

## OCENA JAKOŚCI WIELOSKŁADNIKOWEJ, NIEJEDNORODNEJ MIESZANINY ZIARNISTEJ

Jolanta Królczyk, Marek Tukiendorf

*Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej, Politechnika Opolska*

**Streszczenie:** Dotychczas stosowane miary oceny jakości mieszanin ziarnistych nie znalazły zastosowania w prezentowanych badaniach. Do oceny jakości badanych mieszanin zastosowano sumę kwadratów reszt. Badania prowadzono w mieszalni pasz zajmującej się produkcją i dystrybucją pasz dla gołębi. Mieszanie prowadzono w pionowym mieszalniku z mieszadłem ślimakowym z recyrkulacją składników. Zaprezentowano wyniki oceny jakości mieszanin 14 oraz 9 składnikowej. Analiza zmian wartości sumy kwadratów reszt w zależności od czasu mieszania pozwoliła na obserwację przebiegu procesu.

**Słowa kluczowe:** materiał ziarnisty, niejednorodna mieszanina ziarnista, wieloskładnikowa mieszanina ziarnista, pasza, suma kwadratów reszt

### Wprowadzenie

Analityczne podstawy oceny jakości mieszanin ziarnistych sprowadzają się do statystycznego określenia rozkładu koncentracji traserów w wybranych punktach złoza. Obliczeń dokonuje się na podstawie wskaźników, np. Rose'a. Wskaźniki oceniające jakość mieszaniny opierają się na analizie prób pobranych z wnętrza mieszalnika w zależności od czasu (kroku) mieszania. Dokonujemy analizy lokalizacji traserów na podstawie jednocześnie pobranych prób z mieszaniny w chwili  $t$  [Boss 1991]. Istnieje wiele sposobów określania stopnia zmieszania, spośród których dominującą grupę stanowią sposoby porównujące teoretyczne odchylenie standardowe (lub wariancję) układu, z wyznaczonym doświadczalnie odchyleniem standardowym (lub wariancją) zawartości badanego składnika w układzie [Boss 1987; Stręk 1971].

### Cel badań

Celem badań była ocena jakości mieszaniny ziarnistej przedstawiona na przykładzie dwóch wieloskładnikowych, niejednorodnych mieszanek pasz dla gołębi. W artykule zaprezentowano nowy sposób oceny jakości przy wykorzystaniu parametru regresji liniowej – sumy kwadratów reszt. Konieczność zastosowania nowego parametru wynikała ze specyfiki przebiegu procesu. Mieszanie odbywało się z recyrkulacją składników w mieszalniku pionowym z komorą nieruchomą z mieszadłem podnośnikowym.

## Metodyka badań

Badaniu poddano dwa rodzaje mieszanek pasz: czternastokładnikową o nazwie Ovigor® Euro BK oraz dziewięcioskładnikową - Ovigor® Zimowa. Skład i udziały procentowe mieszanek podane są w tabeli 1 oraz tabeli 2.

Tabela 1. Skład i udział procentowy mieszanki Ovigor® Euro BK [Ovigor®]

Table 1. Composition and components' percentages of the mixture Ovigor® Euro BK [Ovigor®]

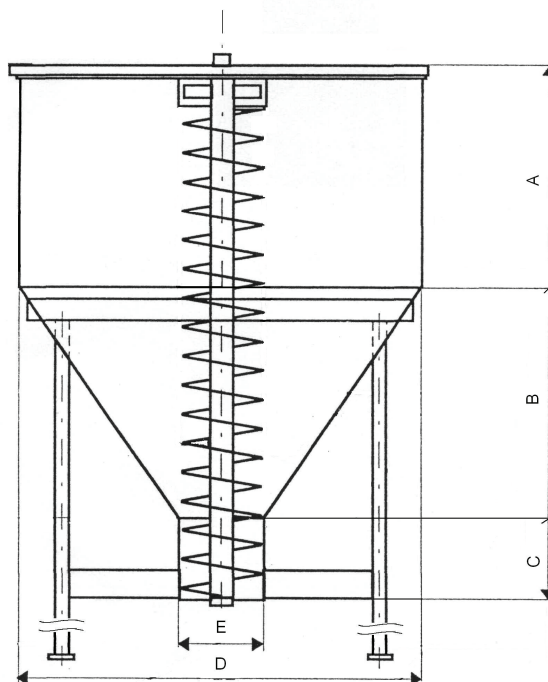
Komponent mieszanki	Udział procentowy [%]
Peluszka	16,00
Sorgo	15,00
Dari	10,00
Groch żółty	10,00
Groch zielony	9,00
Kardi	7,50
Owies łuszczony	7,50
Proso żółte	6,50
Słonecznik czarny	6,00
Ryż biały	5,00
Kanar	2,50
Wyka brązowa	2,50
Groch nowozelandzki	1,25
Ryż Paddy	1,25

Tabela 2. Skład i udział procentowy mieszanki Ovigor® Zimowa [Ovigor®]

Table 2. Composition and components' percentages of the mixture Ovigor® Zimowa [Ovigor®]

Komponent mieszanki	Udział procentowy [%]
Pszenica	30,00
Jęczmień	29,00
Kukurydza	16,00
Peluszka	10,00
Sorgo	5,00
Groch	5,00
Proso	2,25
Słonecznik czarny	1,50
Dari	1,25

Badania prowadzono w mieszalni pasz zajmującej się produkcją i dystrybucją pasz dla gołębi. Karma dla gołębi mieszana jest w pionowym mieszalniku z mieszadłem ślimakowym (rys. 1, tab.3). Dodatkowo prowadzona jest recyrkulacja składników.



Rys. 1. Mieszalnik pasz [Ovigor®]  
Fig. 1. Pellet mixer [Ovigor®]

Tabela 3. Wymiary mieszalnika [Ovigor®]  
Table 3. Mixer's dimensions [Ovigor®]

Wysokość części cylindrycznej - A	1550 mm
Wysokość części stożkowej - B	1600 mm
Wysokość otworu wysypowego - C	300 mm
Średnica wewnętrzna części cylindrycznej - D	1800 mm
Średnica wewnętrzna otworu wysypowego - E	300 mm
Moc mieszadła	5,5 kW

Masa zasypanej mieszanki wynosiła 2000 kg. Mieszanie zasypanego materiału ziarnistego następowało w wyniku ruchu mieszadła ślimakowego mieszalnika oraz w wyniku recyrkulacji składników poprzez przenośnik kulekowy. Zasypany materiał ziarnisty wysypywał się w miejscu spustu, a następnie kierowany był na przenośnik kulekowy, skąd trafiał z powrotem do mieszalnika. Czas mieszania składników wynosił 30 min. Pobór prób w miejscu spustu mieszalnika następował w przypadku mieszanki 14 składnikowej

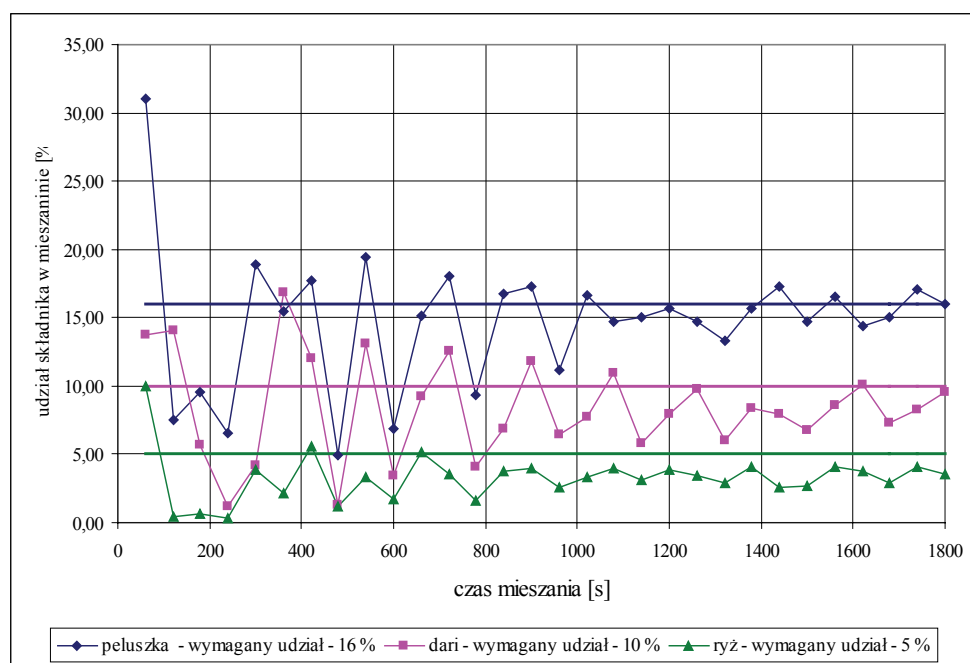
po każdej minucie mieszania, natomiast dla mieszanki 9 składnikowej w odstępach 30 sekundowych.

Zróżnicowanie odstępów czasowych poboru prób dla dwóch prezentowanych mieszanek wynikało z obserwacji wstępnych wyników uzyskanych po pierwszej serii badań.

Badania przeprowadzone dla mieszanki 14 składnikowej były prowadzone jako pierwsze i odstęp czasu pomiędzy poborem prób wynosił 1 min. Po obserwacji otrzymanych wyników, zdecydowano iż kolejne serie badań będą prowadzone w odstępach 30 s.

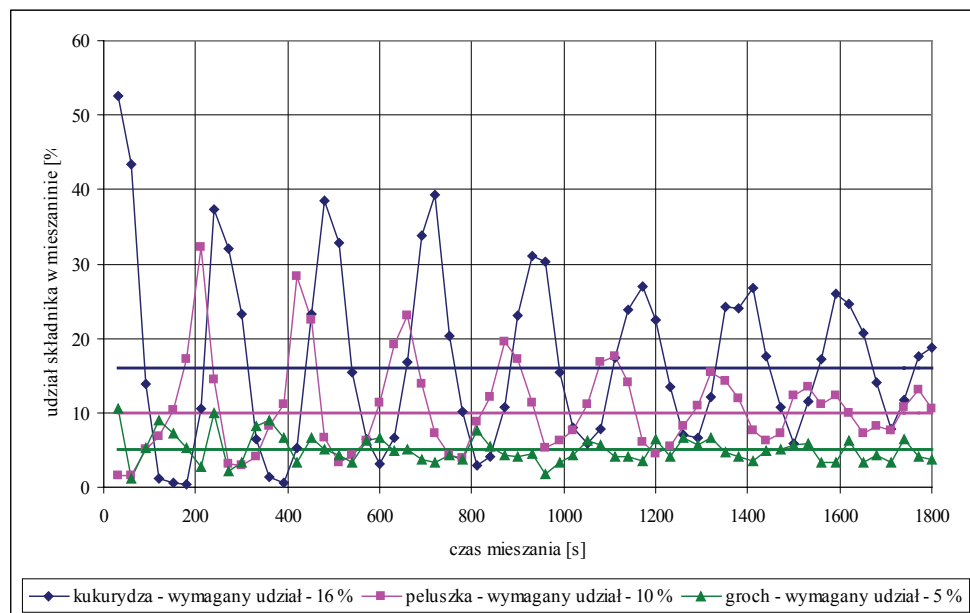
## Wyniki badań pomiarowych

Pobrane próby mieszanek pasz rozdzielono na poszczególne komponenty, zmierzono ich masę, a następnie przeprowadzono analizę otrzymanych wyników. Zależność procentowych udziałów poszczególnych składników jako funkcji czasu zaprezentowano na wykresach poniżej (rys. 2, rys. 3).



Rys. 2. Zmiana procentowego udziału peluszk, dari i ryżu w mieszance w zależności od czasu mieszania uzyskana dla mieszanki 14 składnikowej [opracowanie własne autorów]

Fig. 2. Percentage changes of the field pea, white sorghum and rice grain during mixing time for 14 ingredients' mixture [own study]



Rys. 3. Zmiana procentowego udziału kukurydzy, peluszką i grochu w mieszaninie w zależności od czasu mieszania uzyskana dla mieszaniny 9 składnikowej [opracowanie własne autorów]

Fig. 3. Percentage changes of the corn, sorghum and pea grain during mixing time for 9 ingredients' mixture [own study]

Analizując powyższe wykresy możemy prześledzić jedynie zmienność procentowych udziałów w czasie. Udziały każdego ze składników oscylują wokół wymaganego udziału składników zmniejszając wraz z narastającym czasem wartość amplitudy odchylenia od wartości oczekiwanej. Przedstawiony powyżej sposób prezentacji wyników (por. rys. 2, rys. 3) nie przekazuje natomiast informacji o jakości mieszaniny. Opisane w literaturze miary jakości mieszanin, takie jak na przykład stopień zmieszania Rose'a okazały się niezasadne w badanych przypadkach, wobec czego poszukiwano nowej miary, która znalazłaby zastosowanie do opisu jakości mieszanin dla procesu mieszania przebiegającego w opisanych warunkach.

### Analiza statystyczna

Do opisu jakości mieszaniny 9 i 14 składnikowej wykorzystano model prostej regresji liniowej. Wymodelowano związki między dwiema zmiennymi: zmienną zależną Y (wynikową) – docelowym rozkładem częstości składników i zmienną niezależną X (objaśnianą) – rozkłady udziałów poszczególnych składników w kolejnych odstępach czasowych (pół-minutowych – dla mieszanki zimowej oraz minutowych - dla mieszanki Euro BK).

Prosty model regresji (dla populacji) składa się ze składnika nielosowego (linia prosta) wyznaczona przez człon  $\beta_0 + \beta_1 X$  równania [1] oraz składnika losowego  $\varepsilon$  (błędu):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (1),$$

gdzie:

- Y – zmienna zależna (objaśniana),
- X – zmienna niezależna (objaśniająca),
- $\beta_0$  – parametr modelu, wyraz wolny,
- $\beta_1$  – parametr modelu, współczynnik kierunkowy,
- $\varepsilon$  – błąd losowy,

Oszacowaniem powyższego równania regresji jest równanie:

$$Y = b_0 + b_1 X + e \quad (2),$$

gdzie:

- Y – zmienna zależna (objaśniana),
- X – zmienna niezależna (objaśniająca),
- $b_0$  – oszacowanie  $\beta_0$ ,
- $b_1$  – oszacowanie  $\beta_1$ ,
- e – zaobserwowane błędy (reszty) z dopasowania linii prostej  $b_0 + b_1 X$  do zbioru n wyników obserwacji obu zmiennych,

W badaniach dokonano analizy błędów zaobserwowanych w wyniku dopasowania modelu regresji do danych. Zaobserwowane błędy, zwane resztami, informują, na ile wyniki obserwacji nie zostały wyjaśnione przez model [Aczel 2005].

Suma kwadratów reszt jest zdefiniowana następująco:

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (3),$$

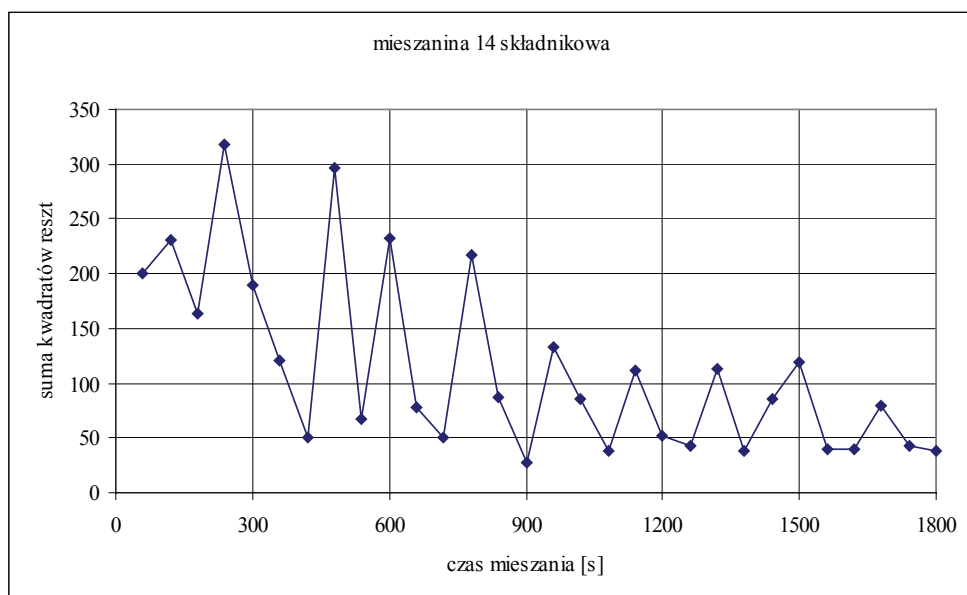
gdzie:

- SSE – suma kwadratów reszt,
- $e_i$  – błąd  $i$ -tej obserwacji,
- $y_i$  – wartość wyniku obserwacji (pomiaru) – wartość procentowego udziału danego komponentu w czasie.
- $\hat{y}_i$  – wartość przewidywana z oszacowania otrzymanego z prostej regresji,

Dla poszczególnych minut (bądź co pół minuty w przypadku mieszanki zimowej) określono linię prostą, dla której suma kwadratów reszt jest minimalna. Określone w ten sposób resztowe sumy kwadratów (SSE), czyli sumy kwadratów odchyłeń od tej linii, stały się podstawą do opracowania wykresów przedstawiających zmianę jakości mieszaniny w czasie. Gdy suma kwadratów reszt jest równa zero, wówczas udziały wszystkich komponentów w określonym punkcie czasowym są równe wartościom docelowym.

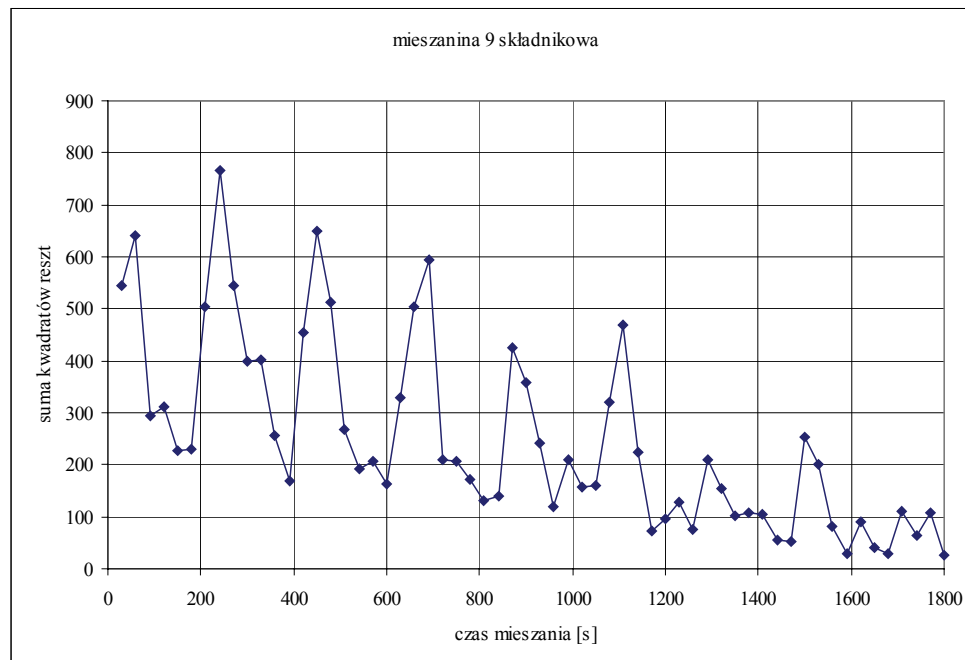
### Wyniki analizy statystycznej

Na poniższych rysunkach (rys. 4, rys. 5) przedstawiono zmieniającą się w czasie jakość mieszaniny, określoną na podstawie sumy kwadratów reszt.



Rys. 4. Wykres zmian sumy kwadratów reszt w zależności od czasu mieszania uzyskany dla mieszaniny 14 składnikowej (Euro BK) [opracowanie własne autorów]

Fig. 4. Error sum of squares changes depending on mixing time for 14 component's mixture (Euro BK) [own study]



Rys. 5. Wykres zmian sumy kwadratów reszt w zależności od czasu mieszania uzyskany dla mieszaniny 9 składnikowej (zimowa) [opracowanie własne autorów]

Fig. 5. Error sum of squares changes depending on mixing time for 9 component's mixture (winter) [own study]

Przedstawione powyżej wykresy obrazują charakter przebiegu procesu w czasie. Wykorzystanie sumy kwadratów reszt pozwala na uzyskanie informacji w postaci wartości tego wskaźnika oceniającego jakość uzyskanej mieszaniny w danych punktach czasu, przy czym im wyższa wartość wskaźnika, tym gorsza jakość mieszaniny. Zastosowanie nowej miary oceny jakości stanowi wstęp do badań nad oceną jakości mieszanin różniących się proporcjami oraz ilością mieszanych komponentów.

## Wnioski

Wykorzystanie sumy kwadratów reszt jest nowym sposobem opisu jakości mieszanin ziarnistych. Wartość wskaźnika jakości mieszaniny zmienia się w czasie, im mniejsza wartość sumy kwadratów reszt, tym lepsza jakość mieszaniny w danym punkcie czasu. Analiza wykresów zależności sumy kwadratów reszt od czasu obrazuje charakter przebiegu procesu.



## **Bibliografia**

- Aczel A. D.** 2005. Statystyka w zarządzaniu. PWN, s. 456-513.  
**Boss J.** 1987. Mieszanie materiałów ziarnistych. PWN, Warszawa – Wrocław. ISBN 83-01-07058-7.  
**Boss J.** 1991. Czas mieszania materiałów ziarnistych, Studia i monografie, WSI w Opolu. ISSN 0239-5991.  
**Stręk F.** 1971. Mieszanie i mieszalniki. WNT. s. 325-354.

## **AN ESTIMATION OF THE QUALITY OF MULTICOMPONENT, NON-HOMOGENOUS GRANULAR BLEND**

**Summary:** Granular blends' quality measures use have not found application in presented research in so far. For quality assessment of the presented mixtures the Error Sum of Squares (SSE) has been applied. The research has been conducted in fodder mixing plant that are utilized to production and to distribute fodders for pigeons. Mixing takes place in a vertical mixer with worm agitator with ingredients' recirculation. A quality assessment results have been presented for 14- and 9-components mixture. An analysis of changes of the SSE depending upon mixing time makes a possible observation of the run of a process.

**Key words:** granular matter, non-homogenous granular blend, multicomponent granular blend, fodder, error sum of squares

### **Adres do korespondencji:**

Jolanta Królczyk; e-mail: [jolantakrolczyk@wp.pl](mailto:jolantakrolczyk@wp.pl)  
Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej  
Politechnika Opolska  
ul. S. Mikołajczyka 5  
45-271 Opole