

2023

PREcisionMIX 2.0

Współpraca w zakresie realizacji prac rozwojowych w celu opracowania i wdrożenia innowacyjnych, precyzyjnych i bezpiecznych technologii mikronawożenia dla udoskonalenia produktów premiksowych

Część druga: Raport z prac rozwojowych



AUTORZY:

ZUZANNA WIŚNIEWSKA
ZUZANNA MIKOŁAJCZAK
MAŁGORZATA KASPROWICZ-POTOCKA
ROBERT MIKUŁA
BARTOSZ KIEROŃCZYK
SEBASTIAN A. KACZMAREK



Słowem wstępu

Zakończono drugi etap realizacji projektu, w ramach którego zainstalowano pierwszą część instalacji pilotażowej, w szczególności zespół ważąco-dozujący.

W ramach prac rozwojowych wykonana została analiza homogenności produktów otrzymanych przy użyciu zmodernizowanych linii. Dodatkowo, wykonana została analiza efektu przeniesienia z wykorzystaniem Cu, Mn, Co lub kokcydiostatyku (L1). Procedura została przeprowadzona zgodnie z instrukcją operacyjną zakładu – nr IO 2. Ponadto, w II etapie Projektu przeprowadzono weryfikację prędkości zsypu 27 surowców z 3 linii produkcyjnych, co wraz z 15 przeanalizowanymi surowcami z I etapu stanowi 100% wszystkich produktów zakwalifikowanych do badania. Dotychczas określono właściwości fizyczne surowców pod kątem automatyzacji mikronawazania: gęstości pozornej, gęstości ubitej oraz kąta usypowego z wykorzystaniem aparatury zgodnej z najnowszymi standardami ASTM: aparatu do określania badania gęstości materiałów sypkich En ISO 3953:2011-05 - Landgraf Laborsysteme HLL GmbH oraz aparatu do określania kąta spoczynku DIN EN ISO 4324 - Landgraf Laborsysteme HLL GmbH. Przeprowadzone w etapie II badania umożliwią w kolejnym etapie określenie ścisłości oraz spoistości wybranych surowców.

Na podstawie kart charakterystyki MSDS (ang. material safety data sheet) określono także higroskopijność surowców.

Analiza recepturowa produktów pod względem dobrania technologii do stosowanych surowców, wytwarzanych produktów, wymogów prawnych oraz oczekiwań klientów

W pierwszym etapie prac rozwojowych wykonano analizę obecnego funkcjonowania linii produkcyjnych – linia 1 (L1), linia 2 (L2) oraz linia (L3). L1 oraz L2 używane są do produkcji premiksów z średnim czasem produkcji wynoszącym 10 minut.

Dodatkowo na L2 dopuszczone jest stosowanie produktów GMO, a L1 dedykowane jest do produkcji premiksów z kokcydiostatykami. Natomiast L3 dedykowane jest do produkcji preparatów mlekozastępczych z średnim czasem produkcji partii wynoszącym 12 minut.

Każda z linii jest odrębną niezależną instalacją.

Krótko charakteryzując:

L1 linia BEZ GMO jednak dopuszcza produkcję kokcydiostatyków (oczywiście włączając wszelkie procedury czyszczenia linii- dot. wszystkich linii, jednak tutaj i na L2 częstotliwość i rodzaj wykonywanych zabiegów regulowana jest częstotliwością produkcji z użyciem kokcydiostatyków).

Na linii L2 dopuszczone jest stosowanie kokcydiostatyków oraz surowców pochodzenia GMO (jedyna linia na zakładzie z możliwością użycia surowca GMO).

Linia L3 dedykowana jest do produkcji preparatów mlekozastępczych (BEZ GMO, wolna od kokcydiostatyków)

Schemat technologiczny zakładu zamieszczono na diagramie 1.

Na L1 wykonuje się ręcznie ponad 241 tysięcy naważeń rocznie, co stanowi rocznie w przybliżeniu ponad 3 800 ton surowców. Dodatkowo stosowanych jest 204 surowce co dodatkowo utrudnia i wydłuża cały proces.

Obecny stopień automatyzacji naważenia na tej linii wynosi w przybliżeniu 35%. Natomiast na L2 wykonuje się ok 183 tys. naważeń w ciągu roku co daje w sumie ok 4,1 tys ton surowców. Całkowita ilość surowców stonowanych na tej linii wynosi 204.

Stopień automatyzacji naważenia szacowany jest na 44%. W przypadku linii produkcyjnej dedykowanej do produkcji preparatów mlekozastępczych (L3), rocznie wykonuje się ok 130 tys naważeń ręcznych. Na tej linii dozuje się łącznie ponad 5,6 tys ton, w postaci 148 różnych surowców. L3 charakteryzuje się najniższym stopniem automatyzacji naważenia – ok 12%.

Wykonano analizę recepturową i na jej podstawie oraz gęstości stosowanych surowców, oczekiwanych wielkości naważeń, ilości używanych surowców do produkcji, oczekiwanego czasu

produkcji, homogenności produktów gotowych, zgodności ze specyfikacją, określono podstawowe parametry jakimi musi się charakteryzować system naważenia do każdej z linii produkcyjnych (L1, L2 oraz L3).

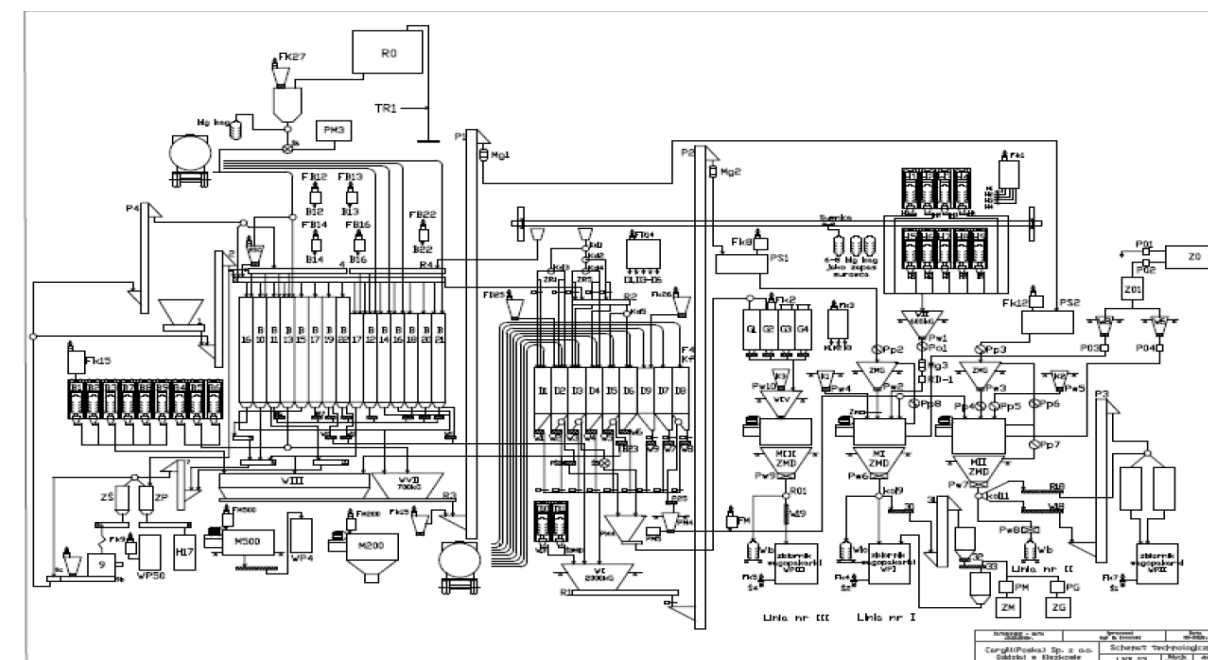
Na linii L1 wykonuje się najmniejsze naważenie w wielkości ok 14g. Sugeruje się użycie systemu naważenia współpracującego z 36 silosami na surowce paszowe (36 pozycji dozujących). Odpowiednie będzie użycie dwóch wag o pojemności do 500 kg (12 silosów) oraz do 100 kg (24 silosy).

Dokładność dozowania wagi 500 kg - 200 g i odpowiednio 2 g a dokładność wagi 100 kg -100 g i 1 g. Na podstawie receptur produktów i wielkości naważeń poszczególnych składników receptur zautomatyzowanie procesu naważenia będzie możliwe w przypadku łącznie 24 surowców co spowoduje zautomatyzowanie tej linii w 66%. Waga większa ma naważać maksymalnie ok 450 kg i minimalnie

ok 5 kg. Natomiast waga mniejsza (do 100 kg) ma naważać maksymalnie do 50 kg a minimalnie 50 g. Pojemność wagi mniejszej powinna wynosić ok 100 L natomiast wagi większej (do 500 kg) ok 1000 L.

Wyższy stopień automatyzacji naważenia można osiągnąć stosując rozwiązania współpracujące z większą ilością silosów (np. 24) w przypadku wagi o pojemności do 100 kg. Takie rozwiązanie przy produkcji niektórych produktów spowoduje wydłużenie czasu dozowania co będzie skutkowało wydłużeniem procesu produkcji. Po przeprowadzeniu analiz całego procesu produkcji wydaje się, że takie rozwiązanie nie spowoduje znaczącego obniżenia efektywności całego procesu. W obecnej funkcjonującej linii etapem limitującym jest pakowanie większości produktów.

Przy zastosowaniu takiego rozwiązania stopień automatyzacji naważenia wzrośnie do 75-80%



Rysunek 1

Schemat technologiczny zakładu



jednakże czas potrzebny do naważenia pojedynczego produktu wzrośnie o kilkadziesiąt sekund. Na podstawie analiz receptur można przyjąć że takie rozwiązanie spowoduje ograniczenie ilości naważeń ręcznych z 240 tyś/rok do ok 80 tyś/rok.

W przypadku L2, odpowiednim wydaje się być także rozwiązanie współpracujące z 36 silosami (36 pozycji dozujących na wagę). Odpowiednie będzie użycie dwóch wag o pojemności ponad 500 kg (12 silosów) oraz do 100 kg (24 silosy). Dokładność dozowania wagi 500 kg - 200 g i odpowiednio 2 g a dokładność wagi 100 kg - 100 g i 1 g.

Na podstawie receptur produktów i wielkości naważeń poszczególnych składników receptur zautomatyzowanie procesu naważenia będzie możliwe w przypadku łącznie 36 surowców co spowoduje zautomatyzowanie tej linii w 76%. Waga większa ma naważać maksymalnie ok 640 kg i minimalnie ok 5 kg.

Natomiast waga mniejsza (do 100 kg) ma naważać maksymalnie do 45 kg a minimalnie 50 g. Pojemność wagi mniejszej powinna wynosić ok 100 L natomiast wagi większej (do 500 kg) ok 1000 L. Na podstawie receptur produktów i wielkości naważeń poszczególnych składników receptur zautomatyzowanie procesu naważenia będzie możliwe w przypadku 24 surowców co spowoduje zautomatyzowanie tej linii w 69%. Wyższy stopień automatyzacji (ok 76 %) naważenia można osiągnąć stosując wagę mniejszą (do 100 kg)

współpracującą z większą ilością silosów (np. 24).

Takie rozwiązanie przy niektórych produktach spowoduje wydłużenie czasu dozowania głównie z powodu konieczności wykonywania podwójnych naważeń oraz dłuższego czasu niezbędnego do wykonania pełnego cyklu naważenia co jednak w znacznym stopniu spowoduje wzrost automatyzacji całego procesu produkcji.

Na podstawie analiz receptur można przyjąć że takie rozwiązanie spowoduje ograniczenie ilości naważeń ręcznych z 183 tyś/rok do ok 78 tyś/rok. Prawdopodobnie ok. 6 % produktów będzie wymagało podwójnego naważenia a ok 50 % produktów będzie wydłużało czas produkcji w stosunku do obecnego.

Linia L3 jest najmniej zautomatyzowana obecnie pod względem naważenia. Szacuje się, że wprowadzenie systemu mikronaważenia spowoduje ograniczenie naważeń „ręcznych” z ok 130 tyś/rok do ok 55 tyś/rok.

Zautomatyzowanie procesu naważenia będzie wymagało systemu dwóch wag i dozowania współpracującego z 12 silosami na jedną wagę i 24 silosami na drugą wagę. W związku z tym proces będzie dotyczył 36 surowców. Zakres dozowania od 50 g do 100 kg z dokładnością 2 g. W związku z tym, odpowiednie będzie użycie dwóch wag o pojemności ponad 500 kg oraz do 100 kg. Dokładność dozowania wagi 500 kg -200 g i odpowiednio 2 g a dokładność dozowania wagi 100 kg - 100 g i 1 g. Na podstawie receptur

produktów i wielkości naważeń poszczególnych składników receptur zautomatyzowanie procesu naważenia będzie możliwe w przypadku łącznie 24 surowców co spowoduje zautomatyzowanie tej linii w 60 %.

Waga większa ma naważać maksymalnie ok 335 kg i minimalnie ok 5 kg. Natomiast waga mniejsza (do 100 kg) ma naważać maksymalnie do 42 kg a minimalnie 50 g. Pojemność wagi mniejszej powinna wynosić ponad 100 L (użycie wagi o pojemności 100 L spowoduje konieczność podwójnego naważenia z powodu przekroczenia limitu pojemności – ok 180 produktów) natomiast wagi większej (do 500 kg) do 1000 L.

Wyższy stopień automatyzacji (70 %) naważenia można osiągnąć stosując rozwiązania współpracujące z większą ilością silosów (np. 24) w przypadku wagi o pojemności do 100 kg. Takie rozwiązanie przy niektórych produktach spowoduje wydłużenie czasu dozowania - głównie z powodu konieczności wykonywania podwójnych naważeń co jednak w znacznym stopniu spowoduje wzrost automatyzacji całego procesu produkcji.

Podsumowanie

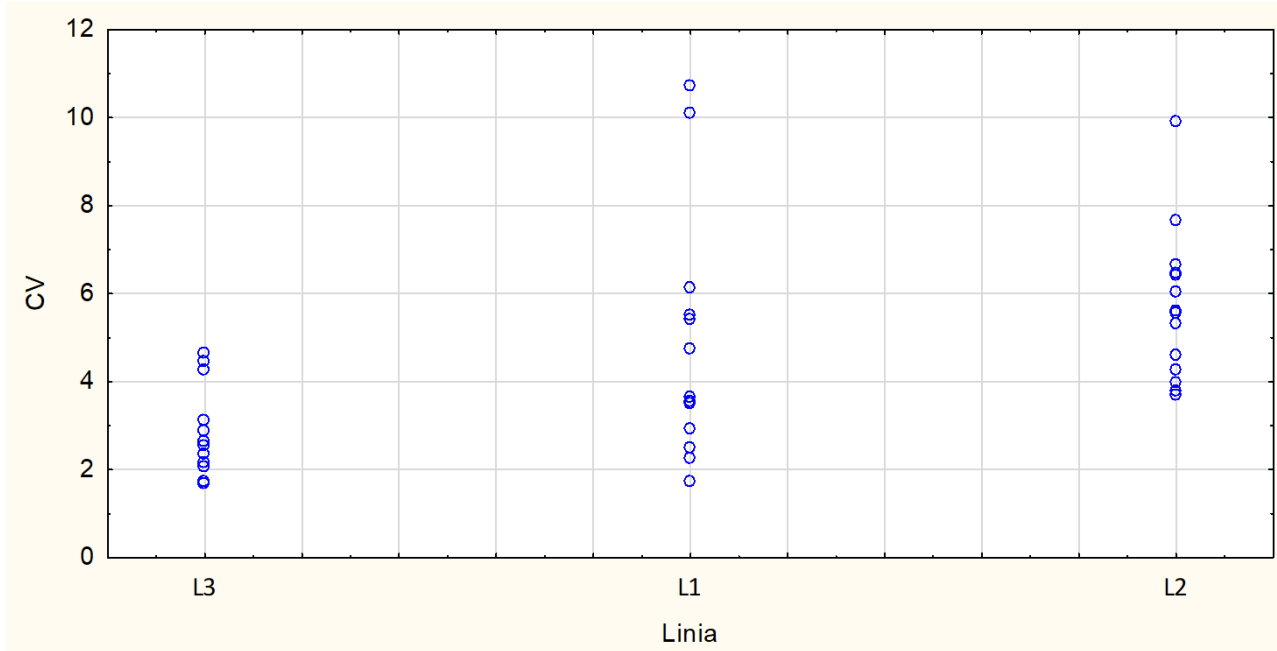
Obecnie do naważenia na trzech liniach produkcyjnych wymagane jest 16 osób. Zautomatyzowanie procesu naważenia umożliwi ograniczenie ilości osób zaangażowanych w ten proces a co za tym idzie eksponowanych na szereg substancji chemicznych o różnym stopniu

ryzyka oraz ograniczenie w ilości odpadów (opakowań).

Modernizacji wszystkich linii spowoduje znaczące ograniczenie naważeń ręcznych podnosząc istotnie stopień automatyzacji. Do rozważenia przez inwestora jest zastosowanie w przypadku L1, L2 oraz L3 (waga do 100 kg i waga do 500 kg) rozwiązań współpracujących z większą ilością silosów (36). Taka modernizacja spowoduje znaczący wzrost automatyzacji i w niewielkim stopniu wydłuży proces produkcji. Dodatkowo takie rozwiązanie wiąże się z dodatkowym kosztem.

Rysunek 2

Wykres rozrzutu CV (%) dla poszczególnych linii - L1, L2, L3.



Analiza homogenności produktu docelowego oraz innych kluczowych parametrów produktu docelowego

W etapie pierwszym wykonano analizę homogenności produktów otrzymywanych na liniach L1, L2 oraz L3 przed modernizacją. Wyniki te będą stanowiły punkt wyjściowy do określenia zmiany w dokładności dozowania mikroelementów po modernizacji linii.

Oznaczano zawartość Zn, Mn lub Cu i na podstawie wyników obliczano współczynnik zmienności wg. wzoru:

$$CV = \frac{SD}{x} \times 100$$

Gdzie: x = średnia z pomiarów, SD – odchylenie standardowe. Natomiast odchylenie standardowe obliczano

przy pomocy następującego wzoru:

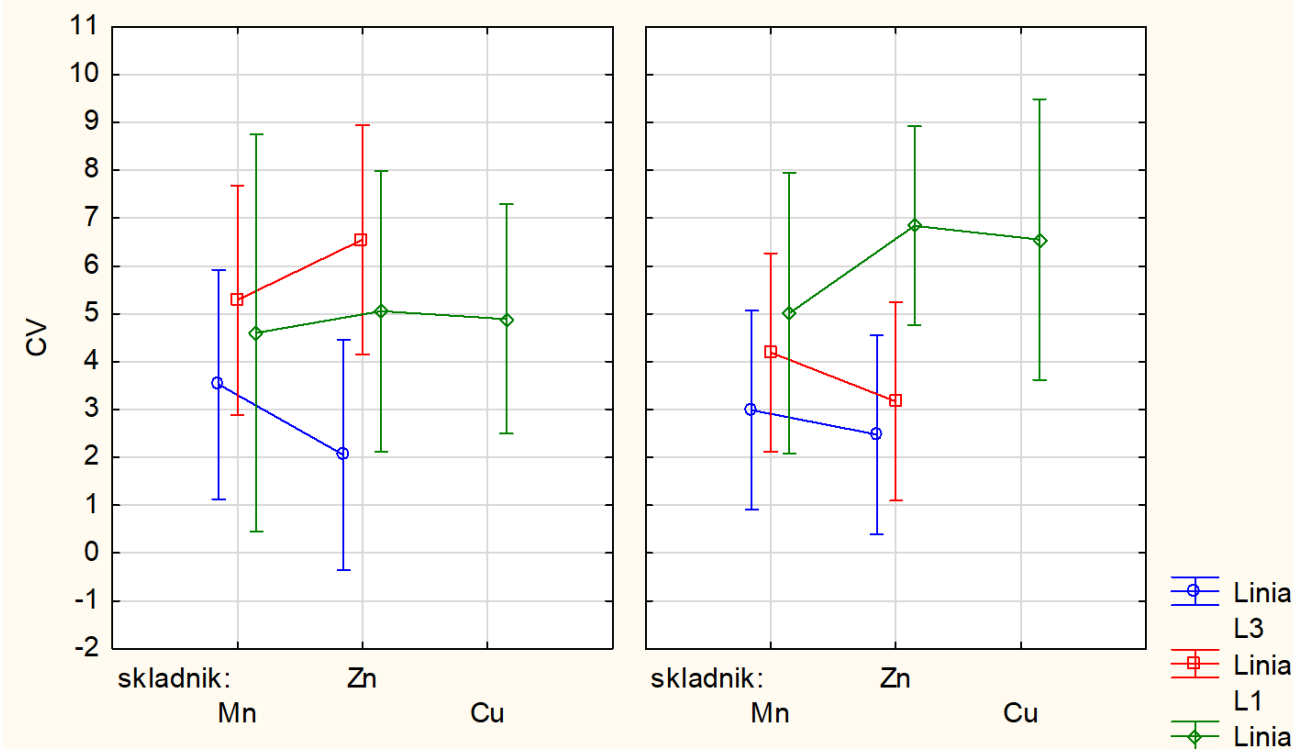
$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (X - x)^2}{N - 1}}$$

Gdzie: SD – odchylenie standardowe, x – średnia, X – kolejna obserwacja w próbie, N – liczebność prób.

Próby do badania homogenności pobierano bezpośrednio z mieszalnika oraz z worków z gotowym produktem osobno dla L1, L2 i L3. Rozrzut wyników zmienności przedstawiono na rysunku 1. Linia 3 L3 charakteryzuje się bardzo wysoką homogennością produktów pod względem badanych składników. Linie 1 oraz 2 charakteryzowały się także wysoką homogennością jednakże odnotowano produkty o znacznie wyższym CV – L1 2 produkty, L2 jeden produkt.

Na podstawie zebranych wyników, przeprowadzono analizę statystyczną w celu zidentyfikowania

Oczekiwane średnie brzegowe (niektóre nie estymowalne)
Bieżący efekt: F(2, 28)=,72652, p=,49248
Dekompozycja efektywnych hipotez
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



potencjalnych źródeł zmienności. Wyniki analizowano przy pomocy programu Statistica 13.0 (TIBCO Software Inc. (2017). Statistica (data analysis software system), version 13. <http://statistica.io>). Użyto procedury MANOVA wg. następującego modelu:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Gdzie: Y_{ij} – obserwowana zmienna zależna, μ – średnia, i – efekt linii, j – efekt źródła próby, k – efekt analizowanego pierwiastka, ijk – efekt błędu losowego.

Na podstawie wyników można stwierdzić że analizowany pierwiastek oraz źródło próby nie miały wpływu na wielkość współczynnika

zmienności i można te czynniki usunąć z modelu. Szczegółowe wyniki dla przeprowadzonej analizy przedstawiono w Tabeli 2.

Dalsze analizy prowadzono przy pomocy następującego modelu statystycznego:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_i$$

Gdzie: Y_{ij} – obserwowana zmienna zależna, μ – średnia, α_i – efekt linii, β_j – efekt źródła próby, γ_k – efekt analizowanego pierwiastka, ε_{ijk} – efekt błędu losowego.

Otrzymane średnie porównano przy pomocy testu post-hoc NIR przy poziomie istotności P<0.05.

Rysunek 3

Graficzne przedstawienie wieloczynnikowej analizy wariancji. Efekty główne: Linia (L1, L2, L3), źródło próby (m – mieszalnik, W – worki) oraz analizowany pierwiastek (Mn, Zn lub Cu)

Otrzymane wyniki przedstawiono w Tabeli 1, przy założonym poziomie istotności ($P < 0.05$) można stwierdzić że największa homogenność produktów jest otrzymywana na L3. Linie L1 oraz L2 nie różnią się między sobą pod względem CV.

Tabela 1

Współczynnik zmienności zawartości Cu, Zn lub Mn w produktach pochodzących z linii L1, L2 lub L3

Linia	Średni CV
L1	4.639 ^a
L2	5.704 ^a
L3	2.754 ^b

Podsumowanie

Przeprowadzone oznaczenia homogenności oraz obliczenia statystyczne wskazują iż linie różnią się pod względem dokładności dozowania i mieszania produktów. Prawdopodobnie jest to spowodowane znacznymi różnicami w składzie surowcowym produktów oraz wielkościami nawazek.

Do określenia dokładności dozowania oraz mieszania po wykonaniu modernizacji linii należy porównywać linie pomiędzy sobą (z uwagi na istotne statystycznie różnice w CV pomiędzy liniami) ale można wykluczyć efekty miejsca pobrania próby oraz analizowanego pierwiastka.

W etapie drugim zostanie wykonana analiza homogenności produktów otrzymanych przy użyciu zmodernizowanych linii. Dodatkowo, wykonana zostanie analiza efektu przeniesienia z wykorzystaniem Cu, Mn, Co lub kokcydiostatyku (L1). Procedura zostanie przeprowadzona zgodnie z instrukcją operacyjną zakładu – nr IO 2.

Tabela 2

Szczegółowe wyniki MANOVA dla CV

Efekt	Statystyki opisowe (Arkusz4)				CV Średnie	CV Odch.st.	CV Bł. std.	CV -95,00%	CV +95,00%
	Poziom Czynnika	Poziom Czynnika	Poziom Czynnika	N					
Ogół				42	4,365667	2,287482	0,352966	3,6528	5,07850
składnik	Mn			17	4,104118	2,042950	0,495488	3,0537	5,15451
składnik	Zn			20	4,290900	2,658168	0,594385	3,0468	5,53496
składnik	Cu			5	5,554000	1,136939	0,508455	4,1423	6,96570
Linia	L3			14	2,754000	1,013878	0,270970	2,1686	3,33940
Linia	L1			14	4,638714	2,789207	0,745447	3,0283	6,24915
Linia	L2			14	5,704286	1,699356	0,454172	4,7231	6,68546
zrodlo	m			18	4,533944	2,551457	0,601384	3,2651	5,80275
zrodlo	w			24	4,239458	2,115931	0,431913	3,3460	5,13294
składnik*Linia	Mn	L3		7	3,216571	1,264317	0,477867	2,0473	4,38587
składnik*Linia	Mn	L1		7	4,660571	2,753759	1,040823	2,1138	7,20737
składnik*Linia	Mn	L2		3	4,876667	1,052632	0,607737	2,2618	7,49155
składnik*Linia	Zn	L3		7	2,291429	0,359800	0,135992	1,9587	2,62419
składnik*Linia	Zn	L1		7	4,616857	3,044940	1,150879	1,8008	7,43296
składnik*Linia	Zn	L2		6	6,243333	2,291014	0,935303	3,8391	8,64761
składnik*Linia	Cu	L2		5	5,554000	1,136939	0,508455	4,1423	6,96570
składnik*zrodlo	Mn	m		7	4,434286	2,748064	1,038670	1,8928	6,97582
składnik*zrodlo	Mn	w		10	3,873000	1,497033	0,473403	2,8021	4,94391
składnik*zrodlo	Zn	m		8	4,487625	3,001116	1,061055	1,9786	6,99662
składnik*zrodlo	Zn	w		12	4,159750	2,534999	0,731791	2,5491	5,77041
składnik*zrodlo	Cu	m		3	4,890000	0,960156	0,554346	2,5048	7,27516
składnik*zrodlo	Cu	w		2	6,550000	0,141421	0,100000	5,2794	7,82062
Linia*zrodlo	L3	m		6	2,786667	1,319362	0,538627	1,4021	4,17125
Linia*zrodlo	L3	w		8	2,729500	0,814910	0,288114	2,0482	3,41078
Linia*zrodlo	L1	m		6	5,918500	3,624965	1,479886	2,1143	9,72267
Linia*zrodlo	L1	w		8	3,678875	1,614066	0,570658	2,3295	5,02827
Linia*zrodlo	L2	m		6	4,896667	1,063403	0,434133	3,7807	6,01264
Linia*zrodlo	L2	w		8	6,310000	1,891288	0,668671	4,7288	7,89116
składnik*Linia*zrodlo	Mn	L3	m	3	3,525000	1,619190	0,934840	-0,4973	7,54729
składnik*Linia*zrodlo	Mn	L3	w	4	2,985250	1,132550	0,566275	1,1831	4,78739
składnik*Linia*zrodlo	Mn	L1	m	3	5,288333	4,205444	2,428014	-5,1586	15,73524
składnik*Linia*zrodlo	Mn	L1	w	4	4,189750	1,638969	0,819485	1,5818	6,79772
składnik*Linia*zrodlo	Mn	L2	m	1	4,600000				
składnik*Linia*zrodlo	Mn	L2	w	2	5,015000	1,449569	1,025000	-8,0089	18,03886
składnik*Linia*zrodlo	Zn	L3	m	3	2,048333	0,307585	0,177584	1,2843	2,81242
składnik*Linia*zrodlo	Zn	L3	w	4	2,473750	0,304011	0,152006	1,9900	2,95750
składnik*Linia*zrodlo	Zn	L1	m	3	6,548667	3,738161	2,158228	-2,7374	15,83477
składnik*Linia*zrodlo	Zn	L1	w	4	3,168000	1,642138	0,821069	0,5550	5,78101
składnik*Linia*zrodlo	Zn	L2	m	2	5,055000	1,916259	1,355000	-12,1619	22,27191
składnik*Linia*zrodlo	Zn	L2	w	4	6,837500	2,472197	1,236099	2,9037	10,77132
składnik*Linia*zrodlo	Cu	L2	m	3	4,890000	0,960156	0,554346	2,5048	7,27516
składnik*Linia*zrodlo	Cu	L2	w	2	6,550000	0,141421	0,100000	5,2794	7,82062



Analiza właściwości fizycznych materiałów sypkich: pomiary gęstości pozornej, gęstości ubitej oraz kąta usypowego

Etap I

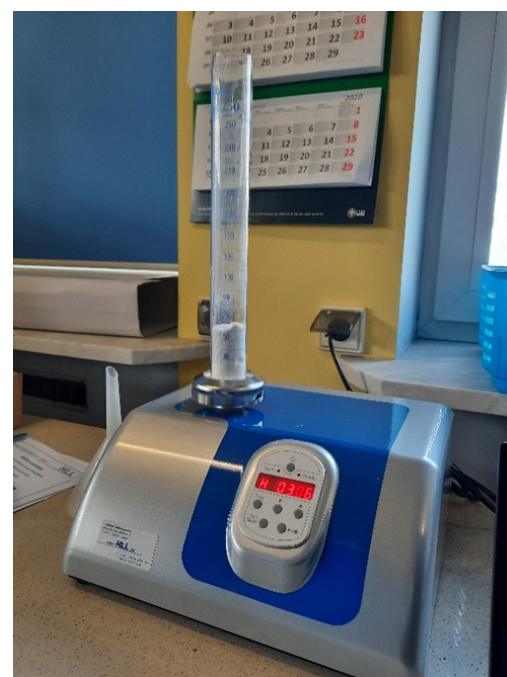
W I etapie Projektu przeprowadzono weryfikację prędkości zsypania wybranych 15 surowców z 1 linii produkcyjnej, co stanowi 30% wszystkich produktów zakwalifikowanych do badania.

Dotychczas określono właściwości fizyczne surowców pod kątem automatyzacji mikronaważania: gęstości pozornej, gęstości ubitej oraz kąta usypowego z wykorzystaniem aparatury zgodnej z najnowszymi standardami ASTM: aparatu do określania badania gęstości materiałów sypkich En ISO 3953:2011-05 - Landgraf Laborsysteme HLL GmbH oraz aparatu do określania kąta spoczynku DIN EN ISO 4324 - Landgraf Laborsysteme HLL GmbH. Przeprowadzone w etapie I badania umożliwią w kolejnym etapie określenie ściśłości oraz spoistości wybranych surowców.

Na podstawie kart charakterystyki MSDS (ang. material safety data sheet) określono higroskopijność 15 wybranych surowców (Tabela 1).

Informacja odnośnie higroskopijności danego surowca może być przydatna w przypadku określenia właściwości fizycznych, tj. sypkości, kąta usypowego. Surowce higroskopijne w przypadku transportu pneumatycznego lub nieprawidłowego przechowywania

mogą absorbować wilgoć z powietrza zwiększając swoją spójność; w rezultacie nastąpi pogorszenie sypkości (Mills, 2016) i zwiększenie kąta usypowego. Pośród wybranych do analiz w I etapie produktów znalazły się dwa surowce z właściwościami higroskopijnymi: chlorek choliny 70 % i premiks selenowy 5 %; przy analizie kąta usypowego nie zauważono problemów z przepływowością tych surowców.



Zdjęcie 1

Aparat do określania badania gęstości materiałów sypkich En ISO 3953:2011-05 - Landgraf Laborsysteme HLL GmbH

Gęstość pozorna i ubita

Gęstość pozorna (zwana również nasypową, usypową) to parametr wykorzystywany do charakterystyki materiałów sypkich określany poprzez masę materiału podzieloną przez objętość, którą ten materiał zajmuje (z uwzględnieniem przestrzeni między cząsteczkami materiału, lub, jako masa materiału, którą można zapakować do określonej objętości (Abdullah i Geldart, 1999).

Analizę gęstości pozornej przeprowadzono z użyciem cylindra laboratoryjnego oraz wagi laboratoryjnej. Do cylindra przesypywano materiał w ilości odpowiadającej 100 g/cm³, następnie próbkę ważono. Gęstość pozorną obliczono wg wzoru:

$$P_p = \frac{m}{V} [\text{g/cm}^3]$$

gdzie:

m – masa próbki,
V – objętość próbki.

Surowiec o dużej wytrzymałości strukturalnej będzie odporny na zapadanie się po rozproszeniu w pojemniku i będzie charakteryzować się niską gęstością nasypową, podczas gdy strukturalnie słaby i łatwo zapadający się proszek będzie mieć większą gęstość nasypową.

Gęstość ubita uzyskiwana jest poprzez ostukanie pojemnika zawierającego napowietrzoną próbkę. Materiał spoisty znacznie się zapadnie podczas opukiwania, sypki materiał ma

ograniczone możliwości dalszej konsolidacji (Abdullah i Geldart, 1999). Gęstość ubitą oznaczono za pomocą aparatu do określania badania gęstości materiałów sypkich EN ISO 3953:2011-05-Landgraf Laborsysteme HLL GmbH (zdjęcie 1). Za pomocą powyższego aparatu próbki z wcześniejszego pomiaru gęstości pozornej zostały poddane ostukaniu w ilości 500 razy każda. Różnica spadku objętości była dosypywana do cylindra oraz powtórnie ważona. Na podstawie poniższego wzoru obliczano wartość gęstości ubitej:

$$P_u = \frac{m_u}{V} [\text{g/cm}^3]$$

gdzie:

m – masa próbki po ubiciu,
V – objętość próbki (100 ml).

Wyniki przeprowadzonych analiz przedstawiono w tabeli 2.

Kąt usypowy

Wartość kąta usypowego to kolejny parametr charakteryzujący materiały sypkie. Im większy kąt usypowy, tym jest większa kohezynność proszku na skutek przewagi sił oddziaływania międzycząstkowego nad siłami grawitacji (De Jong i in. 1999). Mniejszy kąt usypowy jest wynikiem większej ruchliwości wzajemnej cząstek.

Zdjęcia 2 i 3

Aparat do określania kąta spoczynku DIN EN ISO 4324 - Landgraf Laborsysteme HLL GmbH

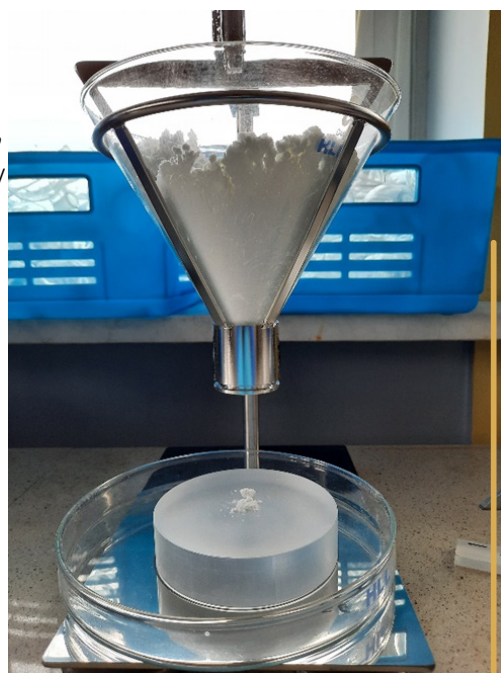


Tabela 2

Lista wybranych surowców z 1 linii produkcyjnej wraz z określeniem higroskopijności na podstawie kart MSDS

Lp.	Kod	Produkt	Higroskopijność
1	10000006494	Premiks przeciwutleniaczy	nie
2	10000003894	Niacynoamid	nie
3	10000003888	Wit. B ₂	nie
4	10000003929	Wit. B ₁	nie
5	10000003898	Wit. B ₉	nie
6	10000003876	Wit. A 1000 IU	nie
7	10000003960	Tlenek cynku 72 %	nie
8	10000003879 (10000040280)	ProviOX nucleus	nie
9	10000003881	Wit. E 50 %	nie
10	10000006640	Siarczan L-lizyny	nie
11	10000004145	L-treonina	nie
12	10000003964	Siarczan cynku, monohydrat	nie
13	10000003899 (10000003900)	Chlorek choliny 70 %	tak
14	10000003969	Premiks selenowy 5 %	tak
15	10000003926	Wit. D ₃	nie

Tabela 3

Wartości kąta usypowego wybranych 15 surowców z linii produkcyjnej nr 1

Lp.	Kod	Produkt	Kąt usypowy	Uwagi
1	10000006494	Premiks przeciwutleniaczy	45,35	
2	10000003894	Niacynoamid	35,76	
3	10000003888	Wit. B ₂	34,22	
4	10000003929	Wit. B ₁	52,78	zbrylenia, osadzenie na lejku
5	10000003898	Wit. B ₉	49,18	pylenie
6	10000003876	Wit. A 1000 IU	21,82	
7	10000003960	Tlenek cynku 72 %	37,81	pylenie
8	10000003879 (10000040280)	ProviOX nucleus	51,48	
9	10000003881	Wit. E 50 %	26,18	
10	10000006640	Siarczan L-lizyny	33,80	
11	10000004145	L-treonina	37,93	
12	10000003964	Siarczan cynku, monohydrat	30,76	
13	10000003899 (10000003900)	Chlorek choliny 70 %	35,33	
14	10000003969	Premiks selenowy 5 %	35,49	
15	10000003926	Wit. D ₃	29,26	elektrostatyczna

Kąt usypowy oznaczony został za pomocą aparatu do określania kąta spoczynku DIN EN ISO 4324 - Landgraf Laborsysteme HLL GmbH (zdjęcie 2 i 3). Po umieszczeniu w zamkniętym lejku 250 ml surowca 1m lejek odblokowywano pozwalając na przesyp surowca za pomocą ręcznego mieszadła ze stali nierdzewnej umieszczonego w lejku.

Zmierzono wysokość stożka utworzonego na podstawie w kształcie koła o średnicy 100 mm. Kąt usypowy obliczono wykorzystując poniższy wzór:

$$\rho = \text{tg}^{-1} \frac{2 \times h}{100 (\varnothing \text{ podstawy})} = \text{tg}^{-1} \frac{h}{50}$$

gdzie:

tg-1 = funkcja arkus tangens

h = wysokość stożka

Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 3.

Etap II

W II etapie Projektu przeprowadzono weryfikację prędkości zsypania 27 surowców z 3 linii produkcyjnych, co wraz z 15 przeanalizowanymi surowcami z I etapu stanowi 100% wszystkich produktów zakwalifikowanych do badania.

Tabela 4

Lista wybranych surowców z linii produkcyjnej 1,2 oraz 3 wraz z określeniem higroskopijności na podstawie kart MSDS

Lp.	Kod	Produkt	Kąt usypowy	Uwagi
1	10000006494	Premiks	45,35	
Lp.	Kod	Produkt	Higroskopijność	Linia
1	10000006493	Premiks jodu 20%	nie	1
2	10000003877	Wit. A/D3	nie	1
3	10000003959	Siarczan miedzi	tak	1
4	10000003952	MONOSAL 30 siarczanu żelaza jednowodnego w formie stałej	nie	1
5	10000023670	Kreda	nie	1
6	10000006489	Biotyna 2%	nie	1
7	10000003896	Pantotenan wapnia 98%	nie	1
8	10000006488	Wit. B12 0.1%	nie	1
9	10000003955	Tlenek manganu	nie	1
10	10000003966	Jodan wapnia bezwodny	nie	1
11	10000003891	Wit. B12 1%	tak	1
12	10000004104	POWDER C4 C12: Monoglicerydy, diglicerydy i triglicerydy kwasu masłowego, kaprylowego, kaprynowego, kwas laurynowy i propionowy, glicerol, wspomagany dwutlenkiem krzemu	nie	2
13	10000003886	Wit. C	nie	2
14	10000006566	KEMZYME (5 enzymów)	nie	2
15	10000004007	B-TRAXIM®2C CU-240	nie	2
16	10000003944	Wodorowęglan sodu	tak	2
17	10000004087	Kwas benzoesowy	bd	2
18	10000004219	Serwatka w proszku	bd	2
19	10000006608	LYSOFORTE	nie	2
20	10000004224	Krwinki czerwone granulaty	nie	2
21	10000004151	DL-Methionina	nie	2
22	10000004229	Krwinki czerwone proszek	nie	2
23	10000004215	Mączka rybna	nie	2
24	10000004166	Białko ziemniaczane	bd	2
25	10000004163	Mąka pszenna	nie	3
26	10000004223	Filtrat serwatki w proszku	bd	3
27	10000006604	Laktoza	bd	3

Dotychczas określono właściwości fizyczne surowców pod kątem automatyzacji mikronaważania: gęstości pozornej, gęstości ubitej oraz kąta usypowego z wykorzystaniem aparatury zgodnej z najnowszymi standardami ASTM: aparatu do określania badania gęstości materiałów sypkich E n ISO 3953:2011-05 - Landgraf Laborsysteme HLL GmbH oraz aparatu do określania kąta spoczynku DIN EN ISO 4324 - Landgraf Laborsysteme HLL GmbH.

Przeprowadzone w etapie II badania umożliwią w kolejnym etapie określenie ścisłości oraz spoistości wybranych surowców.

Na podstawie kart charakterystyki MSDS (ang. material safety data sheet) określono higroskopijność surowców (Tabela 4).

Informacja odnośnie higroskopijności danego surowca może być przydatna w przypadku określenia właściwości fizycznych, tj. sypkości, kąta usypowego. Surowce higroskopijne w przypadku transportu pneumatycznego lub nieprawidłowego przechowywania mogą absorbować wilgoć z powietrza zwiększając swoją spójność; w rezultacie nastąpi pogorszenie sypkości (Mills, 2016) i zwiększenie kąta usypowego.

Pośród produktów przeznaczonych do analiz w II etapie znalazły się trzy surowce z właściwościami higroskopijnymi: siarczan miedzi, wit. B12 1%, wodorowęglan sodu; przy analizie kąta usypowego zauważono pylistość w przypadku siarczanu miedzi oraz tendencje do osadzania się na ściankach, osypywania oraz

zbryleń w przypadku wodorowęglanu sodu.



Zdjęcie A

Zdjęcia dokumentujące postępy w instalacji pilotażowej drugiego etapu.

Gęstość pozorna i ubita

Zastosowana metodyka oraz urządzenia były zgodnie z tymi użytymi w etapie pierwszym, wyniki przeprowadzonych analiz przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5

Gęstość pozorna oraz gęstość ubita 27 surowców z linii produkcyjnej nr 1,2,3.

Lp.	Kod	Produkt	Gęstość pozorna	Gęstość ubita	Linia
1	10000006493	Premiks jodu 20%	1,52	1,86	1
2	10000003877	Wit. A/D3	0,69	0,74	1
3	10000003959	Siarczan miedzi	1,35	1,50	1
4	10000003952	MONOSAL 30 siarczanu żelaza jednowodnego w formie stałej	1,32	1,51	1
5	10000023670	Kreda	1,00	1,12	1
6	10000006489	Biotyna 2%	0,62	0,77	1
7	10000003896	Pantotnian wapnia 98%	0,64	0,84	1
8	10000006488	Wit. B12 0.1%	0,84	1,23	1
9	10000003955	Tlenek manganu	1,13	1,60	1
10	10000003966	Jodan wapnia bezwodny	2,00	2,53	1
11	10000003891	Wit. B12 1%	1,06	1,35	1
12	10000004104	POWDER C4 C12: Monoglicerydy, diglicerydy i triglicerydy kwasu masłowego, kaprylowego, kaprynowego, kwas laurynowy i propionowy, glicerol, wspomagany dwutlenkiem krzemu	0,61	0,66	2
13	10000003886	Wit. C	0,85	0,97	2
14	10000006566	KEMZYME (5 enzymów)	0,92	1,14	2
15	10000004007	B-TRAXIM@2C CU-240	1,05	1,16	2
16	10000003944	Wodorowęglan sodu	1,01	1,22	2
17	10000004087	Kwas benzoesowy	0,58	0,64	2
18	10000004219	Serwatka w proszku	0,72	0,85	2
19	10000006608	LYSOFORTE	0,58	0,68	2
20	10000004224	Krwinki czerwone granulat	0,36	0,44	2
21	10000004151	DL-Methionina	0,71	0,80	2
22	10000004229	Krwinki czerwone proszek	0,49	0,53	2
23	10000004215	Mączka rybna	0,44	0,58	2
24	10000004166	Białko ziemniaczane	0,54	0,61	2
25	10000004163	Mąka pszenna	0,51	0,63	3
26	10000004223	Filtrat serwatki w proszku	0,79	0,92	3
27	10000006604	Laktoza	0,84	0,97	3

Kąt usypowy

Kąt usypowy oznaczano przy pomocy urządzeń jak oraz metodyki jak w etapie I, wyniki przedstawiono w Tabeli 7.

Tabela 7

Szczegółowe wyniki MANOVA dla CV

Lp.	Kod	Produkt	Kąt usypowy	Uwagi	Linia
1	10000006493	Premiks jodu 20%	45,62	osadza się na ściankach	1
2	10000003877	Wit. A/D3	23,51		1
3	10000003959	Siarczan miedzi	33,99	pyli się	1
4	10000003952	MONOSAL 30 siarczanu żelaza jednowodnego w formie stałej	37,67		1
5	10000023670	Kreda	33,48		1
6	10000006489	Biotyna 2%	32,90		1
7	10000003896	Pantotnian wapnia 98%	41,36		1
8	10000006488	Wit. B12 0.1%	40,69		1
9	10000003955	Tlenek manganu	50,36		1
10	10000003966	Jodan wapnia bezwodny	37,32		1
11	10000003891	Wit. B12 1%	36,39		1
12	10000004104	POWDER C4 C12: Monoglicerydy, diglicerydy i triglicerydy kwasu masłowego, kaprylowego, kaprynowego, kwas laurynowy i propionowy, glicerol, wspomagany dwutlenkiem krzemu	36,34		2
13	10000003886	Wit. C	37,18	elektrostatyczna	2
14	10000006566	KEMZYME (5 enzymów)	48,24	pyli się, osadza się na ściankach	2
15	10000004007	B-TRAXIM@2C CU-240	30,26		2
16	10000003944	Wodorowęglan sodu	41,72	osadza się na ściankach, osypuje się, zbrylenia	2
17	10000004087	Kwas benzoesowy	36,56	postać kryształków	2
18	10000004219	Serwatka w proszku	33,84		2
19	10000006608	LYSOFORTE	44,10		2
20	10000004224	Krwinki czerwone granulat	35,19		2
21	10000004151	DL-Methionina	33,00		2
22	10000004229	Krwinki czerwone proszek	38,19		2
23	10000004215	Mączka rybna	52,78		2
24	10000004166	Białko ziemniaczane	34,09		2
25	10000004163	Mąka pszenna	49,66	osadza się na ściankach, tendencja do zbrylania	3
26	10000004223	Filtrat serwatki w proszku	32,75		3
27	10000006604	Laktoza	33,03		3

Na podstawie klasyfikacji sypkości wg Santomaso i in., 2003 (Tabela 8) zaklasyfikowano surowce do następujących grup:

1. Surowce o doskonałym przepływie: 1,
2. Surowce o sypkim przepływie: 19,
3. Surowce o dość sypkim przepływie: 7.

Na kolejnych stronach przedstawiono przykłady surowców o różnych właściwościach przepływu (wg. Tabeli 8) i kątach usypowych.

Tabela 8

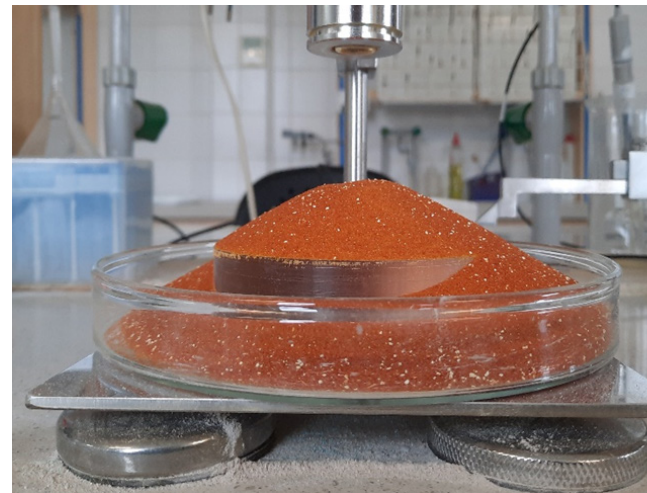
Klasyfikacja sypkości wg Santomaso i in., 2003

Właściwość przepływu	Kąt usypowy (stopnie)
Doskonały przepływ	10-30
Sypki	30-45
Dość sypki	45-60
Niepłynny, spójny	> 60

Na kolejnych stronach przedstawiono przykłady surowców o różnych właściwościach przepływu (wg. Tabeli 8) i kątach usypowych.

Zdjęcie 1

Wit. A/D3; 23,51°, doskonały przepływ



Zdjęcie 2

Wit. B12 1% , 36,39°, przepływ sypki



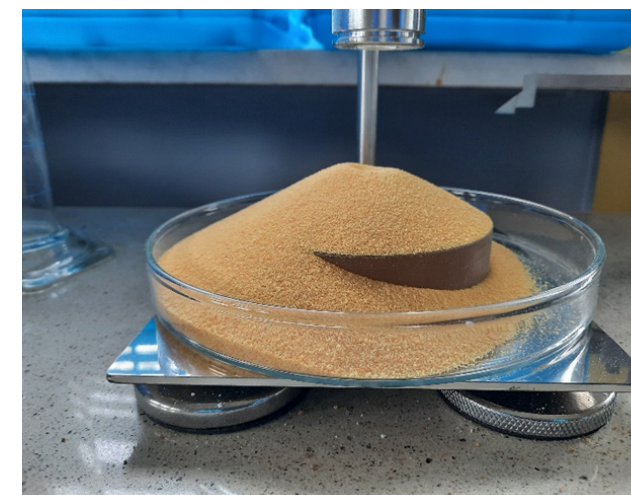
Zdjęcie 3

Premiks jodu 20%; 45,62°, przepływ dość sypki, zanotowano osadzenie surowca na ściankach lejka



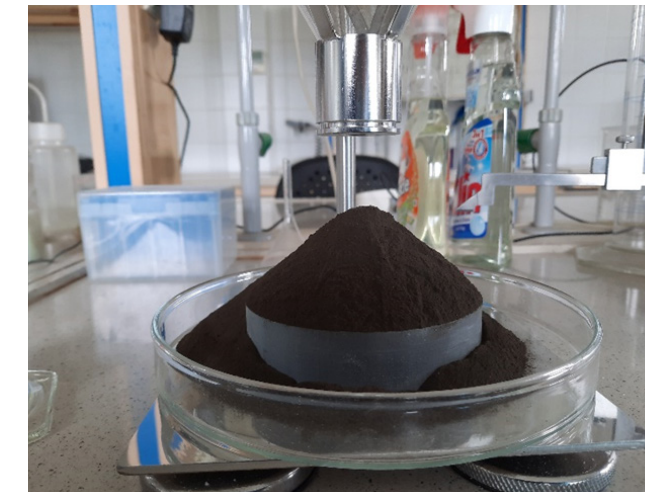
Zdjęcie 4

Witamina A 1000 IU; 21,82°, doskonały przepływ



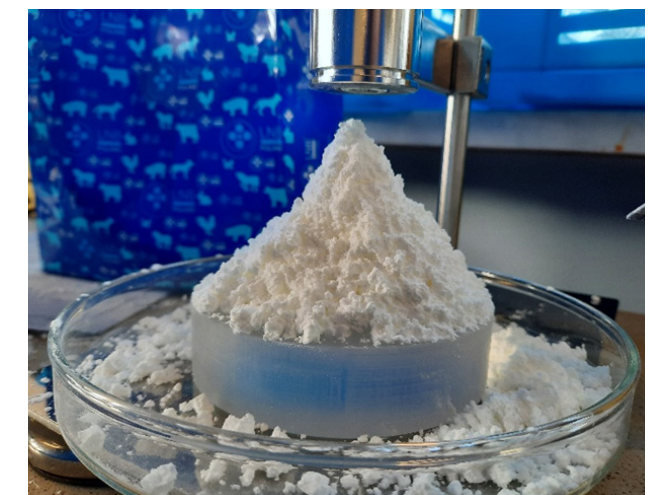
Zdjęcie 5

Witamina B1; 52,78°, przepływ sypki



Zdjęcie 6

Tlenek cynku 72 %; 37,81°, przepływ dość sypki, zanotowano zbrylenia, osadzenie surowca na lejku



Podsumowanie

Na podstawie klasyfikacji sypkości wg Santomaso i in., 2003 (Tabela 8) zaklasyfikowano surowce do następujących grup:

1. Surowce o doskonałym przepływie: wit. A, wit. E, wit. D3
2. Surowce o sypkim przepływie: niacynoamid, wit. B2, tlenek cynku, siarczan L-lizyny, L- treonina, siarczan cynku, chlorek choliny, premiks selenowy.
3. Surowce o dość sypkim przepływie: premiks przeciwutleniaczy, wit. B1, wit. B9, proviox nucleus.



Zdjęcie B

Zdjęcia dokumentujące postępy w instalacji pilotażowej drugiego etapu.

Spis użytej literatury

1. Abdullah E.C., Geldart D. (1999). The use of bulk density measurements as flowability indicators. Powder Technol., 102: 151-165.
2. De Jong J.A.H., Hoffmann, A.C., Finkers, H.J. (1999). Properly determine powder flowability to maximize plant output. Chem. Eng. Prog., 95(4): 25-34.
3. Mills David, in Pneumatic Conveying Design Guide (Third Edition), 2016.
4. Santomaso A., Lazzaro P., Canu P. (2003). Powder flowability and density ratios: the impact of granules packing. Chem. Eng. Sci., 58(13): 2857-2874.

Optymalizacja procesu technologicznego

W etapie pierwszym wykonano analizę obecnego systemu mikronaważania. Drogi przemieszczania środków żywienia zwierząt w procesie naważania ręcznego przedstawiono na rysunku 4.

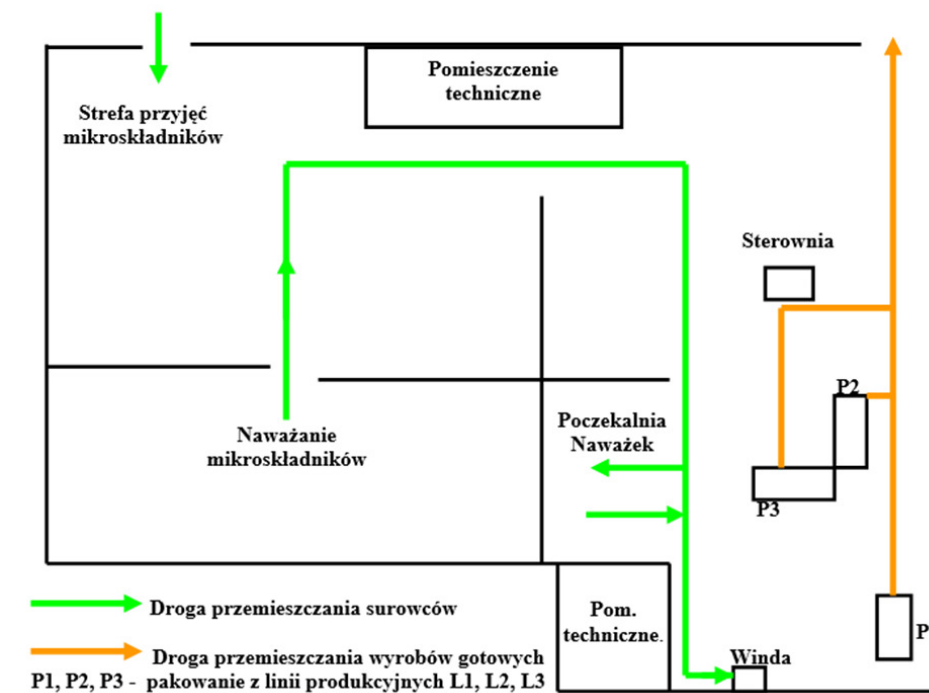
do otwartego pojemnika. Następnie, odbywa się ręczne kompletowanie pozostałych surowców, skompletowane surowce transportowane są do pomieszczenia, nazywanego poczekalnią naważek a następnie windą na IV piętro.

Następnie, surowce ręcznie są wsypywane do wagi kontrolnej, z tej wagi surowce są dozowane do mieszalnika. Schemat obrazujący opisywany proces technologiczny przedstawiono poniżej (Rysunek 5), natomiast zdjęcia naważania ręcznego

z użyciem mobilnej wagi oraz boksów z surowcami przedstawiono na fotografii 4 oraz 5.

Rysunek 4

Drogi przemieszczania środków żywienia zwierząt w procesie naważania ręcznego.

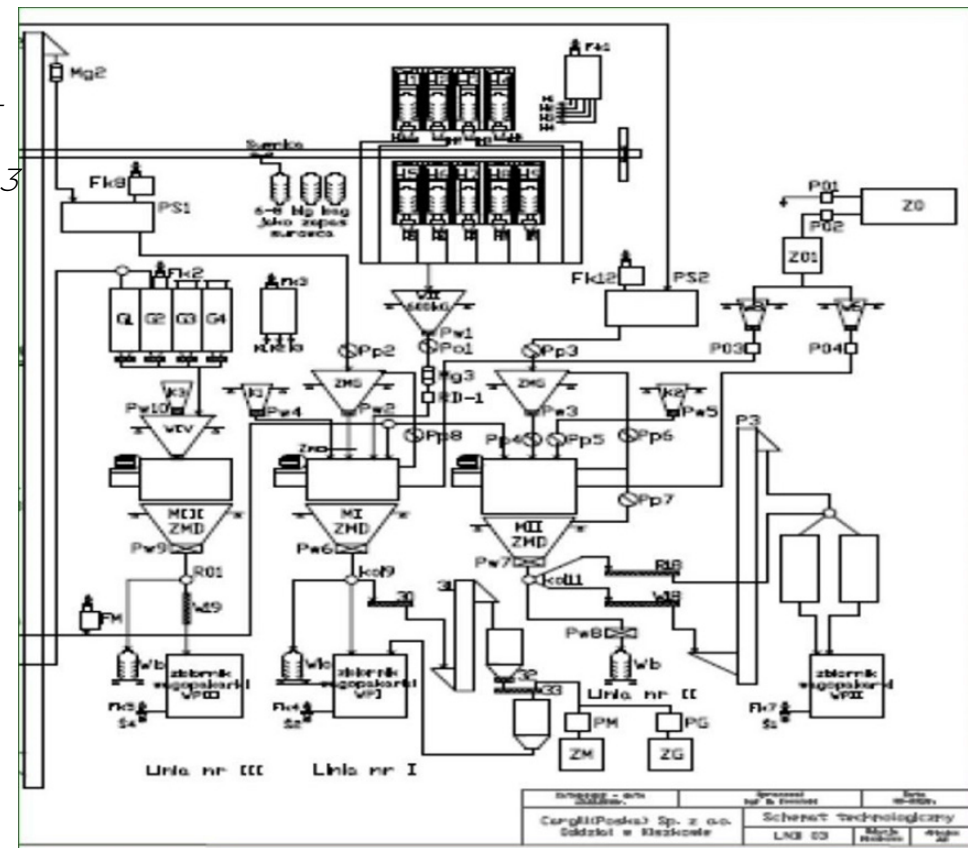


Transport micro surowców odbywa się na paletach z magazynu głównego do pomieszczenia ręcznego naważania; przekładanie surowców w workach z palet do boksów i układanie ręczne i następnie rozpakowywanie worków. Receptury produktów wgrywane są do wag mobilnych, pobieranie surowców odbywa się zgodnie z recepturą z worków szufelką i dozowane są na wadze mobilnej

Analiza stanu ekspozycji, dozowanych w instalacji substancji chemicznych na zdrowie pracowników

Rysunek 5

Schemat technologiczny linii naważania - L1, L2, L3



Etap I

W zakładzie badane są czynniki szkodliwe występujące w środowisku pracy.

Pomiary są wykonywane przez jednostki uprawnione posiadające akredytacje tj. Laboratorium Badania Środowiska 62-200 Gniezno. Pomiary wykonywane są zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U.33 poz.166 z 2.02.2011) oraz Rozporządzenia Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U.poz.1286 z 12.06.2018) oraz Rozporządzenia Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych

dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U.poz.61 z 15.01.2020).

Wyniki prowadzonych pomiarów na obecnie funkcjonujących liniach produkcyjnych przedstawiono w tabeli poniżej (Tabela 9).

Zdjęcie 4

Naważania ręczne z worków



Zdjęcie 5

Boksy z surowcami nadważanymi ręcznie



Tabela 9

Ekspozycja pracowników na pyły na liniach 1-3

Lokalizacja/stanowisko	Rodzaj zagrożenia	frakcja wdychalna*	frakcja respirabilna**
		NDS	
Hala produkcyjna nr 1 naważkownia – ręczne naważanie surowców	pyły organiczne pochodzenia zwierzęcego i roślinnego z wyjątkiem pyłów drewna i mąki	0.28	<0.1
Hala produkcyjna nr 1 operator obsługa wssypu ręcznego – linia nr 1,2,3 piętro iv		0.54	0.18
Hala produkcyjna nr 1 operator obsługa wssypu z big bagów – piętro v		0.53	0.21

*Fracja wdychalna – frakcja aerozolu wnikająca przez nos i usta, która po zdeponowaniu w drogach oddechowych stwarza zagrożenie dla zdrowia, określone zgodnie z normą PN-EN481.

**Fracja respirabilna – frakcja aerozolu wnikająca do dróg oddechowych, która stwarza zagrożenie dla zdrowia po zdeponowaniu w obszarze wymiany gazowej, określone zgodnie z normą PN-EN481.

NDS – Najwyższe dopuszczalne stężenie - wartość średnia ważona stężenia, które oddziałuje na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnie tygodniowego wymiaru czasu pracy.

W dalszych etapach realizacji projektu zostanie wykonana analiza ekspozycji pracowników na powyższych stanowiskach pracy, po modernizacji linii, w celu skuteczności działania. W przypadku likwidacji stanowiska pracy, przyjęta zostanie wartość „0”. Wyniki pomiarów zostały zrealizowane w etapie II i przedstawione są w poniższym rozdziale w tabeli 10.

Tabela 10

Krotność NDS na modernizowanych stanowiskach pracy

Stanowisko	Fracja wdychalna	Fracja respirabilna
	Krotność NDS	
Naważkownia ręczna – hala 1	0*	0*
Zasyp surowców do zbiorników	0.79	0.64
Zasyp ręczny	0.96	0.78

Etap II

W trakcie realizacji etapu II wykonano pomiary pyłu (frakcji respirabilnej i wdychalnej). Na żadnym z modernizowanych stanowisk pracy, oznaczone frakcje pyłu nie przekroczyły NDS (najwyższe dopuszczalne stężenie).

* - likwidacja dwóch etatów w momencie uruchomienia systemu naważania automatycznego, brak ekspozycji personelu na czynnik.

Modernizacji stanowisk pracy (sposobu naważania surowców) przyczyniła się do poprawienia warunków pracy po przez ograniczenie zapylenia atmosfery.



Zdjęcie C

Zdjęcia dokumentujące postępy w instalacji pilotażowej drugiego etapu.

Podjęte prace rozwojowe w celu wypracowania optymalnych rozwiązań.

Na podstawie zebranych danych oraz w wyniku prób i sprawdzeń, zidentyfikowano następujące problemy związane z założoną koncepcją projektu:

Związane z bezpieczeństwem produktu:

1. Mocowanie sita przesiewacza – działanie miało na celu wyeliminowanie pozostawiania resztek surowca w przy ścianach pionowych przesiewacza co mogłoby doprowadzić do efektu przeniesienia w wyniku przedostania się pozostałej części surowca do kolejnego produktu.
2. Modernizacja budowy przesiewacza - w celu poprawy ergonomii pracy w procesie rozworkowywania opakowań z surowcami przy obsłudze ręcznego zasypu surowców. Zmiany umożliwią bezpieczne otwieranie obudowy i swobodny dostęp do konserwacji i utrzymania czystości sita oraz likwidację miejsc osiadania pyłów wewnątrz obudowy przesiewacza. Działanie także miało na celu wyeliminowanie pozostawiania resztek surowca w przy ścianach pionowych przesiewacza co mogłoby doprowadzić do efektu przeniesienia w wyniku przedostania się pozostałej części surowca do kolejnego produktu.

3. Urządzenie wagowe W1a - dokonano sprawdzenia nowego urządzenia wagowego W1a (650kg) i jego funkcjonowanie z dwunastoma dozownikami. Przeprowadzono analizę wyników kalibracji urządzenia oraz wyników naważen kontrolnych. Sprawdzenie wyników naważen potwierdziło prawidłowość dobranej wielkości wagi do ilości dozowanych surowców i utrzymanie odpowiedniej tolerancji. Wielkości odchylen były zgodne z tolerancją określoną w umowie i nie przekraczały 200 g.

Związane z bezpieczeństwem i higiena pracy:

1. Przesiewacz - zaproponowano również poprawę szczelności między ruchomą i nieruchomą częścią przesiewacza w celu całkowitego wyeliminowania pylenia wokół stanowiska ręcznego zasypu surowców a tym samym poprawę bezpieczeństwa pracy pracowników.
2. Przesiewacz mobilny - wykonano analizę prawidłowości pracy przesiewacza mobilnego do zasypu surowców z worków typu big-bag i przesiewacza mobilnego do zasypu surowców poprzez ręczny zasyp z worków do zbiorników dozownikowych. Zaproponowano zmiany w celu uszczelnieniu luku kontrolnego przesiewanych

surowców i miejsca dokowania urządzenia mobilnego w celu zlikwidowania zapylenia i poprawy warunków pracy przy obsłudze tych urządzeń.

3. Zwijacze przewodów zasilania - wskazano na potrzebę zamontowania zwijaczy przewodów zasilania elektrycznego w celu uniknięcia przerwania przewodu i zaniku kontroli uziemienia (konieczność stałego połączenia uziemienia w urządzeniach typu Atex) oraz likwidacji niebezpieczeństwa potknięcia o przewód pozostawiony na podłodze.
4. Zsyp ręczny surowców – w czasie przeglądu dokonano oceny procesu produkcyjnego przy stanowisku zasypu ręcznego (ZR). Dokonano oceny ergonomii i bezpieczeństwa pracy przy mechanicznym podnośniku palet współpracującym bezpośrednio z zasypem ręcznym. Na podstawie weryfikacji ciężaru palet ze surowcami (>1t) zaproponowano zwiększenie mocy podnośnika aby nie dochodziło do częstego przekraczania nominalnej mocy co mogłoby doprowadzić do uszkodzenia ruchomych części urządzenia podnośnikowego i stworzenia zagrożenia bezpieczeństwa dla pracowników obsługujących urządzenie.
5. W czasie wizyt kontrolnych w czasie rozruchów urządzeń dokonano analizy stanu zapylenia i czystości powietrza przy stanowiskach pracy przy urządzeniach stałych i mobilnych – uznano stan jako nie budzący zastrzeżeń.

6. Prace rozwojowe do realizacji w Etapie III.

Główne zadanie rozwojowe do realizacji w ostatnim etapie projektu to weryfikacji przeprowadzonej modernizacji linii produkcyjnej oraz ocena nowych produktów. Dodatkowo, określony zostanie stopień w jakim zredukowano obciążenie dla środowiska – przez ograniczenie ilości powstających odpadów produkcyjnych oraz opakowań.

W trakcie etapu III część wyników projektu będą podlegały upowszechnieniu w formie publikacji w czasopiśmie branżowych np. Polskie Drobiarstwo lub/i Top Agrar.



Ograniczenie odpadów produkcyjnych oraz weryfikacja przeprowadzonej modernizacji – Etap III

Ograniczenie odpadów produkcyjnych

Wdrożenie zautomatyzowanego naważania umożliwiło rezygnację (w przypadku części surowców które były możliwe do dozowania w ten sposób), z opakowań 25 kg na rzecz opakowań 500 lub 1000 kg (tzw. Big bag BB). Jeden BB jest równoważnością 20 lub 40 worków 25 kg.

Tabela 11

Ilość odpadów produkcyjnych w zależności od rodzaju opakowania

Naważenie (tony)	Rodzaj opakowania	
	BB	25kg
	kg odpadu (pozostałość produktu)	
1T	0,06	1,6
10T	0,6	16
100T	6	160
1000T	60	1600

W procesie naważania ręcznego używa się worków 25 kg. Po opróżnieniu w każdym pozostaje pewna litość naważanego produktu. W trakcie badań określono że w worku 25 kg pozostaje średnio 40 g produktu a w workach BB średnio 60 g (w zależności od rodzaju). W tabeli 11 przedstawiono szacunkowe ilości odpadów przy hipotetycznych ilościach naważonych surowców z różnych opakowań.

Tabela 11.1

Ilość odpadów (papier lub/i PP, PE) w zależności od rodzaju opakowania

Naważone (tony)	Rodzaj opakowania	
	BB	25kg
	kg odpadu	
	PP+PE	
1T	3	0,92
10T	30	9,2
100T	300	92
1000T	3000	920
	Papier	
1T	-	5,08
10T	-	50,8
100T	-	508
1000T	-	5080
	Suma odpadów	
1T	3	6
10T	30	60
100T	300	600
1000T	3000	6000

Na podstawie tych danych można wnioskować iż zmiana sposobu naważania, przekłada się bezpośrednio na ograniczenie ilości odpadów produkcyjnych. W ten sposób ograniczamy 20x ilość bardzo niebezpiecznych dla środowiska odpadów.

Zmiana sposobu naważania ograniczyła także ilość odpadów związanych z opakowaniami surowców. W tabeli 12 przedstawiono ilość (kg) odpadów w zależności

od stosowanych opakowań. Jak można zaobserwować zastosowanie jedno tonowych BB powoduje ograniczenie o 50% ilości opakowań przeznaczonych do utylizacji.

Weryfikacja procesu naważania

W trakcie realizacji etapu III wykonano ocenę procesu naważania z wykorzystaniem wagi WxB1 – Tabela 12.

Tabela 12

Wydajność dozowania na wagach WxB1

Komora	Surowiec	Gęstość	Częstotliwość naważania	Naważono	Czas	Wydajność Dozowania Surowca	Gęstość - Średnia	Wydajność Średnia dla 80 Hz	Wydajność Średnia dla 100 Hz
		[kg/dm ³]	Hz	[kg]	[s]	[kg/s]	[kg/dm ³]	[kg/s]	[kg/s]
136	X1	0,724	80	15,62	17	0,92	0,876	1,11	1,39
129	X2	1,291	80	16,28	11	1,48		1,00	1,26
114	X3	0,986	80	16,14	16	1,01		0,90	1,12
				16	14,8	1,08		0,96	1,20
				15,96	12,3	1,30		1,15	1,44
126	X4	1,211	80	16,38	14	1,17		0,85	1,06
				16,7	10	1,67		1,21	1,51
				16,82	10	1,682		1,22	1,52
134	X5	2,607	50	16,9	8,4	2,01		1,08	1,35

Testy przeprowadzono dla pięciu surowców (X1-X5), Na podstawie uzyskanych danych wyliczono wydajność dozowania która oscylowała między 0.9 do 2 kg/s (w zależności od gęstości dozowanego surowca). Wynik przeliczono uwzględniając parametry trzech linii i dwóch różnych częstotliwości dozowania (80 i 100 Hz).

Można przyjąć że uzyskane wydajności spełniają postawione wymagania dla linii produkcyjnych.

W dalszym etapie weryfikowano dokładność wskazań zastosowanych wag – Tabela 13. Zastosowane wagi weryfikowano przy pomocy wagi kontrolnej. Uzyskane wyniki przedstawiono w % wskazania wagi kontrolnej. Na podstawie uzyskanych wyników można przyjąć że zastosowane wagi charakteryzowały się bardzo wysoką dokładnością. Dla większości surowców oraz wielkości naważek wartości przekraczały 99%. Dla dwóch naważeń wartości były poniżej 95% wskazania wagi kontrolnej.

W tabeli 14 przedstawiono wyniki badania dokładności naważania dla wszystkich linii 1-3. Niewielka ilość naważeń (1.6%) dla L2 przekroczyła tolerancję 3% (waga W1B2). Problem ten rozwiązano zwiększając zakres ważenia lub/i zmieniając prędkość dozowania.

Tabela 13

Dokładność naważania

Dokładność naważania wyrażona w % wskazania wagi kontrolnej			
LP		LP	L
1	99.60239	23	90
2	99.81949	24	99.92013
3	99.78947	25	100
4	100	26	100.2
5	99.81982	27	100.7968
6	100	28	100
7	99.93602	29	99.89022
8	99.69382	30	99.00778
9	99.87516	31	100.4065
10	99.75	32	100.1002
11	99.88038	33	100.0332
12	99.88124	34	99.87531
13	100	35	99.75062
16	100.0883	36	99.89396
17	99.49495	37	98.96429
18	99.62547	38	100
19	100	39	100.2662
20	99.92026	40	100
21	99.87379	41	100
22	100	42	93.93939

Upowszechnianie

Wyniki oraz efekty przeprowadzonych prac badawczo-rozwojowych zostały przedstawione na spotkaniach branżowych. W trakcie spotkań przedstawiono zarówno efekty realizowanego projektu jak i wdrożone rozwiązania. Szczególny nacisk położono na przedstawienie potencjalnych zagrożeń wynikających z nieprawidłowości dozowania mikroskładników. Krótkie notatki nt. efektów projektu oraz podstawowych założeń zostały zamieszczone na stronie projektu PREcisionMIX 2.0 - Innowacja w produkcji premiksów oraz na stronie <https://www.farmer.pl>.

Tabela 14

Rozkład dokładności naważania dla L1, L2 i L3

	Wagi LM1			Wagi LM2			Wagi LM3		
	W1Bx		W1A	W2Bx		W2A	W3Bx		W3A
	W1B2	W1B1		W2B2	W2B1		W3B2	W3B1	
	Zakres ważenia [kg]			Zakres ważenia [kg]			Zakres ważenia [kg]		
	0 -x	x -120	5 - 600	0 -x	x -120	5 - 600	0 -x	x -120	5 - 600
Tolerancja									
0-0,5%	19,8	18,8	15,8	14,5	10,3	3,4	15,5	10,8	6,7
0,5% - 1,5%	2,3	12,8	0,5	8,6	3,8	0,4	2,8	8,2	2,3
1,5% - 3%	0,0	6,0	0,0	1,6	3,6	0,3	0,3	4,2	0,0
> 3%	0,0	0,5	0,0	0,4	1,6	0,0	0,0	0,7	0,0

Podsumowanie

W trakcie realizacji projektu udało się poprawnie zidentyfikować wymagane parametry linii mikronaważania w zależności od używanych surowców. Na podstawie tego zaproponowano rozwiązania techniczne które umożliwiły osiągnięcie założonych celów projektu – utrzymanie wysokiej jakości produktów, zautomatyzowanie naważania, ograniczenie odpadów produkcyjnych i ograniczenie ekspozycji pracowników na czynniki szkodliwe.

Katedra Żywienia Zwierząt
Wydział Medycyny Weterynaryjnej
i Nauk o Zwierzętach
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Kierownik Projektu

Prof. UPP dr hab.
Sebastian A. Kaczmarek



Tabele danych kluczowych dla niniejszego Raportu

Tabela 1 - Wydajność dozowania na wagach WxB1

Na wadze W1B1 przeprowadzono testy wydajności dozowania dla 5 surowców, razem 9 testów. Dla 4 z nich test przeprowadzono przy nastawie falownika 80Hz a dla surowca X5 przy nastawie falownika 50 Hz (jest to surowiec o dużej gęstości).

Wyliczenia wydajności są zawarte w kolumnie H.

Następnie przeliczono wydajność uwzględniając średnią gęstość surowców dozowanych na poszczególnych liniach (3 linie produkcyjne). Podana wartość w kolumnie I jest najniższą z 3.

Wyliczenia wydajności średniej są zawarte w kolumnie J i K odpowiednio dla 80Hz i 100Hz.

Ponieważ wagi W2B1 i W3B1 konstrukcyjnie są identyczne wyniki te dotyczą wszystkich tych wag.

LP	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Data	Komora	Surowiec	Gęstość	Częstotliwość naważania	Naważono	Czas	Wydajność Dozowania Surowca	Gęstość - Średnia	Wydajność Średnia dla 80 Hz	Wydajność Średnia dla 100 Hz
				[kg/dm ³]	Hz	[kg]	[s]	[kg/s]	[kg/dm ³]	[kg/s]	[kg/s]
1	27.04.2023	136	X1	0,724	80	15,62	17	0,92	0,876	1,11	1,39
2		129	X2	1,291	80	16,28	11	1,48		1,00	1,26
3		114	X3	0,986	80	16,14	16	1,01		0,90	1,12
4						16	14,8	1,08		0,96	1,20
5						15,96	12,3	1,30		1,15	1,44
6		126	X4	1,211	80	16,38	14	1,17		0,85	1,06
7						16,7	10	1,67		1,21	1,51
8						16,82	10	1,682		1,22	1,52
9		134	X5	2,607	50	16,9	8,4	2,01		1,08	1,35

Tabela 2a i b- Dokładność naważania

Ważenia jednokrotne i wielokrotne W1B1 Na Wadze W1B1 przeprowadzono testy dokładności naważania dla kilku surowców. Wartość wskazywaną przez wagę W1B1 po naważeniu porównywano ze wskazaniem wagi kontrolnej (po zrzuceniu naważki z wagi W1B1 do worka). Różnicę wskazań pokazano w tabeli. **Tabela 2a zawiera dane z testów ważenia jednokrotnego, natomiast tabela 2b dane z testów z ważenia wielokrotnego. Ważenie wielokrotne polegało na tym że powtarzano naważanie podaną ilość razy (ostatnia kolumna).**

LP	Data	Komora	Surowiec	Naważono Waga	Waga Kontrolna	Różnica
				[kg]	[kg]	[kg]
1	26.04.2023	118	Y1	10,02	10,06	-0,04
2				11,06	11,08	-0,02
3				9,48	9,5	-0,02
4		122	Y2	10,06	10,06	0,00
5				11,08	11,1	-0,02
6				10,08	10,08	0,00
7	27.04.2023	136	Y3	15,62	15,63	-0,01
8		129	Y4	16,28	16,33	-0,05
9		114	Y5	16	16,02	-0,02
10				15,96	16	-0,04
11		126	Y6	16,7	16,72	-0,02
12				16,82	16,84	-0,02
13		134	Y7	16,9	16,9	0,00

LP	Data	Komora	Surowiec	Naważono Waga	Waga Kontrolna	Różnica	Krotność ważenia
				[kg]	[kg]	[kg]	
1	27.04.2023	136	Y10	6,2	5,99	-0,21	5
2		129	Y11	16,6	16,57	-0,03	12
3		114	Y12	15,8	15,74	-0,06	16
4		134	Y13	19,94	19,98	0,04	2
5				18,12	17,96	-0,16	18



Tabela 2c i d - Dokładność Naważania - Ważenia jednokrotne W2Bx i W3Bx

Podobnie jak dla wagi W1B1 również dla wag W2B1 jak i W3B1 przeprowadzono testy naważania jednokrotnego.

W kilku przypadkach test poszerzono o naważanie w podcyklach. Naważanie w podcyklach oznacza naważanie tego samego surowca kilka razy (2 lub więcej). Podcykle w praktyce są wykorzystywane wtedy gdy łączna zadana ilość surowców [kg] do naważenia na wadze przekracza jej zakres.

Tabela 2c - Dokładność Naważania - Ważenia jednokrotne W2Bx

LP	Data	Komora	Surowiec	Naważono Waga [kg]	Waga Kontrolna [kg]	Różnica [kg]	Waga W2B2	Podcykl na B1
1	10.05.2023	216	Y20	22,68	22,66	0,02		
2		228		3,94	3,96	-0,02		
3		222		5,32	5,34	-0,02		
4		234		11,12	11,12	0,00		
5		218		25,06	25,08	-0,02		
6		223		10,287	10,3	-0,01	Tak	
7		223		14,38	14,38	0,00		Tak
8		213		0,18	0,2	-0,02		
9		219		25,02	25,04	-0,02		
10		225		10,54	10,54	0,00		Tak
11		225		12,024	12	0,02		Tak
12	04.05.2023	226	Y21	5,06	5,02	0,04		
13		4,84		4,84	0,00			
14		231		10,009	10,02	-0,01		
15		5,089		5,14	-0,05	Tak		
16		233		4,94	4,92	0,02		

Tabela 2d - Dokładność Naważania - Ważenia jednokrotne W3Bx

LP	Data	Komora	Surowiec	Naważono Waga [kg]	Waga Kontrolna [kg]	Różnica [kg]	Waga W2B2	Podcykl na B1
1	10.05.2023	328	Y30	19,98	19,96	0,02		
2		12,044		12,04	0,00	Tak		
3		16,02		16,04	-0,02			
4		16		16,04	-0,04		Tak	
5		329		18,84	18,86	-0,02		
6		2,771		2,8	-0,03	Tak		
7		15,56		15,56	0,00			
8		322		12,052	12,02	0,03	Tak	
9		313		22,02	22,02	0,00		
10		17,06		17,06	0,00		Tak	
11		324		0,62	0,66	-0,04		

Tabela NT - L1 - 1 Rozkład dokładności naważania

Tabela ta przedstawia rozkład dokładności naważania dla wag W1A, W1Bx (W1B1 i W1B2).

Dane pochodzą z raportów naważania odnoszących się do standardowo produkowanych produktów (początek czerwca 2023). Zestawiono dane dla

kilku zleceń produkcyjnych.

W tabeli podano ile cykli/szarż składało się na zlecenie. Podana jest ilość surowców ważonych na poszczególnych wagach. Dla każdego zlecenia podano ilość naważek, których dokładność mieści się w podanych przedziałach procentowych. W tabeli podano zakresy wag „x” w zakresach wag W1B1 i W1B2 oznacza to, że dla różnych surowców może być to różna wartość, np. dla surowca który się naważa „dobrze” może to być 1 kg natomiast dla surowca który jest kłopotliwy w naważaniu może to być np. 3 kg.

Wartość ta jest indywidualna dla każdego surowca. Jak widać w 3 przypadkach (naważkach), na wadze W1B1 dokładność naważenia przekracza 3%. Informacja taka wymusza analizę parametrów naważenia tych surowców takich jak prędkości dozowania (szybka – wolna), punkt przełączenia prędkości dozowania na wolną, jak również potencjalną konieczność zwiększenia wartości „x” dla danego surowca (czyli zwiększenia zakresu ważenia na wadze W1B2 – która jest dokładniejsza od W1B1).

Tabela NT - L1 - 1 Rozkład dokładności naważania			Wagi LM1		
			W1Bx		W1A
			W1B2	W1B1	
			Zakres ważenia [kg]		
Receptura	Ilość szarż		0 - x	x - 120	5 - 600
D1	2	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	4	11	4
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	8	12	8
		0-0,5%			
		0,5% - 1,5%			
D2	6	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	7	8	4
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	35	30	24
		0-0,5%	7	12	
		0,5% - 1,5%		5	
D3	1	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	6	9	4
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	5	4	3
		0-0,5%	1	3	1
		0,5% - 1,5%		2	
D4	2	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	6	11	5
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	11	13	9
		0-0,5%	1	5	1
		0,5% - 1,5%		4	
D5	2	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	5	9	4
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	8	7	7
		0-0,5%	2	5	1
		0,5% - 1,5%		5	
D6	11	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	5	10	4
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	52	47	44
		0-0,5%	3	42	
		0,5% - 1,5%		20	
					1



Tabela NT - L1 - 2 Rozkład dokładności naważania - suma i wartości średnie

Tabela ta jest podsumowaniem danych z tabeli NT - L1 - 1

Tabela NT - L1 - 2 Rozkład dokładności naważania - suma i wartości średnie			Wagi LM1		
			W1Bx		W1A
			W1B2	W1B1	
			Zakres ważenia [kg]		
Ilość szarż			0 -x	x -120	5 - 600
Suma					
24	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->		133	229	98
	Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	119	113	95
		0,5% - 1,5%	14	77	3
		1,5% - 3%	0	36	0
		> 3%	0	3	0
Wartości średnie					
4	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->		22,2	38,2	16,3
	Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	19,8	18,8	15,8
		0,5% - 1,5%	2,3	12,8	0,5
		1,5% - 3%	0,0	6,0	0,0
		> 3%	0,0	0,5	0,0

Tabela NT - L2 - 1 - analogicznie jak Tabela NT - L1 - 1

Tabela NT - L2 - 1 Rozkład dokładności naważania			Wagi LM2			
			W2Bx		W2A	
			W2B2	W2B1		
			Zakres ważenia [kg]			
Receptura	Ilość szarż		0 -x	x -120	5 - 600	
E1	1	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	10	8	1	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	4	1	1
			0,5% - 1,5%	6	4	
			1,5% - 3%		1	
			> 3%		2	
E2	2	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	8	9	2	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	9	6	4
			0,5% - 1,5%	5	6	
			1,5% - 3%	1	3	
			> 3%	1	3	
E3	4	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	8	9	2	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	19	15	8
			0,5% - 1,5%	11	4	
			1,5% - 3%	2	12	
			> 3%		5	
E4	2	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	13	6	1	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	14	7	2
			0,5% - 1,5%	10	2	
			1,5% - 3%	2	2	
			> 3%		1	
E5	2	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	12	7	2	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	16	10	2
			0,5% - 1,5%	5	3	1
			1,5% - 3%	3	1	1
			> 3%			
E6	2	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	11	7	2	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	11	9	3
			0,5% - 1,5%	8	2	1
			1,5% - 3%	2	3	
			> 3%	1		
E7	2	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	13	6	2	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	17	8	2
			0,5% - 1,5%	6	2	1
			1,5% - 3%	2	2	1
			> 3%	1		
E8	5	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	9	8	1	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	26	26	5
			0,5% - 1,5%	18	7	
			1,5% - 3%	1	5	
			> 3%		2	



Tabela NT – L2 – 2 – analogicznie jak Tabela NT – L1 – 2

Tabela NT - L2 - 2 Rozkład dokładności naważania - suma i wartości średnie			Wagi LM2		
			W2Bx		W2A
Ilość szarż			W2B2	W2B1	
			0 -x	x -120	5 - 600
Suma					
20	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->		201	154	32
	Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	116	82	27
		0,5% - 1,5%	69	30	3
		1,5% - 3%	13	29	2
		> 3%	3	13	0
Wartości średnie					
2,5	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->		25,1	19,3	4,0
	Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	14,5	10,3	3,4
		0,5% - 1,5%	8,6	3,8	0,4
		1,5% - 3%	1,6	3,6	0,3
		> 3%	0,4	1,6	0,0

Tabela NT – L3 – 1 – analogicznie jak Tabela NT – L1 – 1

Tabela NT - L3 - 1 Rozkład dokładności naważania			Wagi LM3			
			W3Bx		W3A	
Receptura	Ilość szarż		W3B2	W3B1		Zakres ważenia [kg]
			0 -x	x -120	5 - 600	
F1	3	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	6	8	3	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	12	9	6
			0,5% - 1,5%	6	10	3
			1,5% - 3%		3	
			> 3%		2	
F2	3	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	6	8	3	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	16	11	7
			0,5% - 1,5%	2	6	2
			1,5% - 3%		7	
			> 3%			
F3	3	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	5	10	4	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	10	13	9
			0,5% - 1,5%	4	10	3
			1,5% - 3%	1	7	
			> 3%			
F4	2	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	6	8	3	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	9	5	5
			0,5% - 1,5%	2	5	1
			1,5% - 3%	1	4	
			> 3%		2	
F5	4	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	7	7	3	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	27	19	9
			0,5% - 1,5%	1	7	3
			1,5% - 3%		2	
			> 3%			
F6	3	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->	7	7	2	
		Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	19	8	4
			0,5% - 1,5%	2	11	2
			1,5% - 3%		2	
			> 3%			

Tabela NT – L3 – 2 – analogicznie jak Tabela NT – L1 – 2

Tabela NT - L3 - 2 Rozkład dokładności naważenia - suma i wartości średnie			Wagi LM3		
			W3Bx		W3A
Ilość szarż			W3B2	W3B1	
			Zakres ważenia [kg]		
			0 -x	x -120	
Suma					
18	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->		112	143	54
	Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	93	65	40
		0,5% - 1,5%	17	49	14
		1,5% - 3%	2	25	0
		> 3%	0	4	0
Wartości średnie					
3	Ilość surowców naważanych na poszczególnych wagach ->		18,7	23,8	9,0
	Ilość naważek naważanych z określoną tolerancją	0-0,5%	15,5	10,8	6,7
		0,5% - 1,5%	2,8	8,2	2,3
		1,5% - 3%	0,3	4,2	0,0
		> 3%	0,0	0,7	0,0

Tabela CN-L1-1 i 2 Czas naważenia z i bez udziału wag W1Bx + wartości średnie z pomiarów.

Tabela CN-L1-1 zawiera pomierzone/sprawdzone czasy naważeń tzw. ręcznych dla 3 receptur (produktów). Pomiarów dokonano dla produkcji bez użycia nowych wag na linii L1 jak i z użyciem nowych wag. Jak widać zastosowanie wag znacznie zmniejsza liczbę surowców, które są ważone ręcznie jak i czas który jest na to potrzebny. W CN-L1-2 są wyliczone wartości średnie dla pomiarów z CN-L1-1.

Receptura	Sposób naważenia	Ilość surowców do naważenia "ręcznego"		Czas ważenia [min]	Różnica w czasie ważenia [min]
		sztuk	[kg]		
A1	bez Wag W1Bx	19	91,98	21	18
	z wagami W1Bx	3	35,56	3	
A2	bez Wag W1Bx	31	449,6	29	25
	z wagami W1Bx	7	238,55	4	
A3	bez Wag W1Bx	20	129,75	30	27
	z wagami W1Bx	3	57,38	3	

Wartości średnie	sztuk	Ciężar	czas
	[]	[kg]	[min]
bez Wag W1Bx	23,3	223,8	26,7
z wagami W1Bx	4,3	110,5	3,3
Różnica	19,0	113,3	23,3

Tabela CN-L2-1 i 2 – analogicznie jak Tabela CN – L1 – 1 i 2

Tabela CN-L2-1 Czas naważania z i bez udziału wag W2A i W2Bx					
Receptura	Sposób ważenia	Ilość surowców do naważenia "ręcznego"		Czas ważenia [min]	Różnica w czasie ważenia [min]
		sztuk	[kg]		
B1	bez wag W2A i W2Bx	31	270,84	22	17
	z wagami W2A i W2Bx	9	41,78	5	
B2	bez wag W2A i W2Bx	27	136,08	30	26
	z wagami W2A i W2Bx	6	3,32	4	
B3	bez wag W2A i W2Bx	39	197,95	40	22
	z wagami W2A i W2Bx	16	86,66	18	

Tabela CN-L2-2 Czas naważania z i bez udziału wag W2A i W2Bx - Wartości średnie z pomiarów			
Wartości średnie	sztuk	Ciężar	czas
	[]	[kg]	[min]
bez wag W2A i W2Bx	32,3	201,6	30,7
z wagami W2A i W2Bx	10,3	43,9	9,0
Różnica	22,0	157,7	21,7

Tabela CN-L3-1 i 2 – analogicznie jak Tabela CN – L1 – 1 i 2

Tabela CN-L3-1 Czas naważania z i bez udziału wag W3A i W3Bx					
Receptura	Sposób ważenia	Ilość surowców do naważenia "ręcznego"		Czas ważenia [min]	Różnica w czasie ważenia [min]
		sztuk	[kg]		
C1	bez wag W3A i W3Bx	21	489,96	15	14
	z wagami W3A i W3Bx	2	5	1	
C2	bez wag W3A i W3Bx	23	303,74	21	20
	z wagami W3A i W3Bx	2	2,37	1	
C3	bez wag W3A i W3Bx	25	193,91	22	17
	z wagami W3A i W3Bx	7	123,62	5	

Tabela CN-L3-2 Czas naważania z i bez udziału wag W3A i W3Bx - Wartości średnie z pomiarów			
Wartości średnie	sztuk	Ciężar	czas
	[]	[kg]	[min]
bez wag W3A i W3Bx	23,0	329,2	19,3
z wagami W3A i W3Bx	3,7	43,7	2,3
Różnica	19,3	285,5	17,0

Tabela 21 Zmiana opakowań z worków na BigBagi

Przy odpowiednim zaprojektowaniu wielkości komór dozownikowych wag automatycznych pojawia się możliwość zmiany opakowania surowca z worków (do 25 kg) na duże worki tzw. BigBagi (500 lub 1000 kg).

Tabela 21 Zmiana opakowań z worków na BigBagi - Czasy zasypu				
LP	Opis	Jedn.	Opcja I	Opcja II
1	Wielkość BB	[kg]	500	1000
2	Ilość równoważnych worków (25kg)	[]	20	40
Czas zasypu - BB do komory/silosa				
4	Przygotowanie zasypu	[min:sek]	03:20	
5	Wsyp	[min:sek]	01:07	03:17
6	Zakończenie (w tym zatwierdzenie w systemie)	[min:sek]	01:30	
7	Razem	[min:sek]	05:57	07:37
Czas zasypu - worek 25 kg do komory/silosa				
9	Przygotowanie zasypu	[min:sek]	03:20	
10	Wsyp	[min:sek]	06:20	11:40
11	Zakończenie (w tym zatwierdzenie w systemie)	[min:sek]	01:30	
12	Razem	[min:sek]	11:10	16:30

Tabela 22 Zmiana opakowań z worków na BigBagi - Odpady surowca

Zmiana opakowań na większe wpływa również korzystnie na odpady surowca – większe opakowania = mniej odpadów surowca. Wartości jednostkowe (1 BigBag i równoważna ilość worków) przedstawione są w tabeli 22.

Tabela 22 Zmiana opakowań z worków na BigBagi - Odpady surowca				
LP	Opis	Jedn.	Opcja I	Opcja II
1	Wielkość BB	[kg]	500	1000
2	Ilość równoważnych worków (25kg)	[]	20	40
Ilość resztkowa surowca w opakowaniu BB				
4	BB po wysypaniu surowca na stanowisku	[kg]	2,18	2,68
5	BB po opróżnieniu z resztek surowca	[kg]	2,16	2,58
6	Ilość resztkowa surowca w opakowaniu BB	[kg]	0,02	0,1
7	Ilość resztkowa surowca w opakowaniu BB wartość średnia	[kg]	0,06	
Ilość resztkowa surowca w opakowaniu worek 25 kg				
9	Worek po wysypaniu surowca na stanowisku	[kg]	0,16	
10	Worek po opróżnieniu z resztek surowca	[kg]	0,12	
11	Ilość resztkowa surowca w opakowaniu Worek	[kg]	0,04	
12	Równoważna ilość resztkowa surowca Worek vs BB	[kg]	0,8	1,6



Tabela 23 Zmiana opakowań z worków na BigBagi - Odpady opakowaniowe

Zastosowanie BigBagów zamiast worków lub kartonów jako opakowań surowców zmniejsza również ilość generowanych odpadów (śmieci) opakowaniowych.

Wartości jednostkowe (1 BigBag i równoważna ilość worków lub kartonów) przedstawione są w tabeli 23.

LP	Opis	Jedn.	Opcja I	Opcja II
1	Wielkość BB	[kg]	500	1000
2	Ilość równoważnych worków/kartonów (25kg)	[]	20	40
3	Opakowania			
4	Worek BigBag			
5	Ciężar BB - materiał PP, PE, PP + PE	[kg]	2,4	3
6	Worek papierowo - foliowy			
7	Ciężar papieru worka (pojedynczego)	[kg]	0,127	
8	Ciężar foli w worku (pojedynczego)	[kg]	0,023	
9	Równoważny ciężar papieru	[kg]	2,54	5,08
10	Równoważany ciężar foli	[kg]	0,46	0,92
11	Kartony			
12	Ciężar kartonu (pojedynczy)	[kg]	1,2	
13	Ciężar foli w kartonie	[kg]	0,17	
14	Równoważny ciężar kartonu	[kg]	24	48
15	Równoważany ciężar foli	[kg]	3,38	6,76

Wykaz tabel

1. Tabela 1 - Wydajność dozowania na wagach WxB1
2. Tabela 2a i b - Dokładność Naważania - Ważenia jednokrotne i wielokrotne W1B1
3. Tabela 2c i d - Dokładność Naważania - Ważenia jednokrotne W2Bx i W3Bx
4. Tabela NT - L1 - 1 Rozkład dokładności naważania
5. Tabela NT - L1 - 2 Rozkład dokładności naważania - suma i wartości średnie
6. Tabela NT - L2 - 1 Rozkład dokładności naważania
7. Tabela NT - L2 - 2 Rozkład dokładności naważania - suma i wartości średnie
8. Tabela NT - L3 - 1 Rozkład dokładności naważania
9. Tabela NT - L3 - 2 Rozkład dokładności naważania - suma i wartości średnie
10. Tabela CN-L1-1 i 2 Czas naważania z i bez udziału wag W1Bx + wartości średnie z pomiarów
11. Tabela CN-L2-1 i 2 Czas naważania z i bez udziału wag W2A i W2Bx + wartości średnie z pomiarów
12. Tabela CN-L3-1 i 2 Czas naważania z i bez udziału wag W3A i W3Bx + wartości średnie z pomiarów
13. Tabela 21 Zmiana opakowań z worków na BigBagi - Czasy zasypu
14. Tabela 22 Zmiana opakowań z worków na BigBagi - Odpady surowca
15. Tabela 23 Zmiana opakowań z worków na BigBagi - Odpady opakowaniowe