budowlanych w praktyce. Ostatnim etapem badań zamykającym cały cykl badań od analiz teoretycznych poprzez badania laboratoryjne były badania poligonalne na rzeczywistym obiekcie -budynku mieszkalnym. Wyniki badań Kandydat przedstawił w postaci graficznej stwierdzając podwyższony stan wilgotności muru budynku. Towarzyszyło temu niekorzystne zjawisko kondensacji wilgoci na powierzchni ścian budynku. Cykl badań Kandydata potwierdza możliwość zastosowania sond Kandydata do oceny praktycznej wilgotności przegród budowlanych.

Stąd też uważam że tematyka prac Kandydata jest współczesna i ważna dla Inżynierii Środowiska. Wnioski z przeprowadzonych przez Kandydata badań pozwalają na efektywne rozwiązanie w praktyce problemu oceny wilgotności przegród budowlanych. Uzyskane rezultaty mają duży potencjał wdrożeniowy. Kandydat postawił sobie ambitne i nowe zagadnienia związane z procesem oceny wilgotności materiałów porowatych. Uzyskane przez niego rezultaty są zachęcające i potwierdzają skuteczność proponowanych metod badawczych złożonego procesu zawilgocenia materiałów porowatych. **Ogólnie można określić, że głównym osiągnięciem Kandydata jest opracowanie metody oceny stanu wilgotnościowego przegród budowlanych przy pomocy techniki refraktometrii (Time Domain Reflectometry-TDR) opracowanie metodyki badawczej, a także propozycję jej zastosowania.**

Oceniając problematykę „osiągnięcia naukowego” można stwierdzić, że jest ona ważna i aktualna zarówno z punktu widzenia poznawczego jak i użytecznego.

W przedstawionym osiągnięciu naukowym Kandydata zawarty jest wieloletni dorobek i doświadczenie badawcze Kandydata przedstawione na tle dotychczasowego stanu wiedzy.

Podsumowując monografię Kandydata, w której zawarte jest osiągnięcie naukowe można stwierdzić że, habilitant przedstawił syntetycznie i systematycznie własne badania i analizy związane z doskonaleniem sond pomiarowych wilgotności twardych materiałów porowatych. W oparciu o własne badania oraz studia literaturowe sformułował interesujące wnioski z przeprowadzonych badań.

Uważam, że praca zawiera wiele oryginalnych elementów, przyczyniających się do poznania złożonych zjawisk związanych z pomiarem zawilgocenia materiałów porowatych a w szczególności materiałów stosowanych w budownictwie na przegrody budowlane. Do oryginalnych osiągnięć Kandydatki zaliczam:

1. Opracowanie własnych konstrukcji bezinwazyjnych sond powierzchniowych do pomiaru zawilgocenia materiałów budowlanych metodą reflektometrii (TDR).
2. Opracowanie charakterystyk własnych nowej konstrukcji sond do pomiaru wilgotności materiałów porowatych.
3. Przeprowadzenie badań eksperymentalnych wilgotności materiałów porowatych wg własnej metody w skali laboratoryjnej i poligonalnej.

Opracowane przez Kandydata sondy pomiarowe oraz uzyskane przy ich pomocy rezultaty pozwalają na efektywniejszą ocenę zawilgocenia przegród budowlanych tym samym na ocenę komfortu przebywania ludzi w nowoczesnym budownictwie. Badane przez Kandydata problemy są trudne i złożone, w moim przekonaniu mogą stanowić, przedmiot pracy habilitacyjnej.

Praca posiada pewne niedostatki, do których zaliczam:

1. Odczuwa się brak uogólnień uzyskanych rezultatów
2. Zbyt pobieżnie jest przedstawiona walidacji uzyskanych wyników badań. . Wydaje się, że badania Kandydata miały charakter tylko techniczny, nie wniknęły głębiej w fizykę zjawisk.

Wymienione uwagi krytyczne nie wpływają istotnie na wartość merytoryczną . Rozprawę w postaci opublikowanej monografii oceniam jako spełniające wymagania stawiane pracom habilitacyjnym.

3. Ocena "istotnej aktywności naukowej", dydaktycznej i organizacyjnej Kandydata.

Dorobek naukowy dr inż. Zbigniewa Suchoraba jest dość obszerny i jakościowo wartościowy. Kandydat jest autorem lub współautorem sześciu monografii oraz 20 rozdziałów w monografiach , autorem lub współautorem 72 publikacji, trzech patentów. 66 Jego prac zostało opublikowanych po doktoracie. 15 prac opublikował w czasopiśmie z listy A MNiSW, a 28 z listy B. Jest także autorem lub współautorem 29 prac umieszczonych w materiałach konferencji. Łączny Impact Factor prac opublikowanych w czasopiśmie bazy JCR Web of Science wynosił 12, 978 wg wskaźnika IF roku opublikowania a 16,079 wg aktualnego czasu. Liczba cytowań w bazie Web of Science wynosi 58 (bez autocytań³⁷) a index Hirsh'a wynosi 5.

Prace opublikowane były w renomowanych czasopiśmie min: w:Archives of Environmental Protection, Ecological Chemistry and Engineering, Environment

Protection Engineering, Annual Set The Environment Protection, Sensors, Ecological Chemistry and Engineering, Construction and Building Materials, Materials

Kandydat wygłosił na dwóch międzynarodowych konferencjach Thermophysics 2009 (Veltice, Czechy) i Thermophysics 2016 (Terchova, Słowacja) dwa zamawiane wykłady. Świadczy to o międzynarodowym autorytecie naukowym Kandydata. Za działalność naukową Kandydat otrzymał Nagrodę Zespołową III stopnia Rektora Politechniki Lubelskiej.

Zainteresowania naukowe habilitanta dotyczą głównie:

- Zagadnień związanych z przepływem wody i ciepła w przegrodach budowlanych.
- Technik pomiaru zawilgocenia materiałów porowatych
- Wpływu zawilgocenia przegród budowlanych na warunki komfortu przebywania ludzi w pomieszczeniach wewnętrznych budynku.

Interesujące są prace Kandydata poświęcone modelowaniu sprzężonego przepływu wody i ciepła w wielowarstwowych przegrodach budowlanych oraz obliczeniom numerycznym tych zagadnień. Inne prace dotyczą badań eksperymentalnych wilgotności materiałów porowatych przy pomocy techniki TDR. Kandydat badał też wpływ osadów ściekowych na zmiany wilgotności gleb. Kandydat w swoich pracach przedstawił możliwości zastosowania sond psychrometrycznych do pomiaru potencjału ciśnieniowego w materiałach budowlanych a także ogniw Peltiera do pomiaru gęstości strumienia ciepła przechodzącego przez zawilgocone materiały porowate. Oprócz techniki dedekcji wilgoci w materiałach porowatych Kandydat pracuje nad ważnym dla Inżynierii Środowiska zagadnieniem obciążenia zapachowego powietrza w procesach technologicznych. Efektem tych badań jest współautorstwo dwóch artykułów w czasopiśmie Sensors . Szereg prac o powyższej tematyce ukazała się również w materiałach konferencji międzynarodowych.

Działalność dydaktyczna Kandydata to wykłady, ćwiczenia, seminaria odbywające się w ramach pensum adiunkta wyższej uczelni.

Kandydat prowadzi szeroką jak na adiunkta współpracę międzynarodową w zakresie wspólnych badań z Politechniką Czeską w Pradze

Całokształt działalności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej Kandydata oceniam pozytywnie.

4. Wnioski końcowe

Oceniając pozytywnie zarówno monografię habilitacyjną **przedstawiającą osiągnięcie naukowe** jak i cały dorobek naukowo-badawczy, dydaktyczny i organizacyjny **dr inż. Z. Suchoraba** stwierdzam, że w moim przekonaniu dr Z. Suchorab jest samodzielnie działającym pracownikiem naukowo-badawczym. Posiada duży zasób wiedzy z zakresu metod pomiaru wilgotności materiałów porowatych, techniki pomiarowej reflektometrii w oparciu o badania przenikalności dielektrycznej oraz szereg wartościowych publikacji i wdrożeń. **W świetle powyższego uważam, że dr inż. Z. Suchorab spełnia wymagania stawiane doktorom habilitowanym przez obowiązujące ustawy i stawiam wniosek o nadanie Mu stopnia doktora habilitowanego.**

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, cursive letters that appear to be 'Z. Suchorab'.