

# Tepelný stres u dojnic a technická opatření ke snížení jeho účinků

doc. Ing. Jiří Fryč, CSc.

Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální  
techniky

Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně

Tepelný stres je působení vysoké teploty a vlhkosti vzduchu na zvířata.

Hodnotí se pomocí teplotně vlhkostního indexu (THI) nebo pomocí Ekvivalentního teplotního indexu pro skot (ETIC)

# Tepelný stres - Výpočet THI

Kadzere a kol. (2002) použili pro výpočet THI vyjádření 1:

$$THI = 0,72 (T_{wb} + T_{db}) + 40,6 [-] \quad (1)$$

kde:  $T_{wb}$  - teplota vzduchu měřena vlhkým teploměrem [°C];

$T_{db}$  - teplota vzduchu měřena suchým teploměrem [°C].

Castaneda a kol. (2004) pro dojnice upravil vztah 2 následovně:

$$THI = 1,8 \cdot T - (0,55 - 0,0055 \cdot RH) \cdot (1,8 \cdot T) - 26 [-] \quad (2)$$

kde:  $T$  - teplota vzduchu [°C];

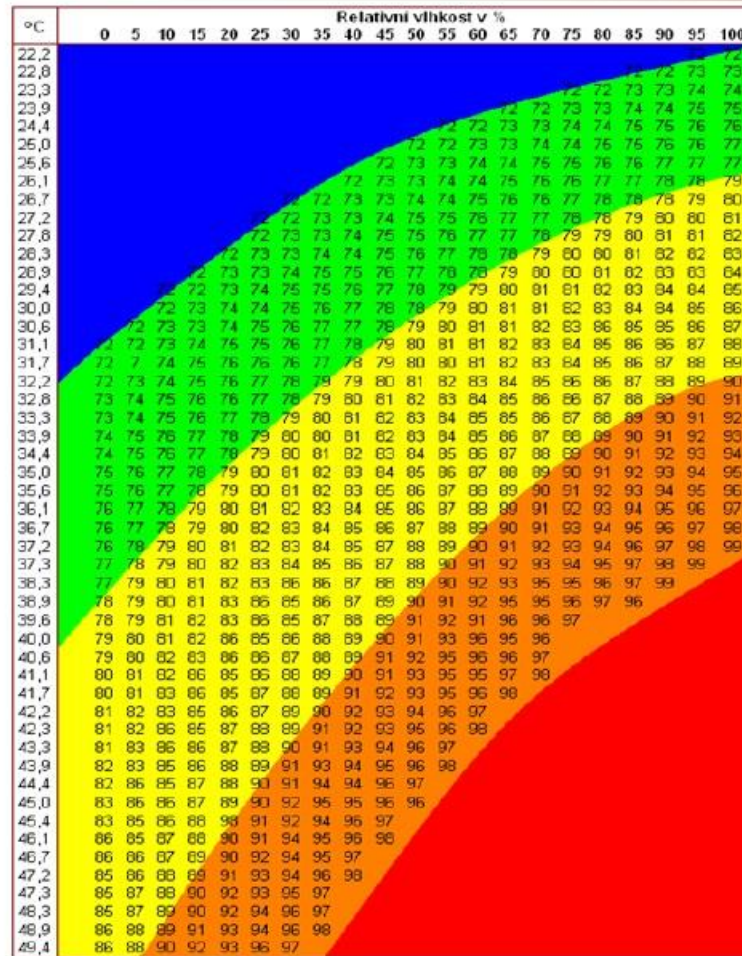
$RH$  - relativní vlhkost vzduchu [%].

Brouček a kol. (2006) použili pro výpočet THI následovní formulaci 3:

$$THI = 0,8 \cdot T_{max} + \frac{RH}{100} \cdot (T_{max} - 14,4) + 46,4 [-] \quad (3)$$

kde:  $T_{max}$  - maximální teplota vzduchu [°C];

$RH$  - relativní vlhkost vzduchu [%].



**STRESOVÉ ZÓNY DOJNIC  
v závislosti  
na tepelně-vlhkostních  
poměrech vzduchu**

**zóna pohody**

**zóna mírného stresu**

**zóna silného stresu**

**zóna extrémně silného stresu**

**smrtící zóna**

**Pozn.: hodnoty v tabulce představují TH index**

Převzato a upraveno dle: Armstrong D.V.,(1994): Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, 77:2044-2050,ISSN: 0022-0302



Temperature		% Relative Humidity																		
°F	°C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
72	22.0	64	65	65	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	
73	23.0	65	65	66	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	71	72	72
74	23.5	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73
75	24.0	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74
76	24.5	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
77	25.0	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76
78	25.5	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77
79	26.0	67	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	76	76	77	77	78
80	26.5	68	69	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	76	77	78	78	79
81	27.0	68	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79	80	81
82	28.0	69	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79	80	81	82
83	28.5	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83
84	29.0	70	70	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84
85	29.5	70	71	72	72	73	74	75	75	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85
86	30.0	71	71	72	73	74	74	75	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86
87	30.5	71	72	73	73	74	75	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	87
88	31.0	72	72	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	87
89	31.5	72	73	74	75	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84	85	86	87	88
90	32.0	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89
91	33.0	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89
92	33.5	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	88	89	90
93	34.0	74	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
94	34.5	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
95	35.0	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
96	35.5	75	76	77	78	79	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
97	36.0	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	91	92	93	94	95
98	36.5	76	77	78	80	80	82	83	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
99	37.0	76	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
100	38.0	77	78	79	81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	96	98
101	38.5	77	79	80	81	82	83	84	86	87	88	89	90	92	93	94	95	96	98	99
102	39.0	78	79	80	82	83	84	85	86	87	89	90	91	92	94	95	96	97	98	100
103	39.5	78	79	81	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	94	96	97	98	99	101
104	40.0	79	80	81	83	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	101
105	40.5	80	80	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	95	96	97	99	100	101	102
106	41.0	80	81	82	84	85	87	88	89	90	91	93	94	95	97	98	99	101	102	103
107	41.5	80	81	83	84	85	87	88	89	91	92	94	95	96	98	99	100	102	103	104

67 a méně Zóna pohody

68 – 71 Mírný tepelný stres

72 – 79 Střední tepelný stres

80 – 89 Vysoký tepelný stres

90 – 98 Extrémní tepelný stres

99 a více Zóna smrti

Obr. 1: Graf závislosti THI na teplotě a relativní vlhkosti vzduchu

převzato z: (Avendano, 2012)

# Ekvivalentní teplotní index pro skot (ETIC)

V poslední době se začíná používat index ETIC, který zohledňuje i rychlost proudění vzduchu a vliv solární radiace.

$$ETIC = T_{db} - 0,0038 \cdot T_{db} \cdot (100 - RH) - 0,1173 \cdot |v| + 0,707 \cdot (39,2 - T_{db}) + 1,86 \cdot 10^{-4} \cdot T_{db} \cdot sr$$

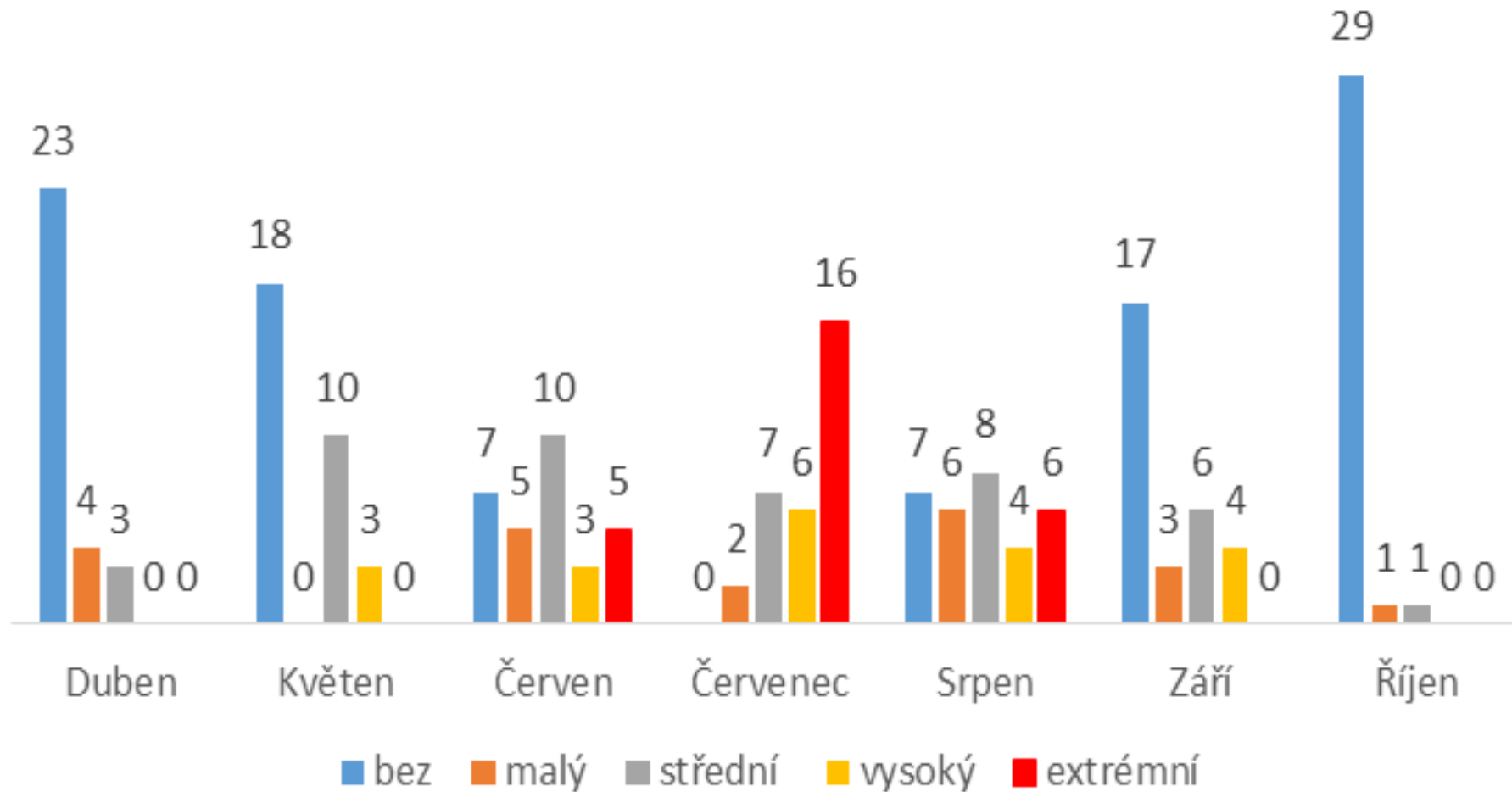
Kde:  $T_{db}$  – teplota vzduchu, ( $^{\circ}\text{C}$ )

RH – relativní vlhkost vzduchu, (%)

$v$  – rychlost proudění vzduchu, ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

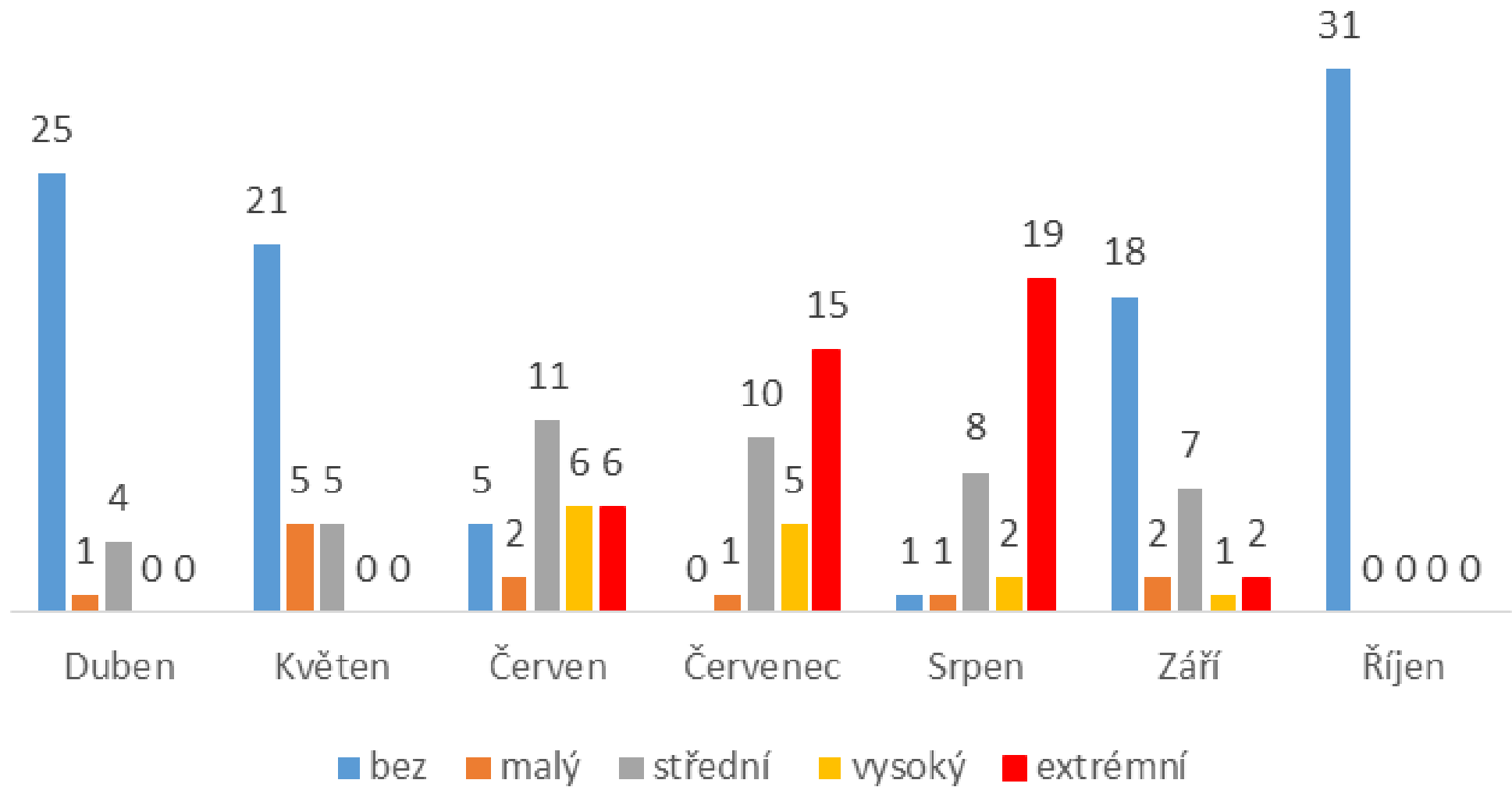
$sr$  – solární radiace, ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ )

2014



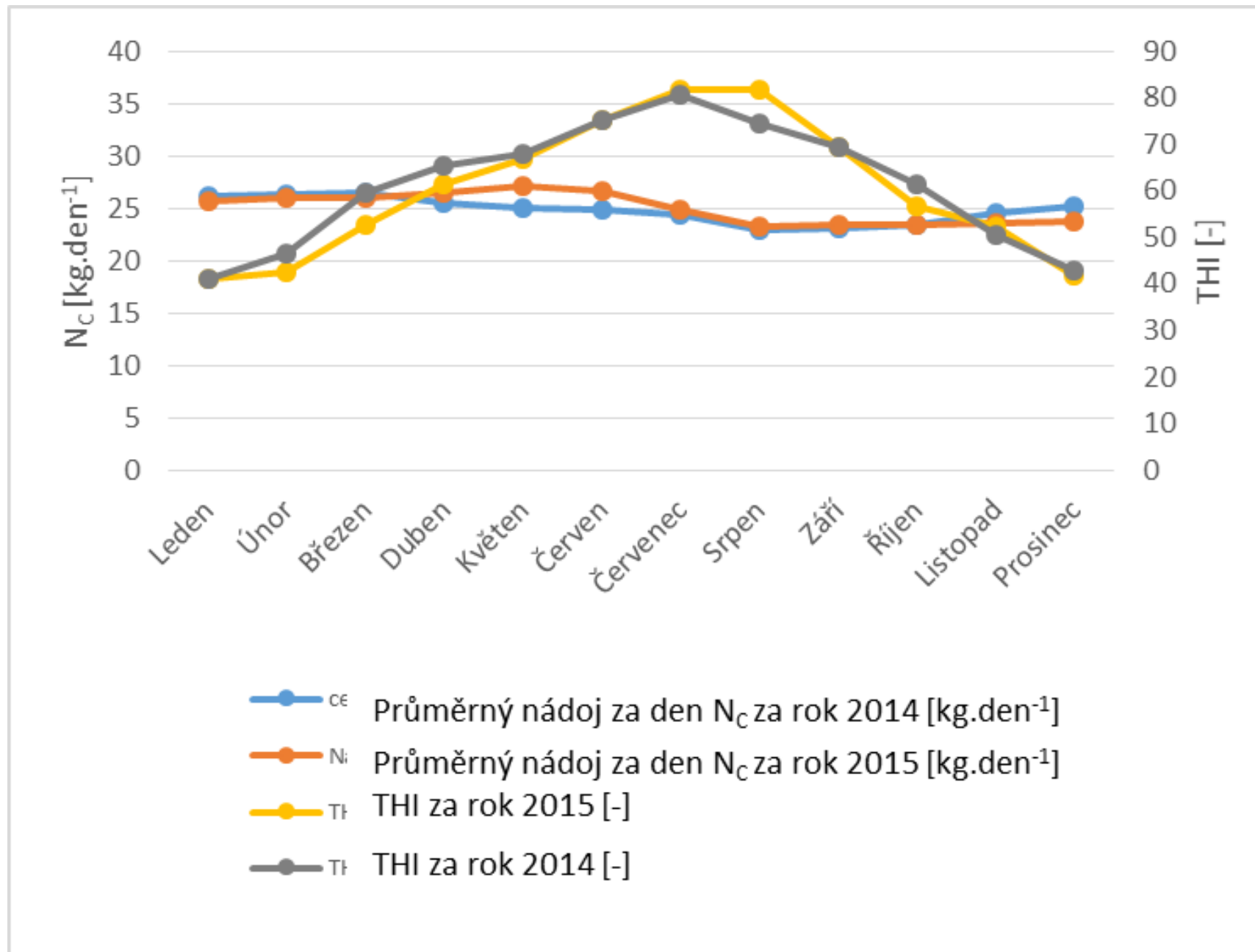
Počet dní v jednotlivých měsících podle stupně tepelného stresu v roce 2014 na farmě v Žabčicích

2015



Počet dní v jednotlivých měsících podle stupně tepelného stresu v roce 2015 na farmě v Žabčicích





Hodnoty THI a průměrného denního nádoje v letech 2014 a 2015 na farmě v Žabčicích

# Technická opatření ke snížení účinků tepelného stresu u dojnic

1. Zvýšení rychlosti proudění vzduchu ve stáji
2. Evaporační chlazení vzduchu
3. Zvlhčování povrchu těla
4. Chlazení vzduchu

## Zvýšení rychlosti proudění vzduchu ve stáji



Zvýšením rychlosti proudění vzduchu dojde k intenzivnějšímu ochlazování povrchu těl zvířat.



Zvýšení rychlosti proudění vzduchu ve stáji

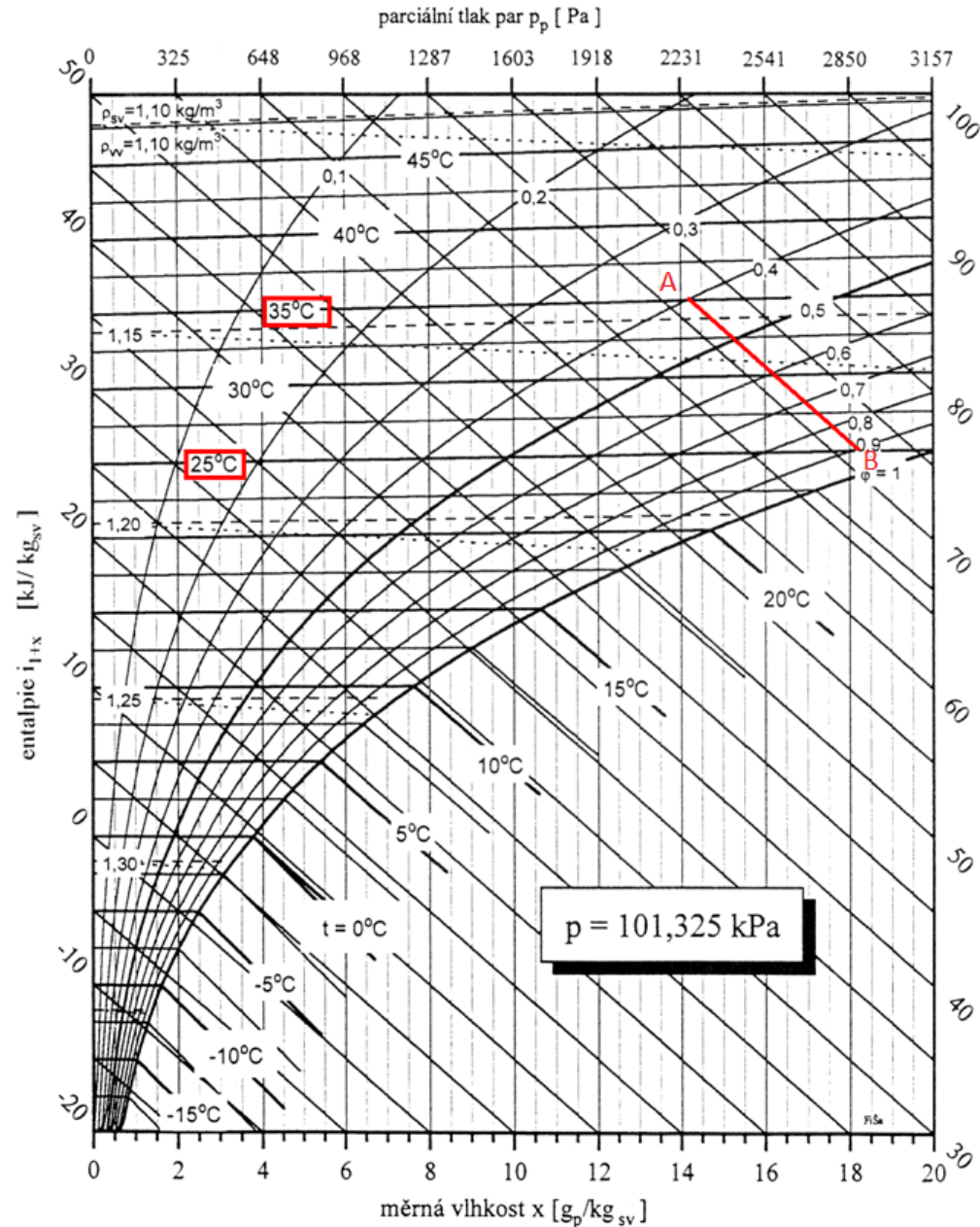


## Evaporační chlazení vzduchu

Do vzduchu se rozprašuje voda s cílem vytvořit co nejmenší kapičky vody. Ty se následně rychle odpaří. Na změnu skupenství z kapalného na plynné je zapotřebí velké množství tepelné energie, která je odebrána vzduchu a tím dojde k jeho ochlazení.



7.4 Mollierův  $i$ - $x$  diagram vlhkého vzduchu pro standardní tlak  $p_{vv} = 101,325 \text{ kPa}$ ,  $x \in < 0; 20 > \frac{\text{g}_p}{\text{kg}_{sv}}$  a teploty  $t \in < -20; 50 > ^\circ \text{C}$



Znázornění evaporačního chlazení v Mollierově diagramu  
 Tento děj je znázorněn jako izoentalpický (zanedbáváme množství energie v rozprašované vodě). Na vstupu máme vzduch v bodě A. Teplota je 35°C a relativní vlhkost je 40 %. Když rozprašíme 4 g vody v 1 kg vzduchu (měrná vlhkost se změní ze 14,2 g.kg<sup>-1</sup> na 18,2 g.kg<sup>-1</sup>), což při hustotě vzduchu 1,13 kg.m<sup>-3</sup> znamená rozprašit 4,5 g vody v 1 m<sup>3</sup> vzduchu, získáme po odpaření vody vzduch o parametrech v bodě B, což je teplota 25°C a relativní vlhkost je 90 %.



Ventilátor doplněný o rozvod tlakové vody s tryskami pro evaporační chlazení vzduchu





# Evaporační chlazení zvířat Zvlhčování povrchu těla

Voda se rozstříkuje přímo na povrch těl zvířat. Dochází ke stejnému efektu jako při pocení. Na odpaření vody je potřeba velké množství tepelné energie a ta je odebírána přímo z těl zvířat a tím dochází k intenzivnímu ochlazování zvířat.



Vytváření vodní mlhy s většími kapkami,  
které dopadají na povrch těl zvířat.



Trysky, které stříkají vodu přímo na zvířata.



# Chlazení vzduchu

Je nutno ochlazený vzduch rozvést do zóny pobytu zvířat. Zatím se nepoužívá, protože je investičně i provozně velmi nákladné.

Takové řešení by podle studie prof. Adamovského i v podmínkách ČR bylo návratné asi za 4 roky. (Studie byla řešena před rokem 2020.)

Vzhledem k výrazným změnám cen energií i tepelných čerpadel je velmi nepravděpodobné, že by se této technologii v brzké budoucnosti využívalo.



# Kontrolní otázky

- Jak definujeme tepelný stres?
- Jaké jsou technické možnosti snížení účinku tepelného stresu na dojnice?
- Vysvětlete funkci evaporačního chlazení.
- Bude fungovat evaporační chlazení vzduchu, když bude mít venkovní vzduch vysokou relativní vlhkost?