

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Tepelný stres, vliv teploty prostředí na příjem krmiva a  
produkcii dojníc**

**Diplomová práce**

**Bc. Miroslava Kotová**

**N-AMP-AMPKS komb**

**Vedoucí práce doc. Ing. Boris Hučko, CSc.**

© 2023 ČZU v Praze



### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Tepelný stres, vliv teploty prostředí a krmiva na produkci dojnic" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14. 4. 2023

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Borisi Hučkovi CSc. za odbornou pomoc, podnětné připomínky a čas, který mi věnoval při tvorbě práce. Dále bych poděkovala panu Martinu Cukrovi, hlavnímu zootechnikovi ve firmě ZAS Bečváry za spolupráci, poskytnutí dat a přístupů k nim.

# Tepelný stres, vliv teploty prostředí na příjem krmiva a produkci dojníc

## Souhrn

V posledních letech přibývá horkých letních dnů, což negativně ovlivňuje pohodu zvířat a jejich zdraví, což může mít za následek ekonomické ztráty v důsledku sníženého příjmu krmiva.

Zabývali jsme se otázkou vlivu předpokládaného tepelného stresu na vybrané ukazatele. Sledované hodnoty zahrnovaly nejvyšší denní hodnoty naměřeného THI (teplotně – vlhkostního indexu), denní příjem krmiva a dojivost. Současně byly sledovány obsah tuku a močoviny v mléce. Předpokládali jsme, že tepelný stres snižuje příjem krmiva a v důsledku toho i dojivost. Zhoršuje kvalitu trávení bílkovin a způsobuje pokles obsahu tuku v mléce.

Vybrané ukazatele byly sledovány v období od 1. června do 31. října roku 2021 v zemědělském podniku ZAS Bečváry a.s. V tomto období bylo celkem 26 dnů, kdy hodnota THI dosahovala hodnot 72 a vyšší, tedy bodu, při kterém jsme předpokládali riziko vzniku tepelného stresu. Pro hodnocení jednotlivých ukazatelů byla zjišťována existence závislosti mezi hodnotami maximálního naměřené hodnoty THI a vybranými ukazateli pomocí regresní a korelační analýzy.

Závislost na teplotě a vlhkosti prostředí se prokázala u dojivosti, obsahu tuku a příjmu krmiva. Naopak u močoviny se neprokázala. Mezi tepelným stresem a příjmem krmiva byl prokázán slabý nepřímý vztah ( $r_s = -0,18$ ). S rostoucím tepelným stresem tedy klesá příjem krmiva. Tato skutečnost se ovšem neprokázala u dojivosti, která rostla ve dnech vysoké tepelné zátěže. Pokud vzrostl příjem krmiva o 1 kg/ks, dojivost se průměrně snížila o 0,131 l/ks. Na 5 % hladině významnosti se neprokázalo, že by se průměrné hodnoty močoviny významně lišily ve dnech, kdy je hodnota THI nad 72 oproti dnům, kdy je hodnota THI pod 72. V obou skupinách vyšly velmi podobně kolem 24,9 mg/100 ml. V případě korelace byl mezi tepelným stresem a močovinou prokázán slabý přímý vztah ( $r_s = 0,21$ ), to znamená, že s rostoucím tepelným stresem roste hodnota močoviny a kvalita trávení bílkovin se zhoršuje. Pokud vzroste hodnota THI o 1 jednotku, močovina se průměrně zvýší o 0,802 mg/l. Mezi tepelným stresem a obsahem tuku byl prokázán nepřímý středně silný vztah ( $r_s = -0,63$ ). S rostoucím tepelným stresem klesá obsah tuku.

**Klíčová slova:** stres, teplota, vlhkost, krmivo, produkce, mléko

# Heat stress, effect of ambient temperature on feed intake and production of dairy cows

## Summary

There are more and more hot summer days which influences negatively welfare of animals and their health. The consequences of this fact can be economic loss as the income of feed is lowered.

We dealt with a question what is the influence of anticipated heat stress on selected indicators. Those were the highest daily values of THI (temperature and humidity index), daily feed intake and milk production. Fat content and urea in milk were observed as well. We assumed that heat stress lowers feed intake and milk production, respectively. It also worsens quality of protein digestion and it decreases fat content in milk.

Selected indicators were observed in the period between 1<sup>st</sup> June and 31<sup>st</sup> December 2021 in agricultural production farm ZAS Bečváry, joint-stock company. In this period, there were 26 days when THI index reached value 72 and higher, so to the point where we assumed the risk of heat stress emergence. The existence of values dependence of maximal measured THI and the selected indicators were found out by the aid of regression and correlation analysis. The selected indicators were evaluated.

Dependence on temperature and humidity has been shown in milk production, fat content and feed intake. It has not been proved in urea. There was a weak indirect relationship ( $r_s=-0.18$ ) between heat stress and feed intake. As heat stress rises, feed intake decreases. However, milk production has risen even in the days with high thermal load. When feed intake increased in 1 kg per animal, milk production decreased in 0.131 litre per animal.

It has not been shown on 5 per cent level of importance that average values of urea would change significantly in the days when THI was above 72 in comparison with the days when THI was below 72. There was very similar THI in both sets – approximately 24,9 mg/100 ml. Correlation between heat stress and urea has shown weak direct relationship ( $r_s=0.21$ ). It means that values of urea grow with increasing heat stress and the quality of protein digestion worsens. When the value of THI increases in 1 unit, urea increases on average in 0.802 mg/l. Indirect moderately strong relationship ( $r_s=-0.63$ ) has been demonstrated between heat stress and fat content which decreases with increasing heat stress.

**Key words:** stress, temperature, humidity, feed, production, milk

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Cíl práce a vědecká hypotéza</b> .....	<b>10</b>
<b>Literární rešerše</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1. Stres</b> .....	<b>11</b>
3.1.1. Tepelný stres .....	12
3.1.2. Příznaky tepelného stresu.....	12
3.1.3. Důsledky tepelného stresu.....	13
<b>3.2. Produkce mléka</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3. Měření tepelného stresu</b> .....	<b>17</b>
3.3.1. Nejčastěji sledované hodnoty .....	18
3.3.1.2. Relativní vlhkost ovzduší (RH) .....	18
3.3.1.3. Teplotně – vlhkostní index (THI) .....	19
3.3.1.4. Index tepelné zátěže (HLI).....	20
<b>3.4. Chovatelské strategie pro zmírnění tepelného stresu</b> .....	<b>20</b>
3.4.1. Technologie chovu .....	21
3.4.1.1. Fyzikální metody ochlazování.....	21
3.4.1.1.1. Stínění.....	22
3.4.1.1.2. Ventilace.....	22
3.4.1.1.3. Klimatizace .....	22
3.4.1.1.4. Lokální ochlazování .....	22
3.4.1.1.5. Evaporační ochlazování.....	23
3.4.1.1.6. Ochlazování stájových konstrukcí .....	24
<b>3.5. Výživa a krmení</b> .....	<b>24</b>
<b>4. Materiál</b> .....	<b>27</b>
<b>4.1. Charakteristika podniku</b> .....	<b>27</b>
4.1.1. Charakteristika plemene .....	27
4.1.2. Technika a technologie chovu.....	27
<b>4.2. Charakteristika sledovaného souboru</b> .....	<b>28</b>
<b>5. Výsledky</b> .....	<b>30</b>
<b>5.1. Vliv tepelného stresu na příjem krmiva a dojivost</b> .....	<b>30</b>
<b>1.2. Vliv tepelného stresu na koncentraci močoviny v mléce</b> .....	<b>36</b>
<b>1.3. Vliv tepelného stresu na obsah tuku v mléce</b> .....	<b>39</b>
<b>6. Diskuse</b> .....	<b>43</b>
<b>6.1. Hypotéza: Tepelný stres snižuje příjem krmiva a dojivost.</b> .....	<b>43</b>

6.2.	Hypotéza: Tepelný stres zhoršuje kvalitu trávení bílkovin. ....	43
6.3.	Hypotéza: V důsledku tepelného stresu klesá obsah tuku v mléce. ....	44
8.	Závěr .....	45
9.	Literatura.....	46
10.	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	53
11.	Samostatné přílohy.....	54



## 1 Úvod

V současné době je kladen stále větší důraz na vytváření komfortního prostředí pro zvířata, což je jedním z předpokladů úspěšnosti chovu. Technologií chovu, úrovní výživy a technikou krmení je do velké míry ovlivněna ekonomika chovu.

Tepelný stres se stává jedním ze stěžejních problémů, které působí na produkci mléčného skotu u nás i ve světě. Vysoké teploty a vlhkost způsobují snížení příjmu krmiva, což negativně ovlivňuje reprodukci a v důsledku toho i snížení produkce mléka. Současně může dojít i ke snížení jeho kvality. Kategorie, která je na tepelný stres nejcitlivější jsou dojnice s vysokou produkcí na vrcholu laktace. Tyto dojnice jsou zaměřené hlavně na produkci a potřebují maximálně využít energii z krmiva. Produkce metabolického tepla se zvyšuje a dochází k narušení jejich homeostáz. Skot, který je stresovaný teplem přizpůsobuje redukcí tělesného tepla prostřednictvím termoregulačních mechanismů, které následně mohou ovlivnit účinnost konverze krmiva a vést ke snížení produkce mléka.

Aby chovatelé předešli tomuto problému vybavují stáje rozprašovači a ventilátory, které pomáhají dojnice ochlazovat během vysokých letních teplot.

Negativní působení tepelného stresu lze ovlivnit vhodnými krmivářskými opatřeními. Optimální nastavení krmné dávky a správná technika krmení pomáhají zajistit dostatečný přísun živin a vyrovnat nutriční nedostatky. Dalším důležitým prvkem je četnost podávaných krmných dávek a pravidelné přihrnování krmiva. Výživa a krmení je jedním z důležitých opatření pro snížení dopadů tepelného zatížení na skot.

Předpovědi expertů na vývoj klimatu ve světě nejsou optimistické. Vzhledem k těmto předpovědím narůstajícího globálního oteplování je možno předpokládat, že hledání řešení problematiky tepelného stresu u hospodářských zvířat bude stále naléhavější.

## 2. Cíl práce a vědecká hypotéza

Cílem práce bylo vyhodnotit, zda se období zvýšené tepelné zátěže projeví na příjmu krmiva, dojivosti a některých složek mléka. U vybraného podniku ZAS Bečváry a. s. sledovat provozní data a na základě těchto dat vyhodnotit vliv teploty a vlhkosti prostředí na příjem krmiva a produkci mléka u dojnic.

Hypotézy:

- 1) Tepelný stres snižuje příjem krmiva a dojivost.
- 2) Tepelný stres zhoršuje kvalitu trávení bílkovin.
- 3) V důsledku tepelného stresu klesá obsah tuku v mléce.

## Literární rešerše

S narůstající užitkovostí, navyšujícím se tělesným rámcem, ale také se zvyšováním počtu dnů s vysokou teplotou, se otázka tepelného stresu u skotu stává významným faktorem pro udržení konstantního nádoje, reprodukce stáda a dobrého zdravotního stavu zvířat. Trávení přijatého krmiva zvyšuje produkci tepla. Tato „vnitřní“ tepelná produkce v kombinaci s vysokými teplotami prostředí může u skotu vyvolat tepelný stres s chovatelsky negativními důsledky (Doležal et al., 2010). V podmínkách tepelného stresu se snižuje příjem krmiva, což vede ke snížení dodávek živin potřebných pro tvorbu mléka. To má za následek snížení roční mléčné užitkovosti krav (Flamenbaum, 2020).

### 3.1. Stres

Stres (angl. stress = napětí, tlak, zátěž) je biologickou odpovědí na podnět označovaný jako stresor, který dokáže narušit stálé vnitřní prostředí těla, homeostázu (Chmelíková et al., 2022).

V roce 1865 popsal Claude Bernard stres jako schopnost organismu udržovat konstantní, vnitřní prostředí, v buňkách těla – „*milieu intérieur*“ – což je nezbytné pro život nezávislý na vnějším prostředí (Goldstein & Kopin, 2007).

Cannon následně zavedl termín „homeostáza“ Homeostáza byla definována jako „koordinované fyziologické procesy, které udržují v organismu ustálený stav“. Cannon také navrhl „odpověď na boj nebo útěk“ jako hlavní mechanismus, kterým organismus reaguje na stres nebo nebezpečí. Selye následně rozšířil definici stresu tak, aby zahrnovala „nespecifickou reakci těla na jakýkoli požadavek, který je na něj kladen“ (Goldstein & Kopin, 2007).

Selye definoval tři stádia obecného adaptačního syndromu (GAS) neboli syndromu biologického stresu. (Goldstein & Kopin, 2007). První fází je rozpoznání škodlivého činitele. Druhou fází je odolnost nebo přizpůsobení těla stimulům. Tato fáze je také označována jako poplachová reakce. Poslední fází, pokud stres přetrvává, je fáze vyčerpání, kdy se získaná adaptace ztrácí a vede k onemocnění nebo smrti organismu. Tato definice byla důležitá, protože zahrnovala prvek času nebo trvání do stresové reakce, což je rozhodující pro rozlišení mezi akutním a chronickým stresem (Chen et al., 2015). Na konci dvacátého století považovali McEwen a Goldstein stres buď za vědomě či nevědomě pociťovanou hrozbu homeostáze, která existuje v rozmezí specifických parametrů (Goldstein & Kopin, 2007). Tato definice uznává, že homeostatický stav se může v průběhu času posunout a lišit se mezi jednotlivci v populaci.

### 3.1.1. Tepelný stres

Je všeobecně známo, že teplota prostředí hraje nedílnou roli při udržování zdraví a produktivity skotu. Ačkoliv bylo popsáno, že stres z chladu negativně ovlivňuje pohodlí a welfare skotu, dopad horkého počasí na skot má stále větší význam, především ve spojení se změnou klimatických podmínek (Lees et al., 2019).

Skot má velmi dobré termoregulační schopnosti. Prostředí s nízkými teplotami mu však vyhovuje mnohem lépe. Příčinu je třeba hledat v nepoměru výroby a výdeje tepla v organismu. Skot produkuje velké množství tepla (zejména mikrobiální činností předžaludků), avšak díky relativně malému povrchu těla (6 m<sup>2</sup>) se přebytečného tepla zbavuje obtížně. Pokud pobývá v chladnějších podmínkách prostředí, výdej tepla je pro něj snadnější z důvodu většího rozdílu teplot mezi organismem a prostředím. Vysoké teploty prostředí výdej tepla ztěžují a organismus musí zapojit jiné, tzv. aktivní termoregulační mechanismy, které však spotřebovávají na svou činnost energii, která by byla za nejpříznivějších teplotních podmínek využita k tvorbě mléka, přírůstků živé hmotnosti apod. (Knížková & Kunc, 2010).

### 3.1.2. Příznaky tepelného stresu

Mezi hlavní příznaky tepelného stresu patří zvýšený příjem vody a snížený příjem krmiva, dále zvýšení dechové frekvence na více jak 60 dechů za minutu, nárůst rektální teploty nad 39,3°C, zvýšení tepové frekvence až na 81 pulsů za minutu, dilatace krevních cév, intenzivní pocení a snížená frekvence kálení (Zejdová et al., 2014). Známky tepelného stresu jsou zobrazeny na obrázku č. 1.

V podmínkách tepelného stresu, při teplotě 25 – 27°C, zkrácením doby přežvykování dochází k redukci příjmu krmiva o 5–15 %, při teplotě na 30°C až o 40 %.

- zkracuje se doba pobytu v krmišti, zvláště mezi 12. až 18. hodinou odpolední
- zkrácení doby přežvykování až o 10 %
- snížení peristaltiky střev a rotace bachoru (Doležal & Staněk, 2015)
- spotřeba napájecí vody se zvyšuje vzhledem k obrovským ztrátám vody evaporací
- příjem vody se může za vysokých teplot zvýšit o více než dvojnásobek, a to zvláště u vysoko užitkových dojnic
- prodlužuje se doba příjmu vody, a to až 2,5 x
- snižuje se výdej vody výkaly, a to až o 1/3, výkaly zvyšují svou sušinou (Doležal et al., 2010)

Dalším příznakem, který doprovází tepelný stres je nápadně mělké a zrychlené dýchání a slinění. Při dlouhodobém působení vysokých teplot se začíná vylučovat pot, který ale není u skotu tak nápadný jako např. u koní. Při maximální činnosti potních žláz pot stéká po těle (Doležal & Staněk, 2015).

Dojnice mění své chování při krmení a pití. Potravu přijímají v chladnější části dne a zvyšují příjem vody. Když se okolní teplota zvyšuje, skot výrazně zvýší produkci tepla (Sammad et al., 2020). Odhaduje se, že náklady na záchovu se u laktujícího mléčného skotu během tepelného stresu zvýší až o 25–30 % (Ammer et al., 2018). Dojnice stresované teplem spotřebují méně krmiva a následně méně přežvykují, což má za následek snížení množství pufrovacích látek (přežvykování je primární stimulant produkce slin) vstupujících do bachoru. Navíc, kvůli redistribuci průtoku krve do periferie (ve snaze zvýšit odvod tepla) a následnému snížení dodávané krve do gastrointestinálního traktu, čímž se narušuje proces trávení.

Jestliže se tělesná teplota skotu odchyluje od termoneutrální zóny krav (komfortní zóny), dochází u něj buď k projevům tepelného nebo chladového diskomfortu (stresu). Termoneutrální zóna je teplota těla krávy, kdy je zachována normální, tedy fyziologická teplota a produkce tepla je na bazální úrovni. Ta je ovlivněna věkem, plemenem, kvalitou a množstvím přijatého krmiva, produkcí mléka, ustájením a chovným prostředím, chováním zvířete, stavem kůže a srsti aj. (Doležal & Staněk, 2015). Uprostřed termoneutrální zóny je minimální metabolická produkce tepla i energetické výdaje. Většina produkčních procesů je nejvíce efektivních a zvíře je v termickém komfortu. Tato zóna je ohraničená spodní kritickou teplotou a horní kritickou teplotou. Uprostřed této zóny je regulace tělesné teploty fyzikální (tj. přizpůsobením izolace), ale pod spodní kritickou teplotou a nad horní kritickou teplotou jsou na termoregulaci zvýšené energetické náklady (Zejdová et al., 2014). U skotu leží termoneutrální zóna mezi tzv. horní a dolní kritickou teplotou prostředí, která je u dospělého skotu mezi -6 až 16 °C (Doležal et al., 2015). Dle Zejdové et al., (2014) je to -5 až 20 °C, Girma, Gebremariam, (2019) předpokládá rozsah -2 až 20 °C. Sammad et al. (2020) uvádí horní rozhodnou hranici 25 °C, Meneses et al. (2021) dokonce 34 °C. Nelze tedy vymezit konkrétní hodnotu, protože vždy záleží na aktuálním stavu zvířete (užitkovost, zdravotní stav, individualita) a zároveň i na hodnotách dalších mikroklimatických hodnot (relativní vlhkost, rychlost proudění vzduchu atd.) (Zejdová et al., 2014).

### 3.1.3. Důsledky tepelného stresu

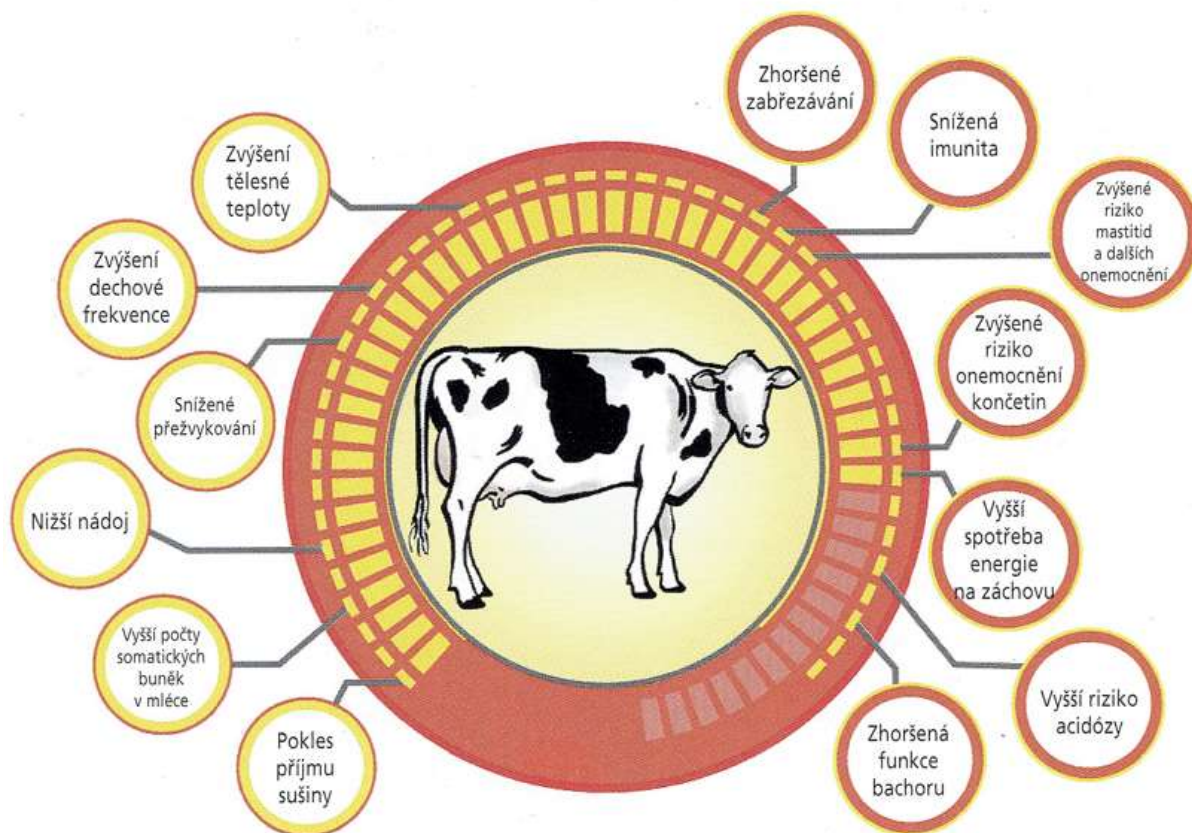
Tepelný stres se u dojnic projevuje různými způsoby, viditelnými i neviditelnými, jak je znázorněno na obr. 1. Při teplotě nad 22°C se snižuje příjem krmiva a situace se ještě zhoršuje při vysoké relativní vlhkosti.

Pro kompenzaci poklesu příjmu krmiva dochází ke zvýšení mobilizace tělesných rezerv (Pascard et al., 2020). Vysoké teploty mohou ovlivnit bachorové mikroorganismy, které syntetizují vitaminy B, aminokyseliny a mastné kyseliny, na kterých do značné míry závisí výživa přežvýkavců. (Aganga et al., 1990).

Tepelný stres současně ovlivňuje energetický i vodní metabolismus (Silanikove, 1992) a zvyšuje objem plazmy a extracelulární tekutiny úměrně k termoregulačním požadavkům stresované dojnice. Krávy vystavené tepelnému stresu mívají zvýšený obsah vody v bachoru v důsledku zrychleného obrátu vody (Silanikove, 1989).

## Viditelné známky tepelného stresu

## Neviditelné známky tepelného stresu



Obr. 1. Viditelné a neviditelné známky tepelného stresu (Berka, 2020)

Tepelný stres zvyšuje ztrátu tělesných tekutin kvůli pocení a lapání po dechu. Pokud tento stav nekontrolovatelně pokračuje, pak může ztráta tekutin dosáhnout kritické úrovně, stává se hrozbou pro termoregulaci a kardiovaskulární funkce (Silanikove, 1994). Dalším důsledkem je ztráta elektrolytů pocením (Pascard et al., 2020).

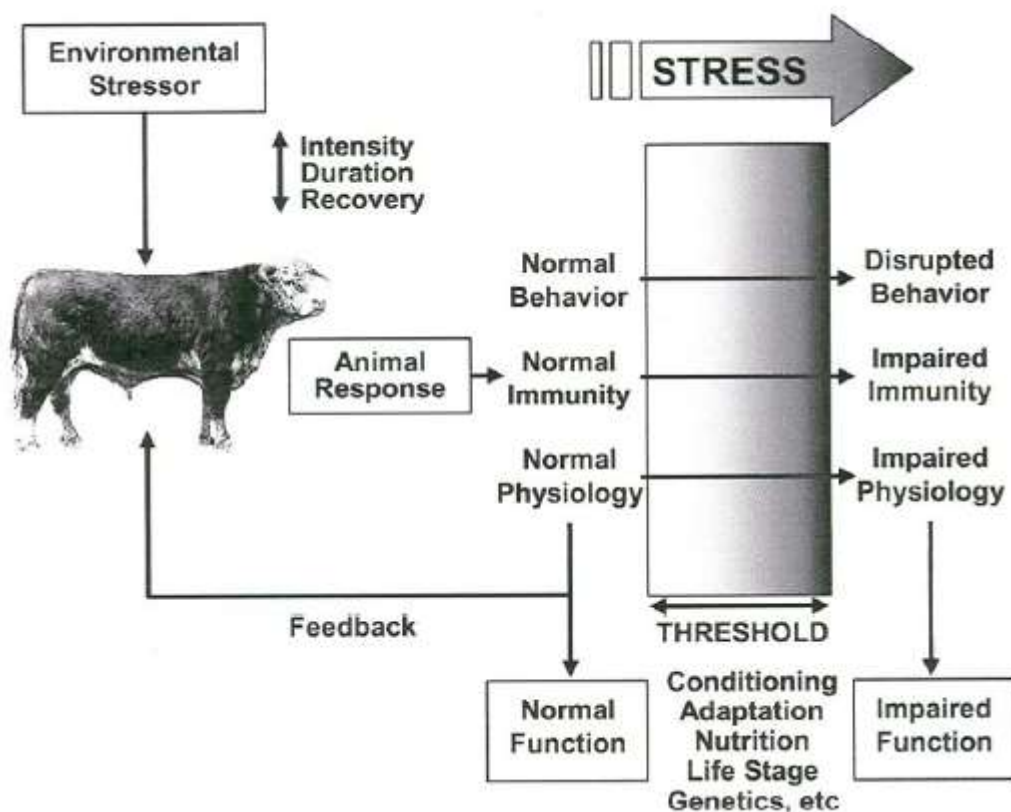
Vysoké teploty prostředí mohou vyvolat změny v činnosti a funkci trávicího traktu, které jsou nezávislé na změnách v příjmu krmiva. Zvýšení teploty prostředí má přímý negativní vliv na centrum chuti k jídlu v hypothalamu a vede ke snížení příjmu krmiva (Katzere et al., 2002). Krávy stresované teplem spotřebují méně krmiva a následně méně přežvykují, což má za následek snížené množství pufovacích látek (přežvykování je primární producent slin) vstupujících do bачoru. Kromě toho, kvůli redistribuci průtoku krve do periferie (ve snaze zvýšit odvod tepla) a následnému snížení dodávky krve do gastrointestinálního traktu, jsou produkty trávení (tj. těkavé mastné kyseliny) absorbovány méně účinně, což vede ke zvýšení celkového obsahu těkavých mastných kyselin v bачoru (a tím snižuje pH) (Katzere et al., 2002). Kromě toho zrychlené dýchání zvyšuje vylučování CO<sub>2</sub> a dojnice se dostává do respirační alkalózy. Pro udržení vyrovnaného pH krve zvíře následně vyloučí bikarbonáty ledvinami, což vede k metabolické acidóze. Ztráta sodíku nadměrným sliněním navíc riziko

acidózy prohlubuje (Pascard et al., 2020). Krávy v tepelně neutrálních podmínkách obvykle konzumují 12 až 15 krmení denně, ale během tepelného stresu snižují frekvenci na 3 až 5 krmení denně. Snižená frekvence krmení je doprovázena příjmem většího objemu krmiva a tím i vyšší tvorbou kyselin po jídle. Chronická hypertemie způsobující těžkou nebo prodlouženou apetenci by také mohla vést k subklinické a akutní bachorové acidóze (Katzere et al., 2002). U zvířat stresovaných teplem bylo zaznamenáno mírné zvýšení stravitelnosti složek krmiva v důsledku sníženého příjmu. (Christopherson et al., 1983). Při tepelném stresu dochází k pomalejšímu průchodu tráveniny trávicím traktem, což vede ke zvýšení koeficientů stravitelnosti. (Robethslaw, 1981). Stravitelnost živin v celém trávicím traktu tedy přímo souvisí s časem průchodu tráveniny. Pomalejší průchod tráveniny u zvířat vystavených tepelnému stresu je důsledkem sníženého příjmu krmiva (Katzere et al., 2002).

Tepelný stres ovlivňuje buněčnou morfologii a procesy, jako je apoptóza (programovaná buněčná smrt) a proliferace (přestavba buněčným dělením) v mléčné žláze. Tepelný šok *in vitro* v pojivové tkáni a epitelální tkáni má za následek řadu morfologických změn včetně struktury a funkce plazmatické membrány, narušení Golgiho komplexu, mitochondriálních změn cytokreletárních prvků (Laszlo, 1992). V mléčné tkáni zhoršuje tepelný stres syntézu proteinů mléčných epitelálních buněk (MEC), mění organizaci keratinových a aktinových vláken a reguluje geny podílející se na buněčném růstu a duktálním větvení při podpoře exprese genů zapojených do apoptotických, fagocytických a buněčných odpovědí na přežití (Sonna et al., 2002).

Tepelný stres může nepříznivě působit na vemeno a tím snížit dojivost. Dojnice jsou v letní sezóně náchylnější k mastitidám. Stres během období stání na sucho může spustit involuci mléčné žlázy doprovázenou apoptózou a autofagií, snížení množství epitelálních buněk mléčné žlázy, které mohou způsobit snížení dojivosti (Wohlgemuth et al., 2016). Tepelný stres může oslabit imunitní systém, který nakonec usnadní mastitogenní infekce vemene (Giesecke, 1985). Dále může tepelný stres bránit proudění glukózy do mléčných žláz (Wheelock et al., 2010). Bylo zjištěno, že tepelný stres ovlivňuje kolísání oxidativního metabolismu glukózy a tím řídí počet sekrečních buněk a úroveň aktivity sekrece a celistvost sekrečního epitelu vemene. Vysoká teplota a vlhkost jsou velmi příznivé pro růst bakterií způsobujících mastitidy, jako jsou streptokoky. Snížená imunita při tepelném stresu může navýšit riziko vzniku onemocnění (Pragna et al., 2017).

Dokonce, i když není dojnice v tepelném stresu v průběhu laktace, může vnímat jeho negativní důsledky, pokud došlo k tepelnému stresu během stání na sucho. Dojnice, které byly v tepelném stresu během období sucha omezují produkci mléka o 3–7,5 kg/ den. Byly zaregistrovány i vyšší výskyty zdravotních komplikací v další laktaci (Dado-Senn et al., 2019). Dojnice, které se otelily v průběhu horkých letních měsíců, mívají s velkou pravděpodobností celou další laktaci nižší užitkovost. Pokles užitkovosti přetrvává i v po stresovém období po navrácení teploty na původní úroveň termoneutrální zóny, tedy do optimálních teplotních podmínek (Knížková & Kunc, 2019). Reakce zvířat na potencionální stresory prostředí ukazuje obrázek č. 2.



Obr. 2. Reakce zvířat na potenciaální stresory prostředí, které mohou ovlivnit výkon a zdraví (DeShazer, 2009).

### 3.2. Produkce mléka

Laktace sama o sobě je pro dojnici velkým stresem a značná část živin získaných z krmiva je využita k syntéze mléka. Dojnice během ranné laktace zažívají negativní energetickou bilanci, aby podpořily vysoké nároky na laktaci. Dochází k významným změnám energetického metabolismu, z důvodu zajištění příjmu krmiva a živin procházejících z tkání do mléčného systému. Kvůli sníženému příjmu krmiva a zvýšeným nárokům na záchovu snižují dojnice v tepelném stresu dojivost, a i přesto jsou v negativní energetické bilanci (Moore et al., 2005). Předpokládalo se, že snížený příjem krmiva způsobený tepelným stresem je primární příčinou snížení dojivosti. Nyní se však ukázalo, že snížený příjem krmiva je zodpovědný pouze asi za 35 % poklesu produkce mléka. Hlavním důsledkem tepelného stresu jsou změny v rozdělování živin, které jsou nezávislé na příjmu (Rhoads et al., 2009). Studie Whellock et al., 2010 tvrdila, že nižší laktaci způsobil 50 % pokles příjmu krmiva, který nastal v důsledku tepelného stresu. Další příčiny byly způsobeny změnami v postabsorbčním metabolismu glukózy a lipidů nezávislými na příjmu.

Během tepelného stresu dochází k poklesu mléčné užitkovosti a může být ovlivněna celková produkce za laktaci (Zejdová et al., 2014). Tepelný stres nepříznivě ovlivňuje produkci mléka a jeho složení. Poklesne dojivost a zvýší se počet somatických buněk. Jestliže tělesná teplota dojnice vzroste nad 35 °C dochází k poklesu příjmu krmiva a metabolickým problémům.



Vzhledem k poklesu příjmu krmiva dochází u dojnic ke snížení produkce mléka až o 50 %. Na začátku laktace se produkce mléka snižuje o 14 % a uprostřed laktace o 35 %. Horké a vlhké prostředí působí také na kvalitu mléka. V letní sezóně se snižuje obsah mléčného proteinu (Girma & Gebremarian., 2019). Tepelný stres může také ovlivnit různé složky mléka, např. obsah tuku (%), bílkovin, kaseinu, sušiny bez tuku, a laktózy (Pragna et al., 2017).

Doležal & Staněk (2015) uvádí pokles produkce mléka až o 15 % při teplotě prostředí 25- 28 °C, o 33 % při teplotě 31-35 °C a až o 50 % pokud teplota stoupne nad 40°C, při současném poklesu obsahu složek mléka (tuk o 40 %, bílkoviny o 17 %, tuku prostá sušina o 19 %). Snižuje se také koncentrace imunoglobulinů (IgA, IGG a ostatních složek) v mlezivu.

Další veličinou, která je ovlivněna tepelným stresem je počet somatických buněk v mléce. Větší množství somatických buněk v mléce během léta ukazuje, že hypertermické prostředí vážně ovlivňuje kvalitu mléka (Archer et al., 2013). Dále bylo zjištěno, že hypertermální prostředí může snižovat obsah mléčné bílkoviny prostřednictvím snížení koncentrace kaseinu (Bernabucci et al., 2015).

Jak již bylo uvedeno, tepelný stres snižuje příjem krmiva a následně produkci mléka. Experimenty na univerzitě v Arizoně však prokázaly, že snížení příjmu krmiva způsobené samotným teplem je zodpovědné pouze za 40–50 % poklesu produkce mléka. Ke snížení energie dostupné pro produkci mléka přispívají i další biologické změny, jako jsou změny v endokrinním systému a zvýšení požadavků na záchovu. Kromě snížení příjmu hledají krávy pod tepelným stresem stín a cirkulující vzduch, zvyšují příjem vody, snižují fyzickou aktivitu, zvyšují respirační cykly, dýchání a zvyšují pocení (Díaz-Ryón et al., 2019). Vysokoužitková zvířata jsou více náchylná k tepelnému stresu oproti zvířatům s nižší užitkovostí (Chmelíková et al., 2022). Důvodem snížené tvorby mléka je negativní energetická bilance, kterou se zvíře snaží udržet homeostázu, aby zabránilo hypertemii. Snížení dojivosti pokračuje v důsledku nižšího příjmu krmiva. Vysokoužitkové dojnice mají vyšší potřebu příjmu krmiva pro syntézu mléka. Vyšší teplota a vlhkost působí negativně na příjem krmiva, což nepříznivě ovlivňuje reprodukční potenciál, a to v konečném důsledku snižuje produkci mléka. (Pragna et al., 2017).

### **3.3. Měření tepelného stresu**

Výměna tepla s prostředím jsou klíčové procesy pro udržení homeotermie. Tyto výměny zahrnují produkci, uchovávání a rozptyl tepla, jsou závislé na biologických a fyzikálních faktorech (Hahn, 2009). Tepelné prostředí je tvořeno faktory, které ovlivňují tepelné ztráty zvířete. Těmito faktory jsou teplota vzduchu, rychlost proudění vzduchu, konstrukce a provedení stavby, způsobem větrání aj. (DeShazer et al., 2009).

Dojnice podává optimální výkon za termoneutrálních podmínek. Zvýšení nebo snížení teploty mimo termoneutrální zónu snižuje výkonnost a přizpůsobivost zvířat. Při regulaci užitkovosti zvířat hrají zásadní roli faktory prostředí, jako je okolní teplota, relativní vlhkost,

sluneční záření a rychlost větru. S pokrokem ve vědeckých technologiích vyvinuli výzkumníci nepřeberné množství nástrojů pro hodnocení pohodlí zvířat nebo stresu (Sejian et al., 2018).

### 3.3.1. Nejčastěji sledované hodnoty

V souvislosti s chovem dojených krav existuje ve stáji několik rizikových faktorů, které ovlivňují zdraví a pohodu dojnic, ale i užitkovost a kvalitu mléka. Mezi významné faktory, patří jednotlivé složky mikroklimatu, přičemž nevhodné mikroklima má za následek zkracování doby ležení a přezvykávání, zhoršení zdravotního stavu, reprodukce nebo užitkovosti (Dominíková, 2021).

#### 3.3.1.1. Teplota ovzduší

Teplota suchého teploměru je nejčastěji měřená a popsána klimatická proměnná v teorii i praxi ustájeného dobytka (Zejdová, et al., 2014). Teplota vzduchu je primárním ukazatelem prostředí, i když přímo ovlivňuje pouze tepelné ztráty konvencí. Přesto se jedná o nejsnadněji měřitelnou hodnotu v běžných podmínkách chovu (DeShazer et al., 2009). Doporučená teplotní rozmezí pro jednotlivé kategorie skotu jsou uvedena v tab.1.

Tabulka 1. Požadovaná optima a přípustná minima teploty vzduchu ve stájích pro skot (Klabzuba et al., 2002)

kategorie zvířat	teplota vzduchu (°C) v interiéru	
	minimum	optimum
Teletník	8	10 - 14
mladý skot – volná stáj	2	2 - 10
mladý skot – vazná stáj	6	10 - 12
dojnice – vazná stáj	8	10 - 12
dojnice – volná stáj	2	4 - 10
Dojírna	10	14 - 16

##### 3.3.1.1.1. Relativní vlhkost ovzduší (RH)

Vlhkost vzduchu je po teplotě prostředí druhým, hlavním ukazatelem kvality stájového mikroklimatu. Ovlivňuje tepelné ztráty zvířete všeho druhu (Šoch et al., 2003). Relativní vlhkost ovzduší vyjadřuje nasycení vzduchu vodní párou a značně ovlivňuje mikroklima. Pokud je obsah páry ve vzduchu příliš vysoký, snižuje se tím možnost ochlazování těla skotu pomocí evaporace a zvíře se tak může dostat do tepelného stresu již při relativně nízké teplotě prostředí (Zejdová et al., 2014).

Hlavním zdrojem vlhkosti ve stájích jsou zvířata sama, dále pak mokré plochy a vodní zdroje. Množství výparu závisí hlavně na teplotě, na stupni nasycení vodními parami a na proudění vzduchu. Vlhkost vzduchu se vyjadřuje v absolutních nebo v relativních

hodnotách. Nejčastěji se vyjadřují vlhkostní poměry mikroklimatu relativní vlhkostí (Šoch et al., 2003). Obsah vodní páry ve vzduchu je důležitý, protože má vliv na rychlost ztrát odpařování kůží a plicemi. Pokud průměrná denní teplota klesne mimo komfortní zónu zvířete, množství vlhkosti ve vzduchu se stává významným prvkem při udržování homeostázy zvířete (Bohmanova et al., 2007).

Ideálně by se měla relativní vlhkost ve stáji pohybovat v rozmezí 40–80 %. Škodlivý je ovšem i příliš suchý vzduch (pod 35 %). Takový vzduch vysušuje sliznice dýchacích trubic a snižuje vliv přirozené protiinfekční bariéry, kterou tvoří hlenový povlak na sliznicích horních cest dýchacích (Zejdová et al., 2014).

### 3.3.1.1.2. Teplotně – vlhkostní index (THI)

Index teploty a vlhkosti je jediná hodnota, která zahrnuje kombinaci efektu teploty a vlhkosti vzduchu spojené s úrovní tepelné zátěže. Tento index byl vyvinut jako index pro sledování a snižování ztrát souvisejících s tepelným stresem (Bohmanova et al., 2007). Údaje o teplotě a relativní vlhkosti vzduchu se dosadí do rovnice (Hahn, 1999)

$$THI = 0,8t_{db} + ((t_{db} - 14,4) * RH) / 100 + 46,4$$

$t_{db}$  - teplota ovzduší a RH relativní vlhkost ovzduší ve stáji

a výsledné číslo ukazuje aktuální hodnotu tepelného stresu v daném místě. Všeobecně platí, že hraniční hodnotou je 72 bodů THI, ale dojnice s vysokou užitkovostí vykazují příznaky tepelného stresu již při hodnotě 68 THI. (Pascard et al., 2020). Hodnota teplotně vlhkostního indexu 70 nebo méně je považována za pohodlnou, hodnota 75–78 za stresující a hodnoty vyšší než 78 způsobují extrémní utrpení a zvířata nejsou schopna udržovat termoregulační mechanismy nebo normální tělesnou teplotu (Zejdová et al., 2014). Závislost THI na teplotě a vlhkosti vzduchu ukazuje obr. č. 3.

THI je obecně považován za nejspolehlivější indikátor stresu u zvířat. Lze jej použít jako předpovědní systém pro posouzení možné hrozby nebo nebezpečí pro zvířata v důsledku klimatických změn. THI má však dvě nevýhody, nebere totiž v úvahu ani sluneční záření a ani rychlost větru, které jsou rovněž považovány za důležité parametry počasí, jenž ovlivňují reakci zvířat na tepelný stres. To přineslo ve vědecké komunitě impuls k vývoji pokročilých indexů, které by řešily tyto nevýhody indexů THI (Sejian et al, 2018).



Dlouhodobé přístupy ke zmírnění jsou založeny na investicích do pomůcek pro hodnocení tepelného stresu (Sammad et al., 2020). Genetická selekce pro vysokou produkci snížila tepelnou toleranci u mléčného skotu. Identifikace zvířat odolných vůči teplu u vysoce produkčních plemen je velmi užitečná (Amamou et al., 2019). Selektivní chov mléčného skotu pro tepelnou toleranci je trvalý a kumulativní, proto představuje nákladově nejefektivnější přístup ke zmírnění účinků tepelného stresu (Ježková, 2022). Kromě identifikace termotolerantního skotu by další dlouhodobý přístup mohl být založen na rozdílech v anatomických a morfologických vlastnostech, které částečně vysvětlují rozdíly v toleranci tepla mezi druhy a plemeny (Collier et al., 2009). Bylo zjištěno, že editace genomu je cenným nástrojem i pro zesvětlení srsti a barvy srsti, aby se mléčný skot lépe přizpůsobil rychle se měnícím klimatickým podmínkám (Ježková, 2022). Zvířata musí být schopna udržet vysokou produkci a odolnost i za podmínek tepelného stresu (Gaughan et al., 2009). Účinky tepelného stresu se projevují i u krav, které stojí na sucho, a to prostřednictvím jejich následné užitkovosti (Tao et al., 2012).

Strategie pro zmírňování tepelné zátěže tradičně zahrnují úpravu životního prostředí, kde se pozornost soustředí na snížení slunečního záření a zvýšení pohybu vzduchu (Eigenberg et al., 2005).

### **3.4.1. Technologie chovu**

Existuje několik strategií, které se týkají úpravy chovatelského prostředí a pomáhají snižovat působení tepla na zvířata – zastíněná místa k odpočinku, cirkulace vzduchu a zlepšení odvádění tepla odpařováním s využitím postřikovačů či mlžičů (Mikšovský Marcinková, 2022).

#### **3.4.1.1. Fyzikální metody ochlazování**

Mezi fyzikální úpravy prostředí se řadí:

- Stínění
- Mechanické ochlazování
  - ventilace
  - klimatizace
  - lokální ochlazování
- Evaporační ochlazování
  - ochlazování vzduchu
  - ochlazování zvířat
  - ochlazování stájových konstrukcí (Knížková, Kunc, 2010).

#### **3.4.1.1.2. Stínění**

Stínění reguluje sluneční záření, resp. redukuje radiační tepelné zatížení, které působí na zvířata, a poskytuje tak ochranu před sluncem. Je to obvykle jednoduchý a snadný způsob úpravy prostředí, který může redukovat teplotní zatížení organismu až o 30 % (Knížková, Kunc, 2010). Stínění však nemění okolní teplotu ani relativní vlhkost (Gaughan et al, 2004).

#### **3.4.1.1.3. Ventilace**

Čerstvý vzduch je základní potřebou ustájených zvířat. V prostoru stáji musí ventilace dodávat kyslík potřebný pro dýchání a zdraví zvířat. Dále musí odstraňovat znečišťující látky, jako je prach, oxid uhličitý, amoniak, metan apod. Větrání je také nezbytné pro odstranění nadměrného tepla z prostoru stáje (Stowell, et al, 2009).

Přirozeně větrané stáje musí mít dostatečné a správně umístěné otvory, které lze nastavit tak, aby využívaly vztlakových efektů, jakož i síly a směru větru (Ježková, 2022).

Ventilaci (větrání) lze rozdělit na přirozenou a nucenou. Přirozená ventilace má nízké investiční a provozní náklady, avšak čím menší teplotní tlakový spád, tím menší je účinnost tohoto větrání. Nefunguje při teplotě vyšší, než je teplota zvířete, a to zpravidla při teplotách vzduchu nad 24°C (Knížková, Kunc, 2010). Nucená ventilace slouží k „rozpohybování“ vzduchu ve stáji a k jeho snadnější výměně především v letním období, kdy hrozí tepelný stres (Doležal, Staněk, 2015).

#### **3.4.1.1.4. Klimatizace**

Využití klimatizace vedlo k nárůstu produkce mléka o 94 % a plodnosti o 11-20 % (Ježková, 2022). Vzduch je v klimatizačních jednotkách ochlazován a potrubím vháněn do prostoru. Klimatizací se i v horkých podmínkách udržuje požadovaný teplotní komfort v daném místě, a tak ji lze označit za vysoce účinnou. Její investiční a provozní náklady jsou však natolik extrémně vysoké, že v chovech skotu jsou ekonomicky neefektivní (Knížková, Kunc, 2010).

#### **3.4.1.1.5. Lokální ochlazování**

Vzduch z klimatizační jednotky je směřován pouze na hlavu a krk zvířat. To usnadňuje výdej tepla dýcháním. U tohoto způsobu ochlazování je však nutné uzavřít hlavu a krk zvířete v omezeném prostoru. Dosud nebyla stanovena vhodná teplota přiváděného vzduchu. I tato metoda se nezdá být reálnou do provozních podmínek farem (Knížková, Kunc, 2010).

#### 3.4.1.1.6. Evaporační ochlazování

Při eliminaci tepelné zátěže se také využívá ochlazování pomocí vody. Toto ochlazování je založeno na evaporační metodě (metoda výparu). Ta využívá tepelné energie na odpar vody a je nejúčinnější při nízkých relativních vlhkostech vzduchu (Knížková, Kunc, 2010).

V průběhu posledních let byly vyvinuty různé systémy evaporačního ochlazování, a to na základě evaporace vody ze vzduchu, nebo evaporace vody z povrchu zvířat. Proto lze rozlišit:

- nepřímé evaporační ochlazování (ochlazování vzduchu okolo těla zvířete)
- přímé evaporační ochlazování (techniky využívající postříků, kropení, skrápění a sprchování těla zvířete).

Další možností je evaporační zchlazování povrchu ve výběžích, nebo podlah a střech zastíňujících přístřešků (Doležal et al., 2010).

Použití vody k chlazení ustájených zvířat může vést ke zvýšení relativní vlhkosti, zejména tam, kde je omezený pohyb vzduchu (Correa-Calderon et al., 2004). Z tohoto důvodu je evaporační chlazení vhodné do dobře větratelných zařízení s dobrým prouděním vzduchu v prostoru pro zvířata. Využívány jsou zejména metody kropení a mlžení (Stowell et al., 2009). Z experimentů vyplývá, že přímé skrápění je ke zmírnování tepelného stresu mnohem výhodnější a efektivnější, než ochlazování konvencí (Doležal et al., 2010). U skotu a jiných zvířat se středně hustou srstí pronikají velké kapky vody mnohem lépe ke kůži než jemná mlha. Aplikace vody se doporučuje po dobu 1 až 5 minut, každých 10–30 minut. Doba trvání a interval kropení však závisí na míře aplikace vody a náročnosti počasí (Brook et al., 2003).

Kropení vede k přímému ochlazení zvířat a téměř vždy poskytuje určité ochlazení. Hlavní nevýhody kropení vznikají, když voda na zvíře nedopadne, nebo se neodpaří, protože rychlost odpařování nemůže držet krok s rychlostí aplikace vody. Přebytečná voda může zhoršit hygienu ve stáji a musí se s ní zacházet jako s odpadní vodou. Aplikované množství vody se může značně lišit (Frazzi et al., 2000).

Kropení a chlazení ventilátorem může být využito ve stejné oblasti (např. průchod mezi krmištěm a lehárnou) nebo odděleně (např. kropení v čekárně, separačním kotci nebo nad krmištěm, ventilátor v oblasti odpočinku). Kropení se nesmí vyskytovat v oblasti odpočinku zvířat (Stowel et al. 2009).

Přímé ochlazování těla zvířat je konstrukčně, provozně i investičně méně náročné v porovnání s ochlazováním vzduchu, které je i méně účinné, avšak investičně náročnější (Knížková, Kunc, 2010).

#### 3.4.1.1.7. Ochlazování stájových konstrukcí

U ochlazování stájových konstrukcí se proudem vody polévá střecha nebo vnější stěny stáje. Tím se snižuje intenzita sálavého tepla z konstrukce stáje, která jinak zvyšuje celkové tepelné zatížení zvířat. Teplotu konstrukce lze takto snížit až o 20°C. Jedná se o poměrně rychlou a účinnou metodu ke snížení sálavého tepla, nedochází k zamokření podlah ve stáji, avšak spotřeba vody je neúměrně vysoká (Knížková, Kunc, 2010).

### 3.5. Výživa a krmení

Mléčná užitkovost dojnic je podmíněna především jejich genetickým potenciálem, výživou a zdravotním stavem. Z pozice chovatele je z těchto faktorů nejvýznamnější výživa, neboť nejen že má výrazný vliv na užitkovost, ale je přímo řízena chovatelem. Se stoupající užitkovostí krav rostou požadavky na krmení vysokoužitkových stád (Bouška et al.). Negativní působení tepelného stresu se může ještě zhoršit v případě nutriční nevyváženosti, s deficiencí krmné dávky. V teplotně stresujícím prostředí by proto záchovná krmná dávka měla být vyšší, vzhledem k nutnému energetickému pokrytí řady činností organismu, spojených s eliminací tepelného stresu (zvýšený tělesný metabolismus, zrychlená frekvence dechu a tepu, „zvýšený“ oběh elektrolytů a vody), což zvyšuje urychlení rozptylu tepla apod. (Doležal et al., 2010).

Krmivo a voda by měly být k dispozici přímo ve stáji nebo pod přístřeškem, resp. ve stínu. V průběhu vysokých teplot lze přizpůsobit nejen krmnou dávku (eliminace sena či jiných vláknitých krmiv, doplnění krmné dávky o vybrané minerální doplňky – Na<sup>+</sup>, K + a HCO<sub>3</sub>- aj.), ale i techniku krmení, aby větší část krmné dávky byla přesunuta na pozdní odpolední, resp. večerní krmení tak, že se aplikuje 1/3 krmné dávky ráno a 2/3 večer (Doležal et al., 2015).

Je potřeba zabránit přebírání objemného krmiva a provádět pravidelné přihrnování celkové směsné krmné dávky, aby krávy měly ke krmivu snadný přístup, což podporuje příjem (Stryk, 2022).

K redukci tepelného stresu je též možné přispět úpravou krmné dávky a zajištěním dostatku chladné, pitné vody (Mikšovský Marcinková, 2022). Vzhledem k depresi příjmu způsobené tepelným stresem odborníci na výživu obecně doporučují zvýšení obsahu energie stravy snížením obsahu vlákniny a zvýšením energeticky bohatých koncentrátů v krmné dávce. To je správná praxe, pokud je udržována dostatečná hladina příjmu kvalitní hrubé vlákniny, která je nezbytná pro stimulaci přežvykování a udržení adekvátního bachorového pH (Rhoads et al., 2010). To však platí pouze pro vysoce kvalitní píci, protože při fermentaci vysoce kvalitních pícnin dochází k nižší produkci tepla ve srovnání s méně kvalitními pícninami (Esmail, 2019).

Zvláštností u dojnic v tepelném stresu je, že krávy pro zásobení energií nevyužívají vlastní tělesné rezervy, protože to by znamenalo další metabolické teplo. Z tohoto důvodu zpracovávají zvířata ve větší míře krevní glukózu. Tato pak ovšem chybí při tvorbě laktózy a také mléka. Pokud se tento nedostatek energie vyrovná pomocí větší dávky cukru a škrobu, překyselí



se kráva ještě rychleji. V tomto případě se proto doporučuje použít chráněné tuky (Breer, 2015). Přidaný tuk je důležitý v boji proti tepelnému stresu v horkém klimatu a měl by být využit v maximálním množství, které lze rozumně zkrmit. To snižuje přírůstek tepla spojený s fermentací trávicího traktu a tkáňovým metabolismem, což zase snižuje celkovou tělesnou zátěž (Esmail,2019).

V současné době je povoleno používání rostlinných tuků ve formě olejů (např. sója), v některých zemích je povolen také rybí tuk. Vynikající formou krmného tuku pro dojnice je využívání bavlníkových semen, které mají vysoký obsah tuku (200 g/kg), detergentní vlákniny (440 g/kg) a neutrální detergentní vlákniny (440 g/kg). I zde se však mohou objevit určitá rizika. Je to především toxický účinek lipidů bavlníkových semen způsobující redukcí mikrobiální aktivity a snížení mikrobiální syntézy proteinů (Doležal et al., 2010). Je třeba si uvědomit, že bachorové mikroorganismy tolerují pouze 3–8 % tuku. Nedávné pokroky ve výživě přinesly nové formy tuku, potažené buď vápenatými mýdly nebo proteiny upravenými formaldehydem, které lze přidávat do krmných dávek ve vyšším množství bez nepříznivých účinků na bachorové mikroorganismy nebo produktivitu zvířat (Esmail,2019). Pro účinky tuku chráněného v bachoru jsou rozhodující dvě mastné kyseliny. Mastná kyselina C 16:1 může být zabudována do mléčného tuku přímo a podporuje tak množství mléka a obsah mléčného tuku. Mastná kyselina C 18:1 je využívána pro výstavbu tělesné hmoty. Chrání dojnici před ketózou následkem nedostatku energie

Omezený příjem sušiny vyžaduje v krmné dávce zvýšené koncentrace živin a dalších látek (Mikšovský Marcinková, 2022). V krmné dávce musí být dostatečné množství vitamínů A a E a dalších antioxidantů (Stryk, 2022).

V průběhu tepelného stresu se zvyšují požadavky na vitamin A (Doležal et al., 2010). Vitamin E patří mezi mikroživiny, které hrají důležitou roli v imunitě a zdraví mléčné žlázy. Pro své antioxidační vlastnosti má vliv i na prevenci chronických onemocnění spojených s oxidačním stresem. Vzhledem k tomu, že tepelný stres by mohl způsobit nárůst volných kyslíkových radikálů a vyvolat oxidační stres, může být suplementace s vitamínem C relevantní vzhledem k tomu, že kyselina askorbová je jedním z nejdůležitějších antioxidantů v biologickém systému (Esmail,2019).

Je také uváděno pozitivní ovlivňování tepelného stresu dietami se zvýšenou koncentrací Niacinu (kyseliny nikotinové) (Doležal et al.,2010). Niacin (vitamín B3) je významně důležitý pro metabolismus zvířat. Tento vitamín se podílí na různých drahách tvorby energie a na syntéze aminokyselin a mastných kyselin, které jsou důležité pro tvorbu mléka. Suplementace s niacinem má příznivé účinky na růst skotu (Panda et al., 2017). Niacin pomáhá zmírnit tepelný stres jednak zvýšením ztráty tepla odpařováním z těla, a také snížením účinků tepla na buněčné úrovni (Lundqvist et al. 2008).

Kromě některých vitamínů, se také ukázalo, že minerály jako jsou zinek (Zn), mangan (Mn), měď (Cu) a chrom (Cr) snižují negativní důsledky stresového stavu a kompenzují vzniklou nerovnováhu. Minerály mohou být podávány ve vysoce biologicky dostupných zdrojích, což vede k posílení imunitního systému a omezení výskytu infekčních problémů.

Podání hydrogenuhličitanu sodného k doplnění uhličitanů, jež jsou vyloučeny močí, také pomáhá pufrovat bachorové prostředí a bránit rozvoji metabolické acidózy (Mikšovský Marcinková, 2022).

Voda je základní molekulou v těle obratlovců, protože je nezbytná pro udržení některých životně důležitých funkcí: tonicity tkáně (elektrolytovou rovnováhou a osmotickou regulací); termoregulace; transport živin; vylučování (Silanikove 2000). Metabolismus vody za tepelně stresových podmínek je úzce spojen s termoregulačními požadavky přežvýkavců (Conte, 2018).

Dostatek vody je jedním z klíčových faktorů pro zvládnutí tepelného stresu. Přístup k chladné, čisté, pitné vodě je nutností pro udržení tělesné teploty zvířat v normálním rozmezí. Má se za to, že teplota vody ovlivňuje teplotu v bacheru. Voda v první řadě pomáhá zvířatům s trávením potravy a s posunem tráveniny trávicím traktem, ale dovede je také účinně ochladit.

## 4. Materiál

### 4.1. Charakteristika podniku

Společnost ZAS Bečváry byla založena v roce 1994 a zemědělskou prvovýrobu aktivně provozuje od roku 1995 na cca 4 300 ha zemědělské půdy. Nachází se ve středočeském kraji na Kolínsku v nadmořské výšce 230 m. Průměrná roční teplota se v této oblasti pohybuje okolo 10 °C, roční úhrn srážek je v průměru 583 mm. V rostlinné výrobě je podnik zaměřen na produkci obilí, cukrovky a dále pěstování řepky, kukuřice a krmných plodin.

Živočišná výroba se zaměřuje na výrobu mléka od 650 krav s roční užitkovostí přes 11 000 lt/dojnici. Mléko je dodáváno do mlékárny Pragolaktos. Roční produkce činí 6 600 000 litrů mléka s obsahem tuku 3,73 % a obsahem bílkovin 3,28 %. V podniku je chováno 1340 ks Holštýnského skotu, z toho je 650 ks krav. Skot je ustájen ve středisku Bečváry. Krávy a jalovice mají možnost pobytu na čerstvém vzduchu na pastvině. V podniku probíhá uzavřený obrat stáda.

#### 4.1.1. Charakteristika plemene

Hoštýnský skot (holstein) je světově nejrozšířenější dojené plemeno, jehož původ pochází z populace černostrakatého skotu severozápadní Evropy, chovaného původně od Fríska, přes Šlevicko-Holštýnsko až po Jutsko. Toto vynikající a významné plemeno bylo v průběhu minulého století intenzivně šlechtěno v podmínkách Severní Ameriky na funkční mléčný užitkový typ většího tělesného rámce a ušlechtilosti (Bouška et al., 2006).

Pro plemeno je charakteristické černostrakaté zbarvení těla s černou hlavou, která má většinou bílou hvězdu nebo lysinu (Maršálek et al., 2016) a recesivní homozygoti tvořící cca 3–10 % mají červenostrakaté zbarvení (označení RED holštýn). Kohoutková výška je u dojnic tohoto plemene 145–153 cm, a živá hmotnost 650–700 kg (Stupka et al., 2013). Holštýnský skot je nejpočetnější populací mezi kulturními plemeny a zároveň je to populace s nejvyšší užitkovostí. Vedle vysoké užitkovosti má plemeno významnou přednost ve vynikající přizpůsobivosti různým klimatickým podmínkám. Základní podmínkou vysoké užitkovosti, dobré reprodukce a zdraví je ovšem odpovídající plnohodnotná výživa (Maršálek et al., 2016).

#### 4.1.2. Technika a technologie chovu

Dojnice jsou ustájeny ve volném ustájení s boxovými loži, která jsou 1x týdně přistýlána separátem. V podniku je jedna produkční hala, která je rozdělena na osm samostatných sekcí. V každé sekci je umístěna lehárna a krmišť, které jsou každé 2 hodiny vyhrnovány šípovými lopatami. Ve stáji jsou umístěny ventilátory na ochlazování a cirkulaci vzduchu. Z důvodu nedostatku vody v dané oblasti, zde není evaporační ochlazování zavedeno. Dojnice mají stálý přístup k vodě, která je zajišťována napáječkami Neptun.

Krmení a provádí 5x denně, aby se zabránilo jeho kažení. Krmivo se míchá a zakládá krmným vozem značky Faresin 1600 - vertikál do krmných žlabů. Aby bylo krmivo dojnicím přístupnější, je každé dvě hodiny přihrnováno automatickým přihrnovačem Butler. Ztráty krmiva se pohybují v průměru 3 %/den. Krmné dávky jsou přizpůsobeny aktuálním potřebám dojnic. Poradenství při stanovení a výpočtů krmných dávek spolupracuje podnik s firmou SCHAUMANN. Krmná dávka je uvedena v tabulce č.2

Tabulka č. 2. Krmné dávky.

	červenec 2021 (kg)	srpen 2021 (kg)
Kukuřičný lepek	2,80	2,50
Kukuřičné zrno šrotované	3,70	3,80
Melafeed-Beuker	1,30	1,30
Mláto pivovarské -čerstvé	4,00	4,00
Shaumann Energy *	0,50	0,50
Shaumann MS doplněk **	0,06	0,06
Řepkový extrahovaný šrot	1,40	1,00
Řízky cukrovské, silážované	4,50	4,50
Kukuřičná siláž	18,00	18,00
Seno vojtěškové	0,40	0,40
Sláma pšeničná	0,60	0,60
Vojtěšková senáž	16,00	17,00
Rindavital ***	0,20	0,20

\* Schaumann Energy – doplněk energie pro zlepšení zásobení dojnic energií a pro odlehčení bacheru. \*\* Shaumann MS doplněk – speciální minerální krmivo s obsahem krmné močoviny \*\*\*Rindavital obsahuje vysoce hodnotné a komplexní vybavení makroprvky, vitamíny a stopové prvky

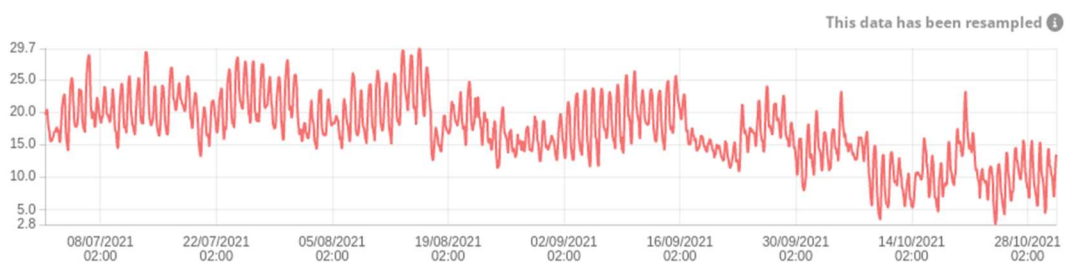
## 4.2. Charakteristika sledovaného souboru

Praktická část diplomové práce probíhala v produkční stáji v ZAS Bečváry. Sběr dat proběhl v měsících červenec až říjen roku 2021. Do analýzy byly zapojeny všechny dojnice zařazené do reprodukční stáje v daném období. Předpokládali jsme, že tepelný stres má negativní vliv na příjem krmiva, produkci mléka a vybrané složky mléka v běžném provozu. Dojnice byly krmeny standardní krmnou dávkou s přídatkem chráněného tuku a doplňků, které mají za úkol tepelný stres v náročném období eliminovat.

Data byla sbírána z faremního software a stájového deníku. K měření teploty a vlhkosti byla použita čidla CHESTER Clime, která farmě poskytla firma Schaumann. Tato čidla nepřetržitě monitorují teplotu vzduchu a vlhkost přímo ve stáji. Data jsou odesílána do internetové aplikace na sledování stájového prostředí – Hardwario. Pomocí aplikace je vypočítán THI. Získané hodnoty teploty, vlhkosti a THI za sledované období jsou uvedeny v grafech č.1., 2. a 3.

Graf č. 1. Naměřené teploty ve sledovaném období

Teplota



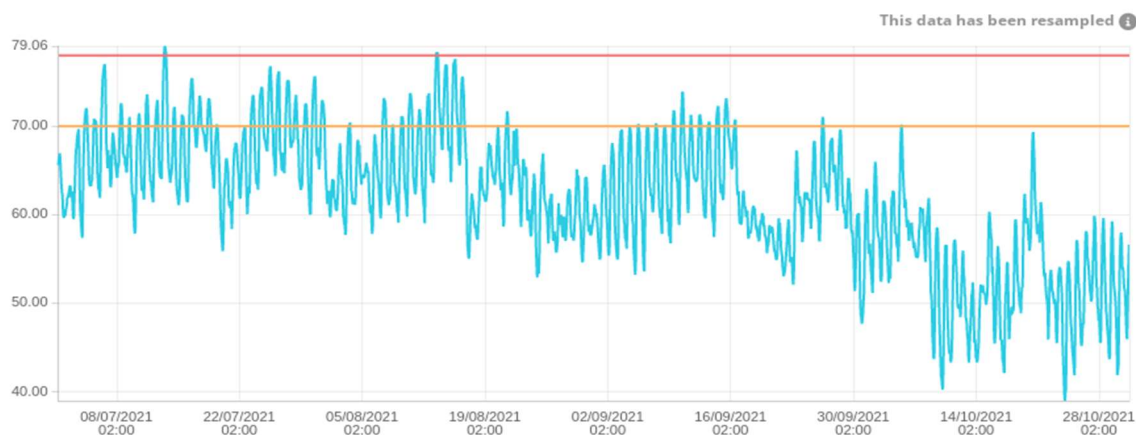
Graf č. 2. Vlhkost ve sledovaném období

Vlhkost



Graf č. 3. Hodnoty teplotně vlhkosního indexu ve sledovaném období

TH Index



K analýze získaných dat byl použit program Excel včetně doplňku pro statistické výpočty „Analýza dat“. Existence závislosti mezi THI a jednotlivými hodnotami byla zjišťována pomocí regrese a korelace. Pro zjištění míry korelace mezi sledovanými veličinami byl použit Spearmanův korelační koeficient.

Analyzované proměnné zahrnovaly nejvyšší denní hodnoty indexu teploty a vlhkosti, denní příjem krmiva a denní dojivost. Dále byly sledovány hodnoty bílkovin a močoviny v mléce. Pro hodnocení vlivu tepelného stresu na vybrané ukazatele byl zvolen TH index 72 a vyšší, při kterém jsme předpokládali středně silný až silný tepelný stres.

Sledované hodnoty, ze kterých jsme při hodnocení vycházeli jsou uvedeny v příloze č I.

## 5. Výsledky

Pro hodnocení jednotlivých výsledků byl použit test normality dat, F test na shodu rozptylů a dvou výběrový t-test. Existence závislosti mezi THI a jednotlivými hodnotami byla vyhodnocena pomocí regrese a korelace. Vhodný korelační koeficient byl vybrán na základě ověření normality dat. Statisticky významný rozdíl byl hodnocen na hladině významnosti  $p < 0,05$ .

### 5.1. Vliv tepelného stresu na příjem krmiva a doживost

Statisticky jsme určili významnost jednotlivých veličin ve dnech, kdy je THI nad 72 oproti dnům, kdy je THI pod 72. Nejvyšší hodnoty THI byly naměřena 13. července (79,23) a 13. srpna (78,7) nejnižší 13.října (52,33). Celkově bylo ve sledovaném období pozorováno 26 dní, kdy hodnoty THI dosahovaly 72,75-78,70. Např. 13. srpna THI nad 72 trvalo 12:15 hod. Katzere (2002) ve své práci uvádí, že hodnoty THI menší než 70 jsou pro dojnice komfortní, hodnoty 75-78 stresující a při hodnotách vyšších než 78 nejsou dojnice schopny udržet své termoregulační mechanismy.

Statisticky bylo třeba určit významnost jednotlivých veličin ve dnech, kdy je hodnota THI nad 72 oproti dnům, kdy je hodnota THI pod 72. Pro zjištění rozdělení dat byl použit test normality dat Shapiro Wilkův test.

H0: data mají normální rozdělení

H1: data nemají normální rozdělení

Z tabulky č.3 je patrné, že data nemají normální rozdělení. Výpočty pro krabicový graf jsou uvedeny v tab. č. 4.

Tabulka 3 Shapiro-Wilk Test

	<i>THI nad 72</i>	<i>THI do 72</i>
W-stat	0,920108	0,871094
p-value	0,030684	1,57E-07
alpha	0,05	0,05
normal	no	no

Tabulka 4. Výpočty pro krabicový graf

Multiplier 

1,5
-----

	<i>THI nad 72</i>	<i>THI do 72</i>
Min	42,28557	42,79251
Q1-Min	0,95431	2,51844
Med-Q1	1,440415	1,115185
Q3-Med	0,676567	1,755539
Max-Q3	2,497042	2,704279
Mean	44,80052	46,45891

Min	42,28557	42,79251
Q1	43,23988	45,31095
Median	44,68029	46,42614
Q3	45,35686	48,18168
Max	47,8539	50,88596
Mean	44,80052	46,45891

Grand Min	0
-----------	---

Outliers	48,95042	32,03924
	49,55329	37,75732

Protože jsme měli dostatečně velké soubory, byly použity parametrické testy založené na průměru, resp. rozptylu. Byl použit F test na shodu rozptylů.

H0: rozptyly v obou skupinách se významně neliší

H1: rozptyly v obou skupinách se významně liší

$\alpha=0,05$

p hodnota je 0,673. Protože je p hodnota > 05, nezamítáme H0. Rozptyly se významně neliší.

Pro samotné sledování středních hodnot byl použit dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů (tabulka č.5).

H0: střední hodnoty se u obou souborů významně neliší

H1: střední hodnoty se u obou souborů významně liší

$\alpha=0,05$

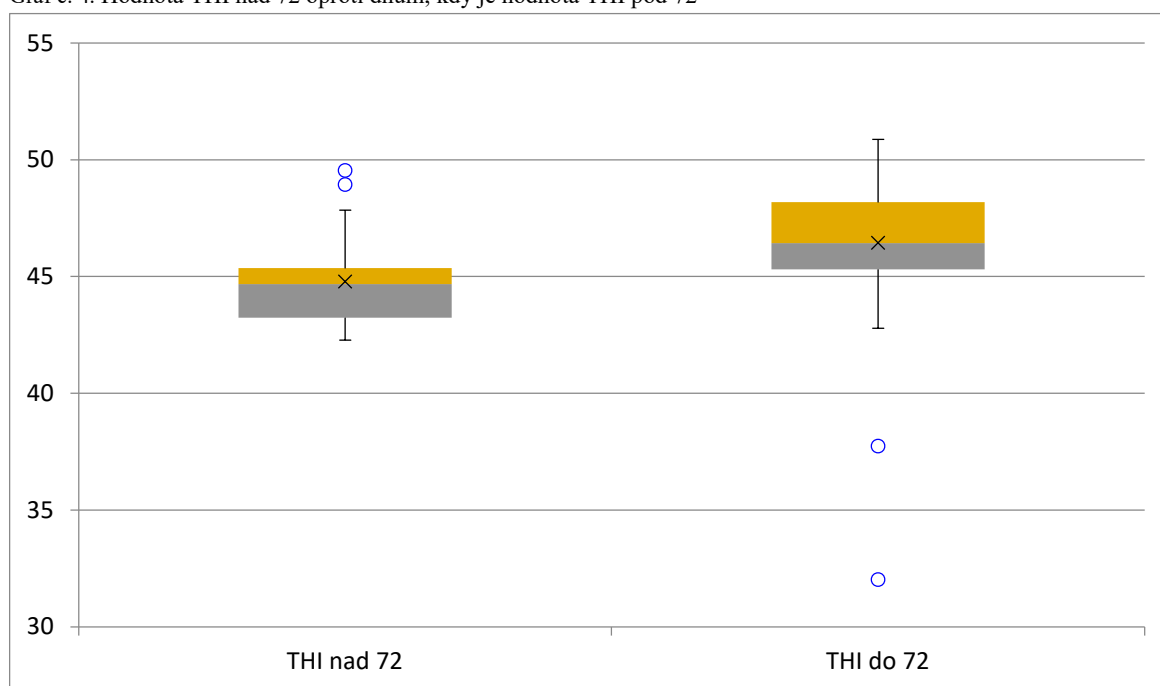
Tabulka č.5. Douvýchěrový t-test s rovností rozptylů

	THI nad 72	THI do 72
Stř. hodnota	44,80052	46,45891
Rozptyl	3,395148	7,196471
Pozorování	29	94
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	68	
t Stat	-3,76876	
P(T<=t) (1)	0,000173	
t krit (1)	1,667572	
P(T<=t) (2)	0,000346	
t krit (2)	1,995469	

Protože je hodnota p menší než 0,05 zamítáme hypotézu. Na 5 % hladině významnosti se prokázalo, že průměrný příjem krmiva se významně liší ve dnech, kdy je hodnota THI nad 72 oproti dnům, kdy je hodnota THI pod 72. Ve dnech, kdy je hodnota THI > 72 je průměrný příjem krmiva menší.

Z grafu č. 4 je patrné, že (na 5 % hladině významnosti) se medián příjmu krmiva významně liší ve dnech, kdy je hodnota THI nad 72 oproti dnům, kdy je hodnota THI pod 72. Ve dnech, kdy je hodnota THI > 72, je medián příjmu krmiva menší.

Graf č. 4. Hodnota THI nad 72 oproti dnům, kdy je hodnota THI pod 72





Pro vyhodnocení vlivu hodnoty THI na příjem krmiva se regresní statistika ukázala jako nevhodná. Lineární model ukázal pouze 1,39 % změn v příjmu krmiva, což je velmi málo. V testu významnosti byla hodnota 0,194. Hodnota je > 0,05, a model tedy není na 5 % statisticky významný a nelze jej použít na výpočet odhadu. Viz. Tabulka 6, 7.

Tabulka 6.

<i>Regresní statistika</i>	
Násobné R	0,11791677
Hodnota spolehlivosti R	<b>0,013904365</b>
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,005754814
Chyba stř. hodnoty	2,593401999
Pozorování	123

Tabulka 7.

ANOVA					
	<i>Rozdíl</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Významnost F</i>
Regrese	1	11,47511805	11,47512	1,706151	<b>0,193963</b>
Rezidua	121	813,8138055	6,725734		
Celkem	122	825,2889235			

Existenci závislosti mezi veličinami jsme zjišťovali pomocí korelace.

Nejprve jsme provedli test normality dat, na základě, kterého byl zvolen vhodný korelační koeficient (tabulka č.8).

Test normality dat

H0: data mají normální rozdělení

H1: data nemají normální rozdělení

$\alpha=0,05$

Tabulka č. 8.

		nádoj	nádoj/ kus	tuk %	bílkovina %	močovina	krmná dávka kg/ks	příjem Kg/kus
testové kritérium	W-stat	0,93909347 7	0,935584	0,941953		0,981682	0,911572231	0,9115722
p hodnota	p-value	2,98727E-05	1,74E-05	4,69E-05		0,0936694	6,16539E-07	6,165E-07
	alpha	0,05	0,05	0,05		0,05	0,05	0,05
normalita	normal	no	no	no	no	yes	no	no

Protože data nemají vesměs normální rozdělení, na zjištění míry korelace mezi sledovanými veličinami jsme použili Spearmanův korelační koeficient (tabulka č.9)

H0: korel. koef. je roven 0, tj. nejedná se o významnou korelaci (závislost) mezi veličinami

H1: korel. koef. se nerovná 0, tj. jedná se o významnou korelaci (závislost) mezi veličinami

$\alpha=0,05$

Tabulka 9. Korelační koeficient

Pearson	-0,1179
Spearman	-0,1832
Kendall	-0,1167

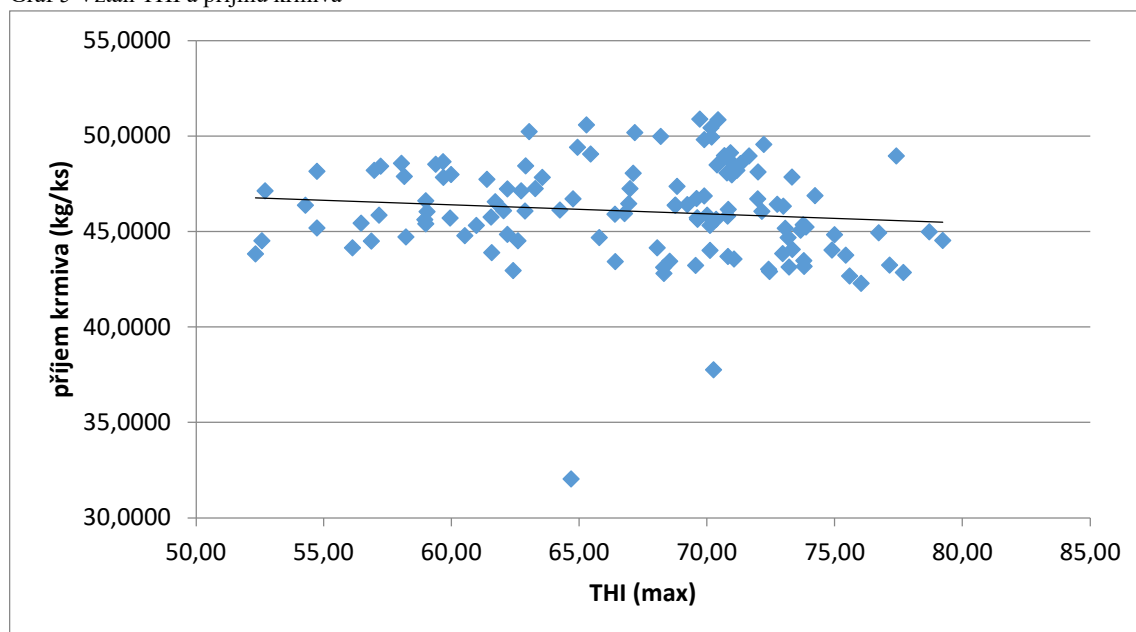
Tabulka č. 10. Spearmanův korelační koeficient

Alpha	0,05
Tails	2

rho	-0,1832
t-stat	-2,0502
p-value	0,04250

p hodnota testu významnosti Spearmanova korelačního koeficientu je menší než 0,05, zamítáme  $H_0$ . Mezi tepelným stresem a příjmem krmiva byl prokázán slabý nepřímý vztah ( $r_s = -0,18$ ). S rostoucím tepelným stresem klesá příjem krmiva. Výsledné hodnoty lze vidět na grafu č. 5

Graf 5 Vztah THI a příjmu krmiva



Předpokládali jsme, že s poklesem příjmu krmiva klesne i dojivost. Pomocí regresní statistiky bylo provedeno porovnání vztahu krmiva a dojivosti. Hodnota spolehlivosti R byla 0,0335. Lineární model tedy vysvětluje 3,35 % změn v dojivosti díky změnám v příjmu krmiva. Výsledky ukazuje tabulka č.11, 12 a 13.

Tabulka č. 11. Regresní statistika

Regresní statistika	
Násobné R	0,183084781
Hodnota spolehlivosti R	0,033520037
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,025532599
Chyba stř. hodnoty	1,830431904
Pozorování	123

Tabulka č 12 Anova – model je významný

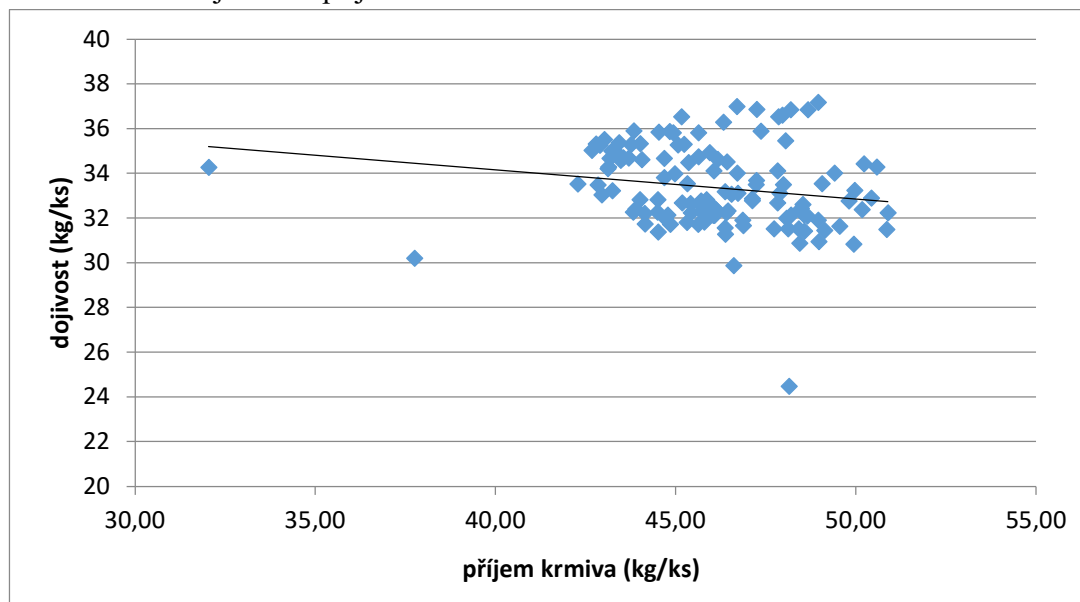
	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	1	112,4550316	112,455	44,32067873	8,63113E-10
Rezidua	121	307,0137736	2,537304		
Celkem	122	419,4688053			

Tabulka č. 13 rovnice regresní přímky  $Y=39,385-0,131*x$

	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%
Hranice	39,3847293	2,939913378	13,39656	1,17745E-25	33,5643954	45,20506
příjem Kg/kus	-0,13052661	0,063716303	-2,04856	0,042668272	-0,25666984	0,004383

Jak ukazuje graf 6 při zvýšení příjmu krmiva o 1 kg/ks se dojivost průměrně sníží o 0,131 l/ks.

Graf 6. Vztah dojivosti k příjmu krmiva



## 1.2. Vliv tepelného stresu na koncentraci močoviny v mléce

Určili jsme významnost jednotlivých veličin ve dnech, kdy je hodnota THI nad 72 oproti dnům, kdy je hodnota THI pod 72.

Pro zjištění rozdělení dat byl použit test normality dat Shapiro Wilkův test.

H0: data mají normální rozdělení

H1: data nemají normální rozdělení

Z tabulky č.14 je vidět, že data mají normální rozdělení. Výpočty pro krabicový graf jsou uvedeny v tab. č. 15.

Tabulka 14. Shapiro-Wilk Test

	<i>THI nad 72</i>	<i>THI do 72</i>
W-stat	0,963839	0,975681
p-value	0,407025	0,076761
alpha	0,05	0,05
normal	yes	yes

Tabulka 15. Výpočty pro krabicový graf

	<i>THI nad 72</i>	<i>THI do 72</i>
Min	200	210
Q1-Min	30	30
Med-Q1	20	10
Q3-Med	20	10
Max-Q3	30	30
Mean	249,6552	249,4681

Min	200	210
Q1	230	240
Median	250	250
Q3	270	260
Max	300	290
Mean	249,6552	249,4681

Protože je p hodnota větší než 0,05, nezamítáme H0. Na 5 % hladině významnosti se neprokázalo, že by se mediány močoviny významně lišily ve dnech, kdy je THI nad 72 oproti dnům, kdy je THI pod 72. V obou skupinách vyšly 250.

Pomocí douvýběrového t-testu s rovností rozptylů byly sledovány střední hodnoty (tabulka č.16).

H0: střední hodnoty se u obou souborů významně neliší

H1: střední hodnoty se u obou souborů významně liší

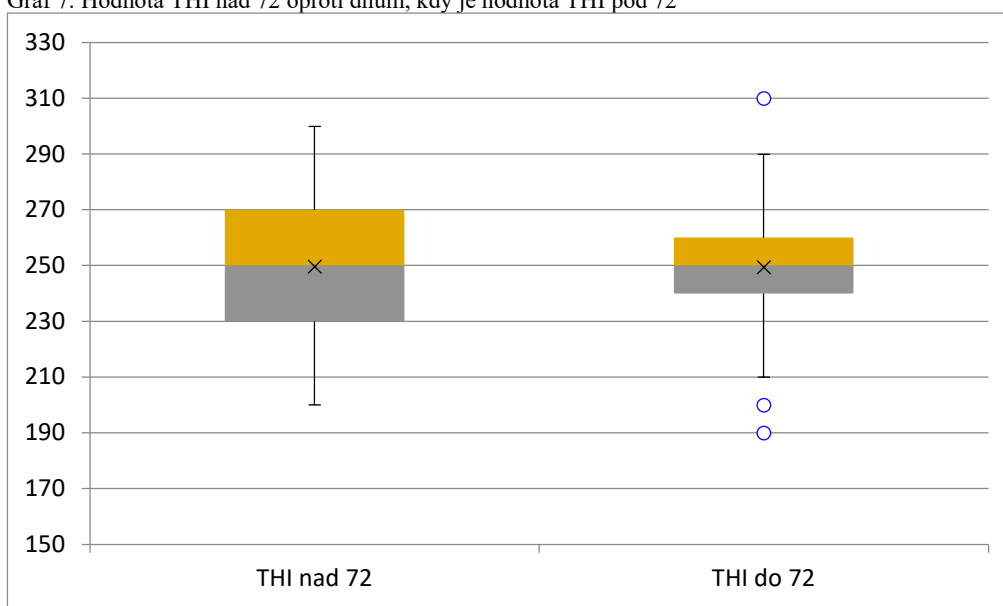
$\alpha=0,05$

Tabulka 16 Douvýchřový t-test s rovností rozptylů

	THI nad 72	THI do 72
Stř. hodnota	249,6552	249,4681
Rozptyl	824,8768	478,2086
Pozorování	29	94
Společný rozptyl	558,4294	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	121	
t Stat	0,037271	
P(T<=t) (1)	0,485165	
t krit (1)	1,657544	
P(T<=t) (2)	0,97033	
t krit (2)	1,979764	

Protože je p hodnota větší než 0,05, nezamítáme  $H_0$ . Na 5 % hladině významnosti se neprokázalo, že by se průměrné hodnoty močoviny významně lišily ve dnech, kdy je hodnota THI nad 72 oproti dnům, kdy je hodnota THI pod 72. V obou skupinách vyšly velmi podobně kolem 249,5, což ukazuje graf č.7.

Graf 7. Hodnota THI nad 72 oproti dnům, kdy je hodnota THI pod 72



Závislost průměrné koncentrace močoviny v mléce na průměrné hodnotě THI uvnitř stáje byla vyhodnocena pomocí regresní statistiky. Hodnota významnosti F, uvedená v tabulce č.18 tuto závislost potvrdila. Lineární model (tabulka č.17), kdy hodnota spolehlivosti R byla 0,0482 vysvětluje 4,82 % změn v močovinně díky změnám v hodnotě THI. Pokud vzrostla hodnota THI o 1 jednotku, hodnota močoviny se průměrně zvýšila o 0,802 mg/l (tab.č.19).

Tabulka 17 Regresní analýza

<i>Regresní statistika</i>	
Násobné R	0,219464717
Hodnota spolehlivosti R	<b>0,048164762</b>
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,040298355
Chyba stř. hodnoty	23,0551268
Pozorování	123

Tabulka 18. ANOVA –

	<i>Rozdíl</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Významnost F</i>
Regrese	1	3254,528	3254,528	6,122841	<b>0,014730367</b>
Rezidua	121	64316,2	531,5389		
Celkem	122	67570,73			

Tabulka 19.

	<i>Koeficienty</i>	<i>Chyba stř. hodnoty</i>	<i>t Stat</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>Dolní 95%</i>	<i>Horní 95%</i>
Hranice	195,7724088	21,81724345	8,973288	4,47695E-15	152,57942	238,9654
THI (Max)	<b>0,801623346</b>	0,323961836	2,474438	0,014730367	0,1602555	1,442991

Existenci závislosti mezi hodnotou THI a močovinou jsme zjišťovali pomocí korelace. Test normality dat (Shapiro-Wilk Test) byl proveden v kapitole 5.1. (tab. č. 6).

Pomocí Spearmanova korelačního koeficientu jsme otestovali, zda existuje mezi veličinami závislost. Výpočty jsou uvedeny v tab. č.20 a 21

H0: korel. koef. je roven 0, tj. nejedná se o významnou korelaci (závislost) mezi veličinami

H1: korel. koef. se nerovná 0, tj. jedná se o významnou korelaci (závislost) mezi veličinami  
 $\alpha=0,05$

Tabulka 20. Korelační koeficient

Pearson	0,2195
Spearman	<b>0,2091</b>
Kendall	0,1627

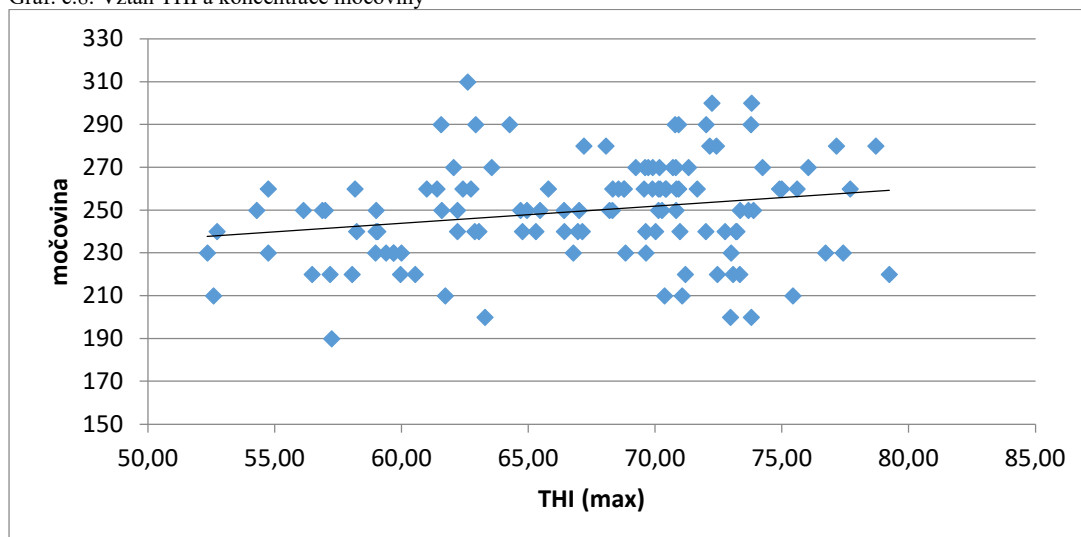
Tabulka 21. Spearmanův korelační koeficient

Alpha	0,05
Tails	2

rho	0,2091
t-stat	2,3521
p-value	<b>0,020283</b>

Hodnota testu významnosti Pearsonova korelačního koeficientu byla 0,018. Je tedy menší než 0,05. Hypotézu zamítáme. Mezi tepelným stresem a močovinou byl prokázán pouze slabý přímý lineární vztah ( $r = 0,22$ ). S rostoucím stresem roste hodnota močoviny (graf č.8).

Graf. č.8. Vztah THI a koncentrace močoviny



### 1.3. Vliv tepelného stresu na obsah tuku v mléce

Pro zjištění rozdělení dat byl použit test normality dat Shapiro Wilkův test (tabulka č. 22, 23)

H0: data mají normální rozdělení

H1: data nemají normální rozdělení

Tabulka 22. Shapiro-Wilk Test

	<i>THI nad 72</i>	<i>THI do 72</i>
<i>W-stat</i>	0,8896	0,9440
<i>p-value</i>	0,0056	0,0005
<i>alpha</i>	0,05	0,05
<i>normal</i>	no	no

Tabulka 23. Výpočty pro krabicový graf

Multiplier	1,50
------------	------

	<i>THI nad 72</i>	<i>THI do 72</i>
Min	3,40	3,41
Q1-Min	0,04	0,21
Med-Q1	0,05	0,12
Q3-Med	0,10	0,09
Max-Q3	0,21	0,10
Mean	3,52	3,72

Min	3,40	3,41
Q1	3,44	3,62
Median	3,49	3,75
Q3	3,59	3,84
Max	3,80	3,94
Mean	3,52	3,72

Na 5 % hladině významnosti se prokázalo, že medián % tuku se významně liší ve dnech, kdy je THI nad 72 oproti dnům, kdy je hodnota THI pod 72. Ve dnech, kdy je hodnota THI nad hodnotou 72, je medián obsahu tuku menší, jak ukazuje graf.č.8.

Byl použit F test na shodu rozptylů.

H0: rozptyly v obou skupinách se významně neliší

H1: rozptyly v obou skupinách se významně liší

$\alpha=0,05$

p hodnota je 0,36. Protože je p hodnota menší než 0,05, zamítáme H0. Rozptyly se významně liší.

Pomocí douvýběrového t-testu s rovností rozptylů byly sledovány střední hodnoty (tabulka č.24).

H0: střední hodnoty se u obou souborů významně neliší

H1: střední hodnoty se u obou souborů významně liší

$\alpha=0,05$

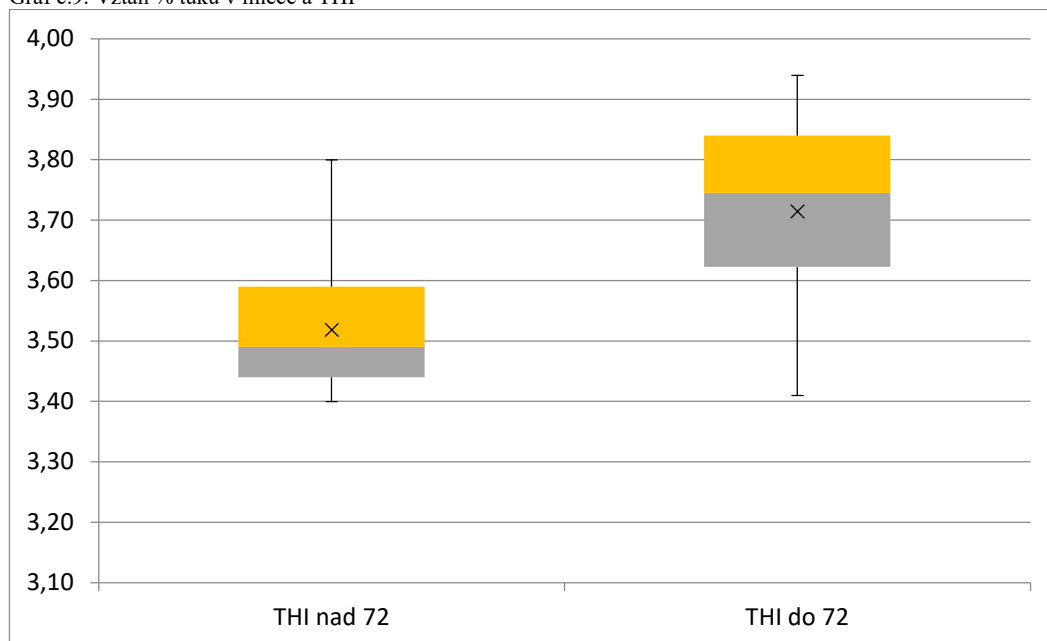
Tabulka 24.

	<i>THI nad 72</i>	<i>THI do 72</i>
Stř. hodnota	3,518965517	3,715
Rozptyl	0,01034532	0,02091129
Pozorování	29	94
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	66	
t Stat	-8,145538509	
P(T<=t) (1)	7,26732E-12	
t krit (1)	1,668270514	
P(T<=t) (2)	1,45346E-11	
t krit (2)	1,996564419	

Protože je p hodnota menší než 0,05, zamítáme H0. Na 5 % hladině významnosti se prokázalo, že průměrný obsah tuku se významně liší ve dnech, kdy je hodnota THI nad 72 oproti dnům, kdy je THI pod 72. Ve dnech, kdy je hodnota THI > 72, je průměrný obsah tuku menší, jak ukazuje graf č.9.



Graf č.9. Vztah % tuku v mléce a THI



I v tomto případě jsme použili pro hodnocení závislosti regresní statistiku (tab. 25, 26, 27). Závislost byla potvrzena jako významná. Hodnota spolehlivosti R vysvětluje 39,15 % změn v obsahu tuku díky změnám v hodnotě THI. Pokud vzroste hodnota THI o 1 jednotku, obsah tuku se průměrně sníží o 0,015 procentních bodů.

Tab.25. Hodnotu spolehlivosti R (koeficient determinace) vysvětluje tato regresní rovnice  $Y=4,704-0,015*x$

Regresní statistika	
Násobné R	0,625720115
Hodnota spolehlivosti R	<b>0,391525663</b>
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,386496949
Chyba stř. hodnoty	0,124576076
Pozorování	123

Tab 26. Anova

	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	1	1,208294033	1,208294	77,85801686	<b>1,01065E-14</b>
Rezidua	121	1,877823041	0,015519		
Celkem	122	3,086117073			

Tab. 27.

	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%
Hranice	4,704252179	0,117887297	39,90466	1,72039E-71	4,470863183	4,937641
THI (Max)	<b>-0,01544588</b>	0,001750495	-8,82372	1,01065E-14	-0,018911447	-0,01198

Pomocí korelace jsme také ověřili závislost mezi hodnotou THI a % tuku v mléce. Test normality dat (Shapiro-Wilk Test) byl proveden v kapitole 5.1. (tab. č.6).

Pomocí Spearmanova korelačního koeficientu jsme otestovali, zda existuje mezi veličinami závislost. Výpočty jsou uvedeny v tab. č.28, 29.

H0: korel. koef. je roven 0, tj. nejedná se o významnou korelaci (závislost) mezi veličinami

H1: korel. koef. se nerovná 0, tj. jedná se o významnou korelaci (závislost) mezi veličinami  
 $\alpha=0,05$

Tabulka 28.

Pearson	-0,6257
Spearman	-0,6314
Kendall	-0,4482

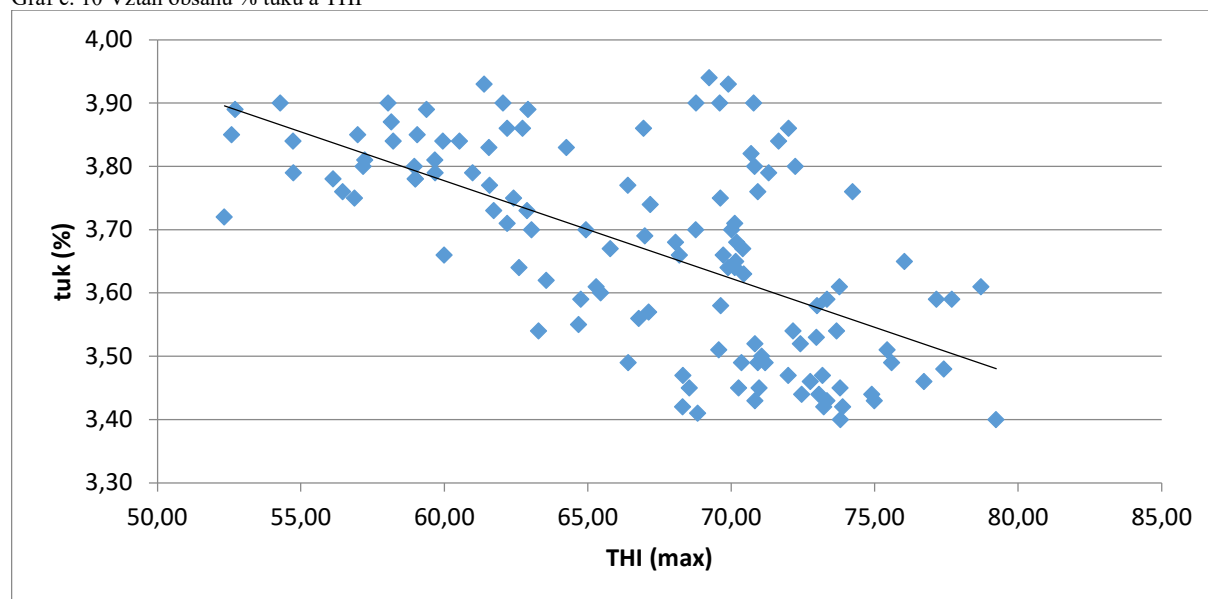
Tabulka 29.

Alpha	0,05
Tails	2

rho	-0,6314
t-stat	-8,9570
p-value	4,88498E-15

p hodnota testu významnosti Spearmanova korel. koef. je menší než 0,05, zamítáme H0. Mezi tepelným stresem a obsahem tuku byl prokázán nepřímý středně silný vztah ( $r_s=-0,63$ ). S rostoucím tepelným stresem klesá obsah tuku v mléce. Vypočítané hodnoty ukazuje graf. č.10.

Graf č. 10 Vztah obsahu % tuku a THI



## 6. Diskuse

### 6.1. Hypotéza: Tepelný stres snižuje příjem krmiva a dojivost.

V této části práce byl studován vliv zvýšené tepelné zátěže, při hodnotě THI 72 a vyšším na příjem krmiva a dojivost u dojnic. Sledováno bylo 550 ks dojnic v produkční stáji. Sledovali jsme závislost příjmu krmiva na hodnotě THI ve stáji a s tím související závislost dojivosti na příjem krmiva.

Výsledky ukazují, že příjem krmiva se s narůstající tepelnou zátěží snižoval, k nejvyššímu poklesu došlo na přelomu měsíce července a srpna, kdy se průměrné hodnoty THI pohybovali nad 72,75. Mezi tepelným stresem a příjmem krmiva byl prokázán slabý nepřímý vztah ( $r_s = -0,28$ ). S rostoucím tepelným stresem příjem krmiva klesal.

Očekávali jsme, že s poklesem příjmu krmiva klesne i dojivost, což se nepotvrdilo. Pokud vzrostl příjem krmiva o 1 kg/ks, dojivost průměrně klesla o 0,131 litru/ks. Mezi dojivostí a příjmem krmiva byl prokázán slabý nepřímý lineární vztah ( $r = -0,18$ ). Zimbellman & Collier porovnávali výsledky studií týkajících se vlivu hodnoty THI na dojivost a došli k závěru, že odezva dojivosti na období zvýšené tepelné zátěže může nastat až s dvoutýdenním zpožděním, což by našim výsledkům odpovídalo. Dojivost klesala až po snížení hodnoty THI (Zimbellman & Collier, 2011). Doležal et al. uvádí, že vhodně zvolené strategie a taktiky krmivářských programů mohou napomáhat k lepší adaptaci dojnic na zvýšené účinky tepelného stresu. Adaptovaný skot nad hladinou termoregulační zóny nepodléhá při náhlých změnách tepelnému stresu, oproti skotu neadaptovanému. (Doležal et al., 2010). Naše výsledky naznačují, že krmná dávka byla v období zvýšené tepelné zátěže nastavena správně a dojnice byly na tepelný stres dobře připraveny. Významnou roli zde sehrály i přidané vitamínové a minerální doplňky. Výsledky však mohly být ovlivněny i skutečností, že v tomto období bylo sledováno celé produkční stádo a nebyly zohledněny rozdíly mezi dojnicemi na různém stupni laktace. Erbez pozoroval, že dojnice na vyšších laktacích byly vůči vysokým teplotám odolnější, zřejmě z důvodu obecně vyšší schopnosti příjmu sušiny v krmné dávce. (Erbez, 2010) V námi sledovaném souboru bylo v uvedeném období 368 ks krav na 3 a vyšší laktaci. Hypotézu nezamítáme, protože příjem krmiva v období zvýšené tepelné zátěže klesal. Dojivost klesala se zpožděním.

### 6.2. Hypotéza: Tepelný stres zhoršuje kvalitu trávení bílkovin.

Optimální koncentrace močoviny v mléce se používá k posouzení rovnováhy energie a bílkovin v krmivu (Ljoljić et al, 2020). Koncentrace močovinového dusíku v mléce u skotu je ovlivněna množstvím hrubých bílkovin v krmné dávce (Baker et al., 1995), jakož i rozložitelný příjem bílkovin (DIP) a nerozložitelný příjem bílkovin (UIP). Navíc jasně koreluje s přísunem bílkovin ve stravě vzhledem k požadavkům dojnic (Baker et al., 1995). Roseler et al. také ukázali, že koncentrace močoviny mléce je ovlivněna změnami DIP a UIP a zvýšením

energetického příjmu (Roseler et al., 1993). Koncentrace mléčné močoviny závisí na hladině přijatých hrubých bílkovin v potravě, poměr energie a bílkovin a množství snadno přijatelných sacharidů (Biswait et al., 2011). Vysoká koncentrace mléčné močoviny ukazuje na vysoké hladiny amoniaku v bachoru, které mohou způsobit řadu problémů. Je známo, že zvýšený příjem odbouratelných bílkovin je zodpovědný za zvýšení koncentrace močoviny v mléce a je jen minimálně využit pro syntézu mléčných bílkovin (Akhtar a kol., 2020).

V literatuře se uvádějí různé fyziologické hodnoty koncentrace močoviny v mléce, které se pohybují od 10 do 30 mg/100 ml (Bendelja, 2011) nebo od 1,7 do 5,0 mmol/l podle Marenjak et al. (2004), zatímco Young uvádí jako doporučenou koncentraci močoviny v kravském mléce 12 až 16 mg/100 ml. (Young, 2001). Koncentrace močoviny a obsah bílkovin v mléce jsou dobrými ukazateli vyvážené výživy z hlediska energie a bílkovin, takže pokud je obsah bílkovin v normálním rozmezí (3,2-3,8 %) a koncentrace močoviny se pohybuje mezi 15-30 mg/100 ml, má se za to, že přísun energie a hrubých bílkovin je na optimální úrovni (Bendelja, 2011) Krmná dávka musí být vyvážená a musí mít odpovídající množství, kvalitu bílkovin a energie, protože nadbytek bílkovin v krmné dávce může vést ke ztrátám v produkci.

Obsah močoviny se zvyšujícím tepelným stresem narůstá, ale ve zkoumaném vzorku se neobjevil jediný den, kdy by obsah močoviny vystoupal nad nejvyšší možnou hodnotu. Lze tedy konstatovat, že nastavená krmná dávka byla vyrovnaná a odpovídala denním potřebám dojnic. Mezi tepelným stresem a močovinou byl prokázán pouze slabý přímý lineární vztah ( $r = 0,22$ ). S rostoucím stresem se zvyšovala hodnota močoviny. Hypotézu nezamítáme.

### **6.3. Hypotéza: V důsledku tepelného stresu klesá obsah tuku v mléce.**

Koncentrace mléčného tuku se v průběhu roku mění podle ročních období. Obsah tuku v mléce se zvyšuje při zvýšeném obsahu strukturální vlákniny v krmné dávce a při deficitu pohotové energie v krmné dávce (Slavík et al., 2004). Syrové kravské mléko obsahuje v průměru 3,0–4,6 % tuku. Obsah tuku z velké míry závisí na příjmu vlákniny a její struktuře v krmné dávce. Optimálně by vysokoprodukční dojnice měla přijmout 15–18% hrubé vlákniny ze sušiny krmné dávky.

Vliv tepelného stresu na obsah mléčného tuku však nebyl doposud zcela prokázán. Albeni et al. zjistili nižší hodnoty obsahu mléčného tuku při hodnotě THI, který byl vyšší než 75 (Albeni et al., 1993) Bernabucci et al. zaznamenali výrazný pokles mléčného tuku v letních měsících, ve srovnání s hodnotami pozorovanými v zimě (Bernabucci et al., 2015) Naopak Cowley et al. nezjistili významné rozdíly v obsahu tuku v mléce mezi dojnicemi v normálních podmínkách a v podmínkách vysoké tepelné zátěže (Cowley et al., 2015) V našem případě byl mezi tepelným stresem a obsahem tuku prokázán nepřímý středně silný lineární vztah ( $r=-0,63$ ). S rostoucím tepelným stresem obsah tuku klesal. Hypotézu nezamítáme.

## 8. Závěr

V předložené diplomové práci byly shrnuty literární údaje o stresu, se zaměřením na stres tepelný a jeho dopady na skot. V zemědělském podniku ZAS Bečváry a.s. byla v období od 1. července do 31. října 2021 sledována provozní data, teplota, vlhkost, hodnota THI, příjem krmiva, dojivost, obsah tuku a močoviny v mléce a na základě těchto dat byl vyhodnocen vliv teploty na příjem krmiva a produkci u 650 dojnic v produkční stáji.

Hypotézy, které se týkali vlivu hodnot THI na produkci mléka a příjem krmiva, zhoršení trávení bílkovin a snižování obsahu tuku v mléce byly potvrzeny nebo vyvráceny na základě regresní a korelační analýzy.

Byly získány tyto výsledky.

1. Příjem krmiva se s narůstající tepelnou zátěží snižoval. Hypotézu „tepelný stres snižuje příjem krmiva a dojivost“ nezamítáme, protože příjem krmiva v období zvýšené tepelné zátěže klesal a dojivost také klesala, i když se zpožděním.
2. Hypotézu „tepelný stres zhoršuje kvalitu trávení bílkovin“ také nezamítáme. Bylo zjištěno, že v období od 1. července do 31. října 2021 se koncentrace močoviny pohybovala v rozmezí 19–31 mg/100 ml a se zvyšujícím se tepelným stresem stoupala. Obsah močoviny se zvyšujícím tepelným stresem narůstal, což ukazuje na zhoršenou kvalitu trávení bílkovin. Obsah bílkovin se ve sledovaném období pohyboval v rozmezí od 3,17 do 3,29 %. Lze tedy konstatovat, že nastavená krmná dávka byla vyrovnaná a odpovídala denním potřebám dojnic.
3. Obsah tuku v mléce se pohyboval v rozmezí od 3,39 do 3,72 %. S rostoucím tepelným stresem se hodnoty tuku v mléce snižovaly. Naše tvrzení, že „tepelný stres snižuje obsah bílkovin v mléce“ bylo správné a hypotézu nezamítáme.

Z uvedených výsledků je zřejmé, že období zvýšené tepelné zátěže negativně ovlivňuje pohodu skotu a má vliv na příjem krmiva, produkci a obsah látek v mléce. Eliminovat tepelný stres je v současné době nezbytné. Aby chovatelé mohli účinně zabránit jeho dopadům na užitkovost a ekonomiku, je třeba reagovat včas a komplexně.

Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že krmná dávka a podmínky chovu ve sledovaném podniku jsou nastaveny optimálně.

## 9. Literatura

Akhtar, M.U., Qayum, A., Shan, A., Chou, S., Jo, H., Shah, S.W.A., Muhammad, I. (2020) Influence of different dietary rumen degradable protein concentrations on nutrient intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, blood urea nitrogen and milk yield of lactating Beetal goats. *Pakistan Journal of Zoology*, **52** (1), 213-221

Abeni, F., L.Calamari, M.G.Maianti, V.Cappa, and L.Stefanini. 1993. Effetti dello stress termico sulle bovine in lattazione ed accorgimenti alimentari miranti ad attenuarne l'impatto su quantità e qualità del latte prodotto. *Annali Fac. Agric.* **33**:151–170

Aganga A.H., Umna N.N. Oyedipe E.O., Aduku A.O., 1990. Response to water deprivation by Yankase ewes under different physiological states. *Small Rumin.* **3**: 109-115

Amamou, H.; Beckers, Y.; Mahouachi, M.; Hammami, H. 2019. Thermotolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of holstein cows. *J. Therm. Biol.* **82**: 90–98

Ammer, S.; Lambertz, C.; Von Soosten, D.; Zimmer, K.; Meyer, U.; Dänicke, S.; Gauly, M., 2018. Impact of diet composition and temperature-humidity index on water and dry matter intake of high-yielding dairy cows. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* **102**: 103–113

Baker D., Ferguson, J.D., Chalupa W. 1995. Responses in Urea and True Protein of Milk to Protein Feeding Schemes for Dairy Cows: Department of Agriculture, and the Center for Animal Health and Productivity at the University of Pennsylvania. *J Dairy Sci* **78**:2424-2434

Bendelja, D. Prpić Z., Mikulec N., Havranek J., Antunac N., 2011. Milk urea concentration in Holstein and Simmental cows. *Mljekarstvo*, **61**:45-55

Berka, T., 2020. Výživa dojníc v podmínkách tepelného stresu. *Náš Chov*, Profi Press s.r.o., Praha. **6** :20-23.

Bernabucci, U., L.Basiricò, P.Morera, D.Dipasquale, A.Vitali, F.Piccio, Cappelli, and L.Calamari. 2015. Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* **98**:1815–1827.

Biswajit, R., Brahma, B., Ghosh, S., Pankaj, P.K., Mandal, G. (2011) Evaluation of Milk Urea Concentration. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **6**: 1-19

Bohmanova, J., Misztal I., Cole J.B., 2007. Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress, *J.Dairy Sci.* **90**:1947-1956,

Bouška, J., Doležal, O., Jílek, F., Kudrna, J., Kvapilík, J., Příbyl, J., Rajmon, R., Sedmíková, M., Skřivanová, V., Šlosárková, Š., Tyrolová, Y., Vacek, M., Žižlavský, J., 2006. Chov dojeného skotu. Profi Press. ISBN: 80-86726-16-9

Breer D., 2015. Nejnovější zprávy SCHAUMANN-skupiny. 7:2

Buer CS, Muday GK, Djordjevic MA. 2007. Flavonoids Are Differentially Taken Up and Transported Long Distances in Arabidopsis. *Plant Physiology* **145**:478–490.

Burgos Zimbelman R. and Collier R.J., 2011 Feeding Strategies for High-Producing Dairy Cows During Periods of Elevated Heat and Humidity Tri-State Dairy Nutrition Conference, Collier, R.J.; Collier, J.L.; Rhoads, R.P.; Baumgard, L.H. 25008. Invited review: Genes involved in the bovine heat stress response. *J. Dairy Sci.* **91**: 445–454

Collier, R.J.; Collier, J.L.; Rhoads, R.P.; Baumgard, L.H, 2008. Invited review: Genes involved in the bovine heat stress response. *J. Dairy Sci.* **91**: 445–454.

Cowley, F.C., D.G.Barber, A.V.Houlihan, and D.P.Poppi. 2015. Immediate and residual effects of heat stress and restricted intake on milk protein and casein composition and energy metabolism. *J. Dairy Sci.* **98**:2356–2368

DeShazer, J. A., Hahn, G.L., Xin, H. 2009. Chapter 1: Basic Principles of the Thermal Environment and Livestock Energetics. In J.A. DeShazer, ed. *Livestock Energetics and Thermal Environmental Management*, 1–22. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASABE publication; 801M0309 no. 25, ISBN 1-892769-74-3

Díaz-Ryón F., García Á., 2019. Strategies to improve dairy cows' feed intake during heat stress. Dairy Science Department. South Dakota State University.

Doležal, O., 2010. Metody eliminace tepelného stresu – významná chovatelská rezerva. Soubor odborných statí pro chovatele. Praha – Uhřetěves.

Doležal O., Staněk S., 2015. Chov dojeného skotu. Profi Press s.r.o., Praha. ISBN 978-80-86726-70-0

Dominíková P. 2021. Podmínky chovu ovlivňují pohodu užitkovost i kvalitu mléka a mléčných produktů. *Náš Chov* **9** :10-12.

Eigenberg R.A., Brown-Brandl T.M., Nienaber J.A., Hahn G.L. 2005. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 2: Predictive Relationships. *Biosyst. Eng.*; **91**:111–118

Esmail S.H., 2019. Cattle feeding under heat stress conditions. Kansas State University, USA. Available from <https://www.allaboutfeed.net/animal-feed/feed-processing/cattle-feeding-under-heat-stress-conditions/>(accessed february 2023)

Filippi A, Petrusa E, Braidot E. 2016. Flavonoid facilitated/passive transport: Characterization of quercetin microsomal uptake by a DPBA-dependent assay. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics* **1857**: e64. Elsevier.

Flamenbaum, I., 2020. Cow Cooling Solutions, Ltd. Ekonomické ztráty způsobené tepelným stresem. *Náš chov, Profipres s.r.o., Praha* **6**: 18-19

Fraazi E., Calamari F., Calegari F., Stefanini, 2000. Behavior Of dairy cows in response to different barn cooling system. *Trans. ASAE* **43**: 387–394

Frangne N, Eggmann T, Koblischke C, Weissenbock G, Martinoia E, Klein M. 2002. Flavone Glucoside Uptake into Barley Mesophyll and Arabidopsis Cell Culture Vacuoles. Energization Occurs by H<sup>+</sup>-Antiport and ATP-Binding Cassette-Type Mechanisms. *Plant Physiology* **128**:726–733.

Gaughan, JB, Mader, TL, Holt, SM, Lisle, A., 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science* **86**, 226–234,

Giesecke, W.H., 1985. The effect of stress on udder health of dairy cows. *J. Vet. Res.*, **52**: 175-193

Girma F. Gebremarian B., 2019. Review on effect of stress on Production and Reproduction of dairy cattle. *Journal of Scientific and Innovative Research*, **8**: 29-32

Giuseppe C.R., Ciampolini, M., Cassandro, E., Lasagna, L., Calamari, U. B., 2018. Feeding and nutrition management of heat-stressed dairy ruminants. *The Italian Journal of Animal Science publishes international papers in animal science including studies on animal genetics, breeding and livestock management.*, Pages 604-620

Evolution of concepts of stress

DAVID S. GOLDSTEIN & IRWIN J. KOPIN

Clinical Neurocardiology Section, National Institute of Neurological Disorders and Stroke, Bethesda, MD USA

Goldstein D.S., Kopin I.J., 2007. Evolution of concept stress. *Clinical neurology Section and stroke, USA.*

Hahn G., 1999. Dynamic responses of cattle to thermal loads. *J. Animal Sci.* **77**:10-20

Hahn, G. L Gaughan J. B., Mader T. L. Eigenberg R. A., 2009. Thermal Indices and Their Applications for Livestock Environments. ed. *Livestock Energetics and Thermal Environmental*



Management, 1–22. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASABE publication; ISBN 1-892769-74-3

Chen, Yi, Arsanault R., Napper S., Griebel P. 2015. Models and Method to Investigate Acute Stress Responses in Cattle. *Animals (Basel)* **5**: 1268-1295

Chmelíková, E., Hackerová, L., Havlíková, K., 2022. *Náš chov*, Profipres s.r.o., Praha **6**: 51-53

Christopherson R.J., Kennedy P.M., 1983 Effect of thermal environment on digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.* **63**: 447–469

Jeandet P, Hébrard C, Deville M-A, Cordelier S, Dorey S, Aziz A, Crouzet J. 2014. Deciphering the Role of Phytoalexins in Plant-Microorganism Interactions and Human Health. *Molecules* **19**:18033–18056.

Ježková A., 2021. Jak si krávy vedou v různých systémech ustájení? *Náš Chov*, Profipres s.r.o., Praha **6**: 41.

Kadzere Č.T., Murphy M.R., Silanikove, N., Maltz, E, 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science.* 59-91.

Klabzuba, J., Kožnarová, V., 2002. *Aplikovaná meteorologie a klimatologie. XI. Díl, Mikroklima stájí.* ČZU Praha, ISBN 80-213-0870-2.

Knížková I., Kunc P., 2010, *Využití technologie evaporačního ochlazování s řídicími jednotkami k eliminaci tepelného stresu u skotu*, Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha Uhřetěves, ISBN 978\_80\_7\_403-055 ISBN 978-80-7403-055-

Laszlo A. The effects of hypermania cell structure and function. 1992, *Cell prolifer*, **25**: 59-87

Lees A .M ., Sejian V ., Wallage A .L ., Steel C .C ., Mader T .L ., Lees J .C ., Gaughan J .B . . 2019. The Impact of Heat Load on Cattle. *Animals.* Basel. 322.

Ljoljić, D.B., Špehar, I. D., Pepić, Z., Vnucec, I. 2020. Urea concentration in g goat milk: importance of determinatio factors of variability. *Journal of Central European Agriculture* **21**: 707-721

Lundqvist M., Stigler J., Elia G., Lynch I., Cedervall T., Dawson K.A., 2008. Nanoparticle size and surface properties determine the protein corona with possible implications for biological impacts. *Proc Natl Acad USA.* **105**:14265–14270.

Marenjak T., Polčiak-Milas N. Stojević Z., 2004. Dilution of the concentration of ureas in milk from cows. *Praxis veterinaria.* **52**: 233-241

Maršálek, M., Vejčík, A., Zedníková, J., 2016. Atlas plemen hospodářských zvířat chovaných v České republice. JČU, České Budějovice, ISBN 978-80-7394-581-7

Meneses J., A., Lopes de Sá O. A.A., Coelho C.F., Pereira R.N., Batista E.D., Ladeia M. M., Casagrande D. R., Gionbelli M. P. Effect of heat stress on ingestive, digestive, ruminal and physiological parameters of Nelore cattle feeding low – or high – energy diets. *Livestock Science*, Elsevier.

Moore, C.E.; Kay, J.K.; Collier, R.J.; VanBaale, M.J.; Baumgard, L.H. 2005. Effect of supplemental conjugated linoleic acids on heat-stressed brown Swiss and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* **88**: 1732–1740

Panda S.K, Panda N., Panigrahi K.K., Gupta S.K, 2017. Role of niacin supplementation in dairy cattle: A review, *Journal of Dairying, Foods & Home Sciences*

Pascard, J. 2020. Minimalizujte důsledky teplotního stresu dojnic. *Náš Chov*, Profi Press s.r.o., Praha. **6** :28-29.

Pawlak-Sprada S, Stobiecki M, Deckert J. 2011. Activation of phenylpropanoid pathway in legume plants exposed to heavy metals. Part ii. Profiling of isoflavonoids and their glycoconjugates induced in roots of lupine (*Lupinus luteus*) seedlings treated with cadmium and lead. *Acta Biochimica Polonica* **58**:217–223.

Pragna P., Archana R., Sejian A.V., Krishnan, Bagath M., Manimaran A., Pragna V., Beena V., Kurien E.K., Varma G., Bhatta R., 2017, Heat Stress and Dairy Cow: Impact on Both Milk Yield and Composition, *International Journal of Dairy Science*,

Ray, D.; Correa-Calderon, A.; Armstrong, D.; Enns, M.; DeNise, S.; Howison, C., 2004. Thermoregulatory responses of Holstein and Brown Swiss Heat-Stressed dairy cows to two different cooling systems. *Int. J. Biometeorol.* **48**: 142–148

Rhoads, M.L., Kim J.W, Colloier R.J., Crooker Ba:a , Boisclair, Y .R ., Baumgard, L .H ., Rhoads, R .P ., 2010. Effects of heat stress and nutrition on lactating Holstein cows: II. Aspects of hepatic growth hormone responsiveness. *J. Dairy Sci.* **93**:170-179

Robetshaw D., 1981. The environmental physiology of animal production. *Environmental Aspects of Housing for Animal Production*, London. 3-17

Roseler D.K., Ferguson, J.D., Sniffen, C.J., Herrema, J. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows. *University of Pennsylvania, New Bolton Center, 1 Dairy Sci* **76**:525-534

Sammad A., Wang J.A., Umer S., Lirong H.<sup>1</sup>, Khan I., Khan A., Ahmad A., Wang Y., 2020. Nutritional Physiology and Biochemistry of Dairy Cattle under the Influence of Heat Stress: Consequences and Opportunities, *Animals*. Basel **5**:793.

Senn B. D., Skibieli A. M., Fabris T. F., Dahl G. E., Laporta J., 2019, Dry period heat stress induces microstructural changes in the lactating mammary gland,  
Sejian V., Bhatta R., Gaughan JB., Dunsea FR., Lacetera N., 2018. Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal Dec*; **12**: 431-444. Senn B. D., Skibieli A. M., Fabris T. F., Dahl G. E., Laporta J., 2019, Dry period heat stress induces microstructural changes in the lactating mammary gland,

Silanikove N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Liv Prod Sci*. **67**:1–18

Sonna L.A., Fujita J., Gaffin S.L., Lilly C.M., 2002, Invited review: Effects of heat and cold stress on mammalian gene expression. *J ppl Physiol*, 92:1725-1742,

Stowell, R.R., Mader T.L, Gaughan, J.B, 2009. Environmental Management. In J.A. DeShazer, ed. *Livestock Energetics and Thermal Environmental Management*, 181 – 209. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers,. ASABE publication; 801M0309 no. 25, ISBN 1-892769-74-3

Stupka, R., Fantová, M., Ledvinka, Z., Navrátil, J., Nohejlová, L., Stádník, L., Šprysl, M., Štolc L., Vacek, M., Zita, L., 2013. *Chov zvířat*. Powerprint s.r.o, Praha, ISBN 978-80-87415-66-5

Šoch, M. Basík, M. Novák, P., Vráblíková, J., 2003. Vliv relativní vlhkosti vzduchu a ochlazovací hodnoty prostředí na mléčnou produkci krav. Sborník z mezinárodní bioklimatické konference „Functions of energy and water balances in bioclimatological systems“. Prátlava, ISBN 80-8069-244-0

Tao, S.; Thompson, I.M.; Monteiro, A.P.A.; Hayen, M.J.; Young, L.J.; Dahl, G.E. 2012. Effect of cooling heat-stressed dairy cows during the dry period on insulin response. *J. Dairy Sci*. **95**: 5035–5046

Thiago F. F., Laporta J., Corra F.N., Torres Y. M. Kurk D.J., McLean D. J., Chapman J.D., Dahl E., 2017. Effect of nutritional immunomodulation and heat stress during the dry period on subsequent performance of cows. *J. Dairy Sci*. **100**:6733-6742

Villegas M, Sommarin M, Brodelius PE. 2000. Effects of sodium orthovanadate on benzophenanthridine alkaloid formation and distribution in cell suspension cultures of *Eschscholtzia californica*. *Plant Physiology and Biochemistry* **38**:233–241.

Wheelock, J.B., R.P. Rhoads, M.J. VanBaale, S.R. Sanders and L.H. Baumgard, 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, **93**: 644-655.

Wohlgemuth, S.E., Y. Ramirez-Lee, S. Tao, A.P. Monteiro, B.M. Ahmed and G.E. Dahl, 2016. Effect of heat stress on markers of autophagy in the mammary gland during the dry period. *J. Dairy Sci.*, **99**: 4875-4880

Ye Y, Ding Y, Jiang Q, Wang F, Sun J, Zhu C. 2017. The role of receptor-like protein kinases (RLKs) in abiotic stress response in plants. *Plant Cell Reports* **36**:235–242.

Young, A., 2001. Milk urea nitrogen test. Archived USU Extension Publications.

Zejdová P., Chládek G., Falta D., 2014: Vliv stájového prostředí na chování a mléčnou užitkovost dojnic. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 26 s. ISBN 978-80-7375-945-2.

## **10. Seznam použitých zkratk a symbolů**

THI – teplotně vlhkostní index

DIP – rozložitelný příjem bílkovin

UIP – nerozložitelný příjem bílkovin

# 11. Samostatné přílohy

## Příloha č. I. Sledované hodnoty

datum	počet dojených kusů	nádoj	nádoj/ kus	tuk %	MOČ	THI (Max)	krmná dávka kg/ks	příjem Kg/kus
1.7.2021	579	20525	35,44905	3,57	240	67,12	49,53022	48,04432
2.7.2021	579	21340	36,85665	3,54	200	63,28	48,70984	47,24855
3.7.2021	573	20520	35,81152	3,58	230	69,63	47,04712	45,63571
4.7.2021	573	21192	36,98429	3,47	240	71,99	48,14485	46,70051
5.7.2021	578	21156	36,60208	3,45	240	70,97	49,44464	47,9613
6.7.2021	575	21368	37,16174	3,48	230	77,41	50,46435	48,95042
7.7.2021	576	20669	35,88368	3,41	230	68,83	48,82639	47,3616
8.7.2021	567	20572	36,28219	3,58	230	72,99	47,76014	46,32734
9.7.2021	569	20961	36,83831	3,49	260	70,92	50,1775	48,67218
10.7.2021	569	20962	36,84007	3,49	220	71,18	49,68366	48,19315
11.7.2021	569	20785	36,529	3,43	220	73,33	49,33392	47,8539
12.7.2021	569	20785	36,529	3,44	220	73,06	46,56063	45,16381
13.7.2021	562	20143	35,84164	3,40	220	79,23	45,90569	44,52852
14.7.2021	564	19878	35,24468	3,44	220	72,45	44,2234	42,8967
15.7.2021	566	19637	34,69435	3,50	210	71,06	44,89399	43,54717
16.7.2021	560	19758	35,28214	3,51	210	75,43	45,10893	43,75566
17.7.2021	558	19290	34,56989	3,45	200	73,79	44,8172	43,47269
18.7.2021	554	19888	35,89892	3,53	200	72,97	45,19314	43,83735
19.7.2021	555	19280	34,73874	3,49	210	70,36	47,04144	45,6302
20.7.2021	555	19380	34,91892	3,56	230	66,77	47,36216	45,9413
21.7.2021	554	19278	34,79783	3,45	260	68,54	44,77798	43,43464
22.7.2021	547	18964	34,6691	3,47	240	73,18	46,06216	44,68029
23.7.2021	550	18978	34,50545	3,46	240	72,75	47,85636	46,42067
24.7.2021	548	19340	35,29197	3,42	250	73,88	46,62956	45,23068
25.7.2021	551	19727	35,80218	3,46	230	76,72	46,32305	44,93336
26.7.2021	553	19531	35,31826	3,44	260	74,90	45,37975	44,01835
27.7.2021	557	19980	35,87074	3,43	260	74,99	46,21724	44,83072
28.7.2021	560	19408	34,65714	3,40	300	73,80	44,50893	43,17366
29.7.2021	562	19955	35,50712	3,52	280	72,41	44,35231	43,02174
30.7.2021	561	19647	35,02139	3,49	260	75,59	43,9893	42,66963
31.7.2021	562	19266	34,28114	3,42	240	73,22	44,47153	43,13738
1.8.2021	564	19324	34,26241	3,55	250	64,68	33,03014	32,03924
2.8.2021	569	20093	35,31283	3,47	260	68,32	44,11599	42,79251
3.8.2021	570	19769	34,68246	3,43	250	70,82	45,04386	43,69254
4.8.2021	570	19494	34,2	3,42	250	68,30	44,45439	43,12075
5.8.2021	565	19977	35,35752	3,49	240	66,41	44,76991	43,42681
6.8.2021	567	19838	34,98765	3,51	260	69,56	44,56437	43,22744
7.8.2021	563	19482	34,60391	3,59	250	73,34	45,42274	44,06005
8.8.2021	654	19750	30,19878	3,45	250	70,26	38,92508	37,75732

9.8.2021	568	19666	34,62324	3,52	260	70,83	47,58803	46,16039
10.8.2021	571	20138	35,26795	3,54	250	73,67	46,45709	45,06338
11.8.2021	573	19540	34,10122	3,54	280	72,15	47,48	46,05892
12.8.2021	570	19648	34,47018	3,61	290	73,77	46,76	45,35686
13.8.2021	572	19430	33,96853	3,61	280	78,70	46,37	44,97442
14.8.2021	570	18932	33,21404	3,59	280	77,15	44,58	43,23988
15.8.2021	570	19079	33,47193	3,59	260	77,69	44,17	42,84677
16.8.2021	573	19204	33,51483	3,65	270	76,03	43,59	42,28557
17.8.2021	565	18540	32,81416	3,64	310	62,60	45,88	44,50497
18.8.2021	566	19134	33,80565	3,67	260	65,78	46,06	44,6817
19.8.2021	569	18318	32,19332	3,68	280	68,06	45,50	44,13585
20.8.2021	564	18914	33,53546	3,64	260	70,12	46,72	45,31998
21.8.2021	562	18445	32,82028	3,71	250	70,12	45,36	44,0021
22.8.2021	562	18445	32,82028	3,70	240	70,01	47,27	45,85062
23.8.2021	562	18925	33,67438	3,69	250	66,99	48,70	47,24004
24.8.2021	560	19042	34,00357	3,70	250	64,94	50,93	49,40418
25.8.2021	560	18125	32,36607	3,74	280	67,18	51,73	50,17498
26.8.2021	558	19028	34,10036	3,62	270	63,55	49,31	47,829
27.8.2021	560	18755	33,49107	3,71	250	62,19	48,69	47,23207
28.8.2021	559	19237	34,41324	3,70	240	63,04	51,78	50,22657
29.8.2021	559	18743	33,52952	3,60	250	65,45	50,58	49,05875
30.8.2021	560	19045	34,00893	3,59	240	64,76	48,15	46,7055
31.8.2021	562	18818	33,48399	3,66	230	59,99	49,47	47,98566
1.9.2021	561	19232	34,28164	3,61	240	65,29	52,14795	36,49561
2.9.2021	564	18739	33,22518	3,66	250	68,19	51,51596	36,05521
3.9.2021	559	18015	32,22719	3,66	270	69,72	52,45975	36,71208
4.9.2021	559	18382	32,88372	3,65	270	70,16	51,98927	36,38322
5.9.2021	561	17664	31,48663	3,63	260	70,43	52,42781	36,25166
6.9.2021	565	18324	32,43186	3,67	260	70,40	49,97876	34,97637
7.9.2021	564	18474	32,75532	3,64	260	69,89	51,34397	35,93681
8.9.2021	567	17481	30,83069	3,68	260	70,19	51,48148	36,03556
9.9.2021	565	18162	32,14513	3,79	270	71,31	50,05841	35,03248
10.9.2021	570	18045	31,65789	3,76	270	74,23	48,32281	33,82316
11.9.2021	565	17762	31,43717	3,76	290	70,92	50,64956	35,44513
12.9.2021	565	18027	31,90619	3,84	260	71,65	50,46726	35,31982
13.9.2021	569	17608	30,94552	3,82	270	70,69	50,49033	35,3429
14.9.2021	559	17680	31,62791	3,80	300	72,23	51,08587	35,75424
15.9.2021	560	17649	31,51607	3,86	290	72,00	49,60357	34,71893
16.9.2021	559	17880	31,98569	3,90	290	70,78	49,55814	34,68256
17.9.2021	556	17165	30,8723	3,89	290	62,91	49,94065	34,95781
18.9.2021	558	17583	31,51075	3,93	260	61,39	49,20789	34,43763
19.9.2021	558	17916	32,10753	3,85	240	59,05	47,46057	33,22129
20.9.2021	558	16663	29,86201	3,78	240	58,99	48,05018	33,63495
21.9.2021	566	18105	31,98763	3,84	240	58,22	46,08657	32,25408
22.9.2021	566	17953	31,71908	3,80	230	58,96	47,03357	32,92293

23.9.2021	561	18129	32,31551	3,86	240	66,94	47,88592	33,51422
24.9.2021	561	18387	32,7754	3,86	260	62,73	48,58467	34,0046
25.9.2021	560	18581	33,18036	3,90	260	68,77	47,80179	33,46046
26.9.2021	562	17881	31,81673	3,80	270	70,81	47,21174	33,04648
27.9.2021	562	18113	32,22954	3,94	270	69,23	47,83808	33,47858
28.9.2021	556	18404	33,10072	3,90	270	69,60	48,16547	33,71036
29.9.2021	556	17987	32,35072	3,83	290	64,25	47,54317	33,27705
30.9.2021	553	17639	31,89693	3,93	270	69,90	48,31103	33,3769
1.10.2021	556	17852	32,10791	3,90	270	62,04	47,50446	33,25312
2.10.2021	550	17696	32,17455	3,77	250	66,40	47,31383	33,11968
3.10.2021	551	17851	32,39746	3,77	250	61,58	45,24687	31,67281
4.10.2021	553	18269	33,03617	3,75	260	62,41	44,2737	30,99159
5.10.2021	549	17718	32,27322	3,75	240	69,62	47,13191	32,99234
6.10.2021	550	17840	32,43636	3,73	240	62,88	47,4885	33,24195
7.10.2021	553	17585	31,79928	3,79	260	60,98	46,70922	32,69645
8.10.2021	552	17505	31,71196	3,86	240	62,19	46,23986	32,3679
9.10.2021	553	18056	32,65099	3,78	250	58,99	46,81239	32,76867
10.10.2021	554	17873	32,26173	3,75	250	56,87	45,87193	32,11035
11.10.2021	555	18003	32,43784	3,80	220	57,17	47,27611	33,09327
12.10.2021	547	17352	31,72212	3,78	250	56,12	45,51327	31,85929
13.10.2021	547	17641	32,25046	3,72	230	52,33	45,1775	31,62425
14.10.2021	544	17069	31,37684	3,85	210	52,58	45,89088	32,12361
15.10.2021	546	17544	32,13187	3,84	220	60,53	46,16786	32,3175
16.10.2021	543	17502	32,23204	3,76	220	56,46	46,83005	32,78104
17.10.2021	544	17773	32,67096	3,79	230	54,74	46,57194	32,60036
18.10.2021	544	17820	32,75735	3,84	220	59,95	47,11649	32,98154
19.10.2021	546	18050	33,05861	3,73	210	61,72	47,98925	33,59247
20.10.2021	547	17106	31,27239	3,70	260	68,76	47,81362	33,46953
21.10.2021	547	17771	32,48812	3,83	290	61,55	47,15901	33,01131
22.10.2021	543	17845	32,86372	3,89	240	52,71	48,58127	34,00689
23.10.2021	544	17169	31,56066	3,90	250	54,28	47,80036	33,46025
24.10.2021	544	13313	24,47243	3,84	260	54,73	49,63636	34,74545
25.10.2021	547	17577	32,13346	3,85	250	56,98	49,69286	34,785
26.10.2021	539	17845	33,10761	3,87	260	58,15	49,36655	34,55658
27.10.2021	541	17673	32,66728	3,79	230	59,68	49,30249	34,51174
28.10.2021	545	17485	32,08257	3,81	230	59,67	50,15288	35,10701
29.10.2021	545	17769	32,60367	3,89	230	59,38	50,02518	35,01763
30.10.2021	551	17306	31,40835	3,90	220	58,04	50,07776	35,05443
31.10.2021	558	17587	31,51792	3,81	190	57,23	49,9086	34,93602



