

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**Využitelnost měření teploty povrchu těla zvířat**

**Ing. Kateřina Sobišková  
2018**

**Vypracovala:**

Ing. Kateřina Sobíšková

Studijní program: Zootechnika

Studijní obor: Obecná zootechnika

**Školitel:**

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.

Katedra zootechnických věd

Zemědělská fakulta

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

## **PRÁCE VZNIKLA ZA PODPORY**

NAZV QJ1530058: Vytvoření systému hodnocení biosecurity, welfare a zdraví hospodářských zvířat pro produkci zdravotně nezávadných surovin a potravin živočišného původu

GAJU 020/2013/Z: Bioklimatické vlivy prostředí a technické postupy ve vztahu k welfare zvířat a kvalitě produktů v potravním řetězci

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych tímto poděkovala mému školiteli **prof. Ing. Miloslavu Šochovi, CSc., dr. h. c.**, za cenné rady, připomínky a odborné vedení při řešení úkolů předložené disertační práce. Děkuji za spolupráci, podporu a pomoc Ing. Anně Šimkové, PhD. Děkuji zootechnikům ZD Krásná Hora nad Vltavou a.s., zejména paní Marii Holanové. Dále děkuji pracovníkům Katedry zootechnických věd Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a panu Ing. Janu Maurerovi za pomoc při zpracování statistických výsledků této práce. Závěrem bych také ráda poděkovala mé rodině a blízkým za jejich podporu.

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracovala samostatně na základě vlastních zjištění a za pomoci uvedené literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

.....  
Ing. Kateřina Sobíšková

V Českých Budějovicích dne .....

# OBSAH

<b>OBSAH .....</b>	<b>6</b>
<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LITERÁRNÍ PŘEHLED .....</b>	<b>2</b>
2.1 <i>Organismus a prostředí</i> .....	2
2.1.1 Termoregulace .....	2
2.1.2 Rektální teplota.....	7
2.1.3 Welfare .....	9
2.1.4 Mikroklima stájových objektů.....	11
2.1.5 Tepelný stres.....	13
2.2 <i>Způsoby měření teploty zvířat</i> .....	14
2.2.1 Bezdotykové měření teploty .....	15
2.3 <i>Měření teploty termovizí</i> .....	21
2.3.1 Měření teploty těla.....	21
2.3.2 Měření teploty oka.....	22
2.3.3 Měření teploty vemene .....	24
<b>3. CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>24</b>
<b>4. MATERIÁL A METODIKA .....</b>	<b>26</b>
4.1 <i>Charakteristika pokusu snímání teplot pomocí termokamery</i> .....	26
4.1.1 Pracoviště .....	26
4.1.2 Skupiny zvířat.....	26
4.1.3 Měřicí zařízení .....	27
4.2 <i>Charakteristika pokusu snímání teplot pomocí termočidla</i> .....	29
4.2.1 Pracoviště .....	29
4.2.2 Měřicí zařízení .....	30
<b>5. VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>36</b>
5.1 <i>Snímání teplot pomocí termokamery</i> .....	36
5.1.1 Rektální teplota.....	36
5.1.2 Povrchové teploty .....	38
5.1.3 Mikroklimatické podmínky .....	45
5.2 <i>Snímání teplot pomocí termočidla</i> .....	55
5.2.1 Kalibrační křivka .....	55
5.2.2 Termočidla.....	56
<b>6. ZÁVĚR .....</b>	<b>58</b>
<b>7. SOUHRN .....</b>	<b>58</b>
<b>8. SUMMARY.....</b>	<b>60</b>
<b>9. SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>62</b>
<b>10. SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>85</b>

<b>11. SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>85</b>
<b>12. SEZNAM GRAFŮ.....</b>	<b>85</b>
<b>13. SEZNAM VLASTNÍCH PUBLIKOVANÝCH PRACÍ.....</b>	<b>87</b>

# 1. ÚVOD

Pravidelné měření tělesné teploty povrchu těla zvířat, může pomoci k vyhodnocení zdravotního stavu zvířat a okamžitě reagovat na první příznaky nemoci. Je mnoho technologických možností bezkontaktního měření teploty povrchu těla. Důležité je najít správnou část těla, jejíž teplota bude ukazovat na první možné příznaky onemocnění. Teplota je hlavním klimatickým faktorem, který nutí organismus živočichů se stálou tělesnou teplotou, aby přizpůsobil produkci a výdej tepla stavu prostředí, což může v extrémních případech ovlivnit užitkovost, či dokonce zdraví zvířat. Jednotlivé části těla se liší teplotou, což je dáno jejich různou metabolickou úrovní, průtokem krve v dané oblasti, nebo vzdáleností od povrchu těla. Nejstabilnější je uvnitř těla v dutině břišní, hrudní a lebeční - tzv. teplota tělesného jádra. Teplota tělesné slupky (kůže, podkoží, povrchové svalstvo) je více závislá na teplotě okolí. Teplota tělní slupky se zjišťuje měřením teploty kůže. Teplota tělesného jádra (tělesná teplota) se u hospodářských zvířat zjišťuje v rektu (teplota rektální) (Kočárek, 2005). Literaturou uváděná rozmezí rektální teploty u skotu je 37,5-39,5 °C. U telat bývají teploty vyšší. Dlouhodobému, ale postupnému snižování či zvyšování teplot prostředí se zvířata přizpůsobují bez podstatné změny tělesné teploty. Rektální teplota je základní hodnotou, která musí být termoregulací udržována na stálé výši – její změna svědčí o déletrvajícím výkyvu vnějšího nebo vnitřního prostředí (Šoch, 2005).

Zvyšující se požadavky na výrobu a kvalitu živočišných produktů mají za následek, že se neustále šlechtitelskou a plemenářskou prací zvyšuje fyziologická úroveň výkonnosti zvířat. Souběžně s tím se však zvyšují i jejich nároky na podmínky chovu. Vlivy prostředí na zdravotní stav zvířat obsahují komplex interakcí mezi environmentálními faktory a organismem zvířat (Brouček et al., 1995 a).

Cílem této disertační práce je představit technické možnosti snímání a měření tělesné teploty a navrhnout způsob bezkontaktního měření teploty povrchu těla zvířat včetně přenosu dat do nadřazeného programového vybavení.



## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Organismus a prostředí

#### 2.1.1 Termoregulace

Tělesné funkce, a tedy i chemické reakce v těle, jsou závislé na tělesné teplotě (Reece, 2011). Tyto reakce se mohou zrychlovat při vzestupu teploty či zpomalovat při jejím poklesu (Kotrbaček, 2003). Regulace tělesné teploty je důsledkem termoregulačních mechanismů organismu a ochranou při výměně energie mezi ním a prostředím (Finch, 1986). Savci a ptáci mají vyvinuté funkční systémy, jimiž je tělesná teplota, vyjma teploty povrchu těla, udržována relativně stálá, bez ohledu na teplotu vnějšího prostředí. Za ideálních podmínek by bylo z těla živočichů se stálou tělesnou teplotou (homoiotermní, homeotermní) odváděno přesně takové množství tepla, jaké je v těle produkováno. Protože však ideální podmínky neexistují, jsou organismy vybaveny tzv. termoregulačními mechanismy, které se uplatňují při regulaci produkce výdeje tepla (Bukvaj, 1978). Termoregulace hraje významnou roli v organismu homeostázy, zahrnující centrální, endokrinní a metabolické funkce (Terrien et al., 2011). Díky termoregulaci, pomocí které organismus udržuje stálou tělesnou teplotu, rychlost biochemických v těle příliš nekolísá a neustále k dispozici jsou všechny fyziologické funkce, které živočich potřebuje k normálnímu životu a obraně. Teplota je hlavním klimatickým faktorem, který nutí organismus živočichů se stálou tělesnou teplotou, aby přizpůsoboval produkci a výdej tepla stavu prostředí, což může v extrémních případech ovlivnit užitek, či dokonce zdraví zvířat (Chloupek, Suchý, 2008).

Přizpůsobivost a teplotní tolerance zvířat jsou určeny hlavně fyziologickými parametry, jako je respirační frekvence a tělesná teplota (Costa et al., 2015). Teplota jádra je čistý výsledek výroby tepla a tepelných ztrát. K odchylkám od optimální teploty dochází ze dvou hlavních důvodů: fyzická aktivita vytváří teplo a teplo do životního prostředí nebo chlad, který ovlivňuje tělesnou teplotu také (Van Someren, 2011). Detekce abnormální hodnoty tělesné teploty pod nebo nad fyziologické prahové hodnoty je integrována do centrálního nervového systému (CNS), který spouští vhodné chování (Van Someren et al., 2002). Pod pojmem termoregulace se podle Šocha (2005) u homoiotermních živočichů rozumí řízení tělesné teploty, jehož cílem je udržení její hodnoty v mezích tzv. fyziologického rozpětí. To se děje za pomoci chemické termoregulace (produkce tepla) a fyzikální termoregulace (výdej tepla), které mohou být velmi pohotové. Organismus se kromě toho při dlouhodobém pobytu v určitých teplotních podmínkách přizpůsobuje a vzniká tzv. adaptační

termoregulace, kam podle Bukvaje (1986) patří např. úroveň metabolismu, cévní reakce, změny tloušťky kůže, změny srsti apod. Neodmyslitelnou součástí reakce zvířat na teplotu prostředí je také etologická termoregulace (Hauptman et al., 1988). Podle Gajdoše *et al.* (1988) schopnost termoregulace úzce souvisí s ontogenetickým stadiem jedince a zlepšuje se s přibývajícím věkem.

#### 2.1.1.1 Chemická termoregulace

Jestliže v chladném prostředí klesá teplota tělesného jádra, spouští se termoregulace chemická. Její konečný efekt je dán úrovní oxidačních reakcí v organismu. Při poklesu teploty tělesného jádra pod kritickou teplotu se uvolňují glykogenové rezervy a zvyšuje se energetický metabolismus za současného zvýšení spotřeby kyslíku. Naopak při vyšších teplotách se metabolismus snižuje, sníží se i oxidační pochody a spotřeba kyslíku, což má za následek, mimo jiné, snížení užitkovosti zvířat (Kursa, 1998). Zvýšení produkce tepla, tzv. *první chemická termoregulace*, se uplatňuje především při nízkých teplotách prostředí (Sova *et al.*, 1990). Bukvaj (1986) definuje první chemickou termoregulaci jako tvorbu tepla v době, kdy k udržení stále tělesné teploty nestačí teplo vzniklé při běžné činnosti orgánů a tkání.

Jako možnosti pro tvorbu tepla při první chemické termoregulaci uvádějí Vermorel *et al.* (1983) netřesovou termogenezi, třesovou termogenezi, fyzickou aktivitu a energetické zdroje pro termogenezi. Nadměrné ztráty tepla jsou hrazeny nejprve zvýšením svalového tonu (termoregulační tonus), později svalovým třesem a při adaptaci k nízkým teplotám přímou oxidací především cukrů bez spojitosti s fosforylací (Komárek, 1971). Svalová aktivita je principem třesové termogeneze, při které je energie uvolňována rytmickými stahy příčně pruhované svaloviny. Dochází k ní téměř ve všech kosterních svalech, zejména ve svalech končetin, krku, prsním, zádovém a žvýkacím svalstvu (Kočárek, 2005). Při delším pobytu v chladném prostředí a při trvajících tepelných ztrátách se dostane látková přeměna v důsledku zvýšené aktivity endokrinního systému na vyšší úroveň, přičemž dochází k histologickým změnám štítné žlázy a kůry nadledvinek. Když se pak vrátí teplota na normální úroveň, je základní metabolismus ještě několik dní vyšší (Kolb, 1962). Svalový třes je provázen dalšími četnými změnami, zejména zvýšenou celkovou spotřebou kyslíku, zvýšením minutového srdečního výdeje i vyšším využitím kyslíku. Průtok krve je selektivně zvýšen v orgánech, které nejvíce přispívají k výrobě tepla, tzn. v srdci, bránici, a hlavně kosterní svalovině. Klesá tam, kde se teplo třesem nevyrábí, tzn. ve vnitřních orgánech a dále také v kůži, ze které by naopak unikalo (Kotrbaček, 2003). U některých živočichů je chemická termoregulace zajišťována výhradně svalovou tkání (muskulární typ chemické

termoregulace – např. malá plemena psů), u jiných téměř výhradně játry (hepatální typ chemické termoregulace – např. králík). U četných druhů zvířat, zvláště pak u přežvýkavců, je možná kombinace obou typů (muskulohepatální typ chemické termoregulace). Skot na nízké teploty reaguje první chemickou termoregulací během celého života (Šoch, 2005).

Jestliže při vysokých teplotách prostředí nestačí mechanismy fyzikální termoregulace odvádět všechno nadbytečné teplo z těla a organismu hrozí přehřátí, nastává omezení produkce tepla. Tento jev je označován jako tzv. *druhá chemická termoregulace* (Komárek, 1971). Je produkováno méně trávicích šťáv s menším obsahem trávicích fermentů a podstatně se zpomaluje posun zažitiny ze žaludku do dvanácterníku (Bukvaj, 1986). Dochází k omezení oxidoredukčních pochodů a ke snížení množství produkovaného tepla v těle a současně jsou tlumeny i funkce související s tvorbou produktů (např. mléka). Organismus se instinktivně brání příjmu energetických živin, odmítá nebo snižuje příjem krmiva, snižuje se i produkce a aktivita trávicích šťáv, a tím i využití přijatých živin (Bukvaj, 1978; Sova *et al.*, 1990; Šoch, 2005).

#### 2.1.1.2 Fyzikální termoregulace

S teplem, které organismus získá, hospodaří v těle fyzikální mechanismy. Vácha *et al.* (2002) rozděluje fyzikální mechanismy na: 1) *Mechanismy bránící tepelným ztrátám*, kam patří např. izolace těla srstí, kůží, peřím, vrstvou podkožního tuku. Také smrštěním svalů jdoucím k jednotlivým chlupům (*musculi arrectores pilorum*) se zjeví srst a zvýší se tak kvalita pokryvu. Dále se konstrikcí periferních cév v povrchových oblastech těla zabraňuje přísunu tepla k tělnímu povrchu. Vazomotorické reakce jsou více vyvinuty u organismů s méně vyvinutou izolační složkou termoregulace (např. člověk). Mezi tyto mechanismy patří také změny chování, jako je např. choulení, stáčení do klubíčka, shlukování, vytváření dokonalejších doupat apod. (Kočárek, 2005; Vácha *et al.*, 2002). 2) *Mechanismy umožňující tepelné ztráty*, kdy regulace výdeje tepla se může uskutečňovat prostřednictvím pouze některých mechanismů výdeje, nikoli všech (Sova *et al.*, 1990). Vlastní výdej tepla se uskutečňuje několika způsoby. Jde o procesy fyzikální a mezi ně patří:

a) *radiace (vyzařování, sálání)* – dochází k ní při rozdílných teplotách dvou předmětů vzájemně se nedotýkajících. Intenzita radiace je závislá na velikosti rozdílu teplot mezi povrchem těla a povrchem jiného předmětu a na jejich vzdálenosti od sebe (Kursa, 1998). Při radiaci z povrchu těla vyzařuje infračervené záření (infračervené paprsky vyzařují všechny předměty, které mají teplotu vyšší než absolutní nula) (Cibulka, 2004) k okolnímu prostředí

(Insler and Sessler, 2006). Suchý vzduch radiační teplo (infračervené záření) nepohlcuje, zatímco vlhký vzduch ano. Je-li teplota okolních ploch (stěny, stropy, podlahy, příp. topná tělesa) vyšší než teplota povrchu těla, je teplo tělu vyzařováno. Nastává radiace kladná, která se uplatňuje jako forma klimatizace (Chloupek, 2008). Je vydáváno či pohlcováno tím více tepla, čím větší je tepelný rozdíl mezi teplotou organismu a teplotou okolních předmětů (Šoch, 2005).

b) *kondukcce (vedení tepla)* – jedná se o přímé předávání tepla mezi molekulami, kdy podmínkou je rozdílná teplota dvou předmětů, které se však vzájemně dotýkají (Kursa, 1998). Ke kondukcce dochází především při ležení zvířat na podlaze. U ležícího zvířete se snižuje intenzita energetického metabolismu a v případě podlahy s vysokou tepelnou vodivostí a kapacitou může dojít až k podchlazení těla kondukcce, proti kterému se zvíře nemůže bránit (Dolejš *et al.*, 1991). Velký význam proto mají tepelné izolace stájových podlah, zejména podlah nepodestýlaných. U vyhřívaných podlah dochází ke kladné kondukcce (Chloupek, 2008). Množství tepla odevzdané tímto způsobem závisí na tepelné vodivosti a tepelné kapacitě předmětů. Předměty z materiálů o velké vodivosti a kapacitě se zdají být studené (kov, beton) naopak z materiálů o malé vodivosti a kapacitě jsou zdánlivě teplé (polystyren) (Cibulka, 2004).

c) *konvekce (proudění)* – je přenos tepla na pohybující se vzduch nebo tekutinu (krev). Teplo je předáváno do proudících molekul média, a to tím rychleji, čím je rychlost tohoto proudění vyšší (Kotrbaček, 2003). Předávání tepla závisí na rychlosti proudění vzduchu, rozdílu teplot a vlhkosti vzduchu (Chloupek, 2008). Proudícím vzduchem se dráždí kožní termoreceptory, a tak se mohou částečně uplatnit cévní reakce kůže a pilomotorický reflex (Šoch, 2005).

d) *evaporace (vypařování, výpar)* - jedno z nejvýznamnějších mechanismů, jimiž živočichové odvádějí přebytečné teplo, a to zejména při vysokých teplotách během dne (Gregory, 1995). Odpařování vody vede k ochlazení. Ztráty vody evaporací jsou dvojnásobné (Reece, 2011). Voda, která se odpařuje z povrchu těla, prochází na povrch kůže jednak difúzí (*perspiratio insensibilis*-neznatelný výpar) a jednak je uvolňována z klubičkových žláz při pocení (*perspiratio sensibilis*). Množství tepla vydaného evaporací závisí na teplotě a povrchu kůže, na množství vody k vypařování, na teplotě a relativní vlhkosti vzduchu (Šoch, 2005). Čím je vlhkost vzduchu vyšší, tím méně vody se z povrchu těla odpaří a tím méně tepla se z těla vydá (Cibulka, 2004). Mechanismus vypařování je možné regulovat přísunem krve k povrchu sliznice nebo kůže, změnou ventilace dýchacího ústrojí a zapojením potních žláz (Kostin, 1971; Knižková *et al.*, 1991; Dolejš, 1995, Šoch, 2005). U skotu se odhaduje výdej tepla

přibližně v poměru: evaporace 20 %, radiace 10 % a konvekce 70 % (Chloupek a Suchý, 2008).

Podle Kočárka (2005) k fyzikální termoregulaci patří také změny v chování živočichů. Jedná se např. o změny pohybové aktivity nebo vyhledávání prostředí s vhodnou teplotou. Toto je označováno jako etologická termoregulace. Také seskupování zvířat do houfu za účelem vytvoření příznivého skupinového mikroklimatu lze podle Sovy *et al.* (1978) a Šocha (2005) chápat jako termoregulační schopnost, která je nazývána skupinovou termoregulací a je typická např. pro selata.

#### 2. 1. 1. 3. Jiné způsoby termoregulace

Kromě pŕohotových mechanismů chemické a fyzikální termoregulace se organismus dlouhodobému pobytu v určitých teplotních podmínkách přizpůsobuje také pomocí adaptačních mechanismů. U většiny homoiotermních živočichů se vyvinuly aktivní mechanismy řízení výdeje tepla výparem. Podstatou těchto mechanismů je regulace výparu ze sliznic dýchacího a trávicího ústrojí a regulace výparu vody z povrchu kůže (Sova *et al.*, 1990). Tloušťka kůže plní z termoregulačního hlediska úlohu tepelného izolátoru a u skotu patří mezi mechanismy dlouhodobé adaptace (Janský, 1979; Šoch *et al.*, 2001). K těmto mechanismům dále patří zejména změny v kvalitě i kvantitě osrstění, změny vrstvy podkožního tuku, zvyšující izolační vlastnosti povrchu těla, změny činnosti žláz s vnitřní sekrecí, zejména dlouhodobé zvýšení produkce tyroxinu v chladném období, stimulačního zvýšení intenzity energetického metabolismu a produkce tepla (Sova *et al.*, 1990; Šoch, 2005). V přirozených klimatických poměrech se srst výrazně mění v závislosti na ročním období. V letních měsících je krátká, lesklá, přiléhavá, v zimě se zahušťuje, narůstá podsada, srst se prodlužuje (Mejzlíková, 2006).

#### 2. 1. 1. 4. Poruchy termoregulace

*Hypotermie* – je snížené tělesné teploty po fyziologickou hranici (Klimeš, 1998). Je způsobena nedostatečnou produkcí tepla nebo jeho nadměrnými ztrátami (Mezera, 2015). Nastává při vystavení jedince takovým podmínkám, kdy únik tepla z organismu není účinně kompenzován jeho zvýšenou produkcí. Může nastávat nejen při nízkých teplotách vzduchu, ale zejména kombinací dalších fyzikálních faktorů, které tok tepla z těla podporují (proudění vzduchu, kontakt se studenými předměty, ochlazení povrchu těla vlhkostí, nebo vodou) (Jelínek a kol., 2003).

*Hypertermie* – je vzestup teploty těla nad fyziologickou hranici. Dochází k tomu obvykle při úsilovné aktivitě, zejména ve stresových stavech nebo při delším pobytu v horkém prostředí, na slunci apod. Je tedy výsledkem kumulace tepla v organismu, ať již jeho nadměrnou produkcí, či tokem tepla z prostředí do těla (Jelínek a kol., 2003). Hypertermie je jednou z nejčastějších příčin úhynu těchto zvířat při přepravě, neboť zvláště evropská plemena snáší vyšší teploty v dopravních prostředcích velmi špatně (Appleby et al., 2008). Množství vytvořeného tepla značně kolísá, a to zejména v závislosti na plemeni skotu a typu produkce. Krávy, které byly vyšlechtěny na mléčnou produkci, generují v období laktace mnohem více tepla než dobytek vykrmovaný na porážku. Metabolismus těchto zvířat je však tak zatížen, že nedisponuje žádnými rezervami, a proto se mnohem hůře vyrovnává se změnami teploty (Šimová et al., 2014). Tepelný stres má obrovský ekonomický dopad na globální mlékárenský průmysl, ale mechanismy, kterými hypertermie negativně ovlivňuje systémovou fyziologii a syntézu mléka, nejsou jasné (Wheelock et al., 2010).

*Horečka* – je zvýšení tělesné teploty nad fyziologickou hranici s celkovou reakcí organismu (Kursa et al., 1998). Podle Jelínka a kol. (2003) se jedná o zvýšení teploty těla v důsledku změněné funkce termoregulačního centra. Během horečky je bod nastavení zvýšen a centrální regulator při normální teplotě těla signalizuje hypotermii. Následuje redukce tepelného výdeje (kožní vazokonstrikce) a zvýšení výroby tepla (třes). Na rozdíl od hypertermie termoregulační centrum v horečce tedy nepracuje v normálním režimu.

## **2. 1. 2 Rektální teplota**

Tělesná teplota homoiotermních živočichů je různá na různých místech těla, v důsledku její závislosti na fyziologickém stavu organismu a na okolních podmínkách (Janský, 1990; Insler and Sessler, 2006). Jednotlivé části těla se liší teplotou, což je dáno jejich různou metabolickou úrovní, průtokem krve v dané oblasti, nebo vzdáleností od povrchu těla (Reece, 2011). Nejstabilnější je uvnitř těla v dutině břišní, hrudní a lebeční - tzv. teplota tělesného jádra. Teplota tělesné slupky (kůže, podkoží, povrchové svalstvo) je více závislá na teplotě okolí (Kočárek, 2005). Teplota tělní slupky se zjišťuje měřením teploty kůže. Teplota tělesného jádra neboli tělesná teplota se zjišťuje měřením teploty rektální (Dikmen et al., 2012). Jedná se vlastně o index teplot vnitřních orgánů a představuje tak relativně stabilní veličinu. Kolísá v rozmezí 1 až 2 °C, jak je patrné z tab.č. 1 (Kotrbaček, 2003).

Rektální teplota se používá jako ukazatel tělesné teploty při studiu termoregulace (Amaral et al., 2009) a jako diagnostický postup (Naylor et al., 2012). Tělesná teplota patří k nejlepším indikátorům fyziologické reakce na stres, protože je za nestresových podmínek téměř konstantní. Na základě její změny lze nejrychleji usuzovat na teplotní zatížení organismu a na zapojení adaptačních mechanismů (Nový et al., 1996).

<b>DRUH</b>	<b>REKTÁLNÍ TEPLOTA (°C)</b>
<b>skot</b>	37,5 – 39,5
<b>telata</b>	38,0 – 40,5
<b>prasata</b>	38,0 – 40,0
<b>selata</b>	38,0 – 40,5
<b>kůň</b>	37,5 – 38,5
<b>hříbata</b>	37,5 – 39,5
<b>ovce, kozy</b>	38,5 – 40,0
<b>pes</b>	37,5 – 39,5
<b>kočka</b>	38,0 – 39,5

**Tabulka 1: Tělesná teplota hospodářských zvířat (Cibulka et al., 2004)**

Za normálních podmínek homoioternní živočichové udržují svou tělesnou teplotu v takovém rozsahu, který je specifický pro jednotlivá plemena a kategorie a je optimální pro fyziologické procesy. Jen v nepatrném rozmezí několika málo stupňů mohou měnit svou teplotu vnitřní orgány a část hlubokých svalů (Šoch, 2005). Teplota periferních částí (končetiny a povrch těla) je mnohem více variabilní a mění se v závislosti na teplotě prostředí, na intenzitě prokrvení (Wartzek et al., 2011; Cibulka et al., 2004) a na celkové úrovni tvorby tepla (Kostin, 1971).

V experimentálních podmínkách je tělesná teplota obvykle zaznamenávána vložení teplotního senzoru do jícnu, rekta nebo zvukovodu (Gunga et al., 2012). Běžně se k měření tělesné teploty používá rektální teploměr, jehož použití je velmi snadné (Bae et al., 2007). Pokusy měřit tělesnou teplotu skotu byly provedeny na různých místech, včetně konečníku, ušního bubínku (tympanic), pochvy, bachoru, intraperitoneálního prostoru a vemene (Bewley et al., 2008). Ruční sběr rektálních teplot je nejčastější způsob získávání tělesné teploty v praxi kvůli snadnosti měření a nízkým pořizovacím nákladům rektálních teploměrů (Hicks et al., 2001).

Rektální teplota (RT) je prvořadou fyziologickou proměnnou, která indikuje, zda zvíře trpí hypertermií (Marai et al., 2007). Nicméně, tato proměnná se tradičně měří pomocí invazivních metod, které mohou ohrozit welfare zvířat (Prendiville et al., 2002; Vicente-Pérez et al., 2016). Chung et al. (2010), Martello et al. (2010) a Niedermann et al. (2014) vyvinuli prediktivní modely pro rektální teplotu pomocí tělesné teploty některých kožních oblastí u prasat, dojnic a lidí. Chung et al. (2010) uvádějí, že RT u prasat by bylo možné předvídat z tělesné teploty centrální oblasti břicha a centrální oblasti hřbetu. Martell et al. (2010) zjistili, že teploty kůže vnitřní strany kořene ocasu, vulvy a uší by mohly být dobrými prediktory RT u dojnic v laktaci.

### **2. 1. 3 Welfare**

Pojem welfare (pohoda) zvířat formuluje zásady chovu nezbytné jak k zachování života a zdraví zvířat (fyziologické potřeby), tak i zajištění optimální životní pohody (psychické potřeby) (Doležal, Staněk, 2015). Doležal et al. (2004) dále welfare definují jako stav naplnění všech materiálních a nemateriálních podmínek, které jsou předpokladem zdraví organismu, kdy je zvíře v souladu s jeho životním prostředím. Nejedná se přitom jen o splnění základních podmínek života a zdraví zvířat, předpokládá stejně tak i ochranu před fyzickým a psychickým strádáním a týráním. Například podle Světové organizace pro zdraví zvířat (OIE) se jako bytí zvířete v dobrých životních podmínkách bere, pokud je zvíře "zdravé, v pohodlí, dobře živené, v bezpečí, má možnost vyjádřit vrozené chování, a netrpí nepříjemnými stavy, jako je bolest, strach a úzkost (World Organization for Animal Health, 2008; FAWC, 1992). Vysoké standardy welfare zvířat byly a nadále budou důležité pro mlékárenský průmysl (Honig et al., 2012). Welfare zvířat je rostoucím problémem v moderních systémech hospodaření kvůli vnímanému nesouladu mezi skutečným prostředím zvířat a jejich přirozenými stanovišti (Veissier et al., 2012).

Definice welfare je obecně přijímána jako rovnováha mezi zvířetem a jeho prostředím. V praxi to znamená poskytnout jim dostatečné zdraví a pocit pohody, jakož i zamezení stresu (Nääs et al., 2014; Moura et al., 2006). To znamená, že zdraví, dobré životní podmínky a produktivita jsou úzce spojeny (Moura et al., 2006). Podle Webstera (2009) je všeobecně nej přijatelnější jednovětou definicí ta od Fräsera a Brooma (1990), která říká, že je to „stav zvířete, které se snaží vyrovnat se svým prostředím“. Brouček et al. (1993) definují pohodu zvířat jako různorodý, dynamický, komplexní stav sloužící k zajištění přirozeného druhového chování přizpůsobeného průběhu životních pochodů. Podle Pištěkové et al. (2014)



je welfare definován jako stav dokonalého fyzického a psychického zdraví, kdy zvíře žije v souladu se svým prostředím. Pohoda zvířete je určena tím, jak je schopno se vyhnout strádání a zachovat si zdatnost fyzickou i psychickou.

V roce 1964 vydala Ruth Harrison knihu „Animal Machines”, která přinesla veřejnosti informace o životě zvířat v intenzivních chovech, kde je s nimi obvykle zacházeno jako s neživými tvory (Broom, 2011). Tato kniha rozpoutala obrovskou diskusi a mnoho vědců přišlo s názorem, že je potřeba pohodu zvířat zejména v intenzivních chovech zlepšit (Pištělová et al., 2014). Na zájem veřejnosti vyvolaný touto významnou knihou odpověděla vláda založením Brambellovy komise (1965), které dala za úkol prozkoumat životní pohodu zvířat chovaných v intenzivních chovech (Webster, 2009). Britskou radou pro ochranu hospodářských zvířat (FAWC, 1993) byla přijata definice pohody zvířat vymezená tzv. pěti svobodami, které jsou vymezené jako:

1. Svoboda od hladu, žízně a podvýživy – neomezený přístup ke krmivu a čerstvé napájecí vodě v množství dostačujícím pro zachování dobrého zdravotního stavu, fyzické i psychické energie
2. Svoboda od fyzikálních a tepelných faktorů nepohody – zajištění odpovídajícího prostředí včetně zabezpečení před nepřízní makroklimatu a pohodlného místa k odpočinku.
3. Svoboda od bolesti, zranění a nemoci – prevence onemocnění, popř. rychlá diagnostika a terapie.
4. Svoboda volby možnosti projevu normálního chování – zajištění dostatečného prostoru, vhodného vybavení a možnosti sociálních kontaktů s jedinci téhož druhu.
5. Svoboda od bolesti a strachu či úzkosti – vyloučení takových podmínek, které by způsobovali psychické strádání a utrpení (Doležal et al., 2004; Šoch, 2005).

O etické otázky chovu hospodářských zvířat je ve společnosti stále větší zájem, zda nedochází k fyzickému i k duševnímu strádání. K duševnímu strádání dochází při nadměrném omezení možností pohybu zvířat, což může mít za následek poruchy chování, snížení užitkovosti i onemocnění (Pálka, 2016). Termíny „pohoda“ a „etika“ chovu hospodářských zvířat se stávají klíčovými pojmy v zákonech a vyhláškách na ochranu zvířat ve většině hospodářsky rozvinutých zemí (Louda et al., 2000). Účelem právních předpisů na úseku ochrany zvířat proti týrání je ochrana všech zvířat za různých podmínek a činností, které s nimi provádí člověk v souvislosti s jejich chovem. Dnem 1. 1. 2013 nabyla účinnosti novela zákona č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů, která přináší řadu změn na úseku ochrany zvířat proti týrání.

## 2. 1. 4 Mikroklima stájových objektů

Mikroklimatické parametry chovného prostředí jsou jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících zdravotní stav zvířat, a které mají významný vliv na jejich užitkovost a reprodukci (Vegricht et al., 2009; Miele et al., 2011; Večeřa et al., 2013). Se změnou rámce, resp. průměrné hmotnosti všech věkových kategorií stáda rostou i požadavky na zkvalitnění stájového prostředí (Doležal and Staněk, 2015). Prostředí stájových objektů velmi často dostatečně nevyhovuje potřebám chovaných zvířat, což se projevuje například ve zhoršené psychické pohodě či ovlivněním zdravotního stavu zvířat (Zejdová et al., 2013). Stájové mikroklima je definováno jako stav vzdušného prostředí ve stáji, charakterizované souborem fyzikálních, chemických a biologických prvků (Šimková et al., 2015). Největší význam pro ustájená zvířata má tepelný režim, utvářený teplotou vzduchu, vlhkostí vzduchu a rychlostí proudění vzduchu (Knížková et al., 2004). Vysoké teploty prostředí, vysoké přímé a nepřímé sluneční záření a vlhkost jsou stresové faktory prostředí, které kladou nároky na zvířata (Silanikove, 2000). Při sledování stájového mikroklimatu je nutné věnovat pozornost nejen průměrným hodnotám klimatických prvků, ale také jejich extrémním hladinám. Stájové mikroklima, které se při hodnocení na základě průměrných měsíčních hodnot teploty vzduchu jeví jako vyhovující, ještě nemusí znamenat, že dojnice během konkrétních dnů, kdy hodnoty mikroklimatu dosahují extrému, netrpí tepelným stresem (Zejdová et al., 2010). Kritické teploty se mohou měnit v závislosti na několika faktorech, včetně stupně aklimatizace, stavu březosti, cirkulace vzduchu v okolí zvířete a relativní vlhkosti (Aharoni et al., 2002; Mader et al., 2006). Stádium života, kondice, nutriční a zdravotní stav zvířat také ovlivňují stupeň zranitelnosti ke stresorům životního prostředí (Okab et al., 2008). Kontrola vnitřního prostředí stáji pro zvířata je založena na ventilaci, vytápění a ochlazování podle požadavků na změny teploty, vlhkosti a rychlosti vzduchu, které se mění v závislosti na druhu a věku zvířat, výrobním procesu, obsazenosti, venkovním podmínkám (Fabrizio et al., 2015).

### 2. 1. 4. 1 Teplota prostředí

Již dlouhou dobu je známo, že roční období má významné dopady na mléčnou užitkovost zvířat, včetně růstu, rozmnožování a kojení (Collier et al., 2006). Produkce mléka u krav je ovlivněna faktory životního prostředí, zejména vysokými teplotami v letním období (Brouček et al., 2006). Ukázalo se, že teplota prostředí má významný vliv na teplotu kůže (Spain, Spiers, 1998), rektální teplotu (Legates et al., 1991), frekvenci dechu (Roman-Ponce

et al., 1977), tepovou frekvenci (Naunhaeimer-Thoneick et al., 1988), koncentraci kortizolu v plazmě (Brouček et al., 1997; Rensis, Scaramuzzi, 2003) a chování (Wassmuth et al., 1999).

Vysoká vlhkost nebo sluneční záření zhoršují účinek vysokých teplot. Doležal et al. (2003) uvádí, že čím vyšší je relativní vlhkost vzduchu, tím je náchylnost dojnic k tepelnému stresu větší. Vysoká vlhkost snižuje odpar pomocí kůže a dýchacích cest u zvířat, zatímco sluneční záření zvyšuje množství tepla z metabolických procesů, které musí být rozptýleno k udržení tělesné teploty (da Silva et al., 2007). Pod pojmem teplota prostředí nelze chápat pouze teplotu vzduchu, ale i kombinaci teploty vzduchu, teploty povrchů podlah, stěn a ostatních stájových konstrukcí i teplotu povrchu těla zvířat (Sova et al., 1990; Šoch, 2005).

Vyšší teploty vedou u skotu zejména ke snížení výkonu, mění se složení mléka (snižuje se obsah tuku) a dochází k poklesu příjmu krmiva (Davis et al., 2003; West, 2003; Mader et al., 2004). Nejvíce citlivou kategorií skotu jsou vysokoužitkové dojnice (Knížková, Kunc, 2003). Stejně tak Kadzere et al. (2002) tvrdí, že vzhledem k vysokému přírůstku metabolického tepla, a to zejména v letních měsících, mohou vysokoužitkové dojnice vstoupit do tepelného stresu rychleji než ostatní kategorie skotu.

#### 2. 1. 4. 2 Vzdušná (relativní) vlhkost

Stájová teplota je vždy v korelaci se vzdušnou stájovou vlhkostí (Doležal and Staněk, 2015). Vysoká vzdušná vlhkost, v komplexu s teplotou a prouděním, významně ovlivňuje termoregulaci a to tím, že zvyšuje tepelnou vodivost vzduchu. Vzduch nasycený vodními parami má tepelnou vodivost asi 10x vyšší než suchý vzduch. Při nízkých teplotách se zvyšuje výdej tepla radiací a hlavně vedením, evaporací aj. (podporuje vznik hypotermie), při velmi vysokých teplotách (dusno) naopak omezuje výdej tepla všemi způsoby. Nahromaděné teplo má za následek vznik hypertermie (Chloupek, Suchý, 2008).

#### 2. 1. 4. 3 Proudění vzduchu

Proudění vzduchu nepochybně patří mezi základní prvky mikroklimatu. Vzduch ve stáji proudí jak turbulentně (vířivě), tak i přímočaře. Ovlivňují to konstrukce, systémy větrání, otevírání oken a vrat, výskyt netěsností apod. a vznikají tak velice složité a nerovnoměrné poměry v proudění vzduchu (Chloupek, Suchý, 2008). Proudění vzduchu kolem zvířat může mít pozitivní i negativní účinky (Zejdová et al, 2011).

#### 2. 1. 4. 4 Ochlazovací hodnota prostředí

Ochlazovací hodnota patří mimo jiné také mezi sledované fyzikální mikroklimatické prvky. Její významnost spočívá v možnosti ovlivnit termoregulační mechanismy či zdravotní stav zvířat (Novák et al., 2013). Ochlazovací účinek prostředí vyjadřuje množství tepla, které je za určité mikroklimatické situace vydáváno po určitou dobu z jednotky povrchu těla. Pomocí této hodnoty je možné posoudit „tepelný pocit zvířat“, který nelze zjistit ze samotného zkoumání teploty vzduchu, vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu (Šimková et al., 2015).

#### 2. 1. 4. 5 Sluneční záření

Světlo představuje viditelnou část spektra slunečního záření v oblasti vlnových délek zhruba 260-760 nm. Nejdůležitějším přírodním procesem závislým na světle je fotosyntéza rostlin, neboť je zdrojem veškeré energie pro fungování celého ekosystému. Světlo však ovlivňuje chování živočichů i přímo, a to svou kvalitou (vlnovou délkou), intenzitou (energetickou vydatností) a délkou působení (Chloupek, Suchý, 2008). Zdrojem tepla a světla je sluneční záření, které má také vliv na metabolické procesy v živém organismu. Optimální dávky záření stimulují metabolické pochody, podporují růst, stimulují činnost centrální nervové soustavy. Světlo může ovlivnit užitek a pohodu zvířat jak svojí délkou, tak i intenzitou (Košař, Chaloupková, 2000).

V horkém počasí dobytek aktivně vyhledává stín, což může snížit zátěž sálavého tepla o 30 % nebo více (Blackshaw and Blackshaw, 1994). Poskytování stínu v létě může zmírnit dopady tepelného stresu u dojnic (Schütz et al., 2008).

### 2. 1. 5 Tepelný stres

Tepelný stres může být příčinou výrazného zvýšení výrobních nákladů v mlékárenském průmyslu (Gantner et al., 2011; Wheelock et al., 2010). Tepelný stres může negativně ovlivňovat kvalitu mléka u vysokoprodukčních dojnic (Hanuš et al., 2008) a tak má ochrana proti klimatickým extrémům velký význam pro udržení mléčné produkce (Brouček et al., 2006). Dojnice pod vlivem tepelného stresu mají sníženou délku a intenzitu říje, dochází ke změnám vývoje folikulů a k poruše embryonálního vývoje (Jordan, 2003). Tepelný stres přímo či nepřímo ovlivňuje nutriční, produktivní, fyziologické, zdravotní a behaviorální

parametry skotu (Allen et al., 2015). Kromě negativního dopadu na produkci mléka má i vliv na příjem krmiva. Nicméně je nejasné, zda snížená dojivost je způsobena primárně ve spojení příjmu krmiva nebo kumulativních účinků tepelného stresu na příjem krmiva, metabolismus a fyziologii dojnic (Rhoads et al., 2009).

Neadekvátní prostředí a technika chovu způsobují, že značná část hospodářských zvířat je ve stavu chronické zátěže, která velmi výrazně snižuje odolnost, životaschopnost, dlouhověkost, produkci a reprodukci geneticky vysokohodnotných zvířat (Brouček et al., 2013). Kráva má nejlepší možnost předat hodně tepla pomocí povrchu kůže, pokud je chladné a suché okolní prostředí (Gerhold, 2007).

Různé teplotní a vlhkostní indexy (THI) byly použity k odhadu stupně tepelného stresu prodělaného dojnicemi (Dikmen and Hansen, 2009; Berman, 2004). Teplotně-vlhkostní index (THI) zahrnuje kombinaci efektu teploty a relativní vlhkosti. THI je široce používaný k popsání tepelné zátěže u lidí a je dobrým indikátorem stresových teplotních klimatických podmínek (Zähner et al., 2004; Zejdová et al., 2014).

Všeobecně se při vysokých teplotách snižuje příjem krmiva a výše produkce a případně se i narušuje zdravotní stav zvířat (Šoch, 2005). U nízkých teplot pod hranicí termoneutrální zóny dochází ke zvýšení příjmu krmiva a snížení příjmu vody a obvykle se zvýší spotřeba sušiny na jednotku produkce, protože část metabolizovatelné energie musí být využita na produkci tepla (Toufar et al., 1991, Novák et al., 1999).

## **2. 2 Způsoby měření teploty zvířat**

Pravidelné měření tělesné teploty povrchu těla zvířat může pomoci k vyhodnocení zdravotního stavu zvířat a okamžitě reagovat na první příznaky nemoci. Abnormální tělesná teplota je přirozený indikátor onemocnění (Lahiri et al., 2012). Změny v teplotě jádra vyšší, než několik stupňů v obou směrech je jasnou známkou fyzické dysfunkce a změny teploty mimo tento rozsah mohou narušit základní chemické procesy v těle (Jones and Plassmann, 2003). Přesné měření tělesné teploty je důležité při sledování tepelného stavu zvířat. Je to jedna z technik pro posouzení, jak se organismus přizpůsobuje měnícím se podmínkám vnitřního a vnějšího prostředí (Hanneman et al., 2004). Teplota je hlavním klimatickým faktorem, který nutí organismus živočichů se stálou tělesnou teplotou, aby přizpůsoboval produkci a výdej tepla stavu prostředí, což může v extrémních případech ovlivnit užitkovost, či dokonce zdraví zvířat. Jednotlivé části těla se liší teplotou, což je dáno jejich různou

metabolickou úrovní, průtokem krve v dané oblasti, nebo vzdáleností od povrchu těla. Nejstabilnější je uvnitř těla v dutině břišní, hrudní a lebeční - tzv. teplota tělesného jádra. Teplota tělesné slupky (kůže, podkoží, povrchové svalstvo) je více závislá na teplotě okolí. Teplota tělní slupky se zjišťuje měřením teploty kůže. Teplota tělesného jádra (tělesná teplota) se u hospodářských zvířat zjišťuje v rektu (teplota rektální) (Kočárek, 2005). Literaturou uváděná rozmezí rektální teploty u skotu je 37,5-39,5 °C. Bukvaj (1986) uvádí, na základě vlastních měření, kolísání rektální teploty u dojnic od 36,9 do 39,1 °C. U telat bývají teploty vyšší. Dlouhodobému, ale postupnému snižování či zvyšování teplot prostředí se zvířata přizpůsobují bez podstatné změny tělesné teploty. Rektální teplota je základní hodnotou, která musí být termoregulací udržována na stálé výši – její změna svědčí o déletrvajícím výkyvu vnějšího nebo vnitřního prostředí (Šoch, 2005).

## **2. 2. 1 Bezdotykové měření teploty**

Bezkontaktní mapování teploty využívá část elektromagnetického spektra v rozmezí vlnových délek 0,4 $\mu$ m až 1 mm. Záření v rozmezí vlnových délek od 760 nm do 1 mm je označováno jako infračervené záření nebí tepelné záření. Tento rozsah vlnových délek je obvykle dále rozdělen do tří oblastí: blízké infračervené (vlnové délky 760 nm do přibližně 2,5  $\mu$ m), střední infračervené (vlnové délky 2,5 až přibližně 50  $\mu$ m) a vzdálené infračervené záření (vlnové délky 50  $\mu$ m-1 mm) (Bernard et al., 2013).

Při výběru bezkontaktního teploměru je rozhodující optika teploměru (optické rozlišení), možnost nastavení koeficientu emisivity a teplotní rozsah teploměru. Bezdotykové senzory na trhu zastupují ruční a stacionární infračervené teploměry, infračervené kamery (termovizní kamery) - hlavní uplatnění je zejména na pohybujících se částech, kdy nedochází k přímému kontaktu mezi čidlem a měřeným objektem. Různé vlivy jako např. špatné zaměření, špatné nastavení emisivity, či nevhodně zvolený teploměr ovšem může ovlivnit samotné měření. Mezi výhody bezdotykového měření teploty patří rychlost měření, možnost měření i objektů, které se pohybují, snadné měření teploty na obtížně dostupných místech, bezproblémové měření velmi vysokých teplot. Dále nedochází k ovlivnění měřeného objektu a měření probíhá bez rizika kontaminace a mechanických účinků na povrch měřeného objektu. Nevýhodou je, že měřený objekt musí být pro teploměr opticky viditelný, pevné překážky dovolují pouze povrchové měření (ne vnitřní teplotu) a dále je zde nutnost ochrany čidla před prachem a kondenzujícími kapalinami. Měří se pouze povrchová teplota materiálů

a je nutné brát v úvahu jejich emisivitu (schopnost předmětu vysílat elektromagnetické záření) (Fuka, 2011).

Různé technologie byly použity k nepřetržitému sledování tělesné teploty skotu, včetně teplotních bolusů umístěných v bacheru (Caja et al., 1999; Falkon, 2001; Bewley et al., 2008; Klema et al., 2008). Využití bezkontaktních teploměru při měření teploty povrchu zvířat nabízí levný způsob sledování teploty různých částí těla v závislosti na umístění zvířat ve stáji nebo v závislosti na roční nebo denní době a venkovní teplotě.

V posledních letech bylo testováno několik pasivních identifikačních radiofrekvenčních zařízení k elektronické identifikaci domácích přežvýkavců, včetně zaváděných injekčně do různých míst těla (Lambooy et al., 1999), bolusy v bacheru (Caja et al., 1999; Falkon, 2001), ušní známky (Carné et al., 2009) a částí nohou (Carné et al., 2010).

#### 2. 2. 1. 1 Pyrometrie

Jednou z metod bezdotykového měření teploty je pyrometrie. Jedná se o bezkontaktní měření teploty daného předmětu pomocí měření jeho vlastních emisí a emisivity. Používají se pyrometry (bezdotykové teploměry), které určují teplotu měřeného tělesa z teplotního záření. Měří se převážně teploty v rozsahu  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $+3\ 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Rozlišují se přímo měřící bezdotykové teploměry – např. pyrometry a zobrazovací bezdotykové teploměry – např. termovize. Pyrometry se používají např. při monitorování teploty lidského těla, při měření teplot v průmyslových provozech při tavbě kovů a výrobě polovodičů, při měření teploty povrchu Slunce.

#### 2. 2. 1. 2 Termografie

Další metodou bezkontaktního měření teploty může být termografie, kdy se měří povrchová teplota pomocí termokamery. Infračervená termografie (IRT) si získala pozornost a stává se zajímavou metodou v elektronické preventivní údržbě díky své vysoké přesnosti a citlivosti zobrazovacích vlastností (Jadin and Taib, 2012). IRT je nástroj pro měření teploty na základě schopnosti všech objektů, které vyzařují charakteristické infračervené záření v závislosti na jejich teplotě (Kastberger and Stachl, 2003; De Diego et al., 2013). Jedná se o pasivní, bezdotykovou měřící metodu, při které se vytváří obraz rozložení teploty na povrchu měřeného objektu. Infračervená termografie (IRT) je neinvazivní metoda, která detekuje infračervené záření emitované z jakéhokoli povrchu nebo objektu (Church et al., 2014; Metzner et al., 2014; Calkosinski et al., 2015; Alfonso-Rodriguez et al., 2016) a zobrazuje různé detekované teploty jako obraz, přičemž každé barvy nebo odstín v obrazu představují

jinou teplotu (Johnson et al., 2011). Každý objekt s teplotou vyšší než absolutní nula (0 Kelvinů = -273,15 °C) vydává infračervené záření, které není lidským okem viditelné. Max Planck (1900) zjistil, že existuje souvislost mezi teplotou tělesa a intenzitou jím vyzařovaného infračerveného záření (Pavelek and Janotková, 2008). Termokamera měří ve svém zorném poli dlouhovlnné infračervené záření, a z toho odpočítává teplotu měřeného objektu. Každý pixel detektoru představuje teplotní bod, který je na displeji zobrazen v barevném provedení. Pomocí termokamery nelze měřit vnitřní teplotu ani teplotu objektů v pozadí.

Hodnoty teploty na snímcích úzce souvisí s emisivitou objektu, která je definována ve vztahu ke schopnosti povrchu vysílat a absorbovat záření (Rodríguez-Prieto et al., 2013).

Mezi výhody pro měření teploty pomocí infračervené termografie patří, že je neinvazivní a zaznamenává údaje o teplotě současně z různých míst těla (Ludwig et al., 2014). To umožňuje snadno identifikovat přítomnost „horkých“ nebo „studených“ míst či tepelné rozdíly mezi dvěma symetrickými částmi povrchu těla a definovat konkrétní schéma (Di Carlo, 1995). Hlavním přínosem tohoto nástroje je zlepšení welfare zvířat v průběhu hodnocení a větší počet hodnocení v krátkém čase bez omezování zvířat (Cardovo et al., 2015). Měření pomocí IRT, ve spojení s dalšími vědecky vyhodnotitelnými fyziologickými a behaviorálními proměnnými, může umožnit také vyhodnocení negativní stresové reakce organismů (Pampariene et al., 2014).

### 2. 2. 1. 3 Elektronické transpondéry

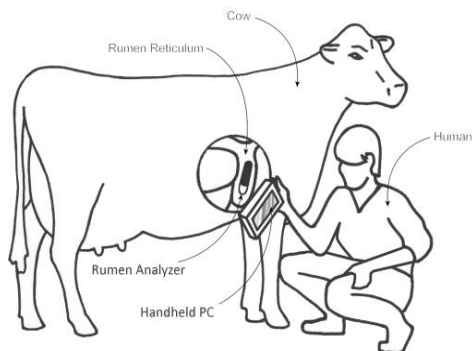
Transpondéry mohou být vyrobeny v různých tvarech, jako je implantabilní typ např. skleněná baňka o několika milimetrech v průměru a 12-32 milimetrů na délku. Jinými typy jsou elektronické ušní značky pro dobytek a tzv. bolusy, které lze spolknout a zůstávají v zažívacím traktu krav či koz (Jansen et al., 1999). Pokrok v sensorových a bateriových technologiích usnadnil rozvoj stabilnějších senzorů, zejména těch, které se používají pro měření tělesné teploty (Brown-Brandl et al., 2003). Implementace telemetrických systémů pro sledování tělesné teploty u skotu v poslední době přitahuje pozornost průmyslu. Výzkumy ukazují, že bacherová teplota, měřena pomocí intraruminálního telemetrického snímacího zařízení (bolus), může potenciálně použita pro sledování stavu v chovu dobytka (Sims et al., 2008; Small et al., 2008) a pro včasnou diagnostiku respiračního onemocnění a bovinní virové diarrhoey u skotu (Dye et al., 2008). Má také potenciál předvídat porod a říje u skotu (Prado-Cooper et al., 2008; Alzahal et al., 2009).



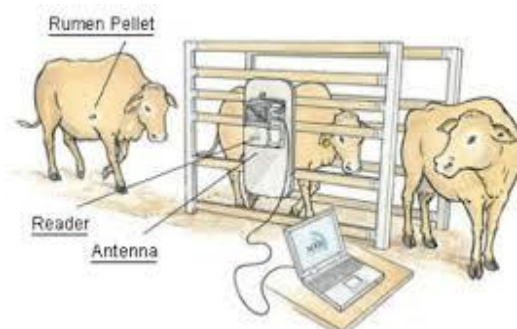
Telemetrický systém byl použit ve studiích založených na specifickém rozlišení teplotních snímačů, celkové přesnosti systému a flexibilitě při měření ustájených zvířat. Vysílače byly specifikovány na základě životnosti baterie, velikosti vysílačů a vysílací vzdálenosti (Lukonge et al., 2014). Nově vyvinuté pasivní radiofrekvenční identifikace (RFID) a teplotní monitorovací systémy používají magnetické indukční vazebné plně zdvojené transpondéry obsahující termistory, a proto mají potenciál monitorovat tělesnou teplotu (Small et al., 2008). Tyto systémy byly použity k prokázání, že vzdálené časté každodenní sledování tělesné teploty po mnoho po sobě následujících dnů rozpozná nemoc a další fyziologické události, kdy je tělesná teplota odlišná od normálu během krátké doby (Lammoglia et al., 1997; Stanford et al., 2001).

#### a) Bachorový bolus

Schopnost monitorovat fyziologické reakce (např. teplota, pH tekutiny, tepová frekvence) prostřednictvím telemetrické technologie má velký potenciál pro zvýšení včasné detekce nemoci, čímž dojde ke zlepšení zdravotního stavu zvířat, produktivity a welfare (Alzahal et al., 2011). Bachorový bolus se ukázal jako snadno „zaveditelný“ s vhodnou dlouhodobou retencí, pokud je správně navržen a podáván u ovcí a krav (Berry et al., 2006). Jedná se o malý senzor umístěný v kravském bachoru, který monitoruje zdravotní stav zvířete a při změně běžných hodnot vydává včasnou výstrahu. Měří pH a teplotu uvnitř bachoru. Naměřené hodnoty jsou bezdrátově přenášeny ze zapouzdřené měřicí sondy do externího přijímacího modulu v obojku zvířete, odkud je síť senzorů, okolo kterých kráva prochází (např. v dojárně nebo u napáječek) posílána do ústřední databáze v počítači. Změny tělesné teploty registrované v bolu mohou být využity v rámci včasné detekce onemocnění nebo nástupu říje. Onemocnění je možné zjistit většinou 2-3 dny před nástupem prvních klinických symptomů. Je rovněž zkoumána úloha bolu v časně detekci mastitidy, průběh přežvykování a tím příjem krmiva. Vedlejším přínosem je možnost spolehlivé identifikace zvířat. Práce Alzahala et al. (2011) zdůrazňuje, že měření teploty bachoru pomocí radiotelemetrie má potenciál pro detekci horečky a může být praktičtější než použití vaginálního nebo rektálního telemetrického zařízení.



**Obrázek 1: Čtečky bachorového bolu**  
(<http://jairoserano.com>, 2014)

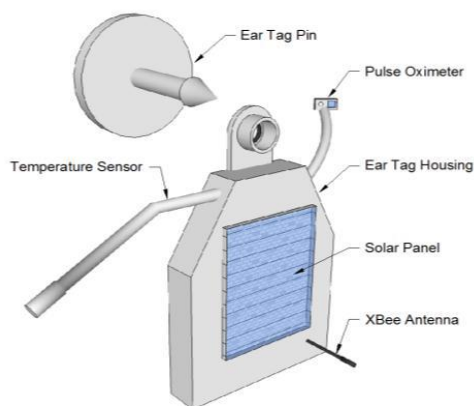


**Obrázek 2: Fungování elektronického identifikačního systému prostřednictvím intraruminální bolu**  
(<http://m.milkpoint.com>, 2016)

### b) Ušní známka

Byla sestavena rozmanitá teplotní čidla pro měření tělesné teploty skotu, ať už přes ucho, konečník nebo v rámci bolusu. Nejbližší místo od přívěsného štítku pro čtení tělesné teploty v uchu je ušní kanálek, takže sonda je vložena alespoň dva palce do ucha. Díky tomu se jedná o nejpohodlnější a nejméně invazivní metodu (Foulkes et al., 2013). Např. Claxton (2014) zmiňuje inovativní ušní značku, která detekuje zvýšenou teplotu a upozorňuje pověřenou osobu do 72 hodin předtím, než zvíře vykáže známky nemoci dýchacího ústrojí.

Existuje několik výhod i nevýhod bezdrátových sítí. Např. síťové nastavení lze provést bez pevné infrastruktury. Je ideální na nedosažitelných místech, např. přes moře, hory, venkovské oblasti nebo v hlubokých lesích. Zatím to ale není cenově dostupné pro drobné zemědělce a je zde také nižší rychlost v porovnání s kabelovou sítí (Lukonge et al., 2014).



**Obrázek 3: Ušní známka „Ear Tag Diagram”** (Foulkes et al., 2013)

#### 2. 2. 1. 4 Bezdotykové senzory a sítě

Rozvoj bezdotykových senzorů a sensorových sítí v zemědělství a potravinářském průmyslu je zatím stále na začátku. Aplikace mohou být rozděleny do pěti kategorií: 1.) monitorování životního prostředí, 2.) zemědělství, 3.) stroje a řízení procesů, 4.) stavby a zařízení pro automatizaci a 5.) systémy sledovatelnosti (Wang et al., 2006). Navzdory rychlému rozvoji výpočetní techniky, terénní měření proměnných prostředí, jako jsou např. údaje o počasí, georeferenční údaje o kvalitě vod, i nadále závisí na stacionárních senzorech a datalogrech, tužkách a papírových blocích, které jsou pracné a náchylné k zaznamenávání chyb během přepisu (Vivoni a Camilli, 2003).

Bezdrátová čidla byla v zemědělství použita např. k pomoci sběru prostorových dat, přesnému zavlažování, technologiích s proměnlivou rychlostí či dodávání dat pro zemědělce (Wang et al., 2006). Mahan a Wanjura (2004) spolupracovali se soukromými společnostmi, aby sestrojili bezdrátový, infračervený teploměrný systém pro sběr dat v poli. Systém se skládal z infračervených senzorů, programovatelných automatů a nízkým výkonem rozhlasových vysílačů pro sběr dat v terénu a k jejich předávání ke vzdálenému přijímači mimo pole. Webový server vyvinutý Jensenem a kol. (2000) poskytoval informace o škůdcích, napadení chorobou a předpovědi počasí. Zemědělci si tak mohli stáhnout informace přímo přes internet a používat je při plánování provozu. USDA (United States Department of Agriculture (Flores, 2003) provedl výzkum v Mississippi k vyvinutí vysokorychlostního bezdrátového síťového systému za účelem pomoci zemědělcům stáhnout letecké snímky přes WLAN do svých PC, notebooků nebo PDA. Snímky byly využity především pro aplikace v zemědělství.

#### 2. 2. 1. 5 Biotelemetrie

Biotelemetrie, dálková detekce a měření funkcí a činností u zvířat, je ve výzkumu zvířat široce používána. Biotelemetrická zařízení vysílají data o fyziologických funkcích či chování a mohou být implantována do zvířat nebo externě připojena. Výhodou je volný pohyb zvířat, aniž by byla uvázána na záznamové zařízení. Nicméně, biotelemetrie může také způsobit bolest a stres v důsledku chirurgického zákroku či připevnění či dlouhodobý pobyt v laboratorních podmínkách (Hawkins, 2014).

## 2. 3 Měření teploty termovizí

### 2. 3. 1 Měření teploty těla

Lidé a většina jiných savců produkují nadměrné tělesné teplo, které musí být ztraceno do prostředí. Infračervená termografie (IRT) je neinvazivní nástroj pro vizualizaci a analýzu lokálních a časových změn povrchových teplot. Výsledkem je termogram, ve kterém se každý pixel vztahuje na hodnotu teploty (Metzner et al., 2014, Calkosiński et al., 2015).

Metoda termografie nalezla množství uplatnění nejen v průmyslu, ale také v lidské a veterinární medicíně, zejména pro diagnostické účely (Embaby et al., 2002; Markel and Vainer, 2005; Knížková et al., 2007, Vadlejš et al., 2010).). V posledních letech je u infračervené termografie prokázáno, že jde o slibnou metodu pro včasné diagnostiky patologických stavů prsou u žen (Borchart et al., 2013; Conci, 2013) a dále byla úspěšně použita při diagnosách diabetické neuropatie (Bharara et al., 2006) či periferní cévní poruchy (Huang et al., 2011) a také k detekci problémů spojených s gynekologií, transplantací ledvin, dermatologií, srdcem, neonatální fyziologií, projekcí horečky a snímáním mozku (Lahiri et al., 2012). V oblasti veterinární vědy byla použita např. při kulhání (Alsaad et al., 2012) a zjišťování mastitidy u dojnic (Colak et al., 2008, Berry et al., 2006). Hospodáři a veterináři používali tělesnou teplotu, nejčastěji rektální teplotu, k detekci a řízení horečnatých onemocnění a změn stavu krav (říje, tepelný stres a nástup porodu) po mnoho let (Bewley et al., 2010). Scolari et al. (2011) a Sykes et al. (2012) také uvádí, že IRT může být použita při detekci změn teplot vulvy mezi říjí a diestrusem u krav.

Méně často byla použita k výzkumu organismu hospodářských zvířat, konkrétně změn v cévním oběhu jako následek zvýšení nebo snížení teploty tkáně, jako měřící metoda pro posouzení těchto oblastí (Harper, 2000). Spruyt et al. (1995) doporučuje měření pomocí termovize jako dobrou metodu pro studii termoregulace. Hlavní výhodou této metody je fakt, že nevyžaduje přímý fyzický kontakt s monitorovaným povrchem, a tak umožňuje přímé čtení teplotního rozložení (Speakman and Ward, 1998).

Tělesná teplota je jedním z nejvíce běžně používaných indikátorů zdravotního stavu (Fernández.Cuevas et al., 2015) a důležitým parametrem pro hodnocení stresu zvířat (Brown-Brandt et al., 2003). Pomocí IRT lze rozpoznat změny v periferním průtoku krve a z toho vyplývajících změn tepelných ztrát, proto tato metoda může být užitečným nástrojem pro měření stresu zvířat (Pavlidis et al., 2002; Stewart et al., 2007). Pozorováním rozložení

povrchové teploty pomocí infračervené termografie jako alternativní metody k vyšetření životního prostředí a fyziologických procesů spojených s tepelným komfortem se zabýval např. Zotti et al. (2011). Ten pomocí termokamery určil jako nejlepší indikátor teplotního komfortu oblast končetin. Možnost využití infračervené termografie jako neinvazivního nástroje pro včasné odhalení patologických stavů končetin dojníc zkoumali také Alsaod a Büscher (2001) a Bobić et al. (2017). Teplota končetin a kůže je do značné míry závislá na množství krve protékající v periferních cévách (Hsieh et al., 1990). Např. teplo vytvářené zánětem je přenášeno překrývající kůží v důsledku zvýšeného průtoku krve kapilárami a je rozptýleno jako infračervená energie (Knižková et al., 2007). Termovizní kamerou lze rozpoznat změny v periferním průtoku krve a z toho vyplývajících změn tepelných ztrát, proto tato metoda může být užitečným nástrojem pro měření stresu zvířat (Stewart et al., 2005).

Blessing (2003) našel podněty upozorňující na stav životního prostředí a které způsobily snížení průtoku krve do ucha u králíků a Vianna a Carrive (2005) zjistili, že teploty ocasu a tlap krys, které byly měřeny termovizní kamerou, klesly po odpovědi na podmíněný stres. Tyto počáteční akutní reakce na stres pravděpodobně působí na zvýšení perfúzního tlaku, přesměrování toku krve do orgánů a kosterního svalstva, které má více metabolických potřeb a mohou být také ochranným mechanismem ke snížení krevních ztrát v případě zranění.

Hellebrandt et al. (2003) uvádí, že změny teploty vulvy u krav v kombinaci s tělesnou teplotou termální zobrazovací technologií by mohli být použity pro detekci období estrusu. Také Talukder et al. (2014) prezentují výsledky, které ukazují, že měření povrchové teploty pomocí IRT se může stát užitečným nástrojem pro detekci říje u krav a mohou poskytnout informace o tom, kdy pravděpodobně dojde k ovulaci.

### **2. 3. 2 Měření teploty oka**

Nehasilová (2011) tvrdí, že díky měření oka je možné stanovit, zda je zvíře stresované nebo není. To prokázali kanadští a novozélandští vědci v rámci výzkumu, jehož cílem bylo zjistit, zda infuze adrenalinu dokáže ovlivnit teplotu oka u telat. Také studie Cooka et al. (2005) a Pavlidise et al. (2002) ukázaly, že teplota oka může být dobrým ukazatelem stresu. Konkrétně teplota malých oblastí kolem zadního okraje víčka a *caruncula lacrimalis*, které mají bohaté množství kapilár inervovaných sympatickým systémem, reaguje na změny v průtoku krve (Stewart, 2007). Bylo zjištěno, že IRT teploty lakrimální caruncle oblasti oka mohou korelovat s tělesnou teplotou, a v podstatě slouží jako ukazatel tělesné teploty (Ng et

al., 2006; Church et al., 2014). Levine et al. (2001) zjistil, že teplota oka se zvýšila v reakci na náhlý hluk u lidí, což překvapivě naznačuje, že je to spojeno se zvýšeným průtokem krve do oka. Cook et al. (2005) zkoumali základní příčiny tohoto nárůstu teploty očí pomocí termovizní kamery u koní. Shaefer et al. (2004) použili termovizní kameru pro identifikaci bovinní virové diarei u telat. Zjistili, že zvýšené teploty očí byly více konzistentní než v ostatních oblastech. Významné změny v teplotě očí se vyskytly několik dní před jinými klinickými příznaky onemocnění.

Výsledky studií George et al. (2014) ukazují, že teplota oka, měřená pomocí digitální infračervené termografie, může být použita jako indikátor tělesné teploty ovcí a hovězího dobytka a jako alternativa k použití vaginální nebo rektální teploty. Využití IRT k měření teploty očí je rychlé a relativně snadné a méně invazivní ve srovnání s alternativními metodami měření tělesné teploty, jako jsou rektální teploměry, bubínkové infračervené teploměry, tepelné mikročipy či bachorové bonusy (Johnson et al., 2011; Timsit et al., 2011).

Obecně se uvádí, že nejvyšší teplota je naměřena v oku. K tomu by bylo možné využít tzv. oční lasery. Lasery se liší podle výkonu, vlnové délky emitujícího záření, některé pracují v kontinuálním režimu, naopak jiné v pulsním. Podle vlnové délky laserového paprsku se liší účinek na oční tkáň (absorpce). Hygienické směrnice rozdělují lasery podle parametrů emitovaného záření do 4. tříd. Základním kritériem rozdělení jsou hustota výkonu, resp. hustota energie záření, vlnová délka záření, režim laserů (spojitý, impulsní s vysokou opakovací frekvencí), u laserů pracujících v impulsním režimu doba jednotlivých impulsů. Lasery I. třídy jsou lasery, které emitují záření o tak malém výkonu, že nemohou vyvolat poškození zdraví ani po libovolně dlouhé době expozice oka nebo kůže. Do I. třídy se zařazují rovněž lasery, které jsou plně zakrytovány, takže jejich záření neproniká navenek. Lasery II. třídy emitují jen viditelné záření, které nemůže vyvolat poškození oka při nahodilém zásahu. K poškození sítnice by však mohlo dojít při dlouhé úmyslné expozici. Lasery III. třídy nemohou rovněž způsobit poškození oka při nahodilém zásahu, avšak jsou nebezpečné tehdy, je-li pozorován svazek záření optickou pomůckou, např. dalekohledem. Dále sem patří skupina laserů (lasery III.b třídy) zahrnující zařízení, která emitují záření v různých vlnových délkách v impulsním i spojitým režimu o takových výkonech, že mohou způsobit poškození oka při nahodilém zásahu přímým nebo zrcadlově odraženým svazkem záření. Lasery IV. třídy jsou charakterizovány obdobně jako lasery IIIb. třídy, avšak jejich výkony jsou ještě vyšší, takže ohrožují oko i difúzně odraženým zářením.

### 2. 3. 3 Měření teploty vemene

Berry et al. (2003) použil termokameru ke zkoumání účinků faktorů životního prostředí na denní kolísání teploty vemene. Zjistili, že termokamera má potenciál jako nástroj včasného odhalení mastitidy, je-li v kombinaci se sledováním faktorů prostředí. Vzhledem k tomu, že teplota kůže odráží základní krevní oběh a metabolismus tkáně, některé typy mastitid mohou způsobit zvýšení teploty pokožky vemene (Polat et al., 2010), zejména v případech, jestliže je mastitida doprovázena horečkou (Hovinen et al., 2008). Také Willits (2005) a Kennedy (2004) potvrdili, že povrchová teplota vemene způsobená infekcí mastitidy stoupala před jinými klinickými příznaky.

Colak et al. (2008) provedli experiment, aby zjistili, zda má IRT zásluhu na včasné detekci subklinické mastitidy u dojníc. Dle nich IRT nemusí potvrdit mastitidu, ale nicméně tato metoda je dostatečně citlivá na to, aby vnímala změny povrchové teploty pokožky v reakci na různé stupně závažnosti infekce mléčné žlázy a jako neinvazivní nástroj může být termokamera použita pro screening dojníc při mastitidě. Také Metzner et al. (2014) ve své studii dochází k závěru, že metody termografie by měly být vzaty v úvahu pro automatické sledování zdravotního stavu vemene u dojníc.

Martins et al. (2013) při své práci hodnotili použití infračerveného termografu pro diagnostiku mastitidy u ovcí. I tato studie ukázala, že infračervené hodnoty teploty vemene mohou být použity jako diagnostická metoda pro mastitidu u ovcí.

## 3. CÍLE PRÁCE

Úkolem této práce je zpracovat literární rešerši o současných technických možnostech měření tělesné teploty a navrhnout a vyvinout systém bezkontaktního měření teploty povrchu těla zvířat včetně přenosu dat do nadřazeného programového vybavení.

Dalším cílem je zjistit, jakým způsobem spolu korelují teplota těla, zdravotní stav, užitkovost, reprodukce a životní projevy jalovic a dojníc.

A v neposlední řadě je podílet se dílčími výsledky na vytvoření automatizovaného systému řízení stáda a tím zajistit lepší sledování životní pohody zvířat.

Nejprve bude provedena literární rešerše k problematice měření tělesné teploty a na základě získaných poznatků bude navržen a následně ověřován jeden či více systémů nejlépe bezkontaktního snímání tělesné teploty. Ke zjištění korelací naměřené teploty těla se zdravotním stavem, užitkovostí a reprodukcí budou využity zootechnické a veterinární

záznamy a vlastní pozorování, které bude nosné i pro stanovení vlivu tělesné teploty na životní projevy dojnic.

Do pokusu budou zařazeny krávy z chovu ZD Krásná Hora. Ve stájových objektech bude měřena teplota a relativní vlhkost vzduchu a rychlost proudění vzduchu. Teplota a relativní vlhkost vzduchu bude měřena pomocí datových záznamníků s čidly. Rychlost proudění vzduchu bude měřena pomocí ručního anemometru, průběžné údaje budou získávány z měřicích aparatur BAT centra ZF JU. Dále bude sledována i ochlazovací hodnota prostředí. Souběžně s měřením vnitřních hodnot bude měřena a zaznamenávána venkovní teplota, relativní vlhkost, rychlost a směr proudění vzduchu. Nové v zootechnické praxi je právě automatizované snímání teploty bez přímého kontaktu chovatele se zvířetem a následné vyhodnocení dat počítačem. Pomocí ručního měření bude ověřena funkčnost a kvalita dat snímaných čidly do automatizovaného systému řízení.

U dojnic bude měřena rektální teplota a sledována jejich užitkovost a kvalita mléka, reprodukční ukazatele a zdravotní stav včetně počtu veterinárních úkonů a spotřeby léčiv. Funkčnost snímacího čidla bude ověřena ručním měřením teploty pomocí bezkontaktního teploměru a bude zpracován software upozorňující na významné odchylky teploty od normálního stavu. Dále bude průběžně prováděno etologické pozorování pomocí průmyslové kamery i osobním sledováním. Výsledky budou statisticky vyhodnoceny a zpracovány do tabulek a grafů.

Finální výstupy budou předány firmami Agrosoft a Farmtec podnikům, které se zabývají chovem dojeného skotu a využívající systémy elektronického řízení zootechnické evidence a řízení stáda, především pak těm, se kterými v současné době komerčně spolupracují. Bude vyvinut řídicí software. Lze očekávat nárůst zájemců o tyto metody řízení chovu vyplývající ze zvyšujících se nároků na kvalitu a ekonomiku produkce, welfare a vlivu živočišné výroby na životní prostředí. Důležitý bude i zvýšený komfort pro uživatele.



## 4. MATERIÁL A METODIKA

### 4.1 Charakteristika pokusu snímání teplot pomocí termokamery

#### 4.1.1 Pracoviště

ZD Krásná Hora nad Vltavou a. s. se nachází v bramborářsko-ovesné výrobní oblasti, ve členitém terénu s průměrnou nadmořskou výškou 450 m. Roční úhrn srážek činí cca 500 mm a průměrná roční teplota je 6,7 °C. Podnik celkem obhospodařuje 4 892 ha, z čehož je 3 269 ha (67 %) orná půda a 1 623 ha (33 %) tvoří louky a pastviny. Struktura plodin na orné půdě se skládá z: 1 475 ha s obilovinami, 641 ha olejnin a 1 153 ha píce. Celkový počet chovaného skotu je 3 670 ks, z čehož 1 446 ks je krav dojných a 341 ks krav masných. Co se týče průměrné užitkovosti hospodářských zvířat je roční dojivost krav 8 724 l/ks (zdkh.cz, 2017).

Jedním ze středisek ZD Krásná Hora nad Vltavou a. s. je středisko Petrovice, které je vzdáleno asi 7 kilometrů směrem na jihovýchod. Jsou zde chovány krávy holštýnského plemene v počtu cca 650 kusů. Využívá se systému uzavřeného obratu stáda bez výkrmu býků. Je zde praktikován systém stlaní separovanou kejdou a nevyužívá se tedy stlaní slámy. Je zde v provozu bioplynová stanice, která dodává elektrický proud do sítě a z přebytkového tepla je vytápěn celý areál farmy (Pálka, 2016).

#### 4.1.2 Skupiny zvířat

Do pokusu byly zařazeny krávy ze střediska Petrovice. Hodnoceny byly tři různé skupiny dojnic ve dvou rozdílných stájích. Během každého měření bylo snímáno 36 dojnic, které byly rozděleny po 12 kusech do tří skupin. V první skupině byly dojnice od druhého dne do dvou měsíců po otelení. Druhou skupinu tvořily dojnice od čtvrtého do pátého měsíce po porodu. Třetí skupina zahrnovala dojnice v sedmém až osmém měsíci po otelení.

1. Skupina	Stáj 1	2. den – 2 měsíce po otelení
2. skupina	Stáj 1	4. – 5. měsíc po otelení
3. skupina	Stáj 2	7. – 8. měsíc po otelení

**Tabulka 2: Vybrané skupiny dojnic dle místa a fáze laktace**

Stáje pro dojnice byly konstruované jako volné stání s boxovými loži, které byly vystýlány separovanou kejdou. Stáj 1, ve které se nacházely dojnice z 1. a 2. skupiny, byla rozdělena krmnou chodbou na dvě části a každá část byla členěna na 3 sekce. Boxy byly rozmístěny do tří řad. Stáj byla orientována sever-jih a kryta sedlovou střechou s větrací hřebenovou štěrbinou.

3. skupina měřených dojnic se nacházela ve stáji 2, která se nacházela 50 m jižněji od stáje 1. Krmná chodba tuto stavbu dělila v 1/3. Pokusná zvířata se nacházela v části, která tvořila větší část stáje (tedy 2/3) a kde se nacházely 3 řady boxů. Tato stavba byla kryta dvojitou pultovou střechou s větracím prostorem nad krmnou chodbou.

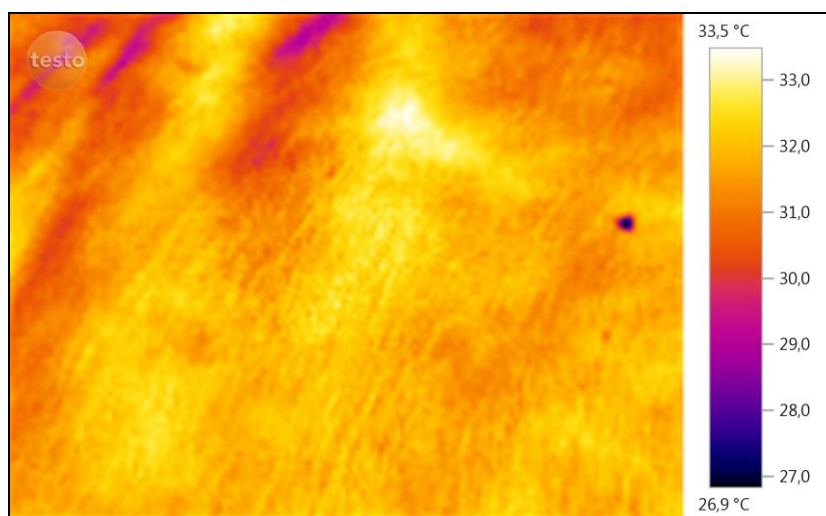
#### **4. 1. 3 Měřící zařízení**

Ve stájových objektech byla souběžně se snímáním povrchových teplot zvířat měřena a zaznamenávána teplota prostředí, relativní vlhkost, ochlazovací hodnota a rychlost a směr proudění vzduchu ve stáji i mimo stáj. Průběžné údaje byly získávány z měřících aparatur BAT centra ZF JU. Teplota a proudění vzduchu byly snímány pomocí ručního digitálního anemometru TESTO 425 s připojenou tepelnou sondou. Provozní teplota této jednotky je v rozmezí -20 až +50 °C a měřící rozsah sondy je od -20 do +70 °C. Přesnost měření sondy je  $\pm 0,5 \%$  s rozlišením 0,1 °C. Ochlazovací hodnota byla měřena pomocí ručního Hillova katateploměru a pro záznam relativní vlhkosti a teploty okolního prostředí byl dále použit datový záznamník s čidly Datalogger značky COMET vycházející z požadavků normy ČSN EN ISO/IEC 17025. Měřící rozsah tohoto zařízení byl pro záznam teploty vzduchu od -30 °C do +70 °C a přesnost měření teploty byla  $\pm 0,4 \%$ . Přesnost měření vlhkosti vzduchu byla  $\pm 2,5 \%$  relativní vlhkosti od 5 do 95 % při 23 °C. Rozlišení údaje o teplotě a vlhkosti byla 0,1 °C a 0,1 % relativní vlhkosti. Interval záznamu byl nastavený po 1 hodině.

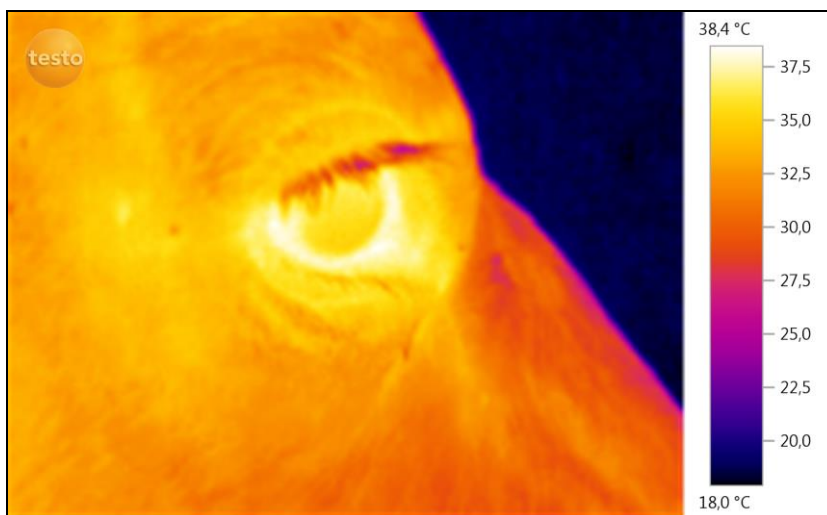
Nové v zootechnické praxi je právě automatizované snímání teploty bez přímého kontaktu chovatele se zvířetem a následné vyhodnocení dat počítačem. Pomocí ručního měření byla ověřena funkčnost a kvalita dat snímaných čidly do automatizovaného systému řízení. Měření byla prováděna ve dvou měřících místech v každé ze dvou stájí. Místa byla zvolena cca v 1/3 stájového prostoru v podélné linii a vzdálená od sebe asi 15 m. Jednotlivá měření se prováděla v životní zóně zvířat, tzn. ve výšce trupu, během maximálního obsazení stájí zvířaty. Hodnoty byly měřeny pravidelně, během každého ročního období. Celkem proběhlo 1 měření v roce 2012, 34 měření v roce 2013 a 17 měření v roce 2014.

Jako nástroj ke snímání povrchové teploty zvířat byla pro tento experiment zvolena termovizní kamera. Jednalo se o model TESTO 875, který se vyznačuje svou intuitivní obsluhou, vynikající teplotní citlivostí a integrovaným digitálním fotoaparátem. Pomocí integrovaného digitálního fotoaparátu je možné snímání reálného snímku paralelně ke každému termogramu což usnadňuje dokumentaci a přiřazování. Rozlišení a kvalita snímku: velikost detektoru 160 x 120 pixelů = 19 200 teplotních měřicích bodů. S technologií SuperResolution je možné zvýšit kvalitu snímku o jednu třídu na 320 x 240 pixelů. Toto čtyřikrát větší množství naměřených hodnot a geometrické rozlišení zlepšené o faktor 1,6 znamená ještě více detailů, a ještě větší jistotu při termografii. Díky teplotnímu rozlišení <50 mK jsou vidět i ty nejmenší teplotní rozdíly. Objektiv 32° x 23° s manuálním ostřením umožňuje široké zorné pole a ideální přehled o rozložení teploty a také precizní zaostření měřeného objektu. Pomocí automatického rozpoznání horkých a studených bodů jsou přímo zobrazovány kritické teplotní stavy. V termokameře lze zadat intenzitu slunečního záření a uložit ji ke každému termogramu. Měřicí rozsah je -30 ...+350 °C.

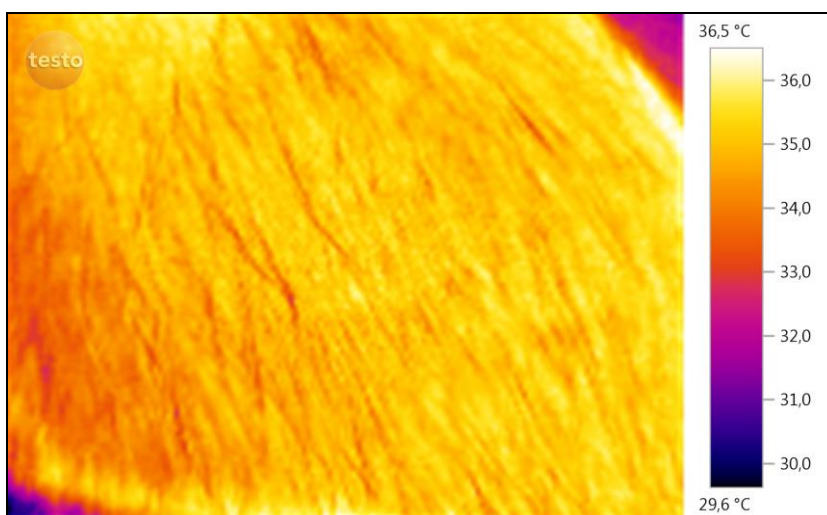
Pomocí termokamery TESTO 875 byly snímány povrchové teploty v oblasti tělesného jádra, oblasti vemene a dále v oblasti oka. Z jednotlivých oblastí byly získány termogramy, někdy též označované jako termovizní snímky. Pro jejich zobrazení bylo užíváno standardních palet duhy, kdy každá barva zobrazovala určitou hodnotu vyzařované teploty. Snímání teplot probíhalo přímo ve stájích, přičemž jednotlivé měřené dojnice byly při měření fixovány v boxu. U vybraných snímaných dojnic byla zároveň měřena rektální teplota pomocí digitálního rektálního teploměru Thermoal, který pomocí technologie pro zrychlené měření teploty umožňoval získat data v krátkém časovém úseku.



**Obrázek 1: Termosnímek povrchu těla**



**Obrázek 2: Termosnímek povrchu oka**



**Obrázek 3: Termosnímek povrchu vemene**

## **4.2 Charakteristika pokusu snímání teplot pomocí termočidla**

### **4. 2. 1 Pracoviště**

Tento pokus probíhal v období od srpna do září 2016 v účelovém zařízení školního statku Čtyři Dvory v Českých Budějovicích v experimentální stáji akreditované pro pokusné účely a byl proveden podle zásad Komise na ochranu zvířat proti týrání ZF JU v Českých Budějovicích.

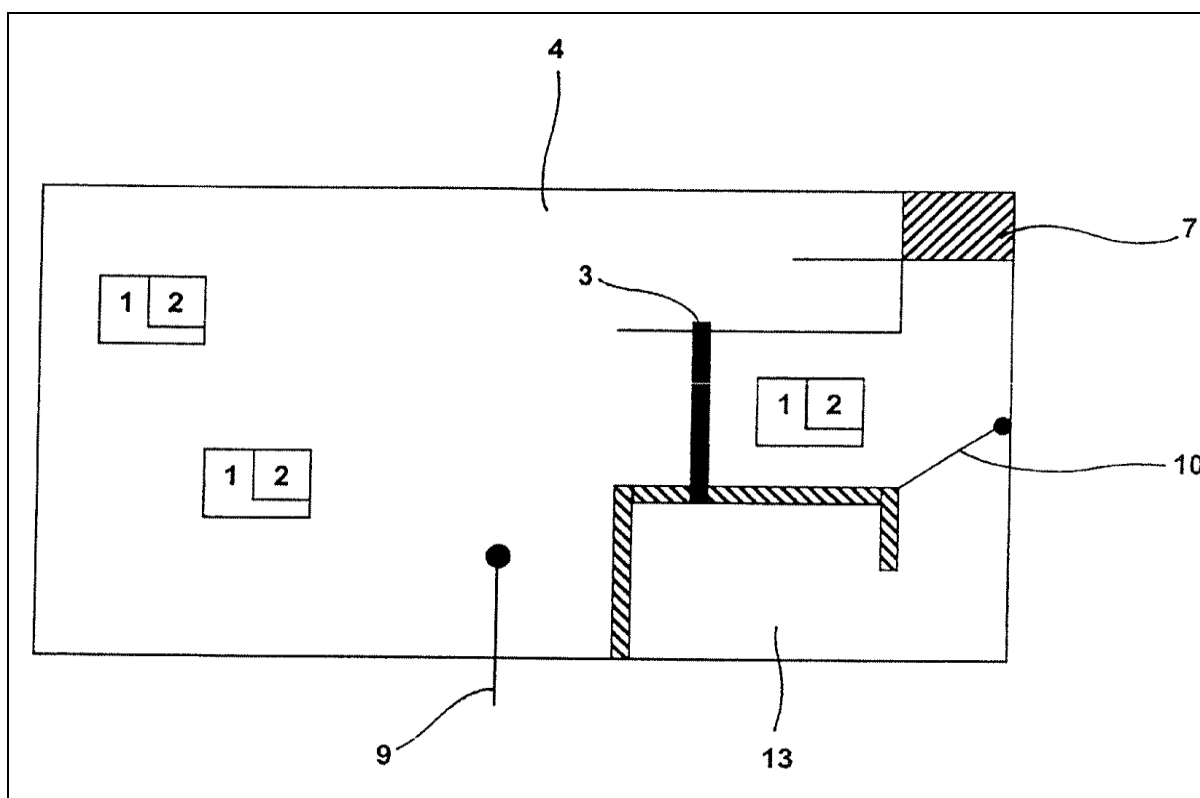
#### 4. 1. 2 Měřicí zařízení

Do pokusu byly zařazeny dvě klinicky zdravé krávy holštýnského plemene, kterým byl implantován identifikační čip z firmy Agrosoft a testována jeho funkčnost. Tento čip byl implantován oběma zvířatům v oblasti kořene ocasu, jelikož tato oblast se empiricky osvědčila jako nejstabilnější oblast. Čip tělům zvířete neputuje, nevypadává a zvířeti nezpůsobuje nepohodlí. Tento čip byl opatřen senzorem biologických funkcí, který sledoval tělesnou teplotu zvířete. Zařízení bylo uzpůsobeno pro odeslání informací pro identifikaci zvířete a informací o tělesné teplotě zvířete pomocí bezdrátového spojení se čtečkou čipů. Touto čtečkou bylo v průběhu měření manipulováno ručně okolo oblasti kořene ocasu, ale v budoucnu by se měla nacházet v chovném prostoru. Čtečky čipů by měly dokázat pokrývat různou výměru chovného prostoru, takže se mohou v chovném prostoru nacházet jako hustá síť pokrývající celý chovný prostor nebo jsou rozmístěny řídce v jednotlivých oblastech chovného prostoru.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že senzor změří tělesnou teplotu a současně se v chovném prostoru měří např. ochlazovací hodnota prostředí. Poté řídicí jednotka analyzuje tělesnou teplotu zvířete v závislosti na ochlazovací hodnotě prostředí. Řídicí jednotka identifikuje zvíře s nestandardně zvýšenou tělesnou teplotou a současně v elektronické kartě zvířete s nestandardně zvýšenou tělesnou teplotou zkontroluje termín porodu, nebo informaci o zdravotním stavu a poté vykoná bezpečnostní opatření pro zachování zdraví zvířete (izolace zvířete ze skupiny, zalarmování ošetřovatele, vodní sprcha). Výhody se nacházejí v automatizaci, v postupné analýze důvodů zvýšené tělesné teploty zvířete (je důležité, aby byl zjištěn správný důvod zvýšené tělesné teploty zvířete, jinak může dojít k podlomení zdraví či přímo k úhynu zvířete) a ve vykonání opatření bránícímu podlomení zdraví zvířete, či úhynu. Oddělením podezřelého zvířete od zbytku stáda je usnadněná práce ošetřovatelů. Dále pokud by bylo zvíře nemocné, či agresivní, jsou izolací podezřelého zvířete chráněna zbylá zvířata, nebo naopak, je izolací chráněno podezřelé zvíře od ostatních. Dalším výhodným provedením způsobu podle vynálezu by v případě detekce přehřátí zvířete mohla být aktivována vodní sprcha pro šetrné ochlazení zvířete. Výhody tohoto zařízení jsou ve vysoké míře účinnosti ochrany chovaných zvířat. Zvířata mohou být držena jak v uzavřených prostorech, tak i na rozlehlém chovném prostoru (pastviny, obory atp.). Systém snižuje úmrtnost, chrání před šířením nemocí a zvyšuje počet živě odrozených mláďat.

Vysvětlení funkce způsobu automatického sledování zdravotního stavu zvířete lze vysvětlit pomocí obr. 4, na kterém je vyobrazeno schéma farmy, kde je chován skot. Každé

zvíře (č. 1) je opatřeno identifikačním čipem (č. 2). Zvířata se pohybují po chovném prostoru (č. 4), ve kterém se nachází alespoň jeden elektrický katateploměr (č. 9), který měří ochlazovací hodnotu prostředí-katateplotu. Ve vyobrazeném chovném prostoru je pouze jedna čtečka identifikačních čipů (č. 3), která je realizována v uzavřeném koridoru, kterým zvířata procházejí. Tento koridor je blokován selekční brankou (č. 10). Zvíře projde čtečkou a ta převezme informace o tělesné teplotě a identifikační údaje zvířete. Čtečka přepošle informace do nevyobrazené řídicí jednotky, kde jsou porovnány s aktuální ochlazovací hodnotou prostředí. Pokud je na základě katateploty vyhodnoceno, že je zvíře přehřáté, selekční branka vpustí zvíře do sprchy, kde je zvíře osvěženo. Pokud je však katateplota v pořádku a zvíře vykazuje zvýšenou teplotu, je zvíře izolováno v odděleném selekčním prostoru, kam jej vpustí selekční branka a tam zvíře počká do příchodu ošetřovatele, který byl řídicí jednotkou informován na izolaci podezřelého zvířete.



**Obrázek 4:** Schéma způsobu automatického sledování zdravotního stavu zvířete (1-zvíře, 2-identifikační čip, 3- čtečka identifikačních čipů, 4- chovný prostor, 7- sprcha, 9- katateploměr, 10- selekční branka, 13- oddělený chovný prostor (zdroj: Agrosoft)

Během snímání tělesné teploty pomocí čtečky čipů byl jako kontrolní měřicí zařízení používán digitální rektální teploměr značky Thermoal, který pomocí technologie pro zrychlené měření teploty umožňoval získat data v krátkém časovém úseku. Dále byly snímány povrchové teploty těla zvířat pomocí termovizní kamery TESTO 875, lékařského bezkontaktního teploměru THERMOFOCUS (měření teploty od 1 do 55 °C, rozlišení teploty 0,1 °C, pracovní rozpětí okolních teplot 16-40 °C) a infračerveného teploměru VOLTCRAFT IR 650-12D s rozsahem měření teploty od -50 do +650 °C, rozlišením teploty 0,1 °C a přesností  $\pm 0,1$  %. V chovném prostoru bylo dále instalováno zařízení pro záznam relativní vlhkosti a teploty okolního prostředí, a to datový záznamník s čidly Datalogger značky COMET vycházející z požadavků normy ČSN EN ISO/IEC 17025.

Byla provedena kalibrace měřících nástrojů. Řešení bylo zkoušeno v rámci stanovení přesností měřidel teploty. Kalibrovanými nástroji byl digitální a rtuťový teploměr a teplotní čidlo. Tato měřidla byla instalována do kádinky s vodou, která byla zahřívána do ustálení alespoň jednoho z měřidel. V tomto případě se jednalo o rtuťový teploměr, který byl vzat i jako referenční, a to díky garanci přesnosti od výrobce. Dle Pance et al. (2012) chyba těchto teploměrů nepřesáhla  $\pm 0,4$  °C. Jejich omezením je však velmi malý měřicí rozsah.

Teplotní čidla byla značena čísly 6 a 7 a byla chirurgicky zavedena v oblasti kořene ocasu 3. září 2016. Tabulky 3 a 4 zobrazují průběh snímání tělesných teplot za pomoci měřidel. Z důvodu porážky sledovaných zvířat probíhala měření jen do 9. září 2016 a jedná se tedy jen o nástin možného řešení snímání teplot touto metodou v budoucnosti.

<b>ČIDLO Č. 6</b>					
datum	pyrometr	bezkontaktní teploměr	rektální teploměr	termokamera	čidlo
3. 8. 2016	<b>ZAVEDENÍ ČIDLA</b>				
4. 8. 2016	35,6	35,4	37,5	37	37
5. 8. 2016	34,5	34,8	37,1	37,5	37,06
6. 8. 2016					
7. 8. 2016	35,1	35,4	37,1	37,7	37,31
8. 8. 2016	34	34,6	37,5	35,8	36,42
9. 8. 2016					
10. 8. 2016					
11. 8. 2016					
12. 8. 2016					
13. 8. 2016					
14. 8. 2016					
15. 8. 2016	33,2	34	37,9	36,7	36,5
16. 8. 2016	30,2	31	37,3	35,1	35,35
17. 8. 2016	31,9	34,6	38,2	34,5	35,26
18. 8. 2016	30,4	35,7	37,4	37,8	34,88
19. 8. 2016	33,4	34,9	37,6	35,7	36,03
20. 8. 2016					
21. 8. 2016					
22. 8. 2016	31,6	34,3	37,4	34,1	35,57
23. 8. 2016					
24. 8. 2016					
25. 8. 2016					
26. 8. 2016					
27. 8. 2016					
28. 8. 2016	35,1	35,7	38,3	38,2	37
29. 8. 2016	33,1	35,5	38,3	36,5	37,25
30. 8. 2016	32	35,7	38,3	36	37
31. 8. 2016	32,1	35,5	37,8	35,4	36,28
1. 9. 2016	31,7	35,6	38,2	36,8	35,69
2. 9. 2016	33,3	35,3	38,1	35	36,44
3. 9. 2016					
4. 9. 2016					
5. 9. 2016	32,4	32,6	38,2	35,5	35,88
6. 9. 2016	31,7	36,1	38,1	34,4	35,49
7. 9. 2016					
8. 9. 2016	35,4	34,6	38,2 (39,3 rtuť)	36,5	35,69
9. 9. 2016	<b>VYJMUTÍ ČIDLA</b>				

Tabulka 3: Průběh snímání teplot pomocí různých teplotních měřidel u krávy s čidlem č. 6



<b>ČIDLO Č.7</b>					
datum	pyrometr	bezkontakt. teploměr	rektální teploměr	termokamera	čidlo
3. 8. 2016	<b>ZAVEDENÍ ČIDLA</b>				
4. 8.2 016	35,4	35,1	37	36,4	37,35
5. 8. 2016	34,8	34,9	36,9	37,8	37,32
6. 8. 2016					
7. 8. 2016	35,1	34,7	37,1	36,4	37,69
8. 8. 2016	34,5	35,2	37,7	35,2	37,44
9. 8.2 016					
10. 8.2016					
11. 8. 2016					
12. 8. 2016					
13. 8. 2016					
14. 8. 2016					
15. 8. 2016	33,3	34,2	38	35,2	36,97
16. 8. 2016	30,6	31,2	38,1	34,5	36,31
17. 8. 2016	33,2	34,9	38,1	36,8	36,28
18. 8. 2016	30,5	35,4	38,2	37,8	36,36
19. 8. 2016	32,6	35,3	38,2	34,6	36,96
20. 8. 2016					
21. 8. 2016					
22. 8. 2016	30	34,2	37,8	32	36,31
23. 8. 2016					
24. 8. 2016					
25. 8. 2016					
26. 8. 2016					
27. 8. 2016					
28. 8. 2016	34,8	35,1	37,7	34	36,69
29. 8. 2016	32,5	34,9	38,1	39,8	38,12
30. 8. 2016	32	34,9	38,3	37,6	37,16
31. 8. 2016	30	34,5	37,8	32,8	36,38
1. 9.2 016	31,7	35,2	37,6	34,1	36,45
2. 9. 2016	31,1	34,5	38,1	33,9	36,74
3. 9. 2016					
4. 9. 2016					
5. 9. 2016	32,2	35,6	38,1	34,7	36,98
6. 9. 2016	34,9	36,6	37,5	37,2	36
7. 9. 2016					
8. 9. 2016	35,1	33,8	37,7 (37,9 rtuť)	33,3	36,11
9. 9. 2016	<b>VYJMUTÍ ČIDLA</b>				

**Tabulka 4: Průběh snímání teplot pomocí různých teplotních měřidel u krávy s čidlem č. 7**

### 4.3 Zpracování a vyhodnocení dat

Ke zpracování dosažených výsledků práce byl použit program Excel 2016. Pro vyjádření závislostí mezi jednotlivými parametry vybraných povrchových teplot byla použita korelační analýza. Byl zjišťován vzájemný vztah mezi dvěma veličinami, kdy změna jedné veličiny znamenala korelativní změnu veličiny druhé a naopak. Stupeň korelační závislosti (tabulka 5) byl vyhodnocen podle hodnot korelačních koeficientů ( $r_x, y$ ) pro biologické vědy (Čermáková a Střeleček, 1995).

Korelační koeficient ( $r_x, y$ )		Stupeň statistické závislosti
Záporná hodnota= nepřímá lineární závislost, klesající	Kladná hodnota= přímá lineární závislost, rostoucí	
$-0,3 < r_x, y$	$0,3 > r, x$	nízký
$0,3 \geq r_x, y > 0,5$	$0,3 \geq r_x, y > 0,5$	mírný
$-0,5 \geq r_x, y > -0,7$	$0,5 \geq r_x, y > 0,7$	střední
$-0,7 \geq r_x, y > -0,9$	$0,7 \geq r_x, y > 0,9$	vysoký
$-0,9 \geq r_x, y > -1,0$	$0,9 \geq r_x, y > 1,0$	velmi vysoký
$r_x, y = -1,0$	$r_x, y = 1,0$	matematická závislost závislost

Tabulka 5: Stupně korelační závislosti (Čermáková a Střeleček, 1995)

Ochlazovací hodnota prostředí byla vypočítána podle vzorce:

$$K = F/t$$

kde F bylo faktorem přístroje ( $\text{mcal/cm}^2$ ). Pro nový přepočít z  $\text{mJ/cm}^2/\text{s}$  na  $\text{W/m}^2$ , kde  $1\text{mcal/cm}^2/\text{s} = 41,86 \text{ W/m}^2$ . Podle vypočítané hodnoty bylo možné určit, v jakých podmínkách se ustájená zvířata nacházela, zda pociťovala horko či zimu. Nebo zda daný stav prostředí představoval optimum (tabulka 6).

Teplo až dusno <170
Optimum 290–420
Chlad až zima >500

Tabulka 6: Vliv ochlazovací hodnoty prostředí na skot (Šoch, 2005)

## 5. VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5. 1 Snímání teplot pomocí termokamery

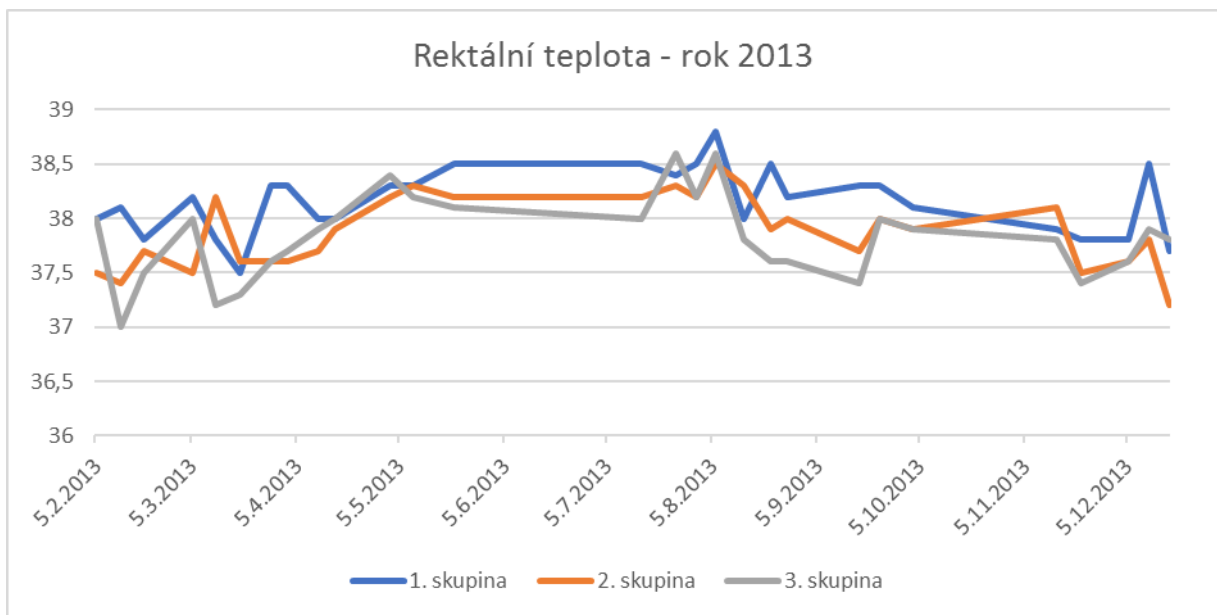
Ve stájových objektech byla souběžně se snímáním vybraných povrchových teplot zvířat (povrchová teplota tělesného jádra, vemene a oka) měřena a zaznamenávána teplota rektální a zároveň i mikroklimatické podmínky prostředí (teplota, ochlazovací hodnota a rychlost proudění vzduchu) ve stáji. Naměřené hodnoty byly zpracovány pomocí statistických metod do tabulek znázorňujících vzájemné vztahy mezi jednotlivými povrchovými teplotami, teplotou rektální a jednotlivými mikroklimatickými parametry prostředí.

#### 5. 1. 1 Rektální teplota

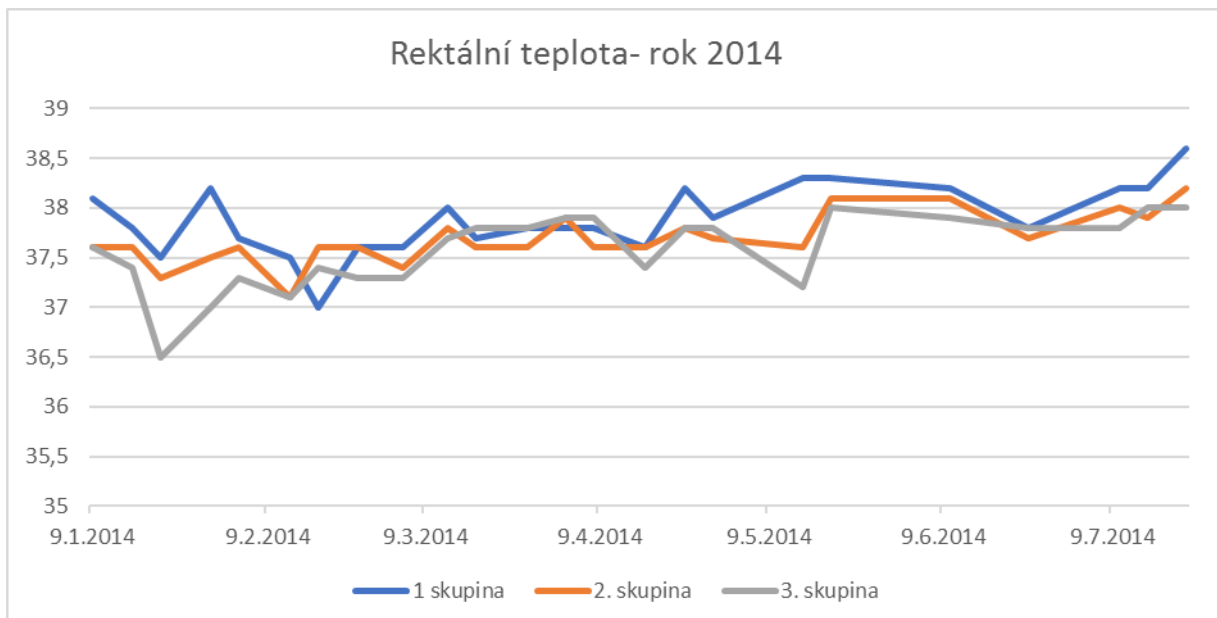
Průměrná rektální teplota měřených zvířat, která je znázorněna v grafech č. 1 a 2, se pohybovala mezi 37-38,5 °C. Literaturou uváděná rozmezí rektální teploty u skotu je 37,5 až 39,5 °C. Bukvaj (1986) uvádí na základě vlastních měření kolísání rektální teploty u dojnic od 36,9 do 39,1 °C. Podle Knížkové a Kunce (2003) teploty nad 39,5 °C jsou již považovány za reakci na vysoké teploty prostředí. Průměrná rektální teplota dosahovala nejvyšších hodnot v letním období, kdy byly naměřeny také vysoké teploty vzduchu. Dle Zejdové (2014) je 20 °C považováno za hraniční teplotu, kdy hrozí vznik tepelného stresu. Co se týče vlivu vysokých teplot na welfare dojnic, dle Dolejše (2005) v intervalu 16 až 21 °C nedochází k podstatným změnám v užitkovosti, chování zvířat a kvalitě jejich produktů. Stejně tak i Vokřálová a Novák (2005) uvádějí, že termoneutrální zóna pro dojnice je uváděna v rozmezí - 5 až +24 °C, přičemž u vysokoužitkových dojnic se horní hranice posunula na 21°C. Zvýšená tepelná zátěž vyvolává behaviorální a fyziologické odpovědi zahrnující zvýšení tělesné teploty a respirace redukcí aktivity, příjmu potravy a produkce mléka.

Výraznější rozdíly v naměřených hodnotách rektální teploty, zejména v letním období, se nacházely u 3. skupiny dojnic a jalovic. V této skupině se nacházely dojnice a jalovice na nejvyšším stupni laktace oproti předchozí skupině, proto byly výkyvy hodnot rektální teploty nejvýraznější. Podle Doležala a kol. (2010) jsou na tepelný stres zvláště citlivé vysokoužitkové dojnice na vrcholu laktace, a to vzhledem ke své úzce zaměřené produkční funkci, vysoké účinnosti využití krmiva, a tím i vysoké produkci metabolického tepla. Ve stádu laktujících dojnic jsou na tepelný stres mnohem citlivější dojnice s vysokým nádojem, než dojnice s nízkou užitkovostí či krávy stojící na sucho.

Nejvyšší průměrná rektální teplota byla změřena u 1. skupiny zvířat (38,0 °C). U druhé skupiny s vysokým nádojem byla zjištěna průměrná teplota nižší (37,8 °C) a u třetí skupiny, která byla zasušována, byla průměrná rektální teplota nejnižší (37,7 °C). West (2003) uvádí průměrnou rektální teplotu o 0,8 °C vyšší, ale přesto zjištěné průměrné hodnoty rektální teploty jsou dle Cibulky et al. (2004) v rozmezí hodnot 37,5-39,5 °C.



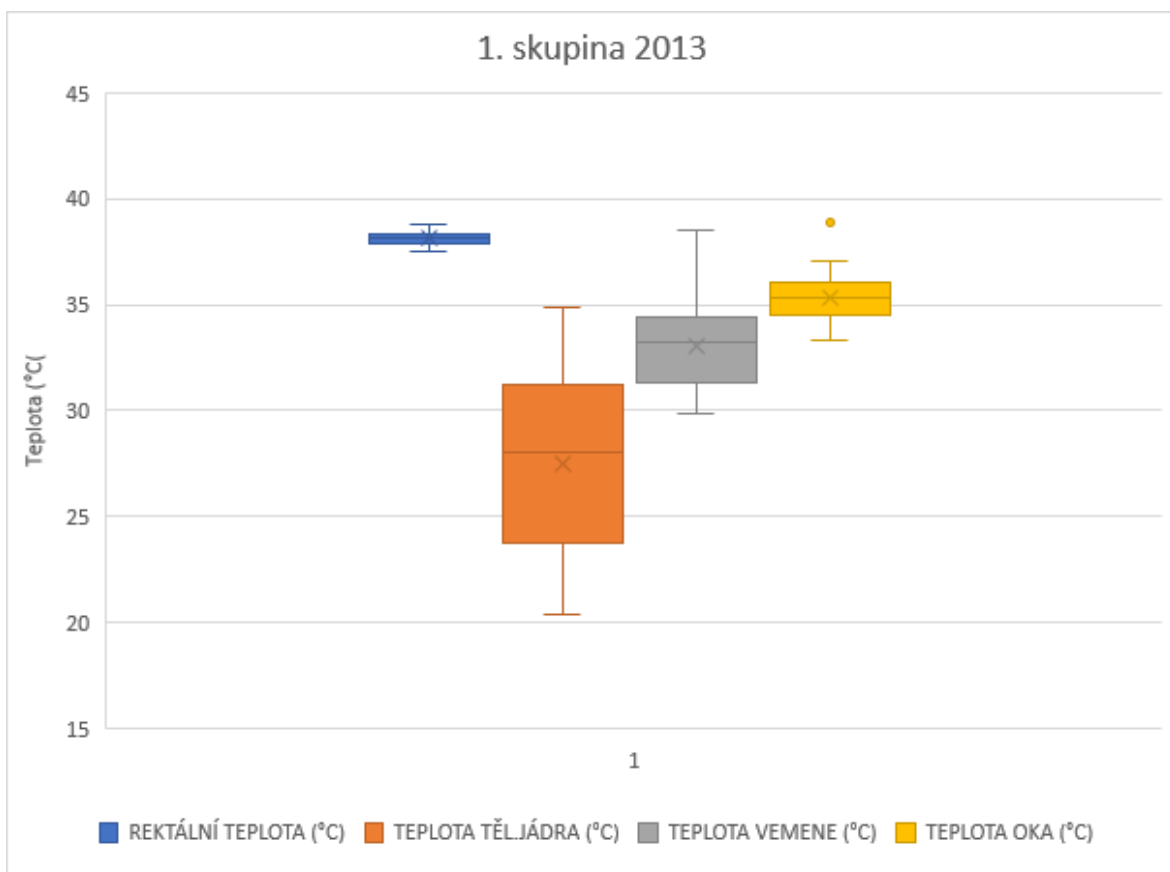
**Graf 1: Průměrné rektální teploty jednotlivých skupin v roce 2013**



**Graf 2: Průměrné rektální teploty jednotlivých skupin v roce 2014**

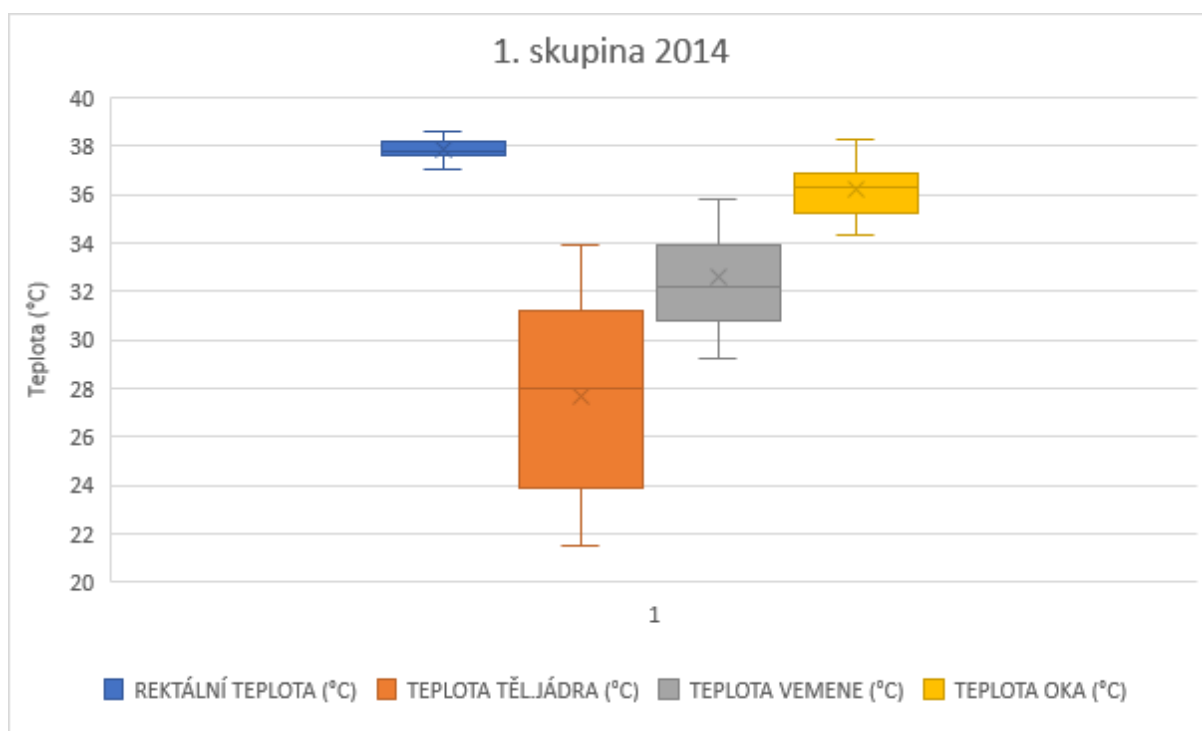
## 5. 1. 2 Povrchové teploty

Průměrná rektální teplota u měřených krav v 1. skupině během snímání v roce 2013 byla 38,2 °C se směrodatnou odchylkou o 0,3 °C. Medián pro tuto teplotu byl 38,2 °C a modus 38,3 °C. Byla sledována variabilita naměřené rektální teploty, která nebyla u všech krav stejná. Nejvyšší rektální naměřená teplota byla 38,8 °C a nejnižší 37,5 °C. V průměru se povrchová teplota tělesného jádra u této skupiny odchylovala o 4,0 °C, kdy maximum bylo 34,9 °C a minimum 20,4 °C (medián 28,5 °C a modus 29,1 °C). Ze snímaných povrchových teplot vemene se nejčastěji vyskytovala teplota 34,7 °C (medián 33,3 °C). Průměrná teplota vemene byla 33,0 °C ± 2,0 °C, kdy maximum bylo 38,5 °C a minimum 29,9 °C. Ze snímaných povrchových teplot byla průměrná teplota oka nejvyšší a to 35,4 °C s odchylkou o 1,2 °C. Nejčastěji byla zjištěna průměrná povrchová teplota oka 34,5 °C s maximem 38,9 °C a minimem 33,3 °C.



Graf 3: Porovnání průměrných tělesných teplot u 1. skupiny (rok 2013)

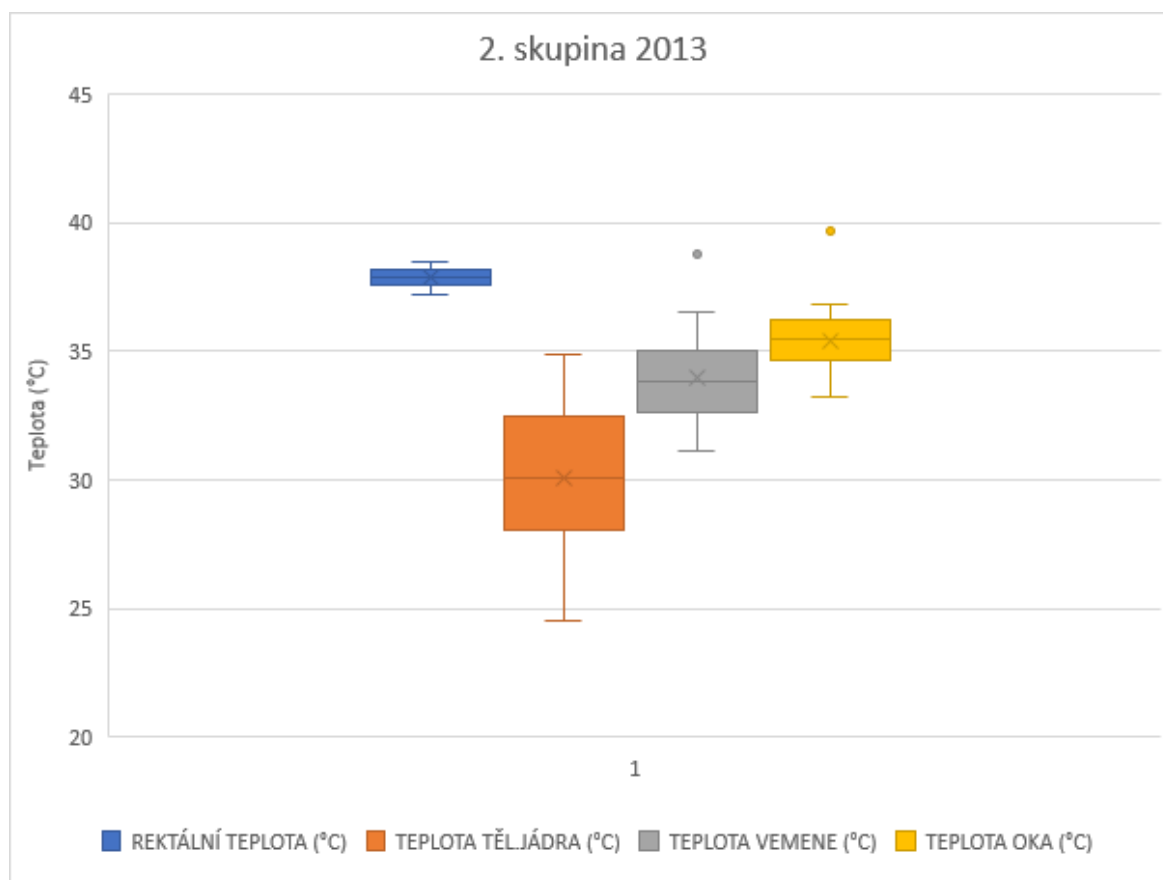
V roce 2014 (graf 4) průměrná rektální teplota u měřených krav v této skupině byla 37,9 °C se směrodatnou odchylkou o 0,3 °C. Nejčastěji byla změřena teplota 37,8 °C. Nejvyšší rektální naměřená teplota byla 38,6 °C a nejnižší 37,0 °C. Co se týče průměrné povrchové teploty tělesného jádra, která se u této skupiny odchylovala o 4,0 °C, bylo maximum 33,9 °C a minimum 21,5 °C (medián i modus 28,0 °C). Průměrná povrchová teplota vemene byla 32,6 °C ± 1,7 °C (medián i modus 28,2 °C), kdy maximum bylo 35,8 °C a minimum 29,2 °C. Nejvyšší naměřená povrchová teplota oka byla 38,3 °C a nejnižší 34,3 °C s průměrnou teplotou 36,2 a odchylkou 1,1 °C.



**Graf 4: Porovnání průměrných tělesných teplot u 1. skupiny (rok 2014)**

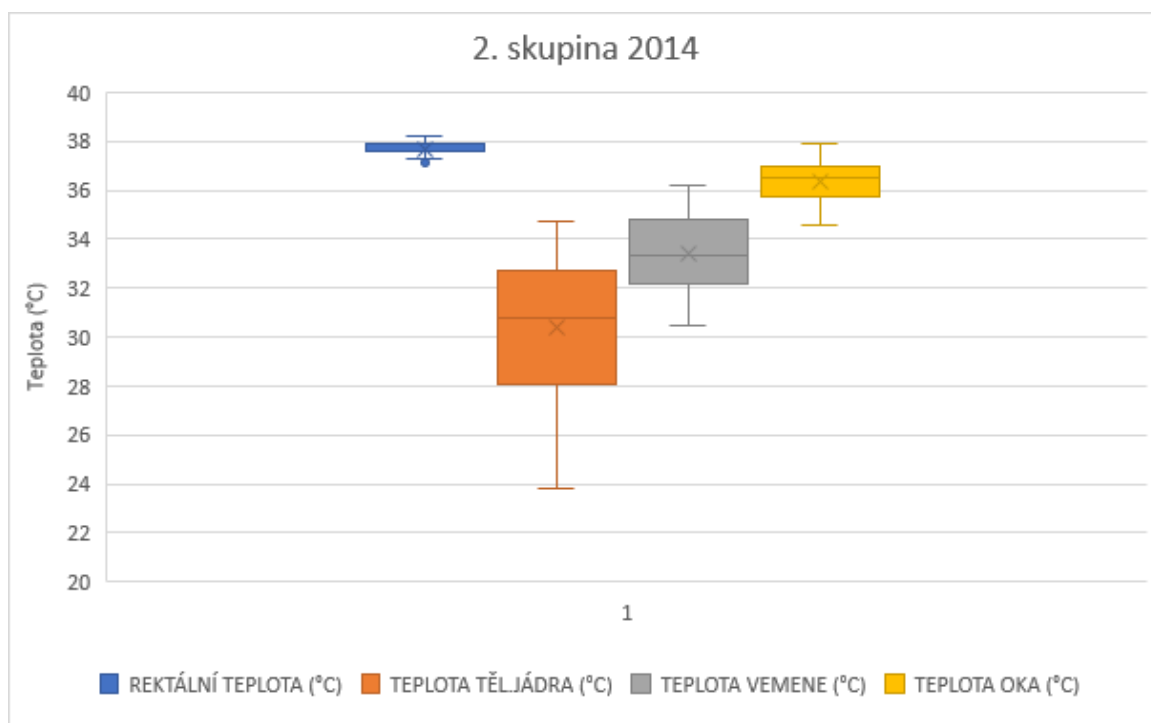
Během měření v roce 2013 (graf 5) byla průměrná rektální teplota u měřených krav ve 2. skupině 37,9 °C se směrodatnou odchylkou o 0,3 °C. Medián pro tuto teplotu byl 37,9 °C a modus 38,2 °C. Rovněž u této skupiny se vyskytovala proměnlivost rektální teploty, kdy nejvyšší rektální naměřená teplota byla 38,5 °C a nejnižší 37,2 °C. Průměrná povrchová teplota tělesného jádra u této skupiny byla 30,1 s odchylkou o 2,8 °C s maximem 34,9 °C a minimum 24,5 °C (medián 30,1 °C, modus 28,1 °C). Ze snímaných povrchových teplot vemene se nejčastěji vyskytovala teplota 34,1 °C (medián 33,8 °C). Průměrná teplota vemene byla 33,9 °C ± 1,97 °C, kdy maximum bylo 38,5 °C a minimum 29,9 °C. I u této skupiny byla průměrná teplota oka z vybraných snímaných povrchových teplot nejvyšší a to 35,4 °C

s odchylkou o 1,3 °C. Nejčastěji byla zjištěna průměrná povrchová teplota oka 36,2 °C s maximem 39,7 °C a minimem 33,2 °C.



**Graf 5: Krabicové diagramy průměrných tělesných teplot u 2. skupiny (rok 2013)**

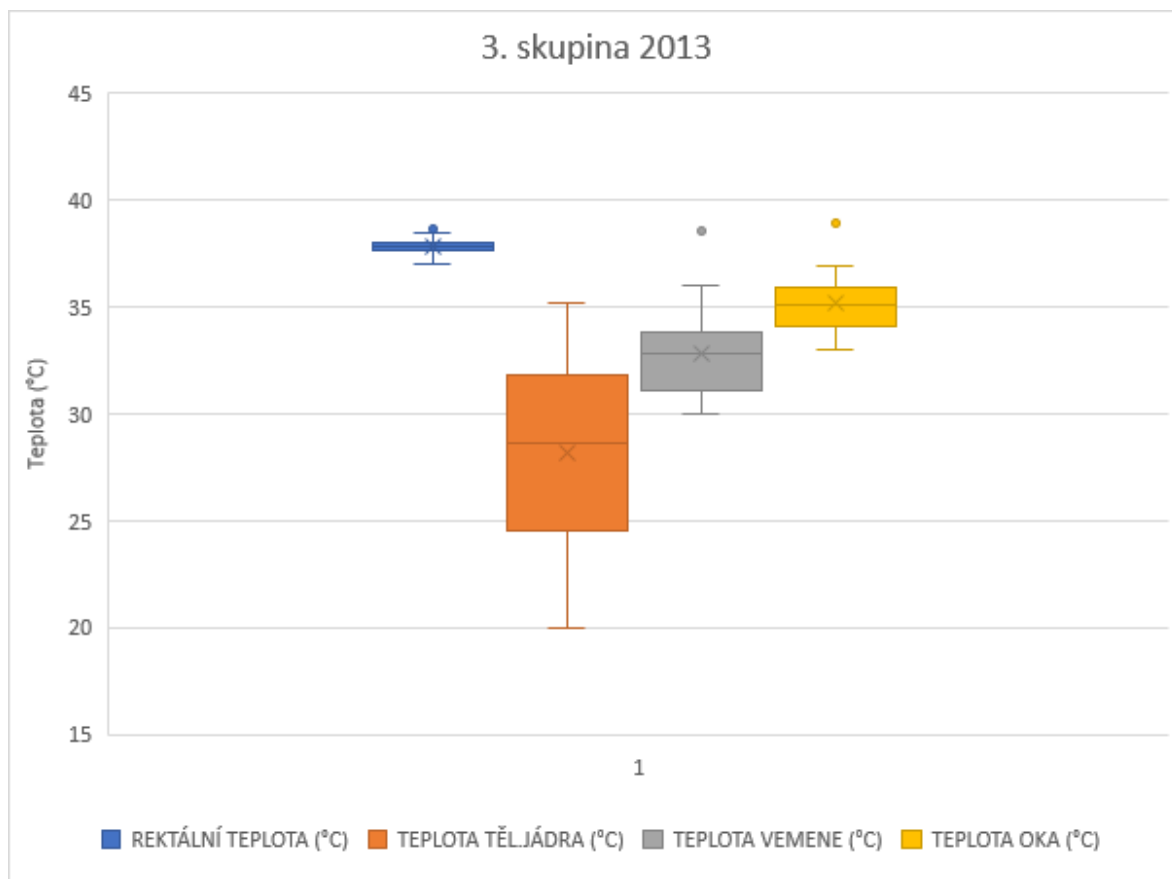
V roce 2014 (graf 6) byla u 2. skupiny krav změřena průměrná rektální teplota 37,7 °C se směrodatnou odchylkou o 0,3 °C. Nejčastěji byla naměřena rektální teplota 37,6 °C, kdy nejvyšší teplota byla 38,2 °C a nejnižší 37,1 °C. U průměrné povrchové teploty tělesného jádra ( $30,4 \text{ °C} \pm 2,3 \text{ °C}$ ) bylo maximum 34,7 °C a minimum 23,8 °C a nejčastěji byla snímána teplota 30,8 °C. Průměrná povrchová teplota vemene byla  $33,4 \text{ °C} \pm 1,5 \text{ °C}$  (medián 33,3 °C a modus 32,0 °C), kdy maximum bylo 36,2 °C a minimum 30,5 °C. Průměrná povrchová teplota oka byla na rozdíl od roku 2013 vyšší, a to 36,3 °C se směrodatnou odchylkou 0,8 °C. Nejvyšší naměřená povrchová teplota oka byla 37,9 °C a nejnižší 34,6 °C s nejčastějším výskytem teploty 37 °C (modus 36,5 °C).



**Graf 6: Boxové grafy s průměrnými tělesnými teplotami u 2. skupiny krav (rok 2014)**

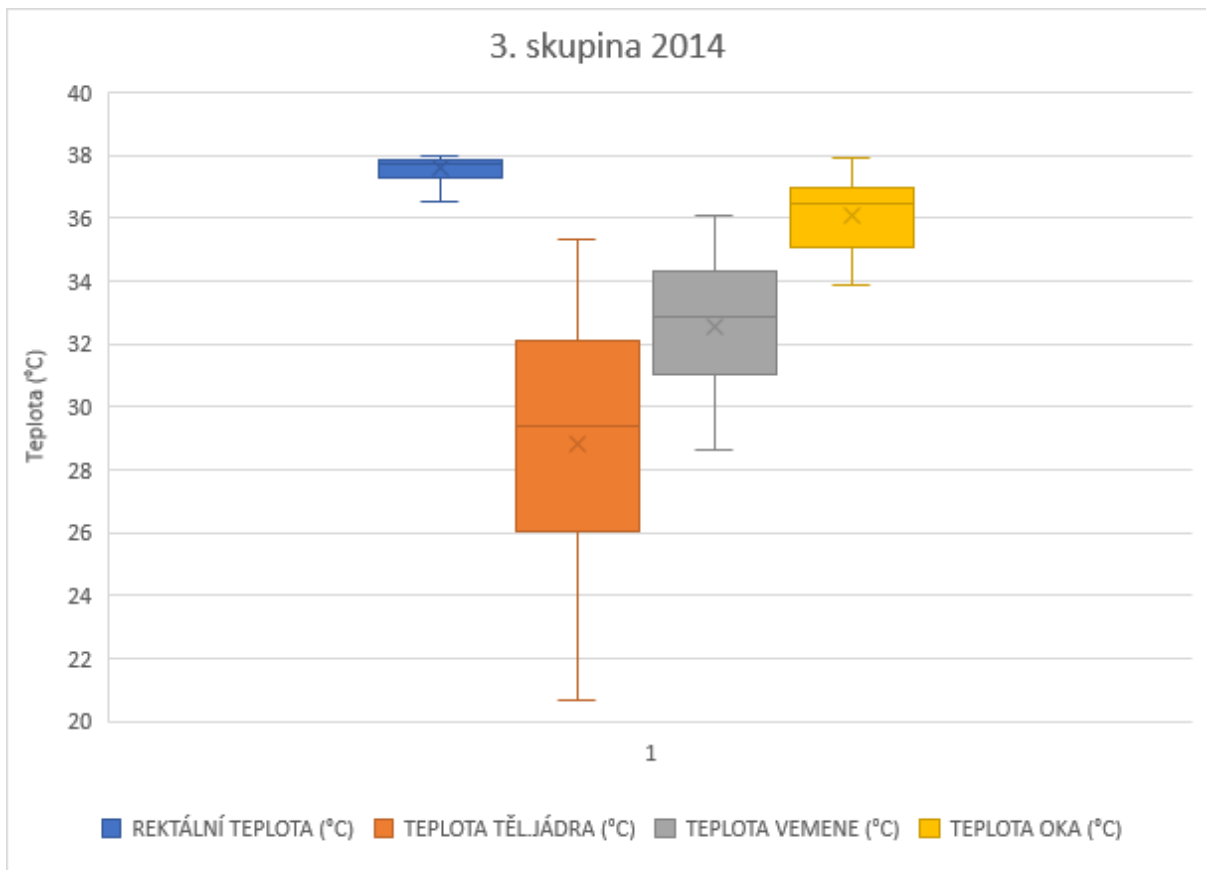
Graf č. 7 zobrazuje průměrné tělesné teploty, které byly snímány u 3. skupiny krav v roce 2013. Během tohoto snímání teplot byla průměrná rektální teplota u měřených krav ve 3. skupině 37,8 °C se směrodatnou odchylkou o 0,4 °C. Nejčastěji byla změřena rektální teplota 37,9 °C (medián 38,2 °C). I zde byla zjištěna variabilita rektální teploty, kdy nejvyšší rektální naměřená teplota byla 38,6 °C a nejnižší 37,0 °C. Průměrná povrchová teplota tělesného jádra u této skupiny byla 28,2 °C s odchylkou o 4,1 °C a s maximem 35,2 °C a minimem 20,0 °C (medián 28,7 °C, modus 25,5 °C). U povrchových teplot vemene se nejčastěji vyskytovala teplota 33,2 °C (medián 32,8 °C). Průměrná teplota této části byla 32,8 °C ± 2,0 °C s maximem 38,5 °C a minimem 32,8 °C. Také zde byla průměrná teplota oka z vybraných snímaných povrchových teplot nejvyšší a to 35,1 °C s odchylkou o 1,3 °C. Nejčastěji byla zjištěna průměrná povrchová teplota oka 33,6 °C s maximem 38,9 °C a minimem 33,0 °C.





**Graf 7: Porovnání průměrných tělesných teplot u 3. skupiny (rok 2013)**

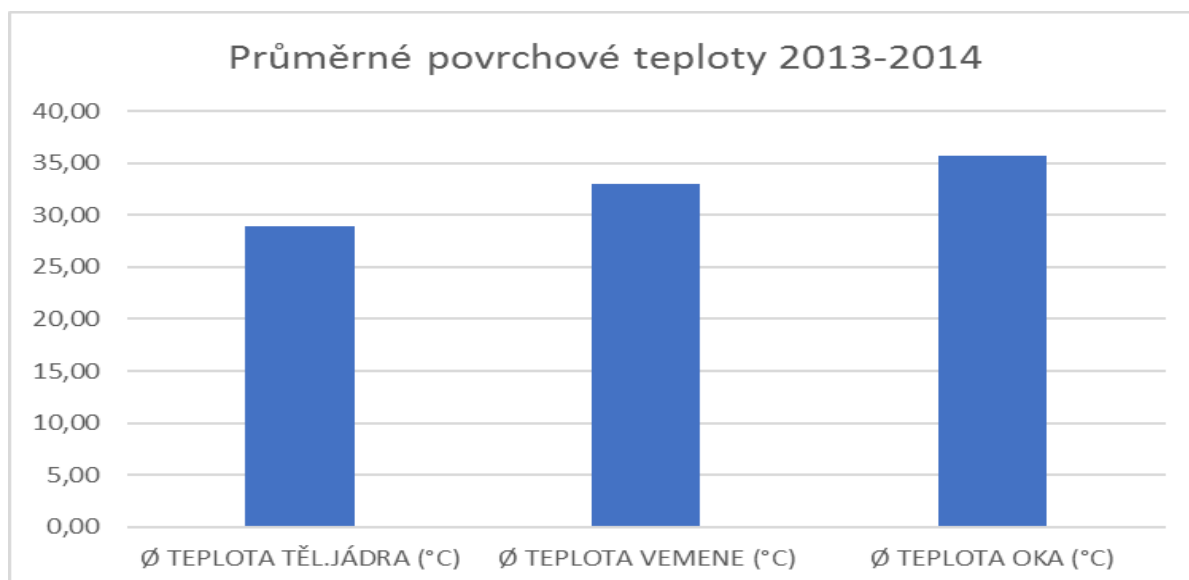
V grafu č. 8 jsou znázorněny boxové diagramy průměrných tělesných teplot u 3. skupiny krav z měření v roce 2014. Průměrná rektální teplota u vybraných měřených krav ve 3. skupině byla 37,6 °C se směrodatnou odchylkou o 0,4 °C. Nejčastěji byla změřena rektální teplota 37,8 °C. Nejvyšší rektální naměřená teplota byla 38,0 °C a nejnižší 36,5 °C. Průměrná povrchová teplota tělesného jádra u této skupiny byla 28,8 °C s odchylkou o 4,0 °C a s maximem 35,3 °C a minimem 21,0 °C (medián 29,4 °C, modus 25,3 °C). U povrchových teplot vemene se nejčastěji vyskytovala teplota 31 °C (medián 32,8 °C). Průměrná teplota této části byla 32,5 °C ± 2,0 °C s maximem 36,1 °C a minimem 28,6 °C. Průměrná teplota oka byla 36,0 °C s odchylkou o 1,1 °C. Nejčastěji byla zjištěna průměrná povrchová teplota oka 36,6 °C s maximem 37,9 °C a minimem 33,9 °C.



**Graf 8: Porovnání průměrných tělesných teplot u 3. skupiny (rok 2014)**

Výsledné průměrné povrchové teploty vybraných snímaných částí těla dojnic (tělesné jádro, vemeno, oko) z celého sledovacího období (2013-2014) jsou zobrazeny v grafu č. 9. Průměrné povrchové teploty tělesného jádra byly vyhodnoceny jako nejnižší ( $\bar{x}$  28,9 °C). Tato část těla je nejvíce ovlivňována vnějšími vlivy, jako je světlo, proudění a teplota vzduchu. Také vlastnosti jako je struktura, zbarvení a znečištění srsti zde hrají velmi důležitou roli. V neposlední řadě záleží i na správném nastavení termokamery, vzdálenosti snímaného objektu a emisivitě (intenzitě vyzařování). Jako druhé nejnižší hodnoty byly zaznamenány průměrné teploty vemene ( $\bar{x}$  33,0 °C), kdy i u této části těla záleží na vnějších vlivech (teplota a proudění vzduchu, světlo apod.), na stavbě a struktuře vemene (zejména osrstění a znečištění) a na technických možnostech termokamery. Obecně se uvádí, že nejvyšší teplota bývá naměřena v oku, což potvrdily i výsledky tohoto měření ( $\bar{x}$  35,7 °C). Také ve studii Poikalainena et al. (2012) bylo zjištěno, že vemeno a oči krav jsou oblasti s nejvyšší teplotou. IR teplota distální části nohou byla poměrně nízká a byla ovlivněna vnější teplotou okolí. Nehasilová (2011) tvrdí, že díky měření oka je možné stanovit, zda je zvíře stresované nebo není. Mezi skupinami byly nejvyšší hodnoty jednotlivých částí naměřeny u 2. skupiny dojnic a jalovic, kde se nacházela zvířata přibližně ve 4. až 5. měsíci po otelení. V průběhu roku se

nejvyšší hodnoty povrchových teplot vyskytovaly v období jara a léta. Snímané teploty v tomto období byly ovšem velmi ovlivněné mikroklimatickými podmínkami ve stáji (větrací zařízení, zkrápění).



**Graf 9: Průměrné povrchové teploty za sledovací období 2013-2014**

Pro vyjádření závislosti mezi jednotlivými parametry vybraných povrchových teplot byla použita korelační analýza. V tabulce č. 3 je zaznamenána vzájemná závislost mezi dvěma veličinami. Pokud se jedna z nich mění, mění se i korelativně druhá a naopak. V tomto případě se jedná o koreaci jednotlivých vybraných sledovaných teplot u jednotlivých skupin za celkové období pokusu. Úzké korelační vztahy byly zvýrazněny. Mezi všemi sledovanými hodnotami povrchových teplot byla zjištěna kladná hodnota stupně statistické závislosti.

Nejméně mezi sebou korelovala rektální teplota a povrchová teplota oka (0,156). Naopak vysoký stupeň korelační závislosti byl zjištěn mezi povrchovou teplotou tělesného jádra a povrchovou teplotou vemene, a to zejména u 3. skupiny (0,831) a 2. skupiny (0,821). Významný byl i vztah mezi povrchovou teplotou vemene a povrchovou teplotou oka u 3. (0,821) a 2. skupiny (0,764).

Ng et al. (2006) a také Church et al. (2014) zjistili, že IRT teploty lakrimální caruncle oblasti oka mohou korelovat s tělesnou teplotou, a v podstatě slouží jako ukazatel tělesné teploty. Mezi teplotou oka a teplotou tělesného jádra byl zaznamenán střední stupeň korelační závislosti (0,658) a to u 1. skupiny krav. Střední stupeň korelační závislosti byl dále mezi teplotou rektální a teplotou tělesného jádra u 2. skupiny (0,621) a u 3. skupiny (0,677).

Mírný stupeň korelační závislosti vyšel např. u 1. skupiny mezi teplotou vemene a teplotou rektální (0,440). Nejnižší stupeň korelace se vyskytl mezi teplotou rektální a povrchovou teplotou oka (0,156).

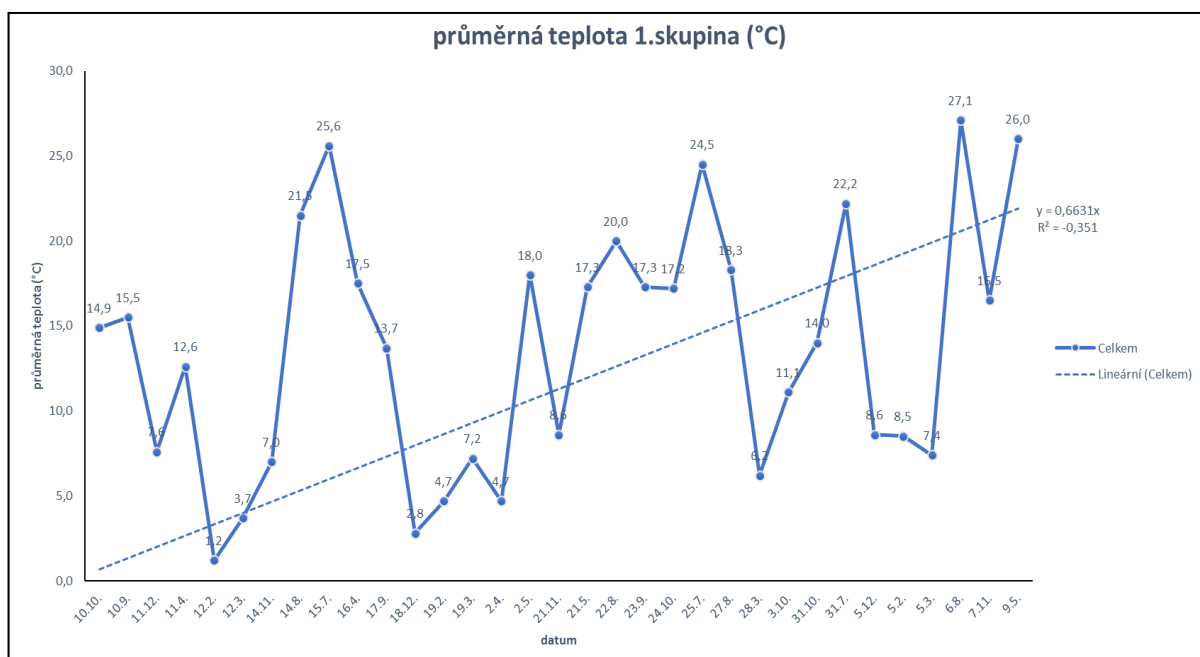
		REKTÁLNÍ TEPLOTA (°C)	TEPLOTA T. JÁDRA (°C)	TEPLOTA VEMENE (°C)	TEPLOTA OKA (°C)
skupina 1	REKTÁLNÍ TEPLOTA (°C)	1	0,541	0,440	0,311
	TEPLOTA TĚL. JÁDRA (°C)	0,541	1	<b>0,715</b>	0,658
	TEPLOTA VEMENE (°C)	0,440	<b>0,715</b>	1	<b>0,764</b>
	TEPLOTA OKA (°C)	0,311	0,658	<b>0,764</b>	1
skupina 2	REKTÁLNÍ TEPLOTA (°C)	1	0,621	0,495	0,156
	TEPLOTA TĚL. JÁDRA (°C)	0,621	1	<b>0,797</b>	<b>0,721</b>
	TEPLOTA VEMENE (°C)	0,495	<b>0,797</b>	1	0,669
	TEPLOTA OKA (°C)	0,156	<b>0,721</b>	0,669	1
skupina 3	REKTÁLNÍ TEPLOTA (°C)	1	0,677	0,647	0,512
	TEPLOTA TĚL. JÁDRA (°C)	0,677	1	<b>0,831</b>	0,791
	TEPLOTA VEMENE (°C)	0,647	<b>0,831</b>	1	<b>0,821</b>
	TEPLOTA OKA (°C)	0,512	0,791	<b>0,821</b>	1

Tabulka 7: Korelační analýza jednotlivých skupin a vybraných měřených teplot

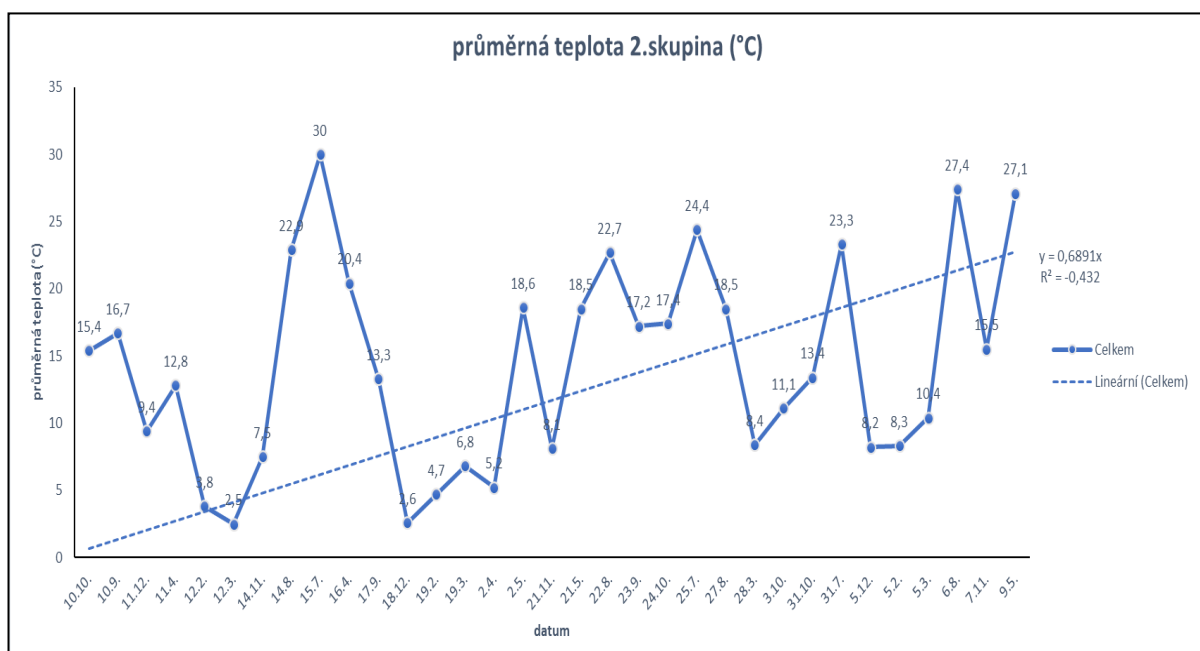
### 5. 1. 3 Mikroklimatické podmínky

#### 5. 1. 3. 1 Teplota prostředí

Hodnoty teploty vzduchu v průběhu roku kolísaly, a to zejména během zimního období, kdy byla naměřená teplota vzduchu nejnižší, a naopak v průběhu léta se teplota vzduchu zvyšovala. Lineární průběh průměrných teplot prostředí ve stáji, kde se nacházela 1. a 2. skupina měřených krav je zobrazen v grafech 10. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v letních měsících (max 30,0 °C) a naopak v zimních měsících byla teplota nejnižší (1,2 °C).

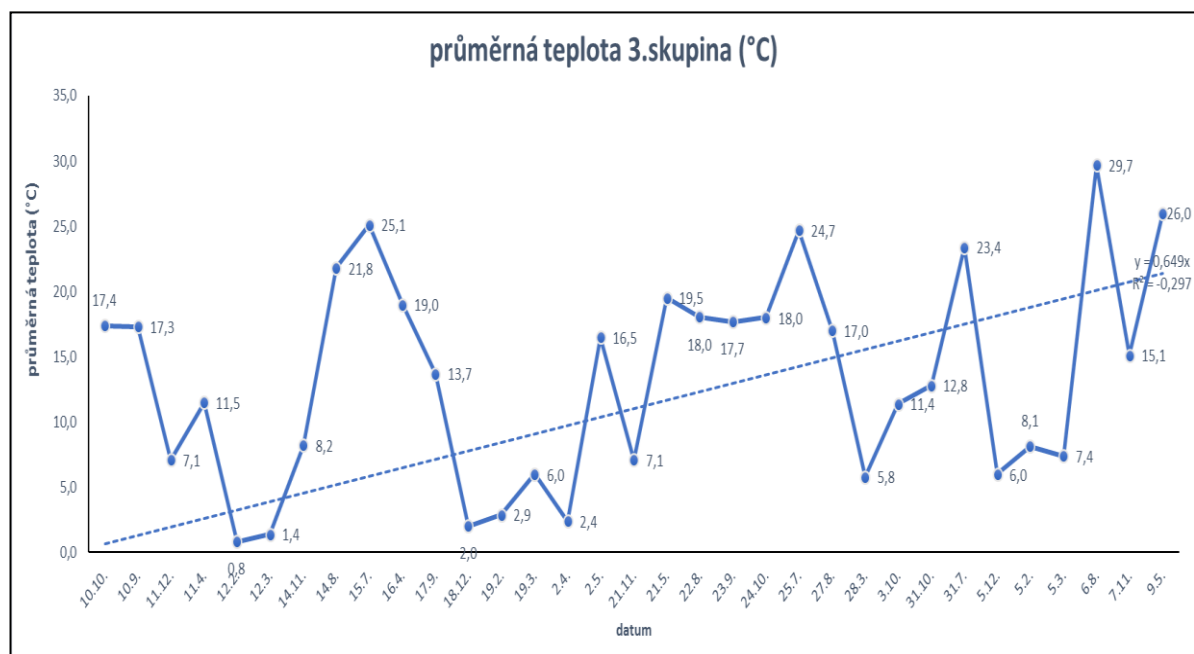


**Graf 10: Lineární průběh průměrných teplot vzduchu, naměřených u 1. skupiny**



**Graf 11: Lineární průběh průměrných teplot vzduchu, naměřených u 2. skupiny**

Ve stáji s výrazně odlišnými mikroklimatickými podmínkami byla ustájena 3. skupina změřených zvířat. V grafu č. 12 je zaznamenán lineární průběh průměrné teploty vzduchu, kdy nejnižší teplota byla naměřena v únoru (0, 8 °C) a nejvyšší v srpnu (29, 7 °C).

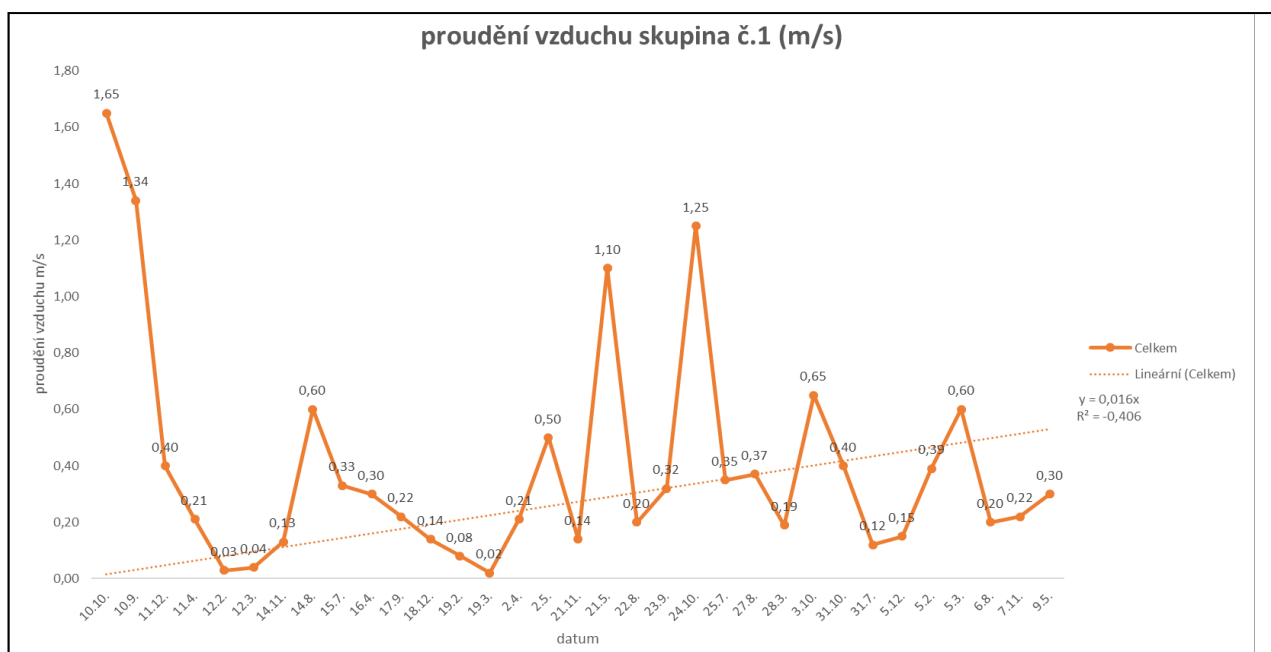


**Graf 12: Lineární průběh průměrných teplot vzduchu, naměřených u 3. skupiny**

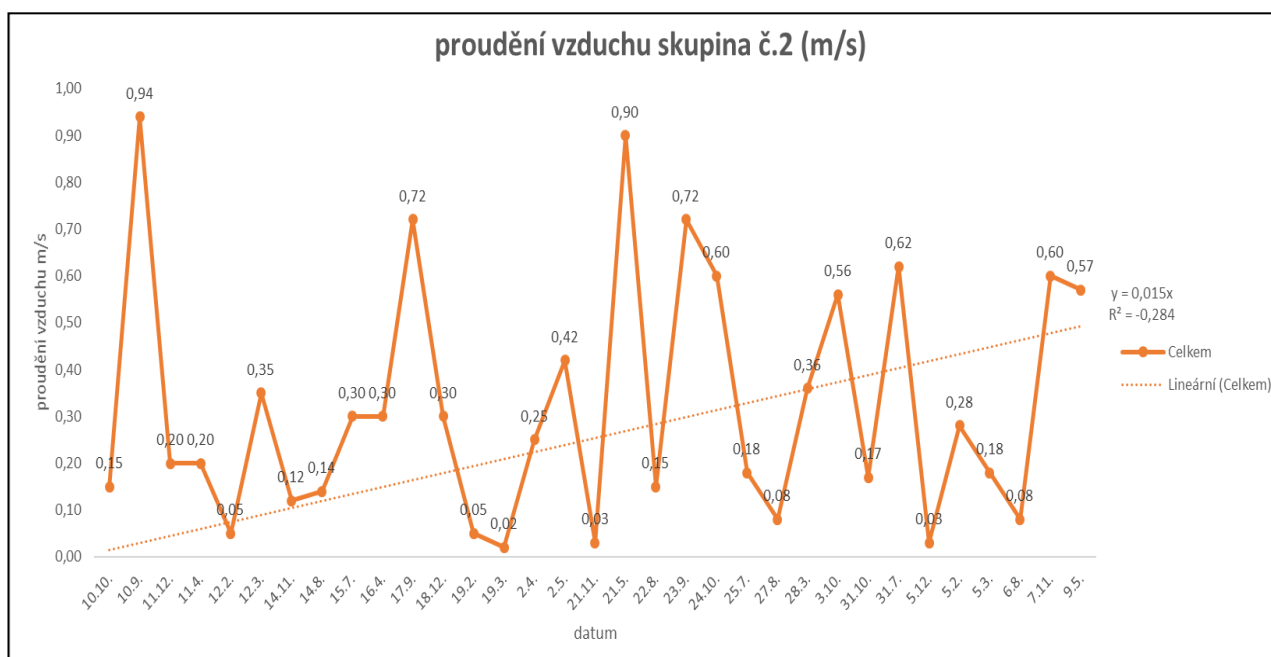
Dle Klabzuby (2002) je optimální teplotní rozmezí pro dojnice ve volném ustájení od 4 do 10 °C. Tyto údaje se ovšem liší např. od Roenfalda (1998), který jako vhodnou teplotu prostředí pro dobytek uvádí rozmezí mezi 5 °C až 25 °C a Jacobsen (1998) dokonce uvádí optimální hodnotu teploty prostředí pro dojnice 16 °C až 25 °C. Tato rozmezí byla v případě této práce splněna v jarních a podzimních měsících. V letním období teploty stoupaly nad 25 °C a v zimě klesaly pod minimum 2 °C, které ve své práci uvádí Klabzuba (2002). Dle Zejdové (2014) je již 20 °C považováno za hraniční teplotu, kdy hrozí vznik tepelného stresu. Co se týče vlivu vysokých teplot na welfare dojnic, dle Dolejše (1995) v intervalu 16 až 21 °C nedochází k podstatným změnám v užitkovosti, chování zvířat a kvalitě jejich produktů. Stejně tak i Vokřálová a Novák (2005) uvádějí, že termoneutrální zóna pro dojnice je uváděna v rozmezí -5 až +24 °C, přičemž u vysokoužitkových dojnic se horní hranice posunula na 21°C. Zvýšená tepelná zátěž vyvolává behaviorální a fyziologické odpovědi zahrnující zvýšení tělesné teploty a respirace redukcí aktivity, příjmu potravy a produkce mléka.

### 5. 1. 3. 2 Rychlost proudění vzduchu

V grafech č. 13 a14 je zobrazen průběh rychlosti proudění vzduchu v první stáji, tedy u skupin 1 a 2. Nejvyšší rychlost proudění vzduchu byla naměřena v měsíci říjen a to 1,65 m/s u 1. skupiny. Naopak nejnižší rychlost proudění vzduchu byla zaznamenána v březnu (0,02 m/s) u obou skupin ve stejné stáji.

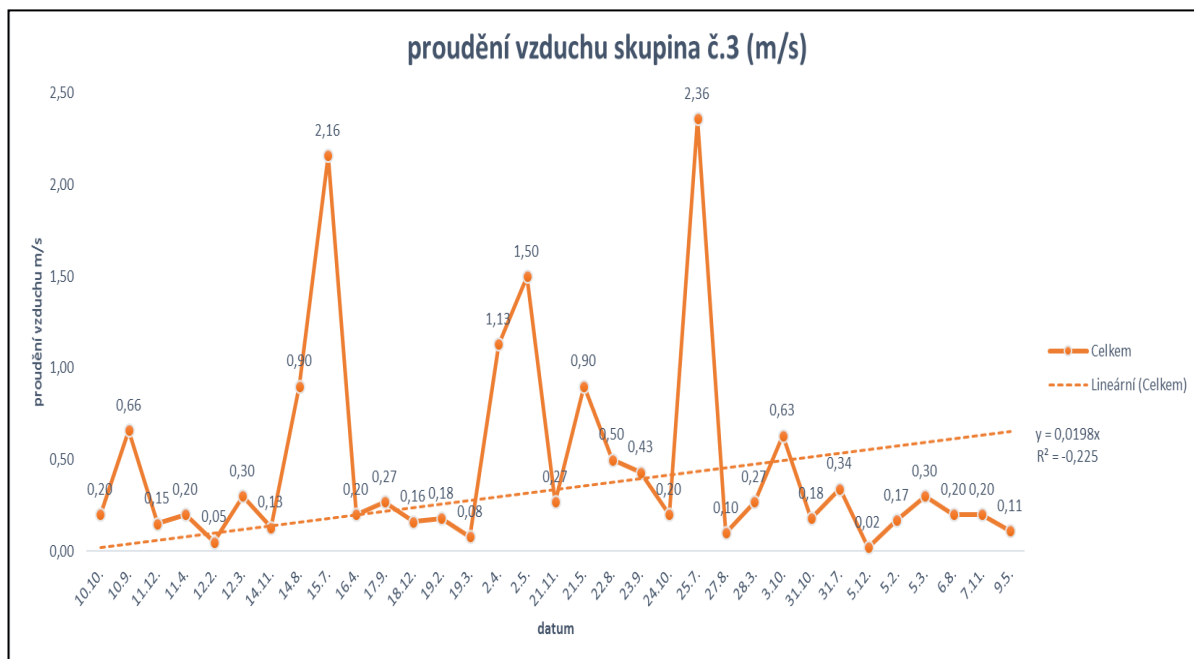


Graf 13: Lineární průběh průměrné rychlosti proudění vzduchu, naměřené u 1. Skupiny



Graf 14: Lineární průběh průměrné rychlosti proudění vzduchu, naměřené u 2. skupiny

Průběh rychlosti proudění vzduchu u 3. skupiny dojníc je zaznamenán v grafu č. 15. U této skupiny byla nejvyšší naměřená rychlost proudění vzduchu 2,36 m/s (červenec) a nejnižší 0,02 m/s (prosinec).



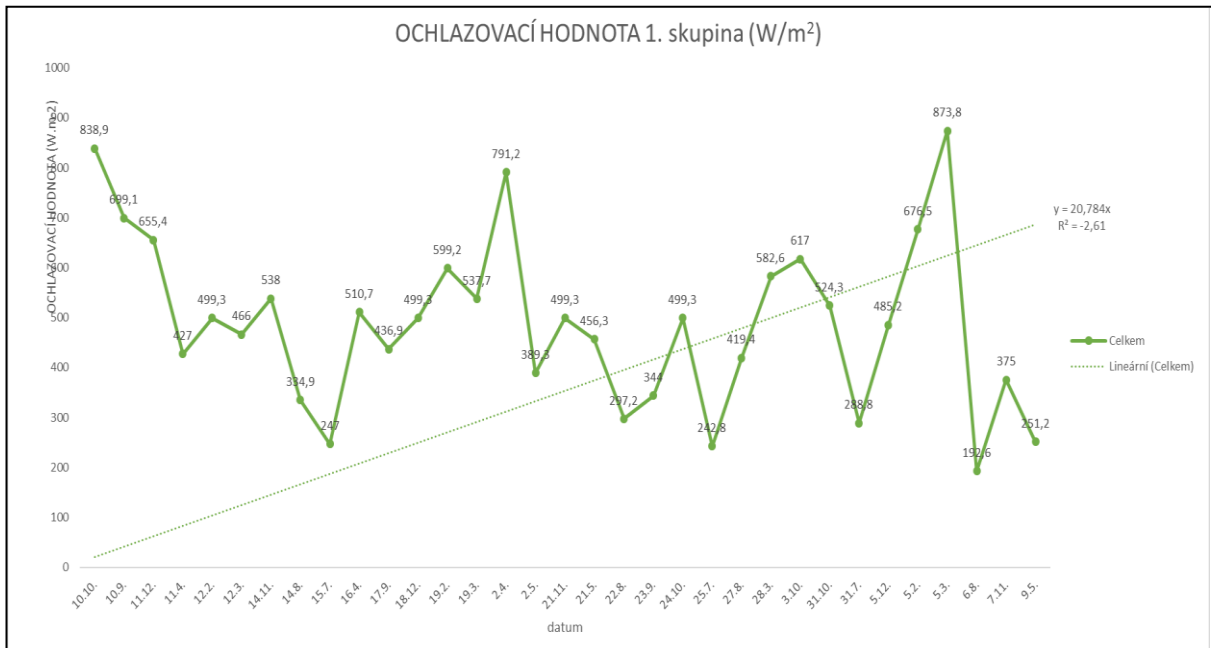
**Graf 15: Lineární průběh průměrné rychlosti proudění vzduchu, naměřené u 3. Skupiny**

Při vyhodnocování naměřených hodnot rychlosti proudění vzduchu byly nejvýraznější výkyvy zjištěny u 1. a 3. skupiny, které byly umístěny v prostoru blízko vrat a hodnoty proudění zde byly i nejvyšší. Dle Gebremedhina et al. (2003) v těchto místech vznikají složité a nerovnoměrné poměry proudění vzduchu. Naopak uprostřed stáje byla umístěna 2. skupina sledovaných dojníc a v těchto místech již rychlost proudění vzduchu nebyla tak ovlivněna prouděním vzduchu z venku. Rychlost proudění vzduchu ve stáji mezi 0,1-0,3 m/s uvádí Šoch (2005) jako optimální.

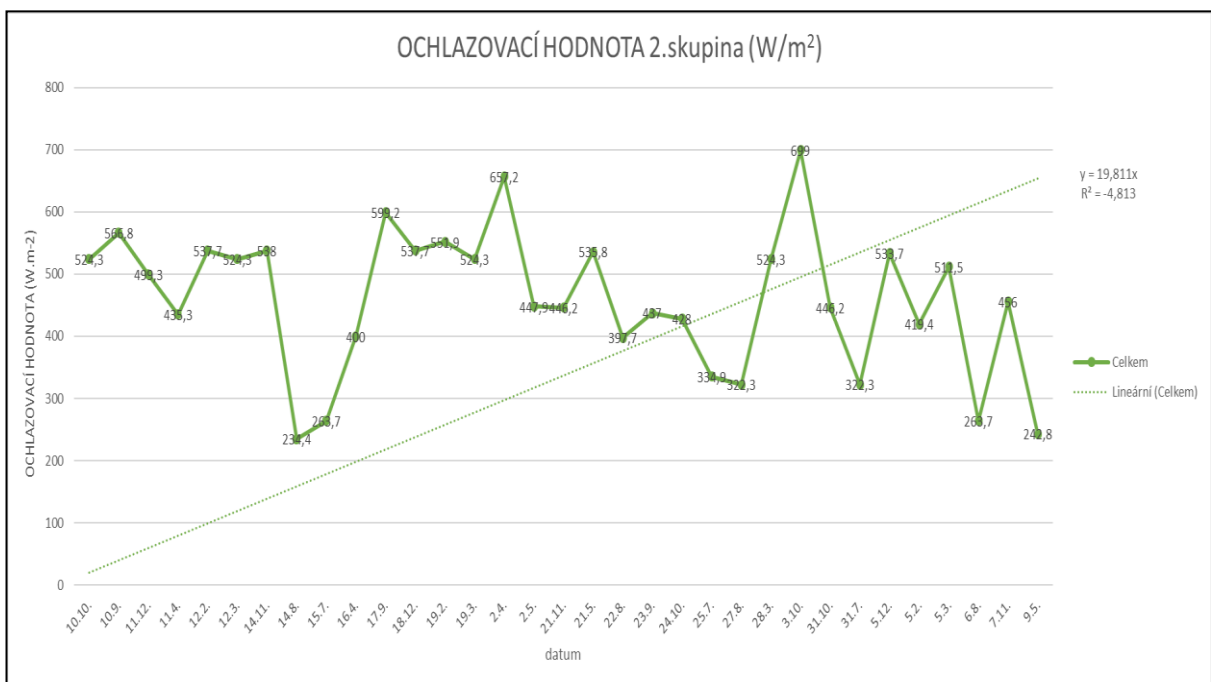
### 5. 1. 3. 3 Ochlazovací hodnota prostředí

V grafech č. 16 a 17 je zaznamenán průběh ochlazovací hodnoty prostředí u 1. a 2. skupiny. Nejvyšší ochlazovací hodnota vzduchu byla zjištěna v březnu u 1. skupiny, a to 873, 8 W/m<sup>2</sup> a nejnižší byla naměřena v srpnu u téže skupiny, a to 192,6 W/m<sup>2</sup>.



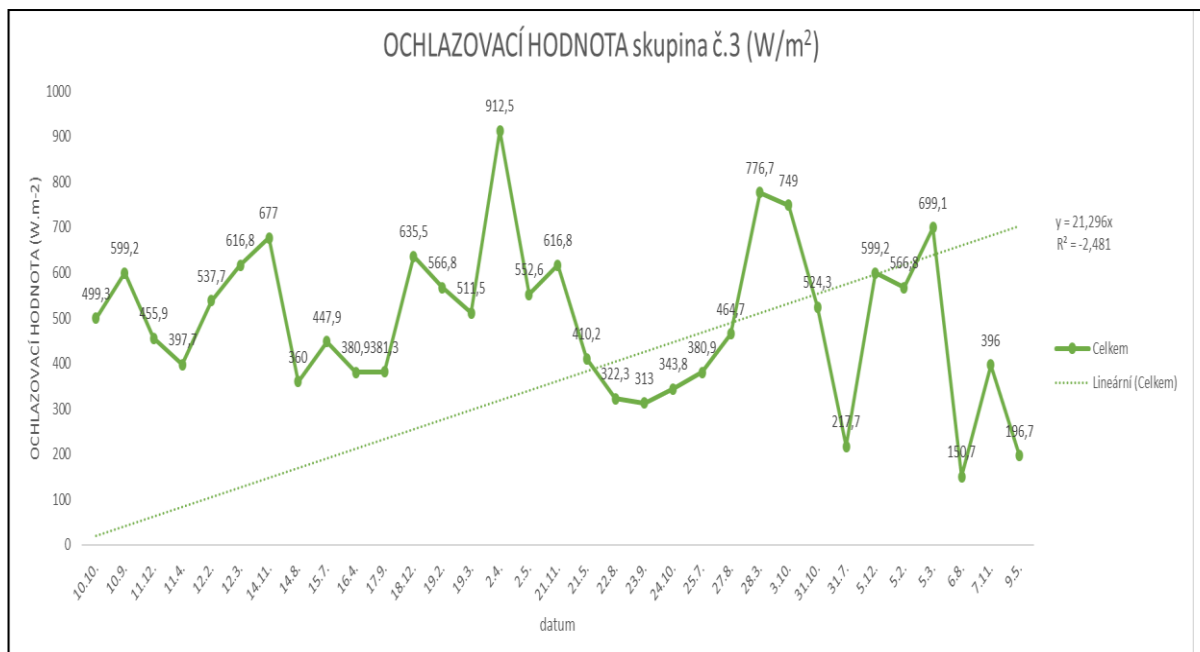


**Graf 16: Lineární průběh průměrných ochlazovacích hodnot vzduchu, naměřených u 1. skupiny**



**Graf 17: Lineární průběh průměrných ochlazovacích hodnot vzduchu, naměřených u 2. skupiny**

Graf č. 18 zobrazuje průběh ochlazovací hodnoty vzduchu u 3. skupiny sledovaných zvířat. Nejvyšší hodnota byla naměřena 912,5 W/m<sup>2</sup> v měsíci duben a nejnižší 150,7 W/m<sup>2</sup> v měsíci srpen. Jednalo se tedy o nejvyšší i nejnižší naměřené hodnoty mezi všemi skupinami.



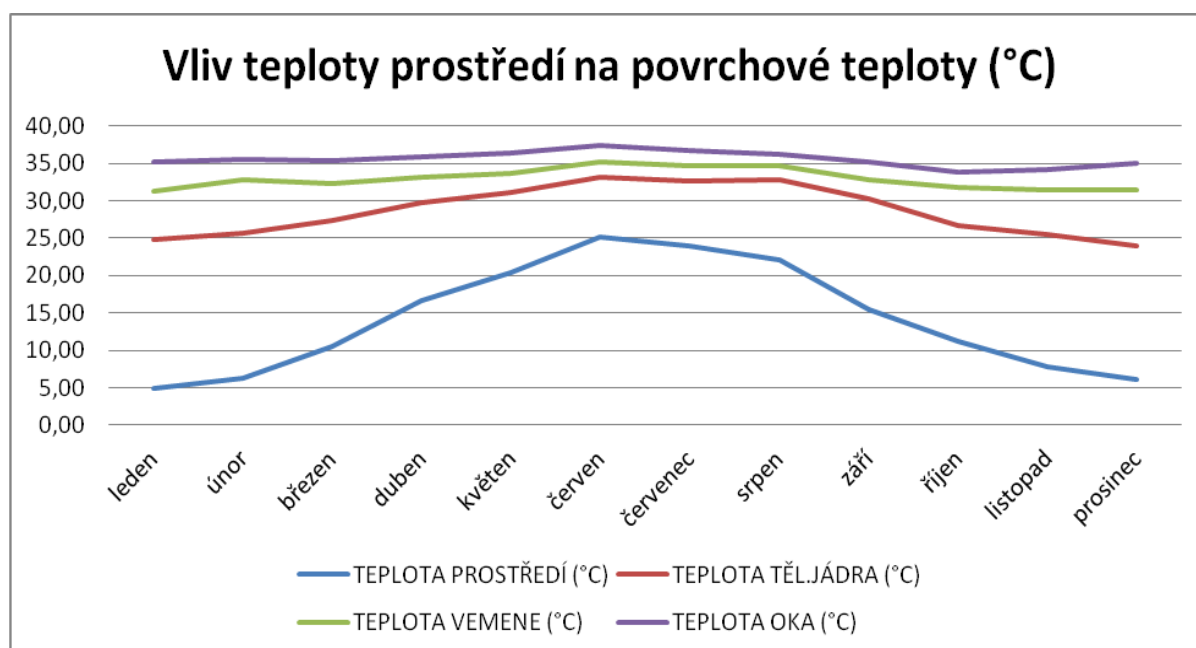
**Graf 18** Lineární průběh průměrných ochlazovacích hodnot vzduchu, naměřených u 3. skupiny

Dle Šocha (2005) hodnoty nižší než 170 W/m<sup>2</sup> znamenají pro zvířata pocit tepla až dusna a hodnoty vyšší než 500 W/m<sup>2</sup> značí pocity chladu až zimy. Dle Sokola et al. (1989) a Šocha (2005) vysoká ochlazovací hodnota prostředí negativně ovlivňuje mléčnou užitkovost, což se z grafů č. 19 a 20 nepotvrdilo. Mléčná užitkovost se v průběhu sledování měnila, kdy v zimních měsících byly hodnoty nižší a v letních měsících naopak vyšší. Toto tvrzení je v rozporu s některými autory, kteří uvádějí, že při vysoké teplotě vzduchu klesá mléčná produkce dojníc (West, 1994; Settar et al., 1999; Kadzere et al., 2002; Uzal et al., 2008; Ghorbani et al., 2009; Havlík, 2011).

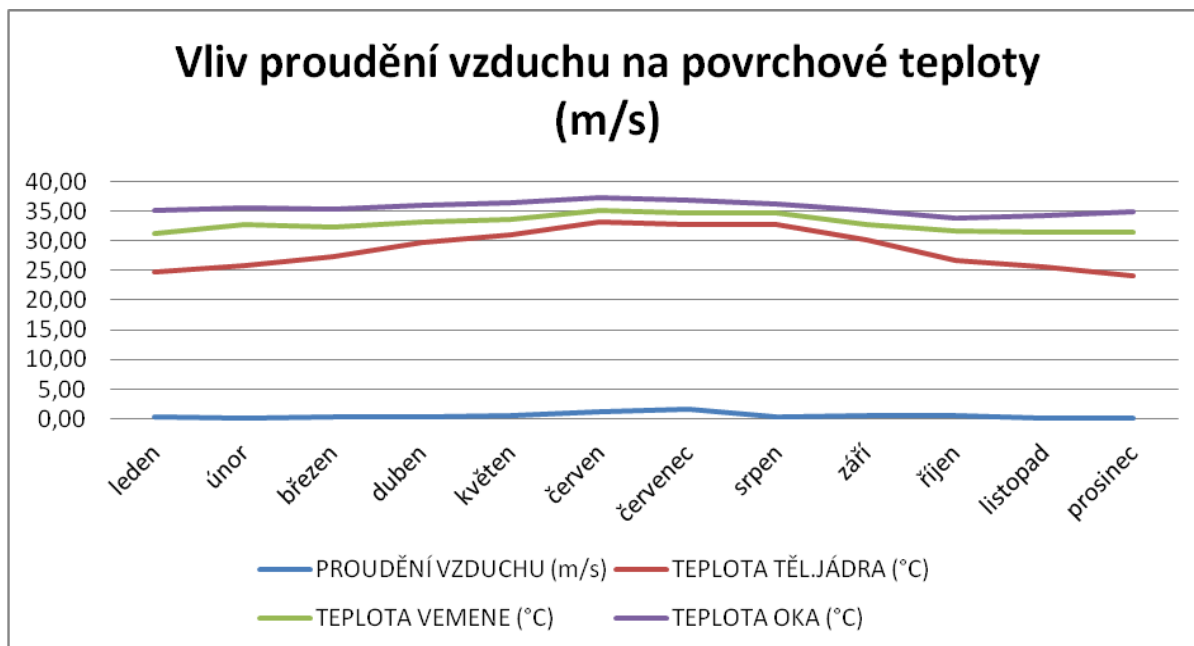


#### 5. 1. 3. 4 Vlivy mikroklimatických podmínek na povrchové teploty

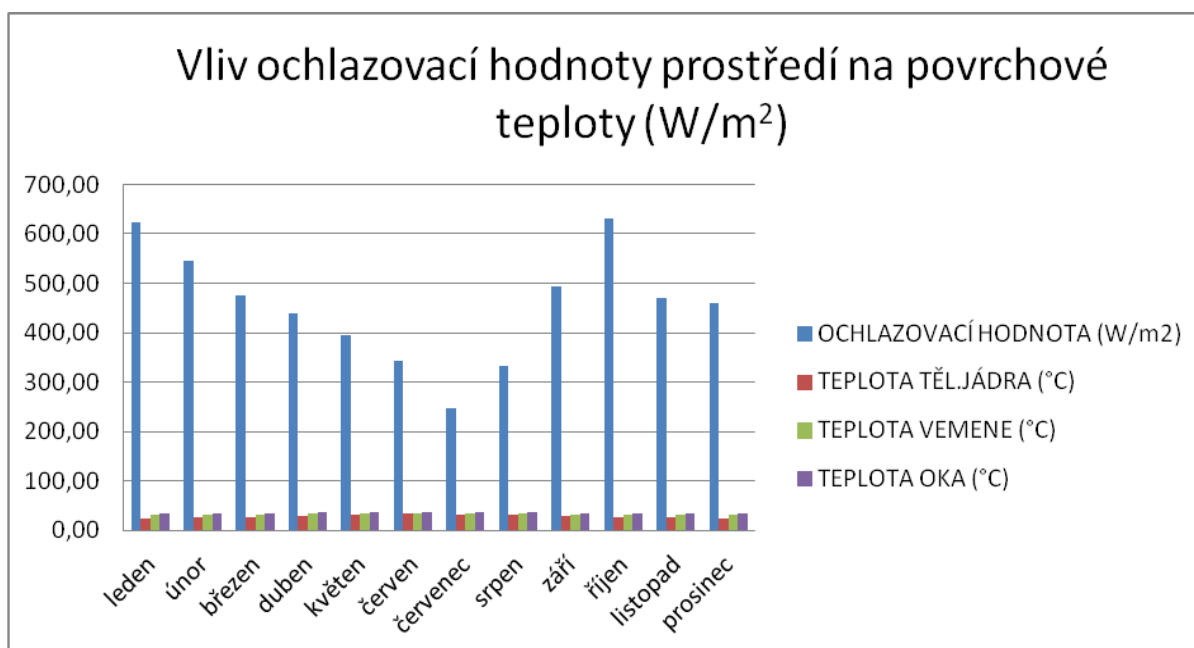
V grafech č. 21, 22, 23 jsou zobrazeny vlivy jednotlivých měřených mikroklimatických podmínek prostředí (teplota vzduchu, proudění vzduchu a ochlazovací hodnota prostředí) na jednotlivé části těla zvířat, ze kterých byly snímány povrchové teploty. I přes vzrůstající okolní teploty v letním období nedocházelo k výrazným výkyvům povrchových teplot tělesného jádra, vemene a oka. Povrchové teploty jsou nejvíce ovlivňovány vnějšími vlivy, jako je světlo, proudění a teplota vzduchu. Při snímání povrchové teploty termokamerou mohou u jednotlivých zvířat působit rozdílné faktory jako je např. charakter osrstění či stupeň osvalení, struktura, zbarvení či znečištění srsti, což může výrazně ovlivnit výsledky měření. Nastavení termokamery a intenzita vyzařování (emisivita) zde proto hrají významnou roli (Švejdová et al., 2013 a). Důležité je brát v úvahu i prostředí, kde se zvířata při měření vyskytují (Švejdová et al., 2015).



Graf 21: Vliv teploty prostředí na povrchové teploty jednotlivých snímaných částí těla zvířat



**Graf 22: Vliv proudění vzduchu prostředí na povrchové teploty jednotlivých snímaných částí těla zvířat**



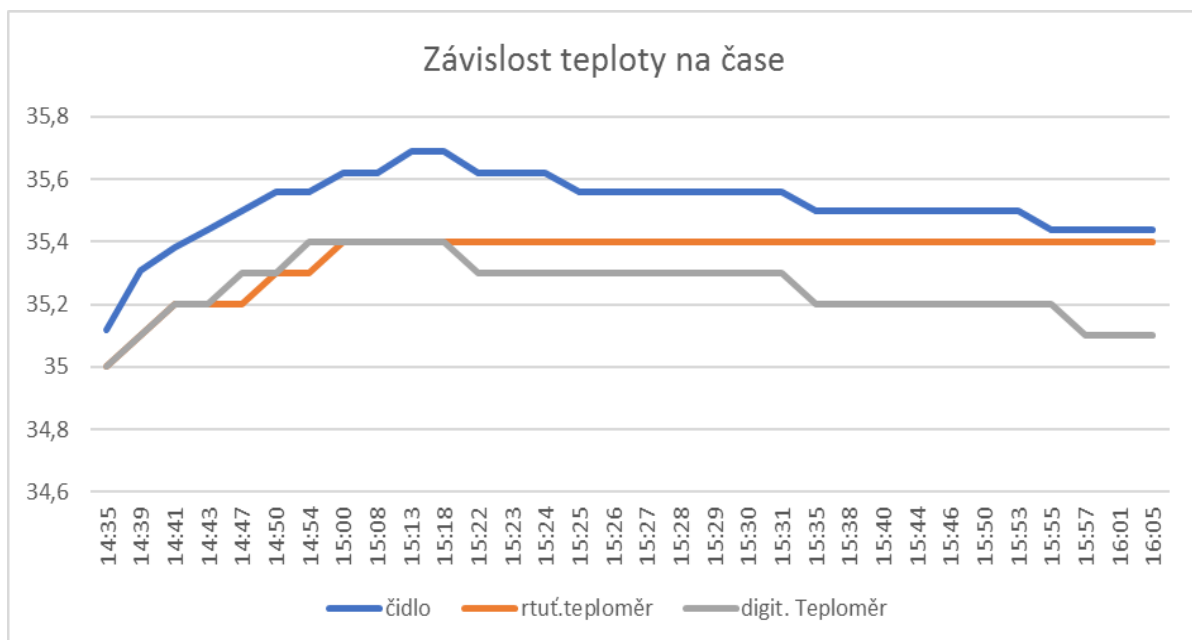
**Graf 23: Vliv ochlazovací hodnoty prostředí na povrchové teploty jednotlivých snímaných částí těla zvířat**

## 5. 2 Snímání teplot pomocí termočidla

Termočidlo bylo opatřeno senzorem biologických funkcí, který sledoval tělesnou teplotu zvířete. Zařízení bylo uzpůsobeno pro odeslání informací pro identifikaci zvířete a informací o tělesné teplotě zvířete pomocí bezdrátového spojení se čtečkou čipů. Touto čtečkou bylo v průběhu měření manipulováno ručně okolo oblasti kořene ocasu. Zároveň byla změřena rektální teplota a byly snímány povrchové teploty těla zvířat pomocí termovizní kamery, lékařského bezkontaktního teploměru a infračerveného teploměru.

### 5. 2. 1 Kalibrační křivka

V grafu č. 24 je setavena kalibrační křivka, která zobrazuje závislost přístrojem naměřené teploty na čase. Jako referenční teploměr byl zvolen klasický rtuťový teploměr, jelikož tyto teploměry mají garantovanou přesnost po celou dobu jejich životnosti (Vaněk, 2015). Tento teploměr se během kalibrace ustálil na hodnotě 35,4 °C. Digitální teploměr se odchyloval nejvýše o 0,3 °C a teplotní čidlo se oproti rtuťovému teploměru odchylovalo nejvýše o 0,29 °C a bylo tedy nejbližší k hodnotám rtuťového teploměru. Z analýz Pance et al. (2012) vyplývá, že od takto realizovaného řešení zpravidla nelze očekávat přesnost vyšší než  $\pm 0,2$  °C.

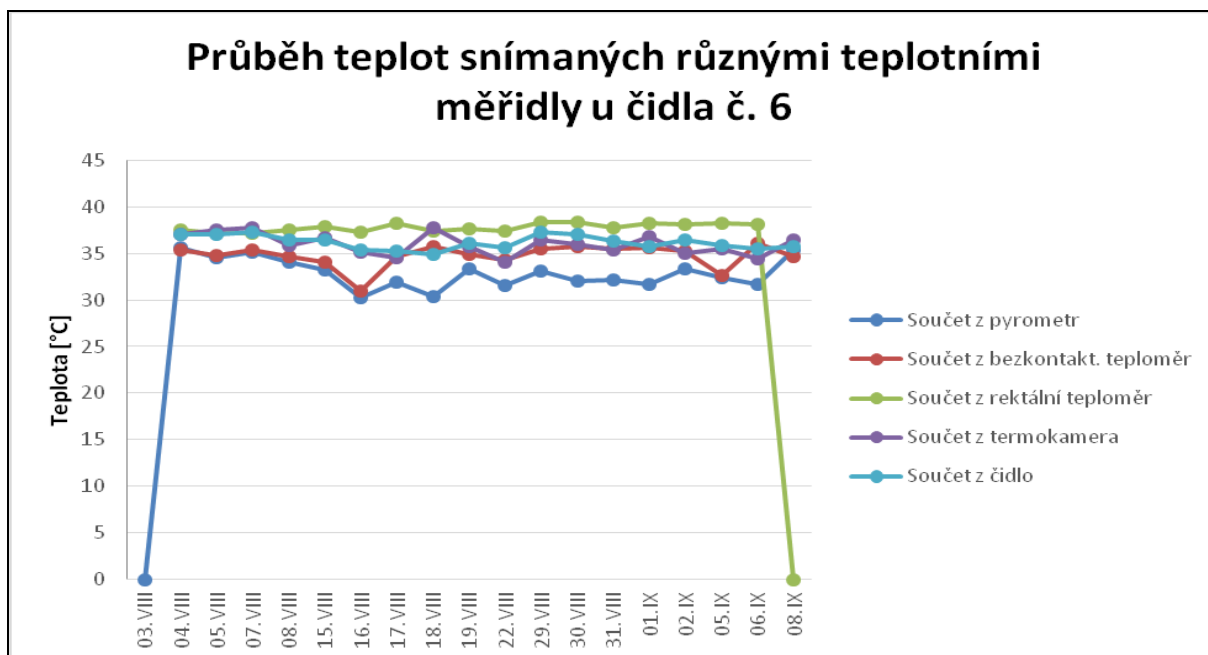


Graf 24: Závislost přístrojem naměřené teploty na čase

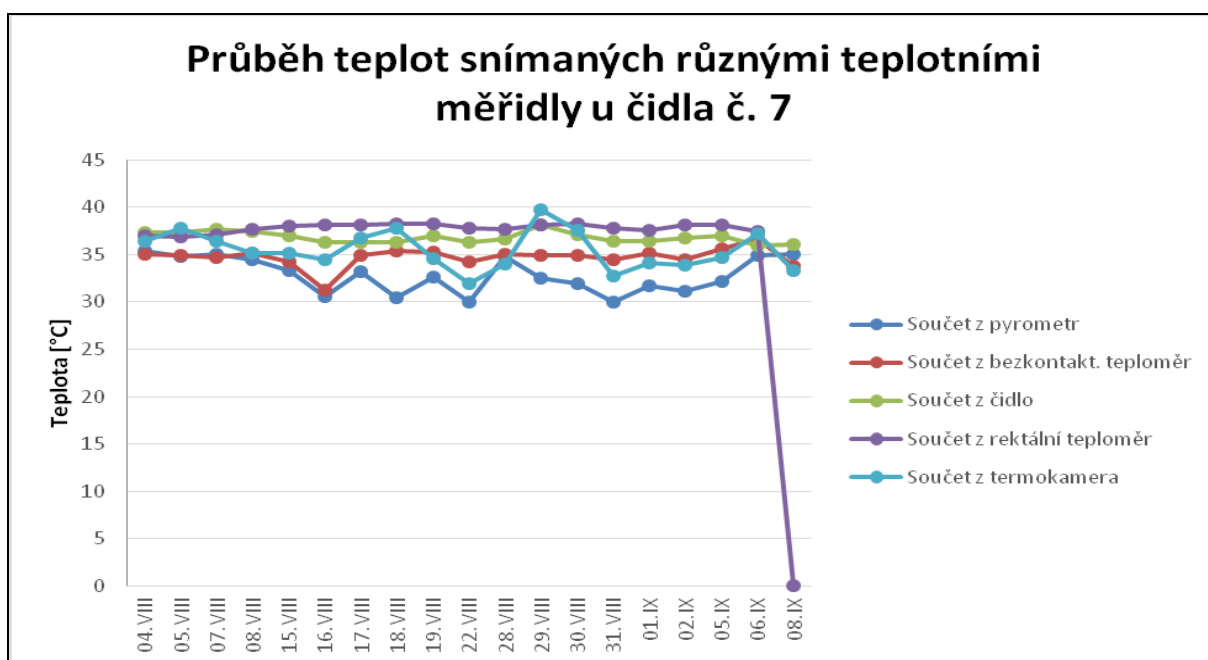
### 5. 2. 1 Termočidla

Grafy č. 25 a 26 zobrazují průběhy teplot, které byly získány pomocí různých typů teplotních měřidel (pyrometr, bezkontaktní infračervený teploměr, rektální teploměr, termokamera a teplotní čidlo) u obou zvířat. Jako referenční teploměr byl v tomto případě brán digitální teploměr rektální, který je dle práce Vaňka (2015) brán jako akceptovatelná alternativa k tradičním skleněným teploměrům, které jsou podstatně méně odolné vůči pádům a nevhodnému zacházení. Rektální teplota se také používá jako ukazatel tělesné teploty při studiu termoregulace (Amaral et al., 2009) a jako diagnostický postup (Naylor et al., 2012).

V obou případech se nejbližší k teplotám naměřeným rektálním teploměrem blížily hodnoty teploty získané pomocí termokamery a teplotního čidla. Rektální teplota se pohybovala okolo 37-38 °C  $\pm$ 0,2 °C. Hodnoty naměřené teplotním čidlem se od teploty rektální lišili max o -2,6 °C a hodnoty snímané termokamerou se pohybovaly nejnižší o -3,7 °C. Největší rozdíly v naměřených hodnotách povrchové teploty od teploty rektální byly zjištěny u hodnot teplot změřených pomocí pyrometru a bezkontaktního teploměru. Zde byl rozdíl i až o 7,8 °C v případě pyrometru. I v případě těchto bezkontaktních měřidel záleží na vlastnostech povrchu a zejména vzdálenosti objektu. Také Zelingr (2017) ze svého měření konstatuje, že bezkontaktní teploměry jsou s rostoucí vzdáleností od měřeného objektu méně přesné než termokamery. Také schopnost vyzařování objektu zde hraje důležitou roli, což potvrzuje i Kužel (2010), který tvrdí, že emisivita má velký vliv na přesnost měření teploty pomocí infračervených teploměrů.



Graf 25: Průběh teplot snímaných různými teplotními měřidly u zvířete s čidlem č. 6



Graf 26: Průběh teplot snímaných různými teplotními měřidly u zvířete s čidlem č. 7



## 6. ZÁVĚR

Na základě získaných poznatků byl navržen a následně ověřován jeden či více systémů nejlépe bezkontaktního snímání tělesné teploty. Ke zjištění korelací naměřené teploty těla se zdravotním stavem a užitkovostí byly využity zootechnické a veterinární záznamy a vlastní pozorování.

Z výsledků všech použitých diagnostických metod z měření vybraných povrchových teplot bylo zjištěno, že nejvíce spolu korelují povrchová teplota tělesného jádra a povrchová teplota vemene. Při snímání povrchových teplot zejména pomocí metody termovize ovšem hrají významnou roli míra znečištění, osrstění a osvalení zvířete. Důležité jsou také technologické parametry přístroje, jeho nastavení a v neposlední řadě i emisivita povrchu.

Výše uvedené příklady dokazují, že zejména metodou termovize lze získat důležité informace, zejména pokud by byly vyčerpány možnosti konvenčních diagnostických metod. Tento způsob měření má hodnotu i jako diagnostický nástroj např. pro hodnocení funkce vemene a může být vhodným způsobem pro nepřímé a neinvazivní vyšetření struků a vemene. Vyhodnocení pomocí termovizní kamery tak může být slibné pro zjištění mastitid a tedy i potenciálně využitelné pro jejich včasné vyhodnocení.

Předpokladem této práce je, že k vyhodnocení zdravotního stavu může pomoci i pravidelné měření teploty povrchu těla zvířat a tím reagovat na první příznaky nemoci. Finální výstupy by mohly posloužit podnikům, které se zabývají chovem dojeného skotu a využívající systémy elektronického řízení zootechnické evidence a řízení stáda. Mohl by být vyvinut řídicí software. Vynález by měl být použitelný u širokého spektra zvířat. Lze očekávat nárůst zájemců o tyto metody řízení chovu vyplývající ze zvyšujících se nároků na kvalitu a ekonomiku produkce, welfare a vlivu živočišné výroby na životní prostředí. Důležitý bude i zvýšený komfort pro uživatele.

## 7. SOUHRN

Cílem disertační práce bylo představit technické možnosti snímání a měření tělesné teploty a navrhnout způsob bezkontaktního měření teploty povrchu těla zvířat včetně přenosu dat do nadřazeného programového vybavení. Dílčí výsledky se mohou podílet na vytvoření automatizovaného systému řízení stáda a tím zajistit lepší sledování životní pohody zvířat.

Jedním ze způsobů bezkontaktního měření povrchové teploty bylo snímání povrchových teplot pomocí termovizní kamery. Pomocí tohoto nástroje byly snímány

povrchové teploty v oblasti tělesného jádra, oblasti vemene a dále v oblasti oka. Z jednotlivých oblastí byly získány termogramy, někdy též označované jako termovizní snímky. Celkem proběhlo 34 měření v roce 2013 a 17 měření v roce 2014. Do pokusu byly zařazeny krávy holštýnského plemene ze střediska Petrovice. Hodnoceny byly tři různé skupiny dojnic ve dvou rozdílných stájích. V první skupině byly dojnice od druhého dne do dvou měsíců po otelení. Druhou skupinu tvořily dojnice od čtvrtého do pátého měsíce po porodu. Třetí skupina zahrnovala dojnice v sedmém až osmém měsíci po otelení.

Z výsledků měření vybraných povrchových teplot bylo zjištěno, že nejvíce spolu korelují povrchová teplota tělesného jádra a povrchová teplota vemene. Při snímání povrchových teplot ovšem hrají významnou roli míra znečištění, osrstění a osvalení zvířete. Důležité jsou také technologické parametry přístroje, jeho nastavení a v neposlední řadě i emisivita povrchu.

Dalším experimentem byla možnost snímání teplot pomocí termočidla. Tento pokus probíhal v období od srpna do září 2016 v účelovém zařízení školního statku v experimentální stáji akreditované pro pokusné účely. Do pokusu byly zařazeny dvě klinicky zdravé krávy holštýnského plemene, kterým byl implantován identifikační čip a testována jeho funkčnost. Tento čip byl implantován oběma zvířatům v oblasti kořene ocasu a byl opatřen senzorem biologických funkcí, který sledoval tělesnou teplotu zvířete. Zařízení bylo uzpůsobeno pro odeslání informací pro identifikaci zvířete a informací o tělesné teplotě zvířete pomocí bezdrátového spojení se čtečkou čipů.

Na základě získaných poznatků by mohl být navržen a následně ověřován jeden či více systémů, nejlépe bezkontaktního snímání tělesné teploty. Co se týče užití jiných možností snímání povrchových teplot je toto zatím ve stavu vývoje a realizace. Nevýhodou výše popsaného zařízení je, že nedokáže rozpoznat příčinu zvýšené teploty a vyžaduje zásah ošetřovatele, aniž zásah není nezbytný. Ošetřovatel nemusí rozpoznat akutní případy a může docházet k trvalému poškození zdraví či dokonce úhynu zvířete. Úkolem zařízení je nalezení způsobu bezobslužného měření teploty zvířete spojeného s jeho elektronickou identifikací, který by dokázal rozpoznat nemocná či rodící zvířata od přehřátých, který by zvířata roztřídil a vykonal opatření k zachování jejich zdraví. Vynález by měl být použitelný u širokého spektra zvířat.

Klíčová slova: tělesná teplota, bezkontaktní měření teploty, automatizovaný systém, životní pohoda zvířat, termovizní kamera, termočidlo

## 8. SUMMARY

The aim of the dissertation was to present technical possibilities of scanning and measuring the body temperature and provide a method for a non-contact measurement of body surface temperature of animals including data transfer to higher-level software. Partial results can be part of an automated herd management system to ensure better animal welfare monitoring.

One method of contactless measuring the surface temperature was taking the surface temperature by using an infrared camera. This tool was used to scan surface temperatures in the area of the body core, the udder region and the eye area. Thermograms, sometimes referred to as thermal imaging, were obtained from the individual regions. In total, there were 34 measurements in 2013 and 17 measurements in 2014. Cows from Petrovice centre were included in the experiment. Three different groups of dairy cows were evaluated in two different stables. In the first group there were cows which gave birth 2 days to 2 months before. The second group consisted of dairy cows which calved 4 to 5 months before. The third group included dairy cows which gave birth 7 to 8 months before.

Based on the results of measurements of selected surface temperatures, it was found that the surface core temperature and the udder surface temperature correlated most. However, when measuring surface temperatures, the degree of pollution, coating, and oscillation of the animal play an important role. Moreover, technological parameters of the device are also important, specially its setting and the emissivity of the surface.

Another experiment was the possibility of temperature scanning using a thermosensor. This experiment ran from August to September 2016 in a purpose-built schoolhouse facility in an experimental stable accredited for experimental purposes. The experiment included two clinically healthy cows of the Holstein breed, which had been implanted with the identification chip and tested for its functionality. This chip was implanted to both animals in the tail root region and was fitted with a biological function sensor that followed the body temperature of the animal. The device was adapted to send animal identification information and animal body temperature information by means of a wireless connection to the chip reader.

Based on the findings, one or more systems, preferably non-contact body temperature scanning, could be designed and tested. Regarding the use of other surface temperature scanning possibilities, this is still in the process of development and implementation. The disadvantage of the above described device is that it fails to recognize the cause of the

elevated temperature and requires intervention by the attendant without the intervention being necessary. The attending keeper may not recognize acute cases and may cause permanent damage to the health or even death of the animal. The task of the device is to find a method of unattended animal temperature measurement connected with its electronic identification that would recognize sick or infected animals from overheated ones. This device would categorize the animals and take precautions to preserve their health. The invention should be applicable to a wide variety of animals.

Key words: body temperature, contactless temperature measurement, automated system, animal welfare, thermal imaging camera, thermosensor

## 9. SEZNAM LITERATURY

Aharoni, Y., Ravagnolo, O., Misztal, I. (2002): Comparison of lactational responses of dairy cows in Georgia and Israel to heat load and fotoperiod. *Journal of Animal Science*, 75: 469-476.

Allen, J. D., Hall, L. W., Collier, R. J. and Smith, J. F. (2015): Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*, 98: 118-127.

Alonso-Rodriguez, E., Fernandez-Pinar, P., Sacristan-Reviriego, A., Molina, M., Martin, H. (2016): An analog-sensitive version of the protein kinase Slk2 allows identification of novel targets of the yeast cell wall integrity pathway, *Journal of Biological Chemistry*, 29: 5461-72.

Alsaad, M., Romer, C., Kleinmanns, J., Hendriksen, K., Rose-Meierhofer, S., Plumer, L. and Buscher, W. (2012): Electronic detection of lameness in dairy cows through measuring pedometric activity and lying behavior. *Applied Animal Behaviour Science*, 142: 134–141.

Alzahal, O., Steele, M. A., Valdes, E. V., and McBride, B. W. (2009): Technical note: The use of a telemetric system to continuously monitor ruminal temperature and to predict ruminal pH in cattle, *Journal of Dairy Science*, 92: 5697–5701.

Alzahal, O., Alzahal, H., Steele, M. A., Van Schaik, M., Kyriazakis, I., Duffield, T. F. (2003): The use of a radiotelemetric ruminal bolus to detect body temperature changes in lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 94: 3568-3574.

Amaral, B. C., Connor, E.E., Tao, S., Hayen, J., Bubolz, J., Dahl, G.E. (2009): Heat–stress abatement during the dry period: does cooling improve transition into lactation? *Journal of Dairy Science*, 92: 5988–5999.

Appleby, M. C., Cussen, V., Garcés, L. (2008): Long Distance transport and welfare of farm animals. CAB International 2008, 480 p.

Bae, D. D., Brown, P. L., Kiyatkin, E. A. (2007): Procedure of rectal temperature measurements affects brain, muzzle, skin, and body temperatures and modulates the effects of intravenous cocaine. *Brain research*, 1154: 61-70.

Berman, A. (2004): Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *American Society of Agronomy*, 83(6): 1377-1384.

Bernard, V., Staffa, E., Mornstein, V., Bourek, A. (2013): Infrared camera assessment of skin surface temperature-Effect of emissivity, *Physica Medica*, 29:583-591.

Berry, R. J., Kennedy, A.D., Scott, S.L., Kyle, B.L., Schaefer, A.L. (2006): Daily variation in the uder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: potential for mastitis detection. *Canadian J. of Anim. Sci*, 8, p. 687-693.

Bewley, J. M., Schutz, M. M. (2010): Recent Studies Using A Reticular Bolus System For Monitoring dairy Cattle Core Body Temperature. Proc. First North Am. Conf. Precision Dairy Management, Toronto, Canada, 2010.

Bewley, J. M., Einstein, M. E., Grott, M.W. and Schulz, M.M. (2008): Comparison of reticular and reptal core body temepratures in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*, 91: 4661-4672.

Bharara, M., Cobb, J., Claremont, D. (2006): Thermography and thermometry in the assessment of diabetic neuripathic foot: a case for furthering the role of thermal techniques. *The International Journal of Lower Extremity Wounds*, 5(4): 250-60.

Blackshaw, J. K. and Blackshaw, A. W. (1994): Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 34 (2): 285-295.

Blessing, W. W. (2003): Lower brainstem pathways regulativ sympathetically mediated ganges in custaneous blood flow. *Cell Mol Biol*, 23, p. 527-38.

Bobić, T., Mijić, P., Gregić, M., Baban, M., Gantner, V. (2017): Application of thermovision camera in the early detection of hoof diseases in dairy cows. *Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme*, 58(2): 55-59.

Borchardt, T. B., Conci, A., Lima, R. C. F., Resmini, R., Sanchez, A. (2013): Breast thermography from an image processing viewpoint: A survey. *Signal Processing*, 93(10): 2785-2803. (Abstr.)

Broom, D. M. (2011): A History of Animal Welfare Science. *Acta Biotheoretica*, 59: 121-137.

Brouček, J., Mihina, Š., Hetényi, L., Tančin, V., Brestenský, V., Harcek, L., Uhrinčať, M. (1993): Předpoklady pro vytvoření dobré pohody u zvířat. Sborník z mezinárodní konference „Životní prostředí ve vazbě na ekologicky šetřící a trvale udržitelné zemědělství“. II. díl, VŠZ Praha, p. 360-366.

Brouček, J., Arave, C. W., Uhrinčať, M., Knížková, I., Kunc, P. (1997): Effects of cold weather on cows kept in open barn. Proceedings of the ninth international congress in animal hygiene (ed. H. Saloniemi), 492-495, Tummavouren Kirjapaino Oy, Helsinki.

Brouček, J., Mihina, Š., Ryba, Š., Tongel', P., Kišac, P., Uhrinčať, M., Hanuš, A. (2006): Effects of high air temperatures on milk efficiency in dairy cows. *Czech Journal Animal Science*, 51(8): 93-101.

Brouček, J., Novák, P., Vokřálová, J., Šoch, M., Kišac, P., Uhrinčať, M. (2009): Effect of high temperature on milk production of cows from free-stall housing with natural ventilation. *Slovak Journal Of Animal Science*, 42(4): 167-173.

Brouček, J., Brestenský, V., Botto, L., Tančin, V., Tongel', P., Šoch, M. (2013): Ochrana hospodářských zvířat (skot, koně a prasata). Certifikovaná metodika, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 86 s.

Brown – Brandl, T.M., Yanagi, T., Jr., Xin, H., Gets, R.S., Bucklin, R.A., ROSS, G.S. (2003): A new telemetry system for measuring core body temperature in livestock and poultry, *Applied Eng. in Agriculture*, 19 (5), p. 583-589.

Bukvaj, J. (1978): In.: ČERMÁK et al.: Výstavba lehkých stájí pro skot. SZN, Praha, s. 179-206

Bukvaj, J. (1986): Vztah organismu skotu k prostředí ve velkochovech. VŠZ Praha, agronomická fakulta, 175 s.

Caja, G., Conill, C., Nehring, R., Ribo, O. (1999): Development of a ceramic bolus for the permanent electronic identification of sheep, goat and cattle. *Computers and Electronics in Agriculture*, 24: 45–63.

Calkosiński, I., Dobrzyński, M., Rosińczuk, J., Dudek, K., Chrószcz, A., Fita, K., Dymarek, R. (2015): The use of infrared thermography as a rapid, quantitative and noninvasive method for evaluation of inflammation response in different anatomical regions of rats. *BioMed Research International Journal*, 1-9.

Cardovo, C.C., Peripolli, V., Anafor, S.A., Brandy, E.G., Esteves, G.I.F., Sousa, C.M.Z., França, M.F.M.S., Gonçalves, F.G., Barbora, F.A., Montalvão, T.C., Martins, C.F., FonsecaNeto, A.M., McManus, C. (2015): Physiological and thermographic response to heat stress in zebu cattle, *Livestock Science*, 182: 83-92.

Carné, S., Gipson, T. A., Rovai, M., Merkel, R. C., Caja, G. (2009): Extended field test on the use of visual ear tags and electronic boluses for the identification of different goat breeds in the United States, *Journal of Animal Science*, 2009, 87, 2419-2427.

Carné, S., Caja, G., Rojas-Olivares, M. A., Salama, A. A. K. (2010): Readability of visual and electronic leg tags versus rumen boluses and electronic ear tags for the permanent identification of dairy goats, *Journal of Dairy Science*, 2010, 93, 5157-5166.

Cibulka, J. et al. (2004): Základy fyziologie hospodářských zvířat. ČZU v Praze, Praha, 200 s.

Claxton, G. (2014): New ear tag can detect early onset of cattle pneumonia. [9.6.2016]. Home page address: <http://www.fwi.co.uk>



- Colak, A., Polat, B., Okumus, Z., Kaya, M., Yanmaz, L. E., Hayirli, A. (2008): Early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows, *Journal of Dairy Science*, 91: 4244-4248.
- Collier, R. J., Dahl, G. E., VanBaale, M. J. (2006): Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(4): 1244-1253.
- Conci, A. (2013): Signal processing techniques for detection of breast diseases. *Signal Processing*, 93(10): 2783-2784.
- Cook, N. J., Church, J.S., Schaefer, A.L., Webster, J.R., Matthews, L.R., Suttie, J.M. (2005): Stress and pain assessment of velvet antler removal from Elk (*Servus elaphus canadensis*) and Reindeer (*Rangifer tarandus*). *Online Journal of Veterinary Research*, 9: 13-25.
- Costa, A. N. L., Feitosa, J. V., Montezuma Jr., P. A., Souza, P. T., Araújo, A. A. (2015): Rectal temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performance of crossbred Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil. *International Journal of Biometeorology*, 59(11): 1647–1653.
- Da Silva, R. G., Morais, D. A. E. F., Guilherme, M. M. (2007): Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36 (4): 1192-1198.
- Da Silva, R. G., Guilherme, M. M., De Morais, D. A. E. (2010): Thermal radiation absorbed by dairy cows in pasture. *International Journal of Biometeorology*, 54: 5-11.
- Davis, M. S., Mader, T. L., Holt, S. M., & Parkhurst, A. M. (2003): Strategies to reduce feedlot cattle heat stress: Effects on tympanic temperature. *Journal of animal science*, 81(3), 649-661.
- De Diego, A. C. P., Sánchez-Cordón, P. J., Pedrera, M., Martínez-López, B., Gómez-Villamandos, J. C., Sánchez-Vizcaíno, J. M. (2013): The use of infrared thermography as a non-invasive method for fever detection in sheep infected with bluetongue virus. *The Veterinary Journal*, 198: 182-186.

Di Carlo, A. (1995): Thermography and the possibilities for its applications in clinical and experimental dermatology. *Clinics in Dermatology*, 13(4):329-336.

Dikmen, S. and Hansen, P. J. (2009): Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*, 92(1): 109-116.

Dikmen, S., Cole, J. B., Null, D. J. and Hansen, P. J. (2012): Heritability of rectal temperature and genetic correlations with production and reproduction traits in dairy cattle. *Journal of Animal Science*, 95: 3401-3405.

Dolejš, J., Toufar, O., Musil, J., Knížek, J. (1991): Vliv nízké teploty prostředí na masnou užitkovost a životní projevy býků na žír. *Živočišná výroba*, 36(2): 163–172.

Dolejš, J. (1995): Zmírnění stresu z vysokých teplot u dojnic. *Náš chov*, 7: 11.

Doležal, O., Dolejš, J., Knížková, I., Kunc, P., Bílek, M., Černá, D. (2003): Komfortní ustájení vysokoprodukčních dojnic. Výzkumný ústav živočišné výroby Praha-Uhřetěves, Praha.

Doležal, O., Bílek, M., Dolejš, J. (2004): Zásady welfare a nové standardy EU v chovu skotu. *VÚŽV*, Praha-Uhřetěves, 66 pp.

Doležal, O. and Staněk, S. (2015): Chov dojeného skotu. *Profi Press*, Praha, 243 pp.

Dye, T. K. and Richards, C. J. (2008): Effect of water consumption on rumen temperature. *Journal of Dairy Science*, 86: 114 (Abstr.).

Embaby, S., Shamaa, A. A., Gohar, H. M. (2002): Clinical assessment of thermography as a diagnostic and prognostic tool in horse practice. In: Proc., Infamation 2002, Orlando, USA, 30-36.

Fabrizio, E., Ghiggini, A., Bariani, M. (2015): Energy performance and indoor environmental control of animal houses: a modelling tool. *Energy Procedia*, 82: 439-444.

Fallon, R. J. (2001): The development and use of electronic luminal boluses as a vehicle for bovine identification. *Rev. International Office of Epizootics*, 20: 480–490.

Farm Animal Welfare Council (FAWC) (1993): Second Report on Priorities for Research and Development in Farm Animal Welfare. MAFF, Tolworth.

Farm Animal Welfare Council (FAWC) (1992): FAWC updates the Five Freedoms. *The Veterinary Record*. 131: 357.

Fernández-Cuevas, I., Marins, J. C. B., Lastras, J. A., Carmona, P. M. G., Cano, S. P., García-Concepción, M. Á., Sillero-Quintana, M. (2015): Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Physics & Technology*, 71: 28-55.

Finch, V. A. (1986): Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *Journal of Animal Science*, 62(2), 531-542.

Flores, A. (2003): Speeding up data delivery for precision agriculture. *Agricultural Research Magazine*, The United State Department of Agriculture (USDA), 51(6): 17.

Foulkes, J., Tucker, P., Caronan, M., Curtis, R., Parker, L. G., Farnell, CH., Sparkam, B., Zhou, G., Smith, S. C., Wu, J. (2013): Livestock management system. Proc. Of the International Conference on Embedded Systems and Applications (ESA). The Steering Comitee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp), p.1.

Fraser, D. and Broom, D. B. (1990): Farm animal behaviour and welfare. CAB International, Wallingford, Oxon.

Fuka, M. (2011): Porovnání měření teploty dotykovou a bezdotykovou metodou. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, 53 pp.

Gantner, V., Mijić, P., Kuterovac, K., Solić, D., Gantner, R. (2011): Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle. *Mljekarstvo*, 61(1): 56-63.

Gajdoš, D., Pilko, P., Mikuš, M. (1988): Hypotermia ve vztahu k neonatálním stratám jahniat. *Živočišná Výroba*, 33(7): 617-625.

Gebremedhin, K. G., Wu, B. X. (2003): Characterization of flow field in a ventilated space and simulation of heat Exchange between cows and their environment. *Journal of Thermal Biology*, 28: 301-319.

George, W. D., Godfrey, R. W., Ketring, R. C., Vinson, M. C. and Willard, S. T. (2014): Relationship among eye and muzzle temperatures measured using digital infrared thermal imaging and vaginal and rectal temperatures in hair sheep and cattle. *Journal of Animal Science*, 92: 4949-4955.

Gerhold, K. H. (2007): Čím chladněji, tím lépe. *Moderní výživa zvířat*, 8: 14-16.

Greenfieldová, A. S. (1996): The Human Mind Explained. *Marsal Edition*, London, 192 pp.

Ghorbani, A., Miemahdavi, S. A., Rahimabadi, E. (2009): Economic efficiency of caspian cattle feedlot farms. *Asian Journal of Animal Science*, 3: 25-32.

Gregory. N. G. (1995): The role of shelterbelts in protecting livestock: a review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 38: 423-450.

Gunga, H. C., Werner, A., Opatz, O., Stahn, A., Kirsch, K., Sattler, F., Koch, J. (2012): A new non-invasive device to monitor core temperature on earth and in space. *Annales Kinesiologiae*, 3(1): 1-14.

Hanneman, S. K., Jesurum-Urbaitis, J. T., Bickel, D. R. (2004): Comparison of methods of temperature measurement in swine. *Laboratory Animals*, 38: 297-306.

Hanuš, O., Vyletělová, M., Genčurová, V., Jedelská, R., Kopecký, J., Nezval, O. (2008): Hot stress of Holstein dairy cows as a substantial factor of milk composition. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 39(4): 310-317.

Harper, D. L. (2000): The value of infrared thermography in a diagnosis and prognosis of intres in animals. *Proc. Inframation 2000*, Orlando, USA, 115-122.

Hauptman, J., Toufar, O., Dolejš, J., Musil, J. (1988): Vliv vyšších teplot na užítkovost dojnic. *Náš chov*, 9: 385-387.

Havlík, V. (2011): *Možnosti ventilace stájí pro dojnice*. Chov skotu, 3: 26-27.

Hawkins, P. (2014): Refining housing, husbandry and care for animals used in studies involving biotelemetry. *Animals*, 4: 361-373.

Hellebrand H. J, Brehme U., Beuche H., Stollberg U., Jacobs H. (2003): Application of thermal imaging for cattle management. Proceedings of First European Conference on Precision Livestock Farming. Berlin, Germany 2003, 761–763.

Hicks, C., Hicks, W. S., Bucklin, R. A., Shearer, J. K., Bray, D. R., Soto, P. and Carvalho. V. (2001): Comparison of methods of measuring deep body temperature of dairy cows. *American Society of Agricultural and Biological Engineering*, 432-438.

Holub, A. (1969): Fyziologie hospodářských zvířat. SZN Praha.

Honig, H., Miron, J., Lehrer, H., Jackoby, S., Zachut, M., Zinou, A., Portnick, Y., Moallem, U. (2012): Performance and welfare of high-yielding dairy cows subjected to 5 or 8 cooling sessions daily under hot and humid climate. *Journal of Dairy Science*, 95: 3736-3742.

Hovinen, M., Siivonen, J., Taponen, S., Hanninen, L., Pastell, M., Aisla, A.M., Pyorala, S. (2008): Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. *Journal of Dairy Science*, 91: 4592–4598.

Hsieh, J. C, Chan, K. H., Lui, P. W., Lee, T. Y. (1990): Clinical application of infrared thermography in diagnosis and therapeutic assessment of vascular ischemic pain. *Acta Anaesthesiologica Sinica Journal*, 28: 493-501.

Huang, C. L., Wu, Y. W., Hwang, C. L., Jomg, Y. S., Chao, C. L., Chen, W. J. (2011): The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. *Journal of Vascular Surgery*, 54(4):1074-1080.

Chloupek, J., Suchý, P. (2008): Mikroklimatická měření ve stájích pro hospodářská zvířata. *Veterinární a farmaceutická univerzita Brno*, 229 pp.

Chung, T., Jung, W., Nam, E., Kim, J., Park, S., Hwang, C.Y. (2010): Comparison of rectal and infrared thermometry for obtaining body temperature of gnotobiotic pig-lets in conventional portable germ free facility. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23: 1364–1368.

Church, J. S., Hegadoren, P. R., Paetkau, M. J., Miller, C. C., Regev-Shoshani, G., Schaefer, A. L., Schwartzkopf-Genswein, K. S. (2014): Influence of environmental factors on infrared eye temperature measurements in cattle. *Research in Veterinary Science*, 96: 220-226.

Insler, S. R., Sessler, D. I. (2006): Perioperative thermoregulation and temperature monitoring. *Anesthesiology Clinics*, 24: 823-837.

Jacobsen, K. L. (1998): The welfare of dairy cattle in hot and humid climates: Part I. Housing and effects of heat stress. *Large Animal Review*, 4: 29-34.

Jadin, M. S., Taib, S. (2012): Recent progress in diagnosing the reliability of electrical equipment by using infrared thermography. *Infrared Physics & Technology*, 55(4): 236-245.

Jansen, M. B., Eradus, W. (1999): Future developments on devices for animal radiofrequency identification, *Computers and Electronics in Agriculture*, 24: 109-117.

Janský, L. (1979): Fysiologie adaptací. *Academia*, Praha, 1979, 210 pp.

Janský, L. (1990): Vývojová fyziologie I.: Základy termoregulace. *Státní pedagogické nakladatelství*, Praha, 107 pp.

Jensen, A. L., Boll, P.S., Thyssen, I., Pathak, B.K., (2000): PI@nteInfo: a web-based system for personalized decision support in crop management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 25: 271–293.

Johnson, S. R., Rao, S., Hussey, S. B., Morley, P. S., Traub-Dargatz, J. L. (2011): Thermographic eye temperature as an index to body temperature. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31: 36-66.

Jones, B. F., Plassmann, P. (2003): Digital infrared thermal imaging of human skin. *Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 21(6): 41-48.

Kadzere, C. T., Murphy, M- R., Silanikove, N., Maltz, E. (2002): Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, 77(1): 59-91. (Abstr.)

Kastberger, G., Stachl, R. (2003): Infrared imaging technology and biological applications. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 35: 429-439.

Kennedy, A. (2004): Mastitis detection using infrared thermography. *Western dairy digest*, 5 (4): 15.

Klabzuba, J., Kožnarová, V. (2002): Aplikovaná meteorologie a klimatologie. XI. Díl, Mikroklima stájí. ČZU Praha, 30 s.

Klimesš, L. (1998): Slovník cizích slov. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 862 s.

Knížková, I., Kunc, P., Knížek, J. (1991): Vliv ochlazování výparem na organismus skotu. *Náš chov*, 6: 256–258.

Knížková, I., Kunc, P. (2003): Dojnice a tepelný stres. *Farmář*, 7: 41-43.

Knížková, I., Kunc, P., Knížek, J. (2004): Rekonstrukce stájí a mikroklima. *Farmář*, 2: 40-42.

Knížková, I., Kunc, P., Gürdil, G.A.K., Pinar, Y., Selvi, K.C. (2007): Applications of infrared thermography in animal production. *Journal of the Faculty of Agriculture*, 22 (3): 329-336.

Kočárek, P. (2005): Fyziologie živočichů. Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ostrava 184 pp.

Kolb, E. (1962): Lehrbuch der Physiologie der Haussiere. VEB Gustav Fischer Verlag Jena.

Košář, K., Chaloupková, H. (2000): Vliv různé intenzity osvětlení na užitkovost nosnic. *Sborník z vědecké konference s mezinárodní účastí „Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2000“*. VFU Brno, 28-31.

Kotrbaček, V. (2003): Termoregulace. IN.: Jelínek, P., Koudela, K., Doskočil, J., Illek, J.,

Kotrbaček, V., Kovářů, F., Kroupová, V., Kučera, M., Kudláč, Trávníček, J., Valent, M. (2003): Fyziologie hospodářských zvířat. MZLU v Brně, Brno, 414 pp.

Kostin, A. P. (1971): Fiziologičeskije mechanizmy adaptacij krupnogo rogatogo skota k termičeskomu faktoruu. Krasnodar, Trudy, 199 pp.

Kovalčíková, M., Kovalčík, K. (1973): Adaptácia a stres v chove hospodářských zvierat. *Príroda, vydavateľstvo kníh a časopisov*, Bratislava, 206 pp.

Kursa, J., Jílek, F., Vítovec, J., Rajmon, R. (1998): Zoohygienu a prevence chorob hospodářských zvířat. JČU v Českých Budějovicích, České Budějovice, 200 pp.

Kužel, K. (2010): Bezkontaktní měření teplot. *Bakalářská práce*, Vysoké učení technické v Brně, 33 pp.

Lahiri, B. B., Bagavathiappan, S., Jayakumar, T., Philip, J. (2012): Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Physics & Technology*, 55(4): 221-235. (Abstr.)



Lambooj, E., Van't Klooster, C. E., Rossing, W., Smits, A. C., & Pieterse, C. (1999): Electronic identification with passive transponders in veal calves. *Computers and electronics in Agriculture*, 24: 81-90.

Lammoglia, M. A., Bellows, R. A., Short, R. E., Bellows, S. E., Bighorn, E. G., Stevenson, J. S. and Randel, R. D. (1997): Body temperature and endocrine interactions before and after calving in beef cows. *Journal of Animal Sciences*. 75: 2526-2534.

Legates, J. E., Farthing, B. R., Casady, R. B., Barrada, M. S. (1991): Body temperature and respiratory rate of lactating dairy cattle under field and chambre conditions. *Journal of Dairy Science*, 74: 2491-2500.

Levine, J. A., Pavlidis, I., Cooper, M. (2001): The face of fear. *Lancet*, 357: 1757.

Lin, X., Pacheco, D., Kemp, P. D., Waghorn, G.C., Gosgrove, G.P. (2010): Evaluation of sensors for monitoring rumen pH, temperature and pressure. *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production*, 70: 71-76.

Louda, F. (200): Chov skotu: přednášky. ČZU-AF, Praha, 186 pp.

Ludwig, N., Formenti, D., Gargano, M., Alberti, G. (2014): Skin temperature evaluation by infrared thermography: Comparison of image analysis methods. *Infrared Physics & Technology*, 62: 1-6.

Lukonge, A. B., Kaijage, D. S., Sindle, R. S. (2014): Review of cattle monitoring system using wireless network, *International Journal of Engineering and Computer Science*, 3: 5819-5822.

Mader, T. L., Davis, M. S. (2004): Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: feed and water intake. *Journal of Animal Science*, 82(10), 3077-3087.

Mader, T. L., Davis, M. S., Brown-Brandl, T. M. (2006): Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 84: 712-719.

Mahan, J., Wanjura, D. (2004). Design and Construction of a Wireless Infrared Thermometry System, USDA Annual Report.

Marai, I., El-Darawany, A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M. (2007): Physiological traits as affected by heat stress in sheep-a review. *Small Ruminant Research*, 71:1–12.

Markel, A. L., Vainer B. G. (2005): Infrared thermography in diagnosis of breast cancer (review of foreign literature). *Terapevticheskii Arkhiv*, 77:57-61.

Martello, L. S., Junior, H.S., Silva, S.L., Balieiro, J.C.C. (2010): Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. *International Journal of Biometeorology*, 54: 647–652.

Martins, R. F. S., Paim, T.P., Cardoso, C. A., Dallago, B. S. L., de Melo, C. B., Louvandini, H., McManus, C. (2013): Mastitis detection in sheep by infrared thermography. *Research in Veterinary Science*, 94 (3): 722-724.

Mejzlíková, A. (2006): Vliv tepelného stresu na mléčnou užitkovost dojníc. Bakalářská práce, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.

Metzner, M., Sauter-Louis, C., Seemueller, A., Petzl, W., Klee, W. (2014): Infrared thermography of the udder surface of dairy cattle: Characteristics, methods and correlation with rectal temperature. *The Veterinary Journal*, 199: 57-62.

Mezera, J. (2015): Přesnost měření teploty těla infračervenými technologiemi. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Bakalářská práce, 65 s.

Miele, M., Veissier, I., Evans, A. (2011): Animal welfare: establishing a dialogue between science and society. *Animal Welfare*, 20: 103-117.

Moura, D. J., Nääs, I. A., Pereira, D. F., Silva, R. B. T. R., & Camargo, G. A. (2006). Animal welfare concepts and strategy for poultry production: a review. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 8(3): 137-147.

Nääs, I. A., Garcia, R. G., Caldara, F., R. (2014): Infrared thermal image for assessing animal health and welfare. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 2(3): 66-72.

Naunheimer-Thoneick, H., Thomas, C. K., Weniger, J. H. (1988): Untersuchungen zum Energieumsatz von laktierenden Kühen unter Wärmebelastung. III. Der Effekt von langfristig hoher Umgebungstemperatur auf Parameter der Thermoregulation, Futteraufnahme und Milchleistung. *Züchtungskunde*, 60: 376-387.

Naylor, J.M., Streeter, R.M., Torgerson, P. (2012): Factors affecting rectal temperature measurement using commonly available digital thermometers. *Research in Veterinary Science*, 92: 121-123.

Nehasilová, D. (2011): Teplota oka jako indikátor. *Temperatur im Auge*, 18 (1).

Ng, E. Y. K., Kaw, G. J. L. (2006): Infrared images and fever monitoring devices: physics, physiology, and clinical accuracy. In: *Medical Devices and Systems: Biomedical Engineering Handbook*. Bronizino, J. D., *third ed.* CRC Press, Boca Raton, 1-20.

Niedermann, R., Wyss, E., Annaheim, S., Psikuta, A., Davey, S., Rossi, R.M. (2014): Prediction of human core body temperature using non-invasive measurement methods. *International Journal of Biometeorology*, 58: 7–15.

Novák, P., Odehnal, J., Zabloudil, F., Šoch, M. (2013): Vliv klimatických extrémů na produkci hospodářských zvířat. Animal's environment impact on its performance.

Novák, P., Doušek, J., Zabloudil, F., Šoch, M. (1999): Stájové prostředí-významný faktor ovlivňující pohodu a užitkovost prasat. *Veterinářství*, 49(5): 190-193.

Nový, Z., Knížková, I., Jílek, F., Kunc, P. (1996): Vliv nízkých teplot na termoregulaci a energetický metabolismus u dojnic. *Živočišná výroba*, 41(6): 251-255.

Okab, A. B., El-Banna, S. G., Koriem, A. A. (2008): Influence of environmental temperatures on some physiological and biochemical parameters of New-Zealand rabbit males. *Slovak Journal of Animal Science*, 41(1):12-19.

Pálka, V. (2016): Využití vybraných nanotechnologií pro úpravu zoohygienických podmínek v chovu telat. Disertační práce, JU v Českých Budějovicích, 130 pp.

Pamparienė, I., Žymantienė, J., Oberauskas, V., Želvytė, R., Juozaitienė, V., Noreika, A., Sederevičius, A. and Veikutis, V. (2014): Determination of cows hooves health applying thermography. *Veterinarija ir zootechnika*, 68(90): 60-68.

Panc, T., Tůmová, O., Kupka, L. (2012): Kalibrace dotykových snímačů teplot bez profesionálního vybavení. *Elektroscope*, 3: 1-4.

Pavelek, M. and Janotková, E. (2008): Teorie a praxe termovizních měření (Theory of thermovision measurement). Brno: TESTO, 1-49.

Pavlidis, I., Eberhardt, N. L., Levine, J.A. (2002): Human behaviour: seeing through the face of deception. *Nature*, 415: 35.

Pišťeková, V., Voslářová, E., Bedáňová, I. and Večerek, V. (2014). Assessment of farm animals. *Animal protection and welfare*, 112- 116.

Poikalainen, V., Praks, J., Veermäe, I., Kokin, E. (2012): Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming. *Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue*, 1:187-194.

Polat, B., Colak, A., Cengiz, M., Yanmaz, L., Oral, H., Bastan, A., Kaya, S., Hayirli, A. (2010): Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93: 3525–3532

Prado-Cooper, M. J., Long, N. M., Wright, E. C., Richards, C. and Wettemann, R. P. (2008): Relationship of rumen temperature of beef cows to parturition and estrus, *Journal of Animal Science*, 86: 20.

Prendiville, D. J., Lowe, J., Earley, B., Spahr, C., Kettlewell, P. (2002): Radiotelemetry systems for measuring body temperature. *Beef Production Series*, 57: 1-14.

Reece, W. O. (2011): Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Grada, Praha 473 pp.

Rensis, F. D., Scaramuzzi, R. J. (2003): Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow – a review. *Theriogenology*, 60:1139-1151.

Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Collier, R. J., Sanders, S. R., Weber, W. J., Crooker, B. A., Baumgard, L. H. (2009): Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science*, 92(5): 1986-1997.(Abstr.)

Roam-Ponce, H., Thatcher, W. W., Buffington, D. E., Wilcox, C. J., Van Horn, H. H. (1977): Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. *Journal of Dairy Science*, 60: 424-430.

Roenfeldt, S. (1998): You can't afford to ignore heat stress. *Dairy Manage*, 35: 6-12.

Rodríguez-Prieto, V., Rubio-García, A., Melero, M., García, D., Sánchez-Vizcaíno, J. (2013): Identification of the pattern of appearance and development of thermal windows in the skin of juvenile Pacific walrus (*Odobenus rosmarus divergens*) in a controlled environment. *Marine Mammal Science*, 29: 167–176.

Schütz, K. E., Cox, N. R., Matthews, L. R. (2008): How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following different levels of lying deprivation. *Applied Animal Behaviour Science*, 114(3-4):307-318.

Scolari, S. C., Clark, S. G., Knox, R. V. (2011): Vulvar skin temperature changes significantly during estrus in swine as determined by digital infrared thermography, *Journal of Swine Health and Production*, 19:151-5.

Settar, P., Yalcin, S., Turkmut, L., Ozkan, S., Cahanar, A. (1999): Season by genotype interaction related to broiler growth rate and heat tolerance. *Journal of Poultry Science*, 78: 1353-1358.

Shaefer, A. L., Cook, N., Tessaro, S. V., Deregt, D., Desroches, G., Dubesci, P.L., Tong, A.K.W., Godson, D.L. (2003): Early detection and prediction of infection using infrared thermography. *Canadian Journal of Animal Science*, 84: 73-80.

Silanikove, N. (2000): Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67(1-2): 1-18.

Sims, L. E., Dye, T. K., Holland, B. P., Burciaga-Robles, L. O., Step, D. L., Fulton, R. W., Krehbiel, C. R., and Richards, C. J. (2008): Rumen temperature monitoring for determination of heat. *Journal of Animal Science*, 86: 115 (Abstr.).

Small, J. A., Kennedy, A. D., and Kahane, S. H. (2008): Core body temperature monitoring with passive transponder boluses in beef heifers. *Canadian Journal of Animal Science*, 88: 225–235.

Sova, Z., Bukvaj, J. (1971): Udržování tepelné rovnováhy (termoregulace) u zvířat. IN.: Komárek, V., Sova, Z., Bukvaj, J., Hampl, A., Král, A., Kresan, J. (1971): Anatomie a fyziologie hospodářských zvířat. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 574 pp.

Sova, Z. (1978): Biologické základy živočišné výroby. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 580 pp.

Sova, Z., Bukvaj, J., Koudela, K., Kroupová, V., Pješčak, M., Podaný, J. (1990): Fyziologie hospodářských zvířat. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 469 pp.

Spain, J. N. and Spiers, D. (1998): Effect of fan cooling on thermoregulatory responses of lactating dairy cattle to moderate heat stress. *Proceedings of the fourth international dairy*

housing conference of the American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, MI (ed. J. P. Chastain), 232-238.

Speakmen, J. R., Wars, S. (1998): Infrared thermography: Principle and applications. *Zoology*, 101: 224-232.

Spruyt, P., Ghafir, Y., Art, T., Lekeux, P. (1995): La thermographie infrarouge dans l'étude de la thermoregulation. Revue de la littérature. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 139: 413-418.

Stanford, K., Stitt, J., Kellar, J. A. and McAllister, T. A. 2001. Traceability in cattle and small ruminants in Canada. *Revue scientifique et technoque*, 20: 510-522.

Stewart, M., Webster, J. R., Verkerk, G. A., Shaefer, A. L., Cook, N. J., Colyn, J. J, Stafford, K. J. (2007): Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. *Physiology and Behaviour*, 92: 520-525.

Stewart, M., Webster, J. R., Schaefer, A. L., Cook, N. J., Scott, S. L. (2005): Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal welfare*, 14: 19-25.

Sykes, D. J., Couvillion, J. S., Cromiak, A., Bowers, S., Schenck, E., Crenshaw, M. (2012): The use of digital infrared thermal imaging to detect estrus in bilte. *Theriogenology*, 78: 147-52.

Šimková, A., Smutný, L., Krupka, F., Švejsová, K., Šoch, M. (2015): Stájové mikroklima. *Automa*, 7: 12-15.

Šimová, V., Voslářová, E. Večerek, V. (2014): Welfare skotu při přepravě. 21. mezinárodní konference „Ochrana zvířat a welfare 2014“, Brno: 139-144.

Šoch, M. (2005): Vliv prostředí na vybrané ukazatele pohody skotu. *ZF JU České Budějovice*, České Budějovice, 288 pp.

Šoch, M., Matoušková, E., Trávníček, J., Novák, P. (2001): Seasonal Dynamics of the Skin Thickness and Reptal Temperature of Dairy Cow in the Hilly Region of Sumava. Bioklimatologické pracovné dni 2001 „Extrémny prostredia (počasie) – limitujúce faktory bioklimatologických procesov“. Medzinárodná vedecká konferenci. Račková dolina, Slovenská republika, 10. – 12. September 2001, 4 p.

Švejdová, K., Šoch, M., Šimková, A., Zábranský, L., Novák, P., Brouček, J., Šimák-Líbalová, K. (2013 a): Measuring the body surface temperature of animals using a thermographic camera. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, 17(2), 99-106.

Švejdová, K., Šoch, M., Šimková, A., Zábranský, L., Smutný, L., Smutná, Š., Čermák, B. (2013 b): Technological Possibilities of Contactless Measuring the Body Surface Temperature. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 46(1), 325-328.

Švejdová, K., Šimková, A., Šoch, M., Zábranský, L., Šimák-Líbalová, K., Švarcová, A., Frejlach, T., Čermák, B. (2015): Relationship of body temperature and welfare of dairy cows. *MendelNet 2015*, 164-168.

Švejdová, K., Šoch, M., Šimková, A., Švarcová, A., Frejlach, T., Zábranský, L., Čermák, B. (2016). Current Options for Measuring the Surface Temperature of Dairy Cattle in a Stable Technology: Review. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 49(1), 194-198.

Talukder, S., Kerrisk, K. L., Ingenhoff, L., Thomson, P. C., Garcia, S. C., Celi, P. (2014): Infrared Technology for estrus detection and as a predictor of time of ovulation in dairy cows in a pasture – based systém. *Theriogenology*, 81: 925-935.

Tangl, H. (1956): Die wärmeregulierende Fähigkeit der Haussiere. *Tierzucht*, 10(12): 418–422.

Terrien, J., Perret, M., & Aujard, F. (2011). Behavioral thermoregulation in mammals: a review. *Frontiers in Bioscience*, 16: 1428-1444.

Timsit, E., Sébastien, A., Quiniou, R., Seegers, H., Bareille, N. (2011): Early detection of bovine respiratory disease in young bulls using reticulo-rumen temperature boluses, *Veterinary Journal*, 190: 136-142.



Toufar, O., Dolejš, J., Hauptman, J. (1991): Vliv stájových teplot -1,0 až -4,1 °C na užitkovost dojnic v modelových podmínkách. *Živočišná výroba*, 36(2): 173-180.

Uzal, S., Urgulu, N. (2008): The effect of climatic condition on area preferences of animals in dairy cattle houses. *Journal of International Rnvironmental Application and Science*, 3: 224-233.

Vadlejch, J., Knížková, I., Makovcová, K., Kunc, P., Jankovská, I., Janda, K., Borkovcová, M., Langrová, I. (2010): Thermal profile of rabbits infected with *Eimeria intestinalis*. *Veterinary Parasitology*, 171: 343-345.

Vácha, M. et al. (2002): Srovnávací fyziologie živočichů. MU v Brně, Brno, 158 pp.

Van Someren, E. J., Raymann, R. J., Scherder, E. J., Daanen, H. A. and Swaab, D. F. (2002): Circadian and age-related modulation of thermoreception and temperature regulation: mechanism and functional implications. *Ageing Research Reviews*, 1(4): 721-78.

Van Someren, E. J. W. (2011): Age-Related Changes in Thermoreception and Thermoregulation, *ResearchGate*, Part 2- Medical Physiology of Aging, Chapter 22: 463-478.

Vaněk, O. (2015): Komparativní studie měření teploty těla různými technologiemi. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Praze, 54 s.

Večeřa, M., Falta, D., Chládek, G., Máchal, L. (2013): The effect of low and high barn temperatures on behaviour and performance of Holstein dairy cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 60(6), 343-350.

Vegrícht, J., Fabianová, M., Šimon, J., Miláček, P., Šoch, M. (2009): Stanovení vlivu teplot prostředí na vybrané mikroklimatické parametry ve variantních systémech ustájení telat. *AgriTech Science [online]*, 3(5): 1-7. Dostupný z WWW: <[www.agritech.cz](http://www.agritech.cz)>

Veissier, I, Aubert, A., Boissy, A. (2012): Animal welfare: A reset of animal background and perception of its environment. *Animal Frontiers*, 2(3): 7-15.

- Vermorel, M., Dardillat, C., Vernet, J., Demigne, C. (1983): Energy metabolism and thermoregulation in the newborn calf. *Annales de Recherches Veterinaires.*, 14(4): 382–389.
- Vicente-Pérez, R., Avendano-Reyes, L., Mejía-Vázquez, Á., Álvarez-Valenzuela, F. D., Correa-Calderón, A., Mellado, M., Meza – Herrera, C. A., Guerra-Liera, J. E., Robinson, P. H. and Macías-Cruz, U. (2016): Prediction of rectal temperature using non-invasive physiologic variable measurements in hair pregnant ewes subjected to natural condition of heat stress. *Journal of Thermal Biology*, 55: 1-6.
- Vianna, D.M.L., Carrive, P. (2005): Changes in cutaneous and body temperature during and after conditioned fear to context in the rat. *European Journal of Neuroscience*, 21: 2505-12.
- Vivoni, E. R., Camilli, R. (2003): Real-time streaming of environmental field data. *Computers and Geosciences*, 29: 457-468.
- Vokřálová, J., Novák, P. (2005). Climatic extremes and lactation (in Czech). *Náš chov*, 9: 40–42.
- Wang, N., Zhang, N. and Wang, M. (2006): Wireless sensors in agriculture and food industry-Recent development and future perspective. *Computers and electronics in Agriculture*, 50: 1-14.
- Wartzek, T., Mühlsteff, J., Imhoff, M. (2011): Temperature measurement. *Biomedical Engineering*, 56(5): 241-257.
- Wassmuth, R., Wallbaum, F., Langholz, H. J. (1999): Outdoor wintering of suckler cows in low mountain ranges. *Livestock Production Science*, 61: 193-200.
- Webster, J. (2009): Životní pohoda zvířat: kulhání k Ráji. *Práh.*, Praha, 291 pp.
- West, J. W. (2003): Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6): 2131-2144.
- West, J.W. (1994): Interactions of energy and bovine somatotropine with heat stress. *Journal of Dairy Science*, 77: 2091-2102.

Wheelock, J. B., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Baumgard, L. H. (2010): Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 93(2): 644-655.

Willits, S. (2005): Infrared thermography for screening and early detection of mastitis infections in working dairy herds. In: Proceedings of Inframation, Las Pegas, USA, p. 1-5.

World Organization for Animal Health (2008): Introduction to the recommendations for animal welfare. Article 7.1.1., p. 235-236 in Terrestrial Animal Health Code 2008. World Organization for Animal Health (OIE), Paris, France.

Zähner, M., Schrader, L., Hauser, R., Keck, M., Langhans, W., Wechsler, B. (2004): The influence of climatic conditions on physiological and behavioural parameters in dairy cows kept in open stables. *Animal Science*, 78: 139-147.

Zejdová, P., Walterová, L., Falta, D., Chládek, G. (2010): Sumer temperatures of cow barn microclimate and their effect on milk production of dairy cows. *MendelNet 2010*, Brno: 362-368.

Zejdová, P., Falta, D., Večeřa, M., Polák, O., Studený, S., Chládek, G. (2011): Effect of air flow rate on resting behavior of dairy cows. *MendelNet 2011*, Brno: 323-329.

Zejdová, P., Chládek, G., Falta, D. (2014): Vliv stájového prostředí na chování a mléčnou užitkovost dojnic. *Mendelova univerzita*, 21 s.

Zelinger, J. (2017): Využití termovize v technice prostředí budov. *Bakalářská práce*, České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum.

Zotti, C., De Toledo, L. M., Oltramari, C., De Miranda, M., S., Ambrosio, L., A. (2011): Infrared thermography as an alternative measurement of thermal comfort in dairy heifers. XV ISAH Congress 2011, Vienna, p. 747-749.

## 10. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Tělesná teplota hospodářských zvířat (Cibulka et al., 2004) .....	8
Tabulka 2: Vybrané skupiny dojnic dle místa a fáze laktace .....	26
Tabulka 3: Průběh snímání teplot pomocí různých teplotních měřidel u krávy s čidlem č. 6 .	33
Tabulka 4: Průběh snímání teplot pomocí různých teplotních měřidel u krávy s čidlem č. 7 .	34
Tabulka 5: Stupně korelační závislosti (Čermáková a Střeleček, 1995).....	35
Tabulka 6: Vliv ochlazovací hodnoty prostředí na skot (Šoch, 2005) .....	35
Tabulka 7: Korelační analýza jednotlivých skupin a vybraných měřených teplot .....	45

## 11. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Čtečky bachorového bolu ( <a href="http://jairoserrano.com">http://jairoserrano.com</a> , 2014).....	19
Obrázek 2: Fungování elektronického identifikačního systému prostřednictvím intraruminální bolu ( <a href="http://m.milkpoint.com">http://m.milkpoint.com</a> , 2016) .....	19
Obrázek 3: Ušní známka „Ear Tag Diagram” (Foulkes et al., 2013).....	19
Obrázek 4: Termosnímek povrchu těla .....	28
Obrázek 5: Termosnímek povrchu oka .....	29
Obrázek 6: Termosnímek povrchu vemene .....	29
Obrázek 7: Schéma způsobu automatického sledování zdravotního stavu zvířete (1-zvíře, 2- identifikační čip, 3- čtečka identifikačních čipů, 4- chovný prostor, 7- sprcha, 9- katateploměr, 10- selekční branka, 13- oddělený chovný prostor (zdroj: Agrosoft) .....	31

## 12. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Průměrné rektální teploty jednotlivých skupin v roce 2013 .....	37
Graf 2: Průměrné rektální teploty jednotlivých skupin v roce 2014 .....	37
Graf 3: Porovnání průměrných tělesných teplot u 1. skupiny (rok 2013).....	38
Graf 4: Porovnání průměrných tělesných teplot u 1. skupiny (rok 2014).....	39
Graf 5: Krabicové diagramy průměrných tělesných teplot u 2. skupiny (rok 2013).....	40

Graf 6: Boxové grafy s průměrnými tělesnými teplotami u 2. skupiny krav (rok 2014).....	41
Graf 7: Porovnání průměrných tělesných teplot u 3. skupiny (rok 2013).....	42
Graf 8: Porovnání průměrných tělesných teplot u 3. skupiny (rok 2014).....	43
Graf 9: Průměrné povrchové teploty za sledovací období 2013-2014.....	44
Graf 10: Lineární průběh průměrných teplot vzduchu, naměřených u 1. skupiny.....	46
Graf 11: Lineární průběh průměrných teplot vzduchu, naměřených u 2. skupiny.....	46
Graf 12: Lineární průběh průměrných teplot vzduchu, naměřených u 3. skupiny.....	47
Graf 13: Lineární průběh průměrné rychlosti proudění vzduchu, naměřené u 1. Skupiny.....	48
Graf 14: Lineární průběh průměrné rychlosti proudění vzduchu, naměřené u 2. skupiny.....	48
Graf 15: Lineární průběh průměrné rychlosti proudění vzduchu, naměřené u 3. Skupiny.....	49
Graf 16: Lineární průběh průměrných ochlazovacích hodnot vzduchu, naměřených u 1. skupiny .....	50
Graf 17: Lineární průběh průměrných ochlazovacích hodnot vzduchu, naměřených u 2. skupiny .....	50
Graf 18 Lineární průběh průměrných ochlazovacích hodnot vzduchu, naměřených u 3. skupiny .....	51
Graf 19: Průměrná užítkovost za rok 2013 .....	52
Graf 20: Průměrná užítkovost za rok 2014 .....	52
Graf 21: Vliv teploty prostředí na povrchové teploty jednotlivých snímaných částí těla zvířat .....	53
Graf 22: Vliv proudění vzduchu prostředí na povrchové teploty jednotlivých snímaných částí těla zvířat.....	54
Graf 23: Vliv ochlazovací hodnoty prostředí na povrchové teploty jednotlivých snímaných částí těla zvířat.....	54
Graf 24: Závislost přístrojem naměřené teploty na čase .....	55
Graf 25: Průběh teplot snímaných různými teplotními měřidly u zvířete s čidlem č. 6 .....	57
Graf 26: Průběh teplot snímaných různými teplotními měřidly u zvířete s čidlem č. 7 .....	57

## 13. SEZNAM VLASTNÍCH PUBLIKOVANÝCH PRACÍ

### *Patent*

AGROSOFT TÁBOR s.r.o. Způsob automatického sledování zdravotního stavu zvířete. Původci: Luboš SMUTNÝ, František KRUPKA, Šárka SMUTNÁ, Miloslav ŠOCH, Luboš ZÁBRANSKÝ, **Kateřina ŠVEJDOVÁ**, Dominik SMUTNÝ, Jan ŠOCH, Aleš LANG. Česká republika. Patentový spis CZ 306 412 B6. 11.01.2017.

### *Recenzované publikace*

**Švejdová, K.**, Šoch, M., Šimková, A., Švarcová, A., Frejlach, T., Zábranský, L., Čermák, B. (2016): Current options for measuring the surface temperature of dairy cattle in a stable technology: review. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 2016, 49, s. 194-198.

**Švejdová, K.**, Šimková, A., Šoch, M., Zábranský, L., Šimák-Líbalová, K., Švarcová, A., Frejlach, T., Čermák, B. (2015): Relationship of body temperature and welfare of dairy cows. *MendelNet 2015*, Brno.

**Švejdová, K.**, Šoch, M., Šimková, A., Čermák, B., Šimák-Líbalová, K., Švarcová, A., Frejlach, T., Jirotková, D. (2015): Body surface temperature of cows in the stable. In: *Šiška et al. (eds): TOWARDS CLIMATIC SERVICES*. Nitra, Slovakia, 15th – 18th September 2015.

**Švejdová, K.**, Šimková, A., Šoch, M., Smutný, L., Smutná, Š. (2015): Housing and welfare of dairy cows. *Episteme 26/2015, t. II. Krakow: Stowarzyszenie Twórców Nauki i Kultury „Episteme”*, s. 265-270.

**Švejdová, K.**, Šoch, M., Šimková, A., Šimák-Líbalová, K. (2014): Tepelné záření jako možný ukazatel zdravotního stavu zvířat, *Zootechnika 2014*, České Budějovice, s. 129-135.

**Švejdová, K.**, Šimková, A., Šoch, M., Šimák-Líbalová, K., Zábranský, L. (2014): The influence of technology housing with regard to thermal comfort, *MendelNet 2014*, Brno, s. 199-203.

**Švejdová, K.**, Šoch, M., Šimková, A. (2014): Ways of measuring body surface temperature of animals using an infrared thermography: A review, *Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2014*, Brno, s. 94-96.

**Švejdová, K.**, Šoch, M., Šimková, A., Zábranský, L., Novák, P., Čermák, B., Pálka, V., Šimák-Líbalová, K. (2013): Vliv tepelného stresu na vnitřní prostředí organismu. *Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2013*, Praha, s. 81-83.

**Švejdová, K.**, Šoch, M., Šimková, A., Zábranský, L., Smutný, L., Smutná, Š., Čermák, B. (2013): Technological possibilities of contactless measuring the body surface temperature. *SCIENTIFIC PAPERS: ANIMAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGIES*. 46, s. 325-328.

**Švejdová, K.**, Šoch, M., Šimková, A., Zábranský, L., Novák, P., Brouček, J., Čermák B., Pálka, V., Šimák-Líbalová, K. (2013): Measuring the body surface temperature of animals using a thermographic camera. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY*. 2013, 2, s. 99-106.

Poborská, A., Šoch, M., Zábranský, L., Smutný, L., Novotná, I., Smolík, P., Frejlich, T., Křížová, Z., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Smutná, Š., Vacek, M. (2016): Monitoring lameness in cattle using the vitalimeter. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 49, s. 249-252.

Šoch, M., Štemberková, J., Zábranský, L., Čermák, B., Suchý, K., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Švarcová, A., Frejlich, T. (2016): The behavioural manifestations of dairy cows in relation to the management system feeding regime. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 49, s. 190-193.

Šimková, A., Šoch, M., **Švejdová, K.**, Zábranský, L., Frejlich, T., Švarcová, A., Čermák, B. (2016): The effect of stable microclimate on milk production of dairy cattle. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 49, s. 186-189.

Šimková, A., Šoch, M., **Švejdová, K.**, Zábranský, L., Frejlich, T., Poborská, A., Frelich, J., Brouček, J., Smutný, L. (2016): Působení stájového mikroklimatu na mléčnou užitkovost dojného skotu. *Výzkum v chovu skotu*, 4, s. 12-16.

Šoch, M., Uherová, J., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Čermák, B., Smutný, L., Smutná, Š., Novotná, I. (2015): Movement activity of cows and their calves on pasture. *XVII INTERNATIONAL CONGRESS ON ANIMAL HYGIENE 2015*. Košice, Slovakia, 7th – 11th June 2015, s. 267-270.

Šimková, A., Šoch, M., **Švejdová, K.**, Čermák, B., Šimák-Líbalová, K., Švarcová, A., Frejlich, T., Jirotková, D. (2015): Light in the stable for dairy cows. In: Šiška et al. (eds.): *TOWARDS CLIMATIC SERVICES*, Nitra, Slovakia, 15th-18th September 2015.

Švarcová, A., Šoch, M., Zábranský, L., Novák, P., Brouček, J., Křížová, Z., Frejlich, T., Smutný, L., Smutná, Š., **Švejdová, K.**, Šimková, A. (2015): Effect of feed supplements on some haematological parameters in the blood of calves. In: Šiška et al. (eds): *TOWARDS CLIMATIC SERVICES*. Nitra, Slovakia, 15th – 18th September 2015.

Šimková, A., **Švejdová, K.**, Šoch, M., Smutný, L., Smutná, Š. (2015): The effect of summer temperatures on behavior of holstein dairy cows. *Episteme 26/2015, t. II. Krakow: Stowarzyszenie Twórców Nauki i Kultury „Episteme“*, s. 253-258.

Šoch, M., Zábranský, L., Čermák, B., Novák, P., Brouček, J., Suchý, K., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Švarcová, A., Frejlich, T., Benda, M. (2015): Parameters in blood of calves in relation to environmental conditions. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 48, s. 211-215.

Frejlich, T., Šoch, M., Frelich, J., Zábranský, L., Švarcová, A., Křížová, Z., Novotná, I., **Švejdová, K.**, Šimková, A., Kala, R. (2015): Evaluation of selected effects on milk production and fertility in holstein dairy cattle. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 48, s. 272-275.

Šimková, A., Šoch, M., **Švejdová, K.**, Šimák-Líbalová, k., Smutný, L., Smutná, Š., Čermák, B., Novotná, I. (2015): The effect of air temperature on yield of Holstein dairy cattle. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 48: 279-282.

Švarcová, A., Šoch, M., Zábranský, L., Křížová, Z., Frejlach, T., Novák, P., Brouček, J., Smutný, L., Smutná, Š., **Švejdová, K.**, Šimková, A. Influence of feed supplements to selected microelements in the blood calves. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 2015, 48, s. 216-219.

Zábranský, L., Šoch, M., Pániková, M., Novák, P., Brouček, J., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Švarcová, A., Frejlach, T., Čermák, B. (2015): Use of natural feed supplements that help to improve health status of calves. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 48, s. 57-60.

Šoch, M., Novák, P., Miláček, P., Zábranský, L., Čermák, B., Pazderková, L., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Švarcová, A., Frejlach, T. (2015): Význam změn mikroklimatu během ročního období na tloušťku kožní řasy. *Aktuální otázky bioklimatologie 2015*, Brno, s. 74-77.

Švarcová, A., Šoch, M., Zábranský, L., Novák, P., Křížová, Z., Frejlach, T., **Švejdová, K.**, Šimková, A. (2015): Vliv probiotik, prebiotik a homeopatik na vybrané mikroprvky v krvi telat. *Aktuální otázky bioklimatologie 2015*, Brno, s. 82-84.

Zábranský, L., Šoch, M., Novák, P., Lád, F., Maršálek, M., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Frejlach, T. (2015): Vliv krmných aditiv na výskyt oocyst kokciidií v zažívacím traktu bažantů. *Aktuální otázky bioklimatologie 2015*, Brno, s.103-104.

Šimková, A., Smutný, L., Krupka, F., Švejdová, K., Šoch, M. (2015): Stájové mikroklima. *Automa*, 7: 12-15.

Zábranský, L., Šoch, M., Šíp, P., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Čermák, B., Petrášková, E., Maršálek, M. (2014): Influence of selected feeding supplements on the occurrence of coccidias in digestive tract of pheasants. *Scientific papers: Animal Science and Biotechnologies*, s. 347–351.

Novotná, I., Šoch, M., Smutný, L., Smutná, Š., Zábranský, L., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Švarcová, A., Frejlach, T. (2014): Control of cattle with improved software Czech. *Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2014*, Brno, s. 61–63.

Zábranský, L., Šoch, M., Šíp, M., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Švarcová, A., Frejlach, T., Novotná, I. (2014): Influence of selected feeding supplements on the occurrence of oocysts coccidias in digestive tract of pheasants. *Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2014*, Brno, s. 122-124.

Šimková, A., Šoch, M., **Švejdová, K.**, Zábranský, L., Šimák-Líbalová, K. (2014): The influence of the intensity of daylight on conception rate and consumption of insemination doses in dairy cows and heifers. *Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2014*, Brno, s. 88-90.



Zábranský, L., Šoch, M., Pániková, M., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Čermák, B. (2014): Možnosti využití potravních doplňků v prevenci a péči o zdraví telat. *Lazarove dni výživy a veterinární dietetiky XI. 2014/Medzinárodná vedecká konferenci*, Košice, s. 202-205.

Šimková, A., **Švejdová, K.**, Šoch, M., Šimák-Líbalová, K., Zábranský, L. (2014): Effect of cattle stable environment in terms of welfare. *MendelNet 2014*, Brno, s. 192-195.

Šimák-Líbalová, K., Šoch, M., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Pálka, V., Zábranský, L., Čermák, B. (2013): The influence of parasitic infection on the blood count of the extensively reared sheep. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY*, 2: 145-151.

Ingvortová, M., Čermák, B., Zábranský, L., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Šoch, M. (2013): Effects of flax seed supplementation to lactating goats on milk fatty acid content. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY*, 2: 21-28.

Šimková, A., Šoch, M., **Švejdová, K.**, Zábranský, L., Novák, P., Brouček, J., Čermák, B., Pálka, V., Šimák-Líbalová, K. (2013): Effect of the new technology of cattle housing Warerbeds on comfort, health and milk production. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY*, 2: 37-46.

Šoch, M., Fiala, O., Šťastná, J., Brouček, J., Tejml, P., Smutný, L., Smutná, Š., Čermák, B., Zábranský, L., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Raabová, M., Pálka, V. (2013): Assessment of the impact of automatic milking on the selected parameters of dairy cows welfare. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY*, 2: 69-76.

Zábranský, L., Šoch, M., Novák, P., Brouček, J., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Čermák, B., Jirotková, D., Pálka, V. (2013): Utilization possibilities of prebiotics and probiotics in prevention technology. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY*, 2: 121-127.

Šimková, A., Šoch, M., **Švejdová, K.**, Zábranský, L., Smutný, L., Smutná, Š., Čermák, B. (2013): Options of microclimate optimization in stable objects with respect to thermal comfort. *SCIENTIFIC PAPERS: ANIMAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGIES*, 46:321-324.

Šoch, M., Vydrová, P., Brouček, J., Suchý, K., Smutný, L., Smutná, Š., Čermák, B., Zábranský, L., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Škeřík, V. (2013): Relationship between copper and zinc content in the soil and plants and their consequent content in blood and excrements of cattle and sheep under various forms of breeding. *SCIENTIFIC PAPERS: ANIMAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGIES*, 46: 316-320.

Zábranský, L., Šoch, M., Pazderková, L., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Smutný, L., Smutná, Š., Šťastná, J., Čermák, B., Škeřík, V. (2013): The effect of selected dietary supplements on the occurrence of coccidia in the alimentary tract of chicken. *SCIENTIFIC PAPERS: ANIMAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGIES*, 46: 40-44.

Smutný, L., Smutná, Š., Kindlová, J., Šoch, M., Zábranský, L., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Čermák, B., Škeřík, V. (2013): The usage of information technology for evaluation of animal welfare. *SCIENTIFIC PAPERS: ANIMAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGIES*, 46: 206-208.

Zábranský, L., Šoch, M., Pazderková, L., Šimková, A., **Švejdová, K.**, Petrášková, E., Šimák-Líbalová, K. (2013): Vliv probiotik a homeopatic na výskyt kokcidií v trávicím traktu kuřat. *Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2013*, Praha, s. 104-105.

Šimák-Líbalová, K., Šoch, M., Pálka, V., Zábranský, L., Šimková, A., Švejdová, K., Čermák, B. (2013): Vybrané hematologické a biochemické parametry krve ovcí chovaných v podmínkách podhorských oblastí Jihočeského kraje. *Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2013*, Praha, s.69-71.

Šimková, A., Šoch, M., Švejdová, K., Zábranský, L., Šimák-Líbalová, K., Pálka, V., Čermák, B. (2013): Vliv stresových podmínek prostředí na zdravotní stav zvířat. *Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2013*, Praha, s. 72-74.

### ***Databáze Web of Science***

**Švejdová, K.**, Šimková, A., Šoch, M., Zábranský, L., Šimák-Líbalová, K., Švarcová, A., Frejlich, T., Čermák, B. (2015): Relationship of body temperature and welfare of dairy cows. *MendelNet 2015*, Brno.

**Švejdová, K.**, Šimková, A., Šoch, M., Šimák-Líbalová, K., Zábranský, L. (2014): The influence of technology housing with regard to thermal comfort, *MendelNet 2014*, Brno, s. 199-203.

Šimková, A., **Švejdová, K.**, Šoch, M., Šimák-Líbalová, K., Zábranský, L. (2014): Effect of cattle stable environment in terms of welfare. *MendelNet 2014*, Brno, s. 192-1

## 14. PŘÍLOHY

### Příloha č. 1 Měřicí zařízení



Foto č. 1 Rektální teploměr (Foto: Šimková, 2013)



Foto č. 2, 3 Termokamera TESTO 875



**Foto č. 4** Bezkontaktní teploměr ThermoFocus



**Foto č. 5** Infračervený teploměr VOLTcraft



**Foto č. 6** Identifikační čip

## Příloha č. 2 Snímání a kalibrace



**Foto č. 7** Snímání čidla



Foto č. 8 Snímání čidla a měření rektální teploty



Foto č. 9,10 Kalibrace teploměru