

Marek Węgrzyn  
Zakład Techniki Rolniczej i Leśnej  
Politechnika Opolska

## SEGREGACJA MIESZANEK PASZOWYCH PODCZAS JEDNOPUNKTOWEGO ZASYPU ZBIORNIKA

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań zachowania się wymieszanego układu ziarnistego złożonego z ziaren różniących się wymiarami, gęstością oraz kształtem podczas wysypu do zbiorników. Do badań użyto mieszanek paszowych z nierozdrobnionych ziaren przeznaczonych dla ptaków. Zastosowane mieszanki są układami ziarnistymi wieloskładnikowymi o zróżnicowanych udziałach masowych poszczególnych składników. Badania przeprowadzono w modelowych zbiornikach dla których proporcje wysokości H do szerokości B wynoszą odpowiednio 2,25 oraz 0,44.

**Słowa kluczowe:** mieszanka paszowa, segregacja, stopień zmieszania, materiał ziarnisty

### Wprowadzenie

W celu uzyskania dobrej jakościowo mieszaniny ziarnistej składającej się z dwóch lub więcej składników, należy poddać ją procesowi mieszania w odpowiednim urządzeniu. Proces mieszania materiałów ziarnistych może być prowadzony metodą okresową lub ciągłą. Wybór metody mieszania zależy od skali produkcji mieszanin ziarnistych oraz od cech składników poddawanych procesowi mieszania.

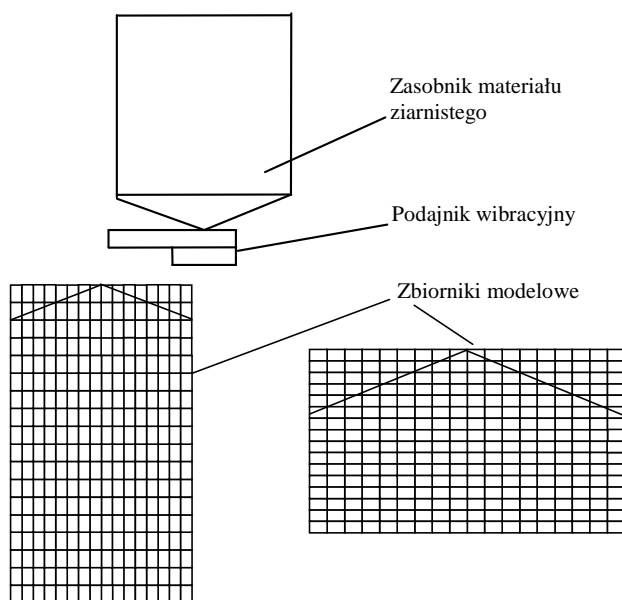
Po uzyskaniu mieszanki paszowej o wymaganej jednorodności jest ona poddawana procesowi pakowania, magazynowania lub jest bezpośrednio wykorzystana do skarmiania. W trakcie transportu, zasypu do zbiornika lub innych operacji dynamicznych układ ziarnisty wcześniej doprowadzony do wymaganej jednorodności może ulegać częściowemu rozdzieleniu [Axe 1995; Makse 1999; Boss i in. 2000; Węgrzyn 2002a] powodując, że poszczególne partie mieszanki będą się różnić składem, wpływając na pogorszenie jakości otrzymywanej mieszanki. Poznanie zjawiska segregacji występującego np. podczas wysypu układu ziarnistego z mieszarki

i zasypywania go do zbiornika magazynowego, pozwala na wprowadzenie zmian konstrukcyjnych w stosowanych urządzeniach eliminujących lub ograniczających niekorzystne zjawisko do minimum.

Celem pracy jest określenie zmian rozproszenia składników zawartych w mieszance paszowej podczas jednopunktowego zasypywania do modelowego zbiornika.

### Metodyka badań

Badania przeprowadzono na stanowisku laboratoryjnym (rys. 1), którego głównymi elementami były: zasobnik materiału ziarnistego, laboratoryjny podajnik wibracyjny Retsch oraz modelowe zbiorniki, do których przesypywano mieszankę paszową ze zasobnika. Zbiorniki modelowe wykonane zostały ze szkła celem umożliwienia obserwacji procesu i stanu mieszaniny po zakończeniu zasypywania. Zastosowano zbiorniki o wymiarach 90 cm (wysokość)  $\times$  40 cm (szerokość), dla którego  $H/B = 2,25$  oraz drugi zbiornik o wysokości 40 cm i szerokości 90 cm ( $H/B = 0,44$ ). Odległość między ściankami w obydwu zbiornikach wynosiła 10 mm. Wyniki badań uzyskane w płaskich zbiornikach odzwierciedlają stan układu ziarnistego w zbiornikach przestrzennych, co pokazały wyniki badań prowadzonych przez Bossa i in. [1985].



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego

Fig. 1. Scheme of the research stand

Podajniki wibracyjne Retsch mają możliwość regulacji strumienia podawanego materiału z zasobnika. Do badań zastosowano dwie mieszanki paszowe dla ptaków, składające się z nierozdrobnionych ziaren (tab. 1).

*Tabela 1. Skład mieszanek oraz gęstość nasypowa i rozmiary ziaren użytych do badań*  
*Table. 1. The composition of mixtures and the bulk density and sizes of grains applied for investigations*

Składniki mieszanki	Mieszanka I, udział masowy [%]	Mieszanka II, udział masowy [%]	Gęstość nasypowa [kg·m <sup>-3</sup> ]	Wymiar ziaren [mm]
Kukurydza	35	-	712	6,68
Groch	7	-	820	6,48
Słonecznik	3		454	5,37
Pszenica	27	19	675	3,65
Peluszka	14	-	736	5,24
Sorgo	6	27	774	4,05
Proso	4	10	708	1,73
Wyka	4	10	820	4,63
Kardi	-	16	525	4,72
Ryż	-	6	820	2,24
Dari	-	12	750	2,36

Przed przystąpieniem do badań przygotowano mieszanki w małych porcjach dbając o równomierne rozproszenie składników a następnie wprowadzono mieszankę do zasobnika. Po umieszczeniu mieszanki w zasobniku skontrolowano czy podczas zasypywania materiał nie uległ częściowemu rozwarstwieniu. Sprawdzenie przeprowadzono pobierając próbki z różnych miejsc układu ziarnistego za pomocą próbobierza [Węgrzyn 2002b]. Pobrane próbki wykazały dokładne rozproszenie składników mieszaniny w całej objętości mieszanki.

Po sprawdzeniu stanu układu ziarnistego w zasobniku mieszaninę przesypywano za pomocą podajników wibracyjnych do płaskich zbiorników modelowych, których powierzchnię boczną podzielono na segmenty o wymiarach 2,5×5 cm. Następnie określano koncentrację poszczególnych składników mieszaniny we wszystkich segmentach. Na tej podstawie określono rozproszenie wszystkich składników w mieszaninie. Stan mieszaniny ziarnistej określano za pomocą stopnia zmieszania zaproponowanego przez Rose'a [1959] jak dla układu dwuskładnikowego, traktując kolejno każdy ze składników jako fazę rozpraszaną w pozostałym układzie ziarnistym

$$M = 1 - \frac{S}{S_o}, \quad (1)$$

gdzie:  $S$  – estymator odchylenia standardowego po zmieszaniu, wyznaczany z wyrażenia

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - p)^2}{n}}, \quad (2)$$

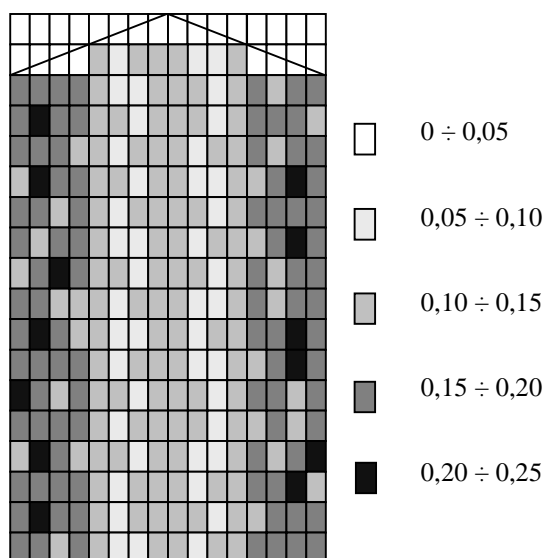
a  $S_o$  – odchylenie standardowe przed zmieszaniem wyznaczane z wyrażenia

$$S_o = \sqrt{p(1-p)}. \quad (3)$$

Prawdopodobieństwa wystąpienia składnika kluczowego w mieszaninie  $p$  dla poszczególnych składników mieszaniny I i II podano w tabeli 1.

## Wyniki

Przykład rozkładu koncentracji peluszki w mieszance I po zasypaniu jej do zbiornika ( $H/B = 2,25$ ) przedstawiono na rysunku 2. W identyczny sposób analizowano dla obydwu zbiorników rozkłady pozostałych składników mieszanki I i II.

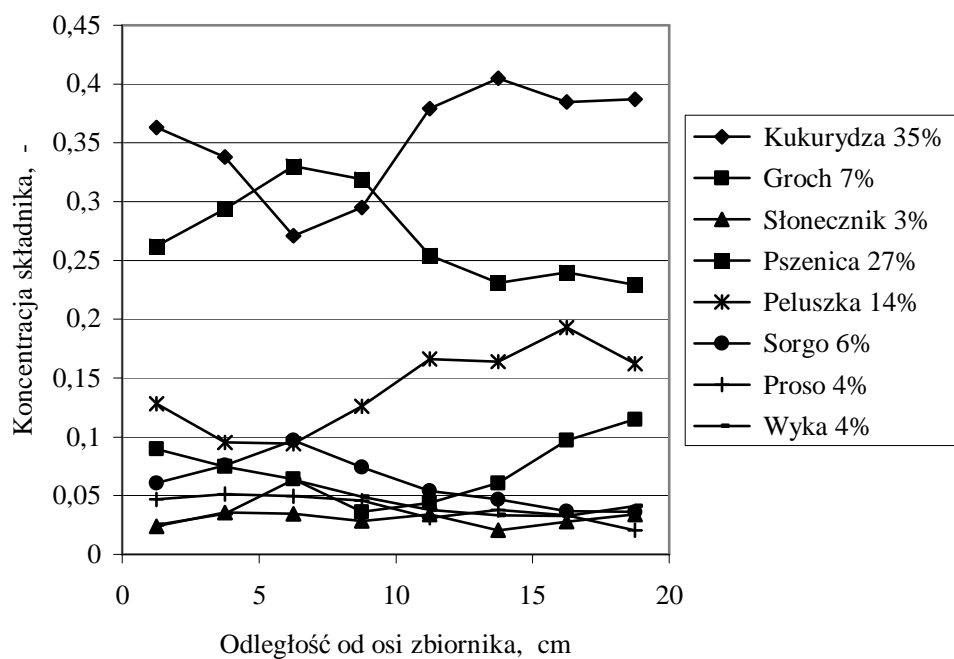


Rys. 2. Rozkład koncentracji peluszki w mieszance I po zasypaniu do zbiornika ( $H/B = 2,25$ )

Fig. 2. The concentration distribution of the field pea in the mixture I after filled up the silo ( $H/B = 2.25$ )

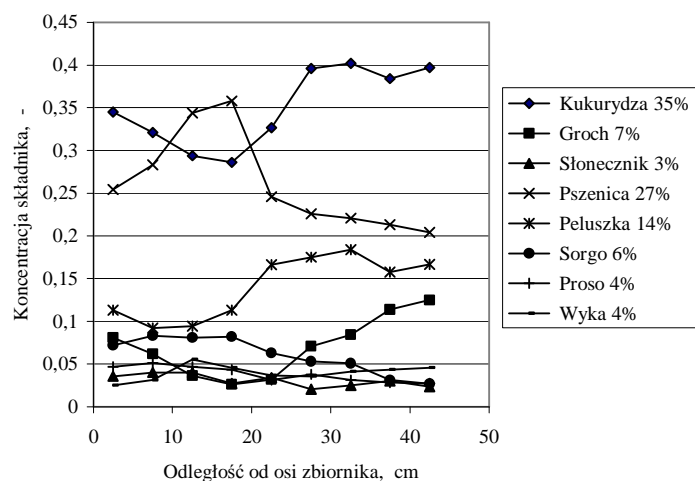
W oparciu o wartości koncentracji poszczególnych składników tworzących mieszanki I i II we wszystkich segmentach zbiorników wykonano wykresy zależności koncentracji składników w funkcji odległości od osi zbiornika, co pokazano na rysunkach 3 ÷ 6.

Podczas zasypywania mieszanki do zbiornika występujące zjawisko segregacji powodowało obniżenie stopnia zmieszania od wartości 0,98÷0,99 (w zasobniku) do wartości 0,87÷0,91 (w zbiorniku modelowym).



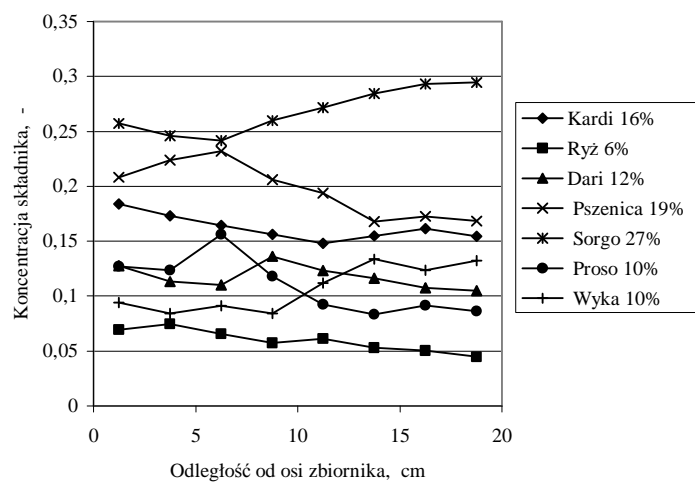
Rys. 3. Koncentracje składników mieszanki I po zasypyaniu do zbiornika ( $H/B = 2,25$ )

Fig. 3. Concentrations of the mixture I components after filled up the silo ( $H/B = 2.25$ )



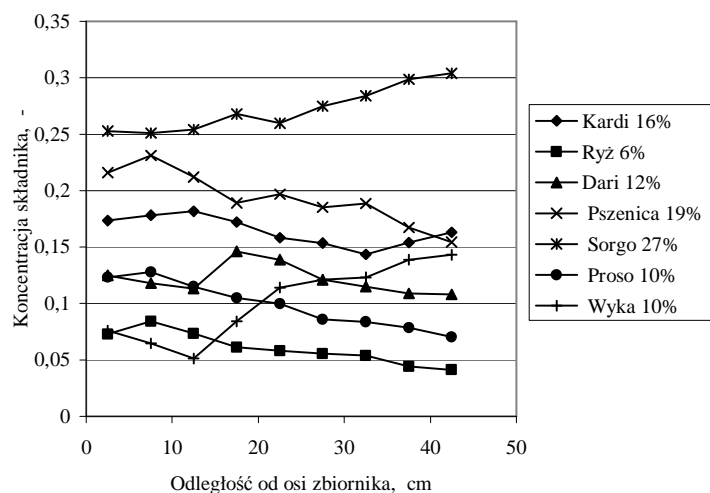
Rys. 4. Koncentracje składników mieszanki I po zasypaniu do zbiornika ( $H/B = 0,44$ )

Fig. 4. Concentrations of the mixture I components after filled up the silo ( $H/B = 0.44$ )



Rys. 5. Koncentracje składników mieszanki II po zasypaniu do zbiornika ( $H/B = 2,25$ )

Fig. 5. Concentrations of the mixture II components after filled up the silo ( $H/B = 2.25$ )



Rys. 6. Koncentracje składników mieszanki II po zasypaniu do zbiornika ( $H/B = 0,44$ )

Fig. 6. Concentrations of the mixture II components after filled up the silo ( $H/B = 0.44$ )

## Wnioski

1. Podczas wysypu do zbiornika badanych mieszanek paszowych składających się z ziaren o różnych średnicach i gęstościach w wyniku segregacji wtórnej zachodzi obniżenie stopnia zmieszania (wg definicji Rose'a) od wartości  $0,98 \div 0,99$  do wartości  $0,87 \div 0,91$ .
2. Badania wykazały większą podatność na segregację mieszanki paszowej I ze względu na występujące w jej składzie duże ziarna (groch, kukurydza), które wykazują dużą łatwość do staczania się ku ściankom zbiornika podczas zasypu.
3. W celu ograniczenia zjawiska segregacji wtórnej należy wyeliminować lub ograniczyć zjawisko swobodnego staczania się ziaren podczas zasypywania do zbiornika. Jest to niezwykle istotne dla zbiorników o dużych średnicach.

## Bibliografia

Axe D, E. 1995. Factors affecting uniformity of a mix. *Animal Feed Science and Technology* 53, 211-220.

Boss J., Dąbrowska D. 1985. Stochastic model of mixing during discharging of granular materials from a bin. I: Two-component system. *J. Powder & Bulk Solids Technology* 9, No 4, 1-11, 1985.

Boss J., Tukiendorf M., Węgrzyn M. 2000. Technologiczne sposoby przeciwdziałania segregacji wtórnej podczas transportu i magazynowania niejednorodnych układów ziarnistych. *Inżynieria Rolnicza* 9 (20), 15-21.

Makse H. A. 1999. Kinematic segregation of granular mixtures in sandpiles. *The European Physical Journal B*. 7, 271-276.

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, 47-64.

Węgrzyn M. 2002a. Możliwości ograniczenia segregacji wtórnej materiałów ziarnistych. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* Nr 4s, 147-148.

Węgrzyn M. 2002b. Wpływ wielkości pobieranej próbki materiału ziarnistego na dokładność oceny stanu mieszaniny. *Acta Agrophysica* 78, 277-285.

## FEED MIXTURES SEGREGATION DURING SINGLE-POINT VESSEL FILLED UP

### Summary

In this paper the results of investigations of the behavior of the mixed particulate system consisted of particles differing in dimensions, density and shape during funnel-flow to the silos have been presented. The feed mixtures for birds that consisted of whole grains have been used in those investigations. The mixtures adopted are multi-components particulate systems with different mass ratios of the particular components. The investigations have been carried out in the model silos in which the height  $H$  to the width  $B$  ratios are 2.25 and 0.44 respectively.

**Key words:** mixed feed, segregation, degree of mixing, granular material