



## **WPŁYW WIATRU NA PRĘDKOŚĆ RUCHU POWIETRZA W OBORZE PODCZAS LATA**

***Sabina Angrecka***

*Uniwersytet Rolniczy im. H. Kollątaja w Krakowie*

### ***INFLUENCE OF WIND ON AIR VELOCITY IN THE BARN DURING SUMMER***

#### ***Streszczenie***

W pracy przedstawiono wpływ siły i kierunku wiatru na kształtowanie się prędkości powietrza wentylacyjnego w wybranym obszarze obory wolnostanowiskowej podczas lata. Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań wykonano charakterystykę prędkości wiatrów w okresie letnim. Określono zmienność prędkości powietrza wentylacyjnego przy uwzględnieniu wiatrów wiejących z kierunku prostopadłego i równoległego do obory. Zauważono zróżnicowanie prędkości powietrza w zależności od miejsca pomiaru – środkowa część obory była gorzej wentylowana od części przyściennych. Sformułowano wnioski określające przyczyny takiego zaburzenia przepływu powietrza. W celu zwiększenia prędkości powietrza wentylacyjnego w środkowej części obory zalecono zastosowanie mieszaczy powietrza. Zwrócono uwagę na konieczność kontynuowania badań różnych typów obór ze względu na ich rozwiązania konstrukcyjne oraz usytuowanie.

**Słowa kluczowe:** wiatr, powietrze wentylacyjne, prędkość, obora, bydło mleczne

#### ***Summary***

*This paper presents influence of direction and energy of wind on forming of ventilation air velocity in chosen area of the free stall*

*barn during summer. Based on analysis of obtained measurement results characteristics of the wind speed in summer was made. Variability of the ventilation air velocity with take into account of perpendicular and parallel wind direction was determined. Noticed differentiation of air velocity depending on measurement place – central barn area was less ventilated than area close to wall. Proposals setting out the reasons for the abnormal air flow were formulated. In order to increased ventilation air velocity in central part of the barn recommended use to air mixers. Attention was drawn to need of continue studies of different barn types relative to building construction solution and its localization.*

**Key words:** *wind, ventilation air, velocity, barn, dairy cattle*

## WSTĘP

Celem chowu krów mlecznych jest osiągnięcie wysokiej wydajności mlecznej, przy zachowaniu dobrostanu zwierząt, głównie poprzez zapewnienie odpowiedniego mikroklimatu budynku [Albright i Timmons 1984; Cook i in. 2005]. Na mikroklimat obory wpływają m.in. geometria i kubatura budynku, system utrzymania zwierząt oraz rodzaj wentylacji. Sprawny system wentylacyjny jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na rozwój i produktywność bydła mlecznego, ponieważ usuwa szkodliwe gazy i nadmiar pary wodnej [Teye i in. 2008] oraz doprowadza świeże powietrze o odpowiedniej objętości i krotności.

W oborach wolnostanowiskowych najczęściej stosowanym rodzajem wentylacji jest wentylacja naturalna, na którą najważniejszy wpływ ma: wyporność termiczna, różnica wysokości otworów nawiewnych i wywiewnych oraz prędkość wiatru [Reppo i in. 2004]. Wiatr wykazuje jednak znaczną zmienność prędkości i kierunku, co znacząco utrudnia określenie skuteczności wentylacji [Romaniuk i in. 2005].

Prędkość ruchu powietrza w oborze powinna być niższa od  $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  w okresie zimy oraz nie przekraczać  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  w okresie lata [Romaniuk i in. 2005]. W sytuacji kiedy prędkość ruchu powietrza wewnątrz budynku przekroczy zalecane wartości, istnieje ryzyko pojawienia się zwiększonego wychłodzenia powierzchni ciała krów, co wpływa na ich samopoczucie oraz zdolności produkcyjne. Jednak w lecie, zwłaszcza podczas upałów większa prędkość ruchu powietrza ochładza krowy i umożliwia uniknięcie zjawiska stresu cieplnego wpływającego bezpośrednio na dobrostan i produktywność krów [Armstrong 1994, Lautner i Miller 2003].

Celem pracy było określenie wpływu siły i kierunku wiatru na kształtowanie się prędkości powietrza wentylacyjnego w wybranym obszarze obory

wolnostanowiskowej podczas lata. Na podstawie analizy wyników pomiarów sformułowano zalecenia związane z lokalizacją obór względem najczęściej wiejących wiatrów oraz zaproponowano niezbędne działania dla poprawy działania systemu wentylacyjnego w okresie letnim.

## **METODYKA BADAŃ**

Pomiary zostały wykonane w zmodernizowanej oborze typu „Fermbet”, przeznaczonej do wolnostanowiskowego utrzymania 176 krów mlecznych. Badania przeprowadzono w okresie od czerwca do sierpnia 2012, a jako miarodajny do analizy przyjęto lipiec.

Obora o powierzchni użytkowej 1580 m<sup>2</sup> znajdowała się w miejscowości Kobylany, województwo małopolskie. Usytuowana była osią podłużną w kierunku zbliżonym do wschód-zachód (Fot. 1).

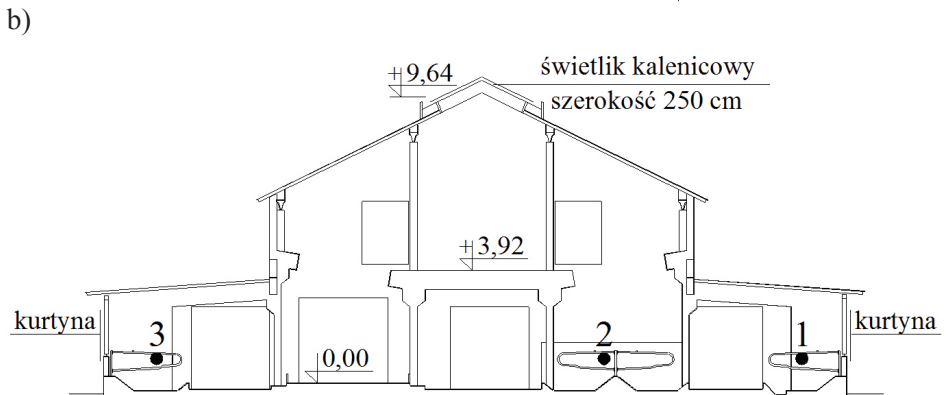
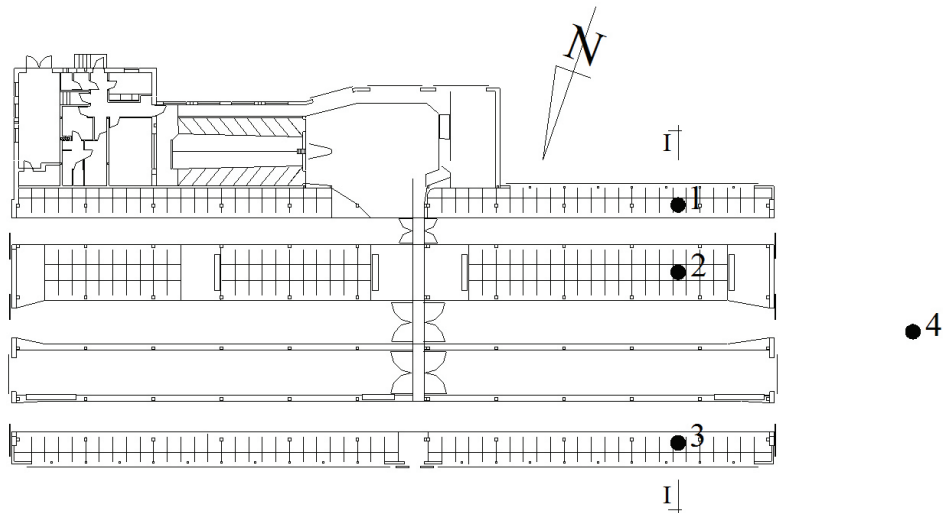
Od strony południowej znajdowały się przybudówki z pomieszczeniami socjalnymi dla pracowników oraz halą udojową z poczekalnią. Budynek typowy o konstrukcji żelbetowej prefabrykowanej z dachem dwuspadowym o spadku połaci 45%.



**Fotografia 1.** Widok satelitalny obory w Kobylanach ([www.satelita.mapa.info.pl](http://www.satelita.mapa.info.pl))

**Picture 1.** Satellite view of the barn in Kobylany ([www.satelita.mapa.info.pl](http://www.satelita.mapa.info.pl))

W zachodniej części obory, na wysokości 1,0 m nad posadzką, usytuowano 3 stanowiska pomiarowe z czujnikami rejestrującymi temperaturę i prędkość powietrza wentylacyjnego (Rys. 1). Zmienność warunków atmosferycznych rejestrowano za pomocą czujników temperatury oraz prędkości i kierunku wiatru umieszczonych na maszcie meteorologicznym po zachodniej stronie obory. Wszystkie pomiary odbywały się co 6 minut i zapisywane były automatycznie.



**Rysunek 1.** Rozmieszczenie punktów pomiarowych prędkości i temperatury powietrza (1-4) w oborze w Kobylanach: a – rzut, b – przekrój I-I

**Figure 1.** Distribution of measurement points for air velocity and air temperature in the Kobylany barn, a – projection, b – cross-section I-I

a)



b)



c)



**Fotografia 2.** Elementy systemu wentylacyjnego a) kurtyny na ścianie północnej, b) kurtyny na ścianie południowej, c) wrota na ścianie zachodniej

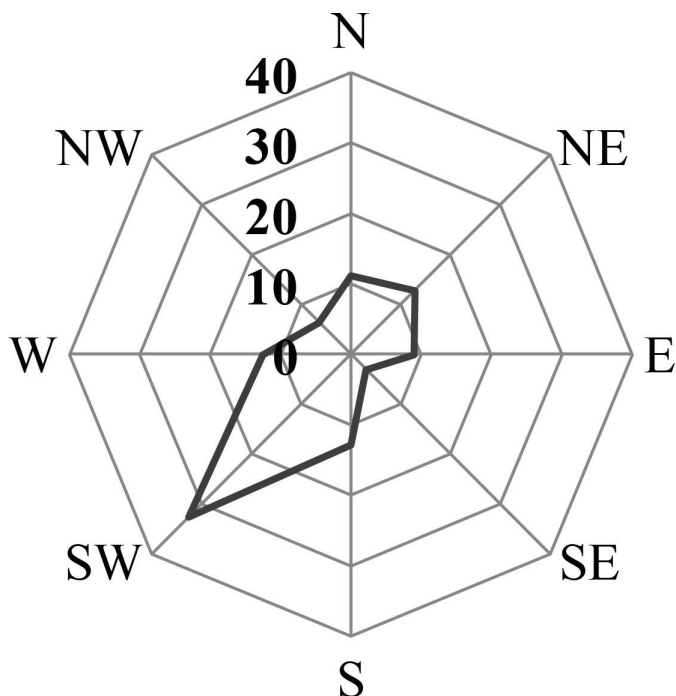
**Picture 2.** Elements of ventilation system a) curtains on northern wall, b) curtains on southern wall, c) doors on western wall

Do pomiarów prędkości ruchu powietrza wykorzystano czujniki HD 103T, firmy Delta Ohm o zakresie pomiarowym  $0,0-5,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  i dokładności pomiaru  $0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  w zakresie pomiarowym  $0,00-0,99 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  oraz  $0,02 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  w zakresie pomiarowym  $1,0-5,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Temperaturę powietrza mierzono za pomocą czujników LB-710 firmy Label o zakresie pomiarowym od  $-40$  do  $+85^\circ\text{C}$ . Pomiarów chwilowych (kontrolnych) prowadzono za pomocą anemometrów CHY 361.

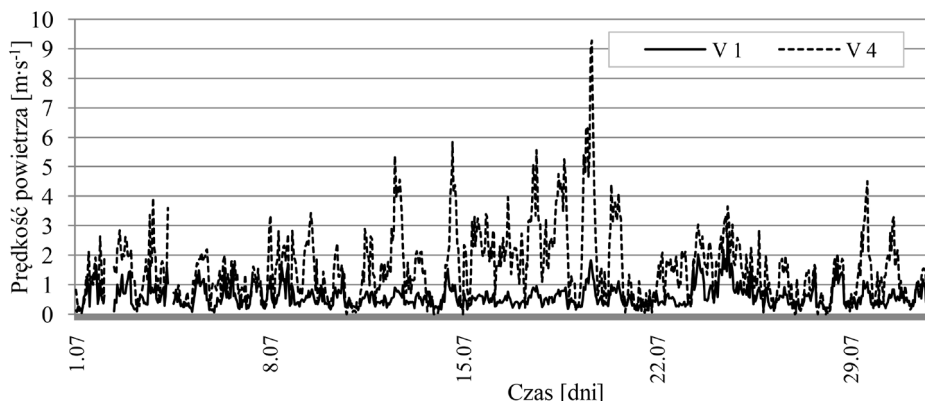
Podczas obserwacji i pomiarów wszystkie kurtyny w ścianach podłużnych obory oraz wrota korytarzy gnojowo-karmowych i paszowego pozostawały otwarte (Fot. 2).

## WYNIKI I ANALIZA BADAŃ

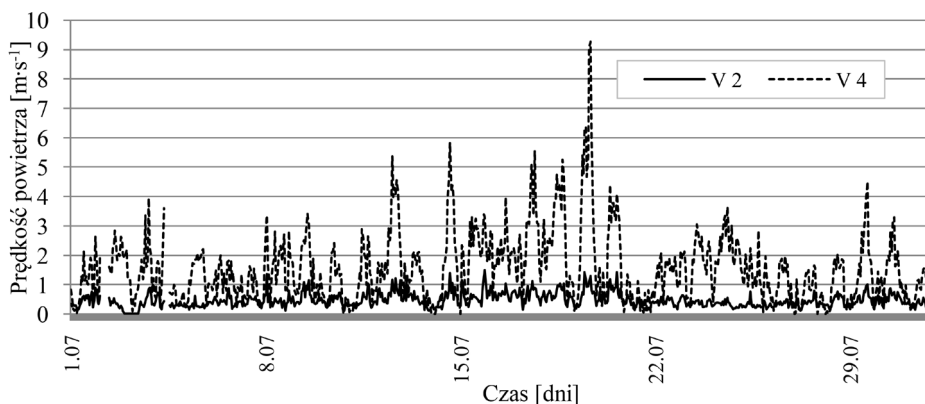
W lipcu 2012 roku temperatura powietrza w oborze mieściła się w zakresie  $10,3 - 35,0^\circ\text{C}$ , a powietrza atmosferycznego od  $8,9^\circ\text{C}$  do  $33,4^\circ\text{C}$ .



**Rysunek 2.** Procentowy rozkład kierunków wiatru w lipcu 2012  
**Figure 2.** Percentage distribution of wind directions in July 2012

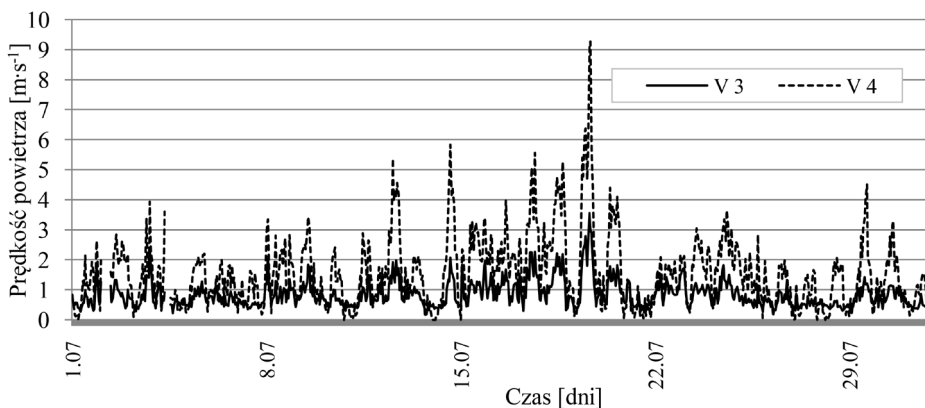


**Rysunek 3.** Średnio godzinowe prędkości wiatru (V4) i powietrza wentylacyjnego (V1) na pierwszym stanowisku pomiarowym w lipcu 2012  
**Figure 3.** Average hourly wind speed (V4) and ventilation air velocity (V1) on first measurement station in July 2012



**Rysunek 4.** Średnio godzinowe prędkości wiatru (V4) i powietrza wentylacyjnego (V2) na drugim stanowisku pomiarowym w lipcu 2012

**Figure 4.** Average hourly wind speed (V4) and ventilation air velocity (V2) on second measurement station in July 2012

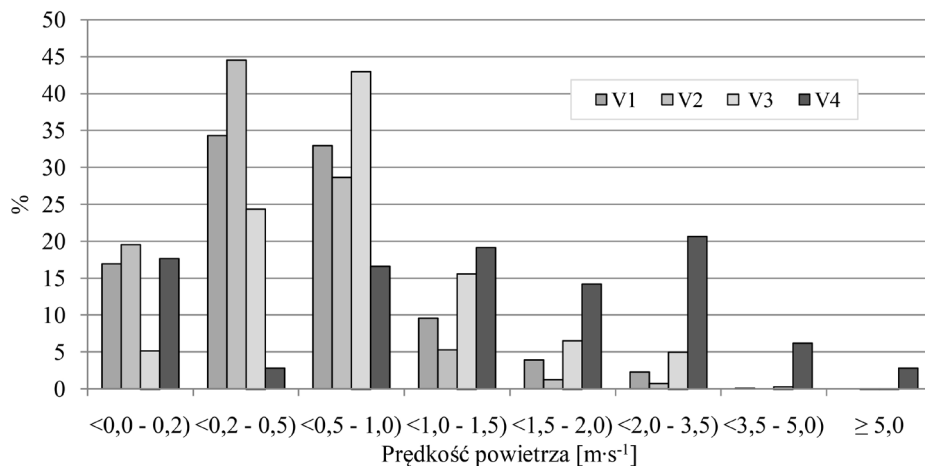


**Rysunek 5.** Średnio godzinowe prędkości wiatru (V4) i powietrza wentylacyjnego (V3) na trzecim stanowisku pomiarowym w lipcu 2012

**Figure 5.** Average hourly wind speed (V4) and ventilation air velocity (V3) on third measurement station in July 2012

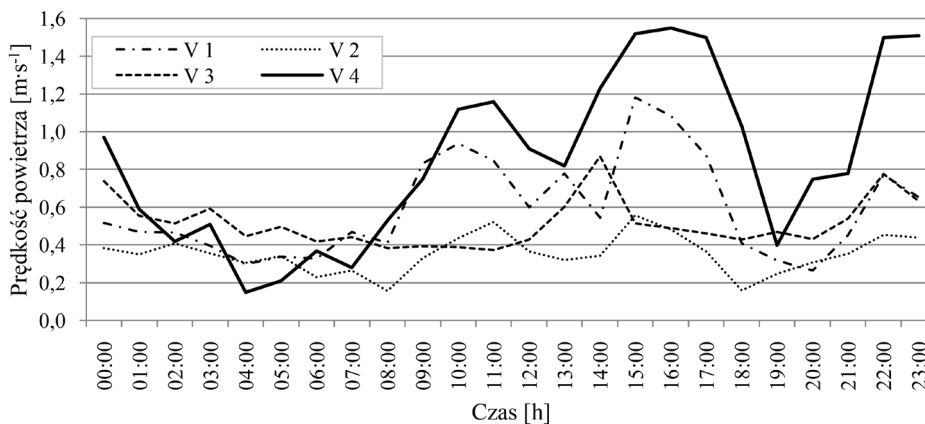
Dominował wiatr z kierunku południowo-zachodniego (SW) i pokrewnych, przy bardzo niewielkim udziale pozostałych kierunków (Rys. 2). Dlatego do analizy badań przyjęto wyniki prędkości powietrza w zachodniej części obory czyli od strony nawietrznej.





**Rysunek 6.** Procentowy udział prędkości powietrza w lipcu 2012, V1 – stanowisko pierwsze, V2 – stanowisko drugie, V3 – stanowisko trzecie, V4 – maszt meteorologiczny

**Figure 6.** Percentage participation of air velocity in July 2012, V1 – first station, V2 – second station, V3 – third station, V4 – meteorological mast



**Rysunek 7.** Średnio godzinowe prędkości wiatru (V4) i powietrza wentylacyjnego (V1-V3) w oborze przy wietrze równoległym w dniu 31.07.2012

**Figure 7.** Average hourly wind speed (V4) and ventilation air velocity (V1-V3) in the barn at the parallel wind on 31.07.2012

W lipcu prędkość wiatru mieściła się w przedziale  $0,00-9,27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , przy prędkościach powietrza wentylacyjnego wynoszących: 1. stanowisko pomiarowe  $0,07-2,63 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (Rys. 3), 2. stanowisko pomiarowe  $0,03-1,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (Rys. 4), 3. stanowisko pomiarowe  $0,18-3,56 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (Rys. 5).

Szczegółowa analiza prędkości wiatru wykazała, że najczęściej występowały prędkości w zakresie od  $2,0$  do  $3,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (20,7%). Również często występowały prędkości wiatru w granicach  $0,5$  do  $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (16,6%),  $1,0$  do  $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (19,1%) oraz  $0,0$  do  $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (17,7%). W oborze najczęściej występowały prędkości powietrza wentylacyjnego w zakresie od  $0,0$  do  $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Prędkości te były jednak uzależnione od miejsca pomiaru (Rys. 6).

Prędkości powietrza na stanowiskach pomiarowych 1 i 3 (zlokalizowanych przy otwartych kurtynach) były wyższe niż na stanowisku 2. w środkowej części obory.

Wyniki pomiarów prędkości powietrza przeanalizowano również z uwzględnieniem podziału na wiatry wiejące z kierunku równoległego (Rys. 7) i prostopadłego (Rys. 8) do obory.

Na stanowisku 2. i 3. prędkość powietrza osiągała optymalne prędkości dla bydła w lecie, określone jako  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Najwyższe prędkości powietrza ( $\approx 1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) zarejestrowano na 1. stanowisku pomiarowym. Prędkości te kształtowały się zgodnie z wahaniami wiatru, a prędkość optymalna była zdecydowanie przekroczona (Rys. 7). Biorąc pod uwagę panującą w tym dniu temperaturę powietrza wynoszącą  $26^\circ\text{C}$ , tylko w obszarze 1. stanowiska uzyskano efekt chłodzenia zwierząt, dzięki czemu obniżono ryzyko wystąpienia stresu cieplnego u bydła. W pozostałych częściach zachodniego obszaru obory z niższymi prędkościami powietrza efekt ten nie wystąpił.

Ruch powietrza wentylacyjnego w dniu 16 lipca przy wietrze z kierunku prostopadłego do obory kształtował się odmiennie (Rys. 8).

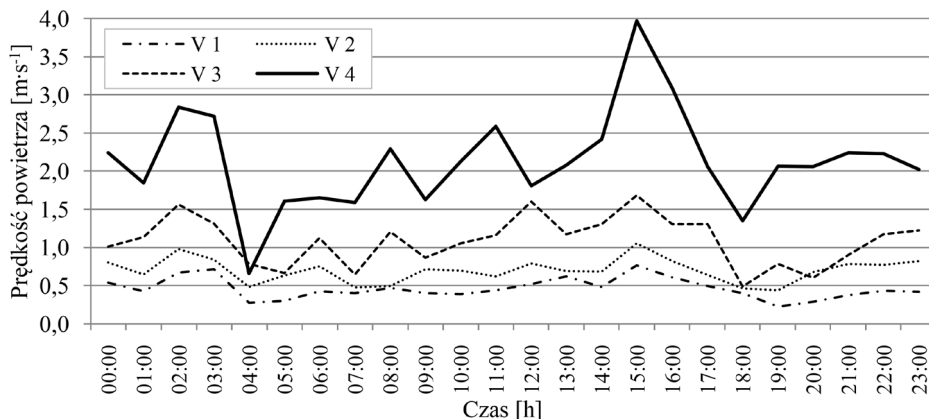
Najwyższe prędkości powietrza wentylacyjnego wynoszące nawet  $1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  zmierzono na 3. stanowisku pomiarowym, najniższe zarejestrowano na 1. i 2. stanowisku, gdzie przez większość doby były bliskie  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Trzykrotnie przekraczające wartości optymalne dla okresu lata prędkości powietrza wentylacyjnego na 3. stanowisku pomiarowym nie była jednak w tym dniu pożądana dla chłodzenia bydła, ponieważ maksymalna temperatura powietrza dla tego obszaru wyniosła tylko  $18,5^\circ\text{C}$ . W takich warunkach wyższą prędkość powietrza wentylacyjnego ocenić należy jako przeciąg, który negatywnie wpływa na zdrowie bydła.

Wiatr prostopadły uznawany jest za najskuteczniejszy z punktu widzenia przewietrzania obór. Jednak w polskich warunkach klimatycznych optymalny przepływ powietrza przez oborę w okresie lata jest trudny do uzyskania. Prędkości wiatrów w tym czasie są niskie, a dodatkowe utrudnienia stanowią

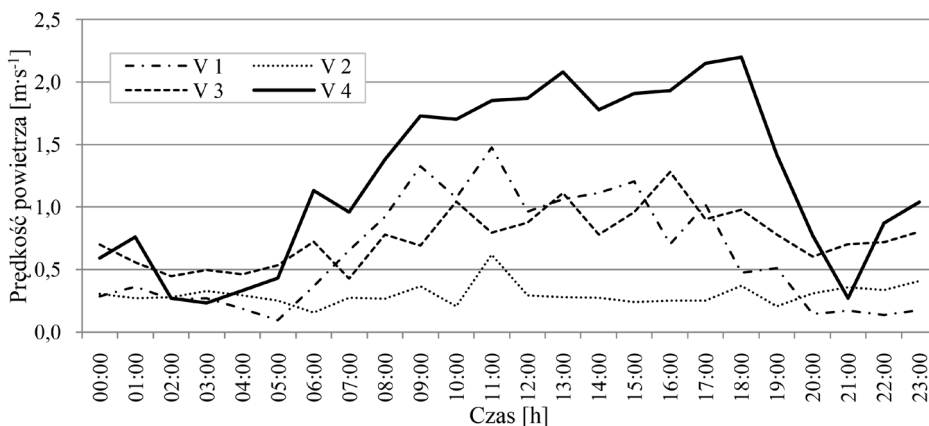
m.in. konstrukcja budynku, lokalne przeszkody terenowe oraz usytuowanie budynku osią podłużną w kierunku stron świata.

Mimo wiatrów prostopadłych do budynku nie zawsze uzyskuje się niezaburzony przepływ powietrza w oborze (Rys. 9).



**Rysunek 8.** Średnio godzinowe prędkości wiatru (V4) i powietrza wentylacyjnego (V1-V3) w oborze przy wietrze prostopadłym w dniu 16.07.2012

**Figure 8.** Average hourly wind speed (V4) and ventilation air velocity (V1-V3) in the barn at the perpendicular wind on 16.07.2012



**Rysunek 9.** Średnio godzinowe prędkości wiatru (V4) i powietrza wentylacyjnego (V1-V3) w oborze przy wietrze prostopadłym w dniu 5.07.2012

**Figure 9.** Average hourly wind speed (V4) and ventilation air velocity (V1-V3) in the barn at the perpendicular wind on 5.07.2012

Przy wietrze prostopadłym do obory i temperaturze powietrza wewnętrznego przekraczającego 30°C wyższe prędkości przepływu powietrza wentylacyjnego uzyskano tylko na stanowisku 1. i 3., czyli przy kurtynach. W części środkowej obory, na stanowisku 2. prędkość była bardzo niska, co zwłaszcza w godzinach południowych mogło przyczyniać się do pogorszenia warunków ciepłno-wilgotnościowych dla krów w tej strefie budynku.

## PODSUMOWANIE

Bydło mleczne utrzymywane w wolnostanowiskowym systemie dobrze przystosowuje się do zmiennych warunków termicznych. Temperatury powietrza z zakresu od – 10 do +20°C mają niewielki wpływ na produktywność oraz zdrowie krów [Jaśkowski i in. 2005].

W rozpatrywanym okresie badawczym wystąpiły w oborze temperatury powietrza z przedziału 10,3 – 35,0°C, który częściowo pokrywał się z zakresem temperatur neutralnych dla bydła. Jednak w okresie tym dominowały temperatury >20°C, świadczące o wystąpieniu warunków mogących wywołać stres cieplny u krów [Herbut i in. 2013].

W celu obniżenia temperatury odczuwalnej krów w okresie lata wskazane jest zwiększenie prędkości ruchu powietrza wentylacyjnego. Wysokie prędkości powietrza wentylacyjnego (powyżej 1,0 m·s<sup>-1</sup>) w dni upalne zapewniały ochładzania krów przebywających w oborze, dlatego weryfikacji należy poddać zalecaną prędkość powietrza wentylacyjnego dla okresu letniego (0,5 m·s<sup>-1</sup>).

Analiza wyników badań przeprowadzona przez autora wykazała, że środkowa część obory była gorzej wentylowana od części przyściennych. Powodem było usytuowaniem budynku na osi wschód-zachód. Jak podaje Palmer [2005] optymalne dla prawidłowego przepływu powietrza wentylacyjnego jest sytuowaniem obór osi podłużną na kierunku północ-południe. W warunkach klimatycznych Małopolski takie sytuowanie obór jest najkorzystniejsze, ponieważ dominują wiatry wiejące z zachodu, przez co zapewniony zostałby prostopadły przepływ powietrza przez oborę.

Ze względu na niską sprawność wentylacji w badanej oborze, konieczne jest jej uzupełnienie mieszaczami powietrza, dopasowanymi wydajnością do kubatury budynku, sterowanych czujnikami temperatury. Powinny być one rozmieszczone w środkowej części obory nad stanowiskami legowiskowymi dla krów.

Konieczne wydaje się kontynuowanie badań różnych typów obór ze względu na ich usytuowanie pod kątem sprawności systemów wentylacyjnych. Również rozpoznanie rozwiązań konstrukcyjnych budynków pozwoli w fazie projektowej dobrać optymalny system wentylacyjny.

## LITERATURA

- Albright L.D., Timmons M.B. (1984). Behavior of dairy cattle in free stall housing. *Trans. ASAE* 27, 1119–1126.
- Armstrong D.V. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, 77, 2044–2050.
- Cook N.B., Bennett T.B., Nordlund K.V. (2005). Monitoring indices of cow comfort in free-stall-housed dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 88(11), 3876–3885.
- Herbut P., Angrecka S., Nawalany G. (2013). Influence of wind on air movement in a free stall barn during the summer period. *Annals of Animal Science*, Vol. 13, No. 1, 109–119.
- Jaśkowski J. M., Urbaniak K., Olechnowicz J. (2005). Stres cieplny u krów – zaburzenia płodności i ich profilaktyka. *Życie Weterynaryjne*, Nr 80(1), 18–21.
- Lautner M., Miller A.M. (2003). Kuehe lieben keine heissen Tage sondern kühlen Kopf. *Nachrichtsblatt. Besamungsbv Neustadt a. d. Aisch.*, 149, 23–25.
- Palmer R.W. (2005). Design of large scale dairy cattle in relation to management and animal welfare. *Knowledge transfer in cattle husbandry: new management practices, attitudes and adaptation*, No.117, 173 – 174.
- Reppo B., Mikson E., Vaarak V. (2004). Relation between the indoor and outdoor climate in uninsulated cowsheds. *Journal of Agricultural Science*, 17(2), 120–125.
- Romaniuk W., Overby T. i inni. (2005). Systems of maintenance of cattles. Reference book. *Praca zbiorowa. Projekt Bliźniaczy PHARE, Standardy dla Gospodarstw Rolnych*. Warszawa: Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa; Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego
- Teye F. K., Hautala M., Pastell M., Praks J., Veermaä I., Poikalainen V., Pajumägi A., Kivinen T., Ahokas J. (2008). Microclimate and ventilation in Estonian and Finnish dairy buildings. *Energy and Buildings*, 40, 1194–1201.

mgr inż. Sabina Angrecka  
Katedra Budownictwa Wiejskiego  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
al. Mickiewicza 24-28, 30-059 Kraków  
e-mail: s.angrecka@ur.krakow.pl