

## EVALUATION OF THERMAL-HUMIDITY INDEX IN ANIMAL HOUSING

Jana Lendelová<sup>1</sup>, Ľubomír Botto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Slovak University of Agriculture in Nitra, Department of building, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovak Republic

<sup>2</sup>Animal Production Research Centre Nitra, Hlohovecká 2, 951 41 Lužianky, Slovak Republic

**Abstract.** Contribution deals with two dominant risk conditioning factors for formation of hypothermia or hyperthermia, that is temperature and relative humidity and combined way, how to assess environmental conditions through Temperature Humidity Index THI. Animals – by temperature overlap behind the thermoneutral boundary with possibility of synergism of further factors – fall into risk of heat stress generation. Impact of relative humidity at different temperature causes unequal changes in THI values. There was found in THI calculation for temperature 22, 26, 30 and 34°C and for relative humidity from 10% to 80% that there are bigger THI-changes in lower temperatures (range from 20 to 24 in temperature of 22°C, but only 13 in temperature of 34°C). This also acknowledges that spraying is not so harmful to animals as it was supposed at high air temperatures and accompanying humidity increase and THI as well. In stabling with higher humidity production it is necessary to monitor the relative humidity of air, or to eliminate cumulation of moisture by suitable arrangements.

### Úvod

Vlhkosť ako dôležitý abiotický faktor kvality prostredia pôsobí v chovných objektoch na povrch zvierat, podstielkový materiál a stavebné konštrukcie. V prípade ustajňovacích objektov dochádza ku kumulácii viacerých problémov, ktoré priamo súvisia so zabezpečením optimálnych pracovných i chovateľských podmienok.

Vysoká vlhkosť vzduchu je pre zvieratá nebezpečná rovnako pri vysokej i nízkej teplote vzduchu. Pri zvýšenej vlhkosti vzduchu sa výrazne znižuje schopnosť zvierat a uvoľňovať teplo konvekciou a evaporáciou. Pobyt v podmienkach spolupôsobenia vysokej teploty a vysokej vlhkosti vyvoláva u zvierat tepelný (hypertermický) stres so všetkými jeho dôsledkami na úžitkovosť, reprodukciu, zdravie i pohodu. Kombinácia nízkej teploty vzduchu a vysokej vlhkosti vzduchu zväčšuje straty tepla konvekciou, pretože vlhký vzduch slúži ako dobrý tepelný vodič. Pobyt v týchto podmienkach môže potom vyvolať chladový (hypotermický) stres, opäť sprevádzaný nežiaducimi javmi v úžitkovosti, reprodukcii, welfare i zdraví. Navyše nastáva presýtenie vzduchu vodnými parami, kondenzácia vodnej pary na povrchoch stavebných materiálov a tvorba hmly v interiéri.

Zvýšená vlhkosť vzduchu podporuje rozvoj patogénov a plesní, urýchľuje rozkladné procesy, zhoršuje kvalitu podstielky a poškodzuje stavebné materiály a všeobecne zhoršuje hygienické podmienky chovného prostredia.

Vlhkosť vzduchu veľa autorov odporúča posudzovať v súvislosti s teplotou vzduchu. Úroveň relatívnej vlhkosti zohráva dôležitú úlohu hlavne pri výskyte extrémnych teplôt.

Pre objektívne a komplexnejšie hodnotenie kvality chovného prostredia z hľadiska teploty vzduchu a vlhkosti vzduchu sa využíva tzv. teplotno-vlhkostný index (Temperature Humidity Index, ďalej iba THI). Ide o index vypočítaný na základe zistených údajov o teplote vzduchu a vlhkosti vzduchu v danom mieste. Služi predovšetkým k stanoveniu zón tepelného stresu. Pôvodne bol rozpracovaný pre posudzovanie tepelného stresu ľudí, ako funkcia teploty suchého teplomera  $\theta_{db}$  a teploty rosného bodu  $\theta_{dp}$ . Neskôr boli THI stanovené i pre jednotlivé druhy a kategórie hospodárskych zvierat.

Príklady používaných výrazov pre výpočet teplotno-vlhkostného indexu THI pre hovädzí dobytok:

1/ podľa Thoma (1959) pre hovädzí dobytok

$$THI = (0,8 \cdot \theta_{db}) + \{[(\varphi / 100) \cdot (\theta_{db} - 14,4)] + 46,4\}$$

2/ podľa Spencera (1995) pre kravy:

$$THI = \theta_{db}^F - (0,55 - 0,55 \cdot \varphi / 100)(T_{db} - 58)$$

3/ podľa Johnsona et al., (1963) pre dojnice:

$$THI = \theta_{db}^{(F)} - (0,55 - 0,55 \cdot \varphi) \cdot (\theta_{db}^{(F)} - 58)$$

4/ podľa Armstronga (1994) a Yousefa (1985)

$$THI = \theta_{db} + 0,36 \cdot \theta_{dp} + 41,2$$

5/ Bohmanová (2007) podľa NRC (1971)

$$THI = 0,81 \cdot \theta_{db} + 0,143 \cdot \varphi + 0,0099 \cdot \varphi \cdot \theta_{db} + 46,3$$

6/ podľa Thoma (1958) a NOAA (1976)

$$THI = 0,72 \cdot (\theta_{wb} + \theta_{db}) + 40,6$$

7/ podľa NRC (1971), McDowela et al. (1976), Kadzere, et al. (2002)

$$THI = (1,8 \cdot \theta + 32) - [(0,55 - 0,0055 \cdot \theta) \cdot (1,8 \cdot \theta - 26)]$$

Veličiny a jednotky podľa použitia:

$\theta$  – teplota vzduchu, °C,

$\theta^F$  – teplota vzduchu, °F,

$\varphi$  – relatívna vlhkosť vzduchu, %,

$\theta_{db}$  – teplota meraná suchým teplomerom, °C,

$\theta_{wb}$  – teplota meraná mokrým teplomerom, °C,

$\theta_{dp}$  – teplota rosného bodu, °C.

Príklady vzťahov pre výpočet THI pre ošípané, králiky a hydinu:

8/ pre králiky podľa Marai, et al. (2002)

$$THI = \theta - [(0,31 - 0,31 \cdot (\varphi / 100)) \cdot (\theta - 14,4)]$$

9/ pre ošípané podľa NWSCR (1976)

$$THI = 0,72 \cdot \theta_{wb} + 0,72 \cdot \theta_{db} + 40,6$$

10/ pre ošípané podľa Gates et al. (1991)

$$THI = 0,63 \cdot \theta_{wb} + 1,17 \cdot \theta_{db} + 32$$

11/ podľa Thoma (1958) pre prasnice

$$THI = \theta_{db} + 0,36 \cdot \theta_{wb} + 41,5$$

12/ podľa NRC pre mladé ošípané (1971)

$$THI = (0,65 \cdot \theta_{db} + 0,35 \cdot \theta_{wb}) \cdot 1,8 + 32$$

13/ podľa Bouraoui et al. (2002) pre nosnice

$$THI = 1,8 \cdot \theta_{db} - (1 - \varphi) \cdot (\theta_{db} - 14,3) + 32$$

14/ podľa Bouraoui et al. (2002) pre hydinu

$$THI = 1,8 \cdot \theta_{db} - (1 - \varphi) \cdot (\theta_{wb} - 14,3) + 32$$

15/ podľa Chepete et al. (2005) pre brojlerov vo veku 3-4 týždňov

$$THI = 0,62 \cdot \theta_{db} + 0,38 \cdot \theta_{wb}$$

16/ podľa Zulovich et al. (1990) pre nosnice

$$THI = 0,60 \cdot \theta_{db} + 0,40 \cdot \theta_{wb}$$

17/ podľa Chepete et al. 2005 pre 5-6 týždňové brojlerov

$$THI = 0,71 \cdot \theta_{db} + 0,29 \cdot \theta_{wb}$$

18/ podľa Tao et al. (1992) pre pre 5-6 týždňové brojlerov

$$THI = 0,74 \cdot \theta_{db} + 0,26 \cdot \theta_{wb}$$

Veličiny a jednotky podľa použitia:

$\theta$  – teplota vzduchu, °C,

$\theta_F$  – teplota vzduchu, °F,

$\varphi$  – relatívna vlhkosť vzduchu, %,

$\theta_{db}$  – teplota meraná suchým teplomerom, °C,

$\theta_{dbF}$  – vonkajšia teplota meraná suchým teplomerom, °F,

$\theta_{wb}$  – teplota meraná mokrým teplomerom, °C,

$\theta_{dp}$  – teplota rosného bodu, °C.

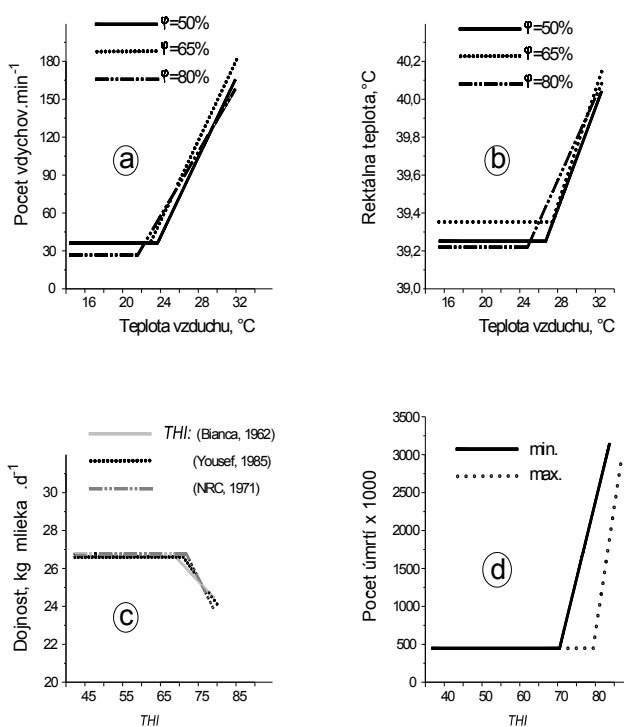
Komfortná zóna pre úžitkové zvieratá je všeobecne charakterizovaná hodnotami  $THI < 70$ . Ak  $THI = 75$  až  $83$ , prostredie je veľmi stresujúce a ak  $THI$  presiahne hodnotu  $84$ , hrozí smrteľné nebezpečenstvo.

Pri sledovaní  $THI$  vo vzťahu k evidovaným úhynom zvierat bolo zistené, že „bod zlomu“, kedy začína kriticky stúpať výskyt úmrtí dobytká, sa nachádza v oblasti  $THI_{min} \approx 70$ , resp.  $THI_{max} \approx 80$ . Rovnako dojnice v podmienkach s  $THI > 70$  sa dostávajú do stavu, ktorým začína prudké znižovanie dojivosti (Bohmanová, 2007). Presný bod závisí od konkrétnych klimatických podmienok sledovanej farmy, genetiky a adaptability zvierat na teplotné zmeny a trvalú teplotnú záťaž. Príklad nástupu kritických zmien uvádza obr. 1.

Záznamy poklesu dojivosti pri zvyšujúcich sa hodnotách  $THI$  sú zrejmé z tab. 1.

**Tabuľka 1.** Príklad vplyvu  $THI$  na pokles dojivosti podľa výsledkov Linvilla (1992), ktorá hodnotila produktivitu dojníc pri sledovaní zmien kvality prostredia

Dojnosť na zviera	Pokles dojivosti v kg na kus za deň			
	THI=73,2	THI=79,9	THI=85,9	THI=89,5
20 kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	2,6	5,9	6,8	10,6
25 kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	3,0	7,1	10,8	13,0
30 kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	3,3	8,3	12,7	15,4

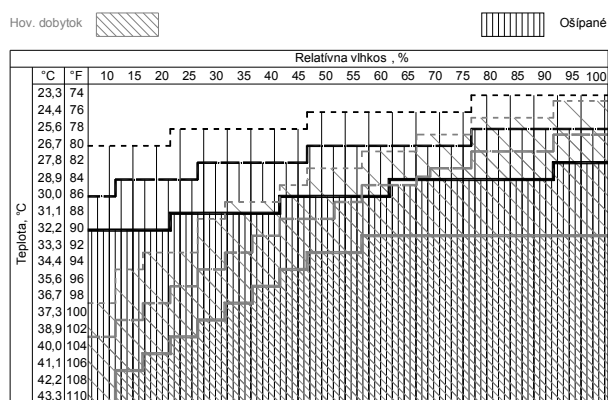


**Obr. 1.** Príklad tzv. „bodu zlomu“ pre charakterizujúce významné zmeny vybraných sprievodných ukazovateľov tepelného stresu:

a) frekvencie dychu, b) rektálnej teploty, c) dojivosti a d) počtu úmrtí - v závislosti od teploty a vlhkosti, alebo  $THI$ .

Poznámka:

Príklady a) b) spracované pre ošípané podľa Heynuha et al., (2005), príklady c) d) pre dojnice podľa Bohmanovej (2006) a Vitaliho (2009).



**Obr. 2.** Príklad rozdielných hraničných hodnôt pre tri úrovne rizika tepelného stresu pre ošípané a dobytok (podľa Iowa State University)

## Materiál a metódy

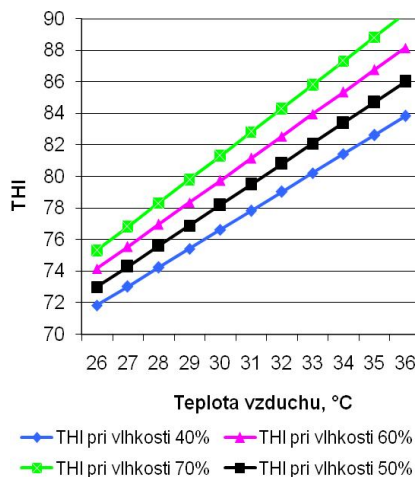
Pri rozbere jednotlivých vzťahov sme sa zamerali na hodnotenie vplyvu vlhkosti, dopadu zmien  $THI$  v porovnaní s prostredím charakterizovaným vlhkosťou 80% a posunom výsledných hodnôt  $THI$  podľa konkrétneho použitého vzťahu. Hodnotenie vplyvu vlhkosti pre posun rizikovej hranice  $THI$  bol uskutočnený na základe výpočtu  $THI$  pre relatívnu vlhkosť 10 až 80%. Analýza dopadu

zmien THI v porovnaní s kritickým  $THI_{(34^{\circ}C, 80\%)}$  (pre uvažovanú hodnotu teploty vzduchu  $34^{\circ}C$  a relatívnu vlhkosť 80%) bola spracovaná pre teploty  $22^{\circ}C$ ,  $26^{\circ}C$ ,  $30^{\circ}C$  a  $34^{\circ}C$ . Závislosť hodnôt THI od použitého vzťahu bol spracovaný pre šesť vybraných foriem od autorov Thom, Spencer, Johnson, Armstrong, Bohmanová a Kadzere (obr. 5).

## Výsledky a diskusia

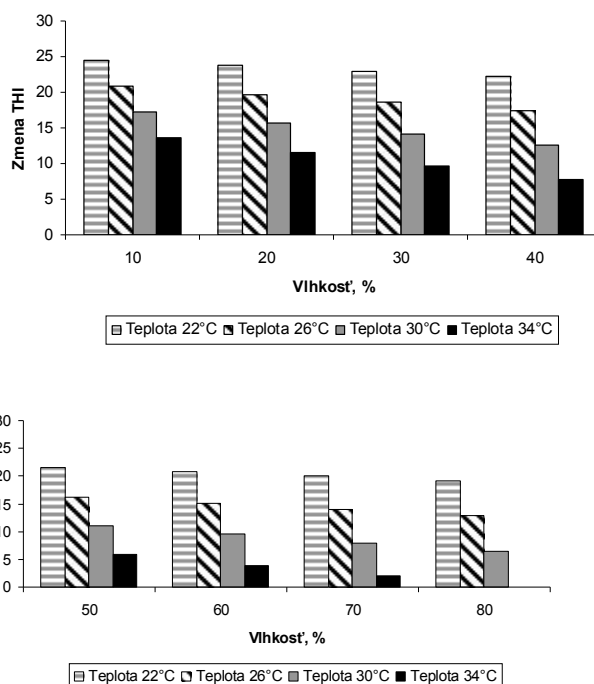
Veľmi stresujúce prostredie charakterizované hodnotami THI od 75 po 83 nastáva v prostredí pri nízkej vlhkosti (30%) v teplotnom pásme od 30 po  $36^{\circ}C$ , pričom ak je prostredie veľmi vlhké, takéto riziko tepelného stresu vzniká už pri teplotách 25 až  $30^{\circ}C$ . Z toho vyplýva, že hlavne v prevádzkach s produkciou vyššej vlhkosti, je potrebné sledovať aj stav relatívnej vlhkosti vzduchu, resp. eliminovať hromadenie vlhkosti vhodnými opatreniami (zintenzívnenie vetrania, prevádzkové obmedzenie vlhčenia prostredia). Vplyv stúpajúcej vlhkosti na THI pri identických teplotách je zrejmy z obr. 3.

Vplyv vlhkosti pri rôznych teplotách spôsobuje nerovnaké zmeny v hodnotách THI. Pri výpočte THI pre teploty 22, 26, 30 a  $34^{\circ}C$  pre relatívne vlhkosti od 10% do 80 % je z výsledkov zrejmé, že pri nižších teplotách dochádza vplyvom vlhkosti k väčším zmenám THI (o 20 až 24 pri teplote  $22^{\circ}C$ , pričom iba maximálne o 13 pri teplote  $34^{\circ}C$  (obr. 4). Je to ďalším potvrdením zníženia obáv z nepriaznivého účinku sprchovania zvierat pri vysokých teplotách vzduchu a jeho sprievodnom zvyšovaní vlhkosti (a teda i THI).

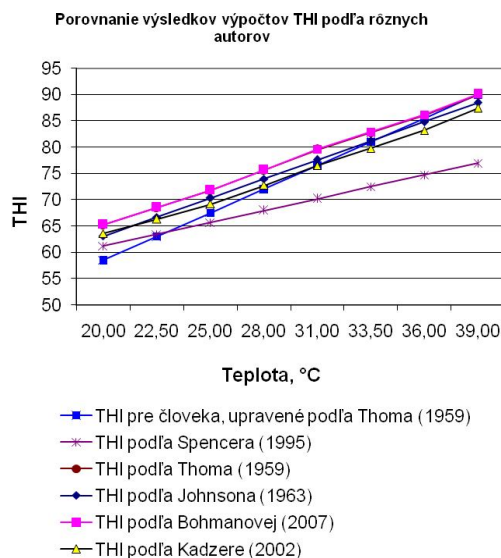


Obr. 3. Príklad vplyvu vlhkosti na výsledný priebeh THI v letnom období (výpočet podľa Thoma)

Pre farmárov sú určené špeciálne merače (heat stress monitoring), ktoré pomáhajú tabuľkovo alebo graficky vyhodnotiť teplotu, relatívnu vlhkosť, ale aj THI s možnosťou kombinácie s meraním rýchlosti prúdenia vzduchu.



Obr. 4. Výsledné zmeny THI pri rôznych teplotách v porovnaní s maximálnou vlhkosťou uvažovanou 80% (výpočet podľa Kadzere et al., 2002).



Obr. 5. Príklad rozdielov výsledných hodnôt THI podľa rôznych autorov počítať pre relatívnu vlhkosť 50%.

## Záver

Vo vnútri objektov pre chov hospodárskych zvierat sa vodné pary do prostredia dostávajú z rôznych prídavných vnútorných zdrojov, ktorými sú okrem samotných zvierat i kŕmne zmesi, pitná voda, technologická voda, exkrementy a pod.). Preto tu spravidla býva obsah vodných pár vyšší, než vo vonkajšom vzduchu. Pri hodnotení klimatických parametrov chovného prostredia sa z dôvodu komplexnosti a objektívnejšieho posudzovania rizika vzniku tepelného stresu odporúča používať teplotu vzduchu spolu

s relatívnou vlhkosťou vzduchu pomocou teplotno-vlhkostného indexu.

Okrem bežne používaného indexu THI sa využíva i tzv. CCTHI (Cooling Capacity/Reduction THI), ktorý na základe stavu prostredia stanovuje ochladzovaciu kapacitu. Účinky solárnej radiácie pri posudzovaní vplyvov extrémne horúceho prostredia na organizmus zohľadňuje tzv. BGHI (Black Globe Humidity Index) využívajúci teplotu meranú guľovým teplomerom namiesto teploty meranej suchým teplomerom. BGHI sa vyznačuje vyššou korelačnou závislosťou k rektálnej teplote a k produkčným ukazovateľom zvierat ako THI, i keď ani tu nie je možné tvrdiť, že je absolútne najvýstižnejšou charakteristikou tepelného stresu.

**Abstrakt.** Príspevok je venovaný dvom dominantným rizikovým faktorom podmieňujúcim vznik hypo- alebo hyper-termie, a to teplote a relatívnej vlhkosti vzduchu a kombináčného spôsobu hodnotenia stavu prostredia prostredníctvom teplotno-vlhkostného indexu THI. Presahom teploty za hranice termoneutrálnej zóny s možnosťou spolupôsobenia ďalších faktorov sa zvieratá stretávajú s rizikom vzniku tepelného stresu. Vplyv vlhkosti pri rôznych teplotách spôsobuje nerovnaké zmeny v hodnotách THI). Pri výpočte THI pre teploty 22, 26, 30 a 34°C pre relatívne vlhkosti od 10% do 80 % je z výsledkov zrejmé, že pri nižších teplotách dochádza vplyvom vlhkosti k väčším zmenám THI (o 20 až 24 pri teplote 22°C, pričom iba maximálne o 13 pri teplote 34°C. Je to ďalším potvrdením zníženia obáv z nepriaznivého účinku sprchovania zvierat pri vysokých teplotách vzduchu a jeho sprievodnom zvyšovaní vlhkosti, a teda i THI. V prevádzkach s produkciou vyššej vlhkosti, je však potrebné sledovať aj stav relatívnej vlhkosti vzduchu, resp. eliminovať hromadenie vlhkosti vhodnými opatreniami.

**Acknowledgement:** Príspevok bol spracovaný s podporou výskumu VEGA/1/0771/09.

## Zoznam použitej literatúry

- Armstrong, D.V. 1994. *Heat stress interaction with shade and cooling*. In: Journal of Dairy Science 77: 2044-2050.
- Bohmanova, J. 2006. Studies on genetics of heat stress. In: US Holsteins. PhD Diss. Univ. Georgia, Athens, GA.
- Bohmanova, J., I. Misztal, and J. B. Cole. 2007. *Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress*. In: J. Dairy Sci. 90:1947-1956.
- Bourroui R. - Lahmar, M. - Majdoub, A. - Djemali, M. - Belyea, R. 2002. *The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows*. In: a Mediterranean climate, Anim. Res., 51: 479 – 491.
- Castaneda, C. A., J. B. Gaughan, and Y. Sakaguchi. 2004. *Relationships between climatic conditions and the behaviour of feedlot cattle*. In: Anim. Prod. Aust. Soc. Anim. Prod. 25, p. 33-36.
- Gates, R. S. - Usry, J.L. - Nienaber, J. A - Turner, L.W - Bridges, T.C. 1991. *An optimal misting method for cooling housing*. In: Transactions of the ASAE, 34(5), 2199-2206.

- Huynh, T.T. - Aarnink, A. J. - Verstegen, M. W. - Gerrits, W. J. - Heetkamp, M. J. - Cahn, T.T. 2005. *Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities*. In: J. Anim. Sci. 83; 1385 – 1396
- Chepete, H.J.; Chimbombi, E.; Tsheko, R. 2005. *Production performance and temperature-humidity index of Cobb 500 broilers reared in open-sided naturally ventilated houses in Botswana*. In: ASAE Annual Meeting, Beijing, 2005. Proceedings. Beijing: Livestock Environment, 2005.
- Johnson, H.D., H.H. Kibler, L. Hahn, M.D. Shanklin, and J. Edmondson. 1963. Evaluation of heat acclimation ability in dairy cattle. In: J. Dairy Sci. 47 : 692.
- Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E. *Heat stress in lactating dairy cows: a review*. In: Livest Prod Sci. 2002;77:59-91. doi: 10.1016/S0301-6226(01)00330-X.
- Linville, D. E. - Pardue, F. E. 1992. Heat stress and milk production in the south Carolina coastal plains. Journal of Dairy Science 75: 2598-2579.
- Marail F. M. - Habeed A. A. M. - Gad A. E. 2002. *Rabbits' productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress: a review*. In: Livestock Prod. Sci., 78, 71-90.
- NOAA. 1976: *Livestock hot weather stress*. In: Operations Manual Letter C-31-76. NOAA, Kansas City, MO.
- NRC. 1971. A Guide to Environmental Research on Animals. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Mc Dowell, R.E., Hooven, N.W., Camoens, J.K.. *Effects of climate on performance of Holsteins in first lactation*. In: J. Dairy Sci., 1976, 59, 965-973.
- Spencer, D.V.M. 1995. Heat abatement programs for Midwest dairies. In: Agric-Practice Vol 14:5.
- Tao, X. - Xin, H. 2003. *Temperature-Humidity-Velocity Index for market-size broilers*. Proceedings of the 2003 In: ASAE Annual International Meeting. Paper n. 034037. Nevada-USA performance of Holsteins in first lactation. J. Dairy Sci. 59, 965-973.
- Thom, E. C. 1959. The discomfort index. Weatherwise 12:57-59.
- Vitali, A. - Segnalini, M. - Bertocchi, L. - Bernabucci, U. - Nardone, A. - Lacetera, N. *Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature - humidity index in dairy cows*. 2009 In: J. Dairy Sci. 92; 3781 – 3790. American Dairy Science Association, 2009. doi: 10.31/jds.2009-2127.
- Zulovich, J. M. - DeShazer, J. A. 1990. *Estimating egg production declines at high environmental temperatures and humidities*. ASAE Paper No. 90-4021. St. Joseph, MI: ASAE.