

Zdzisław Jan Małecki, Zbigniew Staszewski, Izabela Małecka

## UWARUNKOWANIA DOTYCZĄCE STOSOWANIA NAWILŻANIA POWIETRZA W UKŁADACH KLIMATYZACYJNYCH W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM

### Streszczenie

Nawilżanie powietrza w centralach klimatyzacyjnych odbywa się przez bezpośredni wtrysk pary wodnej lub także bezpośredni kontakt powietrza z wodą w aparatach kontaktowych zwanych komorami zraszania lub komorami o powierzchniach zraszanych. Wilgotność powietrza wpływa na warunki komfortu cieplnego człowieka. Wilgotność względna powietrza w granicach 30–60% ma niewielki wpływ na odczucia cieplne człowieka. Przy wilgotności względnej powyżej 70% para wodna może lekko wykraplać się na zimnych przegrodach. Skażenia mikrobiologiczne w zależności m.in. od wilgotności powietrza urządzeń technologicznych i instalacjach m.in. klimatyzacyjnych mają wpływ na rozwój bakterii chorobotwórczych. Pomijając aspekty ekonomiczne, nawilżanie parą powietrza w centralach klimatyzacyjnych ma znacznie wiele zalet w porównaniu do nawilżania wodą. Nawilżanie wodą powietrza nawiewanego przez urządzenie klimatyzacyjne nie jest sterylne (nie należy stosować w niektórych procesach technologicznych produkcji żywności) w przeciwieństwie do nawilżania parą wodną.

**Słowa kluczowe:** wilgotność względna, nawilżanie powietrza, centrale klimatyzacyjne, przemysł spożywczy.

### WPROWADZENIE

Nawilżanie powietrza w centralach klimatyzacyjnych, jako zwiększenie zawartości wilgoci w powietrzu, może odbywać się poprzez wtrysk pary wodnej lub kropelek rozpylonej wody do masy powietrza. W centralach klimatyzacyjnych nawilżanie powietrza odbywa się w aparatach kontaktowych zwanych komorami zraszania lub komorami o powierzchniach zraszanych. Komory zraszania są to urządzenia, w których wymiana ciepła i wilgoci odbywa się podczas bezpośredniego kontaktu powietrza z rozpyloną wodą. W komorach o powierzchniach zraszanych powietrze nawilża się w wyniku kontaktu z mokłą (stałe zwilżaną) powierzchnią wypełnienia (fot. 1). Stosuje się również nawilżacze kanałowe i nawilżacze instalowane w pomieszczeniach.

---

dr hab. inż. Zdzisław Jan MAŁECKI – Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Lądowej i Wodnej „EUROEXBUD” w Kaliszu.

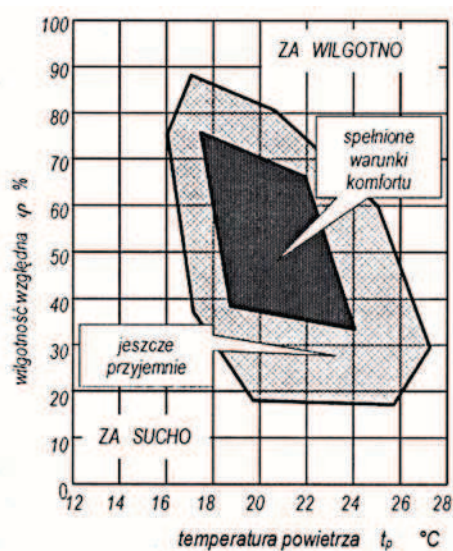
mgr inż. Zbigniew STASZEWSKI – Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Lądowej i Wodnej „EUROEXBUD” w Kaliszu.

mgr inż. Izabela MAŁECKA – doktorantka Politechniki Wrocławskiej.



Fot. 1. Centrala klimatyzacyjna

Para wodna do nawilżania powietrza w warunkach klimatyzacyjnych powinna być czysta i bezwonna. Na ogół stosuje się w tym celu parę suchą nasyconą lub nieznacznie przegrzaną o nadciśnieniu około 0.6–200 kPa, jeżeli pochodzi ona z centralnego źródła zasilania w ten czynnik lub poniżej 30 kPa, jeżeli para wytworzona jest w indywidualnej wytwornicy.



Rys. 1. Obszar komfortu dla temperatury powietrza  $t_p$  i wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu  $\varphi$  (wg Leusdena i Freymarka)

Wilgotność powietrza wpływa na warunki komfortu cieplnego, ponieważ człowiek oddaje ciepło także przez odparowanie potu. Wilgotność względna powietrza w granicach 30–60% ma niewielki wpływ na odczucia cieplne człowieka. W przypadku wilgotności względnej niższej niż 35% występującej często zimą, w pomieszczeniach ogrzewanych dochodzi do nadmiernego wysuszenia, co powoduje unoszenie się pyłu, który osiada na elementach grzejnych i innych stałych przedmiotach. Przy wilgotności względnej powyżej 70% para wodna może lekko wykraplać się na zimnych przegrodach z materiału pochodzenia organicznego, mogą po pewnym czasie wydzielać się zapachy wynikające z procesów biologicznych (w efekcie tworzenia się pleśni i gnicia).

## SPOSOBY NAWILŻANIA POWIETRZA NAWIEWANEGO

### Nawilżanie powietrza przez bezpośredni kontakt powietrza z wodą

Do rozpylania wody w komorach zraszania służą specjalne dysze (fot. 2). Zależnie od ciśnienia wody i średnicy otworów dysz uzyskuje się rozpylenie na krople o większej lub mniejszej średnicy. Rozpylanie wody w strumieniu poruszającego się powietrza daje silnie rozwiniętą powierzchnię dla intensywności procesu zachodzącego w komorze, zważywszy na bardzo krótki czas kontaktu, wynoszący średnio 1–2 sekundy.

Wymiana ciepła i masy w komorze zraszania odbywa się w zasadzie na drodze konwekcji i dyfuzji. Dlatego istotnym czynnikiem wpływającym na intensywność procesu poza powierzchnią kontaktu jest względna prędkość powietrza i kropeł wody. Największą prędkość względem powietrza mają krople wody tuż za wylotami z dyszy.



Fot. 2. Komora zraszania powietrza rozpyloną wodą

Krople wody charakteryzujące się małą bezwładnością stosunkowo szybko tracą swoją prędkość i są unoszone strumieniem powietrza.

W przypadku zastosowania wody w komorach zraszania nie możemy uniknąć rozprzestrzenienia się soli mineralnych rozpuszczonych w wodzie. Często po wyparowaniu wody sole te, niesione strumieniem powietrza, docierają do pomieszczeń i osiadają na urządzeniach technologicznych występujących w procesach produkcji tzw. „otwartej” w przemyśle spożywczym. Jest to niedopuszczalne w niektórych procesach technologicznych produkcji żywności, tam gdzie zachowane muszą być podwyższone standardy wymagań mikrobiologicznych. Krople wody poza solami mineralnymi mogą wnosić także rozmaite drobnoustroje, które w warunkach panujących w wannie komory zraszania znajdują korzystne środowisko do rozwoju.

Problematyka związana z bakteriami *Legionella pneumophila* pojawia się między innymi w zakładach przemysłu spożywczego. Wszystkie gatunki *Legionella* wymagają do wzrostu mikrofilnych warunków, wilgoci oraz specyficznych źródeł, wzbogaconych m.in. w jony żelaza i aminokwasy, jak cysteinę i glicynę. Źródłem infekcji bakteriami *Legionella pneumophila* jest rozpylona ciepła woda w postaci aerozolu, gdyż optimum temperatury dla tych mikroorganizmów wynosi 35–45 °C. Stąd wszelkiego rodzaju cyrkulujące wilgotne powietrze w urządzeniach klimatyzujących oraz ciepłe opary z różnego rodzaju natrysków, systemów chłodniczych – stanowi zagrożenie i możliwość transportu bakterii do organizmu ludzkiego w czasie oddychania. Dozwoloną ilość bakterii *Legionella pneumophila* w przemyśle spożywczym regulują ustawy oraz europejskie zarządzenia (np. VDI, DVGW, TrinkwVo2001).

### **Nawilżanie powietrza przez wtrysk pary wodnej**

Nawilżanie powietrza przez bezpośredni wtrysk pary wodnej jest zabiegiem droższym od nawilżania przez bezpośredni kontakt powietrza z wodą, lecz w wielu przypadkach jedynym możliwym sposobem do zastosowania (fot. 3).

Pomijając aspekty ekonomiczne, nawilżanie parą powietrza w centralach klimatyzacyjnych ma wiele zalet w porównaniu z nawilżaniem wodą, a mianowicie:

- proces nawilżania parą przebiega praktycznie w stałej temperaturze,
- prawidłowo dobrany nawilżacz pozwala uzyskać niemal założony przyrost zawartości wilgoci w powietrzu,
- można uzyskać stosunkowo dużą wydajność nawilżania powietrza,
- nawilżacze parowe mają dobre właściwości regulacyjne,
- łatwo można uzyskać zakładane parametry powietrza w szerokim ich zakresie,
- strumień pary nie wprowadza do pomieszczenia zanieczyszczeń stałych lub gazowych pod warunkiem korzystania z czystej wody do zasilania wytwornicy pary,
- nawilżanie parą jest sterylne.



Fot. 3. Komora zraszania powietrza parą wodną

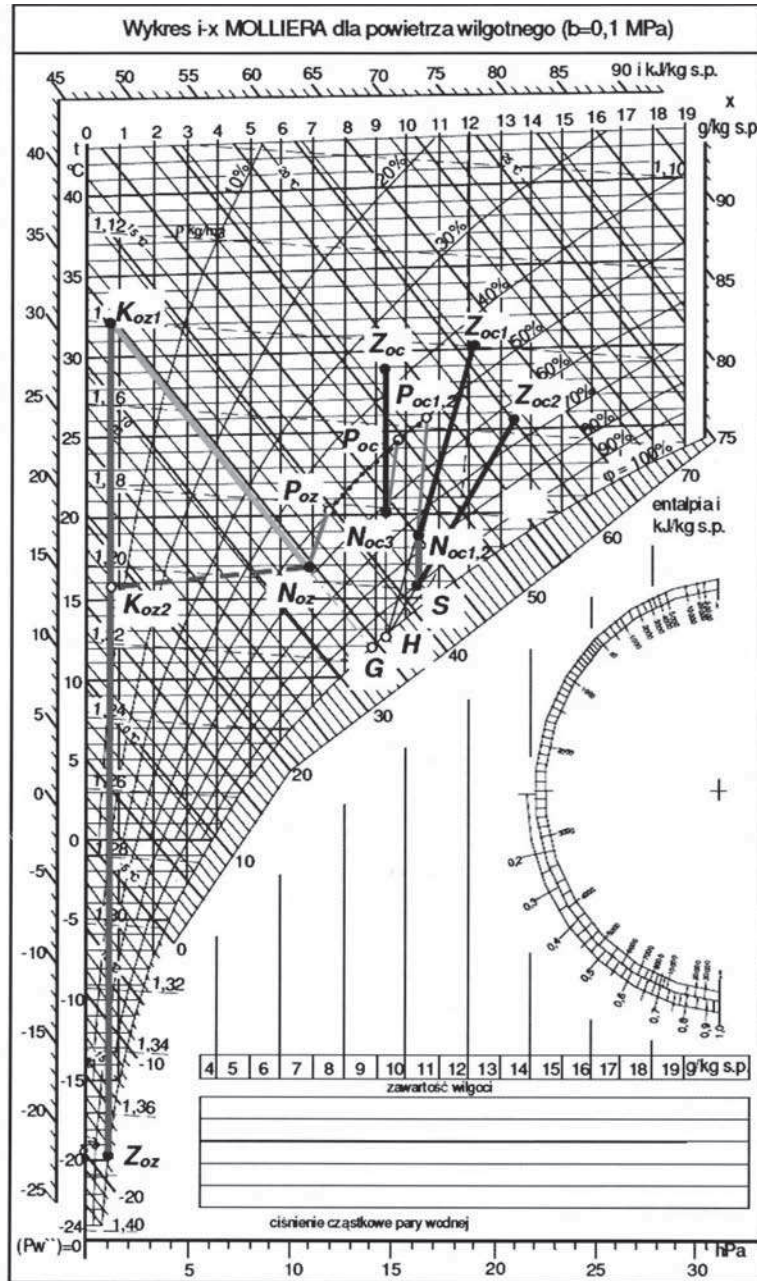
### Mikroklimat a skażenia mikrobiologiczne

Skażenia mikrobiologiczne w zależności od m.in. wilgotności powietrza urządzeń technologicznych oraz urządzeń i instalacji m.in. klimatyzacyjnych, mają wpływ na rozwój bakterii chorobotwórczych. Tradycyjny nadzór nad produkcją żywności o charakterze inspekcyjnym jest zastępowany innymi formami działań, w których dominują działania zapobiegające i korygujące zgodnie z sentencją, że „lepiej zapobiegać niż leczyć”.

W przypadku przesylenia powietrza (wilgotność względna 100%) osadza się para wodna na zarodkach kondensacji. Pod pojęciem zarodków kondensacji rozumie się małe cząstki o średnicy ok. 0,01 do 0,1  $\mu\text{m}$ . Zawarte w powietrzu zarodki te są bardzo małe i dlatego nie zachowują się zgodnie z prawem Stoke’*s*a. Traktuje się je jako ciała rozpuszczone lub zawieszane w powietrzu i określa się tę całość jako układ koloidalny.

Wilgotność względna powietrza oraz temperatura, czystość i świeżość powietrza oraz prędkość ruchu strumieni powietrza wpisują się w parametry mikroklimatu uwzględniające warunki cieplno-wilgotnościowe wywierające wpływ na bilans ciepła organizmu ludzkiego i odczucie wrażeń termicznych związanych z oddziaływaniem środowiska na organizm człowieka (rys. 2).

Brak wykonania syfonu na instalacji odprowadzającej skropliny z wanny komory zraszania (centrale klimatyzacyjne, chłodnice strefowe) skutkuje „zasysaniem” przez wentylator powietrza z instalacji kanalizacyjnej, do której odprowadzono skropliny, co z dużym prawdopodobieństwem spowoduje pogorszenie warunków mikrobiologicznych w klimatyzowanym pomieszczeniu.



**Rys. 2.** Przebieg przemian stanu powietrza podczas przepływu przez urządzenie klimatyzacyjne z bezpośrednią regulacją wilgotności względnej i przez pomieszczenie

## WNIOSKI

1. Nawilżanie wodą powietrza nawiewanego przez urządzenie klimatyzacyjne nie jest sterylne w przeciwieństwie do nawilżania powietrza parą wodną.
2. Stosowanie nawilżania wodą powietrza nawiewanego jest niedopuszczalne w niektórych procesach technologicznych produkcji żywności tam, gdzie zachowane muszą być podwyższone standardy wymagań mikrobiologicznych (krople wody mogą unosić rozmaite drobnoustroje).
3. Jeśli pominie się aspekty ekonomiczne, to nawilżanie parą powietrza w centralach klimatyzacyjnych ma znacznie więcej zalet w porównaniu do nawilżania wodą.
4. Ażeby wyeliminować „zasysanie” powietrza przez wentylator (centrali klimatyzacyjnej, chłodnicy strefowej itp.) należy bezwzględnie wykonać syfon na instalacji (odpowiednia średnica rurociągu) odprowadzającej skropliny z wanny komory nawilżania.

## LITERATURA

1. Malicki M.: Wentylacja i klimatyzacja. PWN, Warszawa 1980.
2. Recknagel H i in.: Ogrzewanie i klimatyzacja. Poradnik. EWFE, Gdańsk 1994.
3. Sadosky A.B., Wilson J.W., Steinmah H.M., Shuman H.A.: The iron superoxide dismutase of *Legionella pneumophila* is essential for viability, *Journal of Bacteriology*, 176(12), 1994: 3790–3799.
4. Pełech A.: Wentylacja i klimatyzacja. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009.
5. PN-78/B-03421 Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi.

## DIE VORAUSSETZUNGEN ZUR ANWENDUNG DER LUFTBEFEUCHTUNG IN KLIMAAANLAGEN UND LEBENSMITTELINDUSTRIE

### Zusammenfassung

Die Befeuchtung der Luft in Klimazentralen verläuft durch die direkte Einspritzung des Wasserdampfs oder den Direktkontakt der Luft mit Wasser in Kontaktapparaten so genannten Befeuchtungsräumen oder in Räumen mit Berieselungsflächen. Die Luftfeuchtigkeit beeinflusst die Bedingungen des menschlichen Wärmeempfindens. Die Relativfeuchtigkeit hat bei Werten 35–60% einen kleinen Einfluss auf das Wärmeempfinden des Menschen. Bei der Relativfeuchtigkeit über 70% kann der Wasserdampf an den kalten Trennwänden leicht kondensieren. Die mikrobiologischen Verseuchungen der technologischen Einrichtungen und Leitungen wie Klimaanlagen beeinflussen im Bezug auf die Feuchtigkeit das Vermehren der krankheitserregenden Bakterien. Abgesehen von finanziellen Aspekten hat die Befeuchtung mit dem Wasserdampf viele Vorteile im Vergleich zur Wasserbefeuchtung. Die Befeuchtung der durch die Klimaanlage geförderten Luft ist nicht steril (darf nicht in manchen technologischen Prozessen bei Lebensmittelproduktion angewendet werden).

**Schlüsselworte:** Relativfeuchtigkeit, Luftbefeuchtung, Klimazentralen, Lebensmittelindustrie