

DRĖKINIMO-VĖSINIMO SISTEMOS DARBŲ TYRIMAS KARVIDĖJE

Vincentas GUSAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, , el. paštas vincentas.gusas@vdu.lt

Indrė STRELKAUSKAITĖ-BUIVYDIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas indre.buivydiene@gmail.com

Santrauka

Tyrimo tikslas – nustatyti skirtingų aušinimo sistemų valdymo įtaką elektros ir vandens suvartojimui siekiant išvengti karvių patiriamo šilumos streso. Empirinis tyrimas atliktas vasaros laikotarpiu (1800 valandų) 240 vietų boksu tipo karvidėje. Duomenys buvo renkami ir kaupiami kas valandą, surinkta ši informacija: iš lauko patenkančio oro temperatūra ir drėgmė, karvidėje esančios temperatūros ir drėgmės kiekis. Pagal temperatūros drėgnio indekso (THI) formulę buvo apskaičiuota, kada ir kokių pajėgumu tikslingiausia naudoti ventiliatorius su vandens purškimo sistema, taip sumažinant oro, patenkančio iš lauko, THI 3,5 %. Teoriškai apskaičiuota, kad karvidėje sumontuota drėkinimo-vėsinimo sistema reguliuojama pagal THI rodmenis sumažina vandens suvartojimą 43 %, o elektros – 18 %.

Reikšminiai žodžiai: valdymas, aušinimas, sistema, karvės.

Įvadas

Išvengti karvių karščio streso yra svarbi sąlyga tiek produktyvumui, tiek gyvulių sveikatai palaikyti (Naujokienė ir kt., 2022). Tam būtina užtikrinti optimalų mikroklimatą karvidėse (Bleizgys ir kt., 2022). Pagrindiniai parametrai, leidžiantys įvertinti mikroklimato būklę karvidėje, yra oro temperatūra ir santykinė drėgmė (Bleizgys, 2022). Kai THI reikšmės yra tarp 72 ir 80, galima tikėtis, kad nenaudojant oro aušinimo priemonių pieno gamyba sumažės. Kai THI reikšmė viršija 80, aušinimas oru yra privalomas (Levit ir kt., 2021), nes pieno produkcijos gali sumažėti iki kritinės reikšmės ir pablogės karvių savijauta (Ragaišis, Bleizgys, 2022). Atsižvelgiant į tai, kad karvės daugiausia laiko praleidžia tokiomis sąlygomis, kurios gali sukelti šilumos stresą, būtina naudoti oro aušinimo sistemas (Bleizgys ir kt., 2022). Oro aušinimo sistemos su vandens purškimu, pagrįstos 3–40 μm skersmens vandens purškimo mikrolašeliais, yra adiabatinės drėkinimo sistemos (Bleizgys ir kt., 2022; Lin ir kt., 1998; Fournel ir kt., 2017).

Problema gali būti ir didelis vandens išteklių poreikis purškiamoms aušinimo sistemoms (Bleizgys ir kt., 2022). Moksliniame darbe (Tresoldi ir kt., 2028) buvo ištirta vėsinimo įtaka karvių temperatūros būklei. Tyrimais įrodyta, kad efektyvus aušinimas įmanomas tik ilgalaikiu vandens purškimu. Mokslinių straipsnių analizė rodo, kad dauguma tyrimų yra skirti nustatyti aušinimo sistemų įtaką gyvūnų fiziologinei būklei. Tačiau iki šiol nebuvo atliktų aušinimo sistemų energijos vartojimo efektyvumo tyrimų.

Todėl reikalingi tolesni tyrimai, siekiant optimizuoti vandens tiekimą ir elektros energijos suvartojimą. Juk elektros energijos sąnaudos optimaliam mikroklimatui palaikyti karvidėse gali siekti 27–40 % visos sunaudojamos elektros energijos (Firfiris ir kt., 2029). Aušinimo valdymo sistema taip pat turi didelę įtaką aušinimo sistemų efektyvumui (Drwencke ir kt., 2020).

Tyrimo tikslas – nustatyti skirtingų aušinimo sistemos valdymo įtaką elektros ir vandens suvartojimui.

Tyrimo uždaviniai

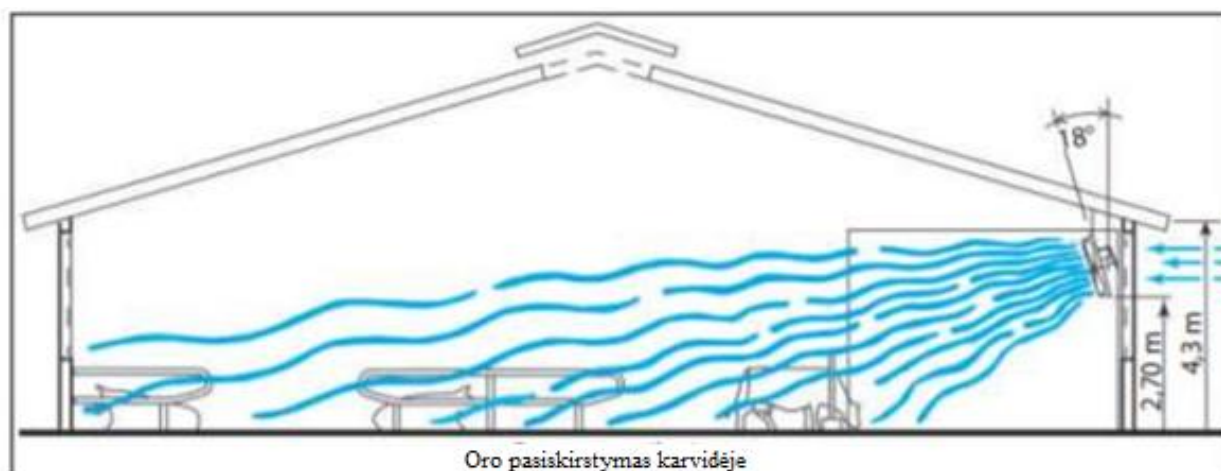
1. Ištirti vėsinimo sistemos įtaką tvarte temperatūros drėgmės indeksui;
2. Nustatyti energijos sąnaudas naudojant skirtingus aušinimo sistemos būdus.

Tyrimo objektas ir metodai

Tyrimai atlikti 240 vietų pusiau izoliuotose bokso tipo karvidėse. Karvidėje įrengta oro drėkinimo-vėsinimo sistema (toliau vėsinimo sistema) (Bleizgys ir kt., 2022). Karvidėje sumontuota 16 Abbifan 140-021 (Cooling systems, 2023) ventiliatorių, kurie padidina oro cirkuliaciją gyvulininkystės patalpose. Ventiliatoriai automatiškai įsijungia esant 16 °C oro temperatūrai, o jų galia siekia 25 % vardinės. Kylant temperatūrai, ventiliatoriaus galia didėja, o esant 25 °C temperatūrai pasiekia maksimalią 750 W vertę. Ventiliatoriai buvo sumontuoti į fermos šonines sienas ir pakreipti 18° kampu (1 pav.). Vieno ventiliatoriaus našumas yra 50000 m³/h oro. Kiekvienas ventiliatorius turi vandens purkštukus, kurie purškia vandens mikrolašelius, kuriems suvartojama yra apie 0,81 l/min vandens (1 pav.).

Oro temperatūra ir santykinė drėgmė buvo matuojama ir registruojama kas valandą naudojant duomenų kaupiklius PeakTech P5185 (PeakTech P5185, 2023). Temperatūros matavimo diapazonas nuo $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $75\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatūros tikslumas $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, drėgmės matavimo diapazonas nuo 2 iki 98 %, drėgmės matavimo tikslumas 1,5 %.

Temperatūros ir santykinės drėgmės matavimai ir fiksavimai atlikti šilčiausiu vasaros laikotarpiu, nuo 2022-06-17 iki 2022-08-30 (matavimo trukmė 1800 val.). Tyrimo metu temperatūra ir drėgmė buvo užfiksuota trijuose tvarto taškuose. Taip pat dviejuose taškuose buvo fiksuota iš lauko sklindančio oro temperatūra ir santykinė drėgmė.



1 pav. Bendras oro drėkinimo-aušinimo sistemos vaizdas

Fig. 1. View of the cooling system

Klimato komfortas buvo nustatytas naudojant temperatūros ir drėgmės indeksus (Temperature Humidity Index – THI) (Bleizgys ir kt., 2022). THI buvo apskaičiuotas pagal šią lygtį:

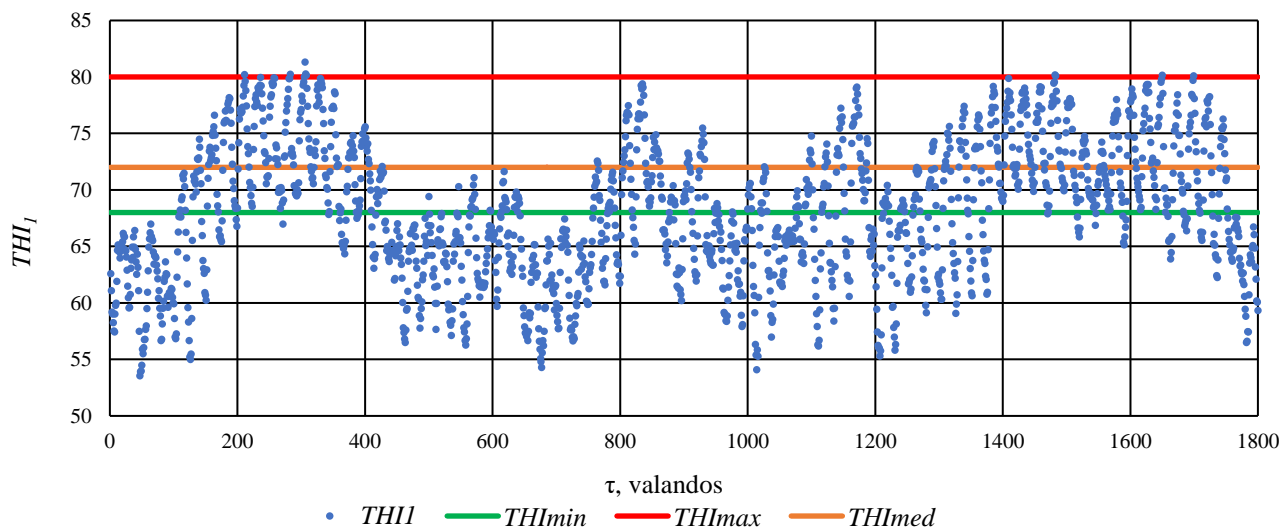
$$THI = (1.8T_m + 32) - (0.55 - 0.0055RH_m)(1.8T_m - 26), \quad (1)$$

čia T_m – vidutinė oro temperatūra $^{\circ}\text{C}$;
 RH_m – vidutinė santykinė oro drėgmė %.

Lauko oro temperatūros drėgmės indeksas (THI_1) apskaičiuojamas pagal vidutinės temperatūros (T_1) ir santykinės drėgmės (RH_1) reikšmes. Temperatūros drėgnumo indeksui (THI_2) karvidės viduje apskaičiuoti naudojamos vidutinės temperatūros (T_2) ir santykinės drėgmės (RH_2) reikšmės.

Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

Atlikus patenkančio oro į karvidę iš lauko tyrimus gautos 1800 temperatūros ir santykinės drėgmės vertės.. Remiantis gautomis temperatūros ir santykinės drėgmės reikšmėmis apskaičiuotas į karvidę patenkančio oro THI (2 pav.).



2 pav. Temperatūros drėgmės indekso (THI_1) pokyčių dinamika

Fig. 2. Change in temperature and humidity index (THI_1).

Temperatūros drėgnumo indekso reikšmės, didesnės nei 80, per matavimo laikotarpį (1800 val.) buvo stebimos 10 valandų, o tai sudaro 0,5 % bendro valandų skaičiaus.

Vidutinio karščio streso sąlygos buvo stebimos 505 valandas (28 %). Sąlygos, sukeliančios nedidelį stresą, buvo stebimos 410 valandų (23 %). Karvės be karščio streso išbuvo 875 valandas (49 %).

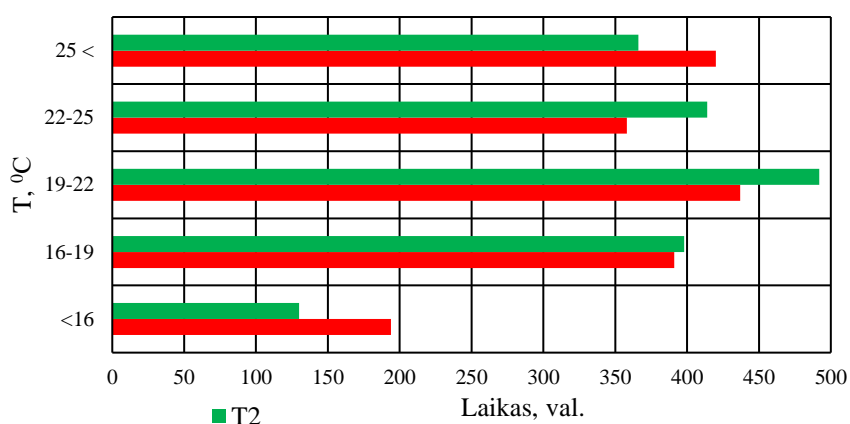
Atsižvelgiant į tai, kad 52 % viso laiko karvės buvo tokiomis sąlygomis, kurios galėjo sukelti šilumos stresą, tikslinga naudoti vėsinimo sistemą.

Gautų rezultatų analizė leido analizuoti aušinimo sistemos veikimą. Pirmiausia, buvo palyginta oro temperatūra, patenkanti iš lauko ir karvidės viduje (3 pav.).

Vidutinės temperatūros reikšmės buvo: 21,6 °C – oro temperatūra, patenkanti iš lauko, 21,5 °C – oro temperatūra karvidės viduje. Verta paminėti, kad aukšta temperatūra (daugiau nei 25°C) karvidės viduje buvo 3 %, arba 54 valandomis, mažiau. Be to, karvidės viduje esančio oro vidutinės temperatūros vertės nuo 19 °C iki 25 °C buvo stebimos 95 valandomis ilgiau nei oro, sklindančio iš išorės. Priešingai, žemesnės temperatūros vertės (mažiau nei 19 °C) buvo stebimos 57 valandomis trumpiau.

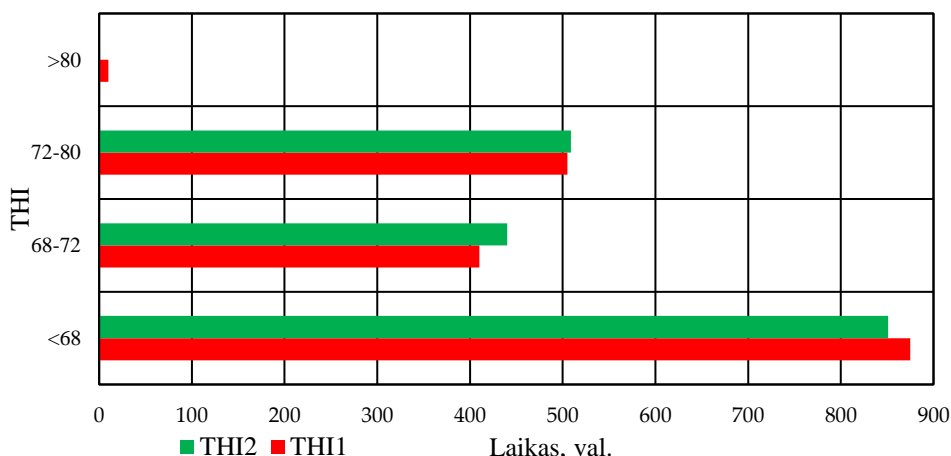
Tai liudija apie aušinimo sistemos gebėjimą kompensuoti gyvūnų išskiriamą šilumą. Tokia išvada padaryta remiantis tuo, kad visuose temperatūrų intervaluose oro temperatūros skirtumas karvidės viduje ir oro, patenkančio iš lauko, yra 3,5 %.

Iš lauko patenkančio oro (THI₁) ir karvidės viduje esančio oro (THI₂) THI palyginimas pavaizduotas 4 paveiksle.



3 pav. Temperatūros pasiskirstymas valandomis

Fig. 3. Distribution of temperatures in hours

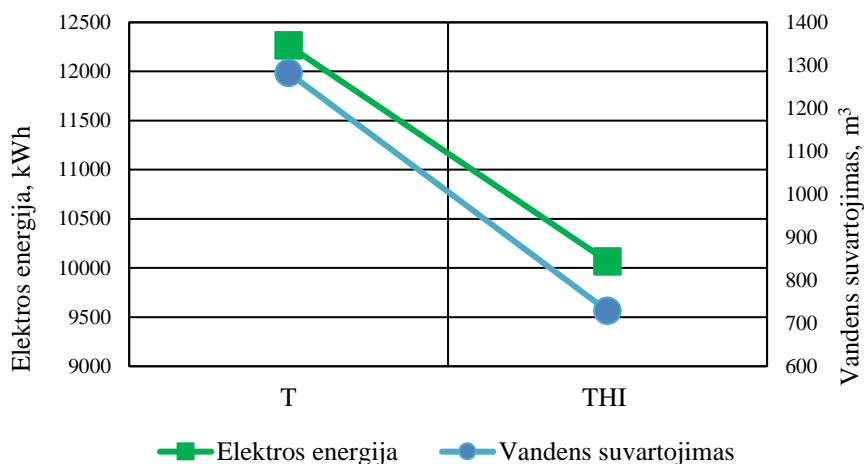


4 pav. THI pasiskirstymas valandomis

Fig. 4. Distribution of THI in hours

Vidutinė THI vertė faktiškai nepasikeitė ir buvo 68 % oro iš lauko ir 69 % oro karvidės viduje. Atkreiptinas dėmesys į tai, kad dėl aušinimo sistemos veikimo THI karvidėje neviršijo kritinės reikšmės (t. y. daugiau nei 80). Nors iš lauko patenkančio oro THI buvo didesnis nei 80 10 valandų laikotarpį. Šie rezultatai leidžia daryti išvadą apie aušinimo sistemos gebėjimą išlaikyti THI karvidės viduje žemesnį negu THI lygį oro, patenkančio iš lauko. Ši išvada padaryta remiantis tuo, kad skirtumas tarp karvidės oro THI ir iš išorės gaunamo oro THI yra 1,5 % mažesnis visuose THI diapazonuose. Energijos ir vandens suvartojimo reguliavimas atliekamas temperatūros jutiklių pagalba, todėl galia ir vandens srautas priklauso nuo oro temperatūros karvidėje. Reguliavimas toks: kai oro temperatūra karvidėje yra 16 °C, ventiliatoriai įjungiami 25 % galia, esant temperatūrai nuo 16 iki 19°C – 50 % galia, esant temperatūrai nuo 22 iki 25 °C

– 75 % galia, o esant aukštesnei nei 25 °C temperatūrai – 100 % galia. Atitinkamai kinta vandens tiekimas. Atkreiptinas dėmesys, kad ventiliatorių veikimas esant mažesniai nei 75 % pajėgumui nėra efektyvus, nes jie neužtikrina aušinimo intensyviai adiabatinio proceso srautui. Siekiant sumažinti elektros ir vandens suvartojimą, siūloma reguliuoti ne pagal temperatūrą, o pagal THI. Kai THI reikšmės didesnės nei 68, ventiliatoriai neįsijungia, esant THI reikšmėms nuo 68 iki 72, jie dirba 75 % galia, o kai THI reikšmės didesnės nei 72, ventiliatoriai dirba 100 % vardine galia, palyginti su galimybe, kai temperatūra naudojama aušinimo sistemos darbui reguliuoti.



5 pav. Elektros energijos ir vandens suvartojimas skirtingais aušinimo sistemos veikimo reguliavimo būdais
Fig. 5. Electricity and water consumption according to different ways of managing the operation of the cooling system

Teoriškai naudojant THI aušinimo sistemos darbui reguliuoti, elektros energijos sąnaudos sumažėja 17,8 %, o vandens – 43,2 %, lyginant su variantu, kai aušinimo sistemos veikimui reguliuoti buvo naudojama temperatūra.

Išvados

1. Tyrimas atliktas 240 vietų pusiau izoliuotose bokso tipo karvidėse. Optimaliam mikroklimatui sukurti karvidėje buvo įrengta oro drėkinimo-vėsinimo sistema. Temperatūros drėgnumo indeksas THI, kurio reikšmė didesnė nei 80, matavimo laikotarpiu (1800 val.) buvo stebimas 10 valandų, tai yra 0,5 % viso valandų skaičiaus. Vidutinį karščio stresą sukeliančios sąlygos buvo stebimos 505 valandas (28 %). Sąlygos, sukeliančios nedidelį šilumos stresą, buvo stebimos 410 valandų (23 %). Karvės buvo be karščio streso 875 valandas (48,5 %). Atsižvelgiant į tai, kad 51,5 % laiko karvės buvo tokiomis sąlygomis, kurios gali sukelti šilumos stresą, tikslinga naudoti vėsinimo sistemą.

2. Teoriškai naudojant THI aušinimo sistemos darbui reguliuoti, elektros energijos sąnaudos sumažėja 17,8 %, o vandens – 43,2 %, lyginant su variantu, kai aušinimo sistemos veikimui reguliuoti buvo naudojama temperatūra..?

Literatūra

- Bleizgys, R. 2022. Pieno ūkių tvarumo didinimas. *Mano ūkis*. Vol. 4, P. 56–58
- Bleizgys, R., Naujokienė, V., Čėsna, J. 2022. Humidification–Cooling System in Semi-Insulated Box-Type Cowsheds Prevent the Loss of Milk Productivity Due to Thermal Stress. *Agronomy*. Vol. 12, 1131. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051131>.
- Cooling systems. Available at: <https://www.abbi-aerotech.com/dairy-solutions/fans/> (Avccesed 07/02/2023).
- Drwencke, A., Tresoldi, G., Stevens, M., et al. 2020. Innovative cooling strategies: Dairy cow responses and water and energy use. *Journal of Dairy Science*. Vol. 103, iss. 6, p. 5440–5454. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17351>
- Firfiris, V., Martzopoulou, A., Kotsopoulos, T. 2019. Passive cooling systems in livestock buildings towards energy saving: A critical review. *Energy and Buildings*. Vol. 202, 109368. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109368>
- Fournel, S., Ouellet, V., Charbonneau, É. 2017. Practices for Alleviating Heat Stress of Dairy Cows in Humid Continental Climates: A Literature Review. *Animals*. Vol. 7, 37. <https://doi.org/10.3390/ani7050037>
- Levit, H., Pinto, S., Amon, T., et al. 2021. Dynamic cooling strategy based on individual animal response mitigated heat stress in dairy cows. *Animal*. Vol. 15, iss. 2, 100093. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100093>
- Lin, J., Moss, B., Koon, J., et al. 1998. Comparison of various fan, sprinkler, and mister systems in reducing heat stress in dairy cows. *Applied Engineering in Agriculture*. Vol. 14, iss. 2, p. 177–182. <https://doi.org/10.13031/2013.19370>
- Naujokienė, V., Bleizgys, R., Venslauskas, K., Paulikienė, S. 2022. Climate-Smart Holistic Management System Criteria's Effectiveness on Milk Production in Lithuania. *Agriculture*. Vol. 12, iss. 6, 804. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060804>

10. PeakTech P5185. Available at: <https://pigu.lt/lt/meteorologines-stoteles-termometrai/peaktech-p-5185-usb-datalogger-temperatura-ir?id=59824034> (Accessed 07/02/2023).
11. Ragaišis, M., Bleizgys, R. 2022. Mikroklimato įvertinimas mėšinių galvijų tvarte tvarumo aspektais. *Biosistemų inžinerija*. Vol. 1 (27), P. 130–134. <https://doi.org/10.15544/2783-6479.2022.1.20>.
12. Tresoldi, G., Schütz, K., Tucker, C. 2018. Cooling cows with sprinklers: Spray duration affects physiological responses to heat load. *Journal of Dairy Science*. Vol. 101, iss. 5, 4412–4423. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13806>.

STUDY OF THE OPERATION OF THE HUMIDIFICATION-COOLING SYSTEM IN THE COWSHED

Summary

The task of the research is to determine the influence of different cooling system management on electricity and water consumption in order to prevent cows from heat stress. The empirical study was conducted in a 240-seat box-type cowshed, during the studied summer period (1800 hours), data was collected and accumulated every hour, information was collected: temperature and humidity of air entering from outside, temperature and humidity in the cowshed. Using the temperature humidity index (THI) formula, it was calculated when and at what capacity it is most appropriate to use fans with a water spray system, thus reducing the THI of the air entering from outside by 3.5%. It is theoretically calculated that the humidification-cooling system installed in the cowshed, adjusted according to THI indications, will reduce water consumption by 43% and electricity consumption by 18%.

Keywords: control, cooling, system, cows