

Załącznik 3A

AUTOREFERAT

Opis osiągnięcia i dorobku naukowego

Dr inż. Paweł Konopacki
Instytut Ogrodnictwa
Zakład Agrotechnologii
Pracownia Techniki Ogrodniczej
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3
96-100 Skierniewice



Skierniewice 2019

1. Charakterystyka habilitanta

1.1. Dane personalne

Imię i nazwisko: **Paweł Konopacki**
Miejsce pracy: Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3
96-100 Skierniewice
– Zakład Agrotechnologii
– Pracownia Techniki Ogrodniczej

1.2. Uzyskane dyplomy i stopnie naukowe

30 września 1988 r.

Stopień **magistra inżyniera mechanizacji rolnictwa** z wynikiem dobrym
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego – Akademia Rolnicza w Warszawie
Wydział Techniki Rolniczej i Leśnej
Praca magisterska: „Zastosowanie powietrznych kolektorów słonecznych
płaskich do obsuszania cebul kwiatowych”
Promotor: dr inż. Adolf Sosnowski.

8 grudnia 2003 r.

Stopień **doktora nauk rolniczych w zakresie ogrodnictwa**
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa (obecnie Instytut Ogrodnictwa) w
Skierniewicach
Rozprawa doktorska: „Wpływ wybranych czynników meteorologicznych na
natężenie transpiracji śliw w aspekcie nawadniania”
Promotor: prof. dr hab. Piotr Kowalik
Recenzenci: prof. dr hab. Krzysztof Boroń, prof. dr hab. Wiesław Mądry, prof. dr
hab. Czesław Rzekanowski

1.3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

16 października 1989 – 9 lutego 2004

Asystent w Zakładzie Mechanizacji w Instytucie Sadownictwa i Kwiaciarstwa w
Skierniewicach

10 lutego 2004 – do chwili obecnej

Adiunkt w Zakładzie Mechanizacji w Instytucie Sadownictwa i Kwiaciarstwa
(obecnie Instytut Ogrodnictwa) w Skierniewicach

2. Wskazanie osiągnięcia naukowego na rzecz postępowania habilitacyjnego

2.1. Tytuł i określenie osiągnięcia

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) jest monografia naukowa pt.:

„System magazynowania ciepła w akumulatorze ze złożem kamiennym - analiza energetyczna i wpływ na mikroklimat w tunelu foliowym”

wydana w ramach serii Monografie i Rozprawy przez Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków 2019, ISBN 978-83-64377-26-6.

2.2. Syntetyczne omówienie osiągnięcia

2.2.1. Wstęp

Produkcja ogrodnicza pod osłonami ma utrwaloną pozycję w światowym ogrodnictwie. Jej podstawowy cel, niezmiennie od początku istnienia tego typu upraw, to rozszerzenie dostępności uprawianych roślin poprzez stworzenie sztucznych warunków dojrzewania korygujących niekorzystne uwarunkowania klimatyczne w danym regionie.

Koszt energii niezbędnej do ogrzania obiektu szklarniowego jest zasadniczym źródłem kosztów w produkcji pod osłonami, dlatego też redukcja nakładów energetycznych jest kluczowym elementem jej opłacalności. Jednym ze sposobów zmniejszania kosztów ogrzewania jest wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE), w tym przede wszystkim energii słonecznej. Wykorzystywanie energii słonecznej jest szczególnie uzasadnione w uprawach prowadzonych od wiosny do jesieni, gdy wraz ze wzrostem natężenia promieniowania słonecznego maleje zapotrzebowanie na dogrzewanie uprawianych roślin. Efektywne wykorzystanie energii słonecznej wymaga jej magazynowania, np. w akumulatorach ciepła, w okresach wysokiego natężenia promieniowania i późniejsze wykorzystywanie w okresach chłodu. Idea magazynowania naturalnych nadwyżek ciepła powstających w cyklu dobowym w nieogrzewanych tunelach foliowych, w celu ich późniejszego wykorzystania do dogrzewania roślin, jest od wielu lat przedmiotem zainteresowania różnych ośrodków naukowych. Jednak dostępne w literaturze opisy proponowanych rozwiązań technicznych magazynowania ciepła, przede wszystkim ze względu na swój wycinkowy charakter, ale również na specyfikę warunków klimatycznych, mają ograniczoną praktyczną wartość z punktu widzenia możliwości ich wykorzystania na potrzeby krajowej produkcji ogrodniczej.

2.2.2. Cel i zakres badań

Celem rozprawy była analiza energetyczna instalacji do magazynowania nadwyżek ciepła wykorzystującej akumulator o złożu kamiennym. Akumulator ciepła był umiejscowiony pod foliowym tunelem ogrodniczym i podczas ładowania zasysał ciepłe powietrze z górnej części tunelu, a podczas rozładowywania zasysał powietrze spomiędzy uprawianych roślin, które, po ogrzaniu w złożu akumulatora było rozprowadzane pod rynny uprawowe.

Przyjąłem hipotezę roboczą, że zagadnienia energetyczne w analizowanym akumulatorze ciepła można opisać za pomocą makroskopowego modelu wymiany ciepła i masy.

Ujęcie makroskopowe objąłem następującymi założeniami:

- rozkład przestrzenny temperatury i wilgotności w złożu akumulatora jest homogeniczny,
- proces ładowania i rozładowywania akumulatora przebiegają w stabilnych warunkach ciśnienia atmosferycznego,
- ciśnienie atmosferyczne odpowiada warunkom normalnym, a wpływ zmian ciśnienia wywołanych pracą wentylatora może zostać pominięty,
- właściwości termodynamiczne złoża akumulatora pozostają niezmiennie,
- złożo akumulatora i kolektory doprowadzające i odprowadzające strumień powietrza są szczelne i nie występują związane z tym straty ciepła.

W celu weryfikacji przyjętej hipotezy roboczej zakres pracy objął analizę następujących problemów:

- a) wpływ czynników niezależnych na ilość ciepła magazynowanego i oddawanego z akumulatora o złożu kamiennym,
- b) wpływ zmiennych zależnych od obserwatora na ilość ciepła magazynowanego i oddawanego z akumulatora,
- c) określenie zależności ilościowych pomiędzy zmiennymi niezależnymi i zależnymi a ciepłem magazynowanym i oddawanym z akumulatora,
- d) wpływ wykorzystania akumulatora na mikroklimat w foliowym tunelu ogrodniczym.

Czynnikami niezależnymi uwzględnionymi w analizach były parametry fizyczne klimatu zarówno na zewnątrz tunelu foliowego, jak i w jego wnętrzu:

- natężenie promieniowania słonecznego,
- temperatura powietrza na zewnątrz,
- temperatura powietrza wewnątrz tunelu wśród roślin,
- temperatura powietrza zasysanego do akumulatora.

Temperatura złoża akumulatora również została uwzględniona w analizach jako czynnik niezależny opisujący stan naładowania akumulatora ciepła. Dodatkowym czynnikiem wykorzystanym do analizy mikroklimatu w foliowym tunelu ogrodniczym był deficyt ciśnienia pary wodnej w powietrzu pomiędzy roślinami.

Jako zmienne zależne od obserwatora w analizie uwzględniłem:

- objętość złoża,
- strumień powietrza zatłaczany do złoża.

Analiza powyższych problemów badawczych pozwoliła odpowiedzieć mi na pytanie, czy w warunkach klimatycznych Polski, akumulator o złożu kamiennym będzie umożliwił cykliczne ładowanie i rozładowywanie złoża w sposób, który bez użycia innych systemów ogrzewania może korzystnie oddziaływać na warunki wzrostu roślin uprawianych w tunelu ogrodniczym.

2.2.3. Materiał i metody badawcze

Badania nad oceną energetyczną akumulatora ciepła o złożu kamiennym prowadzono w latach 2013 i 2014. Obiektem badań były akumulatory ciepła o złożu kamiennym, umieszczone pod typowymi podwójnie krytymi tunelami foliowymi o wymiarach 9x30 m, podzielonymi na dwie równe części. Złożo akumulatorów było wypełnione tłuczniem porfirowym frakcji

31÷63 mm i podzielone na jedną dużą sekcję o objętości tłucznia 26,1 m³ i dwie małe sekcje po 12,7 m³. Układ sterowania pracą akumulatorów umożliwiał ich działanie w trybie dogrzewania roślin uprawianych w tunelach w nocy i chłodne dni, oraz schładzania roślin w tunelach w gorące letnie dni. Tryb dogrzewania roślin polegał na ładowaniu akumulatorów w słoneczne dni i rozładowywaniu ich, gdy temperatura powietrza w tunelach obniżała się poniżej 18°C. Ładowanie akumulatorów było realizowane poprzez zatłaczanie do złoża gorącego powietrza zasysanego z górnej części tuneli, natomiast podczas rozładowywania akumulatora powietrze było zasysane spomiędzy uprawianych roślin, przetłaczane przez złożo akumulatora i rozprowadzane pod rynnami uprawowymi. W trybie schładzania roślin w gorące dni najpierw, w nocy, przez złożo akumulatora było przetłaczane chłodne powietrze zasysane spoza tunelu. Następnie, w ciągu dnia, powietrze zasysane spoza tunelu było przetłaczane przez złożo akumulatora i po schłodzeniu rozprowadzane pod rynnami uprawowymi.

W okresie od 9 kwietnia do 30 maja 2013 roku w jednym z akumulatorów ciepła przeprowadzono badania wpływu warunków środowiskowych i początkowej temperatury złoża na ilość ciepła magazynowaną w akumulatorze i z niego oddawaną. W okresie od 17 maja do 7 sierpnia 2013 roku w innym akumulatorze ciepła przeprowadzono badania wpływu wielkości strumienia zatłaczanego powietrza oraz objętości złoża na ilość ciepła gromadzoną w akumulatorze oraz z niego odzyskiwaną. W tunelach foliowych nad oboma akumulatorami uprawiano warzywa.

W okresie od 11 kwietnia do 26 sierpnia 2014 roku badano wpływ zastosowania akumulatora na mikroklimat w tunelu ogrodniczym. Badania objęły trzy tunele, w których uprawiano warzywa. Dwa tunele współpracowały z akumulatorami ciepła, natomiast jeden tunel był obiektem kontrolnym. W pierwszym etapie, w okresie od 11 kwietnia do 30 czerwca, oba akumulatory ciepła pracowały w trybie dogrzewania roślin w nocy i chłodne dni. Prowadzenie obserwacji w obu akumulatorach miało na celu ocenę różnic w efektach działania pomiędzy tymi akumulatorami, aby wykluczyć wpływ wykonania akumulatora na wyniki badań prowadzonych w kolejnym okresie. Na początku lipca 2014 roku w jednym z akumulatorów zmieniono tryb pracy z dogrzewania roślin w nocy na schładzanie ich w dzień i w okresie od 11 lipca do 26 sierpnia badano wpływ takiego trybu pracy akumulatora na mikroklimat w tunelu foliowym.

2.2.4. Wyniki badań

Wartości dobowego nasłonecznienia i wysokość temperatury otoczenia tunelu wpływają na wysokość dziennych temperatur powietrza wewnątrz tunelu, a przez to determinują potencjał magazynowania ciepła pochodzącego z konwersji promieniowania słonecznego wewnątrz tunelu foliowego. Długie czasy ładowania akumulatora zarejestrowane przeze mnie w okresie wiosennym 2013 roku wskazują na duże ilości ciepła, które można było zgromadzić w akumulatorze. Jednocześnie długie czasy rozładowywania akumulatora ciepła w tym okresie wskazują na wysokie zapotrzebowanie na ciepło w uprawie pod osłonami. Zarejestrowane różnice temperatur pomiędzy tunelami wyposażonymi w akumulatory ciepła a tunelem bez akumulatora, wynoszące w okresie wiosennym 2014 roku w nocy średnio co najmniej 2,2°C świadczą, że akumulator ciepła był w stanie dostarczyć znaczących ilości ciepła. Pomiary wykonane podczas wcześniejszych badań własnych wiosną 2012 roku wykazały, że przy bardzo zimnych nocach akumulator ciepła był w stanie podgrzać powietrze wewnątrz tunelu o 9,9°C. W następnym sezonie zmierzona maksymalna wiosenna różnica temperatur pomiędzy wnętrzem tunelu a jego otoczeniem wyniosła 9,4°C. Tak duże różnice temperatur wskazują, że badana instalacja może w okresie wiosennym ochronić rośliny przed

przemarzaniem. Wprawdzie wartości te były mierzone w centralnych miejscach tuneli, gdzie temperatury są wyższe niż w pobliżu ścian tuneli, to wykonane dodatkowo własne pomiary termowizyjne wykazały, że gdy w nocy różnica temperatur rejestrowana standardowo wewnątrz tuneli wynosiła $2,7 \div 3,1^{\circ}\text{C}$, to temperatura zewnętrznej powierzchni tuneli różniła się o $1,1 \div 1,4^{\circ}\text{C}$.

Ilość ciepła możliwa do odzyskania z badanego akumulatora w nocy nie zależała bezpośrednio od ilości ciepła zgromadzonego w dzień poprzedni. Zarejestrowano, że średnie dobowe czasy rozładowywania akumulatora w trzeciej dekadzie maja 2013 roku były o 93% dłuższe niż czasy jego ładowania. Tymczasem w poprzednich dwóch dekadach, mimo, że średnie czasy ładowania akumulatora były dłuższe niż w trzeciej dekadzie, to czasy ładowania i rozładowywania różniły się tylko o 6,7% w 1. dekadzie maja i 2,3% w 2. dekadzie maja. Wskazuje to na to, że w trzeciej dekadzie maja w złożu akumulatora była zgromadzona ilość ciepła wystarczająca do dogrzewania roślin w dni pochmurne, przy niekorzystnych warunkach dla doładowywania akumulatora. Dane z okresu 21-25 maja 2013 wskazują, że średnie dobowe nasłonecznienie w tym okresie było o połowę niższe niż w pierwszych dwóch dekadach maja. Równocześnie zwiększyło się zapotrzebowanie na ciepło w uprawie pod osłonami, bowiem temperatura otoczenia w nocy z 25 na 26 maja obniżyła się do $6,3^{\circ}\text{C}$. Tymczasem średnia temperatura zarejestrowana tej nocy w tunelach dogrzewanych akumulatorami ciepła wyniosła $16,8^{\circ}\text{C}$, podczas gdy w tunelach kontrolnych była o $3,4^{\circ}\text{C}$ niższa. Świadczy to o dużej ilości ciepła zgromadzonego w akumulatorze, co umożliwia stopniowe wykorzystywanie ciepła w chłodniejsze dni.

Znacznie niższej efektywności pracy akumulatora ciepła można spodziewać się w okresie jesiennym, gdy zmniejsza się zarówno nasłonecznienie w dzień jak i temperatura otoczenia w nocy. Znacznie krótsze zarejestrowane przez mnie czasy ładowania akumulatora, które jesienią sezonu 2013 wynosiły $2,8 \div 5,3$ godziny oznaczają mniejsze ilości ciepła gromadzone w złożu akumulatora. Jednak pomimo krótszych czasów ładowania jesienią w stosunku do okresu wiosennego, wcześniejsze badania własne przeprowadzone w październiku 2011 roku wykazały, że nawet podczas pracy tylko jednej małej sekcji akumulatora możliwe było uzyskanie wzrostu temperatury powietrza w tunelu o $1,5^{\circ}\text{C}$. Porównując zapotrzebowanie na ciepło dla uprawy w tunelu foliowym oraz ilości ciepła możliwego do odzyskania z akumulatora o złożu kamiennym wskazałem, że akumulator może pokryć potrzeby energetyczne począwszy od połowy maja, gdy jako minimalną temperaturę utrzymywaną w nocy przyjmie się 18°C . Praktyka ogrodnicza wskazuje jednak, że wielu producentów ogranicza koszty ogrzewania upraw pod osłonami przyjmując $12 \div 13^{\circ}\text{C}$ jako minimalną temperaturę w nocy. Taka temperatura jest przyjmowana za graniczną dla prawidłowego pobierania składników pokarmowych, powstawania zawiązków owoców oraz porażenia korzeni roślin przez pleśń. Analogiczne do poprzedniego porównanie ilości ciepła możliwego do odzyskania z akumulatora oraz zapotrzebowania na ciepło przy zapewnieniu minimalnej temperatury 12°C pozwoliło mi stwierdzić, że akumulator ciepła jest w stanie zaspokoić potrzeby energetyczne upraw pod osłonami już od połowy kwietnia, a przy sprzyjających warunkach środowiskowych od początku kwietnia. Jednocześnie efektywne dogrzewanie roślin przy pomocy akumulatora ciepła można prowadzić do połowy października, chociaż występowanie pochmurnych dni i chłodnych nocy, jakie zaobserwowano np. w sezonie 2013 już od trzeciej dekady sierpnia, może skrócić okres efektywnego wykorzystywania akumulatora ciepła do trzeciej dekady września.

Bilans entalpii jest popularną metodą oceny efektywności gromadzenia i oddawania ciepła w akumulatorach ciepła. Wykonane przez mnie analizy regresji wyniku bilansu entalpii

do zmiennych niezależnych wykazały niskie współczynniki korelacji lub nawet brak istotnej korelacji. Wyniki tych analiz znacznie się poprawiły, gdy wyniki bilansu entalpii skorygowałem o wartości ciepła utajonego związanego z przemianami fazowymi wody zachodzącymi w złożu akumulatora. Jednak ciepło przemian fazowych nie było do tej pory uwzględniane w bilansie cieplnym ładowania lub rozładowywania akumulatora o złożu stałym, gdy medium cieplnym był strumień powietrza. W pierwszej i drugiej dekadzie maja 2014 roku zmierzone przeze mnie średnie czasy ładowania i rozładowywania akumulatora były bardzo zbliżone, natomiast bilans ilości wody ulegającej przemianom fazowym w tym okresie był znacząco różny dla ładowania i rozładowywania. Duża dysproporcja w obliczonej przeze mnie masie wody ulegającej skraplaniu i parowaniu w poszczególnych cyklach ładowania wskazuje, że część wody skroplona w złożu akumulatora spływała na jego dno i wydostawała się na zewnątrz złoża. W wyniku tego procesu tylko ta część wody, która pozostała w złożu mogła ulec odparowaniu w cyklach rozładowywania akumulatora. Potwierdza to znacznie mniejsza ilość wody wydostającej się z akumulatora zarejestrowana podczas cykli rozładowywania. Na podstawie pisanych powyżej analiz danych wykazałem, że w każdym cyklu ładowania i rozładowywania należy uwzględniać oprócz bilansu entalpii na wejściu do i wyjściu z akumulatora, również wpływ przemian fazowych wody na ten bilans.

O tym, że uwzględnianie ciepła przemian fazowych wody w bilansie cieplnym pracy akumulatora jest uzasadnione, świadczy większa ilość zmiennych, z którymi tak obliczane ciepło korelowało się w sposób istotny, w porównaniu do ciepła obliczanego wyłącznie jako bilans entalpii. W przeprowadzonych analizach współczynnik korelacji temperatury zasysanego powietrza był istotny w odniesieniu do skorygowanego ciepła ładowania $Q_{\text{ŁAD}+\text{FAZ}}$, a w stosunku do ciepła ładowania $Q_{\text{ŁAD}}$, które nie uwzględnia ciepła przemian fazowych, ta zmienna nie korelowała się istotnie. Podobna zależność była widoczna w przypadkach temperatury powietrza wewnątrz tunelu i temperatury otoczenia. Wśród analiz danych dotyczących cykli rozładowywania, różnica temperatur wewnątrz tunelu i temperatur złoża korelowała się istotnie ze skorygowanym ciepłem rozładowywania $Q_{\text{ROZŁAD}+\text{FAZ}}$, a nieistotnie w stosunku do ciepła rozładowywania $Q_{\text{ROZŁAD}}$, które nie uwzględniało ciepła przemian fazowych. Jeszcze silniejszym argumentem uzasadniającym potrzebę uwzględniania ciepła przemian fazowych wody w bilansie cieplnym pracy akumulatora są wyższe współczynniki determinacji R^2 uzyskane podczas analiz regresji wielorakiej dla wartości skorygowanego ciepła ładowania lub rozładowania niż współczynniki determinacji uzyskane w analogiczny sposób dla wartości ciepła ładowania lub rozładowywania, bez uwzględniania ciepła przemian fazowych. Dla danych zbieranych przy wąskim zakresie zmian strumienia powietrza i wykorzystywaniu zawsze całej objętości złoża akumulatora analiza wieloraka przeprowadzona dla skorygowanego ciepła ładowania $Q_{\text{ŁAD}+\text{FAZ}}$ wykazała poprawiony współczynnik determinacji $R^2=83,3\%$, podczas gdy analogiczna regresja wieloraka wyznaczona dla nieskorygowanego ciepła ładowania $Q_{\text{ŁAD}}$ cechowała się poprawionym współczynnikiem determinacji $R^2=29,4\%$. Podobne wyniki uzyskałem dla kolejnych analiz wielorakich przeprowadzonych dla cykli ładowania przy szerokim zakresie zmian strumienia powietrza. Gdy pomiary wykonywane były z wykorzystaniem tylko dwóch wielkości sekcji akumulatora uzyskałem dla analizy skorygowanego ciepła ładowania $Q_{\text{ŁAD}+\text{FAZ}}$ poprawiony współczynnik determinacji $R^2=89,5\%$, podczas gdy w wyniku analogicznej analizy dla $Q_{\text{ŁAD}}$ uzyskałem $R^2=68,9\%$. Gdy pomiary wykonywano wykorzystując większy zakres wielkości sekcji akumulatora analiza przeprowadzona dla $Q_{\text{ŁAD}+\text{FAZ}}$ cechowała się współczynnikiem $R^2=88,8\%$, podczas gdy analogiczna analiza przeprowadzona dla $Q_{\text{ŁAD}}$ cechowała się współczynnikiem $R^2=67,0\%$. Podobne zależności, chociaż nie za każdym razem, uzyskiwałem dla analiz przeprowadzanych

dla cykli rozładowywania. Dla danych zbieranych przy wąskim zakresie zmian strumienia powietrza i wykorzystywaniu zawsze całej objętości złoza akumulatora analiza wieloraka przeprowadzona dla skorygowanego ciepła rozładowywania $Q_{ROZŁAD+FAZ}$ cechowała się poprawionym współczynnikiem determinacji $R^2=78,1\%$, podczas gdy analogiczna regresja wieloraka opracowana dla nieskorygowanego ciepła rozładowywania $Q_{ROZŁAD}$ cechowała się poprawionym współczynnikiem determinacji $R^2=55,1\%$. Jednak w dwóch kolejnych analizach, gdy badania prowadzono dla szerokiego zakresu zmian strumienia powietrza, dysproporcje pomiędzy współczynnikami korelacji uzyskanymi dla skorygowanego i nieskorygowanego ciepła rozładowywania były znacznie mniejsze. Gdy pomiary wykonywano wykorzystując tylko dwie wielkości sekcji akumulatora, poprawiony współczynnik determinacji R^2 uzyskany dla analizy skorygowanego ciepła rozładowywania $Q_{ROZŁAD+FAZ}$ wyniósł 84,3%, podczas gdy wynik analogicznej analizy dla $Q_{ROZŁAD}$ wyniósł 81,8%. Gdy pomiary wykonywano wykorzystując większy zakres wielkości sekcji akumulatora analiza przeprowadzona dla $Q_{ROZŁAD+FAZ}$ cechowała się współczynnikiem $R^2=78,0\%$, podczas gdy analogiczna analiza przeprowadzona dla $Q_{ROZŁAD}$ cechowała się współczynnikiem $R^2=74,7\%$. Mniejsze dysproporcje w wartościach współczynników determinacji uzyskanych dla cykli rozładowywania można jednak tłumaczyć znacznie mniejszymi masami wody ulegającej parowaniu lub skraplaniu podczas cykli rozładowywania w porównaniu do masy wody ulegającej skraplaniu lub parowaniu podczas cykli ładowania.

Efektywność pracy akumulatora ciepła jest często wyrażana bądź jako ilość ciepła możliwa do odzyskania z akumulatora, bądź jako różnica temperatur pomiędzy tunelem współpracującym z akumulatorem, a temperaturą otoczenia. Część badaczy opisuje efektywność pracy akumulatora poprzez porównywanie temperatury powietrza wewnątrz obiektu uprawowego współpracującego z akumulatorem ciepła z temperaturą powietrza wewnątrz analogicznego obiektu, lecz pozbawionego akumulatora ciepła. Przedstawione w niniejszej pracy zwiększenie nocnych temperatur powietrza w tunelach dogrzewanych, w porównaniu do tunelu kontrolnego, wyniosło od 2,2°C w czerwcu do 2,7°C w maju 2014 roku. Wyniki te są satysfakcjonujące, ponieważ już w kwietniu średnia nocna temperatura w tunelu dogrzewanym akumulatorem ciepła wyniosła 14,2°C, czyli przekroczyła minimalny poziom temperatury niezbędny do prawidłowego wzrostu roślin. Efektem zmiany trybu pracy akumulatora ciepła w późniejszej części sezonu 2014 roku, z dogrzewania roślin w nocy na schładzanie roślin w dzień, było obniżenie temperatury powietrza pomiędzy roślinami w środku tunelu współpracującego z akumulatorem o 0÷0,6°C, w zależności od intensywności radiacji słonecznej. Znacznie większe różnice zarejestrowano w powietrzu wypływającym z akumulatorów w rękawach foliowych rozprowadzających powietrze pod rynny uprawowe. W akumulatorze pracującym w trybie schładzania temperatura powietrza rozprowadzanego pod rynny była o 1,5÷3,8°C niższa niż w akumulatorze pracującym w trybie dogrzewania.

Zastosowanie akumulatora ciepła miało również wpływ na wilgotność powietrza wśród uprawianych roślin wyrażaną jako deficyt ciśnienia pary wodnej (VPD). W każdym miesiącu sezonu 2013 sumaryczny czas, gdy VPD mieściło się w zakresie 0,4÷1,4 kPa, był dłuższy w tunelu wyposażonym w akumulator ciepła w porównaniu do tunelu kontrolnego. Równocześnie sumaryczny czas, gdy VPD był bardzo niski ($VPD \leq 0,2$ kPa) lub bardzo wysoki ($VPD \geq 1,4$ kPa), był w każdym miesiącu sezonu 2013 krótszy dla tunelu wyposażonego w akumulator ciepła w porównaniu do tunelu kontrolnego. Skrócenie czasu gdy VPD jest bardzo niski, czyli powietrze bardzo wilgotne, obniża ryzyko rozwoju infekcji i rozwoju patogenów grzybowych. Wysoka wilgotność powietrza ma także wpływ na efektywność zapyłania roślin, ponieważ poszczególne ziarna pyłku mogą się sklejać, co uniemożliwia swobodne opuszczenie

pylników. Natomiast przy wysokim poziomie VPD, czyli niskiej wilgotności powietrza, pyłek nie może przykleić się do znamienia słupek, co także utrudnia zapylenie. Bardzo suche powietrze, o wartościach VPD powyżej 1400 Pa, powoduje również zamykanie szparek liściowych, co jest mechanizmem obronnym roślin przed utratą zbyt dużej ilości wody, i spowolnienie fotosyntezy, a co za tym idzie wolniejszy wzrost roślin i niższy plon.

2.2.5. Podsumowanie

Wyniki prac eksperymentalnych opisanych w przedstawionym przeze mnie osiągnięciu pozwoliły na stwierdzenie, że akumulator o złożu kamiennym posadowiony pod tunelem foliowym, zasilany powietrzem z górnej części obiektu, pracujący w warunkach klimatycznych Polski Centralnej, może skutecznie gromadzić i oddawać energię zależnie od zewnętrznych warunków środowiskowych. Jednocześnie wykazałem, że największy wpływ na ilość ciepła gromadzonego w akumulatorze, oraz z niego odzyskiwanego, mają różnica temperatur pomiędzy wtłaczanym powietrzem a złożem akumulatora, wielkość strumienia zatłaczanego powietrza oraz wielkość złoża akumulatora.

Zaproponowane przeze mnie procedury obliczeniowe w zakresie efektywności energetycznej badanego obiektu jednoznacznie wskazują, że ciepło przemian fazowych wody jest istotną częścią bilansu cieplnego akumulatora zarówno podczas jego ładowania, jak i rozładowywania. Wykazałem, że wtłaczanie ciepłego wilgotnego powietrza do chłodnego złoża akumulatora powoduje skraplanie pary wodnej w złożu. Z kolei w czasie stopniowego nagrzewania się złoża podczas ładowania akumulatora zaobserwowałem wzrost intensywności parowania wody znajdującej się w złożu. Zjawiska te cechowały się różną intensywnością w kolejnych godzinach cykli ładowania lub rozładowywania złoża akumulatora. Ponieważ zaobserwowana długość cykli ładowania i rozładowywania była zróżnicowana, to nie można zakładać, że bilans masy wody przechodzącej przemiany fazowe równoważy się w cyklu dobowym. Wykazałem zatem, że w każdym cyklu ładowania i rozładowywania należy uwzględniać oprócz bilansu entalpii na wejściu do i wyjściu z akumulatora, również wpływ przemian fazowych wody na ten bilans.

Zaobserwowałem także, że działanie akumulatora ciepła współpracującego z tunelem foliowym powoduje nie tylko podwyższenie temperatury powietrza wewnątrz tunelu podczas jego dogrzewania w nocy lub w chłodne dni, lecz często powoduje również obniżenie temperatury powietrza w tunelu podczas ładowania akumulatora w dzień. Zmiana trybu pracy akumulatora ciepła z dogrzewania roślin w nocy lub w chłodne dni, na schładzanie roślin w ciągu letnich gorących dni pozwalała znacząco obniżyć temperaturę powietrza kierowanego z akumulatora do wnętrza tunelu. Zastosowanie tego trybu w okresie letnim pozwalała nadal efektywnie dogrzewać rośliny nocą. Rozwiązania techniczne zastosowane w badanym przeze mnie obiekcie wykazały również wpływ na poprawę mikroklimatu i utrzymanie lepszej kondycji roślin, co potwierdza potencjał aplikacyjny uzyskanych w osiągnięciu wyników.

3. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze

W rozdziale opisującym pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze odwołuję się za pomocą odnośników wyróżnionych pogrubioną czcionką do projektów badawczych oraz wynikających z ich realizacji publikacji, patentów i innych form prezentacji mojego dorobku, wyszczególnionych w Załączniku 4 - *Wykaz opublikowanych prac naukowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki*.

3.1. Działalność naukowo-badawcza przed uzyskaniem stopnia doktora nauk rolniczych

W latach 1983-1988 studiowałem na Wydziale Techniki Rolniczej i Leśnej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego – Akademii Rolniczej w Warszawie. Moją pracą dyplomową pt. „Zastosowanie powietrznych kolektorów słonecznych płaskich do obsuszania cebul kwiatowych” przygotowywałem pod kierunkiem dr inż. Adolfa Sosnowskiego. Praca miała charakter symulacyjny, a uzyskane wyniki wykorzystałem do przygotowania trzech oryginalnych prac, które zostały opublikowane w czasopiśmie *Problemy Inżynierii Rolniczej* (II-D-3, II-D-4, II-D-5).

Tytuł magistra inżyniera uzyskałem 30 września 1988 r., a 16 października 1989 r. rozpocząłem pracę w Zakładzie Mechanizacji skierniewickiego Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa. Przez pierwsze lata pracy w Instytucie zajmowałem się tematyką techniki i technologii nawadniania oraz stresu wodnego w sadownictwie, realizując zadania badawcze w ramach tematów statutowych Instytutu. W latach 1995-1997 uczestniczyłem jako wykonawca w projekcie KBN, gdzie moim zadaniem było prowadzenie pomiarów wilgotności gleby, natężenia transpiracji i oporności szparkowej liści wybranych gatunków roślin sadowniczych oraz analiza uzyskanych wyników. Realizując tę tematykę miałem wielokrotnie okazję przedstawiać uzyskane wyniki na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych (II-K-15, II-K-16, II-K-17, II-K-40). Jednocześnie w tym okresie opublikowałem we współautorstwie 12 oryginalnych prac twórczych (II-D-6, II-D-7, II-D-8, II-D-25, II-D-26, II-D-34, II-D-35, II-D-44, II-D-45, II-D-46, II-D-47, II-D-48). Ponadto w 1993 roku odbyłem 8-miesięczny staż naukowy w stacji badawczej Agriculture Canada w Summerland w prowincji British Columbia, którego celem naukowym była ocena wpływu stresu wodnego na wzrost i parametry fizjologiczne drzewek jabłoni. Zwieńczeniem mojej pracy w tym zakresie tematycznym było przygotowanie rozprawy doktorskiej pt. „Wpływ wybranych czynników meteorologicznych na natężenie transpiracji śliw w aspekcie nawadniania” pod kierunkiem prof. dr habil. Piotra Kowalika, w której przeprowadziłem ocenę przydatności równania Penmana-Monteitha do szacowania potrzeb nawodnieniowych śliw. Przeprowadzone przeze mnie badania pozwoliły stwierdzić, że natężenie transpiracji obliczane równaniem Penmana-Monteitha przyjmuje znacznie wyższe wartości od poziomów natężenia transpiracji podawanych przez porometry serii LI-COR LI-1600. Ponadto wykazałem, że istnieją wartości graniczne promieniowania słonecznego, przy których aparaty szparkowe liści śliw są całkowicie zamknięte i gdy aparaty szparkowe są całkowicie otwarte. Głównym osiągnięciem o charakterze aplikacyjnym było wykazanie, że szacowany średniosezonowy współczynnik roślinny do równania FAO Penmana-Monteitha, dla śliw uprawianych w warunkach Polski, różni się zasadniczo od danych literaturowych. Stopień Doktora na podstawie powyżej opisanej pracy uzyskałem 8 grudnia 2003 r., a jej obrona została wyróżniona nagrodą Dyrektora Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa.

Równolegle z prowadzeniem prac dotyczących potrzeb wodnych roślin sadowniczych, w obszarze moich zainteresowań znalazła się tematyka zmian jakości owoców klimakterycznych w okresie ich dojrzewania oraz w trakcie przechowywania pozbiorcze. Na przełomie lat 1998-1999 odbyłem 6-miesięczny staż naukowy w ATO-DLO w Wageningen w Holandii, gdzie zapoznawałem się z metodą modelowania kinetycznego procesów zachodzących w tkankach roślinnych. Prace wykonane podczas stażu pozwoliły mi na zrozumienie wpływu zmienności biologicznej na analizowane dane i wykorzystanie tej wiedzy do pełniejszego opisywania zmian jakości owoców. Prace w tym obszarze prowadzone przed uzyskaniem stopnia Doktora zaowocowały 6 oryginalnymi pracami twórczymi (II-A-1, II-D-27, II-D-28, II-D-29, II-D-36, II-D-49) oraz 2 referatami na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych (II-K-3, II-K-18).

3.2. Działalność naukowo-badawcza po uzyskaniu stopnia doktora nauk rolniczych

Bezpośrednio po uzyskaniu stopnia doktora tematyka modelowania zmian jakości owoców stała się moim głównym obszarem zainteresowań naukowych. Wiedza uzyskana podczas stażu w Holandii oraz dalsze badania własne pozwoliły mi na zaprojektowanie i współwykonanie programu klasyfikowanego jako system wspomaganie decyzji (DSS) w zakresie pozbiorcze obrotu jabłkami i brzoskwiniami „People”, opartego na modelowaniu kinetycznym. W projekcie tym jako wspólny mianownik łączący kolejne etapy obrotu pozbiorcze owoców wykorzystałem koncepcję wieku biologicznego opisywanych obiektów (II-D-27, II-D-28, II-D-29, II-D-31, II-D-36, II-D-51, II-D-53, II-D-56, II-D-27, II-K-1, II-K-3, II-K-4, II-K-5, II-K-6, II-K-7, II-K-8, II-K-9, II-K-10, II-K-11, II-K-12, II-K-19, II-K-20, II-K-21, II-K-22, II-K-23, II-K-24). Tematykę badań w tym obszarze prowadziłem realizując dwa zasadnicze projekty międzynarodowe: Akcję COST 924 (m.in. jako przedstawiciel Polski w Komitecie Zarządzającym) oraz Projekt Zintegrowany ISAFRUIT w ramach 6PR. W ramach Akcji COST 924 „Enhancement and preservation of quality and health promoting components in fresh fruits and vegetables” pełniłem funkcję wice-przewodniczącego grupy roboczej WG 5 „Modelling as a tool for integration and management of the whole chain” oraz realizowałem dwa projekty typu Specjalny Program Badawczy, klasyfikowanych jako „międzynarodowy projekt badawczy niewspółfinansowany”, w skrócie SPUB. W pierwszym z nich pt. „Modelowanie dynamiki zmian barwy owoców wiśni i jej zmienności biologicznej na podstawie niedestrukcyjnych pomiarów kolorymetrycznych” pełniłem funkcję kierownika, a w drugim pt. „Niedestrukcyjne spektrofotometryczne pomiary chlorofilu jako metoda oceny dojrzałości zbiorczej i jakości jabłek” byłem wykonawcą. Wyniki badań uzyskane podczas realizacji pierwszego z projektów wskazały na wysoki potencjał koncepcji zmienności wieku biologicznego (ang. BioVar) do analizy zmian parametrów fizycznych owoców. Jakość dopasowania parametrów modeli kinetycznych opisujących zmiany jędrności i masy owoców wiśni w okresie dojrzewania przekroczyła 81%. Stwierdziłem, że obserwacje zmian jędrności lub siły odrywania owoców od szypułki mogą być efektywnym sposobem na przewidywanie terminu rozpoczęcia zbioru. Natomiast badania przeprowadzone w drugim z wymienionych powyżej projektów pozwoliły na wykazanie wysokich korelacji pomiędzy standardowymi metodami pomiarowymi wybranych cech jakościowych jabłek (jędrność, kwasowość, zawartość chlorofilu a + b) a niedestrukcyjnymi metodami spektrofotometrycznymi. Wyniki uzyskane w obydwu projektach zostały przedstawione w 4 publikacjach naukowych oraz zaprezentowane na 8 konferencjach międzynarodowych i krajowych (jako 4 prezentacje ustne i 4 plakaty).

Współpraca międzynarodowa, a w szczególności uczestnictwo w warsztatach organizowanych w ramach Akcji COST 924, zaowocowały zaproszeniem do przygotowywania w ramach 6 Programu Ramowego projektu pt. „Increasing fruit consumption through a transdisciplinary approach leading to high quality produce from environmentally safe sustainable methods”, o akronimie ISAFRUIT. W projekcie tym powierzono mi zadanie przygotowania koncepcji badań prowadzących do opracowania systemu wspomagania decyzji (ang. Decision Support System) w postaci programu komputerowego symulującego zmiany jakości jabłek i brzoskwiń na różnych etapach łańcucha dystrybucji owoców od zbioru do zakupu przez konsumenta. Opracowanie tego systemu wspomagania decyzji zapisano jako jedno z dwóch podstawowych zadań pakietu roboczego WP 4.2 „Control of fruit quality from harvest to point of sale”, o akronimie OPTIMALQUALITY. Podczas realizacji projektu byłem odpowiedzialny za modelowanie procesów opisujących zmiany podstawowych wskaźników owoców w trakcie transportu i przechowywania. Modele te miały umożliwić przewidywanie zmian m.in. jędrności, barwy skórki owoców, zawartości ekstraktu, czy kwasowości w zależności od zastosowanych lub przewidywanych warunków przechowywania. Do oszacowywania parametrów modeli wykorzystywałem dane zbierane przez 10 instytucji naukowych z 8 krajów Europy. Wiedza zebrana w trakcie poprzednich projektów umożliwiła mi zaplanowanie eksperymentów według oryginalnego schematu, różniącego się od tradycyjnego podejścia długością obserwowanego okresu pozbiornych zmian fizjologicznych, częstotliwością wykonywanych pomiarów i warunkami przechowywania owoców. Istotnie rozszerzony schemat doświadczeń oraz uwzględnienie nabytej wiedzy o wpływie zmienności biologicznej na dane pomiarowe pozwolił na opracowanie modeli i oszacowanie parametrów procesów kinetycznych powodujących pozbiornicze zmiany jakości owoców. Modele zostały wykorzystane w napisanym pod moim nadzorem programie DSS „Peaple”, który został udostępniony na stronie www.peaple-dss.eu. Wybrane wyniki badań dotyczące cech jakościowych jabłek i brzoskwiń zostały przedstawione na 11 konferencjach międzynarodowych i krajowych, w postaci 12 doniesień ustnych i 6 plakatów. Potwierdzeniem oryginalności prowadzonych przeze mnie prac było zaproszenie, jako jedynej wykładowcy obcokrajowca, na konferencję VIII Jornada Técnica del Área de Postcosecha “Nuevas técnicas para la toma de decisiones en el proceso productivo de la fruta” w Lleidzie w Hiszpanii, oraz jako wykładowcę na konferencję Postharvest Pacifica’2009 w Napier w Nowej Zelandii. Zaangażowanie w tym projekcie umożliwiło mi zapoznanie się z organizacją badań w wielu instytucjach naukowych, oraz z problematyką organizacji i zarządzania projektami międzynarodowymi. Równocześnie możliwość analizy danych pochodzących z różnych rejonów Europy, pozwoliła mi też znacząco zwiększyć moją wiedzę na temat wpływu odmiany i miejsca uprawy na pozbiornicze zmiany cech jakościowych owoców. Tematykę tę kontynuowałem w ramach współpracy z Uniwersytetem w Wageningen w Holandii, co zaowocowało współautorstwem 3 publikacji naukowych opublikowanych w renomowanych czasopiśmie (II-A-4, II-A-5, II-D-33). Za swoje szczególne osiągnięcie uważam współautorstwo w dwóch publikacjach o charakterze metodycznym, opisujących wypracowane z moim udziałem metody analizy procesów zachodzących w tkankach roślinnych, uwzględniające najnowszą wiedzę o zmienności biologicznej. Pierwsza z prac (II-A-4) opisuje sposoby analizy danych zbieranych metodami niedestrukcyjnymi przez cały okres badań na tych samych obiektach. Przedstawione procedury umożliwiają uzyskanie znacznie wyższych wartości poprawionego współczynnika determinacji R^2 , który dla użytych danych wyniósł 98,3%, w porównaniu do wartości 68,9% uzyskanej tradycyjną metodą analizy regresji nieliniowej. Druga z opublikowanych prac metodycznych (II-A-5) opisuje metody

analizy danych zbieranych metodami destrukcyjnymi, czyli dla pomiarów wykonywanych za każdym razem na nowym podzbiorze obiektów doświadczalnych. Zasadniczym elementem tych metod jest zaproponowany przeze mnie zabieg rangowania danych, nazwany przez autorów „probelation”. Zastosowanie tych metod umożliwiło zwiększenie poprawionego współczynnika determinacji R^2 z poziomu 29%, uzyskanego tradycyjną metodą analizy regresji nieliniowej, do poziomu 95-97%.

Równoległe z ostatnimi pracami prowadzonymi w projekcie ISAFRUIT rozpocząłem pracę w projekcie HORTIENERGIA poświęconemu zagadnieniom magazynowania nadwyżek ciepła w akumulatorach: o złożu kamiennym, wodnym i przemiany fazowej. Projekt ten finansowany w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, realizowany był przez konsorcjum naukowe składające się z Instytutu Ogrodnictwa i Wydziału Inżynierii Produkcji i Energetyki Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. W projekcie tym pełniłem funkcję kierownika szeregu zadań współwykonywanych przez Instytut Ogrodnictwa w zakresie projektowania, budowy i badań akumulatora ciepła o złożu kamiennym i akumulatora wodnego. Jednym z głównych celów projektu była ocena wpływu wykorzystywania zbudowanych akumulatorów na wzrost i plonowanie głównych gatunków roślin uprawianych w Polsce pod osłonami, to jest pomidorów i ogórków. Analiza danych zbieranych w trakcie realizacji projektu skutkowała stopniowym udoskonalaniem procedur sterowania akumulatorami ciepła, oraz ich konstrukcji i coraz bardziej skutecznym wykorzystywaniem ich w produkcji roślinnej. Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie przydatności tego typu instalacji w produkcji pod osłonami, poprzez pokrycie większości potrzeb grzewczych badanych gatunków roślin (II-D-2, II-D-13, II-D-17, II-D-32, II-D-39, II-D-40, II-D-41, II-D-43, II-E-1, II-K-13, II-K-25, II-K-28, II-K-44) oraz poprawę mikroklimatu w obiektach doświadczalnych (II-A-7, II-E-1, II-K-14, II-K-29, II-K-42, II-K-45). Istotny wpływ na mikroklimat i plonowanie roślin miało również wykorzystywanie akumulatora o złożu kamiennym do schładzania roślin w okresie letnim, gdy potrzeby grzewcze są niewielkie, natomiast wysokie temperatury powietrza w ciągu dnia wpływają negatywnie na wzrost i plonowanie. Moje badania prowadzone w projekcie HORTIENERGIA są podstawą monografii, którą zgłaszam jako osiągnięcie naukowe na rzecz postępowania habilitacyjnego. Rozwiązania techniczne i technologiczne opracowane w trakcie realizacji tego projektu zostały opisane w dwóch uzyskanych patentach (II-B-5, II-B-6). Wyniki przeprowadzonych badań zostały również opisane w 19 publikacjach naukowych (II-A-7, II-D-2, II-D-11, II-D-12, II-D-13, II-D-16, II-D-17, II-D-18, II-D-19, II-D-20, II-D-21, II-D-22, II-D-24, II-D-32, II-D-39, II-D-40, II-D-41, II-D-42, II-D-43), których jestem współautorem, oraz zaprezentowane na licznych konferencjach międzynarodowych i krajowych (II-K-13, II-K-14, II-K-25, II-K-26, II-K-28, II-K-29, II-K-30, II-K-38, II-K-42, II-K-43, II-K-44, II-K-45, III-B-30, III-B-34, III-B-36, III-B-37, III-B-62).

Tematykę magazynowania ciepła kontynuowałem w projekcie badawczym finansowanym ze środków statutowych Instytutu Ogrodnictwa, w ramach którego została opracowana koncepcja i zbudowany prototyp akumulatora ciepła wykorzystującego jako złożę butelki PET wypełnione wodą. Koncepcja takiego akumulatora łączy ze sobą wysoką pojemność cieplną wody i prostotę techniczną wykorzystywania strumienia powietrza do ładowania i rozładowywania akumulatora oraz rozprowadzania ciepła wśród uprawianych roślin. Koncepcja ta jest chroniona uzyskanym patentem (II-B-7).

Jednym z moich zadań, jako pracownika Zakładu Agrotechnologii Instytutu Ogrodnictwa, jest opracowywanie nowych maszyn i urządzeń na potrzeby produkcji ogrodniczej. W ostatnich latach kierowałem pracami nad opracowaniem innowacyjnego kombajnu do zbioru brokułów (II-I-13). Prace były realizowane w ramach projektu dofinansowywanego przez

NCBiR w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, działanie 1.1 „Projekty B+R przedsiębiorstw”. Koncepcja opracowanego kombajnu do zbioru brokułów jest przedmiotem zgłoszonego wniosku patentowego (**II-C-1**), a wyniki prowadzonych prac były prezentowane na trzech konferencjach naukowych. Mój udział w innych projektach opracowujących nowe maszyny i urządzenia na potrzeby produkcji ogrodnictwa dokumentują cztery inne uzyskane patenty (**II-B-1, II-B-2, II-B-3, II-B-4**).

Wśród realizowanej przeze mnie tematyki badawczej znalazło się również zagadnienie analizy obrazu na cele identyfikacji przędziorków żerujących na liściach jabłoni. Celem tych badań, prowadzonych w ramach tematu statutowego Instytutu Ogrodnictwa było określenie możliwości wykrywania porażenia sadów przędziorkami na drodze analizy zdjęć liści, jako potencjalnej metody zastępującej czasochłonną inspekcję wykonywaną przy użyciu mikroskopu. Na podstawie uzyskanych wyników powstała jedna oryginalna praca twórcza (**II-D-24**) oraz szereg doniesień na konferencjach naukowych (**II-K-27, II-K-31**).

3.3. Sumaryczne zestawienie dorobku naukowego

W Tabeli 1 zestawiono całkowity dorobek naukowy, a w Tabeli 2 przedstawiono punktację oraz *Impact Factor* prac opublikowanych w poszczególnych czasopismach naukowych.

Tabela 1. Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego

Lp.	Kategoria	Liczba pozycji		
		przed uzyskaniem stopnia doktora	po uzyskaniu stopnia doktora	ogółem
1.	Publikacje w czasopismach naukowych posiadających IF, wymienionych w części A wykazu MNiSW	1	6	7
2.	Publikacje w czasopismach naukowych nieposiadających IF, wymienionych w części B wykazu MNiSW	6	16	22
3.	Rozdziały w monografiach	-	2	2
4.	Patenty na wynalazki (udzielone i zgłoszone)	0	8	8
5.	Publikacje w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej, uwzględnione w Web of Science Core Collection	3	6	9
6.	Pozostałe publikacje lub doniesienia na konferencjach międzynarodowych	3	7	10
7.	Publikacje lub doniesienia na konferencjach krajowych	7	8	15
8.	Ekspertyzy	2	-	2
19.	Rozdziały w książkach lub pracach zbiorowych	-	2	2
10.	Poradniki, instrukcje, metodyki	-	2	2
11.	Artykuły popularno-naukowe	2	7	9
12.	Aplikacje komputerowe (narzędzia wspomaganie decyzji)	-	1	1
13.	Filmy szkoleniowo-upowszechnieniowe	-	1	1
14.	Recenzje dla czasopism posiadających IF	-	5	5
15.	Referaty na konferencjach międzynarodowych, w tym:	4	15	19
	- wygłoszone referaty	1	13	14
	- współautorstwo referatów	3	2	5
16.	Referaty na konferencjach krajowych, w tym:	5	19	24
	- wygłoszone referaty	4	14	18
	- współautorstwo referatów	1	5	6
RAZEM – suma pozycji w wierszach 1-16		33	105	138

Tabela 2. Punktacja oraz *Impact Factor* opublikowanych prac naukowych

Nazwa czasopisma	Liczba publikacji	Impact Faktor		Suma punktów MNiSW	
		Zgodnie z rokiem opublikowania	Wg punktacji z roku 2017	Zgodnie z rokiem opublikowania	Wg punktacji z roku 2017
Biosystems Engineering	1	2,132	2,132	40	40
Computers and Electronics in Agriculture	1	1,892	2,427	35	35
Journal of the Science of Food and Agriculture	1	1,360	2,379	32	35
Postharvest Biology and Technology	3	7,123	9,336	82	120
Spanish Journal of Agricultural Research	1	0,811	0,811	25	25
Pozostałe czasopisma punktowane					
Acta Horticulturae	9	-	-	58	135
Inżynieria Rolnicza	8	-	-	37	40
Agricultural Engineering	2	-	-	20	20
Journal of Environmental Science and Engineering A.	2	-	-	10	10
Journal of Fruit and Ornamental Plant Research	3	-	-	17	21
Journal of Horticultural Research	1	-	-	14	14
Journal of Water and Land Development	1	-	-	4	4
Problemy Inżynierii Rolniczej	3	-	-	6	21
Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa	2	-	-	5	6
Publikacje punktowane łącznie przed uzyskaniem stopnia doktora	13	1,883	3,112	48	163
Publikacje punktowane łącznie po uzyskaniu stopnia doktora	25	11,435	13,973	337	363
RAZEM	38	13,318	17,085	385	526

4. Sumaryczny *Impact Factor*, liczba cytowań publikacji oraz Indeks Hirscha

Sumaryczny *Impact Factor* wg *Journal Citation Reports* (JCR):

- zgodnie z rokiem opublikowania 13,318

- wg punktacji z roku 2017 17,085

Liczba cytowań wg bazy *Web of Science* (w tym bez samocytowań) 95 (85)

Indeks Hirscha wg. bazy *Web of Science* 4

Liczba punktów MNiSW:

- zgodnie z rokiem opublikowania 385

- wg punktacji z roku 2017 526

5. Nagrody za działalność naukową, upowszechnieniową, dydaktyczną i organizacyjną

Moje osiągnięcia w zakresie działalności naukowej, upowszechnieniowej i organizacyjnej zostały wyróżnione następującymi nagrodami (II-J):

- Nagroda Dyrektora ISK za wysoki poziom obrony pracy doktorskiej
- Nagroda Towarzystwa Przyjaciół Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa za opracowanie konstrukcji kombajnu do zbioru wiśni
- Srebrny medal na 62. Światowej Wystawie Wynalazków, Badań i Nowych Technologii INNOVA, która odbyła się w dniach 14 – 16 listopada 2013 r. w Brukseli, za opracowanie akumulatora ciepła o złożu kamiennym.
- Srebrny medal na 65. Międzynarodowych Targów „Pomysły - Wynalazki - Nowe Produkty” iENA, które odbyły się od 31 października do 3 listopada 2013 r. w Norymberdze, za opracowanie akumulatora ciepła o złożu kamiennym.

6. Wygłoszenie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych

Jestem autorem lub współautorem 19 referatów wygłoszonych na konferencjach międzynarodowych oraz 26 referatów na konferencjach krajowych (II-K).

Na konferencjach międzynarodowych zaprezentowałem 14 referaty (13 po uzyskaniu stopnia doktora), a na konferencjach krajowych 20 referatów (16 po doktoracie).

7. Dorobek w zakresie upowszechniania wyników działalności naukowej

Moja działalność upowszechnieniowa ukierunkowana była na szerokie grono odbiorców, wśród których główne grupy docelowe stanowili producenci owoców i warzyw, doradcy rolniczy oraz pracownicy nauki, administracji i przemysłu działający w obszarze ogrodnictwa. Uczestniczyłem w szeregu konferencji naukowych i upowszechnieniowych gdzie prezentowałem wyniki moich badań (III-B, III-I).

Innym przejawem upowszechniania wiedzy i popularyzacji nauki jest moja działalność publikacyjna. Jestem autorem 9 artykułów popularno-naukowych opublikowanych w czasopiśmie branżowych (III-I).

8. Dorobek w zakresie dydaktycznym i organizacyjnym

8.1. Współpraca międzynarodowa

Działalność na arenie międzynarodowej stanowi istotny udział w moim dorobku naukowym. W 1993 roku odbyłem ośmiomiesięczny staż naukowy w Kanadzie, a na przełomie lat 1998-1999 odbyłem półroczny staż naukowy w Holandii. Oprócz tego w 2005 roku odbyłem 4-tygodniowy staż naukowy w Holandii (III-L).

Ogółem brałem udział w 5 komitetach organizacyjnych albo naukowych, lub byłem przewodniczącym sesji tematycznych (III-C) konferencji międzynarodowych, a na dwóch konferencjach zagranicznych występowałem w charakterze zaproszonego prelegenta (III-B).

Przejawem mojej działalności międzynarodowej jest także praca w 5 europejskich projektach naukowych (II-I, III-A) oraz koordynacja przygotowań lub współuczestnictwo w przygotowywaniu wniosków o finansowanie 7 projektów naukowych.

Opracowałem również 16 recenzji manuskryptów dla międzynarodowych czasopism naukowych, w tym 5 recenzji dla czasopism z IF: *Journal of the Science of Food and Agriculture* oraz *Postharvest Biology and Technology* (III-P).

8.2. Udział w zespołach eksperckich

Podczas mojego pobytu na Uniwersytecie w Wageningen, w Holandii, w 2005 roku zostałem zaproszony do udziału w obronie pracy doktorskiej pani Milza Moreira Lana w charakterze członka komisji egzaminacyjnej. Temat dysertacji brzmiał „Modelling quality of fresh-cut tomato based on stage of maturity and storage conditions”, a promotorem był Prof. Dr. Olaf van Kooten.

W latach 2012-2013 byłem członkiem zespołu ekspertów powołanego przez Ministerstwo Gospodarki i zaangażowanego przy opracowywaniu Narodowego Programu Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej (NPRGN).

Począwszy od 2018 roku jestem przedstawicielem Instytutu Ogrodnictwa w Grupie Tematycznej ds. innowacji w rolnictwie i na obszarach wiejskich działającej przy Grupie roboczej do spraw Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich.

Od bieżącego roku jestem członkiem Zespołu tematycznego ds. Biogospodarki powołanego w ramach Porozumienia Rolniczego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

8.3. Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze promotora pomocniczego

Decyzją Rady Naukowej Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach z dn. 20 kwietnia 2017 r. jestem promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim mgr Waldemara Świechowskiego z Zakładu Agrotechnologii Instytutu. Tytuł pracy brzmi: „Wpływ techniki opryskiwania na skuteczność ochrony warzyw przed chorobami” (III-K).

8.4. Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki

Jako pracownik instytutu badawczego nie miałem wiele okazji do aktywności dydaktycznej. W roku akademickim 1999/2000 oraz roku 2002/2003 prowadziłem ćwiczenia z zakresu techniki i technologii nawadniania roślin ogrodniczych na Wydziale Ogrodniczym Wyższej Szkoły Ekonomiczno-Humanistycznej w Skierniewicach.

W zależności od potrzeb angażuję się w działalność dydaktyczno-upowszechnieniową Instytutu, oprowadzając po Zakładzie Agrotechnologii grupy wycieczkowe, w tym grupy uczniów w różnych kategoriach wiekowych oraz studentów wydziałów związanych z ogrodnictwem. Wielokrotnie brałem w Dniach Otwartych Instytutu, które mają miejsce w sadzie i na polach doświadczalnych, w czasie których przedstawiałem prowadzone przez Zakład Agrotechnologii badania w postaci pogadank i demonstracji. Praktycznie corocznie pełnię dyżury podczas organizowanych w Skierniewicach Świąt Kwiatów, Owoców i Warzyw, gdzie służę swoją wiedzą odwiedzającym stoisko Instytutu Ogrodnictwa (a przed 2011 rokiem Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa).

W 2014 roku zostałem zaproszony jako wykładowca na seminarium organizowane przez Technikum Budowlane w Skierniewicach. Przedmiotem mojego wystąpienia były zagadnienie odnawialnych źródeł energii ze szczególnym uwzględnieniem akumulatorów ciepła.

W latach 2013-2015 przedstawiałem na targach ogrodniczych wyniki prowadzonych badań w postaci wykładów seminaryjnych oraz prezentacji indywidualnych na stoiskach wystawowych.

P Konopacki