

ZAŁĄCZNIK 1

Dr inż. Robert Rusinek

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie

Zakład Fizycznych Właściwości Materiałów Roślinnych

Laboratorium Oceny Jakości Surowców Zbożowych i Oleistych

AUTOREFERAT

Lublin 2014

1. IMIĘ I NAZWISKO: ROBERT RUSINEK

2. POSIADANE DYPLOMY STOPNIE NAUKOWE/ARTYSTYCZNE – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

1994 – 1999 Magisterskie studia stacjonarne: Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, kierunek Mechanika i Budowa Maszyn w zakresie Samochody i Ciągniki. Tytuł magistra inżyniera po obronie pracy magisterskiej pt. „Analiza stanu naprężeń w glebie pod kołami pojazdu” we wrześniu 1999 roku.

10.2005 Stopień doktora nauk rolniczych w zakresie agronomii i agrofizyki, Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie, Zakład Fizycznych Właściwości Materiałów Roślinnych. Rozprawa doktorska pt. „Iloraz naporu roślinnych materiałów sypkich”, wrzesień 2005 rok.

3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH.

05.1999 – 09.1999 Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie – **młodszy mechanik.**

10.1999 – 12.2005 Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie – **asystent**

01.2006 – obecnie Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie – **adiunkt**

4. Wskazanie osiągnięcia, o którym mowa w 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 z póź. zm.)

Moim osiągnięciem, będącym podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest cykl 4 oryginalnych prac twórczych i 3 rozdziały w monografii oraz wzór przemysłowy i patent.

A) Tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

Właściwości fizyczne nasion rzepaku istotne w procesach technologicznych

B) Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa:

I. **Rusinek R.**, Gawrysiak-Witulska M. 2008. Test olejowy nasion rzepaku suszonych metodą nisko i wysokotemperaturową. Wydawnictwo Naukowe FRNA, Komitet Agrofizyki PAN 2008 "Metody Fizyczne Diagnostyki Surowców Roślinnych i Produktów Spożywczych". Rozdział 8, 107-116. ISBN: 978-83-60489-08-6. (3 pkt. MNiSW).

II. **Rusinek R.**, Molenda M., Horabik J. 2009. Performance of membrane pressure transducers in granular materials of various particle sizes. Powder Technology 190, 410-414 (2,265 IF, 35 pkt MNiSW)

III. **Rusinek R.**, Rybczyński R. 2010. System monitorowania warunków przechowywania nasion. Wpływ Procesów Technologicznych na Właściwości Materiałów i Surowców Roślinnych Rozdział 12, 145-154 - Wydawnictwo Naukowe FRNA, ISBN: 978-83-60489-17-8, (3 pkt. MNiSW).

IV. Tys. J. **Rusinek R.**, 2011. Suszenie i przechowywanie rzepaku. Rozdział 4. Przechowywanie nasion. Monografia z cyklu: Teraz rzepak Teraz olej. Tom V. Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju. ISBN 978-83-927541-7-6. Str. 39-54. (3 pkt. MNiSW).

V. **Rusinek R.**, Rybczyński R., Tys J., Gawrysiak-Witulska M., Nogala-Kałucka M., Siger A. 2012. The proces for non-typical seeds during simulated cold deep oil expression. Czech Journal of Food Sciences, Vol. 30, No 2: 126-134. (20 pkt. MNiSW, IF = 0,685)

VI. **Rusinek R.**, Tys J., Horabik J. 2012. Koncepcja stalowego zbiornika do suszenia i bezpiecznego przechowywania nasion rzepaku. Przegląd Budowlany. Nr 4, 89-91. (4 pkt. MNiSW).

VII. **Rusinek R.**, Kobyłka R. 2014. Experimental study and discrete element method modeling of temperature distributions in rapeseed stored in model bin. Journal of Stored Product Research, 59, 254-259, (30 pkt. MNiSW, IF = 2,046).

VIII. Tys J., **Rusinek R.**: Silos. Numer i data zgłoszenia: Wp-19298/2012-02-21 Numer i data uzyskania: 18652/2012-05-16

IX. Molenda M., Horabik J., **Rusinek R.**, Stasiak M., Wiącek J. Urządzenie pomiarowe do wyznaczania ilorazu naporu oraz parcia ośrodka sypkiego na ściany prostopadłościennego zbiornika. PL 214065, Data uzyskania 28.06.2013 WUP 06/13

- Impact factor – 4,996
- Punkty MNiSW – 98

Punkty za publikacje naliczono zgodnie z komunikatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 31 grudnia 2014 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach.

**z uwagi na brak danych dotyczących współczynnika wpływu (impact factor, IF) w 2014 r. podano średnią wartość za ostatnie 5 lat z roku 2013.*

4.1.2. Omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników

Wprowadzenie

W ostatnich latach produkcja nasion roślin oleistych wykazuje tendencję wzrostową, która jest odpowiedzią na rosnące zapotrzebowanie na oleje roślinne dla celów spożywczych, kosmetycznych i technicznych. Równolegle obserwuje się też wzrost zainteresowania konsumentów naturalnymi produktami bogatymi w bioaktywne składniki pozytywnie wpływające na nasze zdrowie, co powoduje poszukiwanie nowych lub zagospodarowanie

zapomnianych nasion roślin oleistych, mających często unikalny skład chemiczny dotyczący zarówno kwasów tłuszczowych jak i substancji prozdrowotnych.

Rzepak w grupie roślin oleistych stanowi obecnie około 11% udziału światowej produkcji. Uprawiany jest głównie w klimacie umiarkowanym i podzwrotnikowym. Największymi producentami są Kanada i Chiny. Polska w latach 2008 – 2012 znalazła się na ósmym miejscu wśród największych producentów rzepaku na świecie. Rzepak jest szczególnie ceniony ze względu na dużą wartość użytkową w przemyśle tłuszczowym i biopaliw. W efekcie prac hodowlanych, w okresie ostatnich kilkunastu lat ze względu na zredukowanie ilości kwasu erukowego poniżej 2% znacząco wzrosła jego atrakcyjność rynkowa. Olej pozyskiwany z rzepaku zawiera także duże ilości wielonienasyconego kwasu omega-3 oraz odpowiednie proporcje kwasu omega-3 do omega-6, co jest niezwykle ważne dla zdrowia i pożądane w diecie. Równie ważną rolę oprócz kwasów tłuszczowych odgrywają zawarte w olejach antyutleniacze i antyoksydanty, takie jak tokoferole, sterole i karotenoidy. W diecie człowieka wspomagają one oczyszczanie organizmu z wolnych rodników. Między innymi dlatego swój renesans na rynku przeżywają obecnie proekologiczne technologie pozyskiwania oleju, które pozwalają otrzymać produkt o wysokiej zawartości ww. substancji.

Przedstawiona skala produkcji i zastosowania rzepaku powoduje, iż niezbędną staje się pełna wiedza na temat zachowania się nasion w czasie zabiegów technologicznych. W świetle tego ważnym wydaje się wątek podnoszony w monogramatycznym cyklu prac, który dotyczy parametrów technologicznych rzepaku istotnych w dwóch najważniejszych procesach tj. przechowywaniu i tłoczeniu oleju. Oba te procesy są ze sobą powiązane. Jakość otrzymanego oleju z nasion zależy bezpośrednio od kondycji nasion, która powinna być zachowana na wysokim poziomie, bez zmian w trakcie długotrwałego przechowywania. Ważne jest wysuszenie nasion do odpowiedniej wilgotności, która winna być uzależniona od przewidywanego czasu oraz warunków przechowywania. Wilgotność nasion jest bezpośrednio powiązana z ich wytrzymałością mechaniczną na obciążenia, która w trakcie przechowywania ma istotny wpływ na utrzymanie jakości oraz z sposobem przenoszenia obciążeń na elementy konstrukcyjne silosu. W kraju zaleca się suszenie rzepaku do poziomu wilgotności 7% (w.b.) przy założeniu długotrwałego przechowywania w silosach.

Mimo stosowania odpowiednich zabiegów przygotowawczych w odróżnieniu od ziarna zbóż nasiona rzepaku są bardziej narażone na uszkodzenia i zepsucie, dzieje się to za sprawą wysokiej zawartości tłuszczu, który w uszkodzonych nasionach wzmaga intensywność niekorzystnych procesów biologicznych i chemicznych. W uszkodzonych nasionach zwiększa się aktywność drobnoustrojów, co prowadzi do obniżenia jakości a nawet do zniszczenia

surowca. Zjawiska te są szczególnie niebezpieczne w nasionach wilgotnych, nadmiernie obciążonych oraz przechowywanych w zbyt wysokiej temperaturze, której lokalne wysokie gradienty mogą wynikać z nieskutecznego przewietrzania złoza. W świetle tego ważnym wydaje się znajomość parametrów mechanicznych pojedynczych nasion jak i całego złoza.

Cel

Wspólnym mianownikiem badań przedstawionych w monotematycznym cyklu publikacji jest analiza właściwości fizycznych nasion istotnych w procesach technologicznych w świetle dwóch ważnych operacji tj. przechowywania i pozyskiwania oleju w procesie tłoczenia.

W obszarze dotyczącym bezpiecznego przechowywania skupiono się na dwóch aspektach. Pierwszy z nich był poświęcony pomiarowi parcia materiału sypkiego i parametrom mechanicznym złoza istotnym w procesie magazynowania na przykładzie nasion rzepaku. W tym celu zaprojektowano i wykonano prostopadłościenny aparat bezpośredniego ściskania, za pomocą którego przeanalizowano wpływ wielkości warstwy materiału sypkiego na wynik pomiaru. W badaniach zmieniano wielkość komory przy stałej wielkości cząstek ośrodka (nasiona rzepaku). Wykonano również badania, w których zmieniano wielkości cząstek ośrodka przy niezmienniej geometrii elementu pomiarowego, membrany przetwornika naporu.

Drugi aspekt w obszarze przechowywania dotyczył niekorzystnego zjawiska fizycznego - samonagrzewania nasion i możliwości jego wykrycia w świetle zaleceń norm branżowych odnośnie systemu monitorowania warunków przechowywania w silosach. Badania eksperymentalne samonagrzewania zweryfikowano na drodze symulacji komputerowych.

Równocześnie, ze względu na to że jakość pozyskiwanego oleju z rzepaku zależy przede wszystkim od kondycji nasion, badano wpływ czasu przechowywania oraz parametrów suszenia rzepaku na gotowość do wyolejania w teście punktu olejowego. Opisano proces wyolejania nasion z wyznaczeniem jego parametrów. Dodatkowo przeanalizowano szeroką grupę nasion roślin oleistych pod kątem możliwości pozyskiwania z nich oleju w procesie tłoczenia na zimno.

Badania prowadzono w ramach działalności statutowej oraz projektu badawczego. Efektem prowadzonych prac badawczych było również opracowanie metody i urządzenia do bezpiecznego przechowywania nasion oraz pozyskiwania oleju metodą na zimno. W obu przypadkach w roku 2012 zostały sporządzone zgłoszenia patentowe, które poddawane są obecnie weryfikacji przez co nie mogły być jeszcze umieszczone w monotematycznym cyklu.

Urządzenie do bezpiecznego przechowywania, silososuszarnia otrzymało ochronę w 2012 roku jako wzór przemysłowy 4.B.VII.

Opis badań i otrzymanych wyników

1. Przechowywanie nasion

Wpływ geometrii aparatu i wymiaru cząstek ośrodka na wynik pomiaru naporu

Iloraz naporu jest jednym z kilku parametrów złoża sypkiego, który jest istotny w procesie projektowania urządzeń do przechowywania nasion. Klasyczna metoda wyznaczania ilorazu naporu rekomendowana przez obowiązujące normy budowlane zakłada wyznaczanie tego parametru w teście jednoosiowego ściskania w cylindrycznym aparacie. Z praktycznego punktu widzenia jest to metoda wystarczająca by dać odpowiedź inżynierom na pytanie o zakres zmienności ilorazu naporu w zależności od wilgotności nasion, poziomu naprężenia pionowego, rodzaju ośrodka sypkiego itp. Jednak z naukowego i poznawczego punktu widzenia temat pomiaru ilorazu naporu ośrodków sypkich nie jest wystarczająco opisany. Aby pogłębić wiedzę w tym zakresie podjęto próbę określenia wpływu szerokości warstwy złoża w prostopadłościennym edometrze na wynik pomiaru oraz porównanie metody i aparatu z klasycznym podejściem. Badania wykonano na specjalnie do tego celu zaprojektowanym i wykonanym prostopadłościennym aparacie jednoosiowego ściskania (patent 4.B.IX). Cechą charakterystyczną aparatu była możliwość zmiany odległości dwóch równoległych ścian komory tj. grubości próbki. W zastosowanej konfiguracji aparatu maksymalna odległość pomiędzy dwoma nastawnymi ścianami wynosiła 44 mm, dystanse pośrednie to 39, 33, 27, 21 i 14 mm, a odległość minimalna wynosiła 8 mm. Pozostałe wymiary komory tj. szerokość i wysokość pozostawały stałe i równe 120 mm. Badania wykonano dla nasion rzepaku odmiany Licosmos o wilgotności 6%. W efekcie badań jednoosiowego ściskania stwierdzono, że w warstwie o grubości wynoszącej do 10 – 12 średnic nasion, nie było możliwe poprawne wyznaczenie ilorazu naporu.

Ze względu na to, że materiał sypki ma zdolność przenoszenia naprężeń stycznych, dlatego w różnych regionach zbiornika magazynowego mogą panować różne naprężenia, również różne wartości ilorazu naporu. W efekcie różne obszary w objętości złoża mają różne właściwości, co może poważnie zaburzać proces technologiczny – zaprojektowany przy założeniu stałości właściwości materiału. Poznanie faktycznego rozkładu parcia jest zatem

możliwe na drodze eksperymentalnej przy użyciu przetworników naporu. Jednak aby taki pomiar nie był obciążony błędem należy przeanalizować wszystkie czynniki, które podczas badań parcia mogą wpłynąć na otrzymane wyniki. Dlatego kolejnym krokiem w zakresie pomiaru parcia nasion było określenie minimalnej ilości cząstek w kontakcie z elementem czynnym urządzenia mierzącego napór, oraz wpływ wilgotności i pozycji membrany pomiarowej na wynik pomiaru. Badania przeprowadzono dla rzepaku oraz kilku innych gatunków nasion. Geometria membran czujników, została zaprojektowana specjalnie do pomiaru parcia w złożu rzepaku uwzględniając jego wymiary. W pracy 4.B.II przedstawiono wszystkie aspekty pomiaru parcia za pomocą przetworników membranowych. W wyniku badań stwierdzono, że minimalna ilość kontaktów cząstek ośrodka z powierzchnią membrany nie może być mniejsza niż około 150, a minimalny stosunek średnicy membrany przetwornika do średniej średnicy cząstki ośrodka nie mniejsza niż około 15. Usytuowanie przetwornika naporu w płaszczyźnie pomiarowej wpływa na wynik pomiaru. Aby pomiar nie był obciążony błędem czujnik naporu powinien być zamontowany dokładnie w licu np. ściany zbiornika, w którym dokonujemy pomiaru parcia.

4.B.II. **Rusinek R.**, Molenda M., Horabik J. 2009. Performance of membrane pressure transducers in granular materials of various particle sizes. Powder Technology 190, 410-414 (2,265 IF, 35 pkt MNiSW). ć

4.B.IX. Molenda M., Horabik J., **Rusinek R.**, Stasiak M., Wiącek J. Urządzenie pomiarowe do wyznaczania ilorazu naporu oraz parcia ośrodka sypkiego na ściany prostopadłościennego zbiornika. PL 214065, Data uzyskania 28.06.2013 WUP 06/13

Wpływ samonagrzewania rzepaku na jego jakość technologiczną rzepaku

Proponowane przez normy i stosowane powszechnie w przechowalnictwie metody monitorowania zmian zachodzących w złożu nasion rzepaku w trakcie długotrwałego magazynowania opierają się w głównej mierze na pomiarze temperatury w przestrzeniach międzyziarnowych (ISO 4112:1990). W zaproponowanym układzie pomiarowym sondy temperatury w silosach rozmieszczane są w odległości nie większej niż 3 m od siebie w każdym z trzech kierunków. Górne punkty pomiarowe wg normy powinny znajdować się w odległości od 1 m do 2 m poniżej spodziewanej powierzchni nasion i około 0,5 m powyżej powierzchni dolnej (podłogi). Czujniki pomiarowe powinny wykrywać zmianę temperatury 0,5°C w zakresie od 0 do 70°C. W tak zaproponowanym układzie sondy pomiarowe mają postać kabli

z wmontowanymi w rdzeń czujnikami temperatury. W związku z tym w badaniach eksperymentalnych analizowano przestrzeń w złożu nasion, w której jedna sonda temperatury odpowiedzialna jest za monitorowanie obszaru wokół siebie w promieniu do 1,5 m. W tym celu zaprojektowano i wykonano stanowisko pomiarowe tj. walcowy silos stalowy o objętości 3,85 m³ oraz wysokości i średnicy 1,75 m. Wewnątrz zbiornika zamontowano, wykonaną na potrzeby doświadczeń siatkę sond do pomiaru temperatury i wilgotności (THMME jest autorskim projektem aparatury kontrolno-pomiarowej), która umożliwiała podgląd on-line mierzonych parametrów oraz ich zapis na dysku komputera. Układ dwudziestu sond wewnątrz silosu pozwalał na przestrzenną kontrolę dynamiki zmian temperatury. Szczegółowy opis stanowiska i badań znajduje się w publikacjach: 4.B.III, 4.B.IV i 4.B.VII.

Badania eksperymentalne wykonano w dwóch etapach. Pierwszy etap polegał na zainicjowaniu w złożu rzepaku zjawiska samonagrzewania oraz opisie jego dynamiki zmian w czasie i przestrzeni w silosie. W tym celu zebrany z poletka doświadczalnego rzepak został podzielony na dwie partie materiału. Jedna z nich (około 1700 kg) została poddana procesowi spoczynku późniwnego oraz dosuszona i oczyszczona, zaś druga (około 800 kg) nie była poddawana żadnemu procesowi przygotowawczemu. Zbiornik napełniono w taki sposób, że wzdłuż osi pionowej powstały w nim trzy warstwy materiału. Siatka sond ułożona była równolegle do pionowej i poziomej osi silosu, odległości pomiędzy czujnikami wynosiły 0,15 m. W środkowej nieoczyszczonej warstwie powstało gniazdo cieplne, które rozwijało się równomiernie i osiowosymetrycznie w całej jego objętość. Eksperyment zakończono po 300 godzinach. Przyrost temperatury w przestrzeniach międzyziarnowych zmierzony w trakcie procesu można podzielić na dwa etapy: I – powolny, do około 150 godziny, II – znacznie bardziej dynamiczny, od 150 godziny do zakończenia, (średni przyrost dobowy temperatury w tym etapie wynosił 2-3°C). Najwyższe wartości temperatury odnotowano w geometrycznym środku rozpatrywanej warstwy (4.B.IV). Jej wartości malały w kierunku ściany zbiornika wzdłuż poziomej osi x przechodzącej przez geometryczną wysokość warstwy.

W trakcie eksperymentu pobierano próbki materiału do badań jakości technologicznej. Do analizy jakości wyodrębniono próbę nasion zebranych z pola, po 6 dniach przechowywania (koniec powolnego przyrostu temperatury) oraz po 13 dniach przechowywania czyli po zakończeniu doświadczenia. Dla próbek określono wartości liczby kwasowej, zawartości tokoferoli, PC-8, związków fenolowych, steroli roślinnych oraz ergosterolu.

Z uzyskanych wyników można wnioskować, że po I etapie powolnego przyrostu temperatury nasiona zachowują jeszcze swoją przydatność technologiczną np. na cele techniczne, natomiast nasiona, w których wystąpiło zjawisko znacznego przyrostu temperatury

(II etap) są zupełnie nieprzydatne do dalszego wykorzystania. W próbkach nasion oznaczano między innymi zawartość tokoferoli, fitosteroli, ergosterolu oraz związki fenolowe. Zawartość tokoferoli w przeznaczonych do przechowywania nasionach rzepaku wynosiła $518,1 \text{ mg kg}^{-1}$. Dominującym tokoferolem był homolog γ -T, który stanowił 54% całkowitej zawartości tokoferoli, zawartość homologu α -T wynosiła 45%, pozostałe homologi β -T i δ -T stanowiły 1% składu. Stosunek α -T do γ -T w badanej próbce rzepaku wynosił 0,83 i zawierał się w przedziale znanym z literatury tj. od 0,54 do 1,70. Przeprowadzone badania wykazały, że podczas przechowywania nasion, kiedy występuje zjawisko samonagrzewania, następuje spadek ogólnej zawartości tokoferoli. Po 6 dniach przechowywania sumaryczna zawartość tokoferoli w przechowywanych próbkach nasion rzepaku uległa obniżeniu o 23% natomiast po 13 dniach o 35% w stosunku do próby kontrolnej. Podczas pierwszych 6 dni trwania doświadczenia zawartość homologu α -T uległa obniżeniu o 27%, natomiast podczas dalszego przechowywania o 35%. Znacznie większej degradacji podczas prowadzonego doświadczenia uległ homolog γ -T. Podczas I etapu wzrostu temperatury jego zawartość zmniejszyła się o 49%, natomiast w drugim etapie o 58% w stosunku do próby kontrolnej. Trzeba jednak wspomnieć, że podczas I etapu wzrostu temperatury w badanym złożu degradacja homologu γ -T następowała szybciej niż homologu α -T. Powodowało to wzrost współczynnika α -T/ γ -T od wartości 0,83 do 0,94. W II etapie, znacznego wzrostu temperatury, wartość współczynnika α -T/ γ -T zmalała do poziomu 0,85 co oznacza, iż w tym okresie następowała szybciej degradacja homologu α -T niż γ -T. Z danych literaturowych wynika, że przechowywanie nasion przez 12 miesięcy o wilgotności 7% ale w temperaturze 10°C powodowało ubytki tych związków na poziomie 23-30%. Przechowywanie nasion spowodowało także ubytek PC-8. Podczas 6 dni przechowywania nasion poziom tego homologu zmniejszył się o 6% natomiast po 13 dniach o dalsze 5%. Przeprowadzone doświadczenie wskazuje, iż wystąpienie zjawiska samonagrzewania w znacznym stopniu przyspiesza ubytki tokoferoli i PC-8. Pomimo iż, po zakończeniu I etapu przyrostu temperatury nasiona nadawały się do celów spożywczych to straty tokoferoli odpowiadały stratom tych związków podczas rocznego przechowywania nasion w prawidłowych warunkach co raczej kwalifikowało nasiona na cele techniczne.

W nasionach rzepaku zebranych z pola całkowita zawartość fitosteroli wynosiła 6178 mg kg^{-1} . Dominującym sterolem był β -sitosterol, który stanowił 47% (2949 mg kg^{-1}) całkowitej zawartości steroli. Brassikasterol, charakterystyczny sterol dla roślin krzyżowych, stanowił w wyekstrahowanym z nasion oleju 9,3% wszystkich steroli. Zawartość campesterolu wynosiła 12,5%, natomiast stigmasterolu poniżej 1% całkowitej zawartości steroli w nasionach.

Przeprowadzone doświadczenie wykazało, że podczas wystąpienia zjawiska samonagrzewania następuje spadek ogólnej zawartości steroli. Po I etapie powolnego wzrostu temperatury straty w całkowitej zawartości steroli wynosiły 10% natomiast w dalszym etapie straty wzrosły do poziomu 22%. Największej degradacji ulegały stigmasterol i awenasterol. Ich straty podczas I etapu wynosiły odpowiednio: 38% i 25% natomiast podczas II etapu wzrosły do poziomu 69% i 41%. Straty brassikasterolu i campesterolu w I etapie były zbliżone i wynosiły 15-16% natomiast sitosterolu 3%. W II etapie straty te wzrosły do poziomu 16-21%. Z literatury wynika, że podczas 12 miesięcznego okresu przechowywania nasion rzepaku o wilgotności 7% w temperaturze 20°C straty fitosteroli na poziomie 13%. Jak widać z uzyskanych wyników straty tego rzędu podczas wystąpienia zjawiska samonagrzewania mogą wystąpić już po I etapie powolnego wzrostu temperatury.

W przechowywanych nasionach rzepaku badano również zawartość ergosterolu jako wskaźnika obecności grzybów pleśniowych. Stężenie ergosterolu w nasionach rzepaku po zbiorze wynosiło $5,23 \text{ mg kg}^{-1}$. Uzyskane wyniki wskazują na wysokie zanieczyszczenie mikrobiologiczne nasion po zbiorze. W literaturze można znaleźć założenia, że dla ziarna zdrowego zakres stężenia ergosterolu powinien zawierać się w przedziale 1 - 9 mg kg^{-1} . W przeprowadzonym doświadczeniu, podczas I etapu przechowywania nasion stężenie ergosterolu wzrosło do poziomu $8,30 \text{ mg kg}^{-1}$. Świadczy to o przyroście grzybów pleśniowych jednak wizualnie nasiona nie wykazywały oznak pleśnienia i według ww. zakresu były nasionami zdrowymi. Podczas II etapu na nasionach rzepaku pojawiły się widoczne grzyby pleśniowe i uległy one całkowitemu zbryleniu. Bardzo mocne skażenie grzybami pleśniowymi materiału potwierdziła bardzo wysoka zawartość ergosterolu (160 mg kg^{-1}).

W próbie kontrolnej zawartość związków fenolowych ogółem wynosiła $20408,2 \text{ mg kg}^{-1}$. Przeprowadzone doświadczenie samonagrzewania nasion rzepaku wykazało, że proces ten znacząco obniża ich zawartość. Podczas I etapu przechowywania stwierdzono spadek związków fenolowych ogółem o 16%. Szybki wzrost temperatury w czasie II etapu przechowywania nasion rzepaku spowodował dalszy spadek związków fenolowych ogółem o dalsze 16%. Dominującym kwasem fenolowym był kwas sinapowy i jego niskocząsteczkowa pochodna. Podczas przechowywania nasion, nastąpił spadek zawartości kwasu protokatechowego, kawowego, p-kumarowego, ferulowego oraz pochodnej kwasu sinapowego. Stwierdzono natomiast znaczący wzrost kwasu sinapowego i p-hydroksybenzoesowego. Wzrost kwasu sinapowego nastąpił o 250 % w I etapie i o kolejne 70% w II etapie. W przypadku kwasu p-hydroksybenzoesowego stwierdzono wzrost jego zawartości o około 180 % zarówno w I jak i w II etapie przechowywania nasion.

Przeprowadzone doświadczenie dotyczące samonagrzewania złoza rzepaku wykazało znaczące zmiany jakości technologicznej i mikrobiologicznej nasion zarówno podczas I etapu powolnego wzrostu temperatury jak i podczas etapu II, szybkiego wzrostu temperatury. Tempo tych zmian było zróżnicowane. W I etapie odnotowano wolniejszy przyrost liczby kwasowej (AV) oraz ergosterolu w stosunku do etapu II. Natomiast degradacja związków biologicznie aktywnych takich jak sterole roślinne i związki fenolowe ogółem była porównywalna podczas obu etapów. W przypadku tokoferoli odnotowano dwukrotnie większą utratę tych związków podczas etapu I w stosunku do etapu II. Szczegółowa analiza kwasów fenolowych wykazała znaczący wzrost podczas I etapu kwasu sinapowego przy jednoczesnym spadku niskocząsteczkowej pochodnej tego kwasu.

Jak wynika z przedstawionych zmian proporcji poszczególnych składników można stwierdzić, że pierwszy etap zjawiska samonagrzewania nie dyskwalifikował nasion rzepaku jako surowca na cele techniczne (4.B.IV i 4.B.VII). Wobec tego postawiono hipotezę badawczą, która mówiła, że wykrycie zjawiska samonagrzewania w pierwszym jego stadium może jeszcze zminimalizować koszty związane ze stratami materiału. W związku z tym zaplanowano kolejne etapy badań mające na celu eksperymentalną weryfikację hipotezy badawczej oraz wirtualny opis I-go etapu zjawiska na drodze symulacji komputerowej. W tym celu wykonano eksperyment z użyciem elementów grzejnych zainstalowanych w złożu nasion w modelowym silosie oraz weryfikację tych badań za pomocą symulacji komputerowych DEM (Discrete Element Method). W świetle obowiązujących norm odnośnie monitorowania warunków przechowywania skupiono się na poznaniu maksymalnej odległości od gniazda ciepłego do sondy temperatury, która pozwala na skuteczne jego wykrycie. Dodatkowo określono wpływ oddziaływania stalowej ściany zbiornika na rozkład temperatur w złożu nasion rzepaku. Badania wykonano w tym samym modelowym silosie oraz takiej samej odmianie nasion rzepaku Suzy. Ponieważ w walcowym zbiorniku w poprzednich badaniach eksperyment miał charakter osiowosymetryczny (podobne rezultaty badań znaleziono w literaturze), element grzejny stanowiła mata ulokowana tuż nad dnem zbiornika na cienkiej warstwie nasion zajmująca około połowy powierzchni dna. Zestawy sond temperatury ulokowane były pionowo, tuż przy ścianie silosu oraz obok jego geometrycznego środka. Temperaturę w eksperymencie zwiększano zgodnie z postępowaniem zarejestrowanym w trakcie zjawiska samonagrzewania tj. przez pierwsze sześć dni 1°C na dzień (do 150 godz.), w dwóch ostatnich 2°C (od 150 do 190 godz.). Identyczne parametry eksperymentu założono dla symulacji komputerowej w, której wykorzystano model transferu energii cieplnej znany z literatury do opisu jej propagacji w materiałach proszkowych. Parametry materiałowe złoza

nasion takie jak, promień nasiona rzepaku, gęstość złoza, moduł Younga, współczynnik restytucji, współczynnik tarcia, pojemność cieplną oraz współczynnik przewodności cieplnej przyjęto na podstawie danych literaturowych i badań własnych. Opis metodyki badań znajduje się w publikacji 4.B.VII.

Wyniki badań uzyskane w ramach trzech niezależnych eksperymentów (zjawisko samonagrzewania, eksperyment z elementem grzejnym, symulacja DEM) odnośnie sposobu dystrybucji energii cieplnej w złożu rzepaku były zbieżne w kilku aspektach.

We wszystkich trzech przypadkach odnotowano wpływ oddziaływania stalowej ściany na rozkład temperatury w metalowym silosie. Odnotowane różnice pomiędzy temperaturą wewnątrz złoza, a obszarem przy ścianie wynosiły około 6°C dla zjawiska samonagrzewania, 8°C dla eksperymentu z płytą grzejną i symulacji DEM. Powodem różnic jest kilkadziesiąt krotnie większa przewodność cieplna stali, z której była wykonana ściana silosu w stosunku do przewodności cieplnej nasion rzepaku. Energia cieplna była znacznie lepiej absorbowana przez ścianę zbiornika i rozpraszana na zewnątrz układu, niż poprzez warstwę złoza nasion wraz z przestrzeniami międzyziarnowymi. Podobne wyniki badań odnotowano w literaturze dla ziarna pszenicy i ryżu.

Kolejnym ważnym aspektem badań podejmowanym w monotematycznym cyklu publikacji było określenie maksymalnej odległości źródła emisji cieplnej od sondy temperatury przy, której jest jeszcze możliwe wykrycie zmian temperatury w złożu rzepaku. Uzyskane wyniki badań wskazują na pewną rzeczywistą odległość od źródła emisji cieplnej, która dla układu sond w eksperymencie samonagrzewania wynosiła około 0,5 m w kierunku pionowym, a dla eksperymentu z elementem grzejnym na dnie zbiornika 0,5-0,6 m. W przypadku elementu grzejnego umieszczonego przy ścianie zbiornika odległość ta wynosiła około 0,7 m. Wyniki badań znajdują się w publikacjach 4.B.III, 4.B.IV i 4.B.VII. Ponieważ parametry materiałowe złoza nasion innych gatunków są zbliżone do parametrów rzepaku, wyniki badań można z pewnym przybliżeniem odnosić do szerokiej grupy materiałów sypkich pochodzenia rolniczego.

Istotnym z poznawczego punktu widzenia, ale także praktycznego było zastosowanie metody komputerowej do opisu dystrybucji temperatury wewnątrz złoza w modelowym silosie. Metoda elementów dyskretnych głównie swoje zastosowanie znalazła w analizie oddziaływań między cząstkami, bardzo dobrze sprawdziła się w mechanice ośrodków sypkich, w analizie oddziaływań wewnątrz warstwy ziarna. Zastosowanie jej do opisu dystrybucji energii cieplnej w złożu ziarna w metalowym silosie stanowiło pewną nowość. Pomimo ograniczeń związanych z efektem skali oraz brakiem możliwości ujęcia wpływu konwekcyjnego sposobu

przekazywania energii metoda symulacji DEM potwierdziła swoją przydatność do analizy rozkładu temperatury w złożu nasion w silosie i opisu zjawiska samonagrzewania. W symulacjach wykorzystano znany z literatury matematyczny model dystrybucji temperatury, który stosowany był do tej pory do jej opisu dla materiałów proszkowych. Przyrosty temperatur w złożu rzepaku realizowane za pomocą elementu grzejnego na wzór postępu zjawiska samonagrzewania, a zweryfikowane metodą komputerową w analogicznych obszarach w silosie wykazywały dużą zgodność, zarówno przy ścianie silosu jak i w jego centralnej części. Wyniki symulacji komputerowych eksperymentu z płytą grzejną znakomicie zobrazowane są na wykresach przedstawiających poszczególne przekroje silosu, na których izoliniami zaznaczone są obszary poszczególnych wartości temperatur. Szczególnie wyraźnie widać na nich osiowosymetryczny charakter dystrybucji temperatury w silosie walcowym w przekrojach poprowadzonych równoległe do osi pionowej. Wyniki badań ujęte są w publikacji 4.B.VII.

Zdobyta w trakcie ww. badań wiedza teoretyczna była równoległe wykorzystywana do celów praktycznych. W ramach projektu aplikacyjnego realizowanego ze środków programu Innowacyjna Gospodarka powstała linia technologiczna do pozyskiwania prozdrowotnego oleju rzepakowego. Jednym z istotnych jej elementów było opracowanie metody i zaprojektowanie urządzenia do bezpiecznego przechowywania rzepaku o wyjątkowej funkcjonalności i jakości technologicznej. Kierując się doświadczeniem zdobytym w pracy naukowej oraz korzystając ze znanych światowych rozwiązań technicznych zaproponowano bezpieczną metodę przechowywania ziarna. Metoda i urządzenie skierowane są na potrzeby małych podmiotów gospodarczych wytwarzających olej metodą ekologiczną, gdzie utrzymanie wysokiej jakości surowca do momentu wytłoczenia jest nadrzędnym priorytetem. W odróżnieniu od istniejących rozwiązań zaprojektowany silos posiada możliwość dosuszania i ochładzania nasion w trakcie przechowywania poprzez zastosowanie promieniowego obiegu czynnika susząco-chłodzącego. Wyposażenie silososuszarni w zestawy czujników temperatury i wilgotności zapewnia automatyczne zaprogramowanie procesu suszenia, a następnie ochładzania nasion. Pracując w układzie zamkniętym istnieje możliwość wypełniania silosu gazem obojętnym, np. azotem. W związku z tym jego konstrukcja różni się od klasycznych rozwiązań stosowanych w przechowalnictwie. Silos posiada cylindryczną obudowę pokrytą od góry stożkowym dachem, a od dołu zamkniętą stożkowym lejem, osadzony współosiowo w tej obudowie cylindryczny zbiornik ze stożkowym lejowym dnem, zespół przygotowania powietrza, osprzęt pomiarowy i sygnalizacyjny, rurę transportu pneumatycznego. Silos charakteryzuje się tym, że ściana wewnętrzna cylindrycznego zbiornika i stożkowe lejowe dno wykonane są z perforowanej blachy, a wewnątrz tego cylindrycznego zbiornika jest osadzona

współosiowo cylindryczna, perforowana rura w której jest przesuwany czop zawieszony na linii wyprowadzonej poprzez układ krążków na zewnątrz silosu. Takie rozwiązanie umożliwia promieniowy obieg powietrza, które przemieszcza się od osi zbiornika w kierunku ściany, gdzie warstwa nasion stawia najmniejszy opór przepływu ze względu na krótką drogę, którą pokonuje. Zaletą tego rozwiązania, w odróżnieniu od klasycznych metod, w których czynnik suszący pracuje w obiegu pionowym, jest zminimalizowanie możliwości wystąpienia niekorzystnych zjawisk biologicznych w złożu, w tym zjawiska samonagrzewania poprzez efektywniejszy przepływ powietrza. W roku 2012 metoda i urządzenie zostało zgłoszone do ochrony patentowej (P-397806/2012-01-16). W chili obecnej posiada ochronę prawną jako wzór przemysłowy Wp-19298/2012-02-21, który został wpisany w osiągnięcie monotematycznego cyklu (4.B.VIII.). Szczegółowy opis rozwiązań zastosowanych w silososuszarni zawarte jest w publikacji 4.B.VI.

4.B.III. **Rusinek R.**, Rybczyński R. 2010. System monitorowania warunków przechowywania nasion. Wpływ Procesów Technologicznych na Właściwości Materiałów i Surowców Roślinnych Rozdział 12, 145-154 - Wydawnictwo Naukowe FRNA, ISBN: 978-83-60489-17-8, (3 pkt. MNiSW).

4.B.IV. Tys. J. **Rusinek R.**, 2011. Suszenie i przechowywanie rzepaku. Rozdział 4. Przechowywanie nasion. Monografia z cyklu: Teraz rzepak Teraz olej. Tom V. Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju. ISBN 978-83-927541-7-6. Str. 39-54. (3 pkt. MNiSW).

4.B.VI. **Rusinek R.**, Tys J., Horabik J. 2012. Koncepcja stalowego zbiornika do suszenia i bezpiecznego przechowywania nasion rzepaku. Przegląd Budowlany. Nr 4, 89-91. (4 pkt. MNiSW).

4.B.VII. **Rusinek R.**, Kobyłka R. 2014. Experimental study and discrete element method modeling of temperature distributions in rapeseed stored in model bin. Journal of Stored Product Research, 59, 254-259, (35 pkt. MNiSW, IF = 2,046).

4.B.VIII. Tys J., **Rusinek R.**: Silos. Numer i data zgłoszenia: Wp-19298/2012-02-21 Numer i data uzyskania: 18652/2012-05-16

2. Wpływ wybranych parametrów fizycznych na punkt olejowy

Jedną z ekologicznych metod pozyskiwania oleju z nasion jest „tłoczenie na zimno”. Jest to metoda prosta technologicznie, nie wymaga dużych nakładów inwestycyjnych i energetycznych, zarazem jest czysta ekologicznie. Dużą jej wadą jest niska wydajność, która zależy od cech odmianowych nasion, stopnia dojrzałości, wilgotności, jak również od

parametrów suszenia i przechowywania. Teoria klasyczna tłoczenia oleju zakłada, że podczas tego procesu następuje pęknięcie ścian komórkowych i przemieszczenie oleju poza obszar komórki oraz jego filtracja przez złożę. Olej związany jest określoną energią wiązania ze szkieletem tkanki. Oznacza to, że znajduje się on pod ciśnieniem mniejszym od atmosferycznego. W normalnych warunkach, gdy na nasiona nie działa ciśnienie większe od atmosferycznego, nie ulega przemieszczaniu na zewnątrz nasiona. Podczas ściskania nasion, część obciążenia przejmuje szkielet tkanki ulegając deformacji, zaś kolejną część obecny w niej olej. Przyrost ciśnienia w zdeformowanej tkance powoduje zerwanie sił przylegania i napięcia powierzchniowego, a zarazem uzyskanie przez olej mobilności i jego przepływ do innych obszarów osrodka porowatego. Wypływ oleju poza ściany nasion jest oznaką osiągnięcia punktu olejowego (4.B.I i 4.B.V).

Poszukiwanie optymalnych parametrów punktu olejowego jest związane z temperaturą i wilgotnością nasion, historią parametrów przechowywania i czasem. Suszenie, przechowywanie oraz tłoczenie stanowią pewien ciąg technologiczny, ale wymagają różnych, często przeciwstawnych warunków fizycznych. Suszenie materiału biologicznego sprzyja prawidłowemu przebiegowi operacji przechowywania. Najczęściej stosowane są dwie metody: niskotemperaturowa i wysokotemperaturowa. Metoda niskotemperaturowa jest energooszczędna, przebieg osuszania nasion jest tu łagodniejszy, ale za to bardziej czasochłonny w odróżnieniu od wysokotemperaturowej. W niniejszym cyklu prac zawarto wyniki badań podatności nasion na wyolejanie, określone wyznaczonymi w trakcie testu parametrami mechanicznymi (ciśnienie na tłoku, energia, przemieszczenie względne). Test na wyolejanie opisuje wytrzymałość nasion na ściskanie, które jest ważnym parametrem we wszystkich procesach technologicznych z ich udziałem. Testy punktu olejowego wykonano zgodnie ze znaną z literatury metodą przy użyciu metalowego cylindra z tłokiem umieszczonego w maszynie wytrzymałościowej. Napór tłoka na próbkę mierzony w momencie pojawienia się oleju był określany jako punkt olejowy. W wyniku pomiarów otrzymywano wartości siły w funkcji przemieszczenia względnego tłoka. Na przykładzie rzepaku odmiany Elektra, Livius oraz Californium określono wpływ czasu przechowywania i temperatury suszenia na ciśnienie, energię i odkształcenie względne punktu olejowego. Przeprowadzone badania wykazały wpływ długości przechowywania nasion po suszeniu na energię potrzebną do uzyskania punktu olejowego. Wraz ze wzrostem czasu przechowywania energia malała. Wzrost czasu przechowywania rzepaku po suszeniu zmniejszał poziom odkształcenia względnego ściskanej próbki do uzyskania punktu olejowego. Średnio na przestrzeni 12 miesięcy energia deformacji zmalała o około 20 - 25% wartości początkowej.

Naprężenia w punkcie olejowym nie zmieniały się istotnie ze względu na sposób suszenia, ani długość przechowywania po suszeniu. Nieznaczny spadek odnotowano dla odmiany Californium przy zastosowaniu metody wysokotemperaturowej (100°C) szczególnie w stosunku do próbki kontrolnej bezpośrednio po suszeniu. Szczegółowe wyniki badań zawarto w publikacji 4.B.I.

Wzrost zainteresowania konsumentów produktami naturalnymi bogatymi w składniki biologicznie aktywne, wpływającymi pozytywnie na zdrowie, powoduje rozwój nowych lub zagospodarowanie zapomnianych nasion roślin oleistych, mających często unikalny skład zarówno kwasów tłuszczowych jak i substancji bioaktywnych. Renesans alternatywnych w stosunku do powszechnie występujących w obrocie gatunków roślin oleistych można zauważyć szczególnie w branży farmaceutycznej, kosmetycznej oraz chemicznej. W świetle tych informacji podjęto próbę przeanalizowania grupy roślin oleistych pod kątem możliwości zastosowania klasycznej metody pozyskiwania oleju. Celem badań było określenie podatności na wyolejanie (punkt olejowy) nasion z ww. grup: pigwy, krokosza, czarnuszki, rzeżuchy siewnej, maziczki, fałdzistki, rokitnika, ogórecznika, wiesiołka, gorczyca białej, żmijowca, dzikiej róży, lnianki, lnu, rzepiku, katanu, słonecznika, rzodkwi. Materiałem referencyjnym były nasiona rzepaku kilku odmian powszechnie uprawianych w kraju. Wyniki badań pozwoliły na sklasyfikowanie nasion roślin oleistych w siedmiu zasadniczych grupach pod względem podatności na wyolejanie określone za pomocą ciśnienia punktu olejowego. Jest to ważna informacja z dwóch powodów. Po pierwsze, ponieważ urządzenia do pozyskiwania oleju ekologiczną metodą na zimno zazwyczaj są dedykowane do pewnego zakresu ciśnień roboczych. Stąd, w praktyce typowe urządzenia powszechnie stosowane przy pozyskiwaniu oleju z popularnego rzepaku, którego punkt olejowy wynosił około 11 MPa (grupa 10-15 MPa także: len, lnianka, rzodkiew, gorczyca, wiesiołek, ogórecznik) nie mogą być wykorzystywane do nasion, których punkt wyolejania jest kilkukrotnie wyższy. Drugi aspekt dotyczy zachowania się nasion w trakcie długotrwałego przechowywania w silosach. Punkt olejowy nasion mówi o pewnym granicznym stanie naprężeń w złożu nasion, występującym w niekorzystnych warunkach w silosie (np. przy źle zaprojektowanym procesie technologicznym i przy niesprzyjających warunkach atmosferycznych), po przekroczeniu, którego nasiona samoistnie się wyolejają. W konsekwencji nasiona mogą ulec zbryleniu i zaczopowaniu, co w dalszym etapie może spowodować wytworzenie w złożu destrukcyjnych naprężeń przekraczających przyjęte w obliczeniach za dopuszczalne dla danej konstrukcji.

W badanych nasionach oznaczono zawartość oleju. W wyniku badań stwierdzono wzrost poziomu punktu olejowego wraz z spadkiem jego zawartości w nasionach, co wydaje

się naturalna tendencją. Wraz ze wzrostem wilgotności nasion wzrastał poziom punktu olejowego. Pomimo wysokiej zawartości oleju w nasionach dzikiej róży (51,95%) i kataranu (29,13%) nie oznaczono punktu olejowego stosując standardową metodę w zakresie ciśnień do 100 MPa. Najprawdopodobniej związane jest to z odmienną budową nasiona, w której olej silniej związany jest na poziomie komórkowym. Metodyka badań wraz z wynikami została ujęta w publikacji 4.B.V.

Zebrane doświadczenie w pracy badawczej w zakresie pozyskiwania oleju metodą na zimno znalazło praktyczne zastosowanie przy realizacji projektu linii technologicznej do ekologicznego pozyskiwania oleju z nasion rzepaku. Istotą zgłoszonej do ochrony patentowej technologii (P.401881/2012-12-04) jest poddanie wyselekcjonowanych, umytych i wysuszonych nasion rzepaku procesowi tłoczenia w prasie ślimakowej. W odróżnieniu od tradycyjnych metod tłoczenia na zimno opracowana technologia spełnia reżymy braku dostępu tlenu i światła, zaś proces odbywa się w atmosferze gazu obojętnego, przy temperaturze nie przekraczającej 40°C. Wyeliminowanie z technologii ww. niekorzystnych czynników daje możliwość pozyskiwania oleju o pierwotnym, niezmienionym i pożądanym z punktu widzenia konsumenta składzie kwasów tłuszczowych i związków bioaktywnych.

4.B.I. **Rusinek R.**, Gawrysiak-Witulska M. 2008. Test olejowy nasion rzepaku suszonych metodą nisko i wysokotemperaturową. Wydawnictwo Naukowe FRNA, Komitet Agrofizyki PAN 2008 "Metody Fizyczne Diagnostyki Surowców Roślinnych i Produktów Spożywczych". Rozdział 8, 107-116. ISBN: 978-83-60489-08-6. (3 pkt. MNiSW).

4.B.V. **Rusinek R.**, Rybczyński R., Tys J., Gawrysiak-Witulska M., Nogala-Kałucka M., Siger A. 2012. The proces for non-typical seeds during simulated cold deep oil expression. Czech Journal of Food Sciences, Vol. 30, No 2: 126-134. (20 pkt. MNiSW, IF = 0,685)

Wnioski

1. Urządzenie umożliwia w łatwy sposób wyznaczanie na drodze eksperymentalnej dla każdego materiału sypkiego zależności obciążenia pionowego i wielkości naporu na ściany boczne i dno prostopadłościennego zbiornika. Uzyskane dane naporów na ściany urządzenia pozwalają przewidywać rzeczywiste obciążenie w zbiornikach. Najważniejszą cechą urządzenia jest to, że umożliwia dokonanie pomiaru naporu poziomego w różnych kierunkach co pozwala określić anizotropię rozkładu. W wyniku badań pomiaru naporu wykazano istotny wpływ geometrii

przyrządu pomiarowego na wynik. W przypadku edometru prostopadłościennego wpływ na wynik miała szerokość warstwy złoza. Szerokość warstwy złoza poniżej 11 średnic cząstki ośrodka istotnie zaniżała wyniki badań.

2. Podobne wyniki uzyskano w badaniach pomiaru parcia za pomocą przetworników membranowych. Wyznaczono minimalny stosunek średnicy membrany przetwornika do średniej średnicy cząstki ośrodka, który wynosił 15. Przy zachowaniu tej zależności oraz reżimu około 150 kontaktów cząstek z membraną pomiarową wyniki badań naporu nie były obciążone błędem.

3. W wyniku badań zjawiska samonagrzewania stwierdzono, że z fizycznego punktu widzenia istnieją dwie prędkości rozwoju tego zjawiska w złożu rzepaku, które można opisać za pomocą zmian temperatury. Pierwszy etap do około 150 godziny, gdzie dobowy przyrost temperatury wynosi około 1°C , zaś drugi, który następuje później jest bardziej dynamiczny, z dobowymi przyrostami temperatury w zakresie $2\text{-}3^{\circ}\text{C}$.

4. Z uzyskanych wyników badań zawartości tokoferoli, liczby kwasowej, związków fenolowych, plastrochromanolu-8 i ergosterolu wnioskowano, że po I etapie powolnego przyrostu temperatury nasiona zachowują jeszcze swoją przydatność technologiczną np. na cele techniczne (biopaliwo), natomiast nasiona, w których wystąpiło zjawisko znacznego przyrostu temperatury (II etap) są zupełnie nieużyteczne z dalszego wykorzystania. Także w ocenie organoleptycznej wykazują znaczne cechy zbrzylenia i degradacji jakościowo-technologicznej.

5. W walcowym silosie zjawisko samonagrzewania występujące w poziomej warstwie nasion ma charakter osiowosymetryczny. Zmierzone wartości temperatury wzdłuż poziomej osi liczone od środka geometrycznego warstwy w kierunku ściany malały.

6. Uzyskano zgodność wyników trzech rodzajów eksperymentów w zakresie sposobu dystrybucji temperatury w złożu nasion rzepaku w metalowym walcowym silosie dla zjawiska samonagrzewania, eksperymentu z elementem grzejnym i symulacji komputerowych.

7. Istotnym z poznawczego punktu widzenia, ale także praktycznego było zastosowanie metody komputerowej DEM do opisu dystrybucji temperatury wewnątrz złoza w modelowym silosie. Dotychczas metoda ta z powodzeniem stosowana była jedynie do analizy oddziaływań pomiędzy cząstkami w mechanice ośrodków sypkich. Wykorzystanie jej z powodzeniem w przewidywaniu zmian temperatury jest nowym i oryginalnym osiągnięciem. Potwierdzono także przydatność zastosowania modelu dystrybucji energii cieplnej w roślinnych materiałach sypkich znanego z mechaniki proszków.

8. We wszystkich rozważanych przypadkach wyraźnie odnotowano wpływ oddziaływania stałej ściennej silosu na redystrybucję temperatury na zewnątrz układu. Wynika to z

kilkadziesiąt krotnie większej przewodności cieplnej metalu w stosunku do układu nasion wraz z przestrzeniami międzyciarnowymi (przestrzenny układ ciała stałego z gazem).

9. Istotnym wnioskiem wynikającym z przeprowadzonej serii badań było zweryfikowanie proponowanego przez normy rozmieszczenia siatki sond w silosie, pod względem skuteczności monitoringu niekorzystnych zjawisk cieplnych. Uzyskane wyniki badań wskazują, że maksymalna odległość od źródła emisji cieplnej do sondy temperatury, która jest w stanie wykryć jej zmiany w złożu rzepaku wynosiła około 0,5 – 0,7 m. Ze względu na to, że parametry materiałowe złoży innych gatunków ziaren (np. pszenica, ryż, kukurydza itp.) są zbliżone do parametrów rzepaku, wyniki badań można z pewnym uproszczeniem odnosić także do innych materiałów.

10. Czas przechowywania nasion wszystkich badanych odmian najbardziej różnicował wartości energii punktu olejowego i odkształcenia względnego. Spadek poziomu deformacji próbek ze wzrostem czasu przechowywania powodował spadek energii potrzebnej do osiągnięcia punktu olejowego. Wraz ze wzrostem czasu przechowywania materiał tracił właściwości sprężyste. Wolne przestrzenie powstałe na skutek kurczenia się komórki ułatwiały migrację oleju na zewnątrz nasiona. Skutkowało to skróceniem drogi przemieszczenia tłoka do uzyskania punktu olejowego przy zachowaniu podobnego poziomu naprężenia.

11. Największe różnice w wartości ciśnienia punktu olejowego oraz jego energii wynikały z różnic odmianowych rzepaku. W przypadku odkształcenia względnego nie wykazano takiej tendencji. Dla wszystkich rozpatrywanych parametrów nie wykazano różnic ze względu na metodę suszenia.

12. Zastosowanie testu olejowego do badań szerokiej grupy nasion roślin oleistych pozwoliło na sklasyfikowanie ich pod względem podatności na wyolejanie. Najliczniejsza grupa nasion opisana za pomocą ciśnienia i energii punktu olejowego była skupiona wokół rzepaku, dla którego najpowszechniej stosowane są urządzenia do tłoczenia na zimno. Przemieszczenie względne tłoka było parametrem, który nie różnicował wyników badań rozpatrywanych gatunków nasion. W większości przypadków wyższa zawartość oleju w nasionach powodowała spadek ciśnienia punktu olejowego. Jednak wśród 27 gatunków nasion właściwości kilku z nich odbiegały od ogólnego trendu. Mimo wysokiej lub bardzo wysokiej zawartości oleju słabo wyolejały lub w zakresie zastosowanych ciśnień nie osiągnięto punktu olejowego. Wynika to z odmiennej budowy nasiona i silniejszego wiązania oleju.

13. Zdobyta w trakcie badań wiedza teoretyczna zawarta w monotematycznym cyklu publikacji została wykorzystana przy pracy nad projektowaniem procesów technologicznych z udziałem rzepaku. Opracowana została kompleksowa metoda i urządzenia techniczne do bezpiecznego

przechowywania rzepaku o wysokiej jakości technologicznej oraz procedura pozyskiwania z nich ekologicznego, prozdrowotnego oleju. Kolejnym spójnym zawodowo krokiem mojej pracy naukowej będzie adaptacja technik pomiaru substancji lotnych do zastosowania w przechowalnictwie.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

W latach 1994 – 1999 studiowałem w Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej na kierunku Samochody i Ciągniki. Tytuł magistra inżyniera uzyskałem po uprzedniej obronie pracy magisterskiej pt. „Analiza stanu naprężeń w glebie pod kołami pojazdu”, którą wykonałem pod kierunkiem dr hab. inż. Jarosława Pytki. Moje pierwsze doświadczenia w pracy naukowej w Instytucie Agrofizyki zaczęły się jeszcze na piątym roku studiów w ramach praktyk, podczas których analizowałem rozkład naprężeń w złożu pszenicy w modelowym silosie wywołane cyklicznymi obciążeniami statycznymi. Dzięki uprzejmości Dyrekcji część badania terenowych do pracy magisterskiej wykonałem w na poletku doświadczalnym Instytutu Agrofizyki. Ponieważ moje zainteresowania naukowe były zbieżne z tematyką badawczą prowadzoną w Zakładzie Fizycznych Właściwości Materiałów Roślinnych, a różniły się jedynie obiektem badań tj. materiałem sypkim pochodzenia rolniczego, naturalną kolejną rzeczą stało się, że podjąłem próbę pracy z nowym materiałem badawczym właśnie w Instytucie Agrofizyki PAN. Swoje pierwsze kroki w pracy naukowej stawiałem pod kierunkiem prof. dr hab. Józefa Horabika, uczestnicząc w realizacji tematu pt. „Procesy fizyczne w roślinnych ośrodkach sypkich”, gdzie zajmowałem się analizą stanu naprężeń w złożu ziarna. W ramach działalności naukowej powstały następujące prace twórcze: A.1.1, A.1.2, A.1.3, A.1.4, A.1.5, A.1.6, A.4.1, A.4.2, A.4.3, A.4.4, A.4.5, a wyniki badań były prezentowane na konferencjach krajowych i międzynarodowych (A.2.1, A.2.2, A.2.3, A.2.4, A.3.1, A.3.2, A.3.3, A.3.4). Równolegle, w latach 1999 – 2002 uczestniczyłem w realizacji projektu badawczego 5 P06F 021 17 pt. „Opracowanie charakterystyki właściwości fizycznych sypkich surowców spożywczych” finansowanego przez Komitet Badań Naukowych. W ramach pracy w projekcie zajmowałem się opisem teoretycznym i badaniami eksperymentalnymi podstawowych parametrów mechanicznych ośrodków sypkich pochodzenia biologicznego, które są istotne przy projektowaniu przemysłowych procesów technologicznych z ich udziałem. Z racji doświadczenia, szczególne zainteresowanie poświęciłem obszarowi związanemu z analizą stanu naprężeń w złożu ziarna, ilorazowi naporu, oporom tarcia wewnętrznego i zewnętrznego. W trakcie realizacji projektu uczestniczyłem w pracach projektowych znormalizowanych

urządzeń badawczych: aparatu jednoosiowego ściskania, aparatu bezpośredniego ścinania, aparatu do badania kąta zsyphu, na których następnie realizowałem badania eksperymentalne. Wyniki badań z tego okresu posłużyły do przygotowania kilku oryginalnych prac naukowych (A.1.7, A.1.8, A.1.10, A.1.12) oraz były przedstawiane na konferencjach krajowych i międzynarodowych (A.2.7, A.2.9, A.2.11, A.2.12, A.3.5, A.3.7, A.3.9, A.3.10, A.3.11, A.3.12, A.3.13, A.3.14, A.3.15).

W roku 2001 aplikowałem z powodzeniem do Komitetu Badań Naukowych o grant dla młodych naukowców. Projekt pt. „Opracowanie i wykonanie głowicy pomiarowej do wyznaczania naprężeń lokalnych w złożu ziarna”, nr: 6 P06T 010 21 realizowałem w latach: 2001 – 2002. Celem projektu było wykonanie urządzenia pomiarowego i zaadaptowanie metody pomiaru naprężeń znanej z mechaniki gleb do wyznaczania rozkładu parcia w materiałach sypkich pochodzenia rolniczego. W ramach projektu zaprojektowano i wykonano specjalną głowicę pomiarową z układem sześciu czujników z membraną z duraluminium (tzw. czujniki z membraną sprężystą). Wykonane przy pomocy urządzenia badania posłużyły do opracowania prac twórczych (A.1.9, A.1.11, A.4.6), wyniki badań były także przedstawiane na konferencjach krajowych i międzynarodowych (A.2.4, A.2.5, A.2.6, A.2.8, A.2.10, A.3.6). W ramach działalności statutowej zajmowałem się zastosowaniem czujników z cieczą pośredniczącą (tzw. czujniki z membraną podatną, w tym przypadku gumową) do pomiaru parcia materiałów sypkich pochodzenia rolniczego. Idea pomiaru za pomocą tego rodzaju przetworników została również zapożyczona z mechaniki gleb. Jednak i w tym wypadku, na rzecz pomiarów naporu w rolniczych ośrodkach sypkich, zaprojektowano i wykonano czujniki o zwiększonej powierzchni membrany czynnej oraz odpowiednio niższym zakresie pomiarowym.

Dnia 26 października 2001 otworzyłem przewód doktorski. Z wynikiem pozytywnym zdałem egzaminy z fizyki z elementami agrofizyki, uprawy roli i roślin z elementami nasionoznawstwa oraz języka angielskiego wyznaczone przez Radę Naukową IA PAN.

W latach 2003 – 2004 w ramach działalności statutowej współpracowałem przy opracowaniu metody pomiaru ekspansji ciasta podczas obróbki termicznej, co zaowocowało publikacją A.1.13 oraz patentem B.4.3, na który została podpisana umowa licencyjna z firmą zajmującą się produkcją aparatury naukowo-badawczej (A.3.8)

W 2004 roku aplikowałem do ówczesnego Komitetu Badań Naukowych o środki finansowe na dokończenie badań do rozprawy doktorskiej. W projekcie promotorskim nr 2 PO6T 031 26 pt.: „Zastosowanie membranowych przetworników do wyznaczania naporu w roślinnych materiałach sypkich” byłem głównym wykonawcą, kierownikiem i zarazem

promotorem pracy doktorskiej był prof. dr hab. Józef Horabik. Celem projektu było doskonalenie technik pomiaru naporu za pomocą przetworników membranowych. Po przeanalizowaniu danych literaturowych oraz na podstawie doświadczeń własnych opracowano założenia metody pomiaru naporu ośrodka sypkiego przy pomocy przetwornika naporu z membraną sztywną. Opracowano specjalną konstrukcję uniemożliwiającą przenoszenie sił stycznych z powierzchni membrany na czujnik siły. W trakcie testów modernizowano i eliminowano kolejno błędy w konstrukcji przetwornika. Ostatecznie konstrukcja oparta była na założeniach połączenia tłok-tuleja. Wewnątrz walcowego korpusu z duralu zamontowano tłok, którego górna powierzchnia służy do zamocowania membrany przetwornika. Wykonano teflonowe połączenie ślizgowe pomiędzy tuleją a tłokiem umożliwiające swobodny ruch jedynie wzdłuż osi pionowej przetwornika. Tłok wraz z membraną podparto na czujniku siły, który zamontowany był w pokrywie dolnej korpusu (B.4.5). Wykonane w ramach projektu nowe przetworniki naporu wzbogaciły mój warsztat badawczy, w którym znajdowały się ich trzy rodzaje tj. z membraną podatną, membraną sprężystą oraz ww. z tłokowe z membraną sztywną.

Moja praca doktorska pt. „Iloraz naporu roślinnych materiałów sypkich” otrzymała pozytywne recenzje prof. dr hab. inż. Zbigniewa Ślipka oraz dr hab. inż. Stanisława Skoneckiego. Publiczna obrona pracy doktorskiej odbyła się 26 września 2005 w Instytucie Agrofizyki przed Komisją powołaną przez Radę Naukową IA PAN. W dniu 14 października 2005 nastąpiło zatwierdzenie przez Radę Naukową IA PAN stopnia doktora nauk rolniczych w zakresie agronomii-agrofizyki. W pracy doktorskiej przedstawiłem analizę teoretyczną stanu naprężeń w złożu ziarna w silosie zweryfikowaną doświadczalnie w zależności od zastosowanej operacji technologicznej: napełnianie silosu, magazynowanie lub opróżnianie.

Po obronie pracy doktorskiej, i awansie na stanowisko adiunkta w Zakładzie Fizycznych Właściwości Materiałów Roślinnych skupiłem się na pracy naukowej w obszarze bezpiecznego przechowywania materiałów sypkich, ze szczególnym akcentem na identyfikację niekorzystnych zjawisk fizycznych występujących w trakcie długotrwałego przechowywania, szczególnie nasion rzepaku. Podjęty kierunek stanowił dopełnienie zainteresowań naukowych w obszarze badań fizycznych właściwości materiałów sypkich pochodzenia biologicznego i w głównej mierze stanowi osiągnięcie rozprawy habilitacyjnej zawarte w podpunkcie 4.1. Równocześnie wciąż prowadziłem badania w zakresie pomiaru najważniejszych parametrów złoża ziarna, co pozwoliło na opracowanie publikacji: B.1.1, B.1.3 i B.1.9 oraz wystąpień na konferencjach: B.2.1, B.2.2, B.2.3, B.3.1, B.3.2, B.3.3, B.3.4, B.3.8 Z zakresu tej działalności

uzyskano ochronę patentową na prostopadłościenny edometr B.4.11 oraz wzory użytkowe na urządzenia dydaktyczne B.4.1, B.4.2.

W Zakładzie Fizycznych Właściwości Materiałów Roślinnych prowadzonym przez prof. Marka Molendę uczestniczyłem także w badaniach nad wyznaczaniem parametrów proszków spożywczych. Ten okres zaowocował powstaniem dwóch indeksowanych publikacji B.1.8, B.1.12.

W roku 2007 rozpocząłem współpracę z prof. dr hab. Wojciechem Rybińskim z Instytutu Genetyki Roślin PAN w Poznaniu, która zaowocowała kilkoma publikacjami z IF opisującymi różnice międzygatunkowe i genetyczne nasion roślin strączkowych B.1.5, B.1.6, B.1.11, B.1.20. W trakcie współpracy ze względu na posiadane doświadczenie zajmowałem się wyznaczaniem indywidualnych cech wytrzymałościowych ziaren poszczególnych gatunków i odmian (łędźwian, łubin biały i żółty, wąskolistny i andyjski, groch). Wyniki badań były prezentowane na branżowych konferencjach B.3.6, B.3.12. Równocześnie, w tym samym roku, ze względu na spójne zainteresowania naukowe nawiązałem współpracę z Zakładem Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. W ramach współpracy analizowano wpływ różnych czynników fizycznych istotnych w trakcie przechowywania na końcową jakość technologiczną nasion rzepaku. Badano wpływ warunków suszenia i przechowywania rzepaku na parametry punktu olejowego, który według klasycznej teorii stanowi pewien minimalny poziom ciśnienia zewnętrznego przyłożonego do nasion w wyniku, którego następuje pęknięcie ścian komórkowych i przemieszczenie oleju poza obszar komórki oraz jego filtracja przez złożę. Część badań z tego zakresu zostało wyodrębnione i opisane w monotematycznym cyklu publikacji. Pozostałe wyniki badań posłużyły do sporządzenia publikacji oraz były prezentowane na konferencjach B.1.4, B.1.10, B.2.4, B.2.6.

Tego samego roku aplikowałem z powodzeniem do Komitetu Badań Naukowych o środki finansowe na realizację projektu badawczego pt. „System monitorowania temperatury i wilgotności złoża rzepaku”, Nr N N310 3214 33, którym kierowałem w latach 2007 – 2010. Głównym naukowym celem realizacji projektu była fizyczna analiza zjawiska samonagrzewania na przykładzie nasion rzepaku, zaś celem praktycznym było określenie możliwości wykrywania tego rodzaju zjawiska poprzez znormalizowany układ sond zamontowanych w silosie. Na potrzeby realizacji projektu zaprojektowano i wykonano specjalne stanowisko pomiarowe, tj. silos o pojemności 3,5 m³ z zamontowaną wewnątrz siatką mikro sond do pomiaru temperatury i wilgotności wewnątrz złoża nasion. W rezultacie przeprowadzonych badań zarejestrowano zmiany temperatury i wilgotności względnej w trakcie procesu samonagrzewania nasion, określono przydatność do wykrywania zjawiska

zapropnowanej przez normy przestrzennej siatki sond temperatury. Wyniki badań zostały ujęte w następujące publikacje B.1.10, B.1.13, B.1.14, B.1.15, B.1.16, B.1.17, B.1.18 oraz były przedstawiane na konferencjach w formie referatów i plakatów B.3.5, B.3.9, B.3.10, B.3.13, B.3.14. W wyniku realizacji projektu powstał patent B.4.10 oraz wzór przemysłowy B.4.7. Po zakończeniu projektu tematyka badania dynamiki zmian temperatury i wilgotności z złożu ziarna była przeze mnie kontynuowana ramach działalności statutowej. Badania doświadczalne były weryfikowane przy pomocy symulacji komputerowych. Uzyskano zgodność wyników eksperymentalnych z wynikami symulacji metodą elementów skończonych (DEM). Wyodrębniona część badań stanowi osiągnięcie naukowe rozprawy habilitacyjnej i zawarte jest w podpunkcie 4.1.

W tym samym czasie, tj. w latach 2007-2010 współpracowałem przy realizacji projektu aplikacyjnego, którego celem było opracowanie alternatywnego ekologicznego oleju do smarowania pił łańcuchowych. Informacje odnośnie wyników badań zostały opublikowane w B.1.9 oraz prezentowane na konferencjach B.3.7, B.3.11.

Równocześnie z pracą naukową w ramach działalności statutowej w Instytucie Agrofizyki od 2010 roku do dnia dzisiejszego uczestniczę w realizacji aplikacyjnego projektu pt. „Produkcja ekologicznego oleju rzepakowego o wyjątkowych właściwościach prozdrowotnych”, Innowacyjna Gospodarka, Oś Priorytetowa 1: Badanie i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.3: Wsparcie Projektów B+R na rzecz przedsiębiorców realizowanych przez jednostki naukowe, Poddziałanie 1.3.1: Projekty rozwojowe. W projekcie pełnię funkcję specjalisty ds. realizacji linii technologicznej do produkcji prozdrowotnego oleju rzepakowego. W wykonaniu powierzonego zadania pomaga mi wiedza teoretyczna z zakresu mechaniki materiałów sypkich pochodzenia rolniczego zdobyta w trakcie pracy naukowej. Owocem pracy w projekcie było wytworzenie unikatowej linii technologicznej, która spełnia reżimy patentu europejskiego prof. dr hab. Jerzego Tysa odnośnie produkcji oleju „Kropla zdrowia” B.4.8, B.4.10, B.6.1. Projekt wraz z zespołem realizującym w 2012 roku dwukrotnie został nagrodzony, nagrodą Prestiż 2012 i Lubelski Orzeł Biznesu.

W ramach projektu pt.: „Opracowanie zaawansowanej technologicznie konstrukcji prasy silosującej o wysokim stopniu innowacyjności” w ramach II KONKURSU programu INNOTECH DLA ŚCIEŻKI PROGRAMOWEJ IN-TECH, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, 2012-2014. KONSORCJUM: R & D Centre INVENTOR Sp. z o.o. w Lublinie i Instytut Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w Lublinie, pracuję w zespole, w który zajmuję opracowaniem założeń dotyczących procesu zakiszania materiału roślinnego. Surowce kiszonkarskie, których parametry fizyczne są badane, to silnie rozdrobnione różnego rodzaju

zielonki, mokre ziarno, młóto browarnicze, wysłodki (materiał sypki o wysokiej wilgotności)
B.3.15.

W roku 2013 startowałem w konkursie stażowym organizowanym przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Top 500 Innovators”. Po pozytywnej ocenie formalnej mojego wniosku, zaliczeniu egzaminu językowego, i rozmowy kwalifikacyjnej zostałem zakwalifikowany do programu. W ramach projektu „Top 500 Innovators – Science, Management, Commercialization” odbyłem dwumiesięczny staż na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley w Kalifornii, który został sklasyfikowany na trzecim miejscu Listy Szanghajskiej w 2013 roku. Program obejmował 120 godzin wykładów i ćwiczeń z zakresu komercjalizacji badań naukowych, współpracy nauki z gospodarką i biznesem, transferem technologii, kierowania zespołem badawczym. W ramach kolejnych 68 godzin stażu odbyłem wizyty studyjne w firmach high-tech z Doliny Krzemowej oraz dwutygodniowy staż w laboratorium nanomateriałów polimerowych na Wydziale Chemii UC Berkeley. W trakcie stażu pracowałem w grupie nad projektem dotyczącym komercjalizacji badań pt.: „What is "better" we can improve at Technology Transfer Centers at Universities and R&D Institutes in Poland”. Prezentacja i obrona projektu odbyła się przed komisją 5 grudnia 2013 w UC Berkeley.

W lutym tego samego roku aplikowałem o środki finansowe na realizację projektu rozwojowego do Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Projektu Badań Stosowanych. Projekt pt. „Urządzenie do monitorowania stanu mikrobiologicznego nasion na podstawie elektronicznej analizy substancji lotnych”, który znalazł się ex aequo na szóstym miejscu listy rankingowej wśród około stu wniosków złożonych z dziedziny nauk biologicznych, rolniczych, leśnych i weterynaryjnych i został zakwalifikowany do finansowania. Realizację projektu rozpocząłem tuż po powrocie ze stażu w grudniu 2013 roku, pełnię, w nim funkcję kierownika projektu. Grant realizowany jest w konsorcjum utworzonym pomiędzy Instytutem Agrofizyki PAN w Lublinie, który jest liderem projektu, a wykonawcą Uniwersytetem Przyrodniczym w Poznaniu. W kierowanym przeze mnie projekcie jest zatrudnionych ośmiu wykonawców. Celem projektu jest wykonanie badań i opracowanie metody oraz mobilnego urządzenia typu hand-held do monitorowania stanu mikrobiologicznego nasion rzepaku w oparciu o elektroniczną analizę substancji - eNos, który może zastąpić tradycyjny sposób kontrolowania jakości nasion w silosach i magazynach przechowalniczych. Zakłada się wykorzystanie kilku najlepiej rokujących sensorów na bazie tlenków metalu lub przewodzących polimerów do skonstruowania elektronicznego nosa. W realizacji projektu pomocnym jest kontakt, który nawiązałem podczas stażu w USA z

producentem urządzenia do analizy substancji lotnych typu hand-held, firmą Sensigent z Kalifornii, która jest światowym liderem w tej dziedzinie.

Oprócz publikacji naukowych owocem mojej pracy w Instytucie Agrofizyki są patenty, wzory przemysłowe oraz umowa licencyjna. Jestem autorem, współautorem 8 wzorów przemysłowych, współautorem 1 patentu, do którego podpisano umowę licencyjną z firmą produkującą aparaturę kontrolno-pomiarową, 4 patentów na aparaturę pomiarową oraz 2 zgłoszeń patentowych na urządzenia i rozwiązania przemysłowe, których jestem głównym autorem.

W trakcie pracy naukowej aktywnie uczestniczę w organizacji konferencji krajowych i międzynarodowych. Od roku 2000 pracowałem cyklicznie co 4 lata w komitetach organizacyjnych konferencji Polskiego Towarzystwa Naukowego, dwukrotnie przy organizacji Międzynarodowej Konferencji Agrofizycznej. W roku 2002 jako jedno z trzech pracowników Instytutu wziąłem udział w pierwszych w międzynarodowych warsztatach dla młodych naukowców BioPhys Spring w Pradze, które nieprzerwanie od tamtego czasu do dnia dzisiejszego są odbywają się naprzemiennie w Nitrze, Pradze i Lublinie. Uczestniczyłem w komitecie organizacyjnym warsztatów, byłem także przewodniczącym panelu tematycznego.

Do dnia dzisiejszego wygłosiłem 18 referatów i doniesień ustnych, przygotowywałem 30 posterów na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych. W ramach popularyzacji nauki byłem autorem i współautorem prezentacji i pokazów na 7 Piknikach Naukowych w Warszawie i 3 Festiwalu Nauki w Lublinie. W ramach praktyk studenckich i doktoranckich sprawowałem opiekę naukową nad praktykantami w Laboratorium Mechaniki Materiałów Sypkich.

Od początku pracy w Instytucie Agrofizyki jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego. Działam także w Stowarzyszeniu Top 500 Innovators, które jest objęte patronatem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Od kilku lat współpracuje z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju. Jako ekspert wykonałem 4 recenzje projektów krajowych oraz jednego międzynarodowego. Wykonałem recenzje 4 artykułów dla trzech czasopism z listy filadelfijskiej.

W trakcie swojej pracy naukowej w Instytucie Agrofizyki trzykrotnie przechodziłem pozytywnie ocenę pracownika naukowego, za każdym razem zajmowałem miejsce w ścisłej czołówce w swojej grupie zaszerogowania, raz za osiągnięcia naukowe otrzymałem specjalną nagrodę Dyrektora.

Mój całkowity dorobek publikacyjny według kryteriów MNiSW wynosi 435 punktów, w tym 98 stanowi podstawę wniosku habilitacyjnego. Sumaryczny Impact Factor prac

opublikowanych przeze mnie wynosi 14,302, z czego 4,996 posiadają publikacje będące podstawą o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego.

Do chwili obecnej jestem współautorem 99 prac. Z czego 40 to oryginalne prace twórcze w tym 10 z IF. Pozostałe 59 stanowią prace opublikowane w różnej formie w materiałach konferencyjnych, czasopismach naukowych spoza listy oraz 9 ekspertyz i recenzji.

Liczba cytowań moich prac według Scopus wynosi 34, a indeks Hirsha 4, zaś według Web of Science indeks Hirsha 3, liczba cytowani 24.

Zestawienie dorobku publikacyjnego przed i po uzyskaniu stopnia doktora

Dorobek naukowy	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Całkowity dorobek
Oryginalne prace twórcze w czasopismach z IF stanowiące część osiągnięcia naukowego		3	3
Oryginalne prace twórcze w czasopismach z IF		6	6
Oryginalne prace twórcze w obcojęzycznych czasopismach bez IF o zasięgu międzynarodowym	4	2	6
Oryginalne prace twórcze w czasopismach o zasięgu krajowym stanowiące część osiągnięcia naukowego		2	2
Oryginalne prace twórcze w czasopismach o zasięgu krajowym	9	7	16
Prace popularnonaukowe		1	1
Rozdziały w monografiach, w recenzowanym wydawnictwie zbiorowym pod nr ISBN stanowiące część osiągnięcia naukowego		3	3
Rozdziały w monografiach, w recenzowanym wydawnictwie zbiorowym pod nr ISBN		3	3
Materiały konferencyjne opublikowane w całości	6		6
Udzielone patenty międzynarodowe i krajowe stanowiące część osiągnięcia naukowego		1	1
Udzielone patenty międzynarodowe i krajowe		3	3
Zgłoszenia patentowe		2	2
Wynalazki oraz wzory użytkowe stanowiące część osiągnięcia naukowego		1	1
Wynalazki oraz wzory użytkowe		5	5
Projekty badawcze finansowane ze źródeł zewnętrznych	2	6	8
Referaty wygłoszone na konferencjach międzynarodowych i krajowych	12	7	18
Udział w konferencjach międzynarodowych i krajowych (plakat)	16	14	30
Udział w komitetach organizacyjnych konferencji międzynarodowych i krajowych	6	1	6
Wykonane ekspertyzy		1	1
Recenzje publikacji z IF		4	4
Recenzje projektów			
- krajowych		4	4
- międzynarodowych		1	1
Łącznie	55	69	126

Punktacja opublikowanych prac wg MNiSW

	Liczba	Punkty** MNiSW	Suma punktów	IF
Acta Agrophysica	7	7	49	
Autobusy-Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe	4	4	16	
Czech Journal of Food Science	1	20	20	0,685
Inżynieria Rolnicza	3	5	15	
Inżynieria Maszyn	1	4	4	
International Agrophysics	6	25	150	0 0 0,343 0,580 1,574 1,167*
Journal of Food Engineering	1	40	40	2,414
Journal of Stored Product Research	1	35	30	2,046*
Polish Journal of Environmental Studies	1	15	15	0,963
Powder Technology	2	35	70	2,265* 2,265*
Powder&Bulk	1	0	0	
Przegląd Budowlany	1	4	4	
Research in Agriculture Engineering	3	0	0	
Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu	1	4	4	
Rozdziały w monografiach	6	3	18	
Suma	39		435	14,302

*z uwagi na brak danych dotyczących współczynnika wpływu Impact Factor w roku wydania podano średnią wartość IF za ostatnie 5 lat

**punkty za publikacje naliczono zgodnie z Komunikatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 31 grudnia 2014 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach

6. Udział w projektach badawczych

- Projekt badawczy, Komitet Badań Naukowych, pt. „Opracowanie i wykonanie głowicy pomiarowej do wyznaczania naprężeń lokalnych w złożu ziarna”. **kierownik projektu**, 6 P06T 010 21, okres realizacji: 2001 – 2002.
- Projekt promotorski na dokończenie badań do doktoratu, Komitet Badań Naukowych, pt.: „Zastosowanie membranowych przetworników do wyznaczania naporu w roślinnych materiałach sypkich”, **wykonawca**, 2 PO6T 031 26, 2004 – 2005.

- Projekt badawczy, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, pt.: „System monitorowania temperatury i wilgotności złoza rzepaku”. **kierownik projektu:** PB Nr N N310 3214 33, 2007 – 2010.
- R12 018 03: Opracowanie sposobu wytwarzania i zastosowania oleju gorczycowego zastępującego oleje ropopochodne używane do smarowania pił łańcuchowych do drewna, **wykonawca.**
- R12 047 03: Rzepak żółtonasienny jako źródło białka paszowego, Instytucja realizująca: Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, **wykonawca.**
- Produkcja ekologicznego oleju rzepakowego o wyjątkowych właściwościach prozdrowotnych. Innowacyjna Gospodarka, Oś Priorytetowa 1: Badanie i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.3: Wsparcie Projektów B+R na rzecz przedsiębiorców realizowanych przez jednostki naukowe, Poddziałanie 1.3.1: Projekty rozwojowe, **główny wykonawca** (<http://www.kroplazdrowia.eu>).
- Projekt pt.: „Opracowanie konstrukcji prasy silosującej” w ramach II KONKURSU programu INNOTECH DLA ŚCIEŻKI PROGRAMOWEJ IN-TECH, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, 2012-2014. KONSORCJUM: R & D Centre INVENTOR Sp. z o.o. w Lublinie i Instytut Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w Lublinie, **wykonawca.**
- Projekt pt.: "Urządzenie do monitorowania stanu mikrobiologicznego nasion na podstawie elektronicznej analizy substancji lotnych", NCBiR, PBS II, 2013-2016, **kierownik projektu.** Projekt jest realizowany w konsorcjum, które zostało zawarte pomiędzy Instytutem Agrofizyki PAN, a Uniwersytetem Przyrodniczym w Poznaniu.

7. Udział w konferencjach naukowych

7.1. Konferencje międzynarodowe

- International Conference "Physical Methods in Agriculture", Prague, Czech Republic, 27-30.08.2001 2001, 104-105.
- 1th International Workshop for Young Scientists Biophys Spring 2002, Prague, Czech Republic, 28.05.2002 r.
- Międzynarodowa Konferencja Naukowa pt. "Agrofizyka w badaniach surowców i produktów rolniczych", Kraków, 12-13.09.2002 2002,
- 2nd International Workshop for Young Scientists BioPhys Spring 2003, Prague, Czech Republic, 30.05.2003 r. 2003.
- International Congress of Particle Technology PARTEC 2004, Düsseldorf, Germany, 16-18.03.2004, 5-1-50.
- BioPhys Spring 2004, International Workshop for Young Scientists, May 27-28, 2004., (<http://www.bps.czu.cz/Hlavni.htm>).

- International Workshop, Characterization of granular agro-materials and food powders. Lublin-Dabrowica, 19-30.09.2004.
- BioPhys Spring 2005. 4th International Workshop for Young Scientists. Lublin, Poland, 15 – 16 May 2005.
- ICA, 9-th International Conference on Agrophysics, Environment and Food Safety, 28.08.2005 – 31.08.2005 Lublin
- BioPhysSpring, International Workshop for Young Scientists 26-27.05.2006, <http://www.bps.czu.cz/Hlavni.htm>, Prague.
- 10th European Conference of ISTVS, 3-6 October, Budapest, Hungary, 2006.
- ISTVS Conference and Annual Meeting of the Japanese Society for Terramechanics, June 23-26, 2007, Fairbanks of Interior Alaska, USA, http://www.uaf.edu/ISTVS/ISTVS_2007_abstract_text.html#PI035
- 30TH Scientific Conference. Oilseed Corps. Poznań, 16-17.03.2010.
- 10th International Conference of Agrophysics, Lublin 5-7.06.2013 r.
- Poland-Silicon Valley Science and Technology Symposium 2013, Life Sciences & Advanced Materials, San Francisco, November 7-8, 2013.
- Polish-American Innovation Week (PAIW) in California, 16 – 21 November 2014, Los Angeles – San Francisco. University of California and Sanford University.

7.2. Konferencje krajowe

XI SZKOŁA "Fizyka z elementami agrofizyki" Właściwości mechaniczne dyskretnych ośrodków rolniczych", Lublin, 27-28.09.1999.

II Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego, Lublin, 11-12.09.2000 r. 2000

VI Konferencja Naukowo-Techniczna "Żywność człowieka", Inżynieria Mechaniczna Żywności, Bydgoszcz, 9.02.2001 r. 2001.

"Postęp w inżynierii budowlanej i drogowej na terenach wiejskich", Wrocław-Oleśnica, 14-16.11.2001 r.

X Jubileuszowa Konferencja Naukowo-Techniczna "Budowa i Eksploatacja Maszyn Przemysłu Spożywczego BEMS 2002", Lublin, 19-21.06.2002 r.

Kongres Metrologii 2004, Politechnika Wrocławska, 6-9.09.2004.

III Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego, Dąbrowica 27-29.09.2004.

II Konferencja Naukowa: Właściwości geometryczne, mechaniczne i strukturalne surowców i produktów spożywczych. Olsztyn, 18÷20.05.2005.

Konferencja Ekoenergia '2005, Lublin, 17 – 18 listopada 2005.

II Konferencja Naukowa PTA "Agrofizyka w badaniach produktów i surowców rolniczych", Referaty i doniesienia, 86-87, 21-23.06.2006, Krynica Zdrój.

XIX Ogólnopolska Konferencja Inżynierii Chemicznej i Procesowej, Rzeszów 2007.

XIII konferencja żelbetowe i sprężone zbiorniki na materiały sypkie i ciecze. Wrocław - Szklarska Poręba, 26 – 29.09.2007.

Konferencja Naukowa "Nowe Trendy w Agrofizyce", połączona z uroczystymi obchodami Jubileuszu 40-lecia Instytutu, Lublin, 10-11.06.2008 r.

II Sympozjum Naukowe "Jakość Środowiska Surowców i Żywności", Poznań, 01-03.04.2008 r.

"Właściwości geometryczne, mechaniczne i strukturalne surowców i produktów spożywczych". Bałszyce koło Susza, 27-29 maja 2009.

II Konferencja Naukowa, Agrofizyka w inżynierii produkcji i ochronie środowiska, Krasiczyn 15-17.09.2010.

Konferencja naukowa. Metody fizyczne w badaniach środowiska rolno-spożywczego i leśnego. 7-9 września 2011, Białowieża.

Właściwości geometryczne, mechaniczne i strukturalne surowców i produktów spożywczych. Olsztyn 24-27 maja 2011r.

Ekoenergia 2011, Postęp w pozyskiwaniu energii odnawialnej z różnych źródeł. Lublin 3-5 listopad 2011r.

XXXI Konferencja Naukowa pt. „Rośliny Oleiste”, IHAR Poznań, 17-18.04.2012 r. 2012.

XIV Konferencja ZBIORNIKI NA MATERIAŁY SYPKIE I CIECZE, KOMINY PRZEMYSŁOWE ORAZ OBIEKTY HYDROTECHNICZNE Karpacz 24 ÷ 27 kwietnia 2012.

„Postęp w inżynierii żywności”. 11-14.09.2013. Krasiczyn. Polskie Towarzystwo Inżynierii i Techniki Przetwórstwa Spożywczego „Spomasz”.

8. Otrzymane nagrody

- Nagroda Dyrektora Instytutu Agrofizyki za osiągnięcia naukowa w latach 2008 – 2011
- Odznaczenie Brązowym Krzyżem Zasługi za twórczy wkład w działalność na rzecz rozwoju nauki przez Prezydenta RP, 2013.

9. Osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki

W ramach popularyzacji nauki byłem autorem i współautorem prezentacji i pokazów na 7 Piknikach Naukowych w Warszawie i 3 Festiwalach Nauki w Lublinie.

10. Członkostwo w organizacjach naukowych

- Polskie Towarzystwo Agrofizyczne
- Stowarzyszenie Top 500 Innovators

11. Działalność dydaktyczna

W ramach praktyk studenckich i doktoranckich sprawowałem opiekę naukową nad praktykantami w Laboratorium Mechaniki Materiałów Sypkich. Do tej pory nie pełniłem funkcji promotora pomocniczego.

Jestem współautorem kilku pomocy dydaktycznych np.: urządzenia do wizualizacji zjawiska wypływu lejowego (wzór użytkowy nr 63800), urządzenia do wizualizacji tarcia materiałów sypkich (wzór użytkowy nr 3778).

Podnosiłem swoje kwalifikacje na kursach językowych i zawodowych.

12. Działalność organizacyjna

Członek Komitetu Organizacyjnego International Workshop, Characterization of granular agro-materials and food powders. Lublin-Dabrowica, 19-30.09.2004.

Członek Komitetu Organizacyjnego ICA, 9-th International Conference on Agrophysics, Environment and Food Safety, 28.08.2005 – 31.08.2005 Lublin

Członek Komitetu Organizacyjnego 3 konferencji Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego

Członek Komitetu Organizacyjnego BioPhys Spring 2005. 4th International Workshop for Young Scientists. Lublin, Poland, 15 – 16 May 2005.

Członek Komitetu Organizacyjnego Konferencji Naukowej "Nowe Trendy w Agrofizyce", połączona z uroczystymi obchodami Jubileuszu 40-lecia Instytutu, Lublin, 10-11.06.2008 r.