Prof. dr hab. inż. Anna Halicka
Politechnika Lubelska

Recenzja wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego Panu dr inż. Jarosławowi Strzałkowskiemu

1. Przedmiot i podstawa recenzji

Przedmiotem recenzji jest wniosek Pana dr inż. Jarosława Strzałkowskiego o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie *nauk technicznych* w dyscyplinie *inżynieria lądowa, geodezja i transport*. Postępowanie wszczęte zostało przez Radę Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

Podstawą sporządzenia recenzji jest powołanie przez Radę Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport ZUT w Szczecinie (uchwała z dnia 12.02.2025 roku) oraz umowa o dzieło pomiędzy ZUT a recenzentką.

Recenzja została sporządzona w oparciu o dokumentację przygotowaną przez Habilitanta, którą stanowią:

- kserokopia dyplomu doktorskiego,
- autoreferat, prezentujący osiągnięcia naukowe, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy oraz opisujący działalność naukowo-badawczą, działalność dydaktyczną i organizacyjną, a także współpracę z otoczeniem społecznym i gospodarczym,
- cykl publikacji pt. *Wpływ wybranych dodatków na właściwości cieple i mikrostrukturę kompozytów cementowych* ,
- wykaz osiągnięć naukowych,
- kopie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe,
- kopie wybranych publikacji spoza cyklu,
- oświadczenia współautorów prac wchodzących w zakres osiągnięcia naukowego, określające indywidualny wkład w powstanie publikacji,
- dane naukometryczne.

2. Sylwetka Habilitanta i jego zainteresowania naukowe

Pan Jarosław Strzałkowski ukończył studia I i II stopnia kierunku *budownictwo* specjalności *konstrukcje budowlane i inżynierskie* na Wydziale Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Tytuł magistra inżyniera budownictwa uzyskał w roku 2012 na podstawie pracy magisterskiej pt. *Ocena przydatności wybranych kompozytów betonowych do wykonywania ścian zewnętrznych.* Promotorem była dr hab. inż. Halina Garbalińska. Praca uzyskała wyróżnienie w konkursie prac dyplomowych PZITB Oddziału Szczecin i Zachodniopomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa. Stopień naukowy doktora nauk technicznych Habilitant uzyskał na tym samym wydziale w roku 2019 na podstawie wyróżnionej rozprawy pt. *Modyfikacja kompozytów betonowych pod względem izolacyjności i akumulacyjności cieplnej oraz wytrzymałości.* Promotorem rozprawy była prof. dr hab. inż. Halina Garbalińska, a recenzentami byli prof. dr hab. inż. Henryk Nowak i dr hab. inż. Dariusz Heim, prof. uczelni. Rozprawa doktorska uzyskała nagrodę Ministra Rozwoju, Pracy i Technologii.

Po studiach, w roku 2013 Habilitant rozpoczął pracę w Katedrze Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska (obecnie Wydział Budownictwa i Architektury) Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego na stanowisku asystenta, a następnie adiunkta.

Zainteresowania naukowe Habilitanta od początku oscylowały wokół zagadnień kompozytów betonowych (temat pracy magisterskiej i doktorskiej). W publikacjach po doktoracie rozwiązywał kolejne zagadnienia z tego zakresu - zajmując się wpływem dodatków i domieszek na właściwości cieplne i mikrostrukturę tych kompozytów. Jednym z zagadnień były też metody otrzymywania cementów

fotokatalitycznych, a także właściwości cieplnych tworzyw komponowanych z udziałem materiałów z recyclingu. Habilitant zajmował się też zagadnieniami ogólniejszymi - efektywnością energetyczną budynków o różnych rozwiązaniach materiałowo-konstrukcyjnych i ich elementów.

3. Najważniejsze osiągnięcia naukowe

3.1. Dane ogólne i ocena formalna

Jako swoje najważniejsze osiągnięcia naukowe, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy, dr inż. Jarosław Strzałkowski przedstawił osiągnięcia opisane w cyklu publikacji pt. *Wpływ wybranych dodatków na właściwości cieple i mikrostrukturę kompozytów cementowych.* Cykl ten stanowi 11 artykułów i jedno zgłoszenie patentowe, które są powiązane tematycznie, a opublikowane zostały w latach 2016-2023. Dziesięć spośród artykułów jest współautorskich (od dwóch do czterech współautorów). W dziewięciu z nich Habilitant jest pierwszym autorem, w dziewięciu jest autorem korespondencyjnym. Jeden artykuł i zgłoszenie patentowe są autorskie. Współautorzy publikacji potwierdzili podpisami swój procentowy udział w publikacjach.
Sumaryczny IF cyklu wynosi 34,723, a sumaryczna liczba punktów MNiSzW - 845. Zwrócić trzeba uwagę, że są tu publikacje w czasopiśmach prestiżowych: *Construction and Building Materials* (IF w roku 2022 – 7,4), *Cement and Concrete Research* (IF w roku 2023 – 10,9), *Building and Environment* (IF w roku 2021 – 7,093), *Journal of Building Engineering* (IF w roku 2023 6,7).

W skład cyklu wchodzą następujące artykuły:

1. J. Strzałkowski, H. Garbalińska: *Thermal and strength properties of lightweight concretes with addition of aerogel particles*. Advances in Cement Research 28(9)/2016 (IF 0,646)
2. J. Strzałkowski, H. Garbalińska: *Porosymetric, thermal and strength test of aerated and nonaerated concretes.* Journal IOP: Materials Science and Engineering 245/2017
3. H. Garbalińska, J. Strzałkowski: *Thermal and strength properties of lightweight concretes with vaiable porosity structures,* Journal of Materials in Civil Engineering 30(12)/2018 (IF 1,984)
4. J.Strzałkowski, H.Garbalińska: *Thermal simulation of building performance with different loadbearing materials.* Journal IOP: Materials Science and Engineering 415/2018
5. J. Strzałkowski: *Usefulness of mercury porosimetry to assess the porosity of cement composites with the addition of aerogel particles.* Proceedings of the 3rd RILEM Spring Convention and Conference (RSCC 2020): Volume 2: New Materials and Structures for Ultradurability, Springer
6. J.Strzałkowski, P. Sikora, S.Chung, M.Elrahman *Thermal performance of building envelopes with structural layers of the same density: lightweight aggregate concrete versus foamed concrete,* Building and Environment 196/2021 (IF 7,093)
7. J. Strzałkowski, A. Stolarska, D. Kożuch, J. Dmitruk: *Wybrane parametry zapraw z dodatkiem cenosfer,* Inżynieria i Budownictwo 9-10/2022
8. J. Strzałkowski, H. Garbalińska: *The dynamic thermal properties of aerogel-incrporated concretes,* Construction and Building Materials 340/2022 (IF 7,4)
9. A. Ślósarczyk, H. Garbalińska, J. Strzałkowski: *Lighteight alkali-activated composities containing sintered fly ash aggregate and various amounts of silica aerogel,* Journal of Building Engineering 74/2023 (IF 6,7)
10. J. Strzałkowski, A. Stolarska, D. Kożuch, J. Dmitruk: *Hydrothermal and strength properties of cement mortars containing cenosheres,* Cement and Concrete Research 17/2023 (IF 10,9)
11. J. Strzałkowski, A. Stolarska: *Preliminary Studies on a Lightweight Porous Cement-Based Composite – Gel Concrete,* Journal of Phisics: Concrete Series 2654/2023
12. J. Strzałkowski zgłoszenie patentowe P.442259 *Lekki kompozyt cementowy oraz sposób wytwarzania lekkiego kompozytu cementowego,* 2022

Ze względów formalnych cykl publikacji nie budzi zastrzeżeń i będzie dalej poddany analizie merytorycznej.

3.2. Ocena merytoryczna cyklu publikacji

3.2.1. Ogólna ocena celowości i przedmiotu podjętych badań i analiz

Tematykę podjętą w cyklu publikacji uznaję za ważną i aktualną, zarówno z poznawczego jak i aplikacyjnego punktu widzenia.

Betony są podstawowym materiałem budowlanym, kształtującym konstrukcję, ale także stanowiącym budulec nienośnych ścian wewnętrznych i ścian osłonowych. Od tych ostatnich wymaga się nie tyle

wytrzymałości, ile izolacyjności termicznej i akustycznej. Te cechy bowiem wpływają z jednej strony na komfort użytkowania budynków, a z drugiej - decydują o zużyciu energii niezbędnej do ogrzania budynku w zimie i ochłodzenia go w lecie. Współczesnym trendem jest kształtowanie żądanych parametrów cieplnych i akustycznych przez celowe dodatki i domieszki w składzie mieszanki betonowej. I tą drogą szły badania Habilitanta.

Kwestią celowych dodatków i domieszek do betonów lekkich Habilitant zajmował się już w doktoracie, w którym zaprezentował wyniki badań betonów popiołoporytowych i keramzytowych z domieszką napowietrzającą lub tlenkiem glinu. Po doktoracie zajął się betonami, których właściwości cieplne kształtował poprzez użycie cenosfer i granulatu aerożelu krzemianowego, wreszcie rozpoczął badania nad nowym typem ultralekkiego betonu żelowego. Stanowiło to kontynuację i rozszerzenie prac realizowanych w ramach doktoratu. Ważne, że nie poprzestał na samym określeniu parametrów badanych materiałów, ale wykorzystał te parametry do analiz efektywności energetycznej budynków wykonanych z użyciem badanych betonów.

3.2.2 Ocena merytoryczna poszczególnych publikacji i opisanych w nich osiągnięć

Zrealizowane i zrelacjonowane w cyklu publikacji badania zostały zestawione w tablicy poniżej. Zestawiono tu cel badań, metody i najważniejsze wnioski wynikające z poszczególnych publikacji.

Wpływ wybranych dodatków na właściwości cieple i mikrostrukturę kompozytów cementowych.			
	Cel	**Metodyka**	**Najważniejsze wnioski**
Badanie porowatości kompozytów aerowanych i nieaerowanych			
[A2]	• ustalenie rozkładu porów wybranych kompozytów betonowych przy użyciu różnych metod pomiarowych • ustalenie parametrów termicznych i wytrzymałości na ściskanie wybranych kompozytów betonowych badano kompozyty aerowane lub nieaerowane, wariantowo z kruszywem keramzytowym i popiołoporytowym, przy różnej wilgotności kruszywa	• badanie porowatości mieszanek betonowych metodą ciśnieniową • badanie porowatości dojrzałych kompozytów porozymetrami rtęciowym i optycznym • pomiar parametrów termicznych λ i c_v kompozytów w różnym wieku przy nieustalonym przepływie ciepła • badanie wytrzymałości na ściskanie kompozytów w różnym wieku	• typ kruszywa lekkiego i zastosowanie aeracji wpływają na porowatość mieszanki betonowej • aby uzyskać wiarygodny rozkład porów w całym zakresie średnic należy stosować komplementarnie metodę optyczną i metodę rtęciową • aeracja ma pozytywny wpływ na λ, najlepsze efekty uzyskuje się przy równoczesnym użyciu kruszywa lekkiego
Badanie kompozytów z granulatem aerożelu			
[A1]	• ustalenie wpływ dodatku granulatu aerożelowego na właściwości wybranych kompozytów cementowych badano kompozyty z kruszywem popiołoporytowym (przy trzech stopniach nasycenia wodą) w dwóch wariantach wprowadzania granulatu aerożelu: do mieszanki z superplastyfikatorem oraz do mieszanki aerowanej	• pomiar parametrów termicznych λ i c_v kompozytów w różnym wieku przy nieustalonym przepływie ciepła • badanie wytrzymałości na ściskanie kompozytów w różnym wieku • badania SEM aerożelu i kompozytów oraz spektroskopia EDS aerożelu • badanie porów aeroeżlu i kompozytów przy użyciu porozymetru rtęciowego oraz ustalenie rozkładów porów kompozytu z wykorzystaniem zależności Washbruna i Pirarda	• granulat aerożelu zmniejsza λ i zwiększa c_v kompozytu, a uzyskane parametery są odpowiednie dla przegród zewnętrznych • wytrzymałość na ściskanie kompozytów z granulatem aerożelu pozwala na wykorzystanie materiału do tworzenia konstrukcji nośnych w budynkach jednokondygnacyjnych • udział objętościowy 20% aerożelu skutkował wzrostem porowatości kompozytu 8-63% i zwiększeniem objętości nanoporów
[A3]	• ustalenie różnic we właściwoścach cieplnych, wytrzymałości na ściskanie i strukturze lekkich kompozytów cementowych, w których porowatość uzyskiwano w różny sposób badano kompozyty na dwóch typach kruszywa lekkiego (keramzyt i popiołoporyt) wariantowo: z domieszką napowietrzajacą, z dodatkiem	• badanie porowatości mieszanek betonowych • badanie dojrzałych kompozytów porozymetrami – optycznym i rtęciowym • pomiar parametrw termicznych λ i c_v kompozytów w różnym wieku przy nieustalonym przepływie ciepła • badanie wytrzymałości na ściskanie dojrzałych komopzytów • badania SEM strefy kontaktu kruszywa i zaczynu	• porowatość kruszywa ma wpływ na porowatość mieszanki betonowej, a dodatek aerożelu niewiele ja zmienia • każda z metod (aeracja, proszek aluminiowy, aerożel) powodują powstanie porów o innych rozmiarach • dodatek aerożelu jest obiecujący: najniższą wartość λ wykazały co prawda kompozyty napowietrzone, ale także niską – kompozyty z aerożelem przy nie zmienionym c_v • aerożel spowodował najmniejszy

	reaktywnego proszku aluminiowego i z dodatkiem granulatu aerożelu	• badania jednorodności spektroskopem EDS	spadek wytrzymałości ze wszystkich badanych wariantów
[A5]	• wykazanie, że równanie Washbruna jest niemiarodajne dla oceny porowatości kompozytu cementowego z aerożelem badanej porozymetrem rtęciowym badano kompozyty na dwóch typach kruszywa lekkiego (keramzyt i popiołoporyt) z dodatkiem granulatu aerożelu; skład mieszanek jak w [A3]	• badanie dojrzałych kompozytów porozymetrem rtęciowym • pomiar parametrw termicznych λ i c_v kompozytów przy nieustalonym przepływie ciepła • badanie wytrzymałości na ściskanie dojrzałych kompozytów	• kombinacja równań Washbruna i Pirarda pozwala na uzyskanie miarodajnych zależności opisujących mikrostrukturę kompozytów z udziałem aerożelu w całym zakresie średnic porów • 20% udział aerożelu znacznie zmniejsza wytrzymałość i ciężar objętościowy kompozytu, obniża też znacznie λ i nieznacznie c_v (wyniki badań jak w [A3])
[A8]	• ocena parametrów cieplnych i strukturalnych betonów z aerożelem i ich wpływu na dynamiczne właściwości cieplne betonu • ocena, jak badane betony zachowują się przy nagłych zmianach temperatury zewnętrznej • ocena, jak struktura wpływa na właściwości cieplne kompozytów badano betony na dwóch lekkich kruszywach: keramzytowym i popiołoporytowym, z dodatkiem aerożelu lub domieszką napowietrzającą (składy i właściwości takie same jak w [A3] i[A5]	• pomiar parametrw termicznych λ i c_v kompozytów w warunkach nieustalonego przepływu ciepła • obliczenie parametrów niestacjonarnego przepływu ciepła zgodnie z normą EN ISO (wewnętrzna powierzchniowa pojemność cieplna K, okresowa przewodność cieplna Y12, wewnętrzna admitancja cieplna Y11, współczynnik tłumienia f, przesunięcie czasowe Δt) • badania cieplne kompozytów poddanych zmiennym warunkom temperaturowym - ustalenie przyrostów energii kompozytów w czasie ogrzewania i gęstości strumienia ciepła	Kompozyty z aerożelem: • wykazały niskie λ przy relatywnie wsyokim c_v • wykazały wysoką admitaccję Y11 i dobrą przewodność okresową Y12, także dobre własności f i Δt, • wykazały silne właściwości tłumienia fali cieplnej przy gwaltownych zmianach temperatury zewnętrznej (własności podobne do betonów aerowanych) • mogą być klasyfikowane jako odporne na cykliczne obciążenia termiczne
[A9]	• ocena właściwości termicznych lekkiego kompozytu geopolimerowego ze spoiwem w postaci aktywowanego żużla wielkopiecowego z kruszywem z popiołów spiekanych i z dodatkiem aerożelu badano kompozyty, w których część kruszywa zamieniono aerożelem (od 0 do 30% objętościowo)	• badanie rozpływu mieszanki • badanie gęstości, absorpcji wody oraz wytrzymałości na zginanie i ściskanie dojrzałego kompozytu • pomiar parametrów termicznych λ i c_v kompozytu w warunkach nieustalonego przepływu ciepła • badanie struktury mikroskopem skaningowym • badanie wrażliwości na wysokie temperatury (do 1050°C) • obserwacje SEM i EDS	• kruszywo spiekane pozwala na uzyskanie wysokich wytrzymałości kompozytu, a dodatek aerożelu pozwala na uzyskanie wytrzymałości na ściskanie większej niż 20 MPa • zastosowane aktywowane spoiwo jest kompatybilne z kruszywem spiekanym • aerożel powoduje uzyskanie przez kompozyt dobrej izolacyjności cieplnej i równocześnie odporności na wysokie temperatury
	Badanie kompozytów z cenosferami		
[A7]	• ocena możliwości zastosowania cenosfer jako zamiennika kruszywa w aspekcie gęstości, współczynnika przewodzenia ciepła, wytrzymałości na ściskanie i zginanie badano kompozyty, w których zamieniono cenosferami 0, 20, 40, 60, 80 i 100% kruszywa drobnego	• badania wytrzymałościowe dojrzałych kompozytów • pomiar parametrw termicznych λ i c_v kompozytów	• zastosowanie cenosfer powoduje redukcje gęstości objętościowej kompozytu cementowego, obniżenie współczynnika przewodzenia • zastosowanie cenosfer powoduje zmniejszenie wytrzymałości
[A10]	• rozpoznanie cech wilgotnościowych kompozytów zawierających cenosfery badano kompozyty, w których zamieniono cenosferami 0, 20, 40, 60, 80 i 100% kruszywa drobnego	• badanie rozpływu mieszanki, • badanie gęstości objętościowej, wytrzymałości na zginanie i ściskanie dojrzałego kompozytu • badania parametrów termicznych λ, a i c_v kompozytów • badanie absorpcji wody, absorpcji przez podciąganie kapilarne, sorpcji i desorpcji • badanie porowatości metodą optyczną	• cenosfery pomagają zredukować podciąganie kapilarne (wskutek zmniejszenia odległości porów) i w efekcie zwiększają trwałość kompozytu • dodatek cenosfer obniża λ, co przy stosunkowo wysokich wytrzymałościach sprawia, że kompozyty z ich udziałem mogą być stosowane do elementów konstrukcyjnych i do druku 3D.

Ocena komfortu termicznego budynków na podstawie symulacji komputerowych			
[A4]	• ocena wpływu materiału ścian na energię potrzebną do chłodzenia budynku w lecie analizowano ściany: betonowe, z cegły silikatowej, betonu komórkowego, cegły ceramicznej, lekkich kompozytów betonowych z kruszywem keramzytowym i popiołoporytowym (z domieszką napowietrzającą i z granulatem aerożelu)	• symulacja komputerowa zużycia energii w ciągu roku w mieszkaniu w dwóch wariantach: mieszkanie z systemem chłodzenia i bez takiego systemu	• użycie betonu, silikatów i betonów lekkich powoduje zmniejszenie zużycia energii dla celów chłodzenia, natomiast nie ma wpływu na energię niezbędną do ogrzewania • materiały o dużej pojemności cieplnej pozwalają na zmniejszenie użycia klimatyzacji w lecie
[A6]	• porównanie komfortu cieplnego w budynku o ścianach z betonu na kruszywie lekkim i betonu spienionego o tej samej gęstości w różnych lokalizacjach (Egipt, Austria, Polska, Norwegia) analizowano ściany z betonów trzech klas gęstości o grubościach zapewniających jednakową przewodność cieplną, analizowano budynek z systemem chłodzenia i bez niego	• symulacje komputerowe przykładowego budynku, łączące symulacje energetyczne i obliczenia higrotermiczne	• pomimo porównywalnych gęstości i przewodności cieplnej, betony na kruszywach lekkich i betony spienione mają różne wartości ciepła właściwego i wartości dynamicznych właściwości cielnych, a w konsekwencji różny jest stan termiczny całego budynku • ściany grubsze zapewniają mniejsze zapotrzebowanie na energię do ogrzewania szczególnie w zimnym klimacie i na energię do chłodzenia szczególnie w ciepłym klimacie • wpływ grubości ściany na PMV jest większy w budynkach klimatyzowanych w ciepłym klimacie, a w budynkach bez chłodzenia wpływ jest niewielki
Opracowanie betonu żelowego			
[A11]	• Opracowanie wysokoporowatego betonu żelowego, w którym żelowanie skrobi następuje bezpośrednio w zaczynie cementowym badano kompozyt, w którego składzie jest cement, gips i skrobia i dodatkowo metakaolin lub zeolity, a także kruszywo grube	• obserwacje SEM • badanie parametrów termicznych λ dojrzałego kompozytu w warunkach nieustalonego przepływu ciepła • badanie wytrzymałości na ściskanie • badanie sorpcji wilgoci	• wytrzymałość betonu żelowego jest niższa niż betonu komórkowego o tej samej gęstości – do gęstości 0,7 g/cm^3, powyżej tej wartości dodatek składnika pucolanowego nie ma wpływu na wytrzymałość • kompozyt żelowy ma bardzo małą przewodność cieplną, znacznie mniejszą niż betony komórkowe w tej samej klasie gęstosci • maksymalna sorpcja wilgoci wynosi 16-22%
[A12]	• uzyskanie patentu na beton żelowy służący do wykonania elementów murowych zgłoszono kompozyt, w którego składzie jest cement i skrobia, dodatkowo w proponowanych składach jest gips, metakaolin, popiół lotny, zeolity, cenosfery lub kruszywo keramzytowe	• podgrzanie zaczynu cementowego z dodatkiem skrobi do temperatury żelowania	• otrzymany kompozyt jest jednorodny, ma wysoką porowatość i stosunkowo wysoką gęstość

Cykl publikacji zestawia wyniki badań laboratoryjnych betonów lekkich i ich analizę w oparciu o techniki pomiarowe opanowane w okresie realizacji rozprawy doktorskiej, w szczególności badania porowatości (dwie stosowane komplementarnie techniki pomiarowe – porozymetria rtęciowa i optyczna), badania właściwości cieplnych (parametry materiałowe i parametry dynamicznego przepływu ciepła), pomiary własności sorpcyjnych. Badania te wykonano dla betonów zawierających w swym składzie granulat aerożelu (badania były zapoczątkowane już w okresie realizacji doktoratu – [A1], [A2] i [A3]) oraz cenosfery, badane były także inne metody zwiększania porowatości kompozytu.

Bardzo istotnymi, w mojej opinii, elementami cyklu są publikacja [A11] i zgłoszenie patentowe [A12] dokumentujące opracowanie nowego betonu lekkiego uzyskiwanego przez dodanie do cementu skrobi i ogrzewanie takiego zaczynu do temperatury jej żelowania. Materiał ten charakteryzuje się wysoką porowatością, wynikającą z porowatości samego zaczynu. W publikacjach powyższych opisano pozytywne

wnioski dotychczasowych badań, co do zasadności i korzystnych cech opracowanego rozwiązania materiałowego. Na tej podstawie Habilitant uzyskał grant NCN.

Cykl publikacji dopełniają relacje z symulacji komputerowych wykonanych przy użyciu programu dedykowanego do analiz termicznych. Wskazują one na wpływ materiału ścian zewnętrznych na komfort cieplny oraz zapotrzebowanie na energię do chłodzenia budynków znajdujących się w różnych klimatach.

Za swoje osiągnięcia, opisane w cyklu publikacji, Habilitant w Autoreferacie uznał:

1. Poszerzenie wiedzy z zakresu badań nad lekkimi kompozytowymi cementowymi z dodatkiem aerożeli,
2. Opracowanie metodyki pomiarowej porowatości betonów lekkich z dodatkiem granulatu aerożelowego, wykorzystującej porozymeterię rtęciową,
3. Poszerzenie wiedzy z zakresu badań nad lekkimi kompozytami cementowymi z dodatkiem cenosfer i innych sposobów bezpośredniego zwiększania porowatości matrycy cementowej,
4. Poszerzenie wiedzy z zakresu wpływu właściwości betonów lekkich na bilans energetyczny budynku, a także zagadnień związanych z przegrzewaniem się budynków,
5. Opracowanie koncepcji wytwarzania lekkiego kompozytu cementowego – betonu żelowego.

W odniesieniu do tak sformułowanych osiągnięć wyrażam następującą opinię.

Doceniam badania lekkich kompozytów (p.1 i 3) - ich zaprogramowanie i realizacja świadczą o bardzo dobrym opanowaniu różnorodnego sprzętu badawczego, także swobodnego operowania wiedzą na temat kompozytów cementowych i bardzo dużym potencjale naukowym Habilitanta. Jednak, w mojej opinii, *„poszerzenie wiedzy z zakresu …”* nie może być uznane za osiągniecie naukowe, bowiem jest to ogólnik (poszerzenie – o co? o jaką nową wartość? o jaki nowy element?). Na zakończenie każdej z publikacji sformułowano co prawda wnioski dotyczące poszczególnych zbadanych cech analizowanych kompozytów (cech wytrzymałościowych, termicznych czy związanych z sorpcją wilgoci), jednak i w publikacjach i w autoreferacie brakuje jednoznacznie określonych osiągnieć merytorycznych sformułowanych na podstawie tych szczegółowych wniosków.

Za osiągnięcie naukowe uznaję opracowanie metodyki pomiarowej porowatości betonów z granulatem aerożlowym, opierającej się na komplementarnym wykorzystaniu wyników badań metodą rtęciową i optyczną (p.2).

W p.4 Hablitant znów użył sformułowania *„poszerzenie wiedzy z zakresu …”*. W mojej ocenie, prace dotyczące komfortu cieplnego prezentują analizy przyczynkowe nie zamknięte jednoznacznie sformułowanym uogólniającym wnioskiem, który stanowiłby osiągnięcie naukowe.

Pomysł i opracowanie składu nowego kompozytu – betonu żelowego (p. 5) uznaję za osiągnięcie naukowe, choć w mojej opinii, byłoby ono pełniejsze, gdyby opierało się już na wynikach szerokich badań zaplanowanych w uzyskanym grancie (sam Habilitant w Autoreferacie na str. 30 pisze o *„wstępnych wynikach badań”*).

Na zakończenie oceny merytorycznej cyklu publikacji, do zaprezentowanego przez Habilitanta materiału sformułowałam kilka uwag dyskusyjnych, mających, w moim zamyśle, zainspirować Habilitanta do dalszych prac:

1. Kompozyty badane były z myślą o ich stosowaniu do wykonywania ścian osłonowych, także o funkcjach konstrukcyjnych (poszukiwano wariantu o stosunkowo wysokiej wytrzymałości). Wytrzymałość zarówno na rozciąganie przy zginaniu jak i na ściskanie badana była na małych próbkach (przekrój 40 x 40 mm), tymczasem normy przewidują badania betonów na próbkach większych walcowych lub kostkowych o wymiarze co najmniej 100 mm (norma EN 206 Beton. *Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność* obejmująca betony na kruszywach lekkich i betony samozagęszczalne, norma EN 1354 *Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie betonu lekkiego kruszywowego o otwartej strukturze*). Mając w perspektywie wdrożenia opracowanych kompozytów do praktyki należałoby przeprowadzić badania na próbkach normowych lub co najmniej odnieść się do tzw. efektu skali. Wyniki badania na małych próbkach mogą służyć jedynie do jakościowych porównań.
2. Warto byłoby zastanowić się, o czym świadczą wyniki badań parametrów termicznych kompozytów w młodym wieku [A1, A2, A3]? W szczególności interesująca byłaby odpowiedź na pytanie co powoduje, że ciepło właściwe niektórych kompozytów w wieku 7-14 dni ma wyraźne maksima, a niektórych wyraźne minima? Maksima widoczne w publikacjach: A1 – rys. 10 i rys. 11 (L\BL\SP, L\21\SP, L\21\AA) oraz A3 – rys. 8 (EC/N) i rys. 9 (FA/Acro, FA/A i FA/N). Minima widoczne w publikacji A2 – rys. 8 (R/N, R/A, EC/N, EC/A).
3. Czy porównywanie porowatości ogólnej badanej metodą optyczną i rtęciową ([A2] rys. 10a) jest w pełni uzasadnione, skoro każda z metod pokazuje pory o innej średnicy? Ponadto patrząc na układ punktów

wydaje się, że lepsze dopasowanie wszystkich zależności *a, b* i *c* na tym rysunku dałyby funkcje nieliniowe.

4. Na rys. 17, 18, 19, 20, 22 (z wyjątkiem rys. 20b) publikacji [A9] szukano liniowych funkcji dopasowania do wyników badań. Wydaje się, patrząc na układ punktów, że nieliniowe funkcje trendu byłyby tu lepsze.
5. Czytając publikację [A11] nie jest jasne, na jakiej podstawie na rys. 2 i 3 pokazano zależności wytrzymałości i przewodności cieplnej od gęstości kompozytów. Wcześniej nie ma informacji o wpływie składu kompozytu na gęstość.
6. W zgłoszeniu patentowym [A12] napisano, że temperatura żelowania wynosi 45-95°C. Dlaczego przedział ten jest tak duży i do jakiej konkretnej temperatury ogrzewano badany kompozyt (tego parametru nie podano w pracy [A11])?
7. Czym jest „przenikliwość porów" (Autoreferat str.13$_2$)?

3.2.3 Ogólna ocena merytoryczna cyklu publikacji

Zważywszy na dane zestawione w p. 3.3.1 i 3.3.2 cykl publikacji pt. *Wpływ wybranych dodatków na właściwości cieple i mikrostrukturę kompozytów cementowych* ogólnie oceniam pozytywnie, jednak nie wszystkie przedstawione w Autoreferacie osiągnięcia, za takowe uznaję. Za osiągnięcia merytoryczne uznaję:

- opracowanie metodyki pomiarowej porowatości betonów lekkich z dodatkiem granulatu aerożelowego, wykorzystującej komplementarne użycie dwóch metod: porozymeterii rtęciowej i optycznej,
- opracowanie innowacyjnego betonu żelowego, mającego korzystne właściwości termiczno-wytrzymałościowe oraz metody jego uzyskiwania.

W efekcie uznaję, że cykl publikacji prezentuje osiągnięcia merytoryczne i jako taki stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny *inżynieria lądowa, geodezja i transport.*

4. Działalność naukowa

4.1. Charakterystyka publikacji i wskaźniki bibliometryczne

Według tablicy na str. 35 autoreferatu i p. II.4 załącznika 5 dr inż. Jarosław Strzałkowski opublikował 54 prace, w tym 24 po uzyskaniu stopnia doktora. Charakterystyka prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora jest następująca:

- czasopisma z JCR – 15,
- czasopisma spoza JCR - 6
- referaty konferencji indeksowanych - 6,
- rozdziały w monografiach – 3.

Na str. 44 autoreferatu znajdują się natomiast nieco inne liczby – 51 publikacji ogółem w tym 16 w czasopismach JCR i 7 w indeksowanych materiałów konferencyjnych.

Habilitant nie redagował monografii naukowych.

Sumaryczny Impact Factor według bazy JCR zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 79,2, w tym po doktoracie 76,7. W bazie WoS indeksowanych jest 21 prac Habilitanta, liczba cytowań według WoS wynosi 191 (bez autocytowań 177), a Indeks Hirscha – 9. Scopus indeksuje 27 publikacji cytowanych 251 razy (bez autocytowań 222), a Indeks Hirscha – 10.

Działalność publikacyjna Habilitanta, ze względu na wysoki sumaryczny IF oraz wysoki indeks Hirscha oceniam pozytywnie.

4.2. Działalność naukowa

4.2.1. Patenty

Dr inż. Jarosław Strzałkowski wykazał w Autoreferacie 5 zgłoszeń patentowych, zamieszczonych w Biuletynie Urzędu Patentowego, ale nie uzyskały one jeszcze patentów.

Trzy z nich są współautorskie nr 441381 (*Sposób wydłużenia czasu wiązania zaczynu klinkieru cementowego*), 443963 (*Sposób poprawy wytrzymałości na zginanie i ściskanie fotoaktywnego wyrobu cementowego*) oraz 445949 (*Sposób poprawy przyczepności wyrobu cementowego*). Były one wynikiem badań ukierunkowanych na komercjalizację *Nowej metody otrzymywania fotoaktywnych cementów* jako efekt prac w ramach konkursu TANGO 5 NCBiR.

Dwa zgłoszenia są autorskie nr 442259 i 442258 i dotyczą sposobu wytwarzania *Lekkiego kompozytu cementowego oraz sposobu wytwarzania lekkiego kompozytu cementowego* i *Kompozytu gipsowego oraz sposobu wytwarzania kompozytu gipsowego.*

4.2.2. Realizowane granty

Dr inż. Jarosław Strzałkowski w latach 2015-2018 realizował jako kierownik projekt NCN PRELUDIUM 7 *Modyfikacja kompozytów betonowych w kierunku poprawy pojemności cieplnej i izolacyjności cieplnej oraz równoczesnego zagwarantowania odpowiedniej wytrzymałości,* którego efektem była rozprawa doktorska.

Był wykonawcą w dwóch projektach. W ramach konkursu Tango V NCN, NCBR realizowany był projekt *Nowa metoda otrzymywania fotoaktywnych cementów,* a w ramach programu Interreg V A MM / BR / PL realizowany był projekt INT 190 MoRE *Modelowy Region Energii Odnawialnych Wysp Uznam i Wolin.*

Aktualnie Habilitant jest kierownikiem projektu NCN SONATA 19 *Kompleksowe badania struktury lekkich kompozytów cementowych o wysokiej porowatości - beton żelowy.*

4.2.3. Staże naukowe i praca w zespołach badawczych poza macierzystą uczelnią

Dr inż. Jarosław Strzałkowski odbył w roku 2023 10-dniowy staż badawczy na Uniwersytecie Arystotelesa w Salonikach, gdzie realizował badania struktury kompozytów cementowych z odpadami przemysłowymi (włókna lawendy i proszek z czarnej sosny). Realizując tę współpracę Habilitant brał udział w opracowaniu wniosku grantowego w ramach programu Horyzont.

4.2.4. Współpraca międzynarodowa i współpraca z naukowcami z uczelni polskich

Habilitant w Autoreferacie wykazał współpracę z badaczami z innych uczelni, w tym zagranicznych przy przygotowaniu publikacji dotyczących:

- symulacji cieplnych budynków w różnych lokalizacjach na świecie (symulacje nie mogą być „*cieplne*", chyba chodziło o numeryczne symulacje przepływów ciepła w budynkach?), wykonywanych we współpracy z naukowcami z Korei Płd (Uniwersytet Sejong) i Egiptu (Uniwersytet Mansoura),
- symulacji cieplnych (j.w.) ścian drukowanych z izolacją, wykonywanych we współpracy z naukowcami niemickimi (Uniwersytet Techniczny w Berlinie) i egipskimi (Uniwersytet Mansoura),
- badań mikrostrukturalnych spoiwa opartego na odpadach dolomitu, realizowanych we współpracy z naukowcami niemieckimi i egipskimi,
- badań nad geopolimerem z dodatkiem granulatu aerożelowego, realizowanych we współpracy z Politechniką Poznańską.

4.2.5. Konferencje i seminaria

Dr inż. Jarosław Strzałkowski przed uzyskaniem stopnia doktora uczestniczył w trzech konferencjach krajowych i 5 międzynarodowych, wygłaszając referaty lub prezentując posteyr, a po jego uzyskaniu w jednej konferencji krajowej i dwóch międzynarodowych (Turyn, Praga, Guimaraes, Aalborg). Na jednej z konferencji krajowych otrzymał nagrodę za poster.

Hablitant współorganizował na macierzystym wydziale międzynarodową konferencję *2nd Conference on Sustaiunable Environmental Friendly Construction Materials* w ramach programu NAWA oraz warsztaty dla doktorantów w ramach *1st International Workshop for PhD students*, prezentując metody badawcze.

4.2.6. Recenzje

Dr inż. Jarosław Strzalkowski wykonał 22 recenzje dla czasopism anglojęzycznych, w tym posiadających IF: *Construction and Building Materials, Journal of Materials in Civil Engineering Cement and Concrete Composities, Composites Patr B* i innych.

4.2.7. Członkostwo w organizacjach naukowych, w komitetach redakcyjnych i radach czasopism

Dr inż. Jarosław Strzałkowski nie wykazał członkostwa w organizacjach naukowych ani w komitetach redakcyjnych czasopism.

4.2.8. Opieka naukowa nad doktorantami lub promotorstwo pomocnicze

Habilitant nie wykazał promotorstwa pomocniczego w przewodach doktorskich.

4.2.9. Nagrody naukowe

Dr inż. Jarosław Strzałkowski otrzymał:

- nagrodę Ministra Rozwoju, Pracy i Technologii za rozprawę doktorską,

- ogólnopolską nagrodę Zielonego Feniksa dla zespołu za osiągnięcia naukowe i badawcze w zakresie ekoenergetyki za realizację polsko-niemieckiego projektu INT190 MoRE – Modelowy Region Energii Odnawialnych Wysp Uznam i Wolin,
- 6 indywidualnych nagród JM Rektora za działalność naukową, jedno za działalność dydaktyczną.

4.2.10. Ogólna ocena działalności naukowej

Działalność naukową Habilitanta oceniam pozytywnie ze względu na realizację grantów, zgłoszenia patentowe, wygłaszanie referatów na konferencjach międzynarodowych i wykonywanie recenzji dla czasopism z JCR. Stwierdzam też, że Habilitant prowadził badania naukowe na więcej niż jednej uczelni.

5. Inne aktywności

5.1. Działalność dydaktyczna

Działalność dydaktyczna dr inż. Jarosława Strzałkowskiego obejmuje:

- prowadzenie zajęć dydaktycznych – wykładów, ćwiczeń projektowych i laboratoryjnych na studiach stacjonarnych, i niestacjonarnych kierunku *budownictwo,* w tym na specjalności *inżynier europejski* (zajęcia w języku angielskim) i na Wydziale Architektury, a także dla studentów programu *Erasmus* z przedmiotów *materiały budowane, fizyka budowli, akustyki, energy performance of buildings,*
- promotorstwo 7 prac inżynierskich i 6 magisterskich (jedna z nich otrzymała nagrodę w konkursie prac dyplomowych),
- współautorstwo artykułów ze studentami,
- członkostwo w komisjach egzaminów dyplomowych,
- w latach 2017-2020 opieka nad kołem naukowym Młodzi Inżynierowi PZITB, zdobywającym nagrody na konferencjach i targach kół naukowych,
- przygotowanie stanowiska laboratoryjnego do pomiaru właściwości cieplnych oraz do pomiarów przepuszczalności promieniowania widzialnego, wykorzystywanego na zajęciach laboratoryjnych.

Habilitant nie wykazał działań związanych z tworzeniem programów studiów ani uczestnictwa w zespołach związanych z jakością kształcenia.

5.2. Działalność na rzecz Uczelni

Dr inż. Jarosław Strzałkowski wykazał jedną aktywność związaną z działalnością na rzecz uczelni, a mianowicie ewidencję sprzętu Katedry Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych. Nie wykazał członkostwa w ciałach kolegialnych uczelni ani w uczelnianych bądź wydziałowych komisjach.

5.3. Działalność popularyzująca naukę i działalność na rzecz otoczenia

Habilitant popularyzował naukę prowadząc ćwiczenia dla dzieci szkolnych w ramach ZUT – Dziecięcy Uniwersytet Technologiczny DUTEK. Organizował także zajęcia dla dzieci przedszkolnych.

Był współorganizatorem pikniku OZE w ramach projektu Interreg INT 190, którego celem było promowanie wykorzystania OZE w życiu codziennym.

Był członkiem komisji konkursowej na targach budowlanych.

5.4. Współpraca z przemysłem i wdrożenia

Dr inż. Jarosław Strzałkowski ma uprawnienia budowlane w branży konstrukcyjno-budowlanej bez ograniczeń (Habilitant nie podał, czy są to uprawnienia do projektowania, czy kierowania robotami budowlanymi).

W latach 2008-15 był współautorem projektów i ekspertyz budowlanych, ponad 250 charakterystyk energetycznych budynków oraz innych opracowań technicznych związanych głownie z parametrami materiałowymi, właściwościami cieplnymi i akustycznymi wyrobów budowlanych. Wykonywał także inwentaryzacje budowlane. Współpracował przez wiele lat z firmami Pruszyński sp. z o.o., Wienerberge i Erbud.

Odnotować także trzeba członkostwo w Zrzeszeniu Audytorów Energetycznych oraz Polskim Związku Inżynierów i Techników Budownictwa.

5.5. Ocena innych form działalności

Osiągnięcia w działalności dydaktycznej, działalności popularyzującej naukę oraz udział dr inż. Jarosława Strzałkowskiego w pracach projektowych, ekspertyzowych i badawczych na rzecz podmiotów gospodarczych oceniam pozytywnie.

6. Wniosek końcowy

Na podstawie analizy dokumentacji wniosku Pana dr inż. Jarosława Strzałkowskiego o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie *inżynieria lądowa, geodezja i transport*, zestawionej w p. 1 niniejszej recenzji stwierdzam co następuje:

- po dokonaniu merytorycznej analizy cyklu publikacji pt. *Wpływ wybranych dodatków na właściwości cieple i mikrostrukturę kompozytów cementowych* przedstawionego przez Habilitanta jako osiągnięcie (p.3 recenzji), uznaję, że stanowi on znaczny wkład w rozwój dyscypliny *inżynieria lądowa, geodezja i transport;* osiągnięcia merytoryczne zostały wyszczególniony w p. 3.2.3 niniejszej recenzji,
- Habilitant wykazał się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż w jednej uczelni (p.4 recenzji),
- działalność dydaktyczną, współpracę z przemysłem oraz działalność popularyzatorski oceniam pozytywie (p.5 recenzji).

Ostatecznie stwierdzam, że Pan dr inż. Jarosław Strzałkowski spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. z późn. zmianami *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* i popieram wniosek o nadanie Mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie *inżynieria lądowa, geodezja i transport*.

Lublin, 15.04.2025