

Henryk Żelazny

Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

PORÓWNANIE WARUNKÓW WILGOTNOŚCIOWYCH W OGRZEWANYCH TUCZARNIACH MIĘDZY SEZONAMI PRZEJŚCIOWYMI WIOSENNYM I JESIENNYM

Streszczenie

Celem badań było porównanie między sezonami przejściowymi, to jest wiosennym i jesiennym, warunków wilgotnościowych występujących w ogrzewanych pomieszczeniach przeznaczonych do produkcji żywca wieprzowego. W pięciu identycznych tuczarniach raz w każdym z trzech miesięcy okresów przejściowych mierzono temperaturę i wilgotność względną powietrza. Na podstawie tych parametrów oraz temperatury i wilgotności względnej powietrza zewnętrznego obliczano różnicę ciśnień pary wodnej po obu stronach przegród zewnętrznych. Zarówno wilgotność względną powietrza wewnętrznego, jak i różnica ciśnień pary wodnej były większe jesienią, stąd sezon ten uznano za bardziej niekorzystny z uwagi na możliwość wystąpienia zagrożenia wynikającego z zawilgocenia materiałów budowlanych.

Słowa kluczowe: wilgotność powietrza w pomieszczeniach, tuczarnie, budynki inwentarskie

Wprowadzenie

Wilgotność powietrza w pomieszczeniach dla zwierząt jest wypadkową wilgoci wydzielonej przez zwierzęta [Gaziński, Szczechowiak 1987; Mount 1968], wilgoci powstającej przy skarmianiu wilgotnego i ciepłego pożywienia [Romaniuk 1986], wilgoci odparowującej z powierzchni mokrych podłóg i z powierzchni odchodów [Gaziński, Szczechowiak 1987], wilgoci wynikającej z nieumiejętnej gospodarki wodnej [Herbut 1997] oraz wilgotności powietrza zewnętrznego [Gaziński, Szczechowiak 1987; Mount 1968]. Między innymi od wilgotności powietrza wewnętrznego zależy stan wilgotnościowy zewnętrznych przegród budowlanych [Pogorzelski 2005].

Przez te ustroje, pełniące funkcję ochrony i regulacji warunków ciepło-wilgotnościowych pomieszczeń, odbywa się wymiana wilgoci i powietrza, jednak oba te procesy nie powinny prowadzić do zawilgocenia ani zbytniego przechłodzenia konstrukcji budynku [Bogosłowski 1985]. Dlatego przy konstruowaniu przegród dąży się do stworzenia takich warunków, aby nie następowało skraplanie pary wodnej na powierzchni oraz wewnątrz ustroju budow-

lanego, a wilgoć mogła być usunięta dzięki wysychaniu [Lenard 1983]. Praktyka wykazuje, że możliwość wystąpienia powierzchniowej kondensacji pary wodnej zależy między innymi od parametrów otoczenia budynku (temperatury i wilgotności powietrza zewnętrznego) oraz od parametrów powietrza w pomieszczeniu (temperatury i wilgotności powietrza wewnętrznego) [Laskowski 2005].

Możliwość kondensacji pary wodnej na wewnętrznych powierzchniach zwiększa się w miarę wzrostu wilgotności powietrza w pomieszczeniu – przy stałej temperaturze, lub w miarę obniżania się temperatury wewnętrznej – przy stałej zawartości pary wodnej [Arendarski 1988]. Skraplanie się pary wodnej na ścianach i sufitach jest szczególnym przypadkiem tworzenia się szkodliwej wilgoci w budynku [Zyska 1999]. Zjawisko to jest niepożądane z powodów: zabrudzenia wewnętrznej powierzchni wskutek osiadania kurzu [Laskowski 2005], rozwoju grzybów pleśniowych [Laskowski 2005, Pogorzelski 2005], których zarodki mogą być przyczyną alergii lub różnych chorób [Laskowski 2005], przyspieszenia degradacji kapilarno-porowatych warstw wykończeniowych (powłok malarskich, tynku) [Laskowski 2005, Pogorzelski 2005], a więc zmniejszania trwałości przegrody.

W większości przypadków przyczyną zawilgocenia przegrody jest kondensacja pary wewnątrz przegrody. To niekorzystne zjawisko zdarza się zimą w zewnętrznych ścianach ogrzewanych budynków. Przyczyną jest różnica ciśnień pary wodnej z obu stron przegrody. Wskutek różnicy tych ciśnień powstaje powolny ruch pary wodnej (nazywany dyfuzją) przez ścianę w kierunku z pomieszczenia cieplejszego do zimniejszego otoczenia [Pawłowski 1983].

Przyrost wilgotności w przegrodach jest jednak wynikiem oddziaływania obu czynników eksploatacyjnych, to jest kondensacji pary wodnej na powierzchni wewnętrznej przegrody, jak i przemieszczającej się wilgoci wewnątrz przegrody, co prowadzi do zawilgocenia materiałów budowlanych [Pogorzelski 2005]. Konsekwencją tego jest pogorszenie ich izolacyjności cieplnej [Bogusłowski 1985, Nantka 2000, Olifierowicz 1987, Pogorzelski 2005], ponieważ woda o przewodności cieplnej ok. 0,6 W/m·K wchodzi na miejsce powietrza o przewodności cieplnej ok. 0,02 W/m·K [Pogorzelski 2005].

Wskutek niszczenia materiałów zmniejsza się także trwałość przegród [Bogusłowski 1985, Nantka 2000, Olifierowicz 1987, Pogorzelski 2005]. Materiały szczególnie wrażliwe na wysoką wilgotność rozmiękają i następuje spadek ich wytrzymałości [Pogorzelski 2005]. W przypadku wilgotnych materiałów porowatych pochodzenia mineralnego wzrost objętości przy przechodzeniu wody w lód powoduje uszkodzenie ich struktury, a nasila się to przy wielokrotnym powtarzaniu cykli zamrażania i odtajania.

Zmiany objętości towarzyszące zmianie zawartości wody (skurcz i pęcznienie) w przypadku wielokrotnego zawilgocenia i wysychania materiałów prowadzą do ich stopniowego niszczenia [Olifierowicz 1987, Pogorzelski 2005].

Ponadto w wyniku zawilgocenia przegrody powstają sprzyjające warunki do rozwoju korozji chemicznej [Olifierowicz 1987]. W materiałach pochodzenia roślinnego wzrost zawilgocenia sprzyja korozji biologicznej, prowadzącej do całkowitego ich zniszczenia [Olifierowicz 1987, Pogorzelski 2005]. Obecnie wiadomo, że ryzyko wystąpienia i rozwoju grzybów pleśniowych w wyrobach kapilarno-porowatych istnieje już w warunkach utrzymywania się przez kilka dni wilgotności względnej powietrza wewnętrznego w pobliżu tych materiałów na poziomie przewyższającym 80% [Laskowski 2005].

W latach ubiegłych uważano, że bardziej niekorzystne warunki występują w okresie zimy i stąd rozpatrywanie wszystkich procesów związanych z zawilgoceniem materiałów budowlanych przeprowadzano głównie dla tego okresu [Olifierowicz 1987]. Pojawiły się jednak opinie, że najgorsze z uwagi na zawilgocenie materiałów w przegrodach są okresy przejściowe (B. Janińska). W okresie całego roku zawartość wilgoci w powietrzu wewnętrznym jest wyższa niż w powietrzu zewnętrznym w wyniku wydzielania się wilgoci w pomieszczeniach podczas ich eksploatacji i z tego względu cały czas ma miejsce przepływ dyfuzyjny pary wodnej ze środka budynku na zewnątrz [Pogorzelski 2005]. Fakt ten uwzględnia europejska norma PN-EN ISO 13788 *Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe komponentów budowlanych i elementów budynków. Określanie temperatury powierzchni wewnętrznej w celu uniknięcia krytycznej temperatury powierzchni i kondensacja międzywarstwowa*, według której obliczenia stanu wilgotności przegród budowlanych wykonuje się dla całego roku [Pogorzelski 2005].

Celem badań było porównanie między sezonami przejściowymi, to jest wiosennym i jesiennym, warunków wilgotnościowych występujących w ogrzewanych pomieszczeniach przeznaczonych do tuczu trzody chlewnej.

Materiał i metody

Badania nad kształtowaniem się wilgotności powietrza w budynkach inwentarskich dla sezonów przejściowych przeprowadzono w pięciu identycznych, ogrzewanych i wentylowanych mechanicznie pomieszczeniach tuczu trzody chlewnej, znajdujących się na terenie fermy „Zalesie” w Domaszowicach. Produkcja żywca wieprzowego w każdej tuczarni odbywała się według takiej samej technologii. Zwierzęta, którym podawano płynną paszę, utrzymywane były w systemie bezściołowym.

Pomiary ciepłno-wilgotnościowe mikroklimatu w budynkach oraz powietrza zewnętrznego przeprowadzono w okresie wiosennym i jesiennym, wykonując około godziny 12⁰⁰ raz w miesiącu serie ponad trzydziestu oznaczeń temperatury i wilgotności względnej powietrza. Do sezonu wiosennego wliczono miesiące kwiecień, maj i czerwiec, a do jesiennego wrzesień, październik i listopad. Sondy pomiarowe miernika mikroklimatu MM-01 umieszczano na środku kojców znajdujących się w centralnych częściach pomieszczeń.

Warunki wilgotnościowe w aspekcie ich wpływu na obudowę tuczarni określono przez dwie wielkości, tj. wilgotność względną powietrza wewnętrznego oraz różnicę ciśnień cząstkowych pary wodnej po stronie wewnętrznej i zewnętrznej przegród zewnętrznych. Kształtowanie się wilgotności względnej powietrza informowało o wystąpieniu kondensacji pary wodnej na wewnętrznych powierzchniach ścian i stropodachów, a łącznie z różnicą ciśnień pary wodnej po obu stronach tych ustrojów pozwalało ocenić skalę zjawiska dyfuzji wilgoci do środka przegród. W porównawczej analizie wielkości dyfuzji pary wodnej do konstrukcji wyznaczono jedynie różnicę ciśnień cząstkowych, ponieważ gęstość strumienia masy dyfundującej do przegrody wilgoci, zgodnie z prawem Ficka, określona jest wzorem [Pogorzelski 2005]:

$$g = - \delta_0 \cdot \mu^{-1} \cdot \Delta p \cdot \Delta x^{-1} \quad (1)$$

gdzie:

δ_0 – współczynnik dyfuzji pary wodnej w powietrzu równy $2 \cdot 10^{-10}$, kg/m·s·Pa,

μ – współczynnik oporu dyfuzyjnego,

p – ciśnienie cząstkowe pary wodnej, Pa,

x – współrzędna przestrzenna, m.

Dla takich samych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych przegród wielkości δ_0 , μ , x są stałe. Ten sposób obliczania ruchu wilgoci przez ustroje budowlane oparty na prawie Ficka rozpowszechnił się w skali światowej i obecnie jest ujęty w europejskiej normie PN-EN ISO 13788 *Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe komponentów budowlanych i elementów budynków. Określanie temperatury powierzchni wewnętrznej w celu uniknięcia krytycznej temperatury powierzchni i kondensacja międzywarstwowa* [Pogorzelski 2005].

Zmienne, to znaczy zależne od warunków klimatycznych ciśnienia cząstkowe pary wodnej obliczono na podstawie pomierzonych wartości temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnętrznego oraz zewnętrznego według zależności [Olifierowicz 1987]:

$$p = \varphi \cdot p_s \cdot (100\%)^{-1}, \quad (2)$$

gdzie:

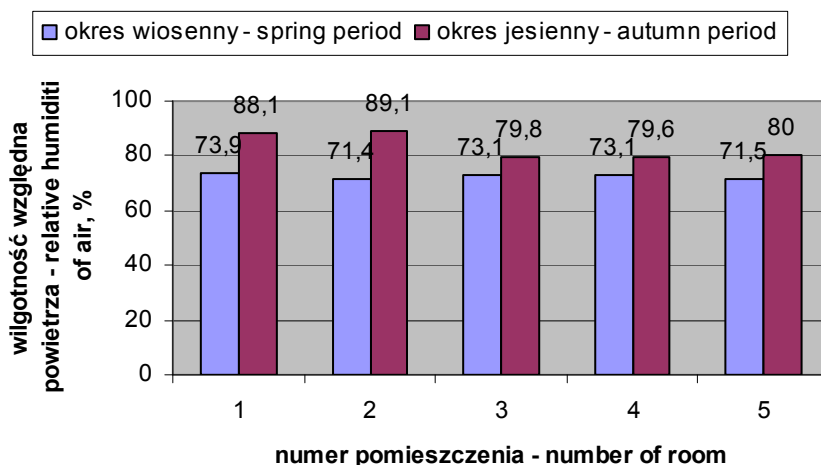
φ – wilgotność względna powietrza wewnętrznego lub odpowiednio zewnętrznego, %,

p_s – ciśnienie cząstkowe pary wodnej nasyconej przy temperaturze powietrza wewnętrznego lub odpowiednio zewnętrznego, Pa.

Wyniki i ich omówienie

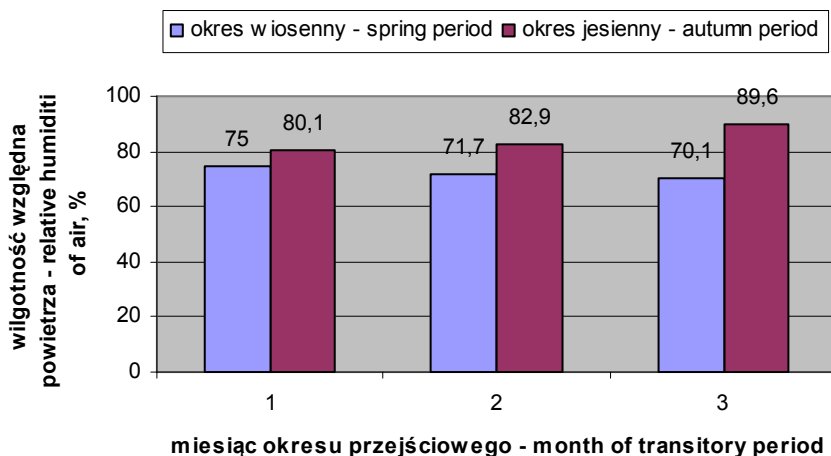
Na rysunku 1 przedstawiono w sposób graficzny średnie wartości wilgotności względnej powietrza dla wiosny i zimy, uzyskane w pięciu badanych pomieszczeniach tuczu z trzech miesięcy każdego okresu przejściowego. W każdej tuczarni wilgotność kształtowała się średnio na wyższym poziomie we wszystkich miesiącach jesiennych niż w okresie wiosennym. Dla pomieszczenia nr 2 różnica wyniosła aż 17,7%.

Porównanie pomiędzy dwoma okresami przejściowymi średnich wartości analizowanego parametru mikroklimatu z całej grupy tuczarni dla kolejnych miesięcy sezonów zamieszczono na rysunku 2. Wyższe wartości wilgotności względnej powietrza jesienią potwierdzały większe ryzyko wystąpienia w tym czasie kondensacji powierzchniowej na wewnętrznych powierzchniach przegród w sprzyjających warunkach, to znaczy przy zbyt niskich temperaturach lica materiałów od strony pomieszczeń.



Rys. 1. Średnie wartości wilgotności względnej powietrza z trzech miesięcy okresu wiosennego i jesiennego uzyskane w pięciu pomieszczeniach tucz

Fig. 1. Mean values of the relative air humidity for three months of spring and autumn seasons in five pig fattening houses

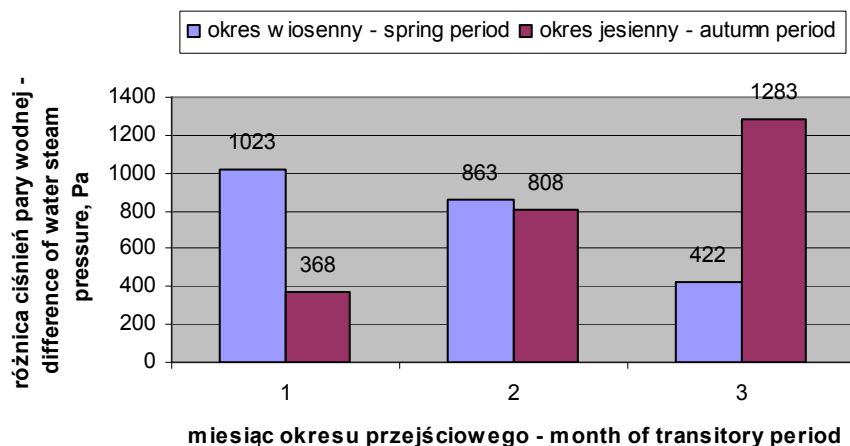


Rys. 2. Średnie wartości wilgotności względnej powietrza z pięciu pomieszczeń tucz w kolejnych miesiącach okresu wiosennego i jesiennego

Fig. 2. Mean values of the relative air humidity for five pig fattening houses in succeeding months of the spring and autumn seasons

Ponadto zaobserwować można było ciekawą tendencję kształtowania się wilgotności względnej powietrza – wiosną jej średnie wartości uzyskane z wszystkich chlewni z każdym miesiącem stopniowo malały, natomiast w miarę upływu czasu w okresie jesiennym wzrastały. Coraz większe wartości wraz ze zbliżaniem się do najzimniejszej pory roku, pomimo ogrzewania budynków w czasie chłódów i osuszającego działania emiterów ciepła, wskazywałyby na występowanie równie niekorzystnych lub nawet gorszych warunków wilgotnościowych dla obudowy pomieszczeń w okresie zimowym.

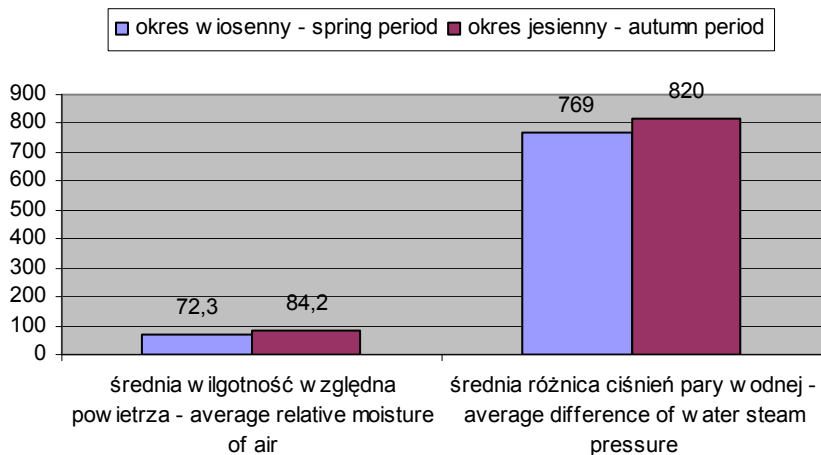
Analiza możliwości oddziaływania wilgotnego powietrza na obiekt oparta tylko na kształtowaniu się wilgotności względnej powietrza nie pozwala uzyskać pełnego obrazu zagrożenia, jakie niesie dla przegród wilgoć utrzymująca się we wnętrzu. Skalę dyfuzji pary wodnej do konstrukcji dobrze oddaje różnica ciśnień pary po stronie wewnętrznej i zewnętrznej przegrody. Średnie wartości tej różnicy z pięciu tuczarni dla kolejnych miesięcy okresów przejściowych zobrazowano graficznie na rysunku 3.



Rys. 3. Średnie wartości różnicy ciśnień pary wodnej po stronie wewnętrznej i zewnętrznej przegrody z pięciu tuczarni dla kolejnych miesięcy okresów przejściowych
 Fig. 3. Mean values of the difference in water vapour pressure on internal and external sides of the partitions in five pig fattening buildings for succeeding months of transitional periods

W przeciwieństwie do stale (w każdym miesiącu) wyższych wartości wilgotności względnej powietrza jesienią, różnica ciśnień pary wodnej w ostatnich miesiącach badanych pór roku była większa jesienią niż wiosną. Oddzielne i wybiórcze porównywanie warunków sprzyjających dyfuzji pary wodnej do materiałów wbudowanych w przegrodę dla poszczególnych miesięcy nie jest właściwe, bowiem obciążenie wilgotnościowe budynków inwentarskich należy porównywać dla całych sezonów przejściowych. Na rysunku 4 pokazano średnie wilgotności względne powietrza wewnętrznego oraz średnie różnice ciśnień pary wodnej z wszystkich tuczarni i z trzech miesięcy badań dla dwóch okresów przejściowych. W obu przypadkach wartości były nieko-

rzystnie większą. Zatem w czasie tego sezonu obciążenie wilgotnościowe tuczarni będzie zdecydowanie większe.



Rys. 4. Średnie wilgotności względne powietrza wewnętrznego oraz średnie różnice ciśnień pary wodnej z wszystkich tuczarni i z trzech miesięcy badań dla dwóch okresów przejściowych

Fig. 4. Mean values of relative humidity of the internal air and mean differences of water vapour pressures in all pig fattening buildings for three months of investigations during two transitional periods

Wnioski

1. W okresie jesiennym w porównaniu z wiosennym stwierdzono wyższe średnie wartości wilgotności względnej powietrza w tuczarniach.
2. W przejściowym sezonie jesiennym uzyskano także większe zróżnicowanie ciśnienia pary wodnej od strony wewnętrznej i zewnętrznej przegród obudowy wewnątrz inwentarskich.
3. Kształtowanie się warunków wilgotnościowych w pomieszczeniach chowu jesienią było zdecydowanie bardziej niekorzystne dla struktury materiałowej niż w okresie wiosennym.
4. Należałoby przeprowadzić całoroczną ocenę kształtowania się wilgotności w tych samych obiektach dla zwierząt w celu uzyskania jednoznacznej odpowiedzi, który z sezonów (jesienny czy zimowy) stanowi największe zagrożenie dla przegród zewnętrznych z powodu możliwości zawilgocenia konstrukcji i dla tego okresu zalecić przeprowadzanie obliczeń przyrostu wilgotności w materiałach w ramach wymiarowania ciepło-wilgotnościowego budynków inwentarskich.

Bibliografia

Arendarski J. 1988. Poprawa izolacyjności cieplnej budynków mieszkalnych. Arkady, Warszawa

Bogosiński W.N. 1985. Procesy cieplne i wilgotnościowe w budynkach. Arkady, Warszawa

- Gaziński B., Szczechowiak E. 1987. Kształtowanie klimatu pomieszczeń inwentarskich trzody chlewnej, PWRiL, Poznań
- Herbut E. 1997. Wymagania środowiskowe zwierząt a możliwości ich realizacji na przykładzie drobiu. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 317: 29-37
- Laskowski L. 2005. Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa
- Lenard J.Z. 1983. Podstawy budownictwa rolniczego. PWRiL, Warszawa
- Mount L.E. 1968. The climatic physiology of the pig. E. Arnold, London
- Nantka M. B. 2000. Instalacje grzewcze i wentylacyjne w budownictwie. Cz. 1. Budynki i ich potrzeby grzewcze i wentylacyjne. Wyd. Polit. Śl., Gliwice
- Pogorzelski J. A. 2005. Zagadnienia cieplno-wilgotnościowe przegród budowlanych. W: Klemm P. (red.). Budownictwo ogólne. Tom 2. Fizyka budowli. Arkady, Warszawa
- Olifierowicz J. 1987. Zagadnienia cieplno-wilgotnościowe przegród budowlanych. W: Źenczykowski W. Budownictwo ogólne T. 3/1 Problemy fizyki budowli i izolacje. Arkady, Warszawa
- Pawłowski P. 1983. Budownictwo ogólne. PWN, Warszawa
- Romaniuk W. 1986. Mechanizacja chowu zwierząt w gospodarstwie indywidualnym. PWRiL, Warszawa
- Zyska B. 1999. Zagrożenia biologiczne w budynku, Arkady, Warszawa