

Dr inż. Joanna Rut

Politechnika Opolska

ORCID: 0000-0001-9014-8874

e-mail: j.rut@po.edu.pl

Dr hab. inż. Ewa Kulińska, prof. PO

Politechnika Opolska

ORCID: 0000-0002-3227-057X

e-mail: e.kulinska@po.edu.pl

# Zarządzanie łańcuchem logistycznym w systemach magazynowania zbóż

*Logistics chain management in the grain storage systems*

## Streszczenie

W każdym procesie działalności gospodarczej przedsiębiorstw występują procesy technologiczne, a magazyn i związane z nim czynności są nieodłącznym atrybutem procesu logistycznego. Zarządzanie łańcuchem logistycznym to wielowymiarowe działania obejmujące procesy informacyjno-decyzyjne oraz procesy wykorzystujące wiedzę właściwych instrumentów kierowania i kontroli na poziomie strategicznym i operacyjnym. Odpowiednie podejście do analizy zarządzania logistycznego w rozwiązywaniu problemów obejmujących gospodarkę magazynową w przedsiębiorstwach wymaga rozpoznania wagi problemów i określenia przyczyn ich powstania. Przedmiotem analizy i oceny w opracowaniu są systemy magazynowania zbóż jako kluczowe ogniwa logistycznych łańcuchów dostaw w przemyśle zbożowym. Nowoczesne, wydajne, jak również zrównoważone łańcuchy logistyczne mają ogromne znaczenie gospodarcze w magazynowaniu przemysłowym. W artykule przedstawiono nowe zrównoważone rozwiązania dotyczące procesu planowania oraz kontroli działań, mających na celu magazynowanie zbóż. Opisane innowacyjne rozwiązanie przyczynia się przede wszystkim do zapewnienia ciągłości funkcjonowania magazynu w sytuacjach awaryjnych oraz pozwala minimalizować kolejki przy skupie zbóż. Ponadto rozwiązanie to wskazuje na niską energochłonność, niskie koszty eksploatacyjne, wysoką wydajność, proekologiczność oraz odporność na awarie. Celem opracowania jest analiza i ocena procesu planowania oraz kontroli działań mających na celu magazynowanie zbóż i opłacalny ekonomicznie przepływ zbóż. Autorki dokonały analizy bieżącej sytuacji w przemyśle zbożowym oraz zaproponowały nową możliwość suszenia zbóż w postaci autorskiej metody alternatywnej, pozwalającej na usprawnienie logistyki przy skupach zbóż oraz zapewniającej ciągłość funkcjonowania magazynu w sytuacjach awaryjnych.

## Słowa kluczowe:

zarządzanie, łańcuch logistyczny, wartość dodana, proces decyzyjny, magazynowanie, przemysł zbożowy, zrównoważony rozwój

## Abstract

In every business process of enterprises, there are technological processes, and the warehouse and related activities are an inherent attribute of the logistics process. Logistics chain management is a multidimensional activity involving information and decision-making processes and processes using the knowledge of appropriate instruments of direction and control at the strategic and operational levels. Appropriate approach to the analysis of logistics management in solving problems involving storage management in enterprises requires recognition of the importance of problems and identification of their causes. The subject of analysis and evaluation in this study are grain storage systems as key links of logistic supply chains in the grain industry. Modern, efficient as well as sustainable logistics chains are of great economic importance in industrial storage. The paper presents a new sustainable solution for the planning process and control of grain storage activities. The described innovative solution contributes primarily to the continuity of warehouse operation in emergency situations and minimizes queues at the purchase of cereals. Moreover, this solution indicates low energy consumption, low operating costs, high efficiency, pro-environmental character and resistance to failures. The aim of this paper is to analyze and evaluate the process of planning and controlling activities for grain storage and economically viable grain flow. The authors analyzed the current situation in the grain industry and proposed organizational improvements in the form of the author's alternative method, which minimizes the queues at grain purchases and ensures continuity of storage operation in emergency situations.

## Keywords:

management, logistics chain, added value, decision making, warehousing, grain industry, sustainability

## Wprowadzenie

Współczesne przedsiębiorstwa działają w coraz bardziej burzliwym i zmiennym, a także zróżnicowanym i niepewnym otoczeniu społeczno-gospodarczym. Zmiany te także silnie oddziałują na kształtowanie środowiska biznesu logistycznego na wszystkich poziomach: strategicznym, operacyjnym oraz strukturalnym. Wskazują na potrzebę uruchomienia procesów doskonalących funkcjonowanie łańcuchów logistycznych. Ukierunkowanie procesów kreowania wartości tworzy podstawę ekonomicznego sukcesu organizacji. Czynności wspierające te zadania to: identyfikacja preferencji i problemów odbiorców oraz zdefiniowanie dla nich atrybutów korzyści (czasu, miejsca i ceny), takich jak: niższe koszty, wyższa jakość, większa różnorodność, większa elastyczność, szybszy czas realizacji, dokładność dostawy, serwis (Tubielewicz, Tubielewicz, 2016, s. 1045–1056).

Zarządzanie logistyczne to działalność kreująca całościową koncepcję przedsięwzięć logistycznych, uwzględniającą ich przebieg zarówno w przedsiębiorstwie, jak również u partnerów oraz koordynację realizacji (w szerokim znaczeniu) tej koncepcji przez odpowiednie jednostki organizacyjne z wykorzystaniem właściwych instrumentów kierowania i kontroli (Krawczyk, 2001, s. 68). Na poziomie strategicznym i operacyjnym zarządzanie logistyczne jest określane jako proces decyzyjny obejmujący planowanie, wdrażanie i kontrolę synchronizowanych procesów logistycznych (fizycznych, informacyjnych, finansowych) przebiegających na całej długości łańcucha dostaw w celu tworzenia wartości dodanej z korzyścią dla wszystkich jego ogniw (Szymoniak, 2014, s. 24–50). Łańcuch dostaw to skomplikowana struktura, w ramach której powstają produkty oferowane coraz bardziej świadomym konsumentom. Mając tak szeroki dostęp do dóbr, klienci coraz częściej poprzedzają swoje wybory pozyskaniem informacji o tym, z jakiego kraju pochodzą i w jaki sposób powstają kupowane przez nich produkty. Dobrze zorganizowany i zarządzany łańcuch dostaw zapewnia, że to, czego używają konsumenci, spełnia najwyższe standardy jakości i odpowiedzialności. Aby było to możliwe, potrzebne jest powiązanie wiedzy o łańcuchu dostaw z tym, co wiemy o społecznej odpowiedzialności biznesu i zrównoważonym rozwoju (Rudnicka, 2015).

Nowoczesne i wydajne łańcuchy logistyczne mają ogromne znaczenie gospodarcze (Kulińska, 2007, s. 18–21). Przemysł zbożowy nie jest tutaj żadnym wyjątkiem. Wręcz przeciwnie. Zboże, rośliny oleiste, pasze oraz inne produkty proszkowe i granulowane muszą być przechowywane w optymalnych i opłacalnych warunkach. W tym celu wymagane są nowoczesne rozwiązania, które łączą płynną eksploatację z opłacalnością produkcji (Żuk, 2008). Kiedy myśli-

my o łańcuchach logistycznych — zaczynających się od produkcji, a kończących na sprzedaży — rzadko przychodzi nam do głowy rolnictwo czy przemysł zbożowy, a przecież to one są modelowym przykładem takiego łańcucha.

System magazynowania i obsługi zapasów można określić jako skoordynowaną działalność w czasie i przestrzeni polegającą na gromadzeniu zapasów, ich składowaniu wraz z czynnościami manipulacyjnymi oraz kontrolą. Działalność ta jest prowadzona z wykorzystaniem pełnej infrastruktury magazynowej (Wasilewski, 2003; Wasilewski, 2004). Konieczność utrzymywania zapasów w magazynach wiąże się przede wszystkim z zapewnieniem ciągłości procesów produkcyjnych, ciągłości sprzedaży, zabezpieczeniem przed zmianami cen, jak również utrzymaniem jakości wytworzonych produktów rolnych (Kowalski, Tabor, 2003).

Praktyczne wykorzystanie logistyki w funkcjonowaniu magazynów zbożowych jest zaniedbaną dziedziną, gdyż niewiele mówi się na temat samej logistyki oraz systemów zarządzania logistycznego w przemyśle zbożowym, gdzie magazynowanie odgrywa bardzo istotną rolę. Celem opracowania jest analiza i ocena procesu planowania oraz kontroli działań mających na celu magazynowanie zbóż i opłacalny ekonomicznie ich przepływ. Autorki dokonały analizy bieżącej sytuacji w przemyśle zbożowym oraz zaproponowały usprawnienia organizacyjne w postaci autorskiej, alternatywnej metody suszenia ziarna, pozwalającej na zminimalizowanie kolejek przy skupach zbóż oraz zapewniającej ciągłość funkcjonowania magazynu w sytuacjach awaryjnych.

## Zarządzanie łańcuchem dostaw jako element istoty zrównoważonego rozwoju

Zgodnie z modelem referencyjnym Global Supply Chain Forum (dalej GSCF) zarządzanie łańcuchem dostaw stanowi integrację kluczowych procesów biznesowych od początkowych dostawców do końcowych użytkowników, w wyniku czego dostarczane są produkty, usługi i informacje oraz rośnie wartość dla klientów i innych interesariuszy łańcucha dostaw (GSCF, 2018).

Zarządzanie zrównoważonym łańcuchem dostaw to zarządzanie czynnościami w nim zachodzącymi, jak również zasobami i strumieniami logistycznymi w celu maksymalizacji rentowności łańcucha dostaw, przy jednoczesnym minimalizowaniu jego negatywnego wpływu na środowisko i maksymalizacji dobrobytu społecznego. Zrównoważony łańcuch dostaw to także zarządzanie przepływami materiałów i infor-

macji, jak również kooperacja między przedsiębiorstwami wzdłuż łańcucha dostaw przy jednoczesnym spełnianiu celów z trzech wymiarów zrównoważonego łańcucha dostaw: ekonomicznych, środowiskowych i społecznych (Hassini i in., 2012; Seuring, Müller, 2008).

Zarządzanie łańcuchem dostaw stwarza ogromny potencjał do osiągania zarówno celów biznesowych, jak i pozabiznesowych. Istota zarządzania zrównoważonym łańcuchem dostaw to koncentracja na integracji celów i osiąganiu efektów społecznych, środowiskowych i ekonomicznych poprzez koordynację kluczowych procesów biznesowych w dążeniu do długoterminowej poprawy konkurencyjności organizacji i jej łańcucha dostaw. Dążenie do efektów pozabiznesowych stwarza szanse na odkrywanie nowych źródeł wartości w łańcuchu dostaw (Carter, Rogers, 2008, s. 15).

Innowacyjność i zrównoważone podejście jest koniecznością w zarządzaniu łańcuchem dostaw. Problematyka innowacji w logistyce jest nadal niedoceniana, a należy mieć na względzie, że rozwiązania łączące się z innowacjami produktowymi, technologicznymi i procesowymi niekoniecznie mogą być wykorzystywane do opisywania innowacji w logistyce, a jeszcze trudniej odnieść je do łańcuchów dostaw (Kruczek i in., 2015, s. 221–233). Dostarczanie innowacyjnych rozwiązań pojedynczym ogniom jest niewystarczające i nie zapewni wzrostu lub utrzymania pozycji konkurencyjnej całemu łańcuchowi. Innowacyjność i zrównoważone podejście w zintegrowanym łańcuchu dostaw powoduje, że menedżerowie poszukują nowych rozwiązań w celu efektywnego zarządzania wszystkimi fazami łańcucha. Rozwiązania te mają zapewnić generowanie i adaptację innowacji we wszystkich ogniwach łańcucha (Davila i in., 2006).

## Metodyka badań

Przedmiotem analizy i oceny są systemy magazynowania zbóż jako kluczowe ogniwa logistycznych łańcuchów dostaw w przemyśle zbożowym. Przeprowadzenie takiej analizy ma kluczowe znaczenie przed przystąpieniem do projektowania nowych rozwiązań. Zebranie informacji o przedmiocie prowadzonych badań jest bardzo istotne w procesie wydawania wartościujących opinii i wykorzystania ich do usprawniania aktualnych czy też projektowania nowych rozwiązań.

W przypadku przemysłu zbożowego specyficznym problemem jest magazynowanie zbóż, gdyż zbiór plonów odbywa się raz na rok, a potem często sprzedaje się je przez następnych 12 lub nawet więcej miesięcy. Dlatego powiązanie strategii producentów rolnych ze strategiami magazynów zbożowych jest moż-

liwe tylko dzięki odpowiednim formom skupu i magazynowania oraz możliwościom redystrybucyjnym.

Analiza i ocena funkcjonowania magazynów zbożowych w łańcuchach dostaw w przemyśle zbożowym przebiegała w następujących etapach:

- Etap I — zebranie danych — pozyskanie informacji o sposobie działania i bieżącym stanie gospodarki magazynowej oraz bieżących rozwiązaniach w zakresie magazynowania zbóż.
- Etap II — opracowanie danych — analiza i interpretacja zebranych informacji według wybranych kategorii analitycznych, sformułowanie wniosków.
- Etap III — wykorzystanie otrzymanych wyników do zaprojektowania nowego rozwiązania. Podsumowanie.

## Etap I. Magazyn zbożowy w łańcuchu logistycznym

Magazyn stanowi integralną część łańcucha logistycznego i praktycznie występuje w każdym jego ogniwie. Rola magazynu w łańcuchu logistycznym jest niezwykle istotna, ponieważ pełni on ważne funkcje informacyjne, np. planowanie zamówień produktów, surowców, oraz kontrolne, np. dbanie o zgodność produktów, kontrola magazynowanych produktów. W krajach rozwiniętych już od dawna traktuje się magazyn jako ważne ogniwo w łańcuchach dostaw. W Polsce gospodarka magazynowa stanowi nadal obszar mało doceniany i w wielu przedsiębiorstwach znacznie odbiega od światowych standardów, wymagając udoskonalenia.

Przemysł zbożowo-młynarski jest jedną z ważniejszych gałęzi gospodarki. Przechowywanie ziarna jest operacją technologiczną, która ma zapewnić człowiekowi życie i przetrwanie. Z tego względu należy stworzyć takie warunki przechowywania, aby uzyskać jak najlepszą jakość konsumpcyjną ziarna. Magazyn zbożowy powinien spełniać wszelkie wymogi techniczne i technologiczne w celu zapewnienia jak najlepszych warunków przechowywania (Tukiendorf i in., 2007, s. 242–247).

Magazyny zbożowe realizują swoje zadania na drodze konkretnych procesów technologicznych, które można podzielić według kolejności na różne etapy, takie jak: ważenie, pobór prób, ocena składu i jakości, wyładunek, transport wewnątrz magazynu, suszenie (suszarnie daszkowe, kaskadowe i inne), aspiracja, separacja i odbiór zanieczyszczeń, magazynowanie i konserwacja, redystrybucja. Każdej operacji przyporządkowane są odpowiednie czynności wynikające z charakteru zastosowanej technologii. Jednak tylko właściwe wykonywanie wszystkich zadań na wszystkich etapach procesu technologicznego może wpłynąć na prawidłowe funkcjonowanie magazynu zbożowego jako całości (Kulińska, 2009).

Po ustaleniu prawidłowości w funkcjonowaniu magazynu zbożowego, rozpoczęto proces badań.

## Etap II. Badanie aktualnych metod przechowywania ziarna w magazynach zbożowych

Prace w badanych magazynach zbożowych na terenie województwa opolskiego wyglądają następująco. Początek pracy magazynu zbożowego stanowi ważenie dostarczonego ziarna, które odbywa się przy użyciu wagi towarowej. Równocześnie z ważeniem odbywa się pobór prób zboża bezpośrednio z przyczepy (rysunek 1).

W tym celu stosuje się próbnik Rakoraf, za pomocą którego zostają pobrane próby zboża zgodnie z Polską Normą PN-ISO 13 690. Ruchome ramię sondy pozwala na pobór prób z kilku miejsc ładunku. Pobrany przez sondę materiał jest przemieszczany za pomocą instalacji pneumatycznej do laboratorium pomiarowego. Pobieranie próbek ma na celu uzyskanie jak najbardziej reprezentatywnej próbki produktu, która pozwoli określić obiektywne parametry dla późniejszych analiz. Po odebraniu próby określa się między innymi białko i sedymentację za pomocą analizatora produktów w podczewerni Instalab 600 (rysunek 2a), wilgotność za pomocą komputerowego analizatora wilgotności ziarna GAC 2100 (rysunek 2b), liczbę opadania za pomocą urządzenia

przeznaczonego do jej określania Perten 1500 (rysunek 2c) oraz gluten, gęstość ziarna, ilość zanieczyszczeń, ilość ziaren połamanych, obecność szkodników.

Po zakwalifikowaniu dostawy następuje wyładunek zboża, a następnie przyjęcie go do magazynu zbożowego. Dostawa transportowana jest do specjalnej komory, w której umieszcza się odciały pozwalające na odprowadzenie pyłu towarzyszącego wysypowi. Aspiratory, separatory-cyklony (rysunek 3a) wykorzystuje się w każdej sytuacji związanej z transportem materiału i wyładunkiem, ponieważ podczas przemieszczania się ładunku występują zanieczyszczenia w postaci pyłu i łusek ziarna. Po załadunku zboża do komory silosu najczęściej materiał jest kierowany do suszarni (rysunek 3b) w celu obniżenia poziomu wilgotności.

Po procesie suszenia materiał o odpowiednich parametrach gotowy jest do magazynowania w komorach silosów, w których może być przechowywany nawet przez pięć lat. Redystrybucja zboża ma miejsce, gdy kończy się czas magazynowania materiału (Rut i in., 2007, s. 23–25; Rut, 2009; Tukiendorf, 2004).

Na rysunku 4 przedstawiono schemat kontroli jakości CCP (Krytycznych punktów kontroli — *Critical*

Rysunek 1

Pobór prób zboża: a) próbnik Rakoraf — ruchome ramię sondy, b) poboru prób bezpośrednio z przyczepy



Źródło: opracowanie własne (fot. J. Rut).

Rysunek 2

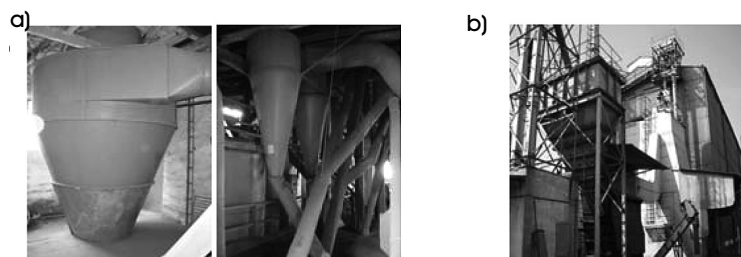
Urządzenia przeznaczone do badania ziarna zbóż: a) analizator produktów w podczewerni Instalab 600, b) komputerowy analizator ziarna GAC 2100, c) analizator liczby opadania Perten 1500



Źródło: opracowanie własne (fot. J. Rut).

Rysunek 3

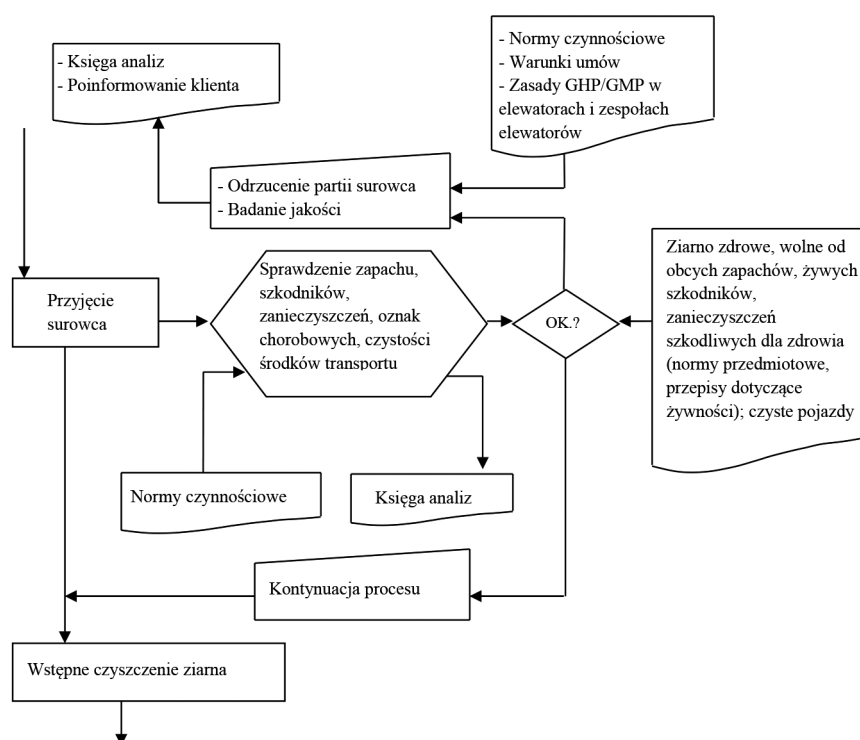
Elementy wyposażenia magazynu: a) separator-cyklon, b) suszarnia kolumnowo-daszkowa



Źródło: opracowanie własne (fot. J. Rut).

Rysunek 4

Pętla kontroli jakości — przyjęcie surowca



Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów z badań empirycznych Magazynu Zbożowego Opole-Port.

*Control Points*), który obrazuje sterowanie procesem produkcji: przyjęcie surowca.

Prawidłowe przechowywanie ziarna uwarunkowane jest doskonałą znajomością jego właściwości fizycznych i biologicznych. Podstawowym celem przechowywania zbóż jest utrzymanie przez jak najdłuższy okres jego przydatności przetwórczej i odżywczej. Cel ten można osiągnąć przez stworzenie warunków ograniczających procesy życiowe ziarna i uniemożliwiających rozwój szkodników oraz drobnoustrojów (Pabis, Pabis, 1974). Tradycyjną metodą przygotowania ziarna do magazynowania jest suszenie zboża w celu obniżenia poziomu wilgotności zawartej w masie

ziarna. Wśród szeregu czynników mających wpływ na jego jakość jest wilgotność. Zbyt duża wilgotność sprzyja rozwojowi mikroorganizmów i szkodników (Szyszło, 2002).

Zbiory zbóż w okresie żniw wykonuje się w sprzyjających warunkach pogodowych, tzn. po opadnięciu porannej rosy i podczas słonecznej pogody, tak aby zebrane ziarno było jak najmniej wilgotne. Mimo sprzyjających warunków wilgotność ziarna przy zbiorze przekracza 14%, a przy takiej wilgotności nie można go przechowywać, nie narażając surowca na straty. Przeciętna wilgotność ziarna podczas zbioru wynosi około 19% (Lisowski, 2006). Najczę-

ściej stosowane sposoby przechowywania zbóż to przechowywanie w stanie suchym, czyli obniżenie wilgotności do 10–14%. Przy tej wilgotności procesy fizjologiczne ziarna są spowolnione, czego efektem jest brak pleśni, bakterii, roztoczy (Pohorecki, Wroński, 1979).

Ziarno zbóż stanowi materiał biologiczny bardzo wrażliwy zarówno na działanie termiczne (skurcz, pękanie, spadek zdolności kiełkowania), jak i długie przechowywanie w stanie dużej wilgotności (rozwój pleśni i mikroorganizmów, spadek zdolności kiełkowania). Istnieje wiele rodzajów urządzeń służących do suszenia zbóż, jednak najczęściej stosowanym urządzeniem jest przemysłowa suszarnia kolumnowa o zabudowie daszkowej. Każda taka suszarnia wyposażona jest w kolumnę suszącą, piec na paliwo płynne lub stałe wraz z kominem, filtry powietrza lub cyklon odpylający, podnośnik kubełkowy oraz szafę sterowniczą. Suszarnie są konstrukcyjnie przystosowane do pracy na wolnym powietrzu. Proces suszenia przebiega w sposób ciągły i jest realizowany za pomocą czystego ogrzanego powietrza (bez spalin) na zasadzie konwekcji. Odpowiednio dobrane parametry podgrzanego powietrza pozwalają suszyć materiał konsumpcyjny, paszowy oraz siewny.

Znajomość procesu zmiany poziomu wilgoci z wykorzystaniem sorbentu naturalnego, jakim jest ziarno tego samego gatunku, może przyczynić się do właściwego i ekonomicznego suszenia materiałów rolniczych (Hart, 1967). Proces suszenia obecnie należy do najbardziej energochłonnych procesów występujących w przemyśle. Niesie to za sobą duże koszty związane ze zużyciem energii elektrycznej, paliw płynnych lub stałych. Istnieje więc konieczność poszukiwania nowych metod pozwalających na obniżenie nakładów finansowych związanych z tymi procesami. Także wymogi ostatnich lat wymuszają konieczność poszukiwania nowych rozwiązań pozwalających na zmniejszenie zużycia energii, stwarzając jednocześnie możliwość rozwoju niekonwencjonalnych metod suszenia płodów rolnych (Szwedziak, Sobkowicz, 2006).

### **Etap III. Projekt alternatywnej metody suszenia ziarna do magazynowania**

Proces suszenia wymaga zużycia dużej ilości kosztownej energii. Bardzo istotne jest zatem rozpoznanie zmian wilgotności ziarna zbóż, spowodowanych wykorzystaniem sorbentu naturalnego, jakim jest ziarno tego samego gatunku co ziarno suszone. Pozyskanie informacji w tym zakresie może przyczynić się do właściwego i ekonomicznego prowadzenia suszenia materiałów rolnych metodami niekonwencjonalnymi.

Zastosowanie sorbentu naturalnego (ziarna o małej wilgotności — suchego), jakim jest ziarno tego

samego gatunku, może przyczynić się do właściwego i ekonomicznego prowadzenia suszenia zbóż przy zastosowaniu mieszania i przewietrzania.

W ostatnich latach prowadzono wiele badań obejmujących obszar i zagadnienia suszenia zbóż z wykorzystaniem sorbentów naturalnych, lecz nie uwzględniały one procesu mieszania, co stanowi naturalne przewietrzenie ziarna. Mieszanie ziarna zbóż przy użyciu sorbentu naturalnego różniącego się wilgotnością stanowi propozycję alternatywnej metody przygotowania ziarna do magazynowania.

Mieszanie materiałów ziarnistych jest procesem, w którym kilka składników jest rozpraszanych w mieszalniku przez chaotyczny, przypadkowy ruch ziaren. Proces ten jest od dawna stosowany w wielu dziedzinach działalności człowieka. Mieszanie materiałów ziarnistych ma na celu wytworzenie jednorodnej pod względem składu mieszaniny (Boss, 1987). Prowadzenie badań procesu mieszania materiałów ziarnistych w skali przemysłowej jest niezwykle trudne i kosztowne. Badania laboratoryjne są w stanie przybliżyć charakter procesu w warunkach przemysłowych i wyjaśnić najważniejsze własności badanego zjawiska (Lewicki i in., 1999; Tukiendorf, 2003; Rut, 2012).

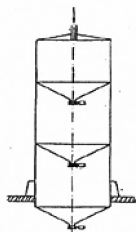
Urządzeniami do mieszania materiałów ziarnistych są mieszalniki, które charakteryzują się dużą różnorodnością konstrukcyjną. Różnorodność ta wynika przede wszystkim ze zróżnicowania gałęzi przemysłu (Boss, 1987). Spośród wielu stosowanych mieszalników w przemyśle jednym z dobrze odzwierciedlających proces mieszania i często stosowanych jest mieszalnik przesypowy. Znalazł on zastosowanie m.in. w mieszaniu materiałów ziarnistych zbóż i różnego rodzaju pasz. W mieszalnikach tego rodzaju proces mieszania odbywa się w drodze wielokrotnego przesypywania mieszanego materiału poprzez działanie siły odśrodkowej lub w drodze wysypu grawitacyjnego ze zbiornika. Mieszalnik przesypowy jest jednym z najprostszych typów urządzeń. Jednak pomimo swej prostoty pozwala uzyskać mieszanki dobrej jakości. Schemat mieszalnika przesypowego przedstawiono na rysunku 5.

Podczas prowadzenia badań wykonano szereg prób laboratoryjnych dotyczących mieszania materiałów ziarnistych składających się z ziaren zbóż. Badania były wykonywane na dwóch rodzajach ziarna — na ziarnie pszenicy i na ziarnie kukurydzy. Zdecydowano się na celowy dobór próby w postaci ziaren różniących się kształtem, budową oraz gęstością. Materiałem użytym do badań był jednorodny układ ziarnisty różniący się wilgotnością i barwą, mieszano ze sobą pszenicę z pszenicą i kukurydzę z kukurydzą.

Za pomocą komputerowej analizy obrazu określono stopień zmieszania układu. Wilgotność ziarna mokrego wynosiła 16,2% ( $\pm 0,5\%$ ), a wilgotność

Rysunek 5

Silos wielostopniowy do mieszania  
materiałów ziarnistych metodą przesypu



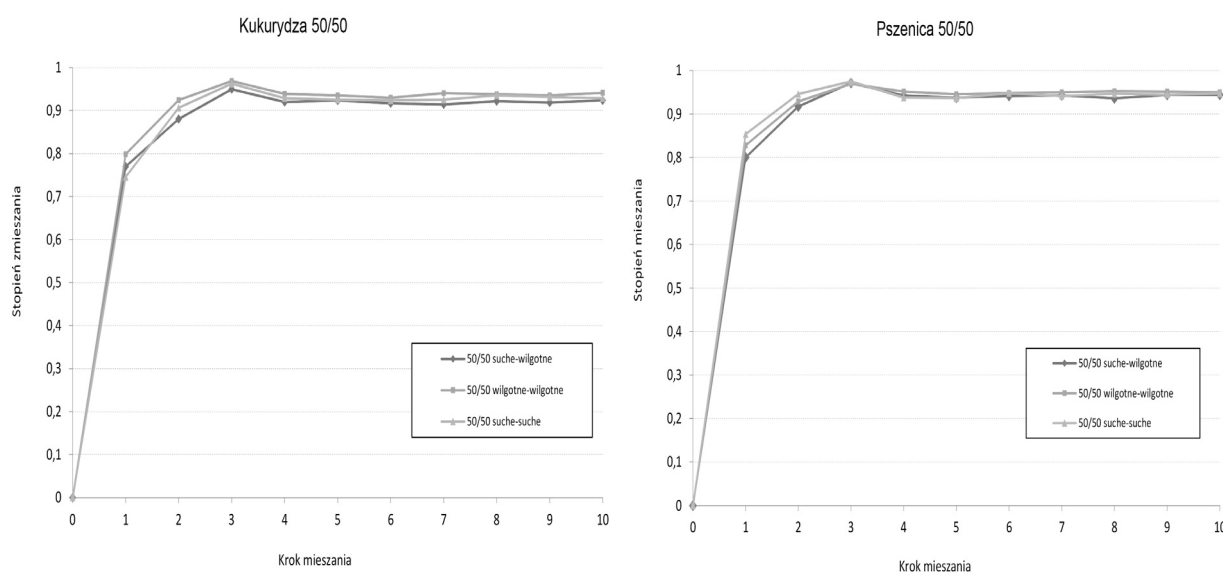
Źródło: Boss, Tukiendorf, 1998.

ziarna suchego wynosiła 11,8% ( $\pm 0,5\%$ ). Układ ziarnisty poddawano mieszaniu w laboratoryjnym mieszalniku przesypowym. Mieszalnik składał się z dwóch identycznych zbiorników (wysokość części cylindrycznej — 500 mm, średnica wewnętrzna — 300 mm, wysokość części stożkowej — 90 mm, średnica otworu — 30 mm), umieszczonych jeden nad drugim w sposób umożliwiającą ich łatwą zamianę. Dodatkowo jeden ze zbiorników składał się z 10 rozbieralnych pierścieni.

Przed przystąpieniem do mieszania zasypywano zbiornik mieszalnika materiałem ziarnistym w udziałach procentowych 50/50, 60/40, 70/30 (ziarno suche-wilgotne, ziarno wilgotne-wilgotne, ziarno suche-suche). Następnie zbiorniki zamieniano kolejno miejscami, opróżniając zbiornik na drodze wysypu grawitacyjnego. Cały proces powtarzano dziesięciokrotnie (Boss, 1987; Boss, Tukiendorf, 1997).

Rysunek 6

Stopień zmieszania ziaren pszenicy oraz ziaren kukurydzy



Źródło: opracowanie własne

Rozbieralna konstrukcja mieszalnika umożliwiła uzyskanie cyfrowego zapisu obrazu przekrojów poprzecznych mieszalnika. Uzyskany obraz poddano komputerowej analizie obrazu, za pomocą której określono stopień zmieszania. Najczęściej stosowaną statystyczną miarą oceny jakości stopnia zmieszania jest zależność przedstawiona przez H. E. Rose'a (Rose, 1959):

$$M = 1 - \frac{\sigma}{\sigma_0},$$

gdzie:

$\sigma$  — odchylenie standardowe,

$\sigma_0$  — początkowe odchylenie standardowe.

Wyrażenie to ma cechy jednoznaczności, gdyż określonej wartości  $M$  odpowiada jeden (w znaczeniu statystycznym) stan mieszaniny. Wartość liczbową  $M$  zmienia się od 0 do 1. Stan określony liczbą 0 oznacza całkowitą segregację składników, a stan określony liczbą 1 układ doskonale wymieszany (Boss, 1987).

Jak widać z wykresów (rysunek 6), zadowalający stopień zmieszania uzyskano po 3 kroku mieszania. Układ ten w przypadku zmieszanych ziaren pszenicy, jak również w przypadku zmieszanych ziaren kukurydzy, uznano za mieszaninę w stanie doskonale losowym, zwaną dalej stanem randomowym, w której prawdopodobieństwo znalezienia cząstki określonego składnika jest takie samo we wszystkich punktach tej mieszaniny (Boss, 1987).

Podczas mieszania jednorodnych układów ziarnistych różniących się wilgotnością stwierdzono, że

proces mieszania nie zależy od wilgotności w badanym zakresie. Zmieszane ziarno magazynowano i przewietrzano powietrzem atmosferycznym przez 72 godziny. Następnie poddano je badaniom laboratoryjnym w laboratorium magazynu zbożowego, gdzie sprawdzono następujące parametry: wilgotność, ilość zanieczyszczeń, gęstość ziarna, liczbę opadania, sedymentację, gluten, zawartość białka, ilość ziaren połamanych, obecność szkodników. Ziarno spełniło normy ziarna konsumpcyjnego, tzn. nie straciło swojej wartości ani nie uległo pogorszeniu jego parametry jakościowe. Te parametry były takie same jak dla zboża wysuszonego tradycyjną metodą.

## Podsumowanie i wnioski

Alternatywna metoda suszenia zbóż polega na wymieszaniu w stosunku procentowym 50/50, w drodze przesypu grawitacyjnego, ziarna wilgotnego i suchego. Następnie mieszanina jest składowana w silosie i przewietrzana powietrzem atmosferycznym. Wilgość z ziaren wilgotnych transportowana jest do ziaren suchych, w efekcie czego uzyskujemy pożądaną wilgotność poniżej 14,5% w całej masie ziarna. Przeprowadzone badania w sposób jednoznaczny wykazały, że w proponowanej metodzie nie występują ogniska samozagrzewania się ziarna ani punkty powstawania pleśni.

Prawidłowo przygotowane do składowania ziarno zbóż może być przechowywane w dobrych warunkach nawet do 5 lat, wobec czego jako sorbent może posłużyć suche ziarno z zeszłorocznych zbiorów lub wysuszone ziarno z roku bieżącego. W przypadku posługiwania się ziarnem z zeszłego roku okres przechowywania mieszaniny liczymy od daty zbioru najstarszego ziarna użytego do mieszania.

Do uporządkowania informacji w ramach prowadzonej ewaluacji wykorzystano jedną z najpopularniejszych heurystycznych technik analitycznych — analizę SWOT (Steimann, Schreyögg, 2001). Wzięto pod uwagę następujące aspekty: koszty instalacji, koszty obsługi, koszty eksploatacji, czasochłonność, wydajność, energochłonność, okres przechowywania, wymagania początkowe, odporność na awarie, innowacyjność.

**Koszty instalacji.** W przypadku metody alternatywnej praktycznie nie występują koszty instalacji, ponieważ w tej metodzie wykorzystuje się już istniejące w magazynie zbożowym urządzenia do napełniania silosów. Metoda tradycyjna oprócz instalacji do napełniania silosów wymaga dodatkowo instalacji suszarniczej. Najczęściej jest to kosztowna suszarnia kolumnowo-daszkowa wraz całą infrastrukturą transportowo-pomocniczą.

**Koszty obsługi.** Dla metody alternatywnej praktycznie nie występują dodatkowe koszty obsługi, ponieważ wykorzystuje ona już istniejącą infrastrukturę do zasypywania silosów. Wzmoczona eksploatacja może jedynie generować powstawanie kosztów związanych z częstszymi przeglądami okresowymi oraz wymianą podzespołów i części. Metoda tradycyjna oprócz kosztownych przeglądów oraz remontów okresowych urządzeń wymaga zatrudnienia wykwalifikowanych pracowników do obsługi suszarni.

**Koszty eksploatacji.** Metoda alternatywna cechuje się niskimi kosztami eksploatacji, w praktyce koszty eksploatacji sprowadzają się jedynie do kosztów energii elektrycznej. W metodzie tradycyjnej również występuje koszt energii elektrycznej, ale ponadto dochodzą jeszcze koszty paliwa używanego w suszarni. Jednym z najtańszych i powszechnie stosowanym paliwem jest miał węglowy, który podczas spalania emituje duże ilości CO<sub>2</sub> do atmosfery. Jeżeli w przyszłości przedsiębiorstwa będą musiały płacić za limity emisji CO<sub>2</sub> pochodzącej ze spalania węgla, to należy się liczyć ze znacznym wzrostem kosztów eksploatacji komór suszarniczych opalanych miałem węglowym.

**Czasochłonność.** W przypadku metody alternatywnej jeden cykl obniżenia wilgotności z 18% do 14% trwa około 20 godzin. Po tym czasie ziarno jest już zasypane w silosach, posiada odpowiednie parametry jakościowe wymagane do dalszego przechowywania. W przypadku metody tradycyjnej cykl obniżający wilgotność ziarna z 18% do 14% razem ze schładzaniem ziarna trwa 6 godzin. Po tym czasie ziarno należy przetransportować do silosów.

**Wydajność.** Przy zastosowaniu metody alternatywnej wydajność jednego cyklu wynosi 1/2 pojemności komory magazynu w 24-godzinnym cyklu dla każdej pary komór, zatem cały magazyn zbożowy może wysuszyć jednorazowo ilość zboża ( $W_a$ ) równą:

$$W_a = \frac{\text{całkowita liczba komór w magazynie}}{2} \times \frac{\text{pojemność komory magazynu}}{2}.$$

W przypadku magazynu zbożowego Opole–Port całkowita dobową wydajność dla metody alternatywnej wynosi:

$$(32/2 \times 250/2) + (14/2 \times 200/2) + (2/2 \times 120/2) + (8/2 \times 100/2) + (6/2 \times 80/2) + (8/2 \times 70/2) + (4/2 \times 40/2) = 3260 \text{ t.}$$

Używając metody tradycyjnej, w ciągu doby magazyn zbożowy może wysuszyć ilość ziarna ( $W_t$ ) równą:

$$W_t = \frac{24 \text{ h}}{\text{długość trwania jednego cyklu}} \times \frac{\text{pojemność komory suszarniczej}}{\text{długość trwania jednego cyklu}}.$$

W przypadku magazynu zbożowego Opole–Port całkowita dobową wydajność dla metody tradycyjnej wynosi:

$$24/6 \times 33 = 132 \text{ t.}$$

**Energochłonność.** W metodzie alternatywnej zapotrzebowanie na energię ( $Z_e$ ) przedstawia się następująco:

$$Z_e = E_s \times 2 \times N,$$

gdzie:

$E_s$  — wysokość komory silosu (energia potencjalna),  
 $N$  — liczba przesypów.

W przypadku trzech przesypów i wysokości komory silosu równej 15 m na każde 100 kg zboża musi dostarczyć ilość energii równą:

$$(100 \times 9,81 \times 15) \times 2 \times 3 = 88\,290 \text{ kJ.}$$

Przy zastosowaniu metody tradycyjnej przyjmuje się, że dla ziarna o wilgotności nieprzekraczającej 18% zużycie energii wynosi 19 600 kJ/kg  $H_2O$ . Aby obniżyć wilgotność do 14% trzeba odparować 4,9 kg  $H_2O$  z każdych 100 kg ziarna. Dodatkowo potrzebna jest energia do zasypania silosu, która na każde 100 kg wynosi:

$$100 \times 9,81 \times 15 = 14\,715 \text{ kJ.}$$

Wobec czego, w przypadku metody tradycyjnej, aby obniżyć wilgotność z 18% do 14% i zasypać silos, na każde 100 kg zboża należy dostarczyć następującą ilość energii:

$$19\,600 \times 4,9 + 14\,715 = 110\,755 \text{ kJ.}$$

**Okres przechowywania.** Zgodnie zobowiązującymi przepisami ziarno zbóż może być przechowywane w odpowiednich warunkach przez okres nawet do 5 lat. W przypadku metody alternatywnej okres przechowywania ziarna należy liczyć od daty zbioru najstarszego ziarna użytego do mieszania. W praktyce oznacza to skrócenie czasu przechowywania ziarna. W przypadku metody tradycyjnej okres przechowywania ziarna należy liczyć od czasu zbioru. W praktyce oznacza to możliwość przechowywania ziarna nawet do 5 lat.

**Wymagania początkowe.** Przy zastosowaniu metody alternatywnej wymagane jest posiadanie naturalnego sorbentu, czyli zboża o wilgotności do 17%, w ilości stanowiącej 50% masy końcowej mieszanki. W praktyce oznacza to konieczność użycia ziarna z zeszłorocznych zbiorów lub dosuszenie metodą tradycyjną ziarna ze zbiorów bieżących. Przy zastosowaniu metody tradycyjnej praktycznie nie ma wymagań początkowych odnośnie do posiadania na-

turalnego sorbentu, którym w metodzie alternatywnej jest ziarno suche.

**Odporność na awarie.** Metoda alternatywna jest praktycznie w 100% odporna na awarie, ponieważ w przypadku uszkodzenia silosu lub jego infrastruktury zasypowej ziarno może być skierowane do innych (sprawnych) silosów. Taki zabieg zmniejszy jedynie ogólną liczbę pracujących silosów, co pociągnie za sobą zmniejszenie wydajności magazynu zbożowego i wydłużenie procesu suszenia. W przypadku posiadania startowej ilości sorbentu jego ilość, wraz z każdym cyklem, będzie się podwajać ponieważ wysuszone ziarna z poprzedniego cyklu suszarniczego możemy użyć w następnym cyklu jako sorbent. Metoda tradycyjna w praktyce nie jest w ogóle odporna na awarie. W magazynie zbożowym występuje zazwyczaj jedna komora suszarnicza. W przypadku awarii suszarni magazyn zbożowy zmuszony jest do zaprzestania skupu zboża. Dlatego przed rozpoczęciem skupu zboża wykonywane są między innymi kosztowne przeglądy infrastruktury suszarniczej.

**Ekologia.** Metodę alternatywną należy uznać za ekologiczną ze względu na brak emisji  $CO_2$  i niskie nakłady energetyczne. Energia elektryczna wykorzystywana w tej metodzie może pochodzić z odnawialnych źródeł. Metody tradycyjnej nie można uznać za metodę ekologiczną ze względu na: znaczącą emisję  $CO_2$ , wysoką energochłonność, wykorzystywanie miału węglowego jako paliwa w procesie suszenia.

**Innowacyjność.** Metoda alternatywna jest metodą nową, wymagającą wielu testów, dzięki czemu ma ona ogromny potencjał rozwojowy. W połączeniu z coraz szerszymi proekologicznymi postawami przedsiębiorstw może znajdować podatny grunt do dalszego rozwoju. Metoda tradycyjna jest mało rozwojowa, w praktyce może jedynie podlegać niewielkim adaptacjom. Na przykład wskutek wprowadzenia opłat za emisję  $CO_2$  metoda może zostać przystosowana do używania innego paliwa, jakim będzie np.: wierzba energetyczna lub biomasa. Taka zmiana nie stanowi rozwoju metody, lecz jedynie przystosowanie ją do istniejących wymagań.

Na podstawie wyżej opisanych aspektów sporządzono graficzne porównanie ocenianych metod (tabela 1). Przyjęto skalę I–V, gdzie I jest najlepszym wynikiem w danym aspekcie. Analiza rozpatrywanych aspektów w sposób czytelny ukazuje mocne i słabe strony obu metod.

Poruszone aspekty zostały ujęte z podziałem na czynniki wewnętrzne i zewnętrzne na rysunku 7.

Zaproponowana metoda suszenia zbóż ze względu na praktyczny brak kosztów inwestycyjnych, niską energochłonność, niskie koszty eksploatacyjne, wysoką wydajność, proekologiczność oraz odporność na awarie może oferować rozwiązanie logistyczne, poprawiające funkcjonowanie magazynów zbożowych w rolniczych łańcuchach dostaw. Może stanowić istotne uzupełnienie metody tradycyjnej, zapew-

Tabela 1

Analiza wybranych aspektów omawianych metod

| Czynnik              | Skala |    |     |    |   |
|----------------------|-------|----|-----|----|---|
|                      | I     | II | III | IV | V |
| Koszty instalacji    | X     |    |     |    | O |
| Koszty obsługi       | X     |    |     | O  |   |
| Koszty eksploatacji  |       | X  |     | O  |   |
| Czasochłonność       |       | O  |     | X  |   |
| Wydajność            | X     |    |     |    | O |
| Energochłonność      | X     |    |     |    | O |
| Okres przechowywania | O     |    | X   |    |   |
| Wymagania początkowe | O     |    |     | X  |   |
| Odporność na awarie  |       | X  |     |    | O |
| Ekologia             | X     |    |     | O  |   |
| Rozwojowość          | X     |    |     | O  |   |

Uwaga: O — metoda tradycyjna, X — metoda alternatywna

Źródło: opracowanie własne.

niając ciągłość pracy magazynów zbożowych w przypadku awarii komór suszarniczych.

Zaobserwowane w życiu gospodarczym zmiany propagujące postawy proekologiczne w powiązaniu z rosnącymi opłatami za emisję CO<sub>2</sub> stanowią szansę na wdrożenie, na szeroką skalę, zaproponowanej metody alternatywnej. Opisywana metoda suszenia ziarna stanowi doskonałą bazę do dywersyfikacji metod suszarniczych, zapewniając jednocześnie ciągłość pracy magazynów zbożowych. Wysoka wydajność metody alternatywnej daje możliwość skrócenia cza-

Rysunek 7

Macierz SWOT dla metody alternatywnej

|                            | SPRZYJAJĄCE   | NIESPRZYJAJĄCE  |
|----------------------------|---|---|
| <b>CZYNNIKI WEWNĘTRZNE</b> | <b>Silne strony:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ koszty instalacji</li> <li>■ koszty obsługi</li> <li>■ koszty eksploatacji</li> <li>■ wydajność</li> <li>■ energochłonność</li> </ul> | <b>Słabe strony:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ czasochłonność</li> <li>■ okres przechowywania</li> <li>■ wymagania początkowe</li> </ul> |
| <b>CZYNNIKI ZEWNĘTRZNE</b> | <b>Szanse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ odporność na awarie</li> <li>■ ekologia</li> <li>■ innowacyjność</li> </ul>   | <b>Zagrożenia:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ opór wobec zmian</li> </ul>   |

Źródło: opracowanie własne.

su oczekiwania na rozładunek, a tym samym zlikwidowania kolejek przy skupie zboża. Jednocześnie metoda daje możliwość uzyskania przewagi konkurencyjnej nad magazynami zbożowymi stosującymi przy skupie zboża tylko metodę tradycyjną. Metoda alternatywna stanowi niewątpliwie innowację w przemyśle zbożowym.

Reasumując, należy zaznaczyć, że decydowanie jest istotą zarządzania. Decyzje strategiczne podjęte dzisiaj wytyczają nowe ścieżki, wskazują nowe sposoby myślenia, wyznaczają nowe kierunki rozwoju. Dlatego bardzo ważne jest planowanie strategiczne, z uwzględnieniem aspektów logistycznych w działalności magazynów zbożowych oraz w magazynowaniu zbóż.

## Bibliografia/References

- Boss, J. (1987). *Mieszanie materiałów ziarnistych*. Warszawa: PWN.
- Boss, J., Tukiendorf, M. (1997). Mixing of granular materials using the method of funnel-flow. *Powder Handling & Processing*, 9(4) October/December.
- Boss, J., Tukiendorf, M. (1998). Mieszanie wibracyjne. *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej. Budowa i Eksploatacja Maszyn*, (5).
- Carter, C. R., Rogers, D. S. (2008). A Framework of Sustainable Supply Chain Management: Moving toward New Theory. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 38(5). <https://doi.org/10.1108/09600030810882816>
- Davila, T., Epstein, J. M., Shelton, T. (2006). *Making innovation work. How to manage it, measure it, and profit from it*. New Jersey: Wharton School Publishing.
- GSCF (2018). *Global Supply Chain Forum (GSCF) Management*. <https://www.ukessays.com/essays/management/global-supply-chain-forum-gscf-4563.php?vref=1> (12.10.2021).
- Hart J. R. (1967). Hysteresis effect in mixtures of wheat taken from the same sample but having different moisture contents. *Cereal Chemistry*, 41.
- Hassini, E., Surti, C., Searcy, C. (2003). A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics. *International Journal of Production Economics* 140(1), 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.042>
- Kowalski, S., Tabor, S. (2003). Koszty logistyczne w wybranych gospodarstwach rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 10(52).
- Krawczyk, S. (2001). *Zarządzanie procesami logistycznymi*. Warszawa: PWE.
- Kruczek, M., Przybylska, E., Żebrucki, Z. (2015). Znaczenie innowacji w zarządzaniu łańcuchem dostaw. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie*, (78), 221–233.
- Kulińska, E. (2007). Zarządzanie ryzykiem w łańcuchu dostaw. *Logistyka*, (1), 18–21.
- Kulińska, E. (2009). *Podstawy logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw. Podręcznik dla kierunku studiów logistyka*. Opole: Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej.
- Lewicki, P., Lenart, A., Kowalczyk, R., Pałacha, Z. (1999). *Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego*. Warszawa: WNT.
- Lisowski, A. (2006). Suszenie ziarna kukurydzy. Cz. I. *Wiadomości Rolnicze*, (listopad/grudzień), 21.
- Pabis, S., Pabis, J. (1974). *Technologia suszenia i czyszczenia nasion*. Warszawa: Wydawnictwo PWRiL.

- Pohorecki, R., Wroński, S. (1979). *Kinetyka i termodynamika procesów inżynierii chemicznej*. Warszawa: WNT.
- Rose, H. E. (1959). A suggested equation relating to the mixing of powders and its application to the study of the performance of certain types of machine. *Transactions of the Institution of Chemical Engineers*, 37.
- Rudnicka, A. (2015). Zrównoważony łańcuch dostaw. *Forum Odpowiedzialnego Biznesu*, <https://odpowiedzialnybiznes.pl/artykuly/zrownowazono-lancuch-dostaw/> (28.09.2021).
- Rut, J. (2009). Badanie parametrów ziarna w magazynach zbożowych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej*, (94), 81–82.
- Rut, J. (2012). Adaptacja funkcji Bessela do opisu stanu zmieszania jednorodnej mieszaniny ziarnistej. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, (1), 47–49.
- Rut, J., Szwedziak, K., Kuczek, B., Piotrowska, L. (2007). Oznaczenie zawartości Alfa-amylazy w ziarnie pszenicy zwyczajnej na podstawie liczby opadania. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, (2), 23–25.
- Seuring, S., Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15).
- Steimann, H., Schreyögg, G. (2001). *Zarządzanie. Podstawy kierowania przedsiębiorstwem. Koncepcje, funkcje, przykłady*. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- Szwedziak, K., Sobkowicz (Rut), J. (2006). Wykorzystanie funkcji harmonicznej z tłumieniem do opisu przebiegu transportu wilgoci w ziarnie z wykorzystaniem sorbentu naturalnego. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, (1).
- Szymoniak, A. (2014). *Eurologistyka. Teoria i praktyka*. Warszawa: Difin.
- Szysło, J. (2002). *Technologie i techniki w przechowywaniu zbóż*. Warszawa: Wydawnictwo IBMIER.
- Tubielewicz, A., Tubielewicz, K. (2016). *Doskonalenie funkcjonowania łańcucha logistycznego na bazie strategicznej karty wyników. Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Opole: Oficyna Wydawnicza PTZP.
- Tukiendorf, M. (2003). Modelowanie neuronowe procesów mieszania niejednorodnych układów ziarnistych. *Rozprawy Naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie*, (272).
- Tukiendorf, M. (2004). *Magazynowanie, konserwacja i transport technologiczny zbóż na przykładzie wybranego elewatora Polskich Zakładów Zbożowych*. Opole: Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej.
- Tukiendorf, M., Rut, J., Szwedziak, K. (2007). Temperatura ziarna w czasie magazynowania. *Inżynieria Rolnicza*, 9(97), 242–247.
- Wasilewski, M. (2003). *Gospodarka magazynowa w gospodarstwach rolniczych. W: Globalizacja i integracja gospodarcza a procesy restrukturyzacji i rozwój przedsiębiorstw*. Kraków: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie.
- Wasilewski, M. (2004). *Ekonomiczno-organizacyjne uwarunkowania gospodarowania zapasami w przedsiębiorstwach rolniczych*. Warszawa: SGGW.
- Żuk, J. (2008). Koncepcja logistyki nowoczesnej technologii magazynowania i przetwórstwa zbóż. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, (9).

#### Dr inż. Joanna Rut

Absolwentka studiów magisterskich i inżynierskich oraz doktoranckich Wydziału Mechanicznego Politechniki Opolskiej w Opolu. W 2011 r. uzyskała stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn. Reprezentowana dyscyplina naukowa to obszar nauki o zarządzaniu i jakości. Główne zainteresowania badawcze J. Rut obejmują aspekty zarządzania i jakości, logistyki, procesów innowacyjnych i wdrożeniowych w przemyśle, IoT, Przemysł 4.0, budowę i eksploatację maszyn, systemy robotyczne, systemy wizyjne, procesy diagnostyczne. Jest autorem i współautorem ponad 200 publikacji naukowych. Brała udział w wielu pracach naukowo-badawczych zakończonych wdrożeniem w przemyśle. Doświadczenie naukowe i praktyczne związane z przemysłem zdołała, współpracując z przedsiębiorstwami oraz w trakcie realizacji wielu staży naukowych. Jest członkiem TEAM Society — Technique, Education, Agriculture & Management, ITHEA® International Scientific Society, IPMA — International Project Management Association, PTZP — Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, PTL — Polskie Towarzystwo Logistyczne, PTBOiS — Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych, SIMP — Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich, PTZI — Polskie Towarzystwo Zarządzania Innowacjami. W 2011 r. otrzymała nagrodę III stopnia Rektora Politechniki Opolskiej za pracę organizacyjną i administracyjną. W 2013 r. otrzymała nagrodę II stopnia Rektora Politechniki Opolskiej za wybitne osiągnięcia naukowe.

#### Dr inż. Joanna Rut

PhD Eng. A graduate of master's and engineering studies as well as doctoral studies at the Faculty of Mechanical Engineering of the Opole University of Technology in Opole, Poland. In 2011, she obtained a doctorate in technical sciences in the discipline of construction and operation of machines. The represented scientific discipline is an area of management and quality science. Her main research interests include aspects of management and quality, Logistics, innovation and implementation processes in industry, IoT, Industry 4.0, machine construction and operation, robotic systems, vision systems, and diagnostic processes. She is the author and co-author of over 200 scientific publications. She participated in many scientific and research works completed with implementation in the industry. She gained scientific and practical experience related to the industry by cooperating with enterprises and during the implementation of many scientific internships. She is a member TEAM Society — Technique, Education, Agriculture & Management, ITHEA® International Scientific Society, IPMA — International Project Management Association, Polish Association for Production Management, Polish Logistics Association, Polish Operational and Systems Research Society POSRS, Polish Society of Mechanical Engineers, Polish Society for Innovation Management. In 2011, she received the 3rd degree award of the Rector of the Opole University of Technology for organizational and administrative work. In 2013, she received the 2nd degree award of the Rector of the Opole University of Technology for outstanding scientific achievements.

**Dr hab. inż. Ewa Maria Kulińska, prof. PO**

Jest przewodniczącą Rady Naukowej dyscypliny Nauki o Zarządzaniu i Jakości Politechniki Opolskiej, pełnomocnikiem Rektora PO ds. zarządzania ryzykiem, kierownikiem Katedry Logistyki na Wydziale Inżynierii Produkcji i Logistyki Politechniki Opolskiej oraz Senatorem Politechniki Opolskiej. Jej zainteresowania naukowe mieszczą się w dyscyplinie nauk o zarządzaniu i jakości. Zajmuje się procesami logistycznymi, a szczególnie ich udziałem w tworzeniu wartości dodanej, łączeniem różnych stylów zarządzania w koncepcje zintegrowane; bada możliwości zabezpieczania przedsięwzięć przed kryzysem (zarządzanie ryzykiem, zabezpieczanie procesów logistycznych). Ponadto jej zainteresowania obejmują praktyczne aspekty zarządzania logistyką, zarządzanie relacjami w łańcuchach dostaw, strategię rozwoju organizacji, podejście procesowe w zarządzaniu, nowoczesne techniki informacyjne. Jest autorką ponad 300 publikacji naukowych (14 książek) zamieszczonych w wydawnictwach krajowych i zagranicznych, w tym w bazie Web of Science. Kierowała projektami badawczymi NCN i innymi o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Za osiągnięcia naukowe i organizacyjne została wielokrotnie wyróżniona nagrodami Rektora PO oraz gremiów krajowych. Jest członkiem Komisji Nauk Prawnych i Ekonomicznych PAN Oddział w Katowicach, Polskiego Towarzystwa Logistycznego oraz Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją. Została odznaczona Medalem Brązowym za długoletnią służbę, przyznany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej oraz Medalem Komisji Edukacji Narodowej.

**Dr hab. inż. Ewa Maria Kulińska, prof. PO**

Associate professor, PhD Eng. She is the President of the Scientific Council of the Management and Quality Science discipline at the Opole University of Technology, plenipotentiary of the Rector of the Opole University of Technology for risk management, Head of the Logistics Department at the Faculty of Production Engineering and Logistics of the Opole University of Technology, and Senator of the Opole University of Technology. The represented scientific discipline is the area of management science and quality. She deals with logistics processes, especially their participation in the creation of added value, combining different styles of management in the integrated concepts; explores the possibility of securing enterprises against crisis (risk management, securing logistics processes). Her main research interests include practical aspects of logistics management, relationship management in supply chains, organizational development strategies, process approach in management, and modern information techniques. She is the author of over 300 scientific publications (14 books) published in domestic and foreign publishers, including in Web of Science database. She managed NCN research projects and other national and international projects. For her scientific and organizational achievements she has been repeatedly awarded by the Rector of PO and national bodies. She is a member of the Commission of Legal and Economic Sciences of the Polish Academy of Sciences Branch in Katowice, the Polish Logistics Association and the Polish Production Management Association. She has been awarded the Bronze Medal for Long Service by the President of Poland and the Medal of the National Education Commission.

**Material Economy and Logistics Journal**[www.pwe.com.pl](http://www.pwe.com.pl)**Gospodarka Materiałowa i Logistyka**[www.gmil.pl](http://www.gmil.pl)**ZNAJDZIESZ NAS TU****www.gmil.pl****tel. 795 155 583****ul. Podwale 17****00-252 Warszawa**