

dr inż. Anna Staszczuk

Uniwersytet Zielonogórski
Instytut Budownictwa
ul. prof. Z. Szafrana 1
65-516 Zielona Góra

ZAŁĄCZNIK NR 2

AUTOREFERAT

Zielona Góra, luty 2023

SPIS TREŚCI

1. Imię i nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Omówienie osiągnięcia habilitacyjnego	4
4.1. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)	4
4.2. Geneza pracy i problematyka badań	5
4.3. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników oraz ich znaczenie użytkowe	5
4.4. Wskazanie najważniejszych osiągnięć stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej.....	10
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	11
5.1. Kierunki badawcze	11
5.2. Dorobek publikacyjny i wskaźniki naukometryczne	15
5.3. Udział w krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych.....	15
5.4. Recenzowanie artykułów w czasopiśmie krajowym i międzynarodowym	16
6. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej	16
6.1. Współpraca z Uniwersytetem Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie	16
7. Udział w projektach krajowych i międzynarodowych.....	16
7.1. Udział w projektach krajowych	16
7.2. Udział w projektach międzynarodowych - współpraca z Brandenburgskim Uniwersytetem Technicznym w Cottbus-Senftenberg oraz Centrum Technologii Energetycznych Kraju Związkowego Brandenburgia e.V.	17
8. Informacja o innych osiągnięciach.....	18
8.1. Działalność dydaktyczna	18
8.2. Działalność organizacyjna	18
8.3. Działalność popularyzująca naukę.....	19
9. Współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym.....	19
10. Nagrody i stypendia	19
11. Inne.....	19

Instytut Budownictwa, Zakład Dróg i Mostów

2006 – 2011 asystent

Uniwersytet Zielonogórski

Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

Instytut Budownictwa, Zakład Dróg i Mostów

4. Omówienie osiągnięcia habilitacyjnego

4.1. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

Głównym osiągnięciem naukowym stanowiącym znaczny wkład w wymiarze empirycznym i użytkowym w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, będącym podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego jest autorska, oryginalna monografia naukowa pt.

Wykorzystanie pojemności cieplnej przegród budowlanych do poprawy komfortu cieplnego w budynkach mieszkalnych w czasie fal upałów

wydana w 2022 roku nakładem Oficyny Wydawniczej Uniwersytetu Zielonogórskiego.

Recenzenci wydawniczy: prof. dr hab. inż. Tadeusz Bohdal oraz prof. dr hab. inż. Tomasz Winnicki (Załącznik nr 4).

Przedmiotowa monografia składa się z 13 rozdziałów poprzedzonych wstępem i zakończonych wnioskami końcowymi. We wstępie podano wprowadzenie do podjętej tematyki i sformułowano problem. W rozdziale 1 podano cel i zakres pracy, a w rozdziale 2 dokonano przeglądu literatury w zakresie dotychczasowych efektów badań eksperymentalnych i obliczeń symulacyjnych. Przeprowadzone analizy dotyczyły wpływu pojemności cieplnej przegród budowlanych na komfort cieplny i zużycie energii chłodniczej w budynkach. Rozdział 3 zawiera charakterystykę obiektów znajdujących się na terenie Parku Naukowo - Technologicznego Uniwersytetu Zielonogórskiego w Nowym Kisielinie koło Zielonej Góry, w których prowadzono badania eksperymentalne. W rozdziale 4 szczegółowo opisano wykorzystaną aparaturę i techniki pomiarowe, w rozdziale 5 zakres i opis przeprowadzonych badań eksperymentalnych, a w rozdziale 6 model teoretyczny i zakres wykonanych obliczeń numerycznych, które posłużyły do walidacji badań doświadczalnych. W rozdziale tym przedstawiono także sposób kalibracji modelu obliczeniowego. W rozdziałach 7-9 przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych wraz z ich analizą. Pozwoliła ona na wykorzystanie uzyskanych wyników do oceny zachowań cieplnych całych budynków i ich poszczególnych pomieszczeń. Badania dotyczyły określenia wpływu pojemności cieplnej przegród budowlanych na przebieg uśrednionych temperatur powietrza w budynkach (rozdział 7), jak również w ich poszczególnych pomieszczeniach (rozdziały 8 i 9). W rozdziale 7 przedstawiono średnie temperatury w okresie lata oraz w czasie fal upałów, a także dokonano analizy skumulowanego rozkładu temperatur. W rozdziałach 8 i 9 przedstawiono temperatury w okresie lata oraz w czasie fal upałów, a także analizę przekroczeń progu temperatur granicznych w pomieszczeniach. Badania wykonano przy otwartych (rozdział 8) i zamkniętych (rozdział 9) drzwiach poszczególnych pomieszczeń. Rozdział 10 zawiera porównanie wyników symulacji komputerowych. W rozdziale 11 porównano wpływ tradycyjnych materiałów budowlanych o wysokiej pojemności cieplnej i zmiennofazowych (PCM) na temperaturę powietrza w pomieszczeniach. Rozdział 12 dotyczy ewolucji podejścia do wpływu pojemności cieplnej przegród budowlanych na komfort cieplny budynków w okresie letnim. Przedstawiono w nim podejmowane przez różnych autorów próby opisanie charakterystyk cieplnych budynków za pomocą konkretnych wskaźników

czy współczynników, które oddawałyby rzeczywiste zachowanie termiczne budynków. W tym kontekście porównano także wyniki badań własnych z badaniami innych autorów. W rozdziale 13 zawarto podsumowanie pracy, gdzie wykazano wpływ pojemności cieplnej ścian, zastosowania materiałów zmienno-fazowych (PCM) i braku izolacji cieplnej podłóg na gruncie na temperatury powietrza w budynkach. Dokonano również porównania wyników badań eksperymentalnych z wynikami obliczeń numerycznych. Wnioski końcowe z przeprowadzonych badań sformułowano w postaci osiemnastu punktów dotyczących poszczególnych zagadnień i będących uogólnieniem uzyskanych wyników badań i analiz.

4.2. Geneza pracy i problematyka badań

W świetle zmian klimatycznych, kształtowanie poprawnego mikroklimatu w budynku staje się jeszcze bardziej istotne niż dotychczas. W regionach o tradycyjnie umiarkowanym klimacie, o dużych dobowych wahaniami temperatur zewnętrznych, coraz częstsze są bowiem dłuższe okresy z wysokimi temperaturami maksymalnymi, które nie obniżają się znacząco w nocy. Wzrost częstotliwości i nasilenia fal upałów, jaki ma miejsce w ostatnich latach powoduje, że w budynkach o bardzo niskim zapotrzebowaniu na energię pojawiają się problemy z ich przegrzewaniem. Wiele badań wykazało, że już teraz przekraczane są zalecane temperatury w okresie letnim i że efekt ten będzie drastycznie wzrastał w ciągu następnego dziesięciolecia.

Stres cieplny wpływa negatywnie na zdrowie ludzi zarówno fizyczne, jak i psychiczne. Wysokie temperatury wywołują takie objawy, jak nadmierne pragnienie, pocenie się, zawroty i bóle głowy, a także mdłości. Ponadto obniżają samopoczucie i zadowolenie z życia, powodując niski poziom energii i problemy emocjonalne. W skrajnych przypadkach prowadzą między innymi do udaru czy wyczerpania cieplnego, a nawet śmierci.

Mając na uwadze powyższe można się spodziewać, że zainteresowanie użytkowników budynków stosowaniem klimatyzacji mechanicznej będzie znacznie większe niż dotychczas. Do tej pory w Polsce, jak też innych krajach europejskich o klimacie umiarkowanym była ona stosowana w wyjątkowych przypadkach. Taki sposób zapobiegania przegrzewaniu się budynków powoduje jednak wzrost zużycia energii pierwotnej i potęguje efekt cieplarniany.

Alternatywą stają się metody pasywne chłodzenia budynków, dzięki którym możliwe jest utrzymanie wymaganych warunków komfortu cieplnego przy minimalnym zużyciu energii. Wykorzystują one: zabezpieczanie budynku przed przedostawaniem się ciepła z zewnątrz, odprowadzanie różnymi metodami ciepła na zewnątrz oraz przechowywanie ciepła w przegrodach budynku o wysokiej bezwładności cieplnej. Ostatnia z metod, będąca przedmiotem badań, charakteryzuje się dużym potencjałem magazynowania energii, a przegrody o wysokiej pojemności cieplnej wykazują działanie stabilizujące w zakresie wahań temperatury powietrza wewnątrz budynków. Poza tym wykorzystanie zwiększonej pojemności cieplnej przegród budowlanych w celu przeciwdziałania wysokim letnim temperaturom nie wymaga żadnych dodatkowych działań i stanowi element charakterystyki budynku.

Problematyka podjęta w monografii jest interdyscyplinarna, obejmuje zarówno tematykę z dziedziny budownictwa, jak i inżynierii środowiska, a także energetyki.

4.3. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników oraz ich znaczenie utylitarne

Cel naukowy pracy

Celem naukowym pracy jest analiza wpływu zwiększania masy termicznej ścian budynku na skuteczność zapobiegania zjawisku przegrzewania się budynków w klimacie umiarkowanym. Obejmuje ona ocenę wpływu pojemności cieplnej ścian, usytuowania pomieszczeń w stosunku do stron świata na komfort cieplny i zużycie energii na chłodzenie w jednorodzinnych, wolno stojących budynkach mieszkalnych w czasie fal upałów, jak i całym okresie letnim. Uwzględnia także porównanie efektywności zastosowania tradycyjnych metod zwiększania pojemności cieplnej ścian

i zastosowania w tym celu materiałów zmiennofazowych (PCM), jak również dodatkowej pojemności cieplnej gruntu zalegającego pod nieizolowaną termicznie podłogą.

Osiągnięcie założonego celu naukowego było możliwe przede wszystkim dzięki:

- przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych w dwóch doświadczalnych budynkach wolno stojących o różnej pojemności cieplnej i w trzech pomieszczeniach badawczych, znajdujących się na ostatniej kondygnacji w budynku Centrum Budownictwa Zrównoważonego i Energii (CBZiE) w Parku Naukowo - Technologicznym Uniwersytetu Zielonogórskiego w Nowym Kisielinie;
- prowadzeniu badań eksperymentalnych w długim horyzoncie czasowym, gdzie eksperymenty prowadzono w miesiącach letnich w okresie 6 lat od 2015 do 2020 roku;
- wykonaniu badań dla 10 fal upałów, co umożliwiło zgromadzenie reprezentatywnego zbioru wyników pomiarów i przeprowadzenie analiz z wykorzystaniem metod statystycznych, a w konsekwencji uogólnienie wyników;
- przeprowadzeniu zaawansowanych symulacji komputerowych wraz z analizą uzyskanych wyników.

Osiągnięte wyniki

W ramach pracy przeprowadzono badania eksperymentalne w dwóch budynkach doświadczalnych, różniących się jedynie konstrukcją ścian zewnętrznych i wewnętrznych (ściany wykonane w technologii tradycyjnej z betonu komórkowego i silikatów vs. ściany wykonane w technologii szkieletu drewnianego). Zostały one zaprojektowane jako wolno stojące, parterowe budynki mieszkalne z nieużytkowym poddaszem. Skoncentrowano się na budynkach mieszkalnych, jednorodzinnych, gdyż budynki tego typu są najczęściej obecnie wznoszone w Polsce.

Wyniki badań poddano analizie, która pozwoliła na ocenę zachowań cieplnych całych budynków, jak również ich poszczególnych pomieszczeń. Badania prowadzono przy otwartych i zamkniętych drzwiach do pokoi, gdyż założono, że czynnik ten może mieć istotny wpływ na kształtowanie się temperatur, zwłaszcza w warunkach przedłużających się fal upałów. Badania wpływu pojemności cieplnej ścian budynku prowadzono w latach 2015-2018 oraz w 2020 roku. W 2019 roku w budynku o podwyższonej pojemności cieplnej usunięto izolację cieplną podłogi, by móc uwzględnić dodatkowy efekt pojemności cieplnej zalegającego pod nią gruntu. Ze względu na fakt, że wpływ pojemności cieplnej ma szczególne znaczenie w czasie bardzo wysokich temperatur, w całym okresie badań wyodrębniono 10 fal upałów, dla których przeprowadzono odrębne analizy. Jednym z zakładanych celów badań było także porównanie skuteczności tradycyjnych materiałów budowlanych o wysokiej pojemności cieplnej i materiałów zmiennofazowych (PCM). Takie badania przeprowadzono w 2020 roku w jednym z bliźniaczych budynków badawczych oraz w trzech pomieszczeniach doświadczalnych w Centrum Budownictwa Zrównoważonego i Energii, wykonanych jako pomieszczenia o niskiej pojemności cieplnej (pomieszczenie z PCM i referencyjne) oraz wysokiej pojemności cieplnej (pomieszczenie z silikatów i żelbetu).

Badania wykazały, że zwiększenie pojemności cieplnej budynku z niskiej (192 kJ/Wm^2) do średnio ciężkiej (400 kJ/Wm^2) przez zastąpienie ścian opartych na lekkim szkielecie drewnianym ścianami murowanymi z betonu komórkowego i silikatów przy betonowej podłodze i lekkiej podwieszanej konstrukcji stropu, znacząco poprawiło komfort cieplny we wszystkich jego pokojach. Uzyskane efekty obniżenia temperatur w poszczególnych pomieszczeniach widoczne były przede wszystkim w najcieplejszych okresach lata. W czasie trwania fal upałów w latach 2015-2020 (za wyjątkiem 2019 roku, kiedy usunięto izolację termiczną podłogi na gruncie w budynku tradycyjnym o zwiększonej pojemności cieplnej) największy efekt redukcji uzyskano dla temperatur dziennych. Średnia maksymalna temperatura w czasie fal upałów obniżała się od $1,7^\circ\text{C}$ do $2,8^\circ\text{C}$. Ściany

o zwiększonej pojemności cieplnej okazały się skuteczne także w godzinach nocnych, co jest szczególnie istotne z punktu widzenia zapewnienia komfortu cieplnego w sypialniach. Średnia minimalna temperatura obniżała się od 1,6°C do 2,5°C. W tym przypadku uzyskany efekt jest szczególnie warty podkreślenia, gdyż pojemność cieplna była na ogół ściśle wiązana z jednoczesnym działaniem zwiększonej wentylacji nocnej, która umożliwiałaby usunięcie nadmiaru ciepła zmagazynowanego w masywnych ścianach, podłogach i stropach w ciągu upalnego dnia.

Porównując efekty uzyskane przez zwiększenie pojemności cieplnej ścian w badanych budynkach widać, że były one bardzo zróżnicowane w zależności głównie od klimatu zewnętrznego i w okresach wznoszących temperatur zewnętrznych sięgały 1,7 – 3,6°C. Zestawiając te wyniki z rezultatami innych badań naukowych można stwierdzić, że podany zakres obniżenia temperatur maksymalnych jest zgodny z przeważającą większością obserwacji innych autorów dla zbliżonego zakresu zwiększenia pojemności cieplnej budynku.

Uzyskana różnica temperatur pomiędzy pokojami obu budynków, średnio o 2 do 3°C i nawet o 3,6°C w czasie najgorętszych dni, wskazuje jak ostrożnie podchodzić trzeba do wprowadzania do budownictwa mieszkaniowego w Polsce lekkich ścian szkieletowych, sugerując jednocześnie, że przy zwiększającej się częstotliwości i intensywności fal upałów, w budynkach o ścianach lekkich już w najbliższych latach konieczne stanie się stosowanie klimatyzacji mechanicznej.

Zupełnie inaczej kształtował się wpływ wysokiej pojemności cieplnej ścian dla całego okresu letniego, przy typowej dla tego czasu zmienności temperatury i nasłonecznienia, niż dla okresów kiedy temperatura zewnętrzna sukcesywnie zwiększała się lub zmniejszała przez co najmniej kilka kolejnych dni. Wraz ze wzrostem temperatury zewnętrznej temperatura w budynku lekkim wzrastała szybciej niż w średnio ciężkim i również szybciej obniżała się, kiedy temperatura zewnętrzna obniżała się. Przy szybkich wzrostach i spadkach temperatury zewnętrznej różnica temperatur pomiędzy obu budynkami zwiększała się lub zmniejszała nawet o 1,0°C do 2,0°C w ciągu 2 – 3 dni. Zależność ta była szczególnie widoczna w czasie fal upałów, przy czym przy długotrwałych falach wielkość różnicy temperatur pomiędzy obu budynkami z czasem się stabilizowała i utrzymywała na podobnym poziomie w ciągu kolejnych upalnych dni. Zatem, jednym z najważniejszych ustaleń, wynikających z przeprowadzonych badań eksperymentalnych jest fakt, że przy intensywnych i długotrwałych falach ciepła, efekt wpływu zwiększenia pojemności cieplnej ścian budynków na obniżanie się temperatur wewnętrznych systematycznie rośnie i na ogół utrzymuje się do kolejnego załamania pogody. Ważnym podkreślenia jest także fakt, że efekt narastania różnicy pomiędzy temperaturą w obu budynkach w czasie fal upałów zdominował zachodzące w cyklu 24 godzin zjawisko pochłaniania ciepła w dzień i oddawania w nocy, podczas gdy powszechnie zakładano do tej pory, że wpływ pojemności cieplnej na temperaturę wewnętrzną w budynku ogranicza się do zmian w wielkości wahań dobowych temperatury wewnętrznej i jej rozkładu w czasie.

Przeprowadzone badania jednoznacznie wskazują, że stosunkowo nieduże zwiększenie pojemności cieplnej wolno stojących, parterowych budynków mieszkalnych, np. przez zastąpienie lekkich ścian szkieletowych ścianami średnio ciężkimi z betonu komórkowego i silikatów przynosi bardzo wymierne korzyści, znacząco ograniczając przegrzewanie się całego budynku, jak też wszystkich jego pokoiów, niezależnie od ich funkcji. Przy temperaturach bliskich średnim wieloletnim dla Zielonej Góry lub nieznacznie od nich wyższych, można w ten sposób praktycznie całkowicie wyeliminować temperatury przekraczające 26°C w sypialniach i 28°C w pokojach dziennych. Całkowicie zostaje wtedy także ograniczone zapotrzebowanie na energię do chłodzenia budynku, czy poszczególnych jego pokoiów. W latach kiedy temperatury zewnętrzne znacznie przewyższają wartości średnich wieloletnich, co może stać się regułą w połowie XXI wieku, zwiększenie masy cieplnej ścian w dalszym ciągu w bardzo istotnym stopniu obniża temperatury średnie, maksymalne i minimalne we wszystkich pokojach i o około trzy czwarte ogranicza ewentualne zużycie energii na ich chłodzenie. Bardzo istotna jest w tym kontekście nie tylko zdolność ścian o podwyższonej pojemności cieplnej do obniżania temperatur maksymalnych w dzień, ale także do niewiele mniejszego ograniczania ich wartości w nocy.

Badania prowadzono przy wentylacji na poziomie zapewniającym utrzymanie prawidłowej jakości powietrza wewnątrz budynku oraz przy otwartych roletach zewnętrznych. Jak wskazują wyniki innych moich badań [Zał. 3, pkt. 1.1, poz. II.A1], dodatkowe zastosowanie wentylacji nocnej

połączone z zamykaniem rolet zewnętrznych w czasie największego nasłonecznienia, może obniżyć maksymalną temperaturę w dzień o ponad 7°C, a w nocy o 6°C, co w praktyce oznacza możliwość wyeliminowania konieczności instalowania klimatyzacji w nowo projektowanych budynkach bez większego zagrożenia ich przegrzewaniem w czasie eksploatacji.

Jak wspomniano wyżej, przy ocenie korzyści jakie może przynieść zastosowanie budynków o wysokiej pojemności cieplnej w poprawie komfortu cieplnego w lecie, oprócz redukcji maksymalnej temperatury wewnętrznej, najczęściej bierze się pod uwagę obniżenie jej wahań dobowych oraz przesunięcie czasowe maksymalnej temperatury wewnętrznej w stosunku do zewnętrznej, rozpatrując wszystkie te trzy parametry w cyklu dobowym. Wahania dobowe temperatury wewnętrznej w stosunku do zewnętrznej dla rozpatrywanych okresów fal ciepła wynosiły od 0,05 w sypialniach budynku lekkiego do 0,13 w sypialniach budynku średnio ciężkiego oraz odpowiednio od 0,07 do 0,17 w pokojach dziennych obu budynków B2 i B1. Po zamknięciu drzwi do pokoi, wartość współczynnika tłumienia nieco wzrosła i wynosiła od 0,13 do 0,18 dla sypialni odpowiednio w budynku lekkim i średnio ciężkim oraz 0,27 w pokojach dziennych obu budynków. Najmniejsze wahania temperatur odnotowano w sypialniach wschodnich, wyraźnie większe w południowych i zachodnich. W praktyce dobowe wahania temperatury powietrza nie przekraczały 2,0°C w sypialniach i 2,5°C w pokojach dziennych. Wahania zwiększyły się do 2,6°C dla sypialni i 4,0°C dla pokoi dziennych po zamknięciu drzwi do pokoi, co wciąż nie wydaje się wartością zbyt wysoką, która mogłaby mieć negatywny wpływ na odczucia komfortu mieszkańców. Uzyskane zmniejszenia wahań temperatury zbliżone są do wartości uzyskanych przez innych autorów w zbliżonych budynkach. W żadnym okresie prowadzonych badań nie zaobserwowano wpływu zastosowania ścian o zwiększonej pojemności cieplnej na przesunięcie godziny występowania maksymalnej temperatury wewnętrznej w stosunku do zewnętrznej.

Jednym z celów badań było porównanie, czy usytuowanie okna sypialni względem stron świata może mieć wpływ na wysokość występujących w niej temperatur. Badania przy otwartych drzwiach pokoi nie wykazały istotnych różnic w ich wysokości, zmianie ulegał jedynie czas występowania temperatur maksymalnych, najwcześniej w sypialni z oknem wschodnim, najpóźniej z zachodnim. Zamknięcie drzwi nie miało większego wpływu na wartości maksymalnych temperatur w sypialniach południowej i zachodniej w obu budynkach i powodowało wyraźne obniżenie tych temperatur w sypialniach wschodnich. Zamknięcie drzwi do pokoi doprowadziło natomiast do istotnego zwiększenia dobowych wahań temperatur w sypialniach i pokoju dziennym, które wzrosły średnio o około 70% w budynku lekkim i około 100-120% w budynku średnio ciężkim. Wyniki badań wskazują, że zamknięcie drzwi do pokoju może okazać się korzystne dla pomieszczeń z oknem wschodnim, natomiast nie daje zauważalnych efektów w pokojach z oknami skierowanymi na południe i zachód. Otwarcie drzwi pomiędzy pokojami znacznie wyrównuje nadwyżki temperatur od promieniowania słonecznego w pokojach z oknami skierowanymi na południe i zachód, a jednocześnie w dużym stopniu obniża dobowe wahania temperatury.

Wyniki badań mających na celu ocenę w jakim stopniu efektywność redukcji wysokich letnich temperatur zwiększy się przy uwzględnieniu pojemności cieplnej gruntu, na którym posadowiony jest budynek wykazały, że usunięcie izolacji cieplnej podłogi na gruncie w połączeniu z efektem zastosowania ścian wykonanych z betonu komórkowego i silikatów, zamiast w technologii lekkiego szkieletu drewnianego, całkowicie wyeliminowało możliwość przegrzewania się badanych obiektów w okresie letnim. Nie odnotowano żadnego przekroczenia temperatur zarówno w sypialniach, jak też pokoju dziennym. W budynku lekkim temperatury zostały przekroczone średnio o około 74% czasu we wszystkich sypialniach i o 60% w pokoju dziennym. Skala obniżenia temperatur wewnętrznych (7 – 8°C) we wszystkich pokojach budynku pozbawionego izolacji termicznej podłogi sugeruje, że zastosowane w nim rozwiązania są w stanie zabezpieczyć go przed możliwością przegrzewania się do końca XXI wieku nawet przy najbardziej niekorzystnym scenariuszu globalnego ocieplenia. Potwierdzają to rozważania zawarte we wcześniejszych moich pracach [Zał. 3, pkt. 1.1, poz. I.K1, II.A8, II.A10, II. A11, II.A17, II.K5 i II.K7]. Pomimo, iż zwiększone zużycie energii ogrzewczej (około 30%) dało się skompensować energią elektryczną produkowaną w zainstalowanych na budynku ogniwach fotowoltaicznych, to w warunkach stale zaostrzających się działań w kierunku redukcji globalnego ocieplenia i mając na uwadze fakt, że w klimacie

umiarkowanym zapotrzebowaniem na energię grzewczą wielokrotnie przewyższa potencjalne zapotrzebowanie na energię chłodniczą, trudno jest takie rozwiązanie rekomendować bez analizy LCA, w której porównano by cykl życia instalacji fotowoltaicznych i urządzeń klimatyzacji mechanicznej. Kompromisem może być ułożenie izolacji cieplnej pod płytą fundamentową. Jak wykazały moje wcześniejsze badania [Zał. 3, pkt. 1.1, poz. II.A6], można wtedy uzyskać dodatkową redukcję maksymalnej temperatury dziennej w granicach 1,5°C i przy prostym zsumowaniu efektów zwiększenia pojemności cieplnej ścian i podłogi, uzyskać ograniczenie maksymalnych temperatur w czasie fal upałów o 5°C. Wychodząc nawet z najbardziej niekorzystnych prognoz dotyczących wzrostu zagrożenia falami upałów wywołanych globalnym ociepleniem, rozwiązanie takie może wyeliminować stosowanie urządzeń klimatyzacji mechanicznej w wolno stojących, jednorodzinnych budynkach mieszkalnych do lat siedemdziesiątych XXI wieku.

Wyniki badań skuteczności stosowania materiałów zmiennofazowych (PCM) w celu przeciwdziałania przegrzewaniu się budynków w czasie fal upałów wskazują, że ściśle zależy ona od zakresu temperatur powietrza w pomieszczeniach, w którym jest on stosowany. Zakres ten jest bardzo wąski i nie da się go przewidzieć w fazie projektowania budynków. Szczególne znaczenie mają przy tym wartości temperatury osiągane w nocy. W celu zapewnienia wysokiej skuteczności, PCM musi mieć możliwość pełnego krzepnięcia. Bardzo trudno to zapewnić zarówno kiedy jest on zawarty w tynku lub płytach gipsowo-kartonowych, które charakteryzują się niekorzystnym współczynnikiem przewodzenia ciepła, jak też stosując np. aluminiowe kasety w przypadku rozwiązań Rubitherm®RT i SP, czy panele w przypadku DuPont™ Energain®, które wprawdzie stosunkowo dobrze przewodzą ciepło, ale ze względów zarówno estetycznych, jak też funkcjonalnych muszą być schowane za płytą gipsowo-kartonową lub OSB. Chociaż odsłonięcie PCM zwiększa jego skuteczność, to jednak nie na tyle, by doprowadzić do praktycznego zainteresowania się takim rozwiązaniem.

Pomimo zastosowania dużej ilości PCM o optymalnie dobranym zakresie temperatur topnienia, w ciągu około połowy z 35 dni pomiarowych, przy stosunkowo niskiej temperaturze zewnętrznej, uzyskano zmniejszenia temperatury maksymalnej w dzień w granicach 0,7°C do 1,5°C, przy utrzymaniu temperatury minimalnej w nocy na tym samym poziomie co w pomieszczeniu referencyjnym o niskiej pojemności cieplnej. Warto nadmienić, że materiałem PCM pokryte zostały tylko dwie ściany podłużne pomieszczenia, co stanowiło o blisko połowę mniejszą powierzchnię niż zajmowały tradycyjne materiały o wysokiej pojemności w porównywanym takim samym pomieszczeniu ze ścianami z bloczków silikatowych i stropem żelbetowym. Gdyby przyjąć taką samą powierzchnię PCM i zastosowanych tradycyjnych materiałów budowlanych o wysokiej pojemności cieplnej i dodatkowo założyć, że skuteczność zastosowanego PCM będzie zwiększała się proporcjonalnie do jego powierzchni, w żadnym przypadku nie dawałaby ona korzystniejszych wyników niż zastosowanie materiałów tradycyjnych. Co więcej, ta najwyższa skuteczność miałaby miejsce tylko w czasie 2 na 34 dni badań, kiedy warunki termiczne umożliwiały osiągnięcie pełnego cyklu topnienia i krzepnięcia. W większości z pozostałych dni badań skuteczność PCM pozostawałaby tylko nieznacznie korzystniejsza niż w referencyjnym pokoju lekkim.

We wszystkich badaniach prowadzonych przy stałej wymianie powietrza wentylacyjnego na poziomie 0,6 wymian na godzinę, różnice temperatur wewnętrznych pomiędzy pokojami dziennymi (o wysokiej powierzchni okien skierowanych na południe i zachód) w budynku średnio ciężkim i lekkim obliczone w wyniku modelowania były zbliżone do wyników pomiarów. W tym samym okresie w sypialniach, w których stosunek powierzchni przezroczystych do powierzchni podłogi był około dwukrotnie niższy, praktycznie niezależnie czy okno usytuowane było na wschód, południe czy zachód, różnice pomiędzy wartościami temperatur obliczone w wyniku modelowania były znacząco różne od wyników badań eksperymentalnych. W budynku średnio ciężkim, generalnie dla wszystkich czterech okresów pomiarowych wartości temperatury we wszystkich pokojach, niezależnie od usytuowania okien i wielkości powierzchni przeszklonych, uzyskane na drodze modelowania stosunkowo dobrze odpowiadały wartościom pomierzonym. W budynku ze ścianami lekkimi we wszystkich pokojach o niższej ekspozycji słonecznej, wartości temperatur uzyskane na drodze modelowania były znacznie niższe niż wartości uzyskane na drodze eksperymentu i właśnie to

niedoszacowanie powodowało, że modelowanie nie wykazało znaczących różnic pomiędzy temperaturami w sypialniach obu budynków.

Przedstawione rozważania sugerują istnienie silnej zależności pomiędzy dokładnością obliczeń symulacyjnych, a wzajemnym związkiem pomiędzy pojemnością cieplną przegród budynku i wielkością nasłonecznienia jego poszczególnych pomieszczeń, której model w pełni nie uwzględnia. Średnie wartości RMSE i CvRMSE skalibrowanego modelu wyniosły odpowiednio 0,88°C i 3,31% przy ścianach lekkich oraz 0,74°C i 2,98% przy ścianach masywnych, przy maksymalnej wartości współczynnika zmienności błędu średniokwadratowego nie przekraczającej 4,5%. W oparciu o istniejące zalecenia dotyczące kryteriów uznania modelu za skalibrowany można uznać, że uzyskana zbieżność wyników eksperymentalnych i uzyskanych w drodze modelowania przy zastosowaniu wentylacji mechanicznej pozwala na zastosowanie obliczeń modelowych do uogólnienia wyników badań eksperymentalnych.

Reasumując, podkreślenia wymaga fakt, że podczas gdy najczęściej zalecane w klimacie umiarkowanym techniki pasywne przeciwdziałania przegrzewaniu się budynków: zwiększona wentylacja nocna i zamykanie żaluzji zewnętrznych często nie są w pełni wykorzystywane, gdyż wymagają podejmowania konkretnych działań ze strony mieszkańców, które często okazują się nieadekwatne do sytuacji (np. w przypadku osób starszych, czy upośledzonych), wykorzystanie zwiększonej pojemności cieplnej w celu przeciwdziałania wysokim letnim temperaturom nie wymaga żadnych dodatkowych działań i stanowi element charakterystyki budynku.

Znaczenie użytkowe przeprowadzonych badań

Analiza wyników przeprowadzonych badań dostarczyła istotnych informacji, które mogą być wykorzystane w praktyce przez projektantów, wykonawców i użytkowników obiektów budowlanych ze względu na stale rosnącą konieczność racjonalnego gospodarowania energią.

Od ponad 20 lat pojawiają się w Polsce trendy w budownictwie sugerujące, że zastąpienie tradycyjnych masywnych ścian budynków lekkimi, drewnianymi lub drewnopochodnymi powoduje mniejsze obciążenie środowiska i zmniejsza ślad węglowy. Trend ten jest szczególnie widoczny w indywidualnym budownictwie mieszkaniowym, które stanowi większość oddawanej corocznie do użytku powierzchni mieszkalnej.

Wyniki badań na temat wpływu zastosowania drewna na ślad węglowy nie są jednoznaczne i wskazują, że podczas gdy konstrukcje lekkie, wykonane w technologii szkieletu drewnianego mają mniejszy ślad węglowy na etapie produkcji materiałów budowlanych i wznoszenia budynku, w okresie jego eksploatacji oraz utylizacji korzystniejsze mogą okazać się konstrukcje masywne. Na niekorzyść konstrukcji lekkiej może w przyszłości działać oczekiwane upowszechnianie procesu sekwestracji dwutlenku węgla (CCS) na etapie utylizacji i recyklingu.

Ograniczenie temperatur w pokojach budynku o wyższej pojemności cieplnej średnio o 2 do 3°C i nawet o 3,6°C w najbardziej dotkliwych okresach fal upałów, stanowi w świetle powyższego istotną wskazówkę dla projektantów, wytwórców i użytkowników budynków, jak ostrożnie należy podchodzić do wprowadzania do budownictwa mieszkaniowego w Polsce lekkich ścian szkieletowych i sugeruje, że przy zwiększającej się częstotliwości i intensywności fal ciepła, w budynkach takich już w najbliższych latach konieczne stanie się stosowanie klimatyzacji mechanicznej.

Istotną informacją praktyczną jest także fakt, że często zalecane w literaturze przedmiotu zastosowanie materiałów zmiennofazowych do poprawy komfortu cieplnego i obniżenia zużycia energii na chłodzenie w budynkach mieszkalnych w okresie letnim, jest – w warunkach klimatu umiarkowanego – znacznie mniej efektywne niż stosowanie w tym celu tradycyjnych metod zwiększania pojemności cieplnej ścian. Należy zatem zachować dużą ostrożność przy stosowaniu materiałów zmiennofazowych w nieklimatyzowanych budynkach mieszkalnych, ponieważ materiał ten jest mniej skuteczny niż tradycyjne rodzaje materiałów ze względu na duże trudności w doborze optymalnego zakresu temperatur przemiany fazowej na etapie projektowania budynku.

4.4. Wskazanie najważniejszych osiągnięć stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej

Za najważniejsze osiągnięcia, wynikające z założonego celu pracy pt. „Wykorzystanie pojemności cieplnej przegród budowlanych do poprawy komfortu cieplnego w budynkach mieszkalnych w czasie fal upałów”, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka* uważam wykazanie, że:

- zastąpienie lekkich ścian szkieletowych ścianami z betonu komórkowego i silikatów o wyższej pojemności cieplnej, pozwala na ograniczenie temperatur wewnątrz budynku średnio o 2 °C do 3 °C, a w czasie fal upałów nawet do 3,6 °C;
- efekt pojemności cieplnej – w ograniczaniu temperatur wewnątrz budynku w czasie upałów – nie ogranicza się do 24 godzin i nie sprowadza się wyłącznie do zmniejszenia maksymalnej temperatury w dzień, przesunięcia jej w czasie oraz ograniczenia jej wahań dobowych, co sugerowane jest w przeważającej większości prac naukowych poświęconych tej tematyce;
- efekt obniżania się temperatur wewnętrznych wskutek zwiększenia pojemności cieplnej budynku narasta w okresach wysokiej i rosnącej temperatury zewnętrznej i zmniejsza się, gdy temperatura zewnętrzna obniża się;
- w warunkach coraz częstszych, bardziej intensywnych i długotrwałych fal upałów, które występują w krajach klimatu umiarkowanego, efekt wpływu zwiększenia pojemności cieplnej ścian budynków na obniżanie się temperatur wewnętrznych systematycznie rośnie i na ogół utrzymuje się do kolejnego załamania pogody;
- należy zachować dużą ostrożność przy stosowaniu materiałów zmiennofazowych (PCM) w nieklimatyzowanych budynkach mieszkalnych, ponieważ materiał ten jest mniej skuteczny niż tradycyjne rodzaje materiałów ze względu na duże trudności w doborze optymalnego zakresu temperatur przemiany fazowej na etapie projektowania budynku;
- niebezpieczeństwo zwiększonego ryzyka przegrzewania się budynków w okresie letnim rośnie wraz z coraz szerszym odstępowaniem od tradycyjnych metod wznoszenia ścian na rzecz lekkich konstrukcji szkieletowych;
- zwiększanie pojemności cieplnej ścian budynku – bez dodatkowego wspomagania wentylacją nocną – w korzystny sposób wpływa na komfort termiczny budynku w okresie letnim nie tylko w pomieszczeniach użytkowanych w dzień, ale także w nocy.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Kierunki badawcze

Przed uzyskaniem stopnia doktora

Początkowo w mojej pracy naukowej wykorzystywałam wiedzę z zakresu inżynierii środowiska w odniesieniu do zagadnień infrastruktury komunikacyjnej takich jak: odwodnienie infrastruktury komunikacyjnej oraz projektowanie ekologicznych przejścia dla zwierząt. Moje zainteresowania naukowe skupiały się także wokół metody LCA (Life Cycle Assessment) do oceny oddziaływania na środowisko w cyklu życia.

W późniejszym etapie powróciłam do zagadnień wymiany ciepła budynku z gruntem, które były przedmiotem rozważań w mojej pracy magisterskiej i które ostatecznie stały się również podstawą do sformułowania tezy pracy doktorskiej.

a) Odwodnienia dróg i mostów

W latach 2006-2009 brałam aktywny udział w przygotowaniu przez zespół pracowników Uniwersytetu Zielonogórskiego, a także Instytutu Badawczego Dróg i Mostów zaleceń dotyczących projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia infrastruktury komunikacyjnej. W wyniku tych działań powstały dwa opracowania zwarte: jedno dotyczące odwodnienia pasa drogowego [Zał. 3, pkt.1.1, poz. I.M1], a drugie odnoszące się do odwodnienia parkingów i MOP [Zał. 3, pkt.1.1, poz. I.M2]. Wyniki prac w tym zakresie zostały przedstawione na konferencjach i seminariach [Zał. 3, pkt.1.1, poz. I.R1 i I.K6] oraz opublikowane w czasopismach [Zał. 3, pkt.1.1, poz. I.A1 i I.A5]. W referacie konferencyjnym [Zał. 3, pkt. 1.1, poz. I.K3] wskazałam przykładowe obszary zastosowań metody LCA w systemach odwadniania pasa drogowego, proponowane do uwzględnienia przy ocenie oddziaływania na środowisko planowanych przedsięwzięć inwestycyjnych.

b) Problematyka projektowania, budowy i utrzymania przejść dla zwierząt

Moja działalność naukowa związana była także z zagadnieniami projektowania, budowy i utrzymania przejść dla zwierząt. W jej wyniku powstały referaty konferencyjne [Zał. 3, pkt.1.1, poz. I.K4, I.K5 i I.K7] oraz artykuły w czasopismach naukowych [Zał. 3, pkt. 1.1, poz. I.A2, I.A3 i I.A4]. Opublikowane prace odnoszą się do oddziaływania szybko rozwijającej się sieci dróg i kolei na ekosystemy dzikich zwierząt w aspekcie konstruowania przejść dla zwierząt jako budowli o charakterze ekologicznym.

c) Wymiana ciepła budynku z gruntem

W mojej pracy magisterskiej zajmowałam się dokładnością obliczeń wymiany ciepła budynku z gruntem za pomocą metod quasi-stacjonarnych. Do tych zagadnień zdecydowałam się powrócić i stały się one podstawą do sformułowania tezy pracy doktorskiej. W jej ramach opracowałam model matematyczny do analizy trójwymiarowego, niestacjonarnego przewodzenia ciepła w gruncie pod ogrzewanym budynkiem, uwzględniający pełne termiczne sprzężenie budynku z gruntem. Model ten posłużył do wykonania obliczeń numerycznych w celu określenia oddziaływań zmiennych w czasie warunków otoczenia na przegrody stykające się z gruntem, jak również określenia wpływu wybranych czynników na dokładność wyników obliczeń wymiany ciepła budynku z gruntem, uzyskanych za pomocą metod quasi-stacjonarnych. Efekty przeprowadzonych obliczeń i analiz przedstawiłam w referacie konferencyjnym [Zał. 3, pkt. 1.1, poz. I.K2], a także w opublikowanych po doktoracie artykułach naukowych [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.A7 i II.A16]. Rozważania podjęte w doktoracie skłoniły mnie do badań nad wykorzystaniem niez izolowanej termicznie podłogi na gruncie do poprawy mikroklimatu w budynkach mieszkalnych w czasie fal upałów. Ich efektem jest praca opublikowana w materiałach konferencyjnych [Zał. 3, pkt. 1.1, poz. I.K1].

Po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora w mojej pracy badawczej ukształtował się **jeden wyraźny kierunek badawczy**, który obejmuje w szerszym ujęciu problematykę magazynowania ciepła i efektywności energetycznej. Do głównych obszarów badawczych w tym zakresie należą **zagadnienia kształtowania poprawnego mikroklimatu w budynkach mieszkalnych w czasie intensywnych i przedłużających się fal upałów**. Prace koncentrują się na zapobieganiu przegrzewaniu się budynków i wykorzystaniu w tym celu pasywnych metod ich chłodzenia z uwzględnieniem zarówno przegród budynku o wysokiej bezwładności cieplnej, jak i gruntu zalegającego pod niez izolowaną termicznie podłogą, a także innych sposobów takich jak stosowanie żaluzji zewnętrznych, zwiększonej wentylacji nocnej czy materiałów zmiennofazowych (PCM). Przeprowadzone dotychczas prace badawcze w tym zakresie zaowocowały przede wszystkim oryginalną, autorską monografią naukową oraz cyklem współautorskich artykułów,

których osią syntezy jest problematyka pasywnego chłodzenia budynków mieszkalnych w celu zapobiegania ich przegrzewaniu w czasie fal upałów (pkt. a – d).

a) Wykorzystanie pojemności cieplnej gruntu pod nieizolowaną termicznie podłogą na gruncie

Badania w tym zakresie zostały zapoczątkowane jeszcze przed doktoratem i koncentrowały się na wykorzystaniu pojemności cieplnej gruntu pod nieizolowaną termicznie podłogą do poprawy mikroklimatu w budynkach mieszkalnych w czasie fal upałów.

W pierwszym etapie prowadzone były jako badania teoretyczne z wykorzystaniem programu komputerowego Wufi@Plus, podczas których analizowałam 4 różne konfiguracje konstrukcji podłogi (izolacja termiczna na całej powierzchni podłogi na płycie i pod płytą żelbetową, pas poziomej izolacji termicznej o szerokości 1m przy ścianach zewnętrznych wewnątrz budynku oraz całkowity brak izolacji termicznej podłogi) w połączeniu z innymi metodami zapobiegania przegrzewaniu się budynków jak stosowanie żaluzji zewnętrznych, a także zwiększoną wentylację nocną (2 wymiany na godzinę). Efekty prowadzonych badań zostały przedstawione na konferencji naukowej [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.K7] oraz opublikowane w artykułach [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.A11 i II.A17]. W celu weryfikacji wyników obliczeń uzyskanych za pomocą wspomnianego wyżej programu komputerowego, wykorzystane zostało szeroko stosowane na całym świecie oprogramowanie EnergyPlus. Analizę porównawczą wyników obliczeń uzyskanych za pomocą obu tych narzędzi obliczeniowych przeprowadzono dla dwóch scenariuszy konstrukcji podłogi na gruncie: bez izolacji termicznej oraz z izolacją termiczną pod całą powierzchnią płyty [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.A10]. Dalsze badania teoretyczne prowadziłam dla dwóch rzeczywistych, szeregowych pomieszczeń eksperymentalnych, zlokalizowanych na pierwszej kondygnacji w budynku Centrum Budownictwa Zrównoważonego i Energii (CBZiE) w Parku Naukowo-Technologicznym Uniwersytetu Zielonogórskiego, z oknem na elewacji południowej, różniących się konstrukcją podłogi na gruncie: z izolacją termiczną na całej powierzchni płyty żalbetowej i bez izolacji oraz dla modelowanego, pasywnego, jednokondygnacyjnego budynku mieszkalnego, w którym również przyjąłam te dwa rozwiązania konstrukcyjne podłogi. Dla analizowanych obiektów, przeprowadziłam analizę porównawczą wpływu pojemności cieplnej gruntu na temperaturę powietrza wewnętrznego oraz zapotrzebowanie na energię do chłodzenia w czasie fal upałów, zarówno przy braku, jak i uwzględnieniu wyżej wymienionych, dodatkowych działań zapobiegających przegrzewaniu się pomieszczeń. Wyniki badań zostały opublikowane w artykule konferencyjnym [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II. K5].

W drugim etapie przeprowadziłam badania eksperymentalne w dwóch wspomnianych wyżej pomieszczeniach eksperymentalnych w CBZiE, jak również w dwóch wolno stojących budynkach eksperymentalnych, zlokalizowanych na terenie Parku Naukowo-Technologicznego UZ. Wyniki tych badań zostały opublikowane w artykule [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.A8] oraz monografii [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.M1].

Zarówno badania teoretyczne, jak i eksperymentalne potwierdziły dużą skuteczność pojemności cieplnej gruntu pod nieizolowaną termicznie podłogą w zapobieganiu przegrzewania pomieszczeń w czasie fal upałów. Największa możliwa redukcja maksymalnych temperatur dziennych, dochodząca nawet do 8°C możliwa była przy jednoczesnym zwiększeniu masy termicznej przegród zewnętrznych i wewnętrznych budynku oraz pełnym wykorzystaniu pojemności cieplnej gruntu pod nieizolowaną termicznie podłogą.

b) Wykorzystanie pojemności cieplnej przegród budowlanych wykonanych z materiałów tradycyjnych

Głównym celem późniejszych badań było wykazanie skuteczności zwiększenia pojemności cieplnej budynku mieszkalnego poprzez zastosowanie tradycyjnych materiałów budowlanych w celu zmniejszenia ryzyka jego nadmiernego przegrzania podczas intensywnych fal upałów w klimacie umiarkowanym.

Pierwsze prace dotyczyły wykorzystania pojemności cieplnej podłogi na gruncie – płyty żelbetowej oraz warstwy wierzchniej podłogi wykonanej z materiałów o dużej pojemności cieplnej.

Badania eksperymentalne zostały przeprowadzone w dwóch pomieszczeniach badawczych w CBZiE, różniących się usytuowaniem izolacji termicznej w konstrukcji podłogi na gruncie. W jednym z nich izolacja termiczna znajduje się na płycie żelbetowej, w drugim – pod płytą. Walidacja obliczeniowa uzyskanych wyników została przeprowadzona z zastosowaniem programu komputerowego Wufi®Plus. Wyniki badań zostały opublikowane w artykule [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.A6] oraz zaprezentowane podczas konferencji [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.K6] i wykazały, że ponad 2-krotne zwiększenie pojemności cieplnej podłogi obniżyło temperaturę powietrza wewnętrznego podczas analizowanej fali upałów nawet o 1,5°C. Zmiana położenia izolacji termicznej przyczyniła się nie tylko do dużej skuteczności w chłodzeniu pomieszczenia w ciągu dnia, ale także w nocy.

Kolejne prace dotyczyły wykorzystania dodatkowej pojemności cieplnej pozostałych przegród budynku takich jak ściany i stropy. Badania prowadzone były w dwóch wspomnianych wyżej wolno stojących budynkach badawczych o zróżnicowanej konstrukcji pod względem pojemności cieplnej (budynek lekki i średnio ciężki), a także w 4 pomieszczeniach eksperymentalnych na ostatniej kondygnacji w budynku CBZiE z oknem na elewacji południowej, które zostały wykonane jako pomieszczenia lekkie, średnio ciężkie, ciężkie i bardzo ciężkie. Wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych zostały przedstawione w monografii [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.M1], artykułach [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.A2 i II.A4] oraz zaprezentowane na konferencjach [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.K1 i II.K4]. W wyniku zwiększenia pojemności cieplnej budynku z lekkiej (ściany wewnętrzne, zewnętrzne i strop wykonane w technologii szkieletu drewnianego) do bardzo ciężkiej (ściany wewnętrzne, zewnętrzne i strop wykonane jako konstrukcje żelbetowe) możliwa jest znaczna poprawa komfortu cieplnego budynków przez zmniejszenie maksymalnych temperatur dziennych podczas fal upałów w klimacie umiarkowanym, dochodzące do 4,3°C.

c) Zastosowanie dodatkowych metod zapobiegania przegrzewaniu się budynków mieszkalnych

W badaniach przeanalizowano zastosowanie dodatkowych, oprócz opisanych w pkt. b) metod zapobiegania przegrzewaniu się budynków takich jak: stosowanie żaluzji zewnętrznych oraz zwiększoną wentylację nocną do 10 wymian na godzinę. Jednoczesne zwiększenie masy termicznej (prawie 5-krotne w stosunku do pomieszczenia referencyjnego o konstrukcji lekkiej), włączenie zwiększonej wentylacji nocnej i zamknięcie żaluzji zewnętrznych, spowodowało obniżenie średniej temperatury szczytowej o 7,4°C w dzień i 6,3°C w nocy. Wyniki badań zostały opublikowane w artykule [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.A1]. Ich analiza wykazała, że przede wszystkim wysoka masa termiczna, ale także zamknięcie rolet zewnętrznych zmniejszają dzienne wahania temperatury wewnętrznej, natomiast włączenie nocnej znacznie je zwiększa, a efekt ten jest szczególnie widoczny w przypadku konstrukcji lekkiej. Duże dobowe wahania temperatury mogą dodatkowo przyczynić się do pogorszenia komfortu cieplnego. Zastosowanie wentylacji nocnej przy dużej masie termicznej pomieszczenia nie zmniejszyło znacząco liczby godzin z przekroczeniem założonej, temperatury maksymalnej w pomieszczeniu, ale zostały one prawie całkowicie wyeliminowane przy dodatkowym zastosowaniu żaluzji zewnętrznych (całkowite zasłonięcie okna).

d) Wykorzystanie materiałów zmienno fazowych (PCM)

Jedną z metod pasywnego chłodzenia budynków jest wykorzystanie materiałów zmienno fazowych (PCM). Badania w tym zakresie przeprowadzono w budynku CBZiE, w trzech pomieszczeniach badawczych różniących się konstrukcją przegród zewnętrznych i wewnętrznych: pomieszczenie z lekkimi ścianami i dachem pokrytymi materiałem zmienno fazowym Dupont Energain® w postaci paneli laminowanych aluminium, lekkie pomieszczenie referencyjne bez PCM oraz pomieszczenie z przegrodami żelbetowymi. Głównym celem badań było porównanie wpływu PCM i żelbetu na kształtowanie temperatur wewnętrznych w tych pomieszczeniach bez dodatkowej wentylacji nocnej. Wyniki badań zostały opublikowane w artykule [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.A3] oraz zaprezentowane podczas konferencji naukowej [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.K3] i wykazały, że zastosowanie żelbetu w celu zwiększenia masy termicznej znacznie poprawiło letnią charakterystykę cieplną pomieszczeń. Wyłożenie wewnętrznych powierzchni ścian i dachu w badanych pomieszczeniach materiałem zmienno fazowym nie doprowadziło do istotnego

obniżenia temperatury wewnętrznej w żadnym z analizowanych okresów pomiarowych, mimo że temperatura topnienia PCM została dobrana na podstawie zależności pomiędzy jego temperaturą topnienia a średnią temperaturą zewnętrzną dla miesięcy letnich sugerowaną w literaturze naukowej, a PCM nie było osłonięte płytami gipsowo-kartonowymi czy płytami OSB.

W drugim etapie badań zastosowano inny materiał zmiennofazowy: Rubitherm®RT 25 HC pokryty płytami gipsowo-kartonowymi, a dla okresu nocnego zastosowano wentylację mechaniczną na poziomie od 2 do 10 wymian na godzinę. W okresie narastania fali upałów największe obniżenie maksymalnej temperatury dziennej o 3,5°C w stosunku do pomieszczenia referencyjnego uzyskano w pomieszczeniu o konstrukcji ciężkiej. W pomieszczeniu z PCM różnica ta nie przekraczała 0,7°C do 1,5°C. Wyniki przedstawiono w monografii [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.M1] oraz w artykule konferencyjnym [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.K2].

e) Efektywność energetyczna budynków

Jestem współautorką rozdziału w monografii [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II. R1], która powstała w wyniku realizacji projektu pn. Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków [Zał. 3, pkt. 1.3, poz. Pr1], zadanie: Analiza wymagań technicznych i eksploatacyjnych dla budynków przy zasilaniu ze scentralizowanych źródeł ciepła. Przedmiotowy rozdział dotyczy analizy cech energetycznych budynków i struktury zużycia ciepła, która obejmuje wpływ technologii wykonywania budynków na zapotrzebowanie na ciepło do ich ogrzewania, ocenę zużycia energii cieplnej na potrzeby ogrzewania i c.w.u. przez budynki w Polsce, a także wpływ cech instalacji grzewczej i c.w.u. na to zużycie [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II. Ra1]. Ponadto jestem także współautorką artykułu dotyczącego diagnostyki termowizyjnej budynków [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II. A15].

f) Inne

W ramach swojej działalności naukowej uczestniczyłam także w badaniach teoretycznych i eksperymentalnych z zakresu przepływu masy i energii w kominie słonecznym. W ich rezultacie powstały dwie prace, których jestem współautorką [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II. A5 i A9]. W niniejszych pracach zaproponowano nową, zweryfikowaną doświadczalnie, uproszczoną metodę rozwiązywania problemu przepływu powietrza w kominie słonecznym z wykorzystaniem klasycznego układu równań dla zasad zachowania pędu, masy i energii. Jest to prosta metoda do wykorzystania w praktyce inżynierskiej, odpowiednia dla każdego typu komina słonecznego niezależnie od wymiarów i parametrów konstrukcyjnych.

5.2. Dorobek publikacyjny i wskaźniki naukometryczne

Zagregowana statystyka ilościowa i bibliometryczna mojego dorobku publikacyjnego na dzień złożenia wniosku znajduje się w Załączniku nr 3, pkt. 1.5.

Mój dorobek naukowy obejmuje 42 publikacje. Intensywny rozwój naukowy po doktoracie zaowocował przede wszystkim artykułami opublikowanymi w wysokopunktowanych czasopismach naukowych (200 pkt. i 140 pkt.): Energy (4 pozycje), Building and Environment (1 pozycja) i Energies (2 pozycje) o łącznym IF wynoszącym 40,1. Publikacje te [Zał. 3, pkt.1, poz. II. A1-A6, A8] stanowią prawie połowę wszystkich artykułów opublikowanych po doktoracie.

Łączna liczba cytowań dorobku publikacyjnego po doktoracie bez autocytowań wynosi: wg WoS – 82, Scopus – 90, Google Scholar – 124. Publikacje przed doktoratem są ujęte tylko w bazach WoS i Google Scholar, a liczba cytowań wynosi odpowiednio 4 i 31. Całkowita liczba punktów przed doktoratem z podziałem na współautorów wynosi – 11,75, po doktoracie – 625.

Moja działalność naukowa charakteryzuje się indeksem Hirscha równym 5.

5.3. Udział w krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych

Wykaz konferencji, w których brałam udział przed i po uzyskaniu stopnia doktora znajduje się w Załączniku nr 3, pkt. 1.2.

Przed doktoratem brałam udział w 5 konferencjach naukowych lub naukowo-technicznych [Zał. 3, pkt.1.2, poz. Konf. I.1 - I.5] oraz 1 konferencji technicznej [Zał. 3, pkt.1.2, poz. Konf. I.6] i 1 seminarium [Zał. 3, pkt.1.2, poz. Konf. I.7]. Po doktoracie brałam udział w 6 konferencjach naukowych, większość z cyklu „Contemporary Problems of Thermal Engineering” – wszystkie o zasięgu międzynarodowym [Zał. 3, pkt.1.2, poz. Konf. II.1-II.6], organizowane przez polskie ośrodki naukowe.

5.4. Recenzowanie artykułów w czasopismach krajowych i międzynarodowych

Wykaz zrecenzowanych artykułów naukowych znajduje się w Załączniku nr 3, pkt. 1.4. W okresie po uzyskaniu stopnia doktora wykonałam 17 recenzji, w tym 10 dla czasopism z IF>3 [Zał. 3, pkt.1.4, poz. Rec1-Rec10] takich jak: Sustainability, Buildings, Energies, Environmental Research and Public Health oraz Engineering, Construction and Architectural Management.

6. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

6.1. Współpraca z Uniwersytetem Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Na początku 2009 roku rozpoczęłam współpracę naukową z Katedrą Budownictwa Wiejskiego na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Współpraca ta związana była z przygotowywaną przeze mnie rozprawą doktorską w zakresie wymiany ciepła budynku z gruntem. Katedra Budownictwa Wiejskiego UR posiada wieloletnie, bogate doświadczenie w prowadzeniu badań eksperymentalnych i teoretycznych w tej dziedzinie. Przez dwa lata systematycznie uczestniczyłam w badaniach eksperymentalnych, prowadzonych w laboratorium Katedry, a także prowadziłam analizy teoretyczne pod opieką prof. dr hab. inż. Jana Radonia. Ponadto brałam aktywny udział w spotkaniach naukowych, podczas których prezentowałam wyniki swoich badań. W 2011 roku z wyróżnieniem obroniłam na tej Uczelni doktorat.

Dalsza współpraca obejmuje wspólne publikacje [Zał. 3, pkt.1.1, poz. I.K1 i K2], udział w konferencjach naukowych krajowych i międzynarodowych [Zał. 3, pkt.1.2, poz. Konf. I.1 oraz Konf. II.6], a także wykonane na zlecenie Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji UR recenzje artykułów naukowych [Zał. 3, pkt.1.4, poz. Rec14 i Rec15].

Ponadto odbyłam szereg konsultacji naukowo-technicznych, związanych z powstawaniem w latach 2012-2015 na terenie Parku Naukowo-Technologicznego UZ, Laboratorium badawczego nad efektywnością energetyczną w budownictwie, którego pozostaję opiekunem merytorycznym.

W swoich pracach naukowych kontynuuję współpracę z prof. dr hab. inż. Janem Radoniem w zakresie symulacji komputerowych z wykorzystaniem programu komputerowego Wufi@Plus do analizy zjawisk ciepłno-wilgotnościowych.

Potwierdzenie współpracy z Uniwersytetem Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie znajduje się w Załączniku nr 6.

7. Udział w projektach krajowych i międzynarodowych

Po doktoracie aktywnie uczestniczę zarówno w projektach o zasięgu krajowym, jak i międzynarodowym. Wykaz projektów, w których brałam lub biorę udział znajduje się w Załączniku nr 3, pkt. 1.3. Potwierdzenie udziału w projektach znajduje się w Załączniku nr 8.

7.1. Udział w projektach krajowych

W projektach krajowych finansowanych z NCBiR pełniłam rolę pracownika naukowego. W pierwszym z nich [Zał. 3, pkt.1.3, poz. Pr1] zajmowałam się analizą cech energetycznych budynków i struktury zużycia ciepła w zakresie wpływu technologii wykonywania budynków na zapotrzebowanie na ciepło do ich ogrzewania, a także oceny zużycia energii cieplnej na potrzeby ogrzewania i c.w.u przez budynki w Polsce i wpływu cech instalacji grzewczej i c.w.u. na to zużycie.

Drugi projekt [Zał. 3, pkt.1.3, poz. Pr2] dotyczył zbadania możliwości wykorzystania technologii UV-C w celu redukcji transmisji wirusa SARS-CoV-2 i ograniczenia przenoszenia zakażeń w szpitalach. W projekcie tym uczestniczyłam w badaniach nad wpływem wentylacji mechanicznej (dla określonych wymian powietrza – od 2 do 4) na skuteczność usuwania mikroorganizmów chorobotwórczych podczas dezynfekcji pomieszczeń przy pomocy promieniowania UV-C generowanych przez lampy typu direct i flow.

7.2. Udział w projektach międzynarodowych - współpraca z Brandenburgskim Uniwersytetem Technicznym w Cottbus-Senftenberg oraz Centrum Technologii Energetycznych Kraju Związkowego Brandenburgia e.V.

Od ponad 10 lat współpracuję stale z Brandenburgskim Uniwersytetem Technicznym (BTU) w Cottbus-Senftenberg (Niemcy) oraz działającym przy nim Centrum Technologii Energetycznych Kraju Związkowego Brandenburgia e.V (CEBra e.V.)

Współpraca została zapoczątkowana w styczniu 2012 roku wspólnym projektem naukowo-badawczym pn. Współpraca UZ i BTU w zakresie zielonej energii, w której pełniłam rolę kierownika jednego z dwóch podprojektów pn. Czynniki determinujące efektywność wykorzystania energii w budynkach mieszkalnych [Zał. 3, pkt.1.3, poz. Pr3]. Najważniejszym efektem tego podprojektu było wytworzenie infrastruktury naukowo-badawczej wraz z aparaturą kontrolno-pomiarową. Obejmuje ona Laboratorium badawcze nad efektywnością energetyczną w budownictwie, które znajduje się w Parku Naukowo-Technologicznym UZ w Nowym Kisielinie. Składa się ono z dwóch niskoenergetycznych doświadczalnych budynków jednorodzinnych. Brałam aktywny udział w ich powstaniu na każdym etapie: przygotowania koncepcji, opracowania dokumentacji budowlanej i wykonawczej (konsultacje), wyłonienia wykonawców, posiedzeniach rad budowy, odbiorach budynków, kontroli jakości wykonanych prac, w tym w szczególności poprawności funkcjonowania systemów pomiarowych.

Bardzo dobra współpraca transgraniczna przyczyniła się do obustronnej chęci podjęcia dalszych wspólnych działań w dziedzinie energii, zarówno w obszarze badań naukowych, jak i edukacji transgranicznej, których efektem jest kolejny zrealizowany projekt z zakresu magazynowania energii [Zał. 3, pkt.1.3, poz. Pr4] oraz będący w toku projekt kontynuujący działania w tym zakresie [Zał. 3, pkt.1.3, poz. Pr5]. W ramach obu projektów, po obu stronach granicy polsko-niemieckiej, utworzono stanowiska badawcze, dzięki którym możliwe było prowadzenie badań naukowych, a których wyniki stały się podstawą do sformułowania oferty kształcenia opartej na najnowszej wiedzy i zorientowanej na praktykę, dedykowanej dla szerokiej grupy odbiorców, w tym przede wszystkim uczniów szkół średnich i studentów. Wykorzystano w tym celu także utworzone w ramach pierwszego wspólnego projektu [Zał. 3, pkt.1.3, poz. Pr3] Laboratorium badawcze nad efektywnością energetyczną w budownictwie wraz z aparaturą kontrolno-pomiarową. Obie uczelnie partnerskie współpracują w oparciu o podział specjalizacji: BTU koncentruje się wokół zagadnień elektrycznego i chemicznego magazynowania energii, a UZ - magazynowania energii cieplnej i efektywności energetycznej.

Badania naukowe prowadzone w ramach wszystkich wymienionych projektów zaowocowały publikacjami w wysoko punktowanych czasopismach naukowych [Zał. 3, pkt.1.1, poz. II.A1, A5, A6, A8].

Aktualnie uczestniczę w pracach nad przygotowaniem wniosku o kolejny wspólny projekt naukowy pn. *Green Energy* - Region Sprewa-Nysa-Bóbr jako innowacyjne pogranicze transferu wiedzy i technologii w zakresie inteligentnego magazynowania energii i gospodarki wodorowej.

Pragnę nadmienić, że za rozszerzanie współpracy międzynarodowej - transgranicznej polsko-niemieckiej na rzecz podnoszenia jakości badań naukowych i kształcenia w zakresie technologii magazynowania energii i efektywności energetycznej w regionie Sprewa-Nysa-Bóbr, w tym za koordynację projektu pn. „Współpraca partnerów naukowych w zakresie kształcenia i wymiany wiedzy w dziedzinie technologii magazynowania energii i efektywności energetycznej w regionie SNB” zostałam uhonorowana nagrodą Ministra Edukacji i Nauki, indywidualną I stopnia za znaczące osiągnięcia w zakresie działalności organizacyjnej (Załącznik nr 9).

Potwierdzenie mojej współpracy międzynarodowej z BTU i CEBra e.V. znajduje się w Załączniku nr 7.

W każdym z wymienionych projektów współpracowałam z pracownikami Instytutu Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego.

8. Informacja o innych osiągnięciach

8.1. Działalność dydaktyczna

Zajęcia dydaktyczne, które prowadziłam i prowadzę na uczelni odbywają się w ramach planów studiów na kierunku budownictwo na stacjonarnych i niestacjonarnych studiach pierwszego i drugiego stopnia kształcenia oraz na kierunku architektura na studiach stacjonarnych pierwszego stopnia kształcenia i jednolitych studiach magisterskich. Szczegółowy wykaz zajęć znajduje się w Załączniku nr 3, pkt. 2.1.

Opracowałam sylabusy dla wszystkich prowadzonych przez siebie przedmiotów na kierunku architektura. Pragnę nadmienić, że przedmioty takie jak: Projektowanie energooszczędne i Projektowanie zrównoważone są zupełnie nowymi przedmiotami na tym kierunku, a przygotowane sylabusy są moimi autorskimi, oryginalnymi opracowaniami. Podobnie w przypadku przedmiotu Fizyka budowli II. Zajęcia praktyczne z tego przedmiotu w formie laboratorium są możliwe do zrealizowania dzięki przygotowanemu przeze mnie zapleczu technicznemu (sprzęt i aparatura kontrolno-pomiarowa). Moimi autorskimi sylabusami są także sylabusy dla przedmiotów na kierunku budownictwo: Odwodnienie obiektów mostowych oraz Zarządzanie rozwojem zrównoważonym w budownictwie.

Byłam i jestem promotorem prac dyplomowych na pierwszym i drugim stopniu kształcenia na kierunku budownictwo. Pod moim kierunkiem powstało do tej pory łącznie 21 prac dyplomowych o tematyce nawiązującej do prowadzonej działalności naukowo-badawczej. Zrecenzowałam także 29 prac dyplomowych [Zał.3, pkt. 2.2].

Od 2 lat współpracuję z Panią mgr inż. Natalią Rzeszowską – doktorantką w Instytucie Budownictwa w zakresie jej pracy doktorskiej, dotyczącej zagadnień magazynowania energii w budynkach z wykorzystaniem materiałów PCM. Współpraca ta zaowocowała dotychczas wspólną publikacją w materiałach konferencyjnych [Zał.3, pkt. 1.1, poz. II.K2].

Przed doktoratem wspierałam Pana mgr inż. Wojciecha Bosaka oraz Panią mgr inż. Monikę Wiatrowską w realizacji ich prac magisterskich pn. odpowiednio: *Konstrukcje gruntowo-powłokowe o dużych rozpiętościach jako przejścia dla zwierząt* oraz *Studium na temat poprawy odwodnienia podpór mostowych pod kątem podniesienia ich trwałości*. W ramach obu prac dyplomacji przygotowali dodatkowo ekspozycje do laboratorium pn. odpowiednio: *Model konstrukcji podatnej z blach falistych jako dolne przejście dla zwierząt o charakterze mieszanym* oraz *Kompleksowy system odwodnienia*, w których przygotowanie również byłam zaangażowana. Obie ekspozycje wpisują się w edukację proekologiczną studentów budownictwa. Pragnę nadmienić, że w/w prace zostały wyróżnione przez komisję dyplomową.

Moja praca dydaktyczna jest wysoko oceniana przez studentów. W ankietach studenckich wyniki mojej oceny wahają się w granicach 4,55 – 4,85 (w skali 0 – 5).

Po doktoracie moja działalność dydaktyczna związana jest także z programem wymiany międzynarodowej Erasmus+. Dotychczas trzykrotnie przeprowadziłam zajęcia dydaktyczne z Fizyki Budowli dla studentów architektury, łącznie dla 7 osób - z Portugalii i Turcji [Zał.3, pkt. 2.3].

8.2. Działalność organizacyjna

Aktywnie uczestniczyłam w organizacji przez Instytut Budownictwa 10 konferencji naukowych i naukowo-technicznych [Zał. 3, pkt. 3.1]. Aktualnie uczestniczę w pracach komitetu organizacyjnego kolejnej konferencji, planowanej w 2023 roku. W latach 2013–2015 pełniłam funkcję kierownika Laboratorium Budownictwa Zrównoważonego w Centrum Budownictwa Zrównoważonego i Energii w Parku Naukowo-Technologicznym UZ (potwierdzenie znajduje się w Załączniku nr 10).

Informacje o innych, pełnionych przeze mnie funkcjach na uczelni i poza znajdują się w Załączniku nr 3, pkt. 3.2.

8.3. Działalność popularyzująca naukę

Od 2018 roku w ramach projektów transgranicznych polsko-niemieckich [Zał.3, pkt. 1.3, poz. Pr4 i 5] prowadzę zajęcia dydaktyczne dla uczniów szkół średnich i studentów, popularyzujące zagadnienia magazynowania energii i efektywności energetycznej. Szczegółowy wykaz aktywności w tym zakresie znajduje się w Załączniku 3, pkt. 4.1.

Angażuję się w działalność popularyzującą naukę zarówno na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, a także w Instytucie Budownictwa. Dwukrotnie brałam udział w prezentacjach i pokazach laboratoryjnych podczas Festiwalu Nauki, a także Dniach Otwartych w Instytucie Budownictwa. Przygotowałam także wykłady i zajęcia praktyczne w ramach organizowanej od dwóch lat na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska - Akademii Przyszłego Inżyniera [Zał.3, pkt. 4.2].

Ponadto współpracuję z Instytutem Architektury i Urbanistyki oraz działającym przy nim kołem naukowym "Architektura w przestrzeni zrównoważonej". W 2014 roku zorganizowałam dla studentów wyjazd naukowo-studialny do Brandenburskiego Uniwersytetu Technicznego w Cottbus - Senftenberg na konferencję poświęconą rozwiązaniom energooszczędnym w budownictwie i architekturze oraz decentralnemu dostarczaniu energii. Od kilku lat jestem zapraszana do jury konkursów organizowanych przez ten Instytut (5 razy w latach 2018 – 2022).

9. Współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym

Przed doktoratem brałam udział w przygotowaniu 10 ekspertyz z zakresu inżynierii komunikacyjnej [Zał. 3, pkt. 5]. Pod doktoracie współpracowałam z Wydziałem Oświaty i Spraw Społecznych w zakresie zajęć dydaktycznych dla uczniów trzynastu zielonogórskich szkół średnich w ramach projektu transgranicznego [Zał. 3, pkt. 1.3, poz. Pr4]. Współpracowałam także z Lubuską Okręgową Izbą Inżynierów Budownictwa, na zlecenie której przygotowałam szkolenie z zakresu inteligentnych budynków [Zał. 3, pkt. 5].

10. Nagrody i stypendia

Za swoją działalność naukową i organizacyjną byłam wielokrotnie nagradzana [Zał. 3, pkt. 6]. Otrzymałam nagrody Rektora Uniwersytetu Zielonogórskiego, a w 2022 roku zostałam uhonorowana nagrodą Ministra Edukacji i Nauki I stopnia za działalność organizacyjną. Ponadto w 2023 roku zostałam odznaczona przez Prezydenta RP Medalem Srebrnym za Długoletnią Służbę.

11. Inne

Brałam aktywny udział w szkoleniach podnoszących moje kwalifikacje zawodowe, a także dydaktyczne. Wykaz najważniejszych szkoleń znajduje się w Załączniku nr 3, pkt. 7.

podpis wnioskodawcy / dr inż. Anna Staszczuk