



TECHNIKA PROSTREDIA A MOŽNOSTI REDUKOVANIA VPLYVU KLIMATICKÝCH EXTRÉMOV V USTAJŇOVACÍCH OBJEKTOCH ENVIRON TECHNIQUE AND REDUCTION POSSIBILITY OF CLIMATIC EXTREMS EFFECT IN STABLES

Jana Lendelová – Štefan Pogran

Abstract

Contribution deal with animal heath stress and connection of technical-building possibilities with environ quality. The trial was carried in summer period with continual heat load and $THI_{ext} > 72$ in two identically objects with different solution of environ technique. There was found permanent depression of temperature humidity index in stable with modified side walls and a new $199,7 \text{ m}^2$ (from old openings of $32,4 \text{ m}^2$) fresh-air supply – and develop a new longitudinal ridge gap at area $45,36 \text{ m}^2$ (orinally $5,07 \text{ m}^2$). Also in spite of using of animal evaporate cooling there was in similar temperatures the relative humidity in new state within 12,94% lower then in reference original object. If is possible to provide by effective natural ventilation necessary air exchange, then the direct evaporative cooling is effective way of elimination of animal heat stress. There is needed a consistent regulation in seasonal setting.

Key words: environ technique, temperature-humidity index, heat stress, dairy

Úvod

Extrémne letné teploty a narastajúci počet diskomfortných dní spôsobujú chovateľom svojimi dôsledkami nemalé hospodárske straty. Mikroklíma v ustajňovacom priestore je jedným z rozhodujúcich faktorov ovplyvňujúcich nielen produkciu, ale i hygienu a zdravotný stav zvierat. K tvorbe prostredia v objektoch pre chov hospodárskych zvierat dochádza už konštrukčným návrhom objektu a zvoleným spôsobom vetrania, resp. prídavnými zariadeniami na elimináciu tepelného stresu. Reakcia zvierat pri vysokých teplotách závisí aj od relatívnej vlhkosti vzduchu. Teplokrvné živočíchy sa ľahko prehrievajú, pretože často nemôžu vo vlhkom prostredí využiť potenie. Výsledkom je ďalšie zvýšenie telesnej teploty, ktorá potom pôsobí depresívne na príjem krmiva a rast. Pre hodnotenie kvality prostredia – napr. vo vzťahu k tepelnému stresu sa hľadajú komplexné ukazovatele. Jeden z nich je teplotno-vlhkostný index (THI – Temperature Humidity Index). Ten práve zohľadňuje aj teplotu prostredia, aj relatívnu vlhkosť vzduchu. U dojníc napríklad pre hodnoty $THI \geq 72$ (rovnajúcim sa prostrediu s teplotou 25°C a relatívnou vlhkosťou 50%) predstavuje kritickú hodnotu, ktorej presiahnutie svedčí o pokles doživosti (Igono et al., 1992, Ravagnolo et al., 2000). Jednotlivé druhy zvierat sa vyznačujú rôznou mierou citlivosti k teplote prostredia a tlaku vodných pár. Cieľom efektívneho riešenia tepelného stresu je obyčajne zníženie teploty vnútorného prostredia, snaha riešiť výskyt extrémnej vlhkosti v objektoch, zabezpečiť zvýšenú výmenu vzduchu, priame alebo nepriame chladenie zvierat (napr. evaporčné ochladzovanie) a prispieť k hygienizácii životného prostredia. Pri rozборе vzťahov jednotlivých parametrov popisujúcich stav prostredia existuje viacero možností detekcie porúch jestvujúceho stavu. Riešenia v chovateľskej praxi sa líšia podľa celkového rozhodnutia majiteľa – či sa jedná o novostavbu, alebo rekonštrukciu ustajňovacieho objektu.

Pokiaľ pri novostavbe sa hrozba vzniku tepelného stresu dá riešiť už konštrukčným návrhom, vhodnou orientáciou, stavebno-dispozičným riešením a kubatúrou objektu s jeho tepelno-technickým posúdením režimu v zimnom i letnom období, pri rekonštrukcii bývajú možnosti obmedzené pôvodným projektom. Stav

Kontaktná adresa:

Ing. Jana Lendelová, PhD. – doc. Ing. Štefan Pogran, CSc., Katedra stavieb, Technická fakulta SPU Nitra,
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: Jana.Lendelova@uniag.sk



mikroklimy možno hodnotiť tzv. teplotno-vlhkostným indexom THI, pre výpočet ktorého bolo stanovených množstvo foriem v závislosti od druhu a kategórie zvierat, ale i použitých veličín a jednotiek. Podľa Thoma (1959) pre výkrmový dobytok platí:

$$THI = (0,8.T) + \{[(RH/100).(T-14,4)] + 46,4\}, \quad (1)$$

kde T je teplota vzduchu v °C a RH je relatívna vlhkosť v %.

Iná formulácia pre výpočet THI s využitím T_{db} (teploty vzduchu meranej suchým teplomerom v °C) a T_{wb} (teploty vzduchu meranej vlhkým teplomerom v °C) je:

$$THI = 0,72 (T_{wb} + T_{db}) + 40,6 \quad (\text{Kadzere et al., 2002}). \quad (2)$$

Podľa Castaneda et al., (2004) bol pre dobytok vzorec pre THI upravený nasledovne:

$$THI = (1,8.T + 32) - ((0,55 - 0,0055.RH).(1,8.T - 26)) \quad (3)$$

kde T je teplota vzduchu, °C a RH je relatívna vlhkosť v %.

Pomocou teploty prostredia a rosného bodu popisuje hodnotenie THI (Johnson 1987), podľa ktorého

$$THI = DBT + 0,36 * DPT + 41,2 \quad (4)$$

kde DBT je teplota vzduchu, °C

DPT je teplota rosného bodu, °C

Oblasťou termoneutrálnej zóny je prostredie, kde $THI < 72$. V rozpätí $THI = 72 - 79$ hovoríme o zóne mierneho stresu, ak $THI = 80 - 89$, zvieratá sa nachádzajú v zóne silného tepelného stresu, ak $THI = 90 - 98$, zvieratá sú veľmi silne stresované a ak $THI > 98$ znamená to pre zvieratá smrteľné nebezpečenstvo.

Pre človeka podľa Nieuwolta (1982) platí nasledovná modifikácia rovnice:

$$THI = 0,8T + (RH.T/500) \quad (5)$$

T – je teplota, °F

RH - relatívna vlhkosť, %

Príkladom rovnice, ktorá formou hodnotiaceho indexu THVI okrem teploty a relatívnej vlhkosti zohľadňuje aj rýchlosť prúdenia vzduchu, je vzťah pre THVI, kde napr. pre brojlery platí pre brojlery:

$$THVI = (0,85 T_{db} + 0,15 T_{wb}).v^{-0,058} \quad (6)$$

kde v je rýchlosť prúdenia vzduchu, $m.s^{-1}$

T_{db} – je teplota vzduchu meraná suchým teplomerom v °C

T_{wb} – je teplota vzduchu meranej vlhkým teplomerom v °C (Tao et al., 2003).

Okrem teploty, relatívnej vlhkosti a rýchlosti prúdenia je možné hodnotiť aj solárnu radiáciu v tzv. indexe tepelnej záťaže (Heat Load Index). Po modifikácii je rovnica nasledovná:

$$HLI = 34,1 + (0,26 \times RH) + (1,3 \times BGT) - (0,82 \times v^{0,1}) - \text{Log}^{0,4(0,0001 + v^2)} \quad (7)$$

kde RH je relatívna vlhkosť, %

BGT je black globe teplota – počítaná v °C ako

$$BGT = (1,33.T) - (2,65 \cdot \sqrt{T}) + 3,21 \cdot \log(SR + 1) + 3,5$$

kde T – je teplota, °C

SR – je solárna radiácia, $MJ.m^{-2}$

v – je priemerná denná rýchlosť prúdenia vzduchu, $m.s^{-1}$, (Castaneda et al. 2004).

Podľa Guaghana et al. (2008) bol HLI stanovený v dvoch formách podľa teploty posudzovaného prostredia.

$$HLI_{BG \geq 25} = 8,62 + (0,38 \times RH) + (1,55 \times BGT) - (0,55 \times v) + e^{2,4-v} \dots \text{pre teploty nižšie a rovné } 25^\circ C$$

$$HLI_{BG < 25} = 10,66 + (0,28 \times RH) + (1,3 \times BGT) - v \dots \text{pre vyššie teploty ako } 25^\circ C \quad (7,a,b)$$

Index teplotnej záťaže HLI je delí prostredie do 4 kategórií. Prvou je oblasť termoneutrálnej zóny, kedy $HLI < 70$. Pokračuje zóna tepla s hodnotami $HLI = 70,1 - 77$. Pri horúcom prostredí je hodnota indexu $HLI = 77,1 - 86$. Najnebezpečnejšie je veľmi horúce prostredie s hodnotami $HLI > 86$.

Materiál a metódy

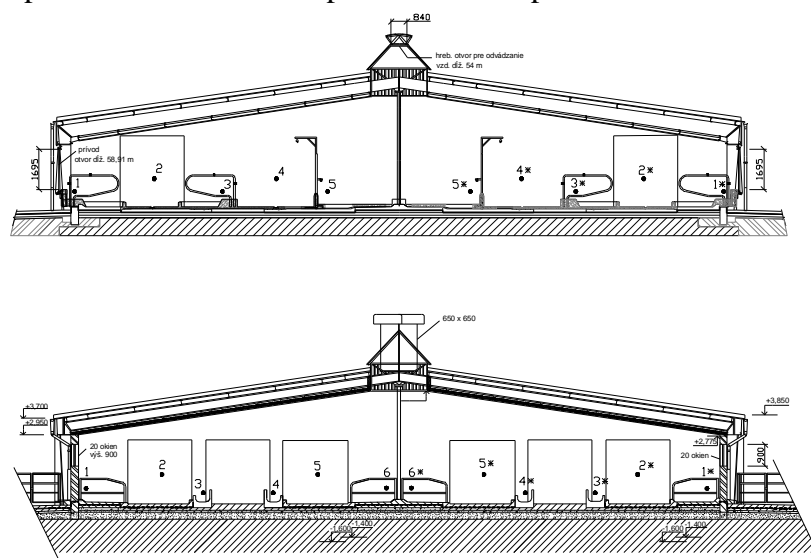
V dvoch identických objektoch bolo navrhnuté v rámci rekonštrukcie zintenzívnenie prirodzeného vetrania, pretože plocha prívodných otvorov bola nevyhovujúca, ako i odvetranie v hrebeni. Obvodové steny boli



odstránené a nahradené roletovým systémom s priesvitnou agrotexťou, ktorá počas letných dní ostáva zvinutá na dolnom podkladnom murive výšky 600 mm. Vytvoril sa tým priebežný otvor s dĺžkou zhodnou s dĺžkou bočných stien (76 m) a výškou 1650 mm. V hrebeni bol dodatočne otvorený svetlík o šírke 840 mm v dĺžke 54 m. Bol ponechaný systém nosnej ocelevej rámovej konštrukcie a izolovaná dvojplášťová strecha, ktorá bola v rámci rekonštrukcie upravená odverávacími otvormi. Z dôvodu nízkeho podhľadu a značnej šírky objektu boli objekty osadené jednotky priameho evaporačného ochladzovania. V prvom letnom období boli sledované mikroklimatické parametre a hodnotený teplotno-vlhkostný index v rekonštruovanej i pôvodnej maštali. V období od júna do septembra 2009 sme sa sústredili v danej lokalite podľa exteriérových teplôt na najextrémnejší týždeň, počas ktorého vonkajšia priemerná denná teplota vzduchu bola 25,6°C, maximálna denná teplota 34,7°C, minimálna nočná teplota bola 14,9°C. K denným teplotám sme počítali časové pásmo od 8.00 do 20.00 hod, zbytok do nočného času. V uvedenom týždni bol dosiahnutý maximálny teplotno-vlhkostný index THI = 81,0, ktorý upozorňuje na prostredie silného tepelného stresu.

Výsledky a diskusia

Klasickým vstupom pri rekonštrukciách v našom klimatickom pásme je vhodné riešenie prirodzeného vetrania, ktoré síce nie výrazne znižuje teplotu vzduchu v objekte, no pri vhodnej účinnej výške a zabezpečenej cirkulácii vzdušných mäs dochádza k vyššej výmene vzduchu, čím sa odbúrava prebytočná vlhkosť produkovaná zvieratami. Pri dodatočnom riešení sa však môžu vyskytnúť technické úskalia, kedy tzv. účinná výška je limitovaná, alebo priamemu prívodu vzduchu bránia iné konštrukcie, prípadne polovičná šírka objektu je väčšia ako trojnásobná výška bočných stien a pod. Väčšinou je dominantnou úlohou riešenie priebežnej vetracej hrebeňovej štrbiny a zväčšenie plochy privádzacích otvorov, ako i vhodné dispozičné riešenie interiéru. Ak však nemá objekt izolovanú strechu a dochádza k sáľaniu z prehriatej konštrukcie na zvieratá, prípadne prichádza zároveň k nadprodukcii vlhkosti, možno už z hodnôt THI vidieť neefektívnosť riešenia. Veľké množstvo objektov sa preto nezaobíde bez núteného vetrania. V chove dobytká sa využíva aj evaporačné ochladzovanie, ktorého účinok môže byť motorickou ventiláciou znásobený. Vnáša však do objektu prídavnú vlhkosť – či už ide o evaporačné ochladzovanie priame alebo nepriame.



Obr. 1 Priečný rez novorekonštruovaného objektu (hore) a pôvodného objektu (dolu) s miestami meraní počas letného obdobia 06 – 08/2009.

Fig. 1 Cross-section of reconstructed object (above) and original object (down) with positions of measurement during summer period 06-09/2009.

Z obr. 1 - THI hodnotených na experimentálnej farme pre priemernú dennú teplotu a priemernú relatívnu vlhkosť spracovanú z kontinuálneho 30 minútového merania vyplýva, že v pôvodnom objekte bola pri takmer vyrovnannej teplote vyššia relatívna vlhkosť vzduchu, zároveň bola zaznamenaná v stredových oblastiach



objektu tzv. mŕtva zóna s minimálnym prúdením vzduchu ($v < 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). V novorekonštruovanom objekte sa okrem okrajových meracích miest zlepšilo prúdenie vzduchu i v zóne ležísk, kde zvieratá trávia väčšiu časť dňa. Výrazne tu pomohol odsun stredových radov z osi objektu, veľkoplošné otvory nahrádzajúce okná, ako i otvorenie hrebeňovej štrbiny.

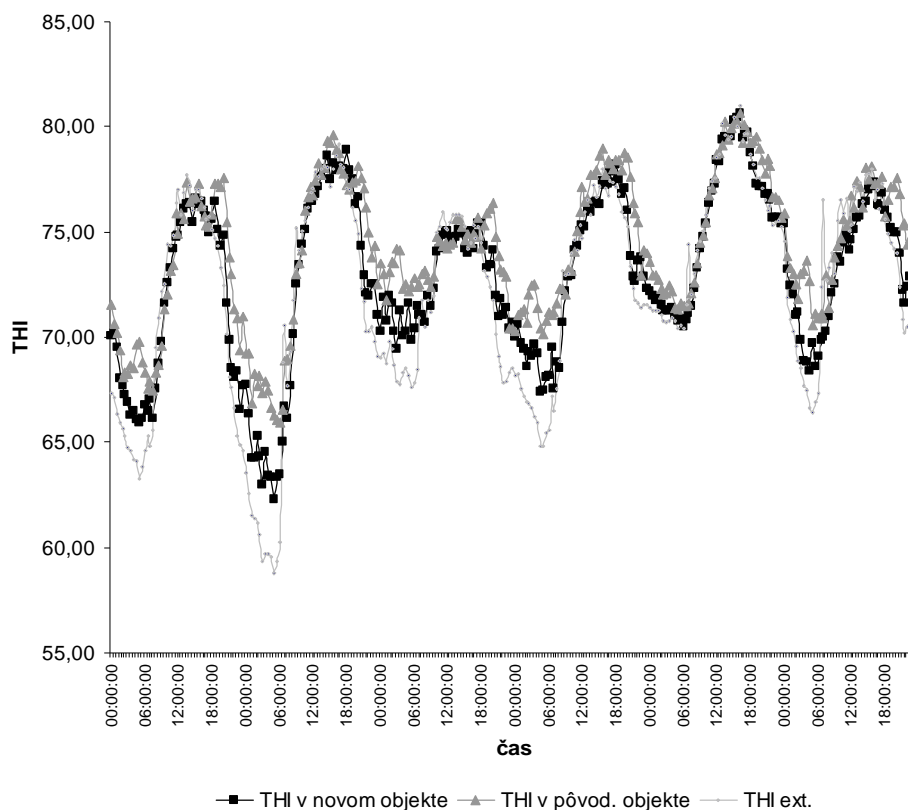
Prínos v kvalite prostredia je najpreukaznejší v znížení vlhkosti zintenzívnením výmeny vzduchu, nakoľko veľkosť prívodných vetracích otvorov sa otvorením bočných stien zväčšila z $32,40 \text{ m}^2$ (v pôvodnom stave), na $199,70 \text{ m}^2$ (v skolaudovanom objekte). Plocha odvetracích otvorov v hrebeni bola $5,07 \text{ m}^2$, jeho celkovým otvorením o šírke 840 mm a dĺžke 54 m sa $8,95\text{x}$ zväčšila. V pôvodnom objekte sa v sledovanom týždni vyskytlo 105 hod s $\text{THI} \geq 72$, pričom priemerné hodnoty v uvedenom čase dosiahli hodnotu $\text{THI} = 75,71$. V rekonštruovanom objekte sa v sledovanom týždni vyskytlo 81 hod s $\text{THI} \geq 72$, pričom priemerné hodnoty v uvedenom čase dosiahli hodnotu $\text{THI} = 74,66$.

Tab. 1 Hodnotenie teplotno-vlhkostného indexu vo vybranom časovom úseku od 29. 7. do 3. 8. 2009, kedy vonkajšie hodnoty THI_{ext} v priemere presahovali parametre termoneutrálnej zóny $\text{THI}_{\text{priem}} = 72,2$. Maximálne hodnoty $\text{THI}_{\text{max}} = 81,01$ upozorňujú na možnosť silného tepelného stresu pri pobyte zvierat v exteriéri. Denné hodiny boli počítané od 8.00 – do 20.00 hod.

Tab. 1 Valuation of temperature – humidity index in selected time interval from 29. 7. to 3. 8. 2009, when external value THI_{ext} in average exceeded parameters of termoneutral zone $\text{THI}_{\text{average}} = 72,2$. Maximum value $\text{THI}_{\text{max}} = 81,01$ signalize possibility of strong heat stress in animal stay in exterior. The daily hours were accounted from 8.00 a.m. to 8.00 p.m.

| THI | Pôvodný inter. stav – deň | Pôvodný inter. stav – noc | Nové riešenie inter. - deň | Nové riešenie inter. - noc |
|----------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Priemer | 76,19 | 72,25 | 75,55 | 68,66 |
| Maximum | 80,69 | 78,49 | 80,68 | 76,53 |
| Minimum | 68,29 | 65,90 | 67,56 | 58,82 |
| Smer. odchylka | 2,46 | 2,79 | 2,41 | 3,954 |

Šesťnásobné zväčšenie prívodných otvorov v bočných stenách síce výrazne zlepšuje kvalitu prostredia v objekte počas celého roka, no zároveň umožní masívny vstup čerstvého vzduchu i počas horúcich dní. Za posledné desaťročie býva 70-100 dní v roku s teplotou vzduchu v poludňajších a popoludňajších hodinách vyššou ako 26°C . Vtedy je dôležité zapojiť prídavné efektívne opatrenia na elimináciu tepelného stresu zvierat, pretože prirodzeným vetraním samotnú teplotu neznížime. V chovateľskej praxi sa ako doplnok bežne využíva ochladzovací efekt posuvných ventilátorov, hmlenie, kropenie a ich rôzne kombinácie. V prípade použitia evaporáčného ochladzovania je dôležité častejšie čistenie pohybových chodieb a intenzívnejšie fungujúce odsávanie vlhkého vzduchu hrebeňovou štrbinou. Pri dodatočnom zvyšovaní vlhkosti z evaporáčného chladenia je potrebné počítať s adekvátnym zhoršením teplotno-vlhkostného indexu. Aj v sledovanom renovovanom objekte prebieha pri teplote nad 21°C sprchovanie zvierat. Aby sa predišlo prebytočnému zvlhčovaniu prostredia, bol použitý systém VÚŽV Praha riadený pohybovými snímačmi, ktorý do značnej miery zabraňuje plynutiu vodou. Sprchy sú aktivované iba v prípade zaznamenaného pohybu zvierat v ich bezprostrednej blízkosti. Pri takto úspornom režime dávkovania vody a počte aktivovaných zopnutí pohybom zvierat od 145 do 230/d (podľa druhu aktivity zvierat) je denná spotreba vody $1,2 - 1,4 \text{ m}^3$ pri priemernej jednorazovej dávke $V = 0,20 \text{ l}$ vody. Dávky je možné počas extrémnych teplôt zvýšiť. Výsledný THI (obr. 2) je aj po aplikácii vody nižší ako v porovnávanom pôvodnom objekte bez prebudovania vetracieho systému.



Obr. 2 Hodnoty teplotno-vlhkostného indexu THI vo vybranom týždni od 29.7 do 3. 8. 2009 v novorekonštruovanom objekte, v pôvodnom objekte a exteriéri.

Fig. 2 Values of temperature-humidity index THI in selected week from 29.7 to 3. 8. 2009 in reconstructed object, in original object and exterior.

Záver

Priame evaporačné ochladzovanie je v súčasnosti pri vysokých denných teplotách efektívnym spôsobom eliminácie tepelného stresu zvierat, no je potrebná dôsledná regulácia pri jeho sezónnom nastavení. Neriadenými dávkami sa prebytočné množstvo vody dostáva do prostredia, kde počas teplotných extrémov výrazne zvyšuje hodnoty teplotno-vlhkostného indexu. Motorická inštalácia a dodávka ventilátorov je investične aj energeticky náročnejšia, nevýhodou je aj zvýšenie hluku pri ich prevádzke. Preto pri riešení eliminácie tepelného stresu by mal byť dôraz kladený na vyriešenie systému prirodzeného vetrania s maximálnym využitím súčasných technických možností a pre obdobia s teplotnými extrémami využiť prídavný regulovaný systém evaporačného chladenia.

Literatúra

- Castaneda, C. A., J. B. Gaughan, and Y. Sakaguchi. 2004. Relation-ships between climatic conditions and the behaviour of feedlot cattle. *Anim. Prod. Aust.* 25:33–36.
- Gaughan, J. B., Mader, T. L., Holt, S. M. and A. Lisle, 2008. A new heat load index for feedlot cattle. 2008.86:226-234. *J Anim Sci*
- Igono MO, Bjotvedt G, Sanfordcrane HT. Environmental profile and critical-temperature effects on milk-production of Holstein cows in desert climate. *Intl J Biometeorol.* 1992;36:77–87. doi: 10.1007/BF01208917.
- Johanson H. D.1987. Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production. In: *Bioclimatology and the adaptation of livestock*, Johnson HD (Ed.). Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, Netherlands, pp. 35-57.



- Kadzere C.T., Murphy M.R., Silanikove N., Maltz E. Heat stress in lactating dairy cows 2002: a review. *Livestock Production Science* 77 (2002) 59-91.
- Thom, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12:57-59.
- Tao, X and Xin, H. 2003. Temperature-Humidity-Velocity Index for market-size broilers. *Proceedings of the 2003 ASAE Annual International Meeting*. Paper n. 034037. Nevada-USA.

Abstrakt

Príspevok je venovaný problematike riešenia tepelného stresu zvierat a vplyvu stavebno-technických možností na kvalitu prostredia. Sledovaním obdobia s kontinuálnou teplotnou záťažou zvierat pri $THI_{ext} > 72$ v dvoch identických objektoch s rôznym riešením techniky prostredia bolo zistené permanentné zníženie teplotno-vlhkostného indexu v objekte s upravenými bočnými stenami s novými prírodnými otvormi vzduchu o výmere $199,7 \text{ m}^2$ (z pôvodných $32,4 \text{ m}^2$) a vybudovaním pozdĺžnej hrebeňovej štrbiny s plochou $45,36 \text{ m}^2$ (pôvodne $5,07 \text{ m}^2$). Aj napriek použitiu evaporačného ochladzovania zvierat bola pri vyrovnaných teplotách priemerná relatívna vlhkosť v sledovanom období v renovovanom objekte o 12,94% nižšia ako v pôvodnom porovnávacom. Ak dokážeme efektívnym prirodzeným vetraním zabezpečiť potrebnú výmenu vzduchu, je priame evaporačné ochladzovanie pri vysokých denných teplotách efektívnym spôsobom eliminácie tepelného stresu zvierat. Je však potrebná dôsledná regulácia pri jeho sezónnom nastavení.

Kľúčové slová: technika prostredia, teplotno-vlhkostný index, tepelný stres, dojnice