

## TEORETYCZNY OPIS ROZKŁADU ROZPYLONEJ CIECZY W WARUNKACH DZIAŁANIA CZOŁOWEGO STRUMIENIA POWIETRZA

Antoni Szewczyk, Grzegorz Wilczok

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono założenia modelowe i opracowano model matematyczny rozkładu podłużnego rozpylonej strugi odchylonej przez czołowy strumień powietrza tak jak to się dzieje w trakcie ruchu opryskiwacza. W wynikach badań przedstawiono również weryfikację opracowanego modelu w warunkach działania strumienia powietrza. Stwierdzono, że przyjęty model pozwala z dużym przybliżeniem określić rozkład opadu cieczy co potwierdziły wyniki przeprowadzonych badań laboratoryjnych.

**Słowa kluczowe:** opryskiwanie, rozpylacz, rozkład podłużny, rozpylanie cieczy

### Wprowadzenie

Mimo istnienia wielu metod, jak dotychczas, ochrona roślin opiera się głównie na chemicznym zwalczaniu agrofagów, wykorzystanych przede wszystkim przy użyciu opryskiwaczy, pracujących najczęściej w zmiennych warunkach pogodowych. Najbardziej uciążliwym zjawiskiem występującym podczas wykonywania zabiegu jest wiatr. Zgodnie z obowiązującymi przepisami zabieg opryskiwania można przeprowadzać przy prędkości wiatru nie przekraczającej  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Wiatr powoduje, między innymi, znoszenie rozpylanej strugi cieczy różnicując intensywność nanoszenia substancji aktywnie czynnej na polu, co również przyczynia się do uszkodzenia sąsiednich plantacji [Van de Zende 2004]. Oddziaływanie wiatru na rozpyloną strugę zależy w dużej mierze od parametrów pracy rozpylacza i warunków w jakich odbywa się zabieg opryskiwania a to oznacza, że czynników mających wpływ na proces opryskiwania jest wiele i istnieje wzajemna interakcja między nimi. Przeprowadzanie szeregu eksperymentów wyjaśniających wpływ poszczególnych czynników na jakość pracy opryskiwacza byłoby bardzo pracochłonne i uciążliwe. Znacznie lepszym rozwiązaniem jest wykorzystanie do tego celu metod polegających na modelowaniu badanych zjawisk [Clijmans 2000]. W Instytucie Inżynierii Rolniczej przeprowadzono badania wykorzystania modelowania do wyjaśnienia zjawiska wpływu ustawienia rozpylacza na rozkład podłużny rozpylonej strugi w warunkach działania strumienia powietrza o zmiennej prędkości.

## Cel badań

Celem pracy było opracowanie modelu matematycznego rozkładu podłużnego rozpylonej strugi pod działaniem strumienia powietrza oraz przeprowadzenie weryfikacji przyjętych rozważań teoretycznych w warunkach laboratoryjnych.

## Metodyka badań

Założenia modelu:

Do badań użyto rozpylacza XR TeeJet 11002 VP

- rozmiary rozpylacza zostały pominięte w porównaniu z przemieszczeniem kropeł, zatem rozpylacz był rozpatrywany jako punkt;
- rozpylacz wytwarzał strumień cieczy, który miał kształt stożka płaskiego o podstawie elipsy, gdzie odpowiednie kąty są zdefiniowane przez konstrukcję rozpylacza. strumień ten jest jednorodny względem kąta rozpylania;
- pominięto siłę wyporu kropli wody w powietrzu ze względu na dużą różnicę gęstości (103 mniejsza od siły ciężenia);
- ciśnienie działa na każdą z kropeł tak samo, zatem wszystkie krople mają identyczną wartość prędkości początkowej – zgodnie z prawem pascala;
- prędkość początkową oszacowano na podstawie danych charakteryzujących natężenie wypływu z rozpylacza i powierzchnię dyszy;
- przyjęto, że kropla ma kształt kuli.

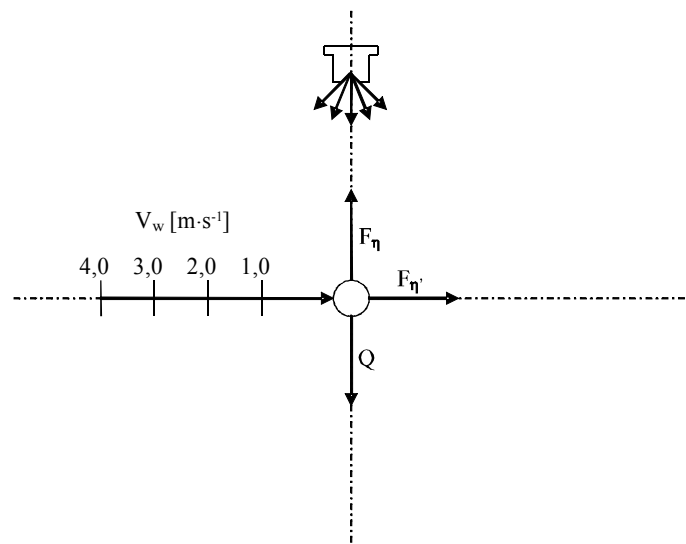
Zgodnie z tymi założeniami opracowany został następujący model matematyczny:

$$x(t) = \frac{1}{k} m (v_{0x} + v_w) \left( 1 - \exp\left(-\frac{kt}{m}\right) \right) - v_w t \quad (1)$$

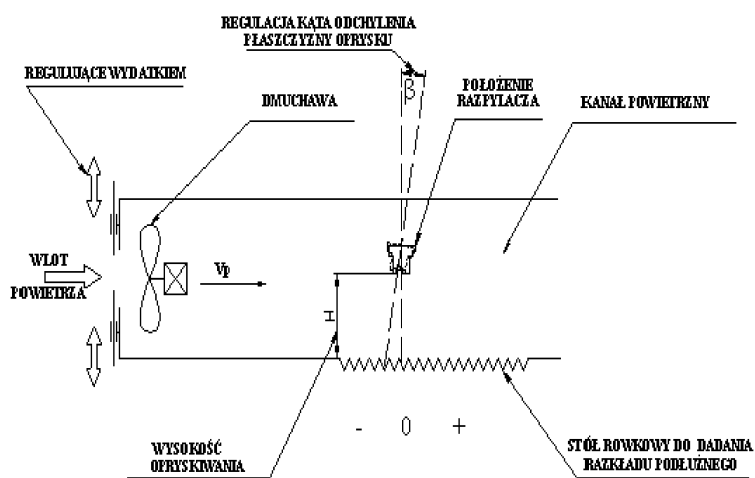
$$y(t) = \frac{1}{k} m (v_{0y}) \left( 1 - \exp\left(-\frac{kt}{m}\right) \right) \quad (2)$$

$$z(t) = \frac{1}{k^2} \left( z_0 k^2 + (m v_{0z} k + m^2 g) \left( 1 - \exp\left(-\frac{kt}{m}\right) \right) \right) - \frac{mgt}{k} \quad (3)$$

Układ sił działający na kroplę cieczy emitowaną przez rozpylacz przedstawiono na rys. 1. Na rysunku zaznaczono, że w płaszczyźnie pionowej działają siły wyporu i ciężenia natomiast w płaszczyźnie poziomej siła strumienia powietrza o zmiennej predkości.



Rys. 1. Przyjęty układ sił i prędkości działających na kroplę ciecży  
 Fig. 1. Assumed system of forces and velocities acting on a drop of liquid



Rys. 2. Schemat stanowiska do badań rozkładu podłużnego rozpylonej strugi  
 Fig. 2. Layout of a test stand for research on longitudinal distribution of sprayed stream

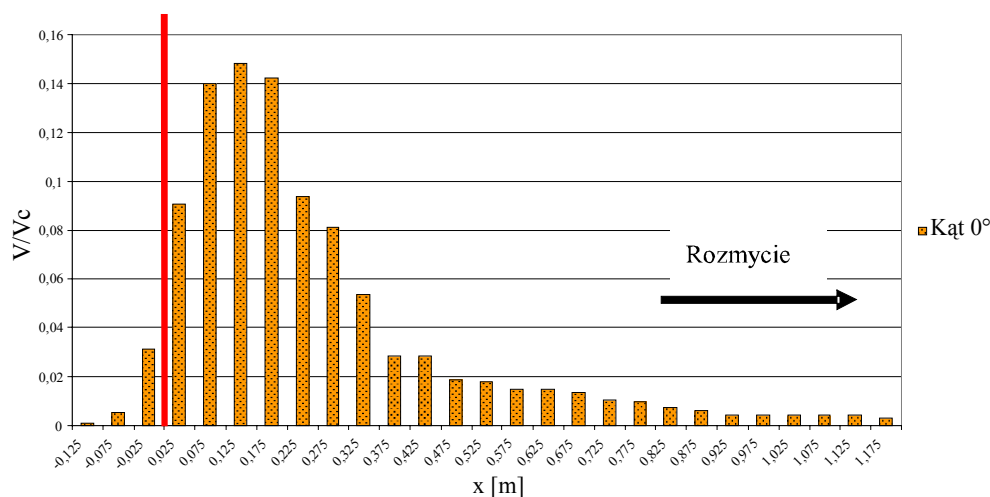
Badania rozkładu opadu ciecży przeprowadzono na specjalnie do tego celu przygotowanym stanowisku badawczym (rys. 2). Powierzchnią opryskiwaną był stół probierczy o wymiarach 3000 x 1000 mm i podziałce 50 mm podzielony na dwie części po obu

stronach płaszczyzny symetrii przebiegającej przez rozpylacz i usytuowanej pionowo do opryskiwanej powierzchni. Stół probierczy był umieszczony w tunelu o długości 15000 mm i przekroju 1000 x 1000 mm. Stanowisko badawcze umożliwiło wytworzenie jednorodnego strumienia powietrza o określonej prędkości oraz ustawienie rozpylacza na różnej wysokości i różne odchylenie osi rozpylacza w stosunku do powierzchni opryskiwanej. W ten sposób można było odchyłać rozpylacz w kierunku przeciwnym do kierunku działania strumienia powietrza.

## Analiza wyników

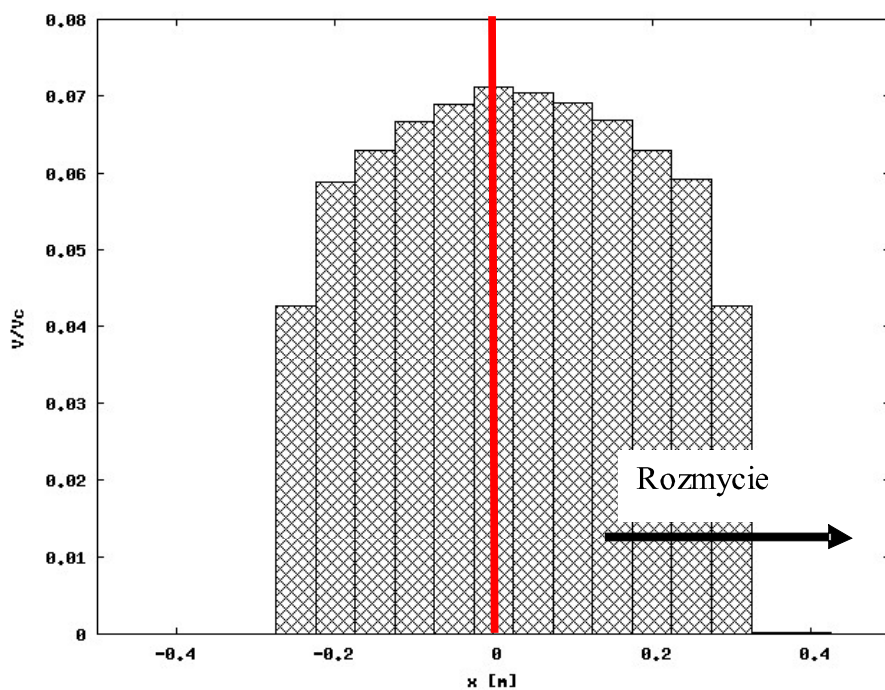
Wyniki pomiarów rozkładu podłużnego rozpylonej strugi, na którą działał strumień powietrza przedstawiono na rysunkach 3 i 5, a rozkład cieczy według opracowanego modelu na rys. 4 i 6.

Na rysunku 3 i 5 widać jak cała masa rozpylonej cieczy przesuwiała się, zgodnie z oczekiwaniem w kierunku działania strumienia powietrza i nie przedstawia rozkładu normalnego, jak by to miało miejsce w warunkach stacjonarnych. W związku z tym, że czas pomiarów przyjęto ten sam, a rozpylanie cieczy odbywało się przy różnym ciśnieniu na wykresie przedstawiono stosunek cieczy wychwyconej w poszczególnych rynienkach do cieczy całkowitej uzyskanej ze wszystkich menzurzek. Strumień powietrza powodował unoszenie się cieczy w kierunku jego działania. To zmniejszanie się ilości cieczy w kolejnych menzurkach określono rozmyciem opadu cieczy. Jako miarę przybliżenia wartości zmierzonych do wyliczonych przyjęto, stosowany w statystyce, współczynnik skośności.



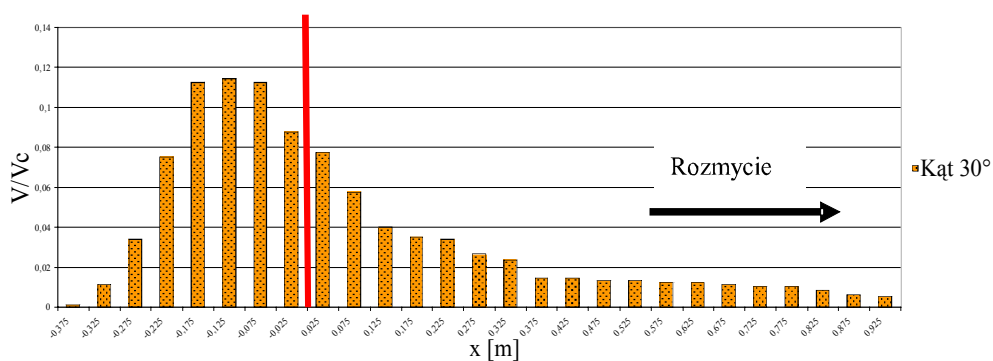
Rys. 3. Rozkład podłużny rozpylonej strugi pod wpływem strumienia powietrza o prędkości  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $h = 0,5$ ;  $\gamma = 0^\circ$ . Współczynnik skośności  $A = 1,705$

Fig. 3. Longitudinal distribution of sprayed stream under air stream at the rate of  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $h = 0.5$ ;  $\gamma = 0^\circ$ . Skewness coefficient  $A = 1.705$



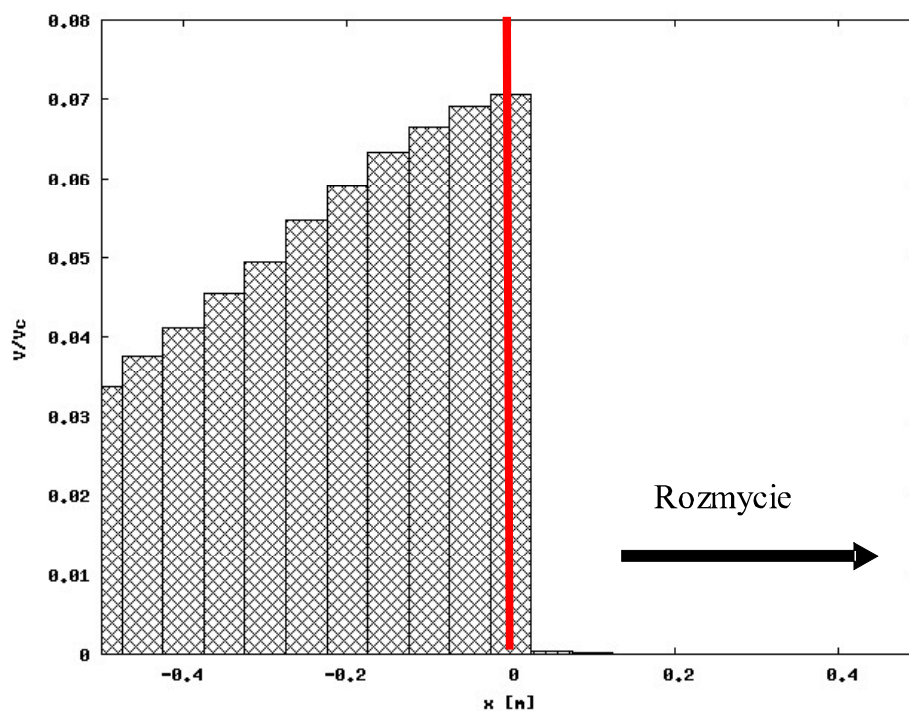
Rys. 4. Symulacja rozkładu podłużnego rozpylonej strugi pod wpływem strumienia powietrza o prędkości  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $h = 0,5$ ;  $\gamma = 0^\circ$ . Współczynnik skośności  $A = 1,935$

Fig. 4. Simulation of longitudinal distribution of sprayed stream under air stream at the rate of  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $h = 0.5$ ;  $\gamma = 0^\circ$ . Skewness coefficient  $A = 1.935$



Rys. 5. Rozkład podłużny rozpylonej strugi pod wpływem strumienia powietrza o prędkości  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $h = 0,5$ ;  $\gamma = 30^\circ$ . Współczynnik skośności  $A = 1,411$

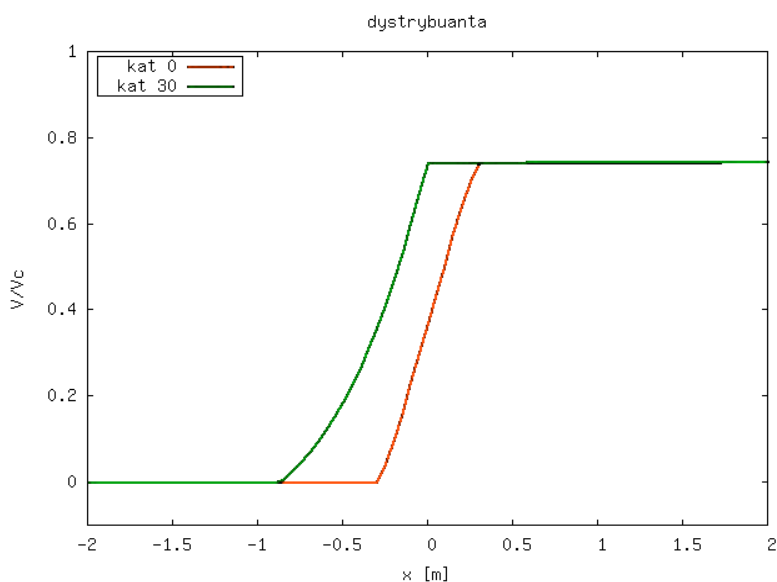
Fig. 5. Longitudinal distribution of sprayed stream under air stream at the rate of  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $h = 0.5$ ;  $\gamma = 30^\circ$ . Skewness coefficient  $A = 1.411$



Rys. 6. Symulacja rozkładu podłużnego rozpylonej strugi pod wpływem strumienia powietrza o prędkości  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $h = 0,5$ ;  $\gamma = 30^\circ$ . Współczynnik skośności  $A = 1,939$

Fig. 6. Simulation of longitudinal distribution of sprayed stream under air stream at the rate of  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $h = 0,5$ ;  $\gamma = 30^\circ$ . Współczynnik skośności  $A = 1,939$

W przypadku rozkładów rzeczywistych współczynniki skośności wynosiły 1,705 i 1,411, a teoretycznych 1,935 i 1,939. Jak widać, mimo przyjęcia w założeniach modelowych jednej wielkości wszystkich kropli w rozpylonej strudze, opracowany model matematyczny dość wiernie przedstawia rozkład opadu rozpylonej cieczy i umożliwia ocenę wpływu przyjętych parametrów rozpylania, co potwierdzają również przedstawione przebiegi dystrybuant (rys. 7). Należy zaznaczyć, że symulacja modelowa została wykonana z wykorzystaniem tylko jednego rozpylacza wytwarzającego krople o określonej średniej średnicy objętościowej (MVD).



Rys. 7. Rozkład dystrybuanty rozpylanej cieczy dla strumienia powietrza  $3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 Fig. 7. Distribution of sprayed liquid cumulative distribution function for air stream  $3.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

## Podsumowanie

W przypadku działania strumienia powietrza, obojętnie czy to na skutek wiatru rzeczywistego czy pozornego, rozpylona struga odchyła się w kierunku działania strumienia powietrza. Przeciwdziałać temu niekorzystnemu zjawisku można, jak wykazują badania przez odchylenie rozpylacza w kierunku przeciwnym do działania strumienia powietrza. Przyjęty model matematyczny pozwala z dużym przybliżeniem symulować rozkład opadu rozpylanej strugi w warunkach oddziaływania strumienia powietrza.

## Bibliografia

- Clijmans L., Swevers J., De Baerdemaeker J., Ramon H.** 2000. Sprayer Boom Motion, Part 1: Derivation of the Mathematical Model using Experimental System Identification Theory. *J. agric. Engng Res.* 76. s. 61-69.
- Łuczycka D., Szewczyk A., Wilczok G.** 2004. The effect of angle of spray jet deviation in the air movement on the longitudinal spray distribution. *Annual Review of Agricultural Engineering* vol. 4/1. s. 347-353.
- Van de Zende J.** 2004. Effect of sprayer speed on spray drift. *Annual Review of Agricultural Engineering* vol. 4/1. s. 129-142.

## **THEORETICAL DESCRIPTION OF SPRAYED LIQUID DISTRIBUTION IN CONDITIONS OF FRONTAL AIR STREAM OPERATION**

**Abstract.** The paper presents assumptions for the model and the developed mathematical model of longitudinal distribution of sprayed stream deflected by frontal air stream, as it happens while spraying machine is in motion. The test results also include verification of the developed model in conditions of air stream operation. It has been observed that the assumed model allows with a rough approximation to determine liquid fall distribution, which has been confirmed by the results of completed laboratory tests.

**Key words:** spraying, sprayer, longitudinal distribution, liquid spraying

**Adres do korespondencji:**

Antoni Szewczyk; e-mail: antoni.szewczyk@up.wroc.pl  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chelmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław