

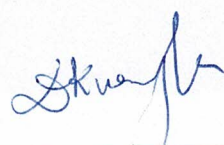
ZAŁĄCZNIK NR 2

DR INŻ. DOROTA ANNA KRAWCZYK

**POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA
WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I INŻYNIERII ŚRODOWISKA
UL. WIEJSKA 45 E, 15-351 BIAŁYSTOK**

AUTOREFERAT

BIAŁYSTOK, LUTY 2018



SPIS ZAWARTOŚCI:

1. Imię i nazwisko.....	str. 3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	str. 3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	str. 3
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust 2. Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (dz. U. Nr 65, poz. 595 ze zm.)	str. 4
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych	str. 16
5.1. Przed uzyskaniem stopnia doktora	str. 16
5.2. Po uzyskaniu stopnia doktora.....	str. 17
6. Omówienie pozostałych osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych.....	str. 24
6.1. Uczestnictwo w projektach dydaktycznych	str. 24
6.2. Staże dydaktyczne i zawodowe, szkolenia podnoszące kwalifikacje	str. 25
6.3. Publikacje dydaktyczne	str. 25
6.4. Zajęcia dydaktyczne i opieka nad studentami.....	str. 26
6.5. Działania popularyzatorskie i organizacyjne.....	str. 27
6.6. Współpraca z przemysłem, ekspertyzy.....	str. 28



Autoreferat

1. Imię i nazwisko

Dorota Anna Krawczyk

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

1992 – dyplom ukończenia Międzywydziałowego Studium Pedagogicznego

22.06.1994 – dyplom *magistra inżyniera w zakresie inżynierii środowiska, specjalność urządzenia sanitarne*, specjalizacja ogrzewnictwo i wentylacja. Praca magisterska na temat: *Analiza celowości modernizacji kotłowni opalanych paliwem stałym na kotłowni opalane paliwem ciekłym, na wybranych przykładach*. promotor mgr inż. R. Tur, recenzent dr inż. S. Sidoruk

28.03.2001 – uprawnienia budowlane do projektowania bez ograniczeń w specjalności; sieci, instalacji i urządzeń wodociągowych, kanalizacyjnych, ciepłych, wentylacyjnych i gazowych nr Bł/38/01.

6.07.2005 – dyplom doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska Rozprawa doktorska *Wybrane metody racjonalizacji zużycia paliwa w kotłowniach opalanych paliwem ciekłym i gazowym*

promotor dr hab. inż. S.A. Sorko, prof. PB

recenzenci: prof. dr hab. inż. M. Rosiński, prof. dr hab. inż. K. Pieńkowski.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

1.07–31.08.1992 – University of Cantabria (E.T.C. De Ingenieros de Caminos de Santander), Science of Earth Department (Hiszpania), staż naukowy,

15.06–15.09.1991 – Wageningen Agricultural University – Department of Epidemiology and Public Health (Holandia), staż naukowy,

3.10.1994–30.09.2013 – Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Ciepłownictwa, asystent,

1.10.2013–30.09.2015 – Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Ciepłownictwa, adiunkt,

1–30.09. 2014, Universidad de Cordoba (Hiszpania), staż naukowy,

Od 1.10.2015 – Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Ciepłownictwa, Ogrzewnictwa i Wentylacji, adiunkt.

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

A) Tytuł osiągnięcia naukowego

Monotematyczny cykl prac p.t. *Zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło w modernizowanych budynkach edukacyjnych w kontekście utrzymania odpowiedniego mikroklimatu pomieszczeń.*

B) Publikacje lub inne prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

Publikacje:

1. **Krawczyk, D.A.** 2014, Theoretical and real effect of the school's thermal modernization – A case study, Energy and Buildings, 81, 30–37.
(IF=4,067, IF₅=4,599, IF₂₀₁₄=2,884, MNiSW=40).
Udział własny 100%.
2. **Krawczyk D.A.,** Gładyszewska-Fiedoruk K., Rodero A., 2017, The analysis of microclimate parameters in the classrooms located in different climate zones, Applied Thermal Engineering, Vol.113, 1088–1096.
(IF=3,356, IF₅=3,634, MNiSW=40).
Udział własny 65%.
3. **Krawczyk D.A.,** Rodero A., Gładyszewska-Fiedoruk K., Gajewski A. 2016, CO₂ concentration in naturally ventilated classrooms located in different climates – Measurements and simulations. Energy and Buildings 129, 491–498.
(IF=4,067, IF₅=4,599, MNiSW=40).
Udział własny 70%.
4. **Krawczyk D.A.,** 2017, Optimization of Energy Consumption while Maintaining Recommended Indoor Air Quality in a Lecture Hall – a case study, Proceedings of 16th International Conference on Sustainable Energy Technologies (SET 2017). Bolonia, Włochy ISBN: 979-12-200-2203-3.
Udział własny 100%.
5. **Krawczyk D.A.,** 2018, Stężenie dwutlenku węgla w powietrzu wewnętrznym w sali wykładowej - studium przypadku. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 49/3, DOI 10.15199/9.2018.3.6 (MNiSW=10)
Udział własny 100%.

Inne prace - aplikacje komputerowe

6. **Krawczyk D.A., Żukowski M., 2017, Szacowanie stężenia dwutlenku węgla w powietrzu wewnętrznym, aplikacja komputerowa,**
<http://vipskills.pb.edu.pl/e-lab-6>
Udział własny 70%.
7. **Krawczyk D.A., Żukowski M., 2018, Szacowanie stężenia dwutlenku węgla w powietrzu wewnętrznym z uwzględnieniem zmienności temperatury wewnętrznej, aplikacja komputerowa.**
Udział własny 70%.

Sumaryczny Impact Factor publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego wg listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania: **IF= 10,307**; średni pięcioletni: **IF₅=12,832**.

Sumaryczna punktacja publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego zgodnie z rokiem wydania wg Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego: **130 pkt.**

Oświadczenia wnioskodawcy oraz współautorów prac (wchodzących w skład osiągnięcia naukowego) określające ich indywidualny wkład w powstawanie publikacji zostały zamieszczone w **Załączniku 5**. Zakres udziału habilitantki został także omówiony w **Załączniku 4 cz. I poz. B.1-7**.

C) Omówienie celu, wyników i zastosowania pracy

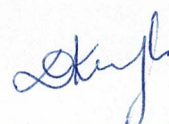
Wprowadzenie – uzasadnienie podjęcia tematu

Początek XXI wieku przyniósł wiele zmian w sektorze budowlanym i energetycznym. W 2003 roku weszła w życie przyjęta przez Parlament Europejski i Radę Europy – Dyrektywa 2002/91/WE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków¹, obligująca kraje członkowskie do wprowadzenia obowiązkowych świadectw energetycznych dla budynków nowo wznoszonych, poddawanych renowacji i sprzedawanych. Ze względu na zróżnicowanie wytycznych i przepisów krajowych, warunków klimatycznych, oraz konieczność uwzględnienia funkcji, czy wieku obiektów i osiągnięć postępu technicznego w sektorze budowlanym, każde z państw opracowało własną metodologię szacowania wskaźników energetycznych². Działania zmierzające do redukcji gazów cieplarnianych, takich jak dwutlenek węgla (CO₂), metan (CH₄), podtlenek azotu (N₂O), czy też gazy przemysłowe (w szczególności fluorowęglowodory HFCs, perfluorowęglowodory PFCs i sześćiofluorek siarki SF₆) zostały zintensyfikowane w momencie ratyfikacji Protokołu z Kyoto w 2005 roku.³ W roku 2010 Parlament

¹ Dyrektywa 2002/91/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków

² Krawczyk D.A. 2016. Certyfikacja energetyczna budynków. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej. ISBN 978-83-62582-03-7.

³ PROTOKÓŁ Z KIOTO do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzony w Kioto dnia 11 grudnia 1997 r.



Europejski przyjął zmiany (tzw. RECAST) w Dyrektywie w sprawie charakterystyki energetycznej budynków 2010/31/UE⁴, zgodnie, z którymi od 2021 roku, na terenie Unii Europejskiej mają być wznoszone wyłącznie budynki o bardzo niskim zapotrzebowaniu na energię. Z kolei obiekty istniejące powinny być modernizowane w sposób zapewniający spełnianie, na co najmniej minimalnym poziomie, wymogów energooszczędności, dla wszelkich wykonywanych usprawnień. W Polsce, do podstawowych aktów prawnych w tej dziedzinie, obowiązujących w momencie rozpoczęcia przez mnie badań, należały: Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie⁵, Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r.⁶ oraz Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r.⁷

Od roku 2005 wykonywałam audyty energetyczne obiektów istniejących, głównie budynków użyteczności publicznej (szczegółowy spis obiektów znajduje się w **Załączniku 4. cz. III. poz. M.2-7, M.9-21**), a w 2008 roku byłam współautorką ekspertyzy poprawności wykonania audytu energetycznego (**Załącznik 4. cz. III, poz. M.8**). Zwróciłam uwagę na złożoność czynników wpływających na rzeczywisty efekt przeprowadzanych termomodernizacji oraz rozbieżności występujące pomiędzy obliczeniowym i rzeczywistym zużyciem ciepła do celów ogrzewczych. Zainteresowało mnie również jak zmieniają się podstawowe parametry mikroklimatu, wpływające na komfort cieplny użytkowników w budynkach po wykonaniu usprawnień służących poprawie efektywności energetycznej obiektów.

Skłoniło mnie to do podjęcia badań pilotażowych dotyczących zmniejszenia energochłonności obiektów po termomodernizacji, oraz zmian parametrów mikroklimatu^{8,9}. Pomiary były prowadzone w dość specyficznych pomieszczeniach ze względów higienicznych – gabinetach lekarskich. Ich wyniki zostały opublikowane w czasopiśmie z JCR (**Załącznik 4. cz. II. poz. A.2**), prasie krajowej (**Załącznik 4. cz. III, poz. E.54**) oraz zaprezentowane na zagranicznej konferencji (**Załącznik 4. cz. II, poz. L.7-8**).

⁴ DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona)

⁵ ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

⁶ ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów Świadectw ich charakterystyki energetyczne

⁷ ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

⁸ ISO 7730:2006 Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

⁹ EN 15251:2007 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings – addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics

Badania zasadnicze postanowiłam skoncentrować na obiektach edukacyjnych, na które przypada około 10% całkowitego zużycia energii w sektorze budynków użyteczności publicznej¹⁰. Są to obiekty wielkokubaturowe o specyficznym profilu użytkowania, wysokim zagęszczeniu użytkowania powierzchni wybranych sal lekcyjnych oraz stosunkowo długim czasie spędzanym w tego typu obiektach przez dzieci i młodzież. W wielu budynkach na jednego ucznia przypada mniej niż 1,3–1,9 m² powierzchni podłogi, chociaż powinno dążyć się do zapewnienia minimum 2–2,5 m²/ucznia¹¹. Fakt długotrwałego użytkowania pomieszczeń sprawia, że zapewnienia w nich odpowiedniego mikroklimatu i wyeliminowanie czynników szkodliwych dla zdrowia, są niezwykle istotne.

Za najważniejsze cele badań uznałam:

- 1) oszacowanie teoretycznego efektu termomodernizacji oraz rzeczywistego zmniejszenia zużycia ciepła do ogrzewania, dla wybranego obiektu edukacyjnego,
- 2) wyspecyfikowanie podstawowych czynników, które mogą wpływać na rozbieżności między teoretycznym i rzeczywistym zużyciem ciepła w analizowanym budynku,
- 3) wykonanie pomiarów podstawowych parametrów mikroklimatu pomieszczeń (temperatura, wilgotność względna i stężenie dwutlenku węgla) w wybranych pomieszczeniach edukacyjnych o różnej krotności wymiany powietrza,
- 4) opracowanie modelu zmienności stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniach z zalecaną wysoką krotnością wymiany powietrza, do jakich należą obiekty edukacyjne,
- 5) oszacowanie zużycia energii cieplnej do ogrzewania w wybranym obiekcie badawczym, przy założeniu zapewnienia krotności wymiany powietrza, przy której stężenie CO₂ byłoby na zalecanym poziomie poniżej 1000 ppm¹²⁻¹³,
- 6) opracowanie aplikacji komputerowej pozwalającej na symulację zmienności stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniach.

¹⁰ https://us_energy_commercial/www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=

¹¹ <https://www.nik.gov.pl/plik/id,8575,vp,10681.pdf>

¹² WHO (2000), Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, WHO Regional Office for Europe Copenhagen, European Series, No. 91

¹³ ASHRAE Standard 62. 2007. „Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality”. American Society of Heating and Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta.

Omówienie wyników

W pierwszym etapie badań zostały zebrane i przeanalizowane dane dotyczące rzeczywistego zużycia ciepła w 54 obiektach (44 szkoły oraz 10 przedszkoli) wybudowanych w latach 1919–2010 na terenie Białegostoku. Do dalszych analiz wybrano budynek liceum ogólnokształcącego, które powstało w 1970 roku. Obiekt składał się z trzech części: budynku głównego, sali gimnastycznej z zapleczem oraz łącznika. W latach 2005–2008 przeprowadzono pomiary zużycia ciepła na cele ogrzewania oraz wykonano obliczenia teoretycznego zapotrzebowania na ciepło dla budynku. Pomiary rzeczywistego zużycia ciepła kontynuowano do roku 2011, bowiem w 2008 r. obiekt przeszedł kompleksową termomodernizację. Obejmowała ona docieplenie ścian zewnętrznych (styropianem o grubości 0,14 m), stropodachu wentylowanego budynku głównego (granulatem wełny mineralnej o grubości 0,18 m) oraz dachu sali gimnastycznej (płytami dachowymi o grubości 0,15 m). Ponadto stare okna i luksfery zastąpiono oknami o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m²K. Zmodernizowano także system ogrzewania: wymieniono część grzejników i rur, zamontowano zawory termostatyczne oraz wymieniono izolację przewodów. Nie wykonano zmian w obrębie źródła ciepła ani wentylacji naturalnej. Również dla budynku w stanie po modernizacji zostały wykonane obliczenia teoretycznego zapotrzebowania na ciepło. Metodyka obliczania teoretycznego zużycia ciepła do celów ogrzewczych oraz prowadzenia badań, szczegółowe dane dotyczące obiektu oraz uzyskane wyniki omówiono w publikacji **I-B.1**. Analiza uzyskanych wyników pokazała, że rzeczywiste zużycie ciepła przed modernizacją (oszacowane według metody miesięcznej¹⁴) było niższe o 14,2–32,0% w odniesieniu do całego sezonu grzewczego. Po przeliczeniu zmierzonych wartości na warunki klimatyczne roku typowego i uwzględnieniu całkowitej sprawności systemu grzewczego rozbieżności te wyniosły 29,0% przy założeniu 1 wymiany powietrza (ACH – air change rate) i 3,0% dla 2 wymian powietrza w ciągu godziny (wartość zalecana wg normy¹⁵). Udział strat ciepła na wentylację w bilansie całkowitym przed modernizacją wyniósł odpowiednio 32,0% przy ACH=1h⁻¹ i 50,7% przy ACH=2h⁻¹. Z kolei dla budynku po termomodernizacji udział strat ciepła na wentylację wzrósł do 61,8–72,9%. Pokazało to, jak duża część kosztów ogrzewania związana jest z podgrzewaniem powietrza zewnętrznego dostarczanego do pomieszczeń w ramach wentylacji naturalnej. W przypadku obiektu po termomodernizacji teoretyczne zużycie ciepła okazało się być znacznie niższe, niż zużycie zarejestrowane w trakcie pomiarów, po przeliczeniu na rok typowy. Rozbieżność ta wynosiła 9,1–28,0%. Reasumując, rzeczywisty efekt termomodernizacji, zdefiniowany, jako uzyskane zmniejszenie zużycia ciepła (33,0%) był znacznie niższy, niż przewidywany (na poziomie 59,0–71,0% zależnie od przyjętej krotności wymiany

¹⁴ PN-EN ISO 13790:2009. Energetyczne właściwości cieplne budynków – Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia. European Standard Thermal performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling.

¹⁵ PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego. European Standard – Heating systems – Method for calculation of the design heat load

powietrza i sprawności systemu grzewczego). Warto podkreślić, że profil użytkowania pomieszczeń przez cały okres badań był zbliżony, zajęcia w budynku głównym odbywały się od poniedziałku do piątku w godzinach od 8:00 do 17:00, a część sportowa była dodatkowo wykorzystywana w weekendy. Temperatura eksploatacyjna w obu częściach wynosiła średnio 20°C i 16°C i nie stosowano czasowego jej obniżania. W związku z tym stwierdzono, że do podstawowych czynników mogących wpływać na raportowane różnice można zaliczyć rozbieżności pomiędzy rzeczywistymi sprawnościami cząstkowymi systemu grzewczego, a wartościami przyjmowanymi do symulacji zgodnie z rozporządzeniem¹⁶. Ponadto czynnikiem decydującym może być nieprawidłowe przyjęcie krotności wymiany powietrza w pomieszczeniach, bądź też trudny do przewidzenia w budynkach użyteczności publicznej z wentylacją naturalną profil wietrzenia pomieszczeń. Wyniki przeprowadzonego studium przypadku zwracają uwagę na konieczność uświadamiania inwestorów o możliwości uzyskania efektu termomodernizacji odbiegającego od szacunków teoretycznych, oraz wprowadzenia zmian w metodologii obliczeniowej redukujące występujące różnice.

Kolejny etap badań obejmował analizę zmienności parametrów wewnętrznych w pomieszczeniach edukacyjnych w trakcie ich użytkowania. Ze względu na dostęp do bazy pomiarowej oraz możliwość wykonywania badań w różnych salach pod względem kubatury, ilości osób, długości zajęć, a przede wszystkim łatwość kontroli parametrów zmiennych takich jak na przykład częstość i długość wietrzenia pomieszczeń, badania przeprowadzono na terenie Politechniki Białostockiej.

Ponadto, byłam pomysłodawcą rozszerzenia badań na budynki zlokalizowane w innych strefach klimatycznych, aby zaobserwować możliwe różnice w zmienności parametrów wewnętrznych oraz wyznaczyć wartości preferowane przez użytkowników z różnych krajów. Ponieważ od 2015 r. jestem koordynatorem programu współpracy naukowej pomiędzy Politechniką Białostocką, a School of Engineering Sciences of Belmez, University of Córdoba na lata 2015–2020, p.t. „Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w kontekście poprawy efektywności energetycznej i jakości powietrza w budynkach i innych obiektach”, część badań była prowadzona w salach budynków Uniwersytetu w Cordobie w Hiszpanii.

Wyniki badań eksperymentalnych parametrów mikroklimatu 8 pomieszczeń i badań ankietowych przeprowadzonych na grupie studentów w Białymstoku (Polska) oraz Cordobie (Hiszpania) omówiono szczegółowo w publikacji **I-B.2**. Zarejestrowane podczas eksperymentu wartości temperatury wewnętrznej mieściły się w zakresie od 20,0°C do 25,4°C. Optymalna temperatura powietrza wewnętrznego według

¹⁶ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej. [Regulation of the Minister of Infrastructure of 6th November 2008 concerning energy characteristic methodology for building or its part]. Akt aktualny w okresie przeprowadzania badań.

studentów w Polsce wyniosła 21,7 – 22,3°C, natomiast w Hiszpanii 23,3 – 24,8°C, co świadczy o konieczności zróżnicowania przepisów i wytycznych krajowych. Wniosek ten potwierdzają wyniki zaprezentowanych modeli adaptacyjnych dla znacznie zróżnicowanej temperatury komfortu, ponieważ prognozowana wartość w Polsce wyniosła 20,5°C, natomiast w Hiszpanii 27,0°C. W trakcie badań stwierdzono odmienne profile przebiegu zmienności wilgotności w pomieszczeniach. Wilgotność podczas lekcji w Polsce wzrastała, podczas gdy w Hiszpanii była niemal stała. Fakt ten można wiązać z wyższą wilgotnością względną powietrza zewnętrznego w Cordobie i mniejszym wpływem wewnętrznych zysków wilgotności od studentów. Zarejestrowane wartości wilgotności względnej w salach obu uniwersytetów mieściły się w zalecanych zakresie (40 – 60%). Większość studentów w obu krajach uznała wilgotność za akceptowalną. W publikacjach **I-B.4** i **I-B.5** zaprezentowano wyniki pomiarów parametrów mikroklimatu kilku innych klas lekcyjnych w budynku Politechniki Białostockiej po termomodernizacji. W przypadku auli wykładowej o kubaturze 418 m³, w której przebywało 68 osób, temperatura powietrza wewnętrznego była zbliżona do zalecanej (19,8 – 22,3°C), a wilgotność względna była zbyt niska (37,0 – 39,0%). Z kolei wyniki pomiarów przeprowadzonych w dwóch innych dużych salach (sala A o kubaturze 310 m³ użytkowana przez 50 osób i sala B: 420 m³, 90 osób) pokazały, że temperatura wewnętrzna była w zakresie 20,0 – 21,8°C, czyli wyższa od temperatury obliczeniowej, ale zbliżona do temperatury komfortu cieplnego. Wilgotność względna była zbyt niska (25 – 29,8%).

Kolejnym niezwykle istotnym parametrem mikroklimatu jest stężenie dwutlenku węgla. Zalecany ze względów zdrowotnych poziom to 1000 ppm¹⁷. W badanych salach w Polsce stężenie dwutlenku węgla wynosiło od 400 do 1650 ppm (**I-B.3-4**). Jak pokazano w **I-B.4** poziom 1000 ppm został przekroczony już po 10–18 minutach użytkowania pomieszczeń, osiągając po 45 minutach 1291 ppm. W czasie badań omówionych w **I-B.5** stężenie CO₂ było w zalecanych zakresie tylko przez pierwsze 7 minut zajęć, jednak co warto podkreślić w czasie eksperymentu w sali przewidzianej na 100 osób przebywało tylko 67 studentów i nauczyciel. Z kolei pomiary przeprowadzone w 4 klasach (**I-B.3**) w czasie 60 minutowych zajęć pokazały wzrost stężenia CO₂ do 1420 – 2393 ppm. W dwóch z czterech klas już na początku zajęć zmierzona wartość przekraczała 1000 ppm, co świadczy o braku należytej wentylacji pomieszczeń. W jednej z klas zlokalizowanych w Hiszpanii stężenie CO₂ przez całe zajęcia było na poziomie zgodnym z zaleceniami, a w trzech pozostałych jedynie nieznacznie przekraczało 1000 ppm przez ostatnie 10 minut zajęć.

Warto podkreślić, że stężenie dwutlenku węgla w powietrzu zewnętrznym w Polsce i Hiszpanii, w miejscu wykonywania pomiarów było na zbliżonym poziomie (388 i 398 ppm). Porównywalna była też powierzchnia przypadająca na studentów, odpowiednio 2–3,3 m²/osobę oraz 2,5–3,3 m²/osobę. Główna różnica polegała na znacznie wyższej

¹⁷ WHO (2000), Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, WHO Regional Office for Europe Copenhagen, European Series, No. 91

krotności wymiany powietrza w pomieszczeniach w Hiszpanii ($3-4 \text{ h}^{-1}$), niż w Polsce ($1-1,5 \text{ h}^{-1}$). Warto podkreślić, że o ile niska wartośćrotności wymiany powietrza w pomieszczeniach jest korzystna ze względów energetycznych, zmniejszając straty ciepła na wentylację, a tym samym koszty ogrzewania, to jak pokazały wyniki badań jest trudna do zaakceptowania ze względów higienicznych i zdrowotnych.

Na tym etapie badań doszłam do wniosku, że konieczne jest stworzenie modelu zmienności stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniach. Przegląd literatury dotyczącej wykorzystywanych modeli (szczegóły omówiono w publikacji **I-B.3**) pokazał, że najczęściej wykorzystywany model CIBCE AM 10¹⁸ nie bierze pod uwagę zmienności temperatury i ciśnienia atmosferycznego, podobnie jak uproszczony model Quanga et al.¹⁹ W 2016 r. dr inż. hab. K. Gładyszewska-Fiedoruk opracowała model CO₂²⁰, który jednak nie uwzględnia wymiany powietrza w pomieszczeniu. Założenie takie ogranicza możliwość jego zastosowania do budynków o bardzo niskiejrotności wymian, a tym samym nie daje odpowiednich wyników w przypadku pomieszczeń szkolnych, w szczególności przy długim okresie badań.

Strumień powietrza wentylacyjnego do obliczeń energetycznych w budynkach edukacyjnych wyliczany jest zgodnie z obowiązującymi w czasie badań przepisami²¹ jako iloczyn kubatury pomieszczenia irotności wymian powietrza, którą polski dodatek do normy rekomendował przyjmować jako $ACH=2\text{h}^{-1}$. Z kolei norma PN-83/B-03430²² zaleca określanie tej wielkości w oparciu o ilość użytkowników i przyjmowanie 20m³/h na osobę, norma PN-EN13779:2008²³ – w zakresie 14,4–36 m³/h na osobę, a PN-EN15232:2008²⁴ – od 22 do 54 m³/h na osobę. Biorąc pod uwagę ilość użytkowników analizowanych pomieszczeń, w których przeprowadzałam badania zależnie od przyjętej metodyki można otrzymać wartościrotności wymiany powietrza z zakresu od 0,65 do 11,61 h⁻¹.

W założeniu nowy model miał umożliwiać symulację zmienności stężenia CO₂ w pomieszczeniach oraz wyznaczenierotności wymiany powietrza, jaka w danym obiekcie zapewniałaby utrzymanie odpowiednich warunków jakości powietrza wewnętrznego. W odróżnieniu od opisywanych w literaturze algorytmów, tworzony

¹⁸ M. Griffiths, M. Eftekhari, Control of CO₂ in a naturally ventilated classroom. Energy and Buildings 40 (2008) 556–560

¹⁹ T.N. Quang, C. He, L.D. Knibbs, R.de Deard,L.Morawska. Co-optimisation of indoor environmental quality and energy consumption within urban office buildings. Energy and Buildings 85 (2014) 225–234

²⁰ Gładyszewska-Fiedoruk K. Modelowanie stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniach. Oficyna wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2016

²¹ PN-EN12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.

²² PN-83/B-03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania. (z późniejszymi zmianami) – 02.2000

²³ PN-EN 13779:2008 – Wentylacja budynków niemieszkalnych. Wymagania dotyczące właściwości instalacji wentylacji i klimatyzacji

²⁴ PN-EN 15232:2008 – Energetyczne właściwości budynków. Wpływ automatyzacji, sterowania i technicznego zarządzania budynkami.

model miał uwzględniać parametry środowiska wewnętrznego (kubatura pomieszczenia, początkowa temperatura wewnętrzna, początkowe stężenie dwutlenku węgla, ilość użytkowników i forma ich aktywności) oraz jakość powietrza zewnętrznego.

Opracowany model opiera się na równaniu bilansu masy, uwzględniającym wymianę masy dwutlenku węgla ze środowiskiem zewnętrznym oraz zyski CO₂ generowane od osób przebywających w pomieszczeniu. Przy tworzeniu modelu założono, że strumień masy powietrza doprowadzanego i usuwanego z pomieszczenia są równe, a zyski wewnętrzne zależą od ilości osób i ich aktywności fizycznej.

Uwzględniając wymianę powietrza oraz podstawowe prawa fizyko-chemiczne uzyskano ostateczną postać modelu (szczegóły podane zostały w publikacji **I-B.3**):

$$C_{CO_2 in} = \frac{T_{in}}{P_{in}(1+ACH t)} \left[C_{CO_2 in(t=0)} \frac{P_{in(t=0)}}{T_{in(t=0)}} + \left(gN \frac{R}{\mu_{CO_2} V} + C_{CO_2 out} \frac{P_{out}}{T_{out}} ACH \right) t \right] \quad (1)$$

gdzie:

ACH – krotność wymiany powietrza [1/h], t – czas [h], P – ciśnienie [Pa], $C_{CO_2 in}$ – stężenie dwutlenku węgla w powietrzu wewnętrznym [ppm], $C_{CO_2 out}$ – stężenie dwutlenku węgla w powietrzu zewnętrznym [ppm], V – kubatura pomieszczenia [m³], g – zyski CO₂ od ludzi [g/(h os.)], N – liczba osób w pomieszczeniu w czasie t , T – temperatura [K], R – stała, μ_{CO_2} – masa cząsteczkowa dwutlenku węgla i powietrza.

Opracowany model został zweryfikowany w oparciu o wyniki badań przeprowadzonych w czterech salach lekcyjnych w Polsce i czterech w Hiszpanii, o zróżnicowanej kubaturze (100–416 m³) i ilości studentów (38–73 osoby).

Dla każdej sali i serii pomiarowej oszacowano Standardowy Błąd Modelu E, którego średnia wartość była niższa, niż błąd E dla modelu CISBE. Świadczy to o dobrym dopasowaniu nowego algorytmu, który może być z powodzeniem wykorzystywany do szacowania stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniach. W związku z tym wykonałam symulację poziomu CO₂ we analizowanych salach, przy założeniu pełnego obłożenia klas (w trakcie badań rzeczywistych część miejsc była pusta). Przyjęłam, że na początku zajęć stężenie CO₂ wynosiło 400 ppm (wartość zbliżona do zawartości CO₂ w powietrzu zewnętrznym). Wyniki pokazały, że nawet w przypadku najkrótszej jednostki lekcyjnej (45 min.) stężenie dwutlenku węgla byłoby znacznie wyższe od zalecanego (1399–2404 ppm). Ponadto posługując się opracowanym modelem określiłam, jaka musiałaby być krotność wymiany powietrza w pomieszczeniach, żeby utrzymać jakość powietrza na poziomie odpowiadającym IDA2. Wyniki symulacji pokazały, że należałoby zwiększyć krotność wymiany powietrza do 2,5–4,5 h⁻¹ przy częściowym obłożeniu sal i do 6–9 h⁻¹ przy całkowitym wypełnieniu klas. Opracowany model został również zweryfikowany za pomocą wyników badań prowadzonych w innych pomieszczeniach (**I.B.4-5**).

Niewątpliwą zaletą modelu jest fakt, że uwzględnia on zarówno parametry powietrza wewnętrznego (temperatura, ciśnienie, początkowe stężenie CO₂), jak i powietrza wentylacyjnego – w tym wypadku – zewnętrznego (temperatura, ciśnienie, stężenie CO₂). W przypadku stosowania wentylacji z częściową recyrkulacją zamiast parametrów powietrza zewnętrznego należałoby w algorytmie uwzględnić dane dotyczące powietrza doprowadzanego do pomieszczenia, jako mieszaniny zewnętrznego i usuwanego z pomieszczenia.

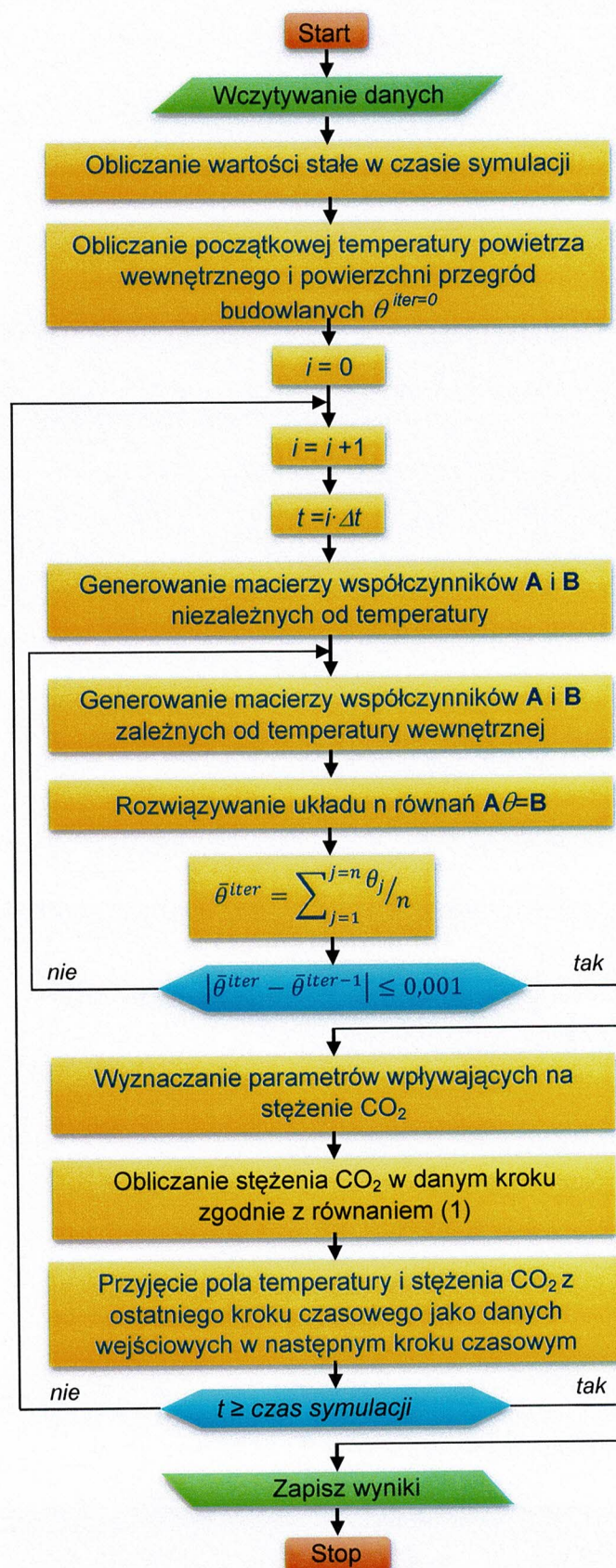
W ramach projektu VIPSKILLS, którego jednym z celów jest upowszechnienie osiągnięć nauki i modernizowanie programów dydaktycznych, na podstawie omówionego powyżej modelu, wspólnie z prof. dr hab. inż. M. Żukowskim, opracowałam aplikację komputerową, która jest udostępniona nieodpłatnie na stronie projektu²⁵. Stworzony algorytm **IB.6** opiera się na założeniu, że temperatura wewnętrzna w czasie symulacji zmian stężenia dwutlenku węgla jest stała. Przykłady symulacji wykonanych za pomocą aplikacji omówiłam w publikacji **I.B.5**. Symulacja przeprowadzona dla sali w pełni wypełnionej (100 osób) pokazała, że przy utrzymaniu krotności wymiany powietrza występującej w pomieszczeniu na poziomie 0,6 h⁻¹ po 60 minutach zajęć stężenie dwutlenku węgla wynosiłoby 3455 ppm, a po zwiększeniu ACH do 2 h h⁻¹ poziom CO₂ byłby dwukrotnie wyższy niż zalecany. Do utrzymania stężenia CO₂ poniżej 1000 ppm przez całe zajęcia należałoby zwiększyć ACH do 6 h⁻¹.

Otrzymywane za pomocą aplikacji wyniki są wystarczające na potrzeby przybliżonych analiz oraz do celów dydaktycznych, jednak mogły prowadzić do zbyt małej dokładności w określeniu wzrostu stężenia CO₂ w celach naukowych.

Z tego powodu, badania rozszerzono o opracowanie modelu matematycznego zjawisk transportu ciepła w pomieszczeniu, przy uwzględnieniu zysków ciepła od ludzi, promieniowania słonecznego, systemu ogrzewania i wentylacji oraz przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne i wewnętrzne. W zastosowanym rozwiązaniu numerycznym analizowanego zagadnienia wykorzystano analogię pomiędzy opisem matematycznym niestacjonarnych pól temperatury i potencjałów elektrycznych. Wyniki symulacji zweryfikowano za pomocą pomiarów przeprowadzonych w dwóch salach lekcyjnych o zbliżonej kubaturze i liczbie użytkowników, a zróżnicowanych zyskach ciepła od słońca. Wyniki weryfikacji potwierdziły zgodność opracowanego modelu z wynikami eksperymentu²⁶. Uproszczony schemat blokowy ostatecznej wersji modelu zmienności stężenia T-CO₂ w pomieszczeniu, po uwzględnieniu zmienności temperatury wewnętrznej w pomieszczeniu pokazano na rys.1.

²⁵ Międzynarodowy Projekt VIPSKILLS Virtual and Intensive Course Developing Practical Skills of Future Engineers (VIPSKILLS) Erasmus+ 2016-1-PL01-KA203-026152 (Partnerstwa Strategiczne) finansowany przez Unię Europejską, 2016–2019

²⁶ D.A. Krawczyka, M. Żukowski. Experimental verification of the CO₂ and temperature model. Rękopis złożony do recenzji w Energy and Buildings

Rys.1 Uproszczony schemat blokowy modelu T-CO₂

Możliwości zastosowania wyników pracy

Wyniki przeprowadzonych badań pokazują, że konieczne jest rozpatrywanie przedsięwzięć związanych z modernizacją budynków, nie tylko w kontekście oszczędności energetycznych, ale także zapewnienia odpowiedniego mikroklimatu w pomieszczeniach. Wykazane rozbieżności pomiędzy szacowanym zużyciem ciepła, a wartościami rzeczywistym oraz wyspecyfikowane parametry je warunkujące, mogą być wykorzystane podczas zmian w metodologii opracowywania ekspertyz energetycznych, na przykład poprzez uaktualnienie zakresów zalecanych sprawności cząstkowych systemów grzewczych. Ponadto należy każdorazowo przyjmować do obliczeń projektowych i analiz energetycznych odpowiednią wartość krotności wymiany powietrza.

Opracowany model zmienności stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniach może być wykorzystywany zarówno podczas modernizacji, jak i projektowania budynków np. do symulacji wzrostu stężenia CO₂ przy różnym obciążeniu pomieszczeń i aktywności fizycznej użytkowników. Umożliwia on również ustalenie krotności wymiany powietrza, przy której może być utrzymana pożądana jakość powietrza wewnętrznego, co z kolei można wykorzystać przy ustalaniu rodzaju i profilu wentylowania pomieszczeń. Ponadto pozyskana w ten sposób optymalna krotność wymiany powietrza może być wykorzystywana do obliczeń energetycznych i szacowania strat ciepła na wentylację, a co za tym idzie rzeczywistych oszczędności, jakie można uzyskać przy zapewnieniu komfortu cieplnego i higienicznego w modernizowanych pomieszczeniach. Przykład wyników takiej analizy zaprezentowano w **I-B.4**. W wyniku symulacji ustalono, że aby utrzymać stężenie dwutlenku węgla poniżej 1000 ppm w ciągu całych zajęć należałoby zapewnić 5 wymian powietrza w ciągu godziny, podczas, gdy rzeczywista wartość ACH wyznaczona w trakcie badań wyniosła 1,5h⁻¹. Zmiana taka wiązałaby się ze wzrostem zużycia energii na cele ogrzewania o 225-260% i zmniejszeniem rzeczywistego efektu termomodernizacji.

Warto podkreślić, że stworzone aplikacje komputerowe do symulacji zmian temperatury i stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniach czynią opracowane modele matematyczne znacznie łatwiejszymi i przyjaznymi do stosowania. Mam nadzieję, że okażą się przydatne zarówno podczas badań naukowych, w fazie projektowania i modernizowania systemów grzewczo-wentylacyjnych, w trakcie analiz energetycznych, jak też będą wykorzystywane w czasie zajęć dydaktycznych związanych z tematyką mikroklimatu pomieszczeń i efektywności energetycznej budynków.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych

5.1. Przed uzyskaniem stopnia doktora

W trakcie studiów na kierunku Inżynieria Środowiska uczestniczyłam w dwóch stażach naukowych. W 1991 roku na Wageningen Agricultural University (Holandia) wzięłam udział w badaniach wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie ludzi, prowadzonych w Department of Epidemiology and Public Health pod kierunkiem prof. dr Johna Kamseetga, które wywarły znaczny wpływ na moją dalszą ścieżkę zawodową. Natomiast w 1992 roku na University of Cantabria (Hiszpania) w Department of Earth Science miałam możliwość uczestniczenia w badaniach gruntu. Co prawda moje późniejsze zainteresowania zawodowe nie były z tym ściśle związane, ale znajomość tematyki okazała się niezwykle przydatna w prowadzonych analizach możliwości wykorzystania energii gromadzonej w gruncie, czy też technicznych możliwości posadowienia infrastruktury sanitarnej.

Po obronie pracy magisterskiej zostałam zatrudniona w Katedrze Ciepłownictwa i zajmowałam się głównie zagadnieniami związanymi ze spalaniem paliw płynnych, ze szczególnych uwzględnieniem metod ograniczania zużycia oleju opałowego i gazu. Zaczęłam się również interesować możliwościami zastosowania niekonwencjonalnych źródeł ciepła. Wyniki moich badań zostały opublikowane w 5 rozdziałach monografii (Załącznik 4, cz. II, poz. E.24-E.28) i 6 artykułach w czasopismach (Załącznik 4, cz. II, poz. E.78-83) oraz zaprezentowane na 5 konferencjach krajowych (Załącznik 4, cz. II, poz. L.32-36).

Ponadto wspólnie z prof. dr hab. inż. K. Pieńkowskim oraz mgr inż. W. Tumelem napisałam dwa tomy monografii Ogrzewnictwo (Załącznik 4, cz. II, poz. E.4-5), która do dziś jest wykorzystywana przez studentów Inżynierii Środowiska, jako literatura podstawowa do zajęć z „Podstaw Ogrzewnictwa” i „Ogrzewnictwa”. Za publikację tą otrzymałam nagrodę JM Rektora Politechniki Białostockiej.

Równolegle z pracą na uczelni, w latach 1994–1999, pracowałam na $\frac{3}{4}$ etatu w firmie projektowej, specjalizującej się z systemach ogrzewczych oraz odbyłam praktykę w firmie wykonawczej.

Umożliwiło mi to zdanie w 2001 roku egzaminu i **uzyskanie uprawnień budowlanych do projektowania bez ograniczeń** w zakresie sieci i instalacji wodnych, kanalizacyjnych, grzewczych, wentylacyjnych i gazowych (BI/38/01). Spis i pełna dokumentacja udziału w poszczególnych opracowaniach z lat 1994–2001 została złożona w Urzędzie Wojewódzkim w Białymstoku. Zdobyte doświadczenie wykorzystywałam podczas zajęć projektowych z Ogrzewnictwa na studiach dziennych i zaocznych.

5.2. Po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora moje zainteresowania naukowe koncentrowały się wokół zagadnień, które można zakwalifikować do następujących grup tematycznych:

- a) emisja spalin w kotłowni opalanych paliwami płynnymi i zużycie paliw na cele ogrzewania i podgrzewu ciepłej wody użytkowej,
- b) ocena energetyczna budynków i możliwości poprawy charakterystyki energetycznej obiektów,
- c) mikroklimat pomieszczeń,
- d) wykorzystanie odnawialnych źródeł ciepła w systemach ogrzewania, podgrzewu ciepłej wody i produkcji energii elektrycznej,
- e) wykorzystanie gruntowych wymienników ciepła,
- f) inne,

choć w przypadku części badań należy nadmienić, że ich zakres obejmował więcej, niż jeden z wymienionych obszarów.

Badania dotyczące możliwości ograniczenia zużycia paliwa w kotłowniach opalanych paliwami płynnymi zlokalizowanych na terenie województwa podlaskiego oraz wpływu parametrów dysz palników na emisję zanieczyszczeń stanowiły kontynuację i pogłębienie problematyki, jaką zajmowałam się w pracy doktorskiej. Pomiary wykonywałam w kotłowniach o różnej mocy, od domów jednorodzinnych do kotłowni osiedlowych. Badania wykazały, że ciśnienie oleju i rodzaj dyszy mają duży wpływ na przebieg procesu spalania paliwa, a co za tym idzie emisję zanieczyszczeń. Wyznaczone zostały zakresy ciśnienia oleju, przy których uzyskiwano zadowalające wielkości stężenia CO, CO₂, NO_x oraz optymalne wartości współczynnika nadmiaru powietrza. Nie zaobserwowano korelacji między ciśnieniem oleju, a emisją CO, której maksymalne wartości uzyskiwano, zależnie od typu dyszy, powyżej lub poniżej optymalnego zakresu (11–12 bar). Stwierdzono natomiast, że im wyższe było ciśnienie oleju, tym wyższa była emisja tlenków azotu. Wyniki badań przedstawiono w pięciu publikacjach w czasopismach krajowych (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.69, E.70, E.75**), artykule w czasopiśmie z JRC (**Załącznik 4, cz. II, poz. A.1**) oraz konferencji naukowej (**Załącznik 4, cz. II, poz. L.17**). Z kolei w dwóch kolejnych publikacjach (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.76 i E.77**) omówiono metody zmniejszenia zużycia gazu ziemnego do celów ogrzewania.

Większość moich badań dotyczyła możliwości poprawy wskaźników energetycznych budynków, zarówno w obrębie bryły budynku, jak i instalacji wewnętrznych. W publikacjach (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.61, E.72, E.73**) omówiono podstawowe czynniki wpływające na wartość wskaźników energetycznych stosowanych przy ocenie energetycznej budynków. Zwrócono uwagę na fakt dużego zróżnicowania wartości EP

(wskaźnika zużycia energii pierwotnej) w zależności od współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych, sprawności instalacji wewnętrznych i wykorzystywanego paliwa. Wpływ zastosowanej instalacji wentylacji i klimatyzacji szczegółowo zaprezentowano w publikacjach (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.62, E.63**). Analiza 12 wariantów wykazała, że w optymalnym przypadku można byłoby obniżyć wskaźnik EP o 27%, w stosunku do najmniej korzystnego rozwiązania.

Wiele publikacji było owocem badań międzynarodowych, jakie prowadziłam w ramach programu „Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w kontekście poprawy efektywności energetycznej i jakości powietrza w budynkach i innych obiektach”, który koordynuję od 2015 r.

W ramach tego projektu zajmowałam się między innymi zużyciem energii. W publikacji (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.36**) omówiono zmienność zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia w obiektach zlokalizowanych w 10 miastach w Polsce i Hiszpanii. W budynku zlokalizowanych w Polsce całkowite zapotrzebowanie na energię do celów grzewczych i chłodniczych wyniosło od 46,6 do 57,8 GJ/rok, zależnie od strefy klimatycznej, przy czym we wszystkich przypadkach 99% zapotrzebowania na energię było związane z ogrzewaniem. Z kolei w wypadku miast hiszpańskich zwrócono uwagę na duże zróżnicowanie w udziale energii do ogrzewanie w bilansie całkowitym – wyniosło one od 21,0 do 85,0%. Całkowite zapotrzebowanie na energię ciepłą wyniosło od 22,8 do 48,7 GJ/rok. Analizę zużycia ciepła w budynku mieszkalnym opisano w publikacji (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.34**), z kolei zapotrzebowania chłodu w artykule (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.8**). W kilku kolejnych publikacjach omówione zostały wyniki badań efektu termomodernizacji obiektów, bądź też modernizacji systemów grzewczo-wentylacyjnych. Wśród obiektów badawczych znalazły się przedszkola, szkoły (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.12, E.18, E.51**) i gabinety lekarskie (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.19, E.20, E.54**). Badania w obu przedszkolach (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.18, E.53**) pokazały rozbieżności pomiędzy rzeczywistym i teoretycznym efektem termomodernizacji w zakresie od 6 do 27%, zależnie od przyjmowanych wartości sprawności systemu grzewczego. W ramach badań zużycia ciepła w budynkach mieszkalnych (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.21, E.50, E.58, E.76**) rozpatrzono kilka wariantów wykonania systemu grzewczego, przeanalizowano zmienność zużycia energii i paliwa gazowego przy zastosowaniu nocnego obniżenia temperatury. Omówiono również uwarunkowania techniczno-ekonomiczne wyboru instalacji ogrzewania (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.15, E.57, E.58**). W powyższy nurt badań wpisuje się także analiza (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.68**) możliwych do realizacji sposobów ogrzewania salonu samochodowego, z których najtańszy pod względem inwestycyjnym okazał się wariant, polegający na rozprowadzeniu przewodów w posadzce w systemie rozdzielaczowym do grzejników płytowych, połączony z zastosowaniem nagrzewnic wodnych. Wybór optymalnego źródła ciepła dla budynku Ośrodka Kultury i Sportu był przedmiotem badań omówionych w artykule (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.65**). Ta część badań pokazała, że w każdym przypadku, podejmując decyzję o wyborze rozwiązania technicznego, należy wziąć pod uwagę czynniki takie jak: specyfika obiektu, profil

użytkowania (na przykład możliwość zastosowania czasowego obniżenia temperatury wewnętrznej w weekendy lub w nocy), preferencje użytkowników oraz możliwości techniczne i koszt systemu. Zagwarantuje to komfort cieplny i otrzymanie kosztów eksploatacyjnych na racjonalnym poziomie.

W kilku obiektach przeprowadzone zostały także badania parametrów mikroklimatu. Obok budynków mieszkalnych (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.9**) gabinetów lekarskich (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.19, A.2**), i przedszkoli (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.22**), czy też kin (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.13**), badania obejmowały sale lekcyjne. Wyniki pomiarów oraz badań ankietowych, przeprowadzonych w kilku pomieszczeniach Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.6, E.40, E.55, E.56**) pokazały, że wilgotność względna powietrza na początku zajęć była niższa (25,1–30,1%) od zalecanej (40–60%) i w części badanych sal przez cały okres pomiarów pozostawała poniżej rekomendowanego zakresu, a w pozostałych – osiągała zalecane wartości. W jednej z klas zlokalizowanych w nowej części budynku odnotowano spadek wilgotności względnej o około 10% w stosunku do warunków przed modernizacją, pomimo że wilgotność powietrza zewnętrznego była wyższa. Wyniki pomiarów prowadzonych w salach przeznaczonych dla ponad 100 osób wykazały znaczny przyrost stężenia dwutlenku węgla – graniczny poziom 1000 ppm²⁷ już po 10–18 minutach użytkowania pomieszczeń. Był to wzrost znacznie szybszy, niż w tych samych salach przed modernizacją, co świadczy o znacznym zmniejszeniu krotności wymiany powietrza w pomieszczeniach. Sytuacja taka była korzystna ze względów energetycznych, zmniejszając straty ciepła na wentylację, a tym samym koszty ogrzewania, jednak trudna do zaakceptowania ze względów higienicznych i zdrowotnych. Kontynuując badania jakości powietrza w pomieszczeniach przeznaczonych dla dużej ilości osób, przeprowadzono pomiary w auli Uniwersytetu w Cordobie. Testy prowadzono podczas 3 godzinnego spotkania inauguracyjnego rok akademicki, przy czasowo włączanej wentylacji mechanicznej z funkcją chłodzenia. Wyniki pomiarów wykazały, że o ile wilgotność względna powietrza w pomieszczeniu była w zalecanym zakresie (42,5–46%), a temperatura powietrza w auli rosła, od 22°C, do 25,3°C, to stężenie dwutlenku węgla było niepokojąco wysokie (max 2298 ppm) (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.41**). Przeprowadzone badania pokazały konieczność zmiany systemu wentylacji i chłodzenia auli i stanowiły podstawę do planowanej modernizacji. Pozostałe wyniki badań mikroklimatu w salach lekcyjnych omówiono w dwóch publikacjach (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.12, E.13**). Uzupełnieniem cyklu publikacji z zakresu parametrów mikroklimatu pomieszczeń była współautorska monografia (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.1**). Uzyskane wyniki pomiarów w budynku biurowym zostały zestawione z zalecanymi zakresami wartości temperatury, wilgotności względnej, hałasu, czy też natężenia oświetlenia i stężenia dwutlenku węgla, jak również wynikami ankiet wypełnianych przez pracowników biura.

²⁷ WHO (2000), Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, WHO Regional Office for Europe Copenhagen, European Series, No. 91

Wyniki badań z zakresu efektywności energetycznej i mikroklimatu pomieszczeń były prezentowane na 8 konferencjach zagranicznych (**Załącznik 4, cz. II, poz. L.1-8**), 5 konferencjach międzynarodowych w Polsce (**Załącznik 4, cz. II, poz. L.10, L.12-13, L.15-16**) i 8 konferencjach krajowych (**Załącznik 4, cz. II, poz. L.18-19, L.25-31**).

W multidyscyplinarnym zespole zajmowałam się badaniem wpływu parametrów mikroklimatu chłodni na właściwości przechowywanych w nich warzyw i owoców (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.42, E.43, E.48, E.49**).

Duża część moich badań została także poświęcona wykorzystaniu odnawialnych źródeł ciepła. Analiza pracy ciepłowni wykorzystującej biomasę została przedstawiona w (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.59, E.60**). Miałam okazję uczestniczyć w 3 tygodniowych zagranicznych szkoleniach i miesięcznym stażu naukowym z tej tematyki (**Załącznik 4, cz. III, poz. Q.17, L.6**), czego rezultatem były publikacje (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.47, E.66, E.71**). Omówiono wybrane technologie wykorzystujące energię słoneczną w Polsce, jak również rozwiązania typowe dla krajów o znacznie lepszym potencjale solarnym (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.30, E.44, E.45, E.46, L.11, L.20, L.24**).

Znajomość tej tematyki przyczyniła się do faktu, iż w 2015 r. zostałam promotorem pomocniczym w przewodzie mgr inż. Łukasza Kolendo dotyczącym wykorzystania energetyki słonecznej (**Załącznik 4, cz. III poz. K.1**). Razem z doktorantem prowadziłam studia w w/w temacie, które zaowocowały kilkoma publikacjami i prezentacjami na konferencjach (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.7, E.10, E.29, E.35, E.37, L.9, L.20, L.21**). Obrona pracy doktorskiej planowana jest w najbliższym czasie.

Z mgr inż. Justyną Topolańską (**Załącznik 4, cz. III, poz. K.2**), w której przewodzie także pełniłam rolę promotora pomocniczego (Praca obroniona z wyróżnieniem we wrześniu 2017), zajmowałam się wykorzystaniem gruntowych wymienników żwirowych (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.14, E.17, E.31, E.33, E.38, E.39, E.52, L.14, L.23, L.25**).

W 2017 r., po ocenie mojego wniosku aplikacyjnego zawierającego zestawienie dorobku naukowego z ostatnich 7 lat, zostałam zaproszona przez Uniwersytet w Cordobie, jako recenzent międzynarodowej pracy doktorskiej (External Member of the PhD Examination Committee) p.t. Experimental and numerical study on hybrid HVAC systems activated at low temperature based on desiccant wheels and indirect evaporative coolers (**Załącznik 4, cz. III, poz. M.1**).

W 2017 r. w ramach projektu VIPSKILLS, pod moją redakcją powstały 2 monografie w języku angielskim (**Załącznik 4, cz. II, poz. E.2-3**), będące wynikiem pracy 15 nauczycieli z Polski, Hiszpanii i Litwy (obecnie w trakcie procesu wydawniczego – zakładany termin wydania e-booka i książek w formie papierowej III kwartał 2018).

Zestawienie publikacji przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie publikacji

Rodzaj publikacji	Przed doktoratem		Po doktoracie		Łącznie	
	Ilość	Pkt. MNiSW	Ilość	Punkty MNiSW	Ilość	Punkty MNiSW
Artykuły w czasopismach z bazy JCR	-	-	6	215	6	215
W tym publikacje:	-	—*				
- samodzielne			2	55	2	55
- jako pierwszy autor			2	80	2	80
- jako drugi autor			2	80	2	80
- jako trzeci autor			-	-	-	-
Artykuły w pozostałych czasopismach	6	—*	50	301	56	301
W tym:	-	—*				
- publikacje samodzielne	6		15	75	22	75
- publikacje jako pierwszy autor	-		18	100	17	100
- publikacje jako drugi autor	-		13	92	13	92
- publikacje jako trzeci autor	-		4	34	4	34
Monografie	2	-	3	60	5	60
W tym:						
- polskojęzyczne (współautor)	2		1	20	3	20
- angielskojęzyczne (Redaktor i współautor 5 rozdziałów)	-		2	40	2	40
Rozdziały w monografii	5	-	19	126	24	126
W tym publikacje:		—*				
- samodzielne	2	-	12	5	3	5
- jako pierwszy autor	2	-	8	78	10	76
- jako drugi autor	1	-	8	39	9	40
- jako trzeci autor	-	-	1	4	1	4
RAZEM					91**	702

* z okresu do 2006 brak listy ustalającej punktację publikacji

**bez uwzględniania 5 rozdziałów monografii anglojęzycznej – w trakcie procesu wydawniczego

Wyniki moich badań zostały przedstawione w **36 prezentacjach na konferencjach**, w tym na 8 konferencjach zagranicznych: we Włoszech, Wielkiej Brytanii, Hiszpanii, Czechach i na Łotwie. Szczegółowe zestawienie konferencji podano w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie referatów na konferencjach (z uwzględnieniem zgłoszeń przyjętych na konferencję w kwietniu 2018)

Rodzaj konferencji	Przed doktoratem	Po doktoracie	Łącznie
Międzynarodowa zagraniczna (Włochy, Czechy, Łotwa, Hiszpania, Wielka Brytania)	–	8	8
Międzynarodowa w Polsce	–	9	9
Krajowa	5	14	19
Łącznie	5	31	36
W tym indeksowanych w Web of Science	–	8	8

Sumaryczny IF moich publikacji zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **16,865**, natomiast IF₅ pięcioletni **22,991**. Łączna ilość cytowań wg bazy Web of Science wynosi **20**, natomiast zgodnie z danymi pozostałych baz od **23 do 80**. **Indeks Hirscha** wg bazy Web of Science wynosi **3**, natomiast w pozostałych bazach od **3 do 4**. Szczegółowe dane podano w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie ilości cytowań i IF publikacji wg wybranych baz

	Web of Science	Scopus	Google Scholar	Research Gate
Ilość cytowań				
łącznie	20	23	80	38
Bez autocytowań	13	15	34	22
Sumaryczny IF				
Zgodny z rokiem publikacji	16,865			
5-letni	22,991			
Indeks Hirscha:	3	3	4	4

W okresie 2012–2018 wykonałam **93 recenzji artykułów**, w tym **89 recenzji artykułów naukowych dla pism z listy JRC**. W tabeli 3 przedstawiono ilość recenzji z podziałem na czasopisma (ze względu na wykonywanie recenzji w różnych latach podano IF₅).

Tabela 4. Zestawienie wykonanych recenzji artykułów

Czasopismo	Ilość recenzji	IF ₅ pisma	lata	wydawnictwo
Z listy JCR:	89			
Energy and Buildings	68	4,599	2012–2017	Elsevier
Building and Environment	6	4,464	2013–2018	Elsevier
Energy Conversion and Management	5	5,472	2013–2017	Elsevier
ASHRAE Journal	1	0,304	2017	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers,
Polish Journal of Environmental Studies	6	0,961	2013–2018	HARD
Entropy	2	1,780	2017–2018	MDPI
Sustainability	1	1,850	2017	MDPI
Pozostałe:	4			
Inżynieria Środowiska Młodym Okiem	2	–	2012	Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej
Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej	2	–	2018	Oficyna Wydawnicza Politechniki Gdańskiej
Łącznie	93			

Poza koordynacją programu współpracy naukowej z Uniwersytetem w Cordobie, o której wspomniałam podczas omawiania publikacji, byłam wykonawcą w 4 innych programach naukowych finansowanych przez Unię Europejską (**Załącznik 4, cz. II, poz. J.2-5**), dotyczących poprawy efektywności energetycznej budynków i wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Za swoją pracę naukową zostałam nagrodzona 8 Nagrodami JM Rektora Politechniki Białostockiej.

6. Omówienie pozostałych osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych

6.1. Uczestnictwo w projektach dydaktycznych

Za swoje największe osiągnięcie dydaktyczno-organizacyjne uważam zajęcie pierwszego miejsca w konkursie: Cooperation for Innovation and The Exchange Of Good Practices, Action Type: Strategic Partnerships for Higher Education w 2016 r. Projekt Virtual and Intensive Course Developing Practical Skills of Future Engineers (**VIPSKILLS**) Erasmus+ 2016-1-PL01-KA203-026152, którego jestem **pomysłodawcą, głównym koordynatorem i wykonawcą**, uzyskał finansowanie z Unii Europejskiej na lata 2016–2019 (**Załącznik 4 cz. III, poz. A.1**). Oprócz Politechniki Białostockiej, będącej Liderem, w projekcie biorą udział: University of Cordoba (Hiszpania), Vilnius College of Technologies and Design (Litwa) oraz PZiTb Polska (jako partnerzy) i kilkanaście firm wspierających (m.in. De Dietrich Heating Technic, Purmo Rettig Heating, NIBE-BIAWAR, Sankom, CIAC – Andalusian Innovation Center for Sustainable, MAGTEL Group CÓRDOBA, AFAR Asociación Fabricantes Aídaluces de Reñigeración y Climatización. W roku 2017 zorganizowałam 2 szkolenia podnoszące kwalifikacje w zakresie e-learningu i nauczania w języku angielskim dla 16–20 nauczycieli w Polsce i Hiszpanii oraz I Edycję Międzynarodowej Szkoły Letniej dla 24 studentów na Politechnice Białostockiej i Uniwersytecie w Cordobie. Obecnie jestem w trakcie organizacji 2 edycji Szkoły Letniej. Do rezultatów pracy intelektualnej należą natomiast materiały dydaktyczne, e-learningowe, publikacje książkowe.

Ponadto jestem koordynatorem programu międzynarodowej współpracy dydaktycznej między Politechniką Białostocką, a Technical School of Belmez, University of Córdoba (Hiszpania) na lata 2016–2018 dotyczący organizacji warsztatów dla studentów z obu uczelni. W ramach projektu grupa studentów Inżynierii Środowiska studiów 2 stopnia wzięła udział w 5-dniowych warsztatach w Hiszpanii (**Załącznik 4 cz. III, poz. A.2**). W trakcie pracy zorganizowałam ponadto kilkanaście wypraw naukowych w Polsce.

Byłam członkiem zespołu opracowującego wniosek na kierunek studiów CBSE (Construction and Building Systems Engineering), który uzyskał finansowanie w ramach POWER 2014–2020 (**Załącznik 4 cz. III, poz. A.3**), a obecnie jestem wykonawcą projektu i członkiem Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia w językach obcych CBSE.

6.2. Staże dydaktyczne i zawodowe, szkolenia podnoszące kwalifikacje

W trakcie pracy (po uzyskaniu doktoratu) odbyłam **2 kilkumiesięczne staże** w przedsiębiorstwach finansowane ze środków UE. latach 2010–2011 odbyłam staż w biurze projektów w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki (w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, natomiast w latach 2012–2013 staż w firmie budowlano-wykonawczej – współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego (**Załącznik 4 cz. III, poz. A.8-9**).

W latach 2013–2017 wzięłam udział w **5 tygodniowych stażach zagranicznych** typu STA (Teaching mobility Erasmus+). Ponadto w 2013 roku w trakcie **miesięcznego stażu naukowego** na Uniwersytecie w Cordobie, gdzie oprócz prowadzenia badań miałam okazję uczestniczyć w zajęciach dydaktycznych. (**Załącznik 4 cz. III, poz. L1-4, L.6-7**).

W celu podniesienia swoich kwalifikacji i wiedzy odnośnie nowoczesnych technologii uczestniczyłam w kilkudziesięciu 1–2 dniowych szkoleniach organizowanych przez firmy branżowe (np. De Dietrich, Purmo, KAN, Sankom) oraz stowarzyszenia PZiTb PZiTs i PIIB. Uczestniczyłam także w 3 zagranicznych tygodniowych szkoleniach dotyczących odnawialnych źródeł ciepła (**Załącznik 4 cz. III, poz. Q.17**).

W ramach podnoszenia swoich umiejętności i kwalifikacji niezbędnych w działalności zarówno dydaktycznej, jak i naukowo-badawczej brałam udział w licznych szkoleniach, na przykład: szkolenie internetowe dotyczące baz Thomson Reuters, kurs angielskiego dla wykładowców prowadzących zajęcia w języku obcym dotyczący doskonalenia wymowy, 4 kursy języka angielskiego na poziomie B2 i C1, kurs angielskiego słownictwa technicznego dla wykładowców studiów zamawianych w języku angielskim, kurs dotyczący umiejętności tworzenia modułów e-learningowych, kurs e-learningowy „Writing in the Sciences” Stanford University etc. (**Załącznik 4 cz. III, poz. Q.10-16**).

6.3. Publikacje dydaktyczne

Po obronie doktoratu opublikowałam 3 pozycje książkowe, w tym dwa podręczniki i mały słownik techniczny (polsko-angielsko-hiszpańsko-litewski).

Jestem autorką podręcznika *Certyfikacja energetyczna budynków* (2011) i współautorką podręcznika *Pomiary w Ogrzewnictwie* (2015), przeznaczonych głównie dla studentów Inżynierii Środowiska. (**Załącznik 4 cz. III, poz. I.2-3**).

Słownik stanowi opracowanie zbiorowe pracowników trzech uczelni: Politechniki Białostockiej, Univerity of Cordoba, Vilnius College of Technologies and Design. (**Załącznik 4 cz. II, poz. F.1**).

W roku 2018, **pod moją redakcją**, ukazały się także 2 e-books i książki w wersji papierowej (Buildings 2020+), w zamyśle skierowane również do studentów anglojęzycznych np. programu Erasmus+, studia w języku angielskim (**Załącznik 4 cz. II, poz. A.2-3**).

6.4. Zajęcia dydaktyczne i opieka nad studentami

Na Politechnice Białostockiej prowadziłam/prowadzę wykłady, zajęcia projektowe i/lub laboratoryjne (**Załącznik 4 cz. III, poz.Q.18-19**):

- a) w języku polskim na studiach dziennych i zaocznych I i II stopnia Inżynierii Środowiska, Ekoenergetyki, Budownictwa i Architektury z przedmiotów: Ogrzewnictwo, Podstawy Ogrzewnictwa, Instalacje Ciepłne, Wentylacja, Ogrzewnictwo i Wentylacja, Podstawy Klimatyzacji, Ochrona Powietrza, Zastosowanie nowoczesnych technik komputerowych w ogrzewnictwie, Projekt Przejściowy, Instalacje Sanitarne, Instalacje Budowlane,
- b) w języku polskim na studiach podyplomowych Budownictwo Ekologiczne i Energooszczędne, edycja III i IV, 2009,
- c) w języku angielskim dla studentów Erasmus+, osób przebywających na uczelni w ramach programów wymiany z Ukrainy i Kazachstanu oraz studentów programów EU z przedmiotów: Heating Systems, Heating Systems II, Air conditioning, Ventilation systems, Rationalization of Energy Consumption, Final Project, Heat Centers.

Jestem **promotorem 109 prac dyplomowych** (58 prac magisterskich (w tym 4 prace w języku angielskim, 6 prac w trakcie opracowywania) 51 prac inżynierskich (w tym 2 w trakcie przygotowania) z zakresu Inżynierii Środowiska) i **recenzentem 137 prac dyplomowych** (42 prac magisterskich i 95 prac inżynierskich) na Politechnice Białostockiej, a w 2016 r. byłam opiekunem stażu studenta z Hiszpanii. (**Załącznik 4 cz. III, poz.J.3-5**).

13 razy zostałam nagrodzona, jako promotor pracy magisterskiej lub inżynierskiej w konkursie organizowanym przez PZiTS, PZiTB i WBiŚ w Białymstoku, co jest dla mnie szczególnie cenne, bowiem potwierdziło, że czas i wysiłek wkładany w nauczanie młodej kadry ma sens, (**Załącznik 4 cz.III, poz. D.3-15**).

Zajęcia dydaktyczne prowadziłam także w innych ośrodkach polskich i zagranicznych.

W 2016 r. na zaproszenie Vilnius College of Technologies and Design, jako Visiting Professor, przeprowadziłam autorski, 40h kurs dla studentów z zakresu ogrzewania, w ramach Internationalization of Higher Education in Lithuania (**Załącznik 4 cz. III, poz. A.4**).

Ponadto w latach 2009–2015, wielokrotnie byłam zapraszana przez inne jednostki do prowadzenia zajęć na kursach i studiach podyplomowych oraz recenzowania prac dyplomowych. Wykłady oraz ćwiczenia audytoryjne dotyczące ogrzewnictwa, wentylacji i klimatyzacji, zajęcia komputerowe z zastosowaniem programów do wykonywania certyfikatów energetycznych prowadziłam między innymi w takich jednostkach jak: ZDZ Białystok, SEDPOL (Warszawa, Siedlce, Olsztyn), Instytut Edukacji Europejskiej (Warszawa, Lublin), Fundacja na rzecz rozwoju Politechniki Białostockiej, Wyższa Inżynierska Szkoła Bezpieczeństwa i Organizacji Pracy w Radomiu. W większości były to zajęcia współfinansowane ze środków UE np. Europejskiego Funduszu Społecznego (**Załącznik 4 cz. III, poz. A.6-7, A.10-13, I.6-10**).

Od 2014 r. razem z dr hab. inż. A. Gajewskim jestem opiekunem Studenckiego Koła Naukowego Ciepłownik na Politechnice Białostockiej. Zorganizowałam kilkanaście wypraw naukowych i jednodniowych wizyt studyjnych. W 2017 r. Koło Ciepłownik uzyskało wyróżnienie w konkursie promującym Studencki Ruch Naukowy StRuNa 2017 organizowanym pod patronatem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (**Załącznik 4 cz. III, poz. D.2, J.1-2**).

W 2016 r. za szczególne zasługi dla oświaty i wychowania zostałam odznaczona Medalem Komisji Edukacji Narodowej (**Załącznik 4 cz. III, poz. D.1**), a w 2017 otrzymałam Srebrny Medal za Długoletnią Służbę (**Załącznik 4 cz. III, poz. Q.21**). W latach 2000–2018 otrzymałam łącznie **9 nagród JM Rektora PB** za działalność naukową, organizacyjną, dydaktyczną i publikacyjną.

6.5. Działania popularyzatorskie i organizacyjne

Byłam współorganizatorem (główny organizator mgr inż. N. Szklenik PZiTb Oddział w Białymstoku, Politechnika Białostocka Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska) dwóch konferencji szkoleniowych *Nowoczesne Technologie w Budownictwie – Wyzwania XXI wieku*, które odbyły się w kwietniu i listopadzie 2017 na Politechnice Białostockiej (**Załącznik 4 cz. III, poz. Q.8**). W obu wydarzeniach uczestniczyło ponad 300 osób.

W 2012 r. przygotowałam, zorganizowałam i podpisałam umowy na praktykę studencką z Gazownią w Białymstoku dla 23 studentów kierunku Inżynieria Środowiska (**Załącznik 4 cz. III, poz. Q.20**).

W ramach działań popularyzatorskich wygłosiłam także wykład zamawiany na targach budowlanych i wzięłam udział w zbiorowej wystawie plastycznej (**Załącznik 4 cz. III, poz. I.4-5**). Wielokrotnie uczestniczyłam w imprezach promujących Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej, organizowanych z okazji jubileuszów wydziału, wizyt gości zagranicznych, uczniów szkół średnich itp. (**Załącznik 4 cz. III, poz. Q.4**).

Byłam członkiem komitetu organizacyjnego, bądź naukowego w **6 międzynarodowych** (w tym jedna organizowana w Chinach) i **2 krajowych konferencjach** naukowych oraz **przewodniczącą sesji tematycznej** na dwóch międzynarodowych konferencjach (**Załącznik 4 cz. III, poz. C.1-9**). Jestem/byłam członkiem 1 międzynarodowej (World Society of Sustainable Energy Technologies) i 3 krajowych organizacji branżowych (PIIB, ZAE, PZiTS) (**Załącznik 4 cz. III, poz. H.1-4**).

W latach 2002–2008 byłam członkiem zespołu External Experts Committee for Analyses of the Delhi National Foresight Programme Poland (**Załącznik 4 cz. III, poz. N.1**).

W trakcie pracy aktywnie włączałam się w organizację bazy laboratoryjnej uczelni. W 1994 r. po rozpoczęciu pracy zaprojektowałam stanowisko do ćwiczeń laboratoryjnych w Ogrzewnictwa, które potem modernizowałam. W 2013 r. zaprojektowałam nowe stanowisko do badania grzejników (Laboratorium Ogrzewnictwa), które było wykorzystywane zarówno podczas zajęć dydaktycznych, jak i wykonywania pracy dyplomowej i doktorskiej (**Załącznik 4 cz. III, poz. Q.1**). W 2015 r. zaprojektowałam i nadzorowałam wykonanie stanowisk w Laboratorium Urządzeń Grzewczych, Wentylacyjnych i Klimatyzacyjnych INNO-EKO-TECH (**Załącznik 4 cz. III, poz. Q.2**).

Ponadto, na Politechnice Białostockiej brałam czynny udział w pracach:

- Komisji ds. przygotowania wniosku o nadanie praw habilitacyjnych WBiŚ (2015),
- Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia WBiŚ (2016),
- Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia w językach obcych CBSE (2016–2018),
- Komisji Egzaminacyjnej na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej (2011–2013),
- Komisji Rekrutacyjnej do Szkoły Letniej Vipskills (przewodnicząca 2017–2019),
- Komisji Rekrutacyjnej Inżynierii Środowiska (2011–13) (**Załącznik 4 cz. III, poz. N.2-6, Q.9**).

6.6. Współpraca z przemysłem, ekspertyzy

Jestem autorem kilkudziesięciu projektów (nr uprawnień projektowych bez ograniczeń w zakresie sieci i instalacji wodnych, kanalizacyjnych, grzewczych, wentylacyjnych i gazowych BI/38/01) z branży sanitarnej.

Spis i pełna dokumentacja udziału w poszczególnych opracowaniach z lat 1994–2001 została złożona w Urzędzie Wojewódzkim w Białymstoku przed egzaminem na uprawnienia budowlane, natomiast spis **55 projektów** wykonanych po uzyskaniu doktoratu znajduje się w załączniku (**Załącznik 4 cz. II, poz. B.1-55**). Zgodnie z moją wiedzą wszystkie projekty zostały zrealizowane, a z powodu braku jakichkolwiek uwag wnioskuję, że zaprojektowane przeze mnie układy działają w sposób prawidłowy. Ponadto wykonałam **19 audytów energetycznych** i 1 ekspertyzę prawidłowości wykonania audytu (**Załącznik 4 cz. III, poz. M.2-21**).

Współpracę z przemysłem i stały kontakt z przedsiębiorcami uważam za niezwykle istotne, szczególnie ze względu na specyfikę prowadzonych przeze mnie przedmiotów zawodowych.

Mam nadzieję, że przedstawiony w autoreferacie opis dotychczasowej działalności naukowej, dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej przybliży moje zainteresowania badawcze, pokazuje drogę rozwoju zawodowego i wkład w dziedzinie Inżynierii Środowiska.

Dorota Anna Krawczyk

Skwajl