



## CERTIFIKOVANÁ METODIKA

---

**Bezkontaktní termovizní identifikace zvířat  
se změněnou teplotou v důsledku  
nebezpečné nákazy**

**MVDr. Jan Bernardy, Ph.D.  
doc. MVDr. Pavel Novák CSc.  
MVDr. Nikola Hodkovicová  
Ing. Kamil Šťastný, Ph.D.**

Bezkontaktní termovizní identifikace zvířat se změněnou teplotou v důsledku nebezpečné  
nákazy

VH20192020044

Bezpečnostní výzkum Ministerstva vnitra ČR

Uvedená certifikovaná metodika je vedena pod č. CM 136/2020 a je výstupem projektu č.  
VH20192020044 programu Bezpečnostní výzkum, vyhlášeného Ministerstvem vnitra ČR  
*Osvědčení o uplatnění certifikované metodiky vydala: SVS/2021/005967-G*  
*Vydala Státní veterinární správa 23.12.2020*

**Brno 2020**

ISBN 978-80-88233-98-5  
CM 136/2020

Brno, 1.12.2020

## Uplatněná certifikovaná metodika

### Bezkontaktní termovizní identifikace zvířat se změnou teplotou v důsledku nebezpečné nákazy

Obsah:

<b>Úvod</b>	<b>3</b>
<b>I. Cíl metodiky</b>	<b>4</b>
<b>II. Vlastní popis metodiky</b>	<b>9</b>
a) PRASATA	9
b) VOLNĚ ŽIJÍCÍ ZVÍŘATA – PRASE DIVOKÉ	13
c) SKOT	15
d) DRŮBEŽ	17
e) VČELY	19
f) SOUHRN	22
<b>III. Srovnání „novosti postupů“</b>	<b>23</b>
<b>IV. Popis uplatnění certifikované metodiky</b>	<b>23</b>
<b>V. Ekonomické aspekty</b>	<b>23</b>
<b>VI. Seznam použité literatury</b>	<b>25</b>
<b>VII. Seznam publikací, které předcházejí metodice</b>	<b>31</b>
<b>VIII. Obrazové přílohy</b>	<b>34</b>
a) Prasata	34
b) Prase divoké	36
c) Skot	37
d) Drůbež	42
e) Včely	44

Oponentní posudky zpracovali:

1. Prof. MVDr. František Tremel CSc., přednosta Ústavu infekčních chorob a mikrobiologie, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno
2. MVDr. Richard Wallo, odborný rada, Oddělení pro řešení krizových situací Odboru ochrany zdraví a pohody zvířat, Ústřední veterinární správa SVS Praha

Certifikovanou metodiku vypracovali: MVDr. Jan Bernardy, Ph.D., doc. MVDr. Pavel Novák CSc., MVDr. Nikola Hodkovicová a Ing. Kamil Šťastný, Ph.D.

## Úvod

Infračervená termografie (IRT) patří mezi významné součásti moderního bezdotykového měření teploty zvířat a lidí. Jedná se o moderní, neinvazní a bezpečnou metodu zobrazování teplotního profilu sledovaných objektů. Termovize patří mezi významné součásti moderního bezdotykového měření teploty.

Při měření se vychází ze skutečnosti, že všechna tělesa, jejichž teplota je vyšší nežli absolutní nula (tj. 0,0 K / -273,15 °C), tvoří tepelné zářiče v infračervené části spektra. Vyzářovanou energii (záření) zachycují speciální termografické kamery, tzv. termokamery, které jsou schopné detekovat i malé změny teplot. Tyto kamery tak vizualizují vlnové délky záření, které jsou pro lidské oko neviditelné. Tato sofistikovaná metoda už našla uplatnění například ve stavebnictví, energetice, u složek integrovaného záchranného systému. Postupně se začíná prosazovat i v humánní a veterinární medicíně.

Jako jedna z diagnostických metod je rozšířená nejen v rámci vědeckovýzkumné práce, ale prosazuje se dále jako jedna z rutinních vyšetřovacích metod. Přestože se její diagnostické možnosti postupným vývojem přístrojů neustále rozšiřují, její využitelnost se zatím pohybuje okolo 75 %<sup>1</sup>. Příčinou nejednotných výsledků jsou rozdíly v metodice a v interpretaci<sup>2,3</sup>. Ve prospěch IRT však hovoří neinvazivnost, jednoduchost, absolutní bezpečnost pro zvíře i obsluhu, jako i v současnosti již poměrně nízká pořizovací cena zařízení.

V chovech hospodářských zvířat se IRT aplikuje jako nástroj pro diagnostiku onemocnění pohybového aparátu, detekci říje a plodnosti samců, diagnostiku březosti a stavu mléčné žlázy. Metodou se dá hodnotit také tělesná kondice a chování zvířat. U volně žijících zvířat k tomu přistupuje navíc i možnost vyhledávání zvířat a odhad velikosti populace

U horečnatých onemocnění dochází ke zvýšení teploty kůže v různých fázích nemoci. Proto je možné využívat sledování distribuce povrchové teploty u zvířat v rámci diagnostiky onemocnění různých věkových kategorií a druhů zvířat (např. BVD, BRDC, SLAK, Bluetongue, tuberkulóza aj). To umožní izolaci nemocných jedinců ještě před vývojem klinických příznaků, a tím omezí šíření infekce. Soerensen et Pedersen<sup>4</sup> prokázali vysoké korelace mezi rektální teplotou a teplotou kůže v oblasti ušní báze, očí a mléčné žlázy při analýze vzájemných vztahů mezi teplotou kůže, okolní a tělesnou teplotou.

IRT může být užitečným nástrojem také pro hodnocení tepleného stresu a termoregulace jako indikátoru úrovně welfare (dobrých životních podmínek) chovného prostředí v chovech hospodářských zvířat. V průběhu působení akutního (krátkodobého) i chronického (dlouhodobého) stresu dochází k rychlým fyziologickým změnám rozložení průtoku krve v organismu, kdy je krev směřována z oblastí periferie do tělesného jádra. Tím dochází k zahřátí tělesného jádra a lokálnímu ochlazení v oblasti pokožky. Byla prokázána pozitivní lineární korelace mezi termografií a měřením teploty, indexy tepelné pohody a radiací, což naznačuje, že IRT může být použita jako nástroj pro odhad a monitorování mikroklimatu a tepelné pohody zvířat. Další možnost využití termografie je např. na jatkách při hodnocení kvality vepřového masa a surové šunky. Tato metoda je založena na měření povrchové teploty prasat na porážecí lince za účelem vyhodnocení vlivu podmínek prostředí bezprostředně před jejich porážkou s predikcí kvality vepřového masa.

Při vyhledávání a pozorování volně žijících zvířat včetně odhadu velikosti populace není cílem IRT měření přesné teploty povrchu jejich těla, vzhledem k větší vzdálenosti se zvířata na termogramu jeví jako teplé skvrny na tmavém a chladném pozadí, což je dostačující pro potvrzení jejich přítomnosti v dané lokalitě. A v případě, že některá z pozorovaných zvířat ve skupině vykazují vyšší teplotu, je možno předpokládat, že se bude jednat o zvířata s narušeným zdravotním stavem (např. v případě ohnisek s výskytem Afrického moru prasat u černé zvěře).

## I. Cíl metodiky

Cílem studie bylo posouzení využitelnosti infračervené termografie a termokamer pro diagnostické účely v rámci epizootické surveillace u hospodářských i volně žijících zvířat, případně jako další metoda rutinní diagnostiky při rozhodování o nemocnosti zvířat, při výběru zvířat, vhodných pro odebrání vzorků (krve, tkání, cílené mikrobiologické, resp. virologické vyšetření apod.) a rovněž při sledování dobrých životních podmínek hospodářských zvířat.

### **Výhody používání IRT:**

- možnost bezkontaktního, rychlého, přesného měření teploty; bezstresově a bez excitace;
- omezení rizika šíření infekce, nedochází k přímému kontaktu s nemocným jedincem;
- zobrazení povrchové teploty celého těla zvířete nebo jeho určitých oblastí včetně srovnání s dalšími zvířaty;

- relativně snadná realizace měření; snižuje riziko pro obsluhu – měření teploty povrchu zvířat probíhá z bezpečné vzdálenosti; možnost měření teploty pohybujících se zvířat;
- měření je realizovatelné i v těžko dostupných, resp. rizikových oblastech;
- vizuální zobrazení povrchové teploty v kódování šedé nebo barevné škály;
- zaznamená i velmi rychlé změny teploty; proto již minimální odchylky teploty mohou být v některých případech významným ukazatelem narušení zdravotního stavu;
- přesnost a rychlost měření – schopnost detekce změny teploty  $<0,05$  °C a odezva na změnu teploty řádově v milisekundách;
- software umožňuje vyhodnocení teploty v určité oblasti obrazu včetně stanovení minimální, maximální hodnoty, současně pro vyhodnocovanou oblast vypočítá průměrnou teplotu a směrodatnou odchylku;
- možnost uložení obrazu a pozdějšího zpracování naměřených hodnot teploty v celém obrazu.

#### **Nevýhody a možné problémy a rizika IRT:**

- nejistota měření způsobená vlivy vnějšího prostředí – okolní teploty, vlhkosti a proudění vzduchu a nastavením nesprávné emisivity;
- hodnoty povrchové teploty je možno použít při srovnávání teplot zvířat ve skupině, získané při jedné návštěvě chovu, za stejných podmínek;
- znečištění povrchu těla zvířete bahnem, exkrementy či močí mohou způsobit odchylky získaných hodnot;
- nevhodný úhel měření: termovizní technikou je potřeba mířit na zvíře co nejvíce kolmo, max. do sklonu 60° jinak dochází k výrazným odchylkám od reálných hodnot;
- pokud se teplota pozadí či okolního prostředí blíží povrchovým teplotám zvířete, dochází ke zkreslení dat, což může být problémem u venkovního ustájení v letních měsících;
- rozdílná vzdálenost měření mezi jednotlivými kusy ve skupině může imitovat odchylky i v případech, kdy je jejich povrchová teplota totožná;
- při expozici oční sliznice laserovému paprsku může dojít k jejímu poškození, při měření v oblasti oka je nutno vypnout laserový ukazatel.

### Faktory, které mohou ovlivnit výsledky IRT měření:

- **Emisní faktor lidské kůže** je cca 0,98, kůže zvířat cca 0,93-0,98, v závislosti na množství (hustotě) a délce srsti; pro kůži savců je akceptovatelná emisivita do 1,0.
- **Vlastnosti okolních povrchů** – při měření je třeba se vyhnout lesklým kovovým povrchům a sklům.
- **Odražená teplota** – pokud povrch měřeného objektu odráží větší část záření, je vlastní záření tělesa tímto odrazem značně kontaminováno; termokamery umožňují kompenzovat vliv odraženého záření tím, že do jejich softwaru je zadána teplota odražené plochy.
- **Efekt chladné hrany** – při detekci radiace infračervenými kamerami dochází na termogramu objektu se zakřiveným povrchem k chybám detekce ve srovnání s plochými povrchy. To vede k efektu tzv. chladné hrany, viditelném na termogramech zvířat. U povrchu s emisivitou 0,98 (povrch těla většiny zvířat) je související teplotní chyba nezávislá na pozorovacím úhlu do 30°, při úhlu pozorování 30–70° se zvyšuje z 0,5 na 3 °C a při pozorovacím úhlu nad 70° je větší než 4 °C.
- **Vzdálenost od objektu** – v případě určování specifických míst se změnou teplotou povrchu (tepelných ztrát) lze IRT měření provádět ze vzdálenosti <1 m od měřeného objektu, v případě studia velikosti populací velkých savců (na pastvě) potom ze vzdálenosti  $\geq 100$  m. V rámci jedné studie by vzdálenost od měřeného objektu měla být, pokud možno stejná; vzdálenost od měřeného objektu by neměla větší než několik metrů, jinak hrozí limitující atmosférická permeabilita a následující záření vydávané zvířetem je minimální.
- **Vztah teploty objektu a teploty okolí** – při měření teploty objektu s vyšší teplotou povrchu těla, než je teplota okolního vzduchu, bude měřený údaj s jeho vzdáleností od kamery exponenciálně klesat – záření emitované objektem je vzduchem pohlcováno a současně sílí vliv záření vzduchu samotného. Naopak, pokud budeme měřit teplotu objektu, jehož povrchová teplota je nižší než teplota okolí, bude rostoucí vzdálenost způsobovat nárůst naměřených hodnot. IRT zobrazuje pouze teplotu povrchu těla (kůže, srsti, peří), která je odrazem teploty hlubších tkání.

- **Rušivé zdroje záření** – jsou při měření v ustájovacích objektech okna, topení, chlazení, zařízení vyvolávající proudění vzduchu (otevřená okna, ventilátory, klimatizace).
- **Extrémní klimatické podmínky při měření v exteriéru** – vysoká teplota (sluneční záření), relativní vlhkost (děšť, sněžení) a rychlost proudění vzduchu (vítr), zvýšená prašnost prostředí.
- **Při měření v uzavřených objektech** (objekty pro ustájení zvířat) ovlivňují IRT přirozené (okolní zvířata) nebo umělé (žárovky, infralampy, lokální i celkové vytápění) tepelné zdroje, zařízení pro ochlazování vzduchu a zvířat (mlžení) průvan.
- **Změna vlhkosti vzduchu a okolních povrchů** v případě konstantní teploty prostředí v místě měření má vliv na hodnoty IRT.
- **Teplotní extrémny** negativně ovlivňují teplotu povrchu těla, optimální rozmezí teploty okolo objektů pro IRT sledování je +10 až +25°C (horní hranice by neměla překročit teplotu, při které se zvířata s potními žlázami (např. koně) začínají potit).
- **Mokrý povrch těla a jeho znečištění** mění termogram.
- **Stres** vyvolaný např. zvýšenou pohybovou aktivitou a neklidem zvířat v průběhu měření může ovlivnit IRT, proto by minimálně 2 hodiny před měřením zvířata neměla být vystavena intenzivní zátěži.
- **Vliv osrstěného a neosrstěného povrchu těla** – dlouhá a hustá srst/peří absorbuje vyzařované teplo a blokuje detekci energie snímané infračervenou kamerou; pokožka pokrytá srstí/peřím nebude schopna zajistit reálný záznam teploty tak, jako pokožka bez srsti. Zvířata s hustou srstí (ovce) budou na termogramu hůře viditelná než zvířata bez osrstění (prasata), stejně tak i neosrstěná místa na těle vykazují rozdílnou povrchovou teplotu; rozdíly v termogramech bude možné zjistit i v případě slehlé a zježené srsti savců a slehlého a načepýřeného péřového pokryvu ptáků.
- **Barva kůže/srsti** - např. u černostrakatého skotu jsou černé oblasti těla obecně teplejší než sousední bílé oblasti. To je nezbytné odlišit od zánětlivého procesu v dané oblasti.
- **Úroveň znečištění srsti/peří** má vliv na povrchovou teplotu těla.



- **Tepelná stopa** – u zvířat, které před měřením ležely v místě kontaktu s podlahou nebo po kontaktu se sousedními zvířaty nebo člověkem, postroje, obvazy nebo bandáže by měly být sejmuty cca 20 minut před měřením.
- **Výška podkožního tuku** snižuje tepelné ztráty z povrchu kůže.
- **Věk zvířat** ovlivňuje teplotu oční orbity měřenou IRT. Se zvyšujícím se věkem jedince se teplota oka snižuje.
- **Aplikace některých léčiv** má vliv na průtok krve tkáněmi nebo orgány (perfuzi); např. steroid, alfa2 agonisté, vasoaktivní látky, opiáty, popř. některé způsoby aplikace (transdermální) by měly být vynechány 24 hodin před měřením.
- **Cirkadiální, infradiální a ultradiální rytmy zvířat** mají vliv na povrchovou teplotu těla, proto by IRT měření v rámci jedné studie měly být realizovány vždy ve stejnou dobu. Např. skot vykazuje cirkadiální rytmus s minimem ráno a maximem odpoledne.

### Prezentace výsledků měření

Podklady pro certifikovanou metodiku termovizního zobrazování povrchové teploty těla zvířat byly v experimentální části zaznamenávány s přesností na jedno desetinné místo a byly při nich ověřeny změny povrchové teploty zvířat s ohledem na různé podmínky ukazatelů tepelné pohody prostředí (teploty prostředí, relativní vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu) a jejich srovnání s rektální teplotou. Dále pak byla prováděna měření u jednotlivých druhů a kategorií zvířat v terénních podmínkách za běžných ustájovacích podmínek<sup>5</sup> (pokud není v textu uvedeno jinak), zpravidla pomocí termokamery Testo 872 a infračerveného teploměru PTIA1. Měření bylo u většiny měření uskutečněno s max. odstupem 2 metry (pokud není uvedeno jinak). Technika byla namířena kolmo na měřený objekt. Manuálně byla nastavena emisivita a teplotní stupnice (viz Tabulka 1).

*Tabulka 1. Testované typy termovizní techniky a nastavení podmínek měření objektu (manuálně).*

Typ termovizní techniky	Emisivita	Teplotní stupnice
<b>Testo 872</b>	0,96 – 0,98	30 – 42 °C
<b>PTIA1</b>	nelze	nelze

## II. Vlastní popis metodiky

### a) PRASATA

#### 2. Materiál a metodika

Bylo provedeno měření teploty pomocí IRT u prasat pro účely epizootologické diagnostiky k usnadnění výběru zvířat se zvýšenou teplotou a výběru zvířat pro podrobnější testování (měření rektální teploty, odběry vzorků apod.). Byla srovnávána různá místa povrchu těla prasat a jako optimální pro IRT byla zvolena následující místa s poměrně konstantním rozdílem od hodnot rektální teploty, která zároveň vykazují snadnou dostupnost a nižší riziko znečištění.

- za uchem (retroaurikulárně),
- oblast očníce (okula),
- oblast hřbetu (L1-L4)

Velmi konstantní výsledky poskytuje měření zevního zvukovodu prasete (tympaniálně), nicméně je dostupné nekontaktně pouze u některých druhů prasat, z krátké vzdálenosti a pouze z jednoho úhlu. Proto zde neuvádíme tympaniální hodnoty jako standardní metodu měření.

Při měření povrchové teploty prasat je nutno zohlednit minimálně věk jedince, proto jsme rozdělili získaná měření pro větší jednoduchost do dvou kategorií:

a) odstavené sele, dochov (do 25 kg)

b) dospělec – výkrmové prase, prasnice, kanec.

#### 3. Výsledky

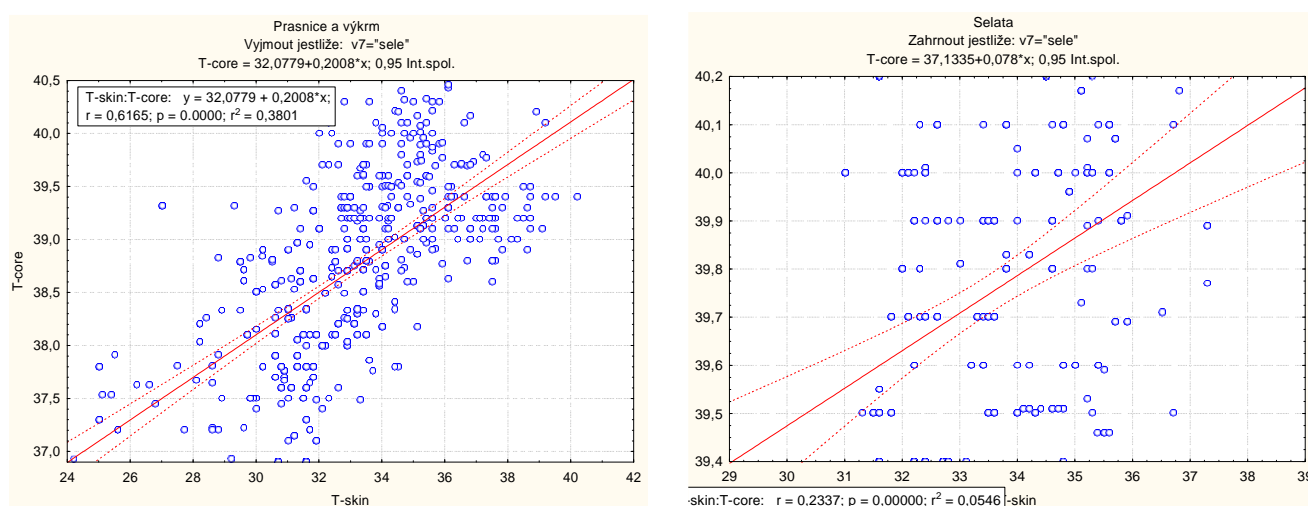
Jako průměrná fyziologická hodnota povrchové teploty u výkrmových prasat a prasníc byla zjištěna povrchová teplota  $T_s$  34,2 °C v oblasti za uchem a 32,5 °C na hřbetě v oblasti beder. U selat do 25 kg byla teplota 36,2 °C za uchem a v 35,2 °C na hřbetě.

Tabulka 2: Průměrná teplota (průměr ± SD) ve zvolených místech RA (za uchem) a L1 - L4 (hřbet kaudálně) u selat a prasníc.

Kategorie	T rektální (°C)	$T_s - RA$	$T_s - L1-4$
Selata (n=91)	39,72 ± 0,51	36,20 ± 0,65	35,20 ± 0,75
Prasnice (n=119)	37,61 ± 0,33	34,20 ± 0,65	32,47 ± 0,77

Ze sumarizovaných výsledků byly pro jednoduchost vytvořeny dva bodové grafy, jeden pro prasnice a výkrmová prasata a druhý pro selata o hmotnosti cca do 25 kg, ze kterých lze odečíst a odhadnout podle teploty povrchu teplotu jádra (rektální teplotu). Jedná se vždy o orientační údaj, neboť všichni autoři se shodují s našimi zjištěními, tj. že pro správné klinické rozhodnutí o jednotlivém zvířeti je nutno odečíst rektální teplotu.

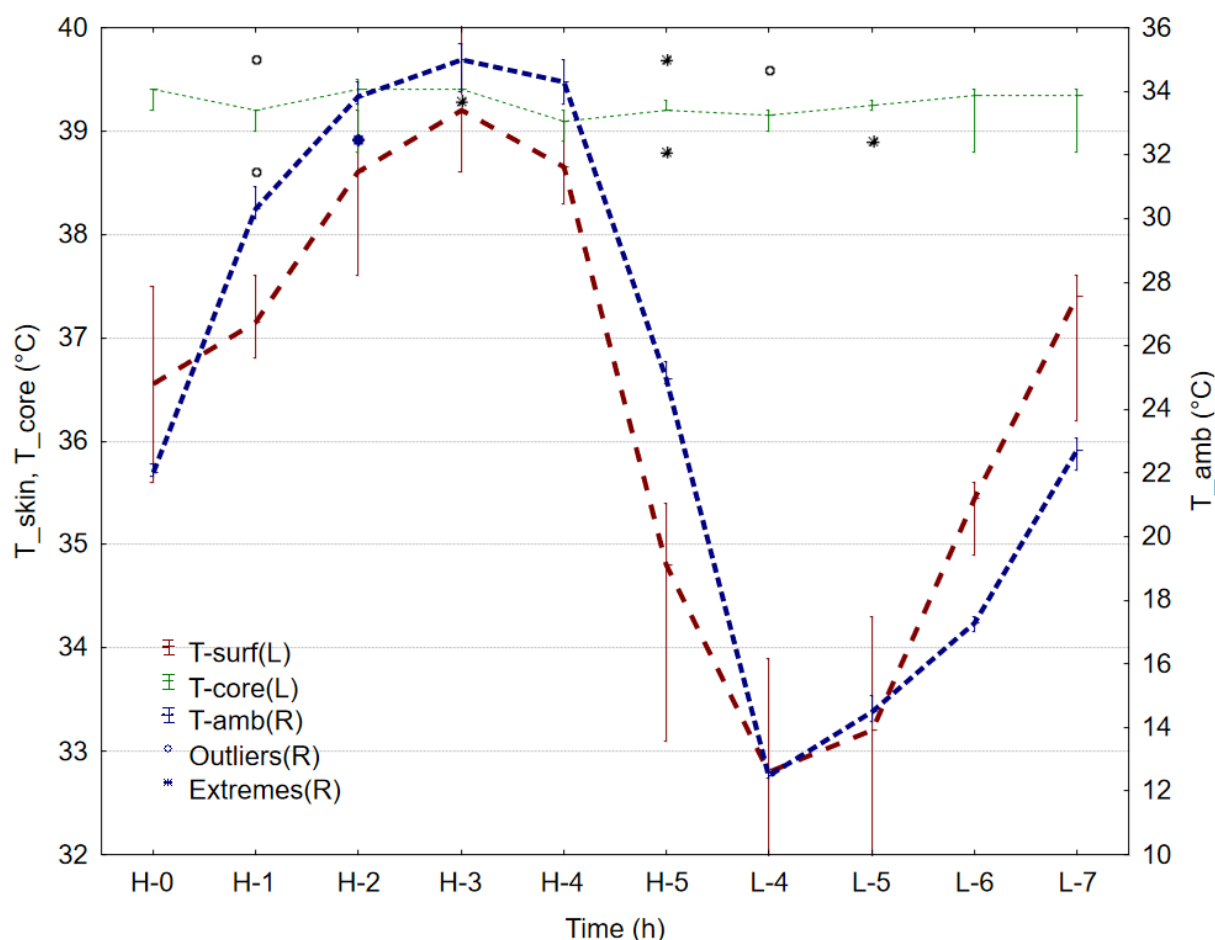
Obrázek 1. Bodový graf vztahu rektální a povrchové teplota u prasnice a u selete



Byly posouzeny vzájemné vztahy (korelace) mezi rektální teplotou  $T_{core}$ , teplotou kůže  $T_{skin}$ , teplotou prostředí  $T_{amb}$  (vše ve  $^{\circ}C$ ) a relativní vlhkostí prostředí  $RH$  (%) na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Pro posouzení korelací mezi jednotlivými parametry byly vypočteny korelační koeficienty – Párové korelační koeficienty a Spermanovy korelační koeficienty, které jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 3). Grafická závislost měřených teplot ( $^{\circ}C$ ) a relativní vlhkostí prostředí měřených při daných experimentálních podmínkách je zobrazena graficky (Obrázek 2).

Tabulka 3: Korelační koeficienty pro  $T_{core}$ ,  $T_{skin}$ ,  $T_{amb}$  a HR (statisticky významné korelace jsou vyznačeny tučným písmem,  $P < 0,05$ ).

Korelace	Párová korelace	Spearmanova korelace
T-core - T-skin	0,15766	0,08424
T-core - T-amb	0,07524	0,12343
T-core - RH (%)	-0,04942	0,05829
T-skin - T-amb	<b>0,60475</b>	<b>0,70560</b>
T-skin - RH (%)	<b>0,63142</b>	<b>0,48936</b>



Obrázek 2: Povrchová teplota prasete při změnách okolní teploty mimo oblast tepelné pohody

**Závěr validace:** Statisticky významná korelace ( $P < 0,05$ ) byla prokázána mezi teplotou povrchu prasete ( $T_{skin}$ ) vs. teplotou prostředí ( $T_{amb}$ ) a relativní vlhkostí prostředí (RH) za experimentálních podmínek měření termokamerou. Naopak nebyla prokázána statisticky

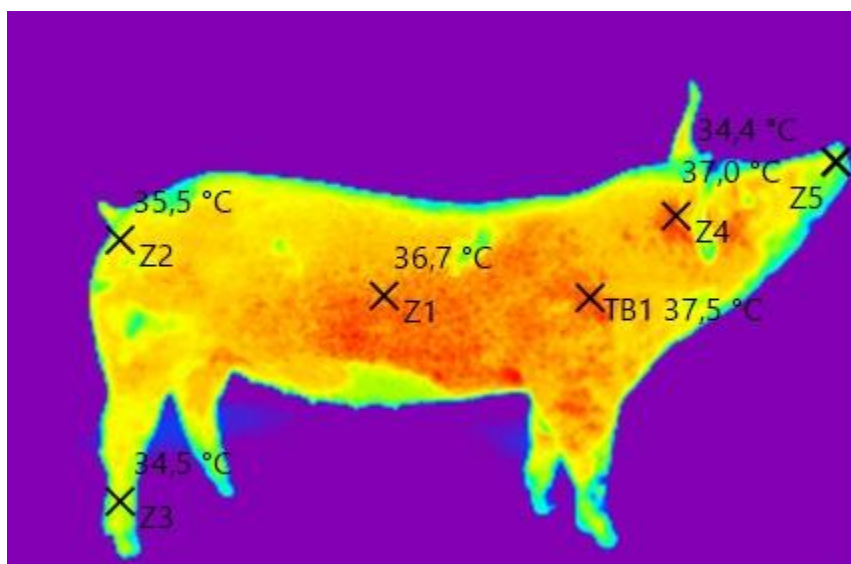
významná korelace mezi rektální teplotou prasete ( $R_{core}$ ) vs. teplotou povrchu prasete, teplotou prostředí a relativní vlhkostí prostředí.

Při měření a vyjádření „absolutní“ hodnoty měřené povrchové teploty prasete pomocí IR-kamery je nutno s touto závislostí na teplotě prostředí a relativní vlhkosti počítat a provést korelaci, například pomocí vyjádření grafické závislosti (Obrázek 2).

#### 4. Závěr

Zjištění zvýšené teploty na povrchu těla prasete srovnáním s ostatními prasaty ve skupině je možné pomocí IR měřicí techniky. Je možné je použít i v případě nebezpečných nákaz. Jako nejvhodnější místo k detekci změn teploty se ukázala oblast za uchem, případně na hřbetě v oblasti beder (L1 – L4).

Výsledné hodnoty byly zahrnuty do zjednodušeného schématu a přiřazeny k oblastem na termosnímku prasete (Obrázek 3).



Obrázek 3: Schéma rozložení povrchové teploty u prasete (měřeno termokamerou Testo 872).

## *b) VOLNĚ ŽIJÍCÍ ZVÍŘATA – PRASE DIVOKÉ*

Pozorování volně žijících zvířat je spojeno s mnoha problémy, mimo jiné z důvodu jedinečných biologických a behaviorálních vlastností různých druhů, jako je noční aktivita, využívání úkrytů, ochranné zbarvení a vysoká úroveň bdělosti. Využití IRT umožní dosažení výsledků, které není možné získat žádnou jinou metodou, např. sledování zdravotního stavu volně žijících zvířat. V rámci testování termovizní techniky bylo provedeno měření u prasete divokého.

### 1. Materiál a metodika

Byli měřeni tři jedinci – bachyně, z nichž u dvou bylo prokázáno zvýšení tělesné teploty. Měření bylo provedeno termovizní technikou (kamera Flir E5), hodnoty byly odečítány v místě nejvyšší tělesné teploty – na hlavě, resp. za uchem (viz Příloha) po 15 minutách po dobu 75 minut. Měření bylo provedeno ze vzdálenosti až 10 m. Vnější teplota byla mezi +1 až +2 °C, teplota povrchu země byla pod -10 °C, oblačno až zataženo, proudění vzduchu 3 až 7 m/s.

### 2. Výsledky

Bylo zjištěno, že dvě bachyně vykazují zvýšení tělesné teploty o 2 až 3 °C (Tabulka 3) a rozdíl je měřitelný pomocí termovizní techniky. Hodnoty lze odečíst na hlavě, resp. za uchem při dostatečném přiblížení na vzdálenost jednotek metrů (pro větší vzdálenost by bylo nutno použít kameru s vyšším rozlišením). Pro srovnávací měření je nutné upravit teplotní škálu na rozdíl cca 4 °C, aby byly patrné rozdíly mezi jednotlivými zvířaty.

*Tabulka 4. Hodnoty povrchové teploty prasete divokého při jednorázovém měření.*

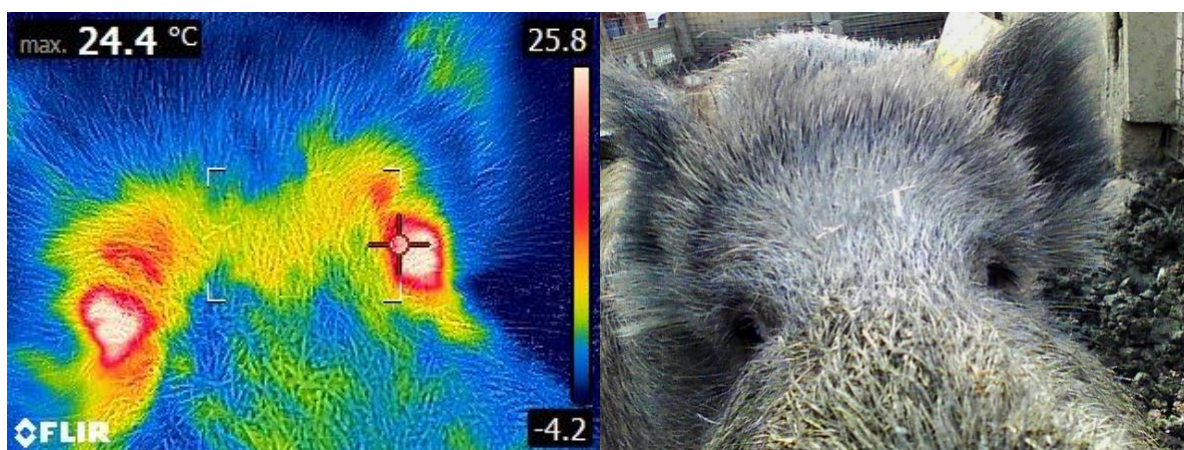
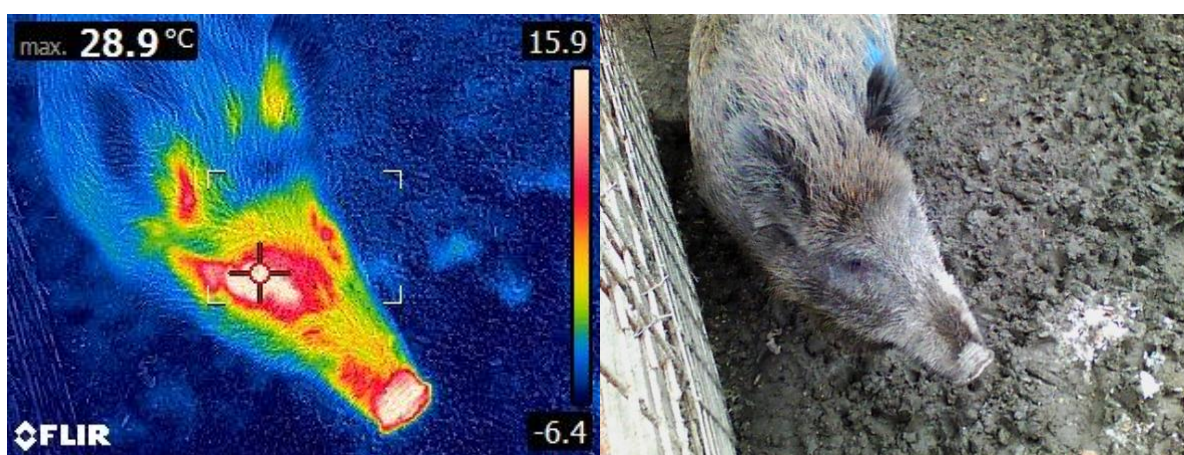
<b>Prase divoké</b>	<b>Su0</b>	<b>Su1</b>	<b>Su2</b>
<b>T (°C)</b>	26,8	29,8	28,8

### 3. Závěr

Pozorování volně žijících zvířat pomocí IRT ovlivňují podmínky okolního prostředí více než u jiných měření. Výsledky by měly být hodnoceny s ohledem na podmínky měření a interpretace teplot musí být provedena především srovnáním v rámci jednoho měření.

Při vyhledávání a pozorování volně žijících zvířat včetně odhadu velikosti populace není cílem IRT měření přesné teploty povrchu jejich těla, vzhledem k větší vzdálenosti se zvířata na

termogramu jeví jako teplé skvrny na tmavém a chladném pozadí, což je dostačující pro potvrzení jejich přítomnosti v dané lokalitě. V případě, že některá z pozorovaných zvířat ve skupině vykazují vyšší teplotu oproti ostatním, je možno pouze předpokládat, že se jedná o zvířata s narušeným zdravotním stavem (např. v případě ohnisek s výskytem Afrického moru prasat u černé zvěře).



Obrázek 4: Nejvyšší teplotu u prasete divokého lze naměřit na hlavě v okolí očí a rypáku – neosrstěné části vnějšího nosu (světel a ryje), resp. oblast za uchem.

### c) SKOT

#### 1. Materiál a metodika

Bylo provedeno ověření možnosti aplikace termovizní techniky (termokamera Testo 872, infračervený teploměr PTIA1) u skotu v terénních podmínkách. Povrchová teplota byla měřena na následujících místech:

- Oblast oka
- Střed spojnice očí
- Mulec
- Kořen ocasu
- Hladová jáma
- Vemeno

#### 2. Výsledky

Nejvhodnějším místem ke zjištění změn povrchové teploty byla oční bulva s průměrnými hodnotami 36,2 °C. Druhým nejvhodnějším bodem byla oblast hladové jámy a mulce se shodnou průměrnou teplotou 33,7 °C. Jako nejméně vhodná místa se jeví středová spojnice očí a kořen ocasu. I přes nízké rozptyly při měření povrchové teploty vemene se tato oblast nedoporučuje k zjištění odchylek teplot mezi jednotlivými kusy. Zejména u samic bezprostředně po dojení je sliznice zpravidla podrážděná a může vykazovat zvýšenou teplotu i bez patologických důvodů (Tabulka 5).

Tabulka 5. Výsledné hodnoty povrchové teploty vybraných míst těla skotu.

Oblast měření	oko	mezi očima	mulec	kořen ocasu	hladová jáma	vemeno
Průměr [°C]	36,2 ±1,34	30,4 ±7,85	33,7 ±2,83	32,9 ±2,96	33,7 ±2,00	37,3 ±1,21
n	45	45	77	45	45	32

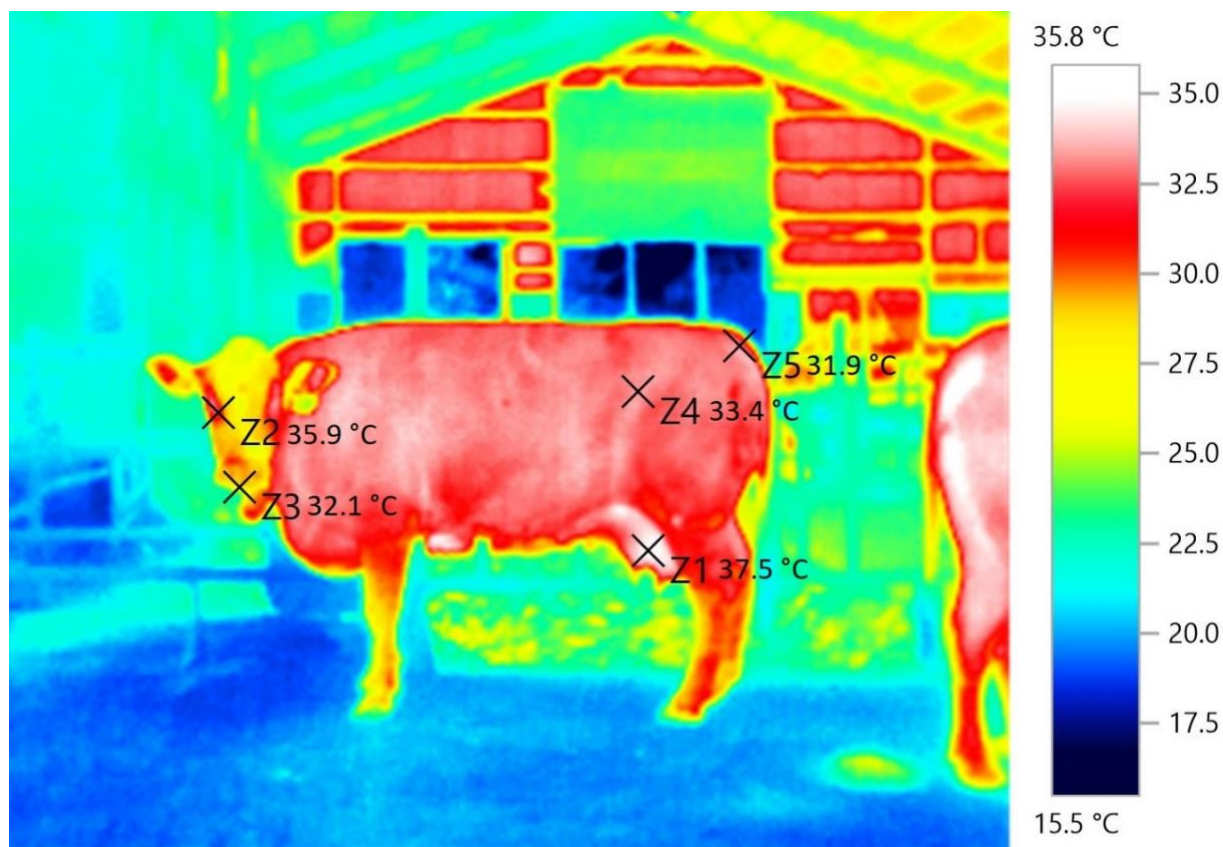
#### 3. Závěr

Využití termovizní techniky je vhodné k zjištění zvýšené teploty povrchu těla v případě nebezpečných nákaz. Jako nejvhodnější místo k detekci změn teploty se ukázalo oko, nicméně je třeba počítat s rizikem poškození sítnice při dlouhodobé expozici infračervenému záření, zejména v případě použití zaměřovacího laserového paprsku ukazatele místa měření.



Dalšími vhodnými místy jsou oblasti hladové jámy a nebo mulec. Dílčím využitím termovizní techniky je možnost detekce zánětu mléčné žlázy nebo onemocnění pohybového aparátu. Výsledné hodnoty byly zahrnuty do zjednodušeného schématu a pro lepší orientaci přiřazeny k jednotlivým oblastem na originálním termosnímku skotu (Obrázek 5).

*Obrázek 5: Schéma rozložení povrchové teploty skotu kategorie dojnice zjištěná kamerou Testo 872 (Novák, Hodkovicová, Bernardy).*



#### d) DRŮBEŽ

##### 1. Materiál a metodika

Byla ověřena schopnost termovizní techniky (Testo 872, PTIA1) rozlišit povrchové teploty u brojlerů ve velkochovu. Byla hodnocena povrchová teplota skupin i jednotlivců, přičemž u jednotlivce byla měřena tato místa:

- Hlava
- Oblast mezi křídly
- Kloaka

Sběr dat probíhal s ohledem na přirozeně zvýšenou hladinu stresu v chovech drůbeže. Nejprve byla hodnocena povrchová teplota skupiny jedinců (s odstupem cca 2 metry), následně byla hala procházena a individuálně byli změřeni jedinci, kteří zaostávali za ostatními a mohl být u nich tedy předpokládán probíhající patologický stav (odstup <0,5 metru). Technické parametry kamery byly zadány manuálně (viz Tabulka 1).

Využití zapnutého laserového ukazatele kamery se u drůbeže ukázalo jako nevhodné kvůli reakci na vlastní laserový ukazatel, navýšení stresu a zvýšenému únikovému reflexu jedinců. Vzhledem ke stáří jedinců je třeba brát v úvahu procento opeření povrchu, které způsobuje odchylky. Neopeřené oblasti těla vykazují vyšší zjištěnou teplotu.

##### 2. Výsledky

I přes menší teplotní odchylky při měření teploměrem PTIA1 bylo měření obtížněji proveditelné, a to z důvodu laserového ukazatele teploměru, který zvyšoval únikový reflex brojlerů a který u tohoto přístroje nelze vypnout. Vhodnější bylo na termokameře Testo 872 nastavit zobrazení max. hodnot, zaměřit každého jednotlivého jedince brojlera celou plochou displeje a tyto hodnoty pak mezi sebou srovnat. (Tabulka 6).

*Tabulka 6. Zjištěné hodnoty povrchové teploty brojlerů při sběru pouze maximálních hodnot.*

Typ kamery	Testo 872	PTIA1	Testo 872	PTIA1
<b>Stáří ve dnech</b>	16 d	16 d	32 d	32 d
<b>Průměr ± rozptyl [°C]</b>	37,5 ± 2,13	34,0 ± 1,63	29,8 ± 2,46	28,6 ± 1,41
<b>n</b>	26	25	38	17

Teploměr PTIA1 byl využit také pro detekci povrchové teploty vybraných oblastí těla. Díky laserovému ukazateli byla možnost zaměřit daný bod a zhodnotit teplotu. Nicméně, teplotu nebylo možné získat u všech jedinců vzhledem k zvýšenému stresu vyvolanému laserovým paprskem ukazatele místa měření. K jedincům muselo být přistupováno vždy ze zadní části a se zvýšenou opatrností. Vzhledem k vysokému rozptylu naměřených teplot se tedy technika měření jednotlivých bodů na těle brojlera zatím nejeví jako vhodná k využití pro terénní praxi (Tabulka 7).

*Tabulka 7: Hodnoty povrchových teplot brojlera (stáří 32 dní) zjištěné teploměrem PTIA1.*

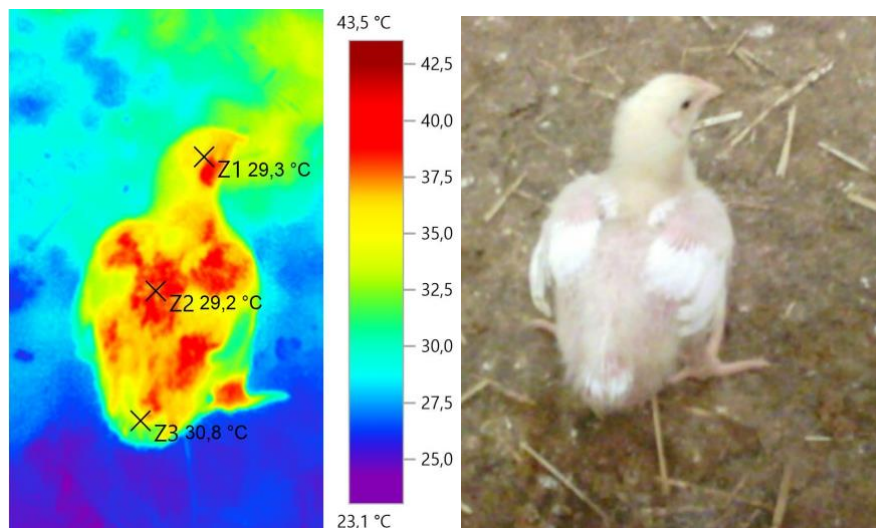
Měřená oblast	Hlava	Mezi křídly	Kloaka
<b>Průměr ± rozptyl [°C]</b>	29,3 ± 2,63	29,2 ± 2,83	30,8 ± 2,83
<b>n</b>	21	21	21

### 3. Závěr

Pro hodnocení změn povrchové teploty v důsledku nebezpečných nákaz brojlerů se neprokázala dostatečná validita výsledků a je třeba další výzkum. Využití termovizní techniky u brojlerů je nicméně vhodné například k hodnocení teplotního stresu a změn mikroklimatu.

Výsledné hodnoty byly zahrnuty do zjednodušeného schématu a pro lepší orientaci přiřazeny k jednotlivým oblastem na originálním termosnímku jedince brojlera (Obrázek 6).

Obrázek 6: Termomapa povrchové teploty těla brojlera stáří 16 dní s viditelnými odchylkami mezi opeřenými a neopeřenými částmi těla. Srovnáno s reálným snímkem, Testo 872 (Novák, Hodkovicová).



#### e) VČELY

##### 1. Materiál a metodika

Proběhlo ověření možnosti využití termovizní techniky (Testo 872, PTIA1) u klinicky zdravého včelstva v terénních podmínkách. Všechna včelstva byla umístěna v úlech nástavkového typu, byl testován vliv přítomnosti nízkého a vysokého typu nástavku a vliv zatepleného a nezatepleného typu úlu. Povrchová teplota byla zaznamenávána na následujících místech:

- Bez otevření včelníku s odstupem na cca 2 metry (zaměřeno na střed včelníku a česno)
- Na povrchu rámečků ihned po otevření víka úlu
- Na nevyjmutém plástu
- Na shodném plástu po vyjmutí rámečku

Validace IRT metody byla uskutečněna v letních měsících v dopoledních hodinách, při teplotě okolí  $26 \pm 3$  °C a relativní vlhkosti  $52 \pm 3$  %. Stanoviště byla zastřešena, případně kryta stíny stromů. Technika byla namířena kolmo na měřený objekt. Pro kameru Testo 872 byla manuálně nastavena emisivita (0,96–0,98) a teplotní stupnice (20–42 °C).

## 2. Výsledky

Při monitoringu vnějších částí včelníku je u zateplených úlů pokles vyzařovaných teplot až v řádu několika stupňů při srovnání s úly nezateplenými. Zateplené úly tedy kvalitněji izolují teplotu vyzařovanou do okolního prostředí a nedochází u nich k tak významným nárůstům hodnot povrchové teploty (Obrázek 7). Stejný trend byl prokázán i po otevření úlu při srovnání teploty na povrchu rámečků (Včely

Obrázek 23), na plástu vyjmutém a nevyjmutém z úlu (Obrázek 25, Obrázek 26). Konkrétní hodnoty teplot jsou uvedeny v Tabulka 8.

*Tabulka 8. Přehled hodnot povrchové teploty v °C na vybraných místech nezateplených a zateplených úlů. Data jsou vyjádřena jako průměr ± směrodatná odchylka.*

Typ IRT techniky	Nezateplené úly		Zateplené úly	
	Testo 872	PTIA1	Testo 872	PTIA1
Střed včelníku	25,3 ± 1,1	26,4 ± 0,4	24,2 ± 2,8	21,5 ± 0,5
Česno	25,5 ± 0,7	26,7 ± 0,4	22,7 ± 0,6	20,1 ± 0,1
Povrch rámečků	35,0 ± 1,1	34,1 ± 2,0	29,8 ± 2,2	27,8 ± 1,1
Plást uvnitř úlu	34,9 ± 1,5	34,0 ± 1,4	33,7 ± 3,3	30,4 ± 2,1
Vyjmutý plást	37,7 ± 1,2	35,1 ± 0,8	34,2 ± 1,0	31,1 ± 1,5

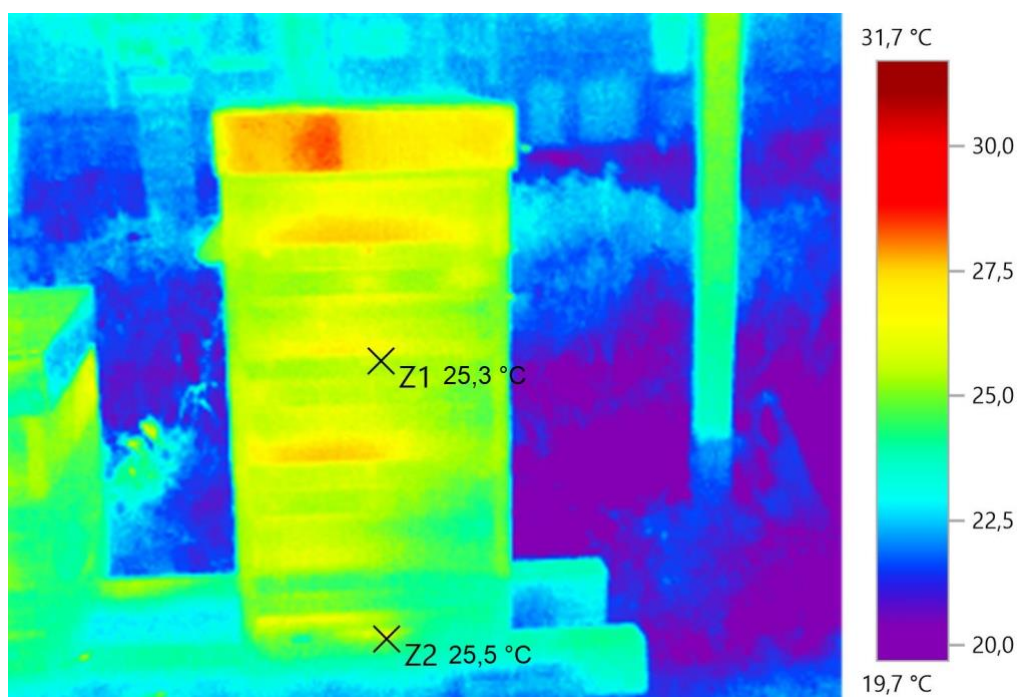
IRT technikou lze monitorovat chladnější a teplejší (aktivnější) úly. Prázdné buňky se na vyjmutém plástu zobrazují jako světlejší body, naopak jednotlivé včely jsou nejvýrazněji zbarvenými body termosnímku (Obrázek 25,

Obrázek 27). U nezateplených úlů byl sledován nárůst teploty v plodových hnízdech nad fyziologickou normu (34,5–35,5 °C). Nepředpokládá se vliv výšky nástavku na hodnoty povrchové teploty.

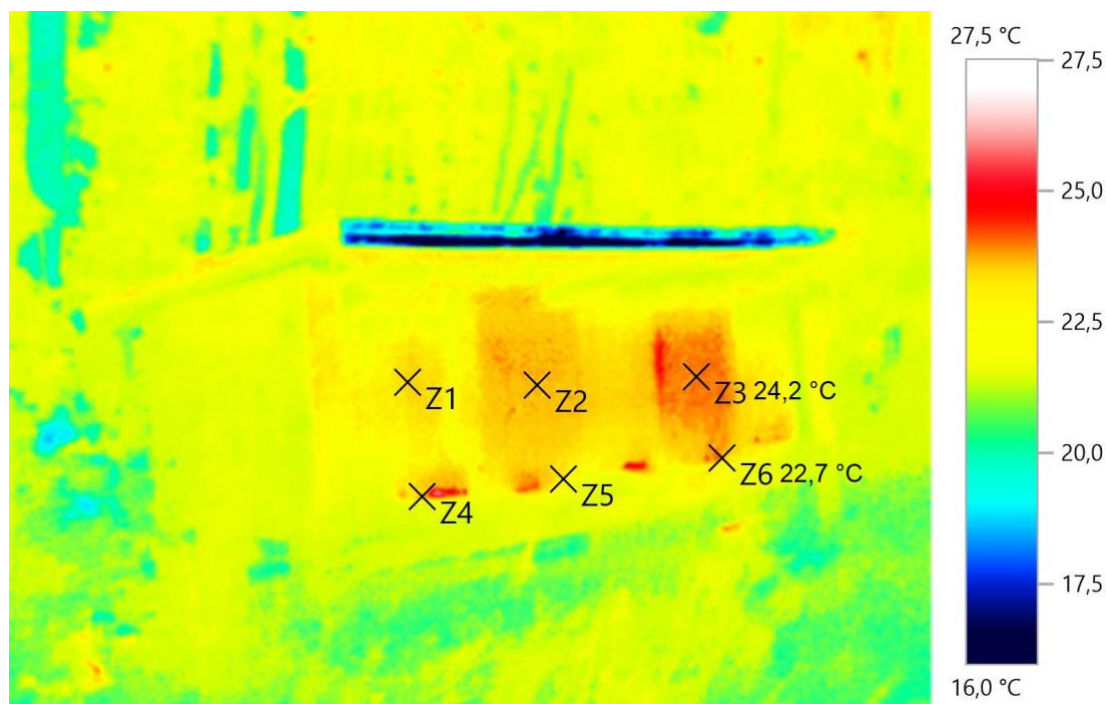
### 3. Závěr

S pomocí IRT lze neinvazivním způsobem potvrdit přítomnost životaschopného včelstva v úlu (tzv. zimního chumáče) v průběhu zimních měsíců, ověřit vhodnost umístění včelího stanoviště a zajištění vhodného mikroklimatu. Pro využití IRT jako podpůrné technologie při monitoringu a detekci nebezpečných nákaz včelí populace je třeba návazných experimentů.

*Obrázek 7. Pohled na nezateplený úl se zaměřením na střed a česno, Testo 872 (Hodkovicová, Novák).*



Obrázek 8. Pohled na včelník se zateplenými typy úlů se zaměřením na středy včelníku a česna, Testo 872 (Hodkovicová, Novák).



#### f) SOUHRN

V současné době má termografie využití v různých oblastech chovu hospodářských zvířat a ve veterinární medicíně i v rámci vědeckovýzkumné činnosti. Její použití a přesnost je však limitována řadou vnějších faktorů. Při měření IRT je nutné především zohlednit skutečnost, že povrchová teplota těla zvířat vykazuje cirkadiální, infradiální a ultradiální rytmy. Výsledky měření povrchové teploty je může ovlivnit řada dalších faktorů, mezi které patří emisivita a odražená teplota měřeného zvířete, velikost zkoumaného zvířete nebo části jeho těla a různá expozice solární radiace, jakož i vzdálenost od měřeného objektu. Na průtok krve tkáněmi nebo orgány má vliv pohybová aktivita zvířat, stres, ale také onemocnění nebo aplikace některých léčiv.

Rušivé zdroje záření při měření v ustájovacích objektech představují ostatní ustájená zvířata, okna, umělé osvětlení, lokální i celkové vytápění, zařízení pro ochlazování vzduchu a zvířat (mlžení, skrápěcí trysky, ventilátory, klimatizace), resp. průvan nebo vysoká prašnost; při měření v exteriéru jsou tvořeny extrémními klimatickými podmínkami (sluneční záření, déšť, sněžení, vítr).

Mezi faktory ovlivňující povrchovou teplotu těla zvířat patří v první řadě hustota a délka srsti nebo peří jeho barva a úroveň znečištění. Nezanedbatelný vliv má samozřejmě i výška podkožního tuku nebo věk zvířat.

### III. Srovnání „novosti postupů“

Metodika poskytuje uživatelům nový jednoduchý screeningový systém hodnocení povrchové teploty těla zvířat v objektech pro ustájení hospodářských zvířat, resp. v úlu, včetně interpretace a srovnání jednotlivých zjištěných hodnot, přepočítaných na rektální teplotu a zpracovaných na základě analýzy našich i zahraničních literárních pramenů, a především pak výsledků, získaných v rámci řešení projektu autorů, včetně praktických zkušeností, získaných v rámci terénních studií v chovech.

### IV. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika je přednostně určena především inspektorům okresních veterinárních správ a pracovníkům krizového centra SVS ČR, dále pak i dalším příslušným kontrolním orgánům Státní správy (Státní veterinární správa, Česká plemenářská inspekce aj.) a dalším subjektům, jako jsou obvodní veterinární lékaři, zootechnici a další chovatelská veřejnost.

### V. Ekonomické aspekty

Při zvýšení úrovně dozoru při použití termovizní techniky dojde ke zlepšení kontrolní činnosti v oblasti zdraví a biologické bezpečnosti chovu a udržení dobrého zdravotního stavu zvířat díky možnosti rychlé izolace zvířat se změnou teploty jako významného indikátoru onemocnění ještě před nástupem klinických příznaků onemocnění. Použití diagnostiky pomocí bezkontaktního měření teploty IR zářením urychlí nezbytné k potvrzení či vyloučení potvrzení původce a tím i včasné zamezení šíření nákazy v chovu.

U volně žijících zvířat potom IRT stáda nebo hejna umožní včasnou identifikaci jedinců se zvýšenou teplotou, které, v případě zvýšeného potenciálního rizika výskytu původců nebezpečných nákaz v lokalitě (virus Afrického moru prasat, virus Aviární influenzy), vytvoří předpoklady pro realizaci preventivních (zvýšení úrovně biobezpečnosti v chovech) i represivních opatření (regulaci populace vnímavých volně žijících zvířat v dané lokalitě) zaměřených na omezení rizika zavlečení nákazy do chovů hospodářských zvířat.



Ekonomický přínos využití metodiky vychází z vyčíslení ekonomického dopadu depopulace farmy na příkladu chovu prasat se 2 000 ks prasnic základního stáda ( $\emptyset$  hmotnost 250 kg) a 15 000 ks prasat ve výkrmu ( $\emptyset$  hmotnost 80 kg) a chovu pro výkrm brojlerů s celkovou kapacitou 100 000 ks ( $\emptyset$  hmotnost 1 kg).

Předpokládané přímé ztráty při totální depopulaci chovu prasat v důsledku realizace mimořádných veterinárních opatření budou, při současné realizační ceně 25,- Kč / 1 kg živé hmotnosti u prasnic 12 500 000 Kč a prasat ve výkrmu 30 000 000,- Kč. K tomu je samozřejmě nutné ještě připočítat náklady na přepravu a zpracování kadáverů utracených prasat v asanačním ústavu (cena cca 10,-Kč/kg) bude u prasnic 5 000 000,- Kč a u prasat ve výkrmu 12 000 000 Kč.

Předpokládané přímé ztráty při totální depopulaci chovu brojlerových kuřat v důsledku realizace mimořádných veterinárních opatření budou, při současné realizační ceně 21,- Kč / 1 kg živé hmotnosti kuřat činí 2 100 000 Kč. K tomu je samozřejmě nutné ještě připočítat náklady na přepravu a zpracování kadáverů utracených kuřat v asanačním ústavu (cena cca 10,- Kč/kg) bude 1 000 000 Kč.

Kromě výše uvedené vyčíslené finanční ztráty je třeba ještě připočítat náklady na činnost pracovníků pohotovostního střediska pro likvidaci nálezů při utrácení nemocných, z nálezů podezřelých zvířat v ohnisku; a samozřejmě i náklady na činnost dalších složek integrovaného záchranného systému podílejících se na výše uvedených činnostech.

Při vytvoření výše navržených podmínek pro krajské inspektory nákupem termokamer (cca 80 ks při nákladu na jednu kameru 40 tis Kč) v hodnotě 600 tis Kč jako nedílné součásti zásad správné epizootické praxe budou vytvořeny předpoklady pro udržení dobrého zdravotního stavu chovaných zvířat, zároveň lze využít tato zařízení pro další účely, např. zvýšení úrovně kontroly pohody chovaných zvířat, čímž dojde ke zlepšení produkčních a reprodukčních ukazatelů jako jednoho z významných předpokladů zlepšení ekonomické efektivity chovu hospodářských zvířat).

## VI. Seznam použité literatury

Alsaod, M., Schaefer, A.L., Büscher, W., Steiner, A. (2015) The Role of Infrared Thermography as a Non-Invasive Tool for the Detection of Lameness in Cattle. *Sensors*. 15, 14513-14525

American Academy Of Thermology (2019) Veterinary Guidelines for Infrared Thermography. Duvall Drive Greenville, SC 29607. Dostupné z: <https://aathermology.org/organization-2/guidelines/veterinary-guidelines-for-infrared-thermography/>

Anonym. (2013) *Final Report Summary - CSFV\_GODIVA (Improve Tools and Strategies for the Prevention and Control of Classical Swine Fever)*. Accessed November 28, 2020. <https://cordis.europa.eu/project/id/227003/reporting/de>

Arenas, A., Gomez, F., Salas, R., Carrasco, P., Borge, C., Maldonado, A., O'Brien, D., Martinez-Moreno, F.J. (2002) An evaluation of the application of infrared thermal imaging to the tele-diagnosis of sarcoptic mange in the Spanish ibex (*Capra pyrenaica*). *Vet Parasitol* 109:111–117

Barreto, C.D., Alves, F.V., de Oliveira Ramos, C.E.C. et al. (2020) Infrared thermography for evaluation of the environmental thermal comfort for livestock. *Int J Biometeorol* 64, 881–888.

Barrosoa, F.A., Carretero, M.A., Silvac, F., Sannoloa, M. (2016) Assessing the reliability of thermography to infer internal body temperatures of lizards. *Journal of Thermal Biology* 62: 90–96

Boonstra, R., Krebs, C.J., Boutin, S., Eadie, J.M. (1994) Finding mammals using far-infrared thermal imaging. *J Mammal* 75(4):1063–1068

Boonstra, R., Eadie, J.M., Krebs, C.J., Boutin, S. (1995) Limitations of far infrared thermal in locating birds. *J Field Ornithol* 66 (2):192–198

Bowers, S., Gandy, S., Anderson, B., Ryan, P., Willard, S. (2009) Assessment of pregnancy in the late-gestation mare digital infrared thermography. *Theriogenology* 72:372–377

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

Butler, D.A., Ballard, W.B., Haskell, S.P., Wallace, M.C. (2006) Limitations of thermal infrared imaging for locating neonatal deer in semiarid shrub communities. *Wildl Soc Bull* 34(5):1458–1462

- Cilulko, J., Janiszewski, P., Bogdaszewski, M., Szczygielska, E. (2013) Infrared thermal imaging in studies of wild animals. *Eur J Wildl Res* (2013) 59:17–23
- Dechow, C.D., Rogers, G.W., Clay, J. S. (2002). Heritability and correlations among body condition score loss, body condition score, production and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 85: 3062–3070.
- Dikič, D., Kolarič, D., Lisičič, D., Benkovič, V., Horvat-Knežević, A., Tadič, Z., Oršolič, N. (2011) Thermography in analysis of temperature changes in *Pelophylax ridibundus* frog aroused from induced hibernation. *Period Biol*, Vol 113, No 4: 453–456.
- Ditchkoff, S.S., Raglin, J.B., Smith, J.M., Collier, B.A. (2005) From the field: capture of white-tailed deer fawns using thermal imaging technology. *Wildl Soc Bull* 33(3):1164–1168
- Dunbar, M.R., Johnson, S.R., Ryan, J.C., Mc Collum, M. (2009) Use of infrared thermography to detect thermographic changes in mule deer (*Odocoileus hemionus*) experimentally infected with foot-and-mouth disease. *J Zoo Wildl Med* 40(2):296–301
- Dunbar, M.R., MacCarthy, K.A. (2006) Use of infrared thermography to detect signs of rabies infection in raccoons (*Procyon lotor*). *J Zoo Wildl Med* 37(4):518–523
- Eddy, A.L., Van Hoogmoed, L.M. & Snyder, J.R. (2001) The role of thermography in the management of equine lameness. *The Veterinary Journal*, 162, 172–181.
- Farrar K, Field A, Norris S, Jacobsen K. (2020) Comparison of Rectal and Infrared Thermometry Temperatures in Anesthetized Swine (*Sus scrofa*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*. 59.
- 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.
- Fuka, M. (2011): Porovnání měření teploty dotykovou a bezdotykovou metodou. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, 53 pp.
- Gabor, G., Sasser, R.G., Kastelic, J.P., Coulter, G.H., Falkay, G., Mezes, M., Bozo, S., Volgyi-Csik, J., Barny, I., Szasz, F. (1998). Morphologic, endocrine and thermographic measurements of testicles in comparison with semen characteristic in mature Holstein-Friesian breeding bulls. *Animal Reproduction Science*, 51: 215-224.
- Garipey, C., Amiot, J., Nadai S. (1989). Ante-mortem detection of PSE and DFD by Infrared thermography of pigs before stunning. *Meat Sci.* 25:3-41.

- Garner, D.L., Underwood, H.B., Porter, W.F. (1995) Use of modern infrared thermography for wildlife population surveys. *Environ Manag* 19 (2):233–238
- Gillund, P., Reksen, O., Grohn, Y.T., Karlberg, K.(2001). Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. *Journal of Dairy Science*,84: 1390–1396
- Graves, H.B., Bellis, E.D., Knuth, W.M. (1972) Censusing white-tailed deer by airborne thermal infrared imagery. *J Wildl Manag* 36:875–884
- Halachmi,I., Klopčič,M., Polak,P., Roberts, D.J., Bewleye, J.M. (2013) Automatic assessment of dairy cattle body condition score using thermal imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol 99, Nov. 2013, 35-40
- Havens, K., Sharp, E. (2016) *Thermal Imaging Techniques to Survey and Monitor Animals in the Wild: A Methodology*, Academic Press. 376 pp.
- Hellebrand, H.J., Brehme, U., Beuche, H., Stollberg, U., Jacobs, H. (2003) Application of thermal imaging for cattle management. *Proc., 1st European Conference on Precision Livestock Farming*, Berlin, Germany, pp 761–763
- Hilsberg, S. (1998) Infrared-thermography in zoo animals: new experiences with this method, its use in pregnancy and inflammation diagnosis and survey of environmental influences and thermoregulation in zoo animals. *European Association of Zoo- and Wildlife Veterinarians (EAZWV)*, Chester, Second scientific meeting, May 21–24
- Hilsberg-Merz, S. (2008) Infrared thermography in zoo and wild animals. In: Flower ME, Eric Miller R (eds) *Zoo and wild animal medicine current therapy*, volume six. Saunders, Elsevier, St. Louis, pp 20–33
- Hodges, R.J. (2018) Seeing the heat with inexpensive thermography: natural history observations on the northern viper (*Vipera berus*) and grass snake (*Natrix helvetica*). *Herpetological Bulletin* 144, 2018: 5-13.
- Chloupek, J., Suchý, P. (2008): Mikroklimatická měření ve stájích pro hospodářská zvířata. *Veterinární a farmaceutická univerzita Brno*, 229 pp.
- Jeelani,Rak., Jeelani, Riz. (2019) Thermal imagery for monitoring livestocks. *International Journal of Life Sciences and Applied Sciences (IJLSAS)*. Vol: 1, Issue: 1, 58-69
- Jodkowska, E. (2005) *Temperatura powierzchni ciała jako kryterium predyspozycji wysiłkowych konia*. Dissertation, University of Environmental Life and Sciences in Wrocław

- Kácovský, P. (2016). Experimentujeme s termovizní kamerou. Katedra didaktiky fyziky MFF UK 1-8 Dostupné online: [https://physicstasks.eu/media/01584/ Experimentujeme s termovizni kamerou.pdf](https://physicstasks.eu/media/01584/ Experimentujeme_s_termovizni_kamerou.pdf)
- Kastelic, J.P., Cook, R.B., Coulter, G.H., Wallins, G.L., Entz, T. (1996) Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. *Anim Reprod Sci* 41:153–159
- Kendall, P.E., Webster, J.R. (2009) Season and physiological status affects the circadian body temperature rhythm of dairy cows. *Livestock Science* 125(2):155-160
- Klir, J.J., Heath, J.E., Bennani, N. (1990) An infrared thermographic study of surface temperature in relation to external thermal stress in the Mongolian gerbil, *Meriones unguiculatus*. *Comp Biochem Physiol. A* 96(1):141–146
- Kissell, R.E. Jr, Tappe PA (2004) An assessment of thermal infrared detection rates using white-tailed deer surrogates. *J Arkansas Acad Sci* 58:70–73
- Knížková, I., Kunc, P., Koubková, M., Flusser, J. & Doležal, O. (2002) Evaluation of naturally ventilated dairy barn management by a thermographic method. *Livestock Production Science*, 77, 349–353.
- Knížková, I., Kunc, P., Langrová, I., Vadlejch, J., Jankovská, I. (2018) Thermal profile of broilers infected by *Eimeria tenella*. In.: *Proc. 14th Quantitative InfraRed Thermography Conference*. Berlin. 4 pp.
- Kočárek, P. (2005) *Fyziologie živočichů*. Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ostrava 184 pp.
- Kreidl, M. *Měření teploty- senzory a měřící obvody*. 2005. 240 s.
- Kuhn, R.A., Meyer, W. (2009) Infrared thermography of the body surface in the Eurasian otter *Lutra lutra* and the giant otter *Pteronura brasiliensis*. *Aquat Biol* 6:143–152
- Kunc P., Knížková I., (2012) The Use of infrared thermography in livestock production and veterinary field.” *Infrared Thermography Recent Advances and Future Trends*. University of Naples Federico II,: Bentham eBooks: pp. 84– 101.
- Kunc, P., Knizkova, I., Prikryl, M., Maloun, J. (2007) Infrared thermography as a tool to study the milking process: a review. *Agric Trop Subtrop* 40(1):29–32
- Lancaster, W.C., Thomson, S.C., Speakman, J.R. (1997) Wing temperature in flying bats measured by infrared thermography. *J Therm Biol.* 2:109–116

- Mc Cafferty, D.J. (2007) The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. *Mammal Rev* 37(3):207–223
- Minkina, W. (2004) Pomiary termowizyjne—przrzędy i metody. Wydawnictwa Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa
- Nakayama, K., Goto, S., Kuraoka, K., Nakamura, K. (2005) Decrease in nasal temperature of rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) in negative emotional state. *Physiol Behav* 84:783–790
- Piskovská, A, Knotek, Z (2018) Klinická termografie exotických zvířat. Projekt IVA VFU Brno 1-20
- Piskovská, A, Knotek Z (2018a) Klinická termografie exotických zvířat: Metodika měření termokamerou. Projekt IVA VFU Brno 1-18
- Poikalainen, V., Praks, J., Veermäe, I. and Kokkin, 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.*
- Pryce, J.E., Harris, B.L., Johnson, D.L., Montgomery, W. A.(2006). Body condition score as a candidate trait in the breeding worth dairy index. *New Zealand Society of Animal Production*,66: 103–106.
- Rekant,S.I., Lyons,M.A., Pacheco,J.M., Arzt,J., Rodriguez,L.L.(2015) Veterinary applications of infrared thermography. *American Journal of Veterinary Research*;77:98-107
- Renn, N., Onyango, J., Mc Cormick, W. (2014) Digital Infrared Thermal Imaging and manual lameness scoring as a means for lameness detection in cattle. *Veterinary Clinical Science. Vol 2: Issue 2: 16-23*
- Sabol, B.M., Hudson, M.K. (1995) Technique using thermal infrared imaging for estimating populations of gray bats. *J Mammal* 76 (4):1242–1248-
- Schaeffer, A.L., Jones, S.D.M., Murray, A.C., Sather, A.P., Tong, A.K.W.(1989). Infrared thermography of pigs with known genotypes for stress susceptibility in relation to pork quality. *Can. J. Anim. Sci.* 69:491-495.
- Sobišková,K. (2018) Využitelnost měření teploty povrchu těla zvířat. Disertační práce. Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. 102 pp.
- Soerensen,D.D., Pedersen,J.L. (2015) Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review. *Acta Veterinaria Scandinavica* 57:5: 11 pp.

- Speakman, J.R., Ward, S. (1998) Infrared thermography: principles and applications. *Zoology* 101:224–232
- Stelletta, C., Giancesella, M., Vencato, J., Fiore, E., Morgante, M. (2012). Thermographic Applications in Veterinary Medicine, *Infrared Thermography*, Dr. Raghu V Prakash (Ed.): 117-140
- Stelletta, C., Vencato, J., Fiore, E., Giancesella, M. (2013) Infrared Thermography in Reproduction. In: Lizi F, Mitchell M, Nanni Costa L, Redaelli V (eds) *Thermography: current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine*, Cura della Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche-Brescia, Brescia. p.113–26
- Stewart, M., Webster, J.R., Schaefer, A.L., Cook, N.J., Scott, S.L. (2005) Infrared thermography
- Svoboda, M. (2013) Termovize a její využití v diagnostice. *Bakalářská práce*. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. 1-54
- Talukder, S., Thomson, P.S., Kerrisk, K.L., Clark, C.E.F, Celi, P. (2015) Evaluation of infrared thermography body temperature and collar-mounted accelerometer and acoustic technology for predicting time of ovulation of cows in a pasture-based system. *Theriogenology*. 2015 Mar 1;83(4):739-48
- Tattersall, G. (2016) Infrared thermography: A non-invasive window into thermal physiology (Review). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, Elsevier, vol. 202: 78-98.
- Vadlejch J., Knížková I., Makovcová K., et al., Thermal profile of rabbits infected with *Eimeria intestinalis*. *Veterinary Parasitology*; 171: pp. 343-345, 2010.
- Van Hoogmoed, L.L., Snyder, J.R. (2002) Use of Infrared Thermography to Detect Injections and Palmar Digital Neurectomy in Horses. *The Veterinary Journal* 164(2):129-41
- Vencato, J.L., Cestaro, I., Vazzana, G., Carrer, E., Carlo, S., Dara, S., Stelletta, C. (2012) Thermographic monitoring of scrotal surface during GnRH test in young bulls with low semen quality. In.: *Proc. 17th International Congress on Animal Reproduction (ICAR) Vancouver, Canada*.
- Watmough, D.J., Fowler, P.W. & Oliver, R. (1970) The thermal scanning of a curved isothermal surface: implications for clinical thermography. *Physics in Medicine and Biology*, 15, 1–8.

## VII. Seznam publikací, které předcházejí metodice

Novák P., Novák L., Knížková I., Kunc P.: Vliv prostředí na termoregulaci skotu (The influence of stable environment on cattle thermoregulation). Sborník z mezinárodní vědecké konference Aktuální problémy šlechtění, chovu, zdraví a produkce skotu. České Budějovice, 2003, p.142.

Novák,P., Novák,L.-, Knížková,I., Kunc,P. The influence of stable environment on cattle thermoregulation. In: Proceedings of the XIth International Congress on Animal Hygiene. Mexico City. 2003, p.441-446.

Knížková,I., Kunc,P., Novák,P. Physiological and biochemical parameters in uncooled and cooled heat-stressed dairy cows. In.: Proceedings from the XIth International Congress on Animal Hygiene. Mexico City, 2003. p. 451-454.

Novák,P., Vokřálová,J. Vliv teploty v průběhu roku na mléčnou produkci dojníc. In Sborník z vědecké konference s mezinárodní účastí „Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2004. VÚŽV Praha, s. 34-37.

Novák,P., Vokřálová,J., Šlégerová,S., Dvořánková,J. Tepelný stres u skotu – možnosti řešení. In Sborník z celostátní konference Nový náhled na řešení aktuálních problémů v chovu skotu. Větrný Jeníkov, 2005, s. 1-3.

Novák, P., Vokřálová, J., Knížková, I., Kunc, P., Rožnovský, J. The influence of high ambient temperatures in particular stages of lactation on milk production of Holstein dairy cows. In Proceedings of International scientific conference Bioclimatology and Natural Hazards. Zvolen-Polana nad Detvou. 2007. p.1-6.

Bezrouk Z. Alternativní stanovení teploty u prasete infračerveným zářením. Brno, 2007. Disertační práce. VFU Brno, Fakulta veterinárního lékařství. Vedoucí práce Jan Bernardy.



Vokřálová, J., Novák, P., Dvořánková, J., Knížková, I., Kunc, P. Chladový stres u dojnic. In Sborník z vědecké konference s mezinárodní účastí Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2007. ČHMÚ Brno / VÚŽV Praha, 2007, s. 101-103.

Odehnalová S., Novák P., Vinkler A., Drábek J., Odehnal J., Bernardy J. The effect of air temperature on plasma progesterone in high pregnant and farrowing sows, In Proceedings of the 20th International Pig Veterinary Society Congress, Volume 2, Poster Papers, Durban, RSA, 2008, p.441

Bernardy, J., Odehnalová, S., Lorencová, M., Brázdová, I., Novák, P. Infrared temperature measurement in pigs. In Proceedings of the 20th International Pig Veterinary Society Congress IPVS 2008. Durban, South Africa. 2008, p.603. (VZ MSM 6215712403)

Malá, G., Novák, P. The system of evaluation of the thermal comfort of dairy sheep lambs. In Conference proceedings XIV. International Congress on Animal Hygiene. Animals and environment. Vechta, 2009, p. 211-214

Bernardy J. Comparison of body surface temperature and rectal temperature after administration of pyrogenic lipopolysaccharides, In Proceedings of the 20th International Pig Veterinary Society Congress Vancouver, Canada, 2010, p.163

Bernardy J., Novák P., Hodkovicová N., Šťastný K. Comparison of body surface temperature and rectal temperature in swine by infrared imaging, Accepted on 26th International Pig Veterinary Society Congress Rio de Janeiro, Brasil, 2020

Bernardy J., Hodkovicová N., Novák P., Šťastný K. Dálkové měření teploty ve veterinárním lékařství. Sborník přednášek. Veterinární medicína pro praxi, Míčovna Pražského hradu 3.10.2020

Novák, P., Bernardy, J., Hodkovicová, N., Malá, G. (2020) Využití termografie v chovech hospodářských zvířat. In Sborník z vědecké konference s mezinárodní účastí Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2020. VÚŽV Praha. 6 pp.

Novák, P., Hodkovicová, N., Bernardy, J., Malá, G. Využití termografie u volně žijících zvířat. In Sborník z vědecké konference s mezinárodní účastí Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2020. VÚŽV Praha. 5 pp.

Hodkovicová, N., Novák, P., Bernardy, J. Využití a aplikace termovizní techniky v chovech včel. In Sborník z vědecké konference s mezinárodní účastí Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2020. VÚŽV Praha. 4 pp.

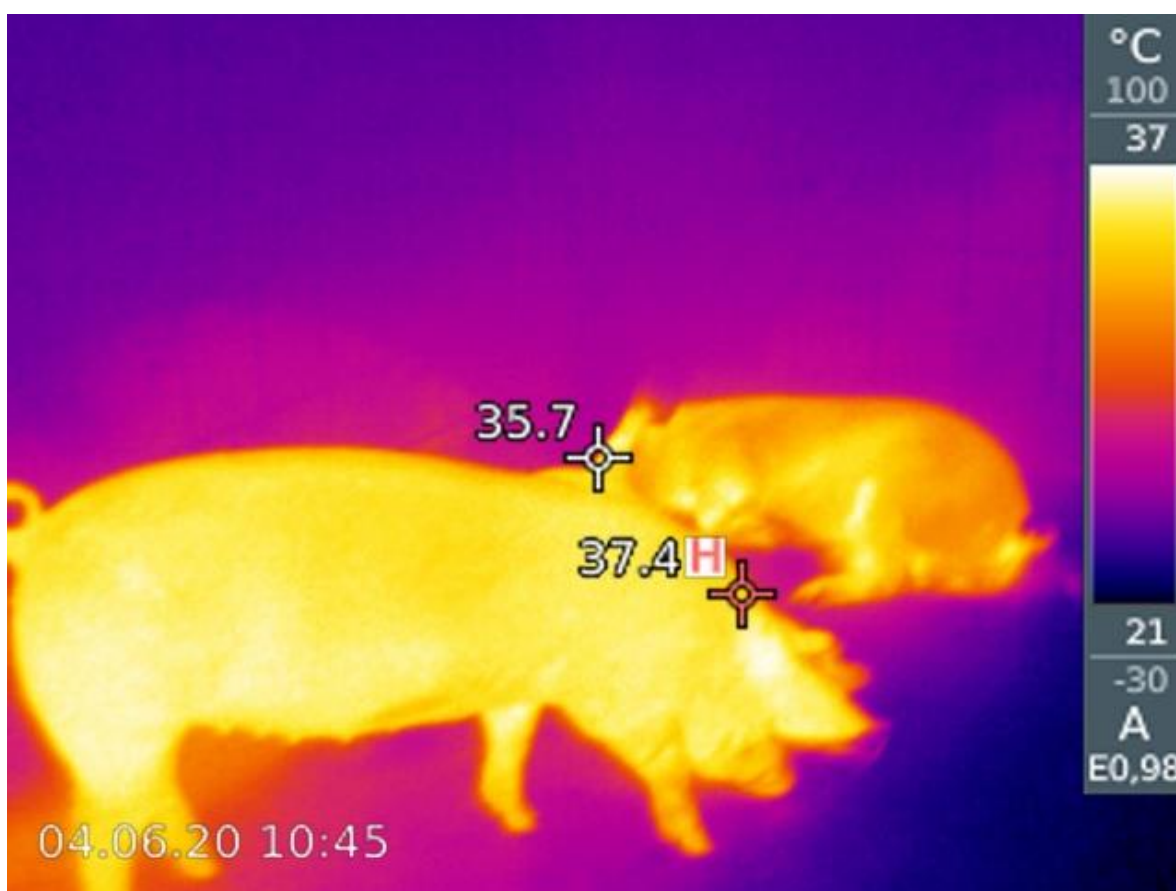
Hodkovicová N., Novák P., Bernardy J. Možnosti aplikace infračervené termografie v chovech skotu. In Sborník z vědecké konference s mezinárodní účastí Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2020. VÚŽV Praha. 4 pp.

Hodkovicová N., Novák P., Bernardy J. Aplikace infračervené termografie pro zastavení šíření nálezů brojlerů. In Sborník z vědecké konference s mezinárodní účastí Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2020. VÚŽV Praha. 3 pp.

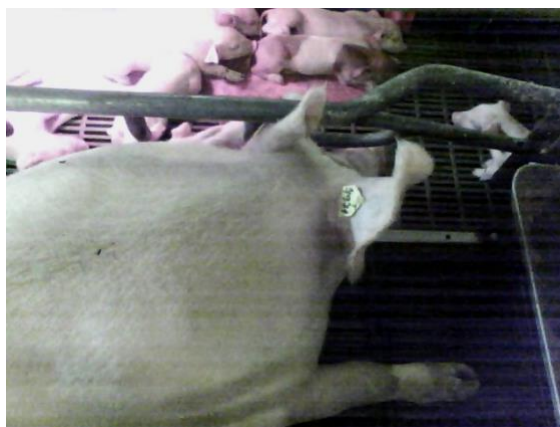
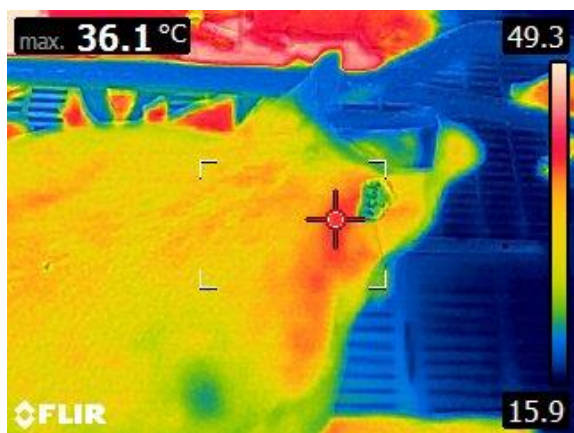
Bernardy, J., Hodkovicová, N., Novák P. Možnosti využití infračervené termografie v chovech prasat. In Sborník z vědecké konference s mezinárodní účastí Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2020. VÚŽV Praha. 4 pp.

## VIII. Obrazové přílohy

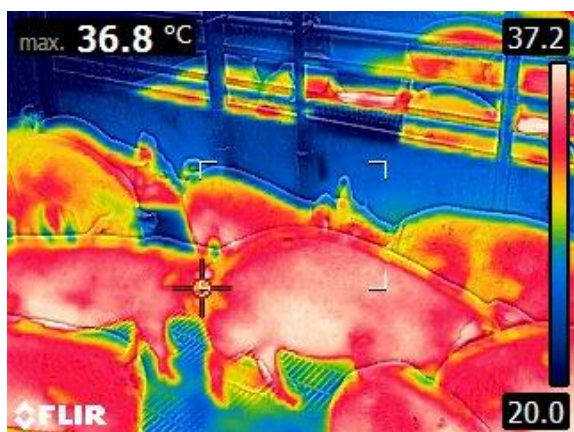
### a) Prasata



Obrázek 9: Termosnímek prasete s vyjádřením rozdílných teplot u dvou výkrmových prasat



Obrázek 10: Termosnímek prasnice s teplotou měřenou za uchem (36,1 °C)

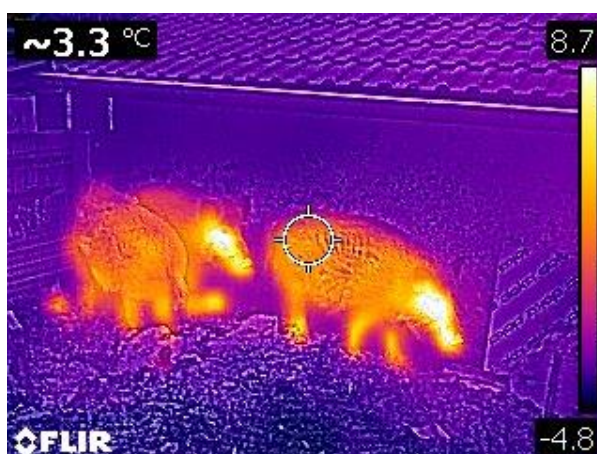


Obrázek 11: Termosnímek skupiny prasat s nastaveným měřením na nejvyšší teplotu



Obrázek 12: Patrné ochlazení povrchu těla prasete, znečištěného na boku

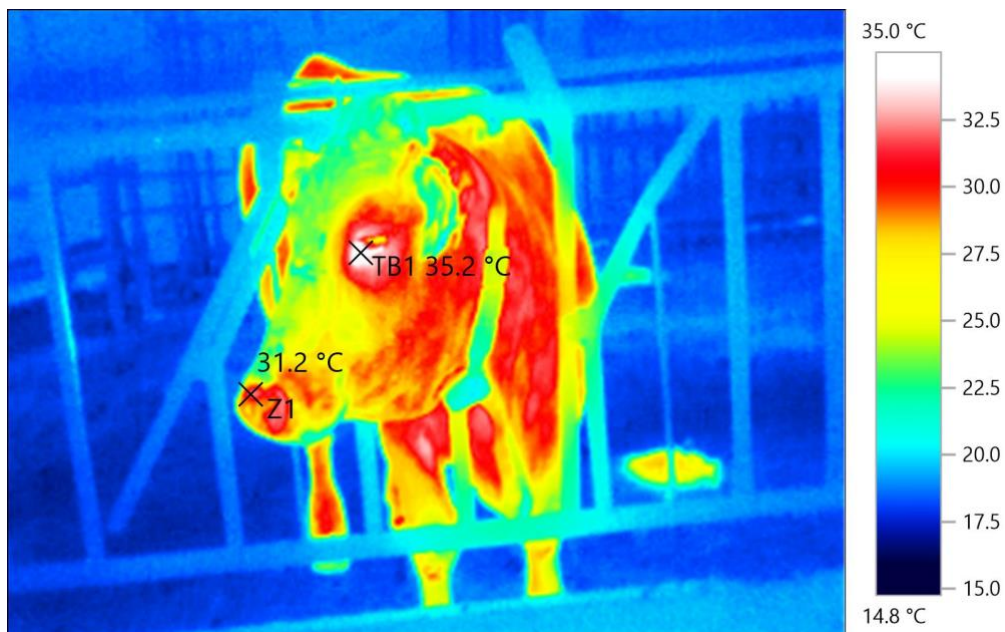
b) Prase divoké



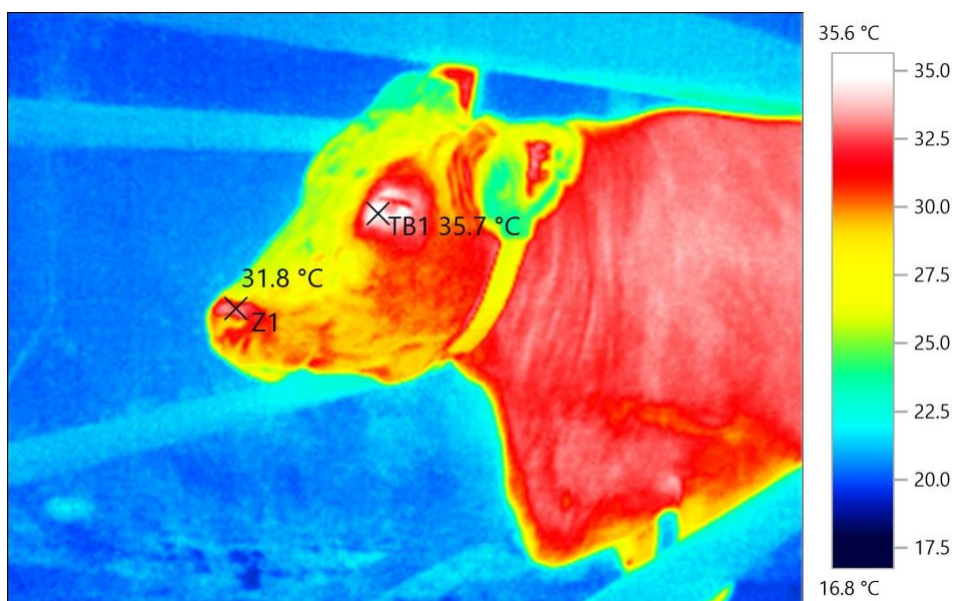
Obrázek 13: U divoké zvěře lze dobře identifikovat zvíře i při horší viditelnosti. Teplotu lze odečíst pouze při větším přiblížení, nebo pomocí termokamery s velkým rozlišením.

c) Skot

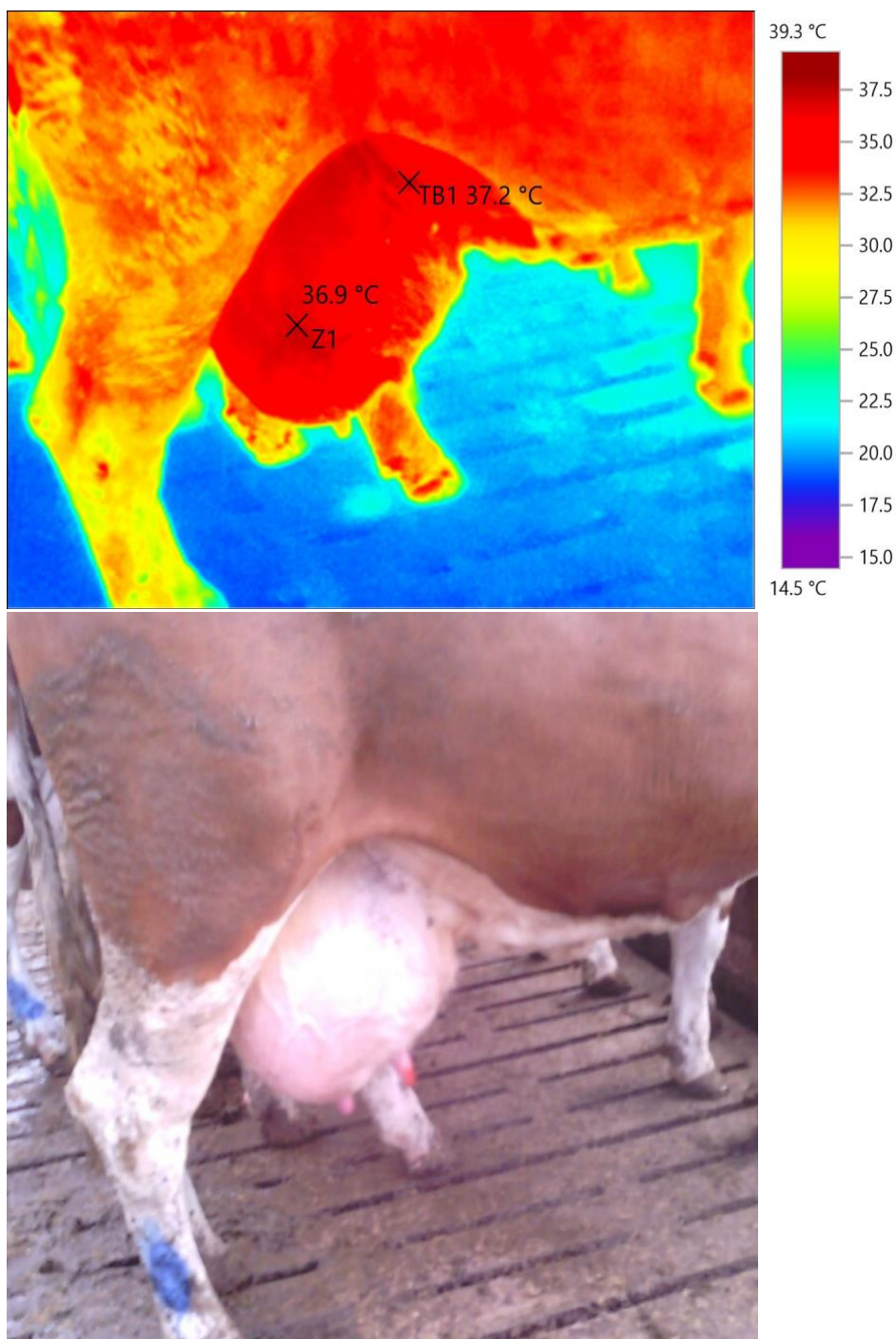
Obrázek 14. Termosnímek s vyobrazenými teplotami oka a mulce dojnice, přední pohled, pořízeno termokamerou Testo 872 (Novák, Hodkovicová, Bernardy).



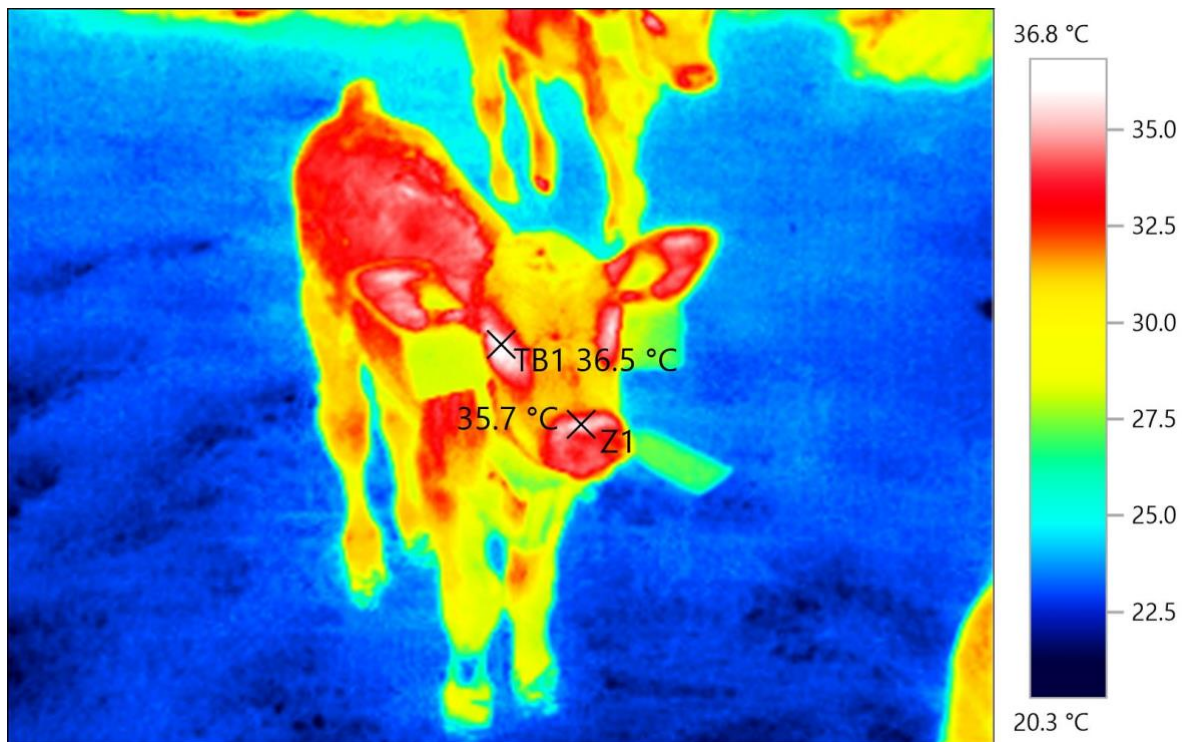
Obrázek 15. Termosnímek s vyobrazenými teplotami oka a mulce dojnice, boční pohled, pořízeno termokamerou Testo 872 (Novák, Hodkovicová, Bernardy).



Obrázek 16. Termosnímek vs. Reálný snímek zobrazující mléčnou žlázu dojnice, boční pohled, pořízeno termokamerou Testo 872 (Novák, Hodkovicová).

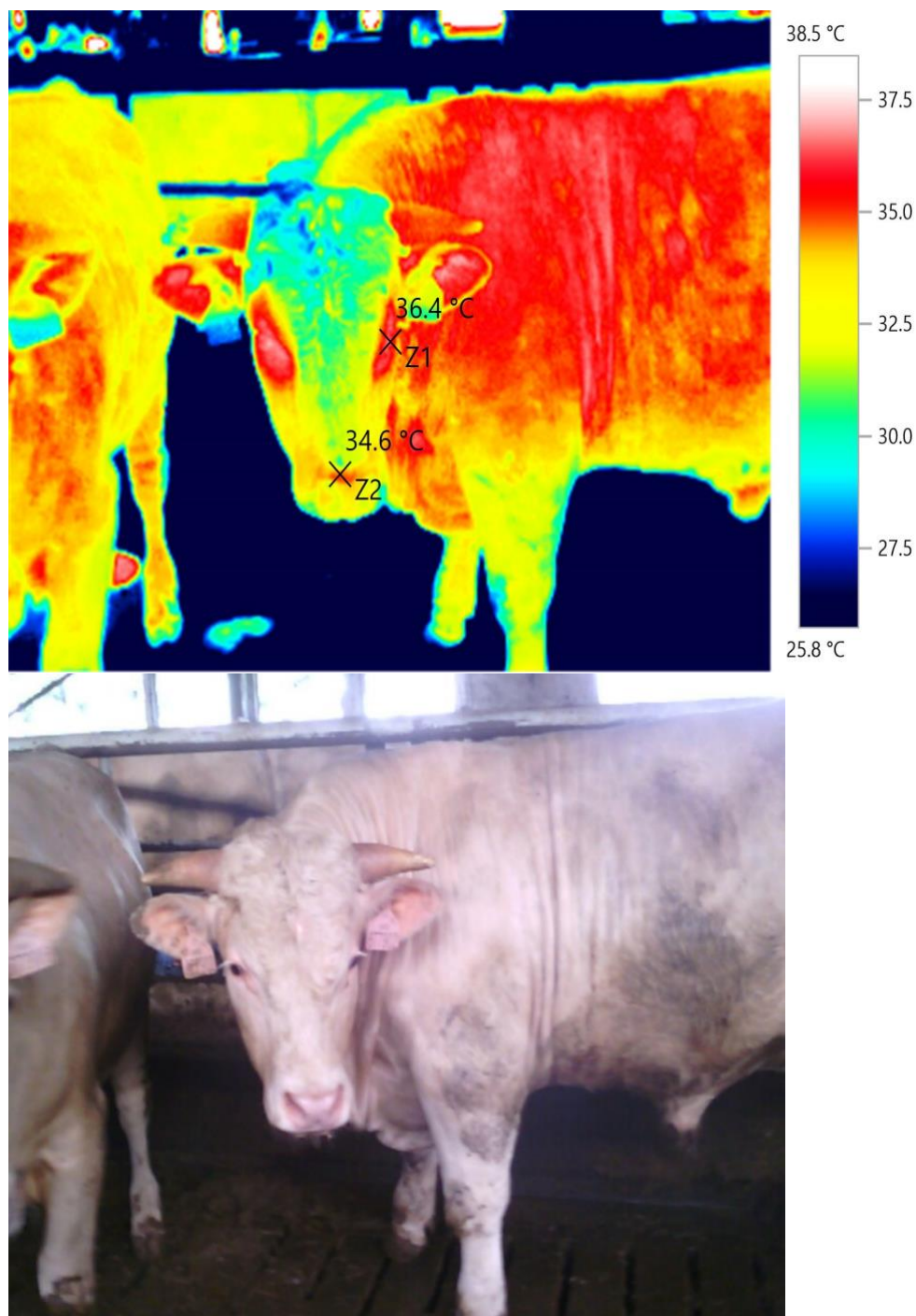


Obrázek 17. Termosnímek telete s vyobrazenými teplotami oka a mulce, pořízeno termokamerou Testo 872 (Novák, Hodkovicová).

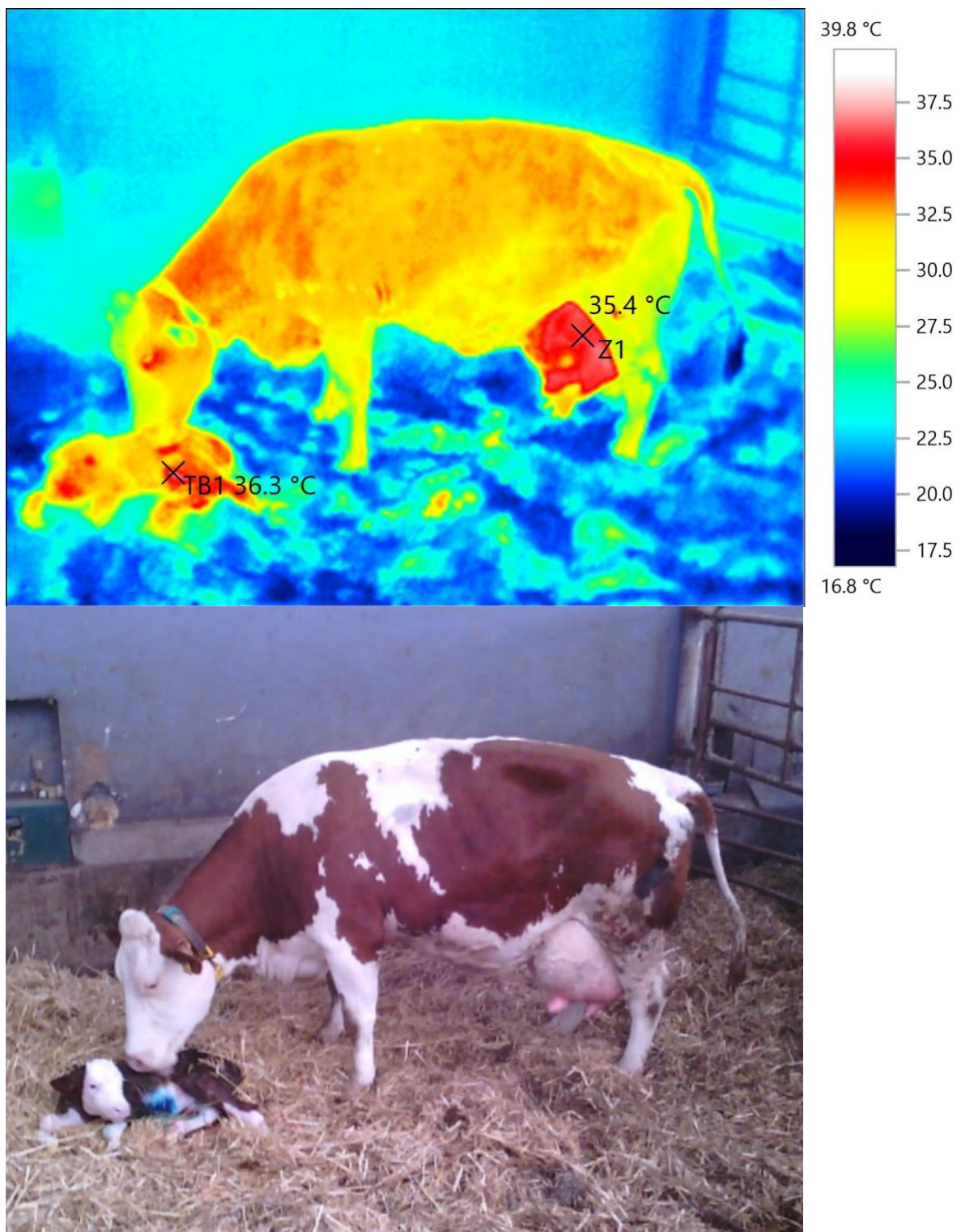




Obrázek 18. Termosnímek vs. reálný snímek býka zaměřený na povrchovou teplotu oka a mulce, pořízeno termokamerou Testo 872 (Novák, Hodkovicová, Bernardy).

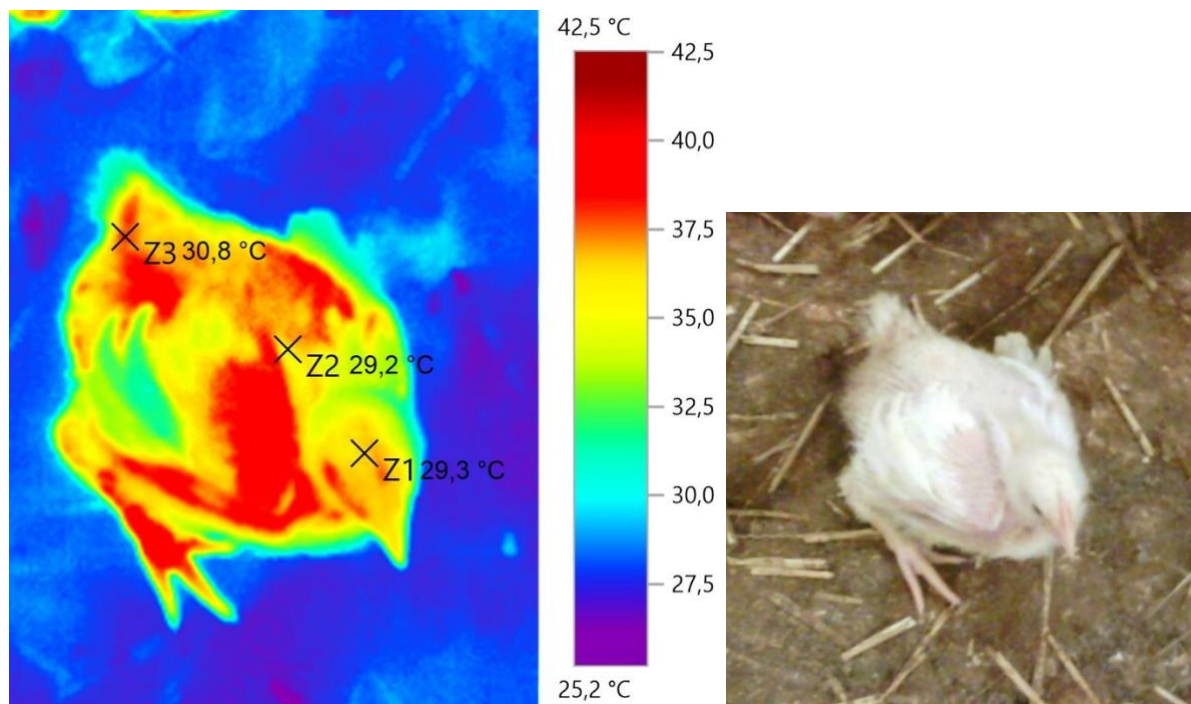


Obrázek 19. Termosnímek vs. reálný snímek matky s teletem těsně po porodu zaměřený na povrchovou teplotu mléčné žlázy a narozeného telete, pořízeno termokamerou Testo 872 (Novák, Hodkovicová, Bernardy).

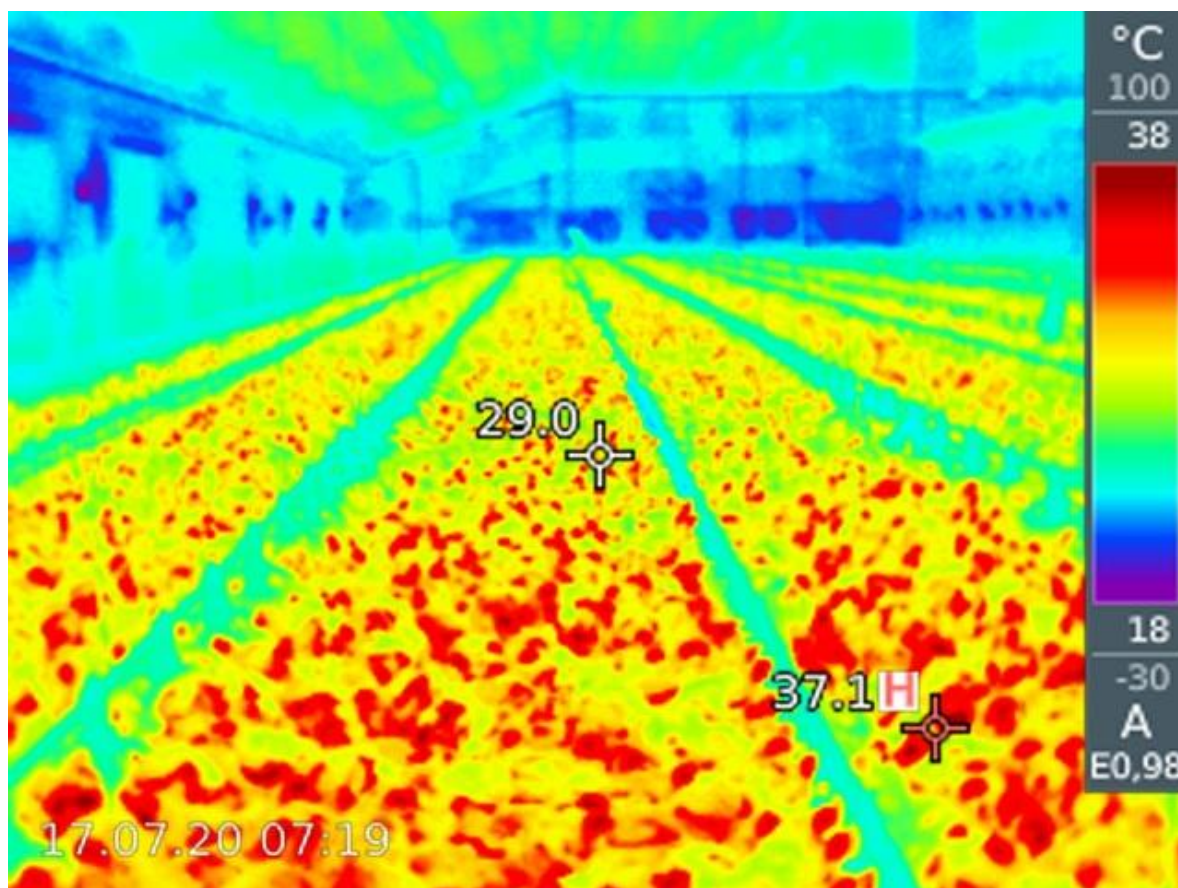


d) Drůbež

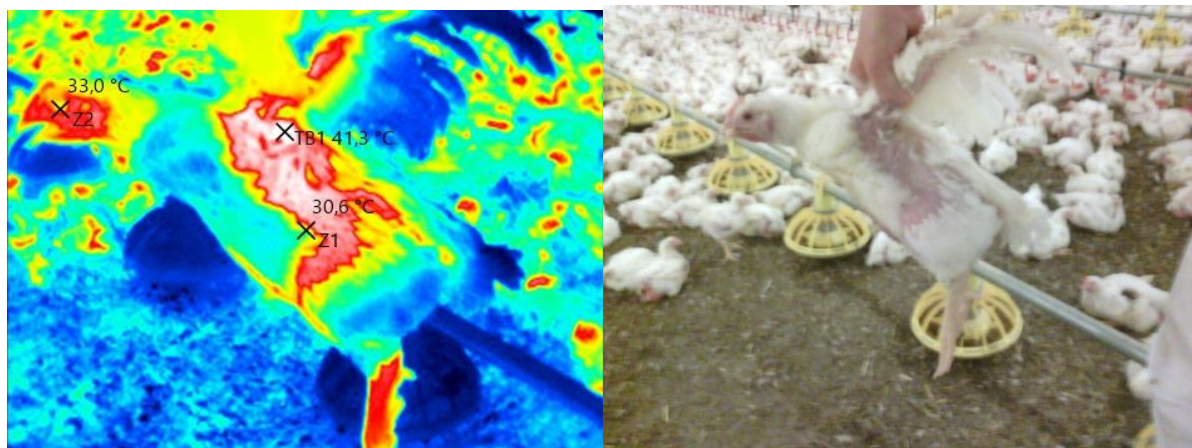
Obrázek 20. Termomapa povrchové teploty těla brojlera stáří 16 dní s viditelnými odchylkami mezi opeřenými a neopeřenými částmi těla. Přední pohled, Testo 872 (Novák, Hodkovicová).



Obrázek 21. Pohled do haly s brojlerovými kuřaty s pomocí termokamery Testo 872 (Novák, Hodkovicová, Bernardy).

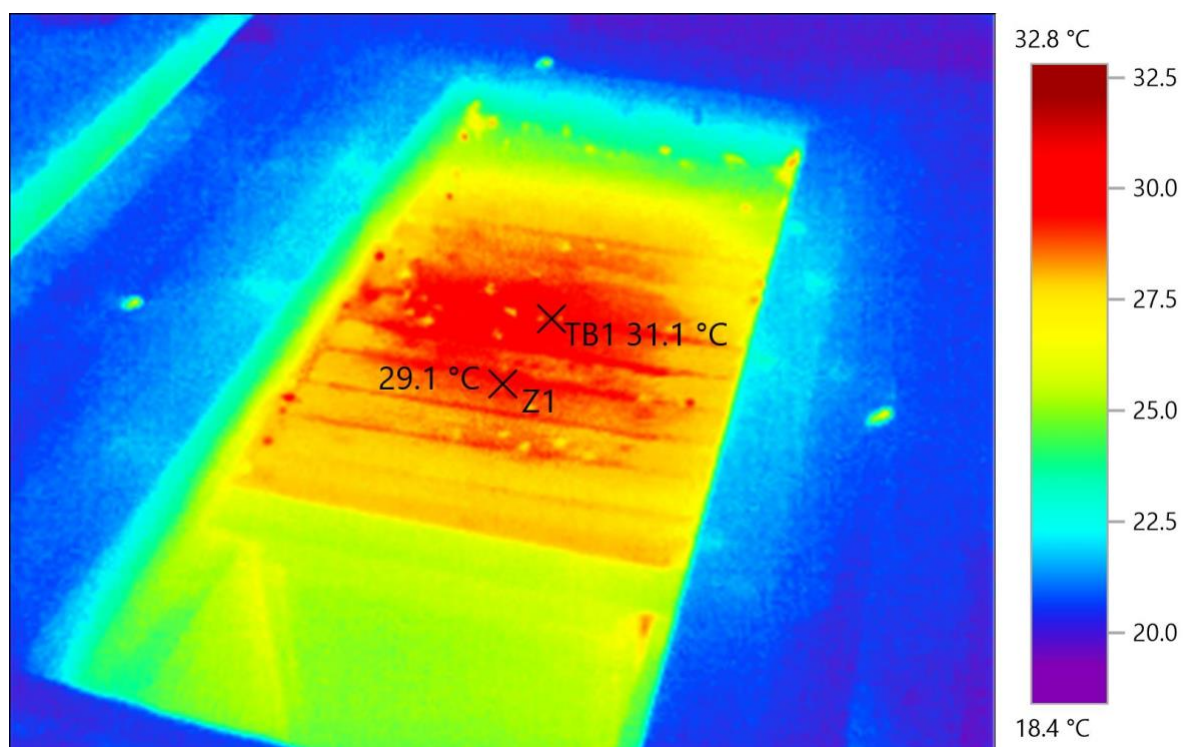


Obrázek 22. Infračervený a reálný snímek jedince brojlera o stáří 32 dní. Neopeřená oblast hlavy a pod křídlem vykazuje na snímku vyšší teploty, Testo 872 (Novák, Hodkovicová, Bernardy).

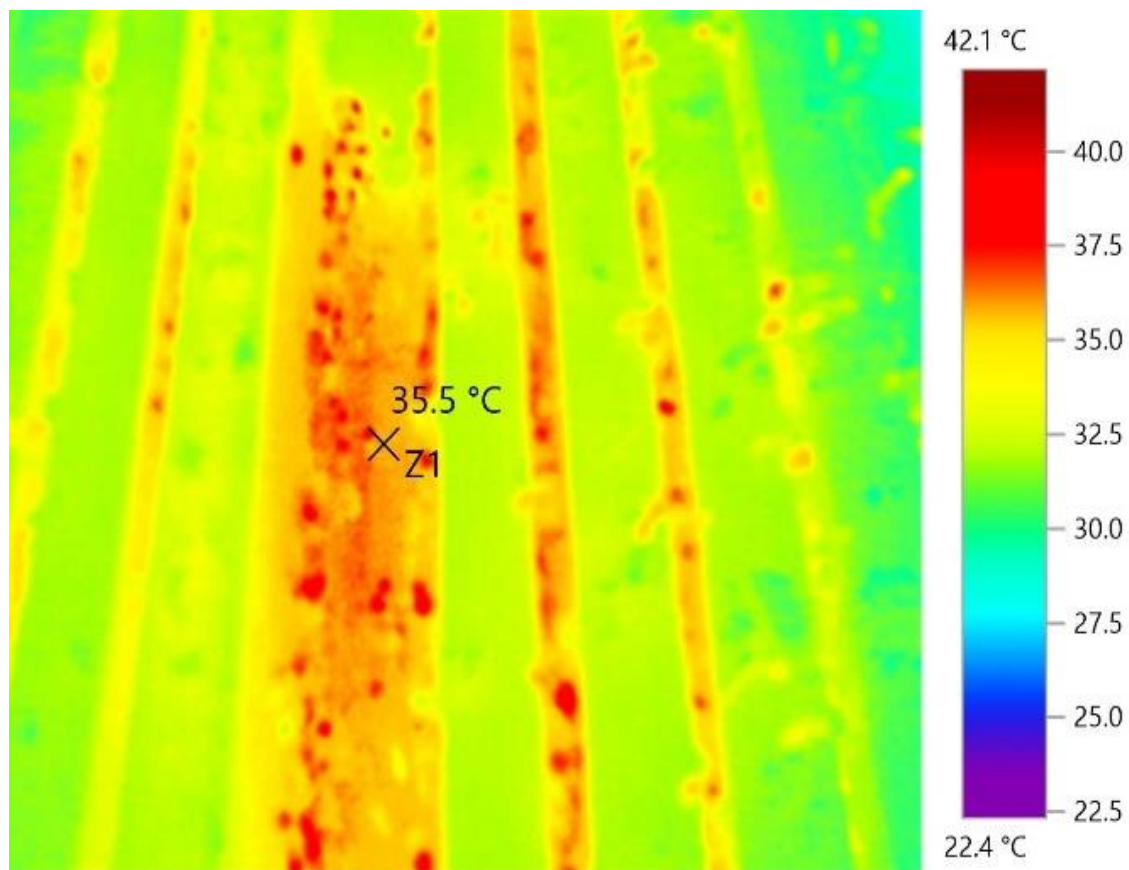


e) Včely

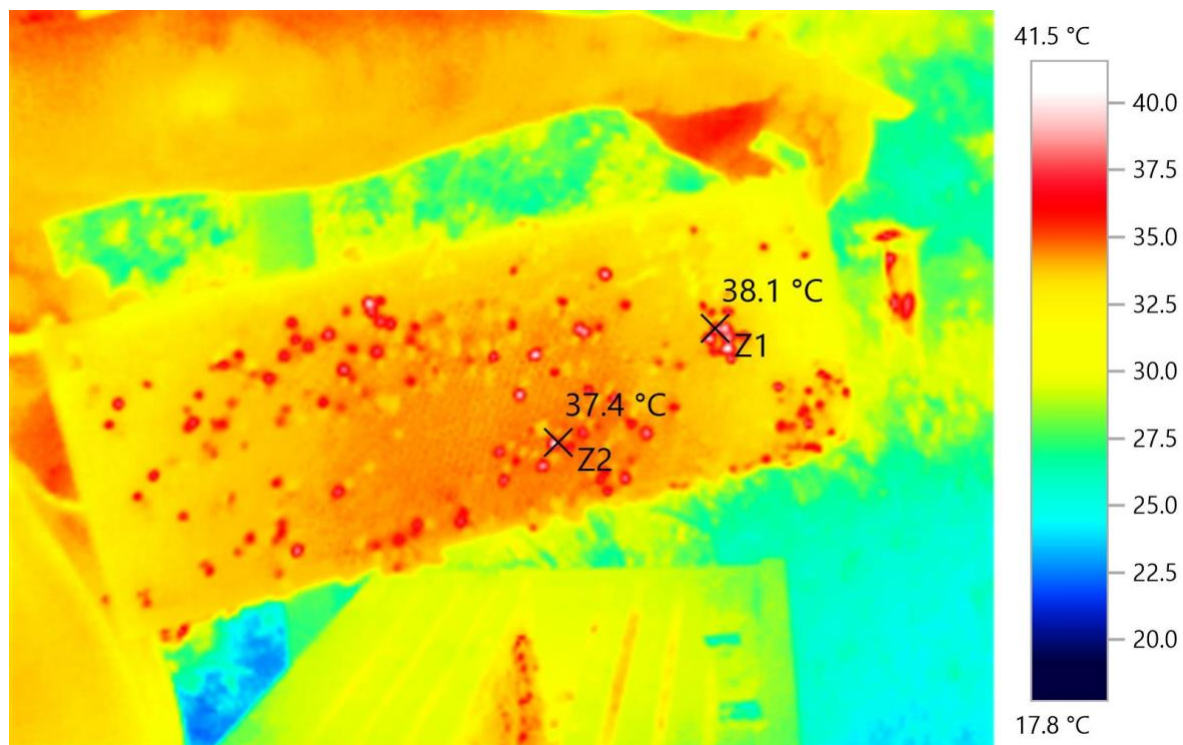
Obrázek 23. Pohled na povrch rámečků v zatepleném typu úlu, Testo 872 (Hodkovicová, Novák).



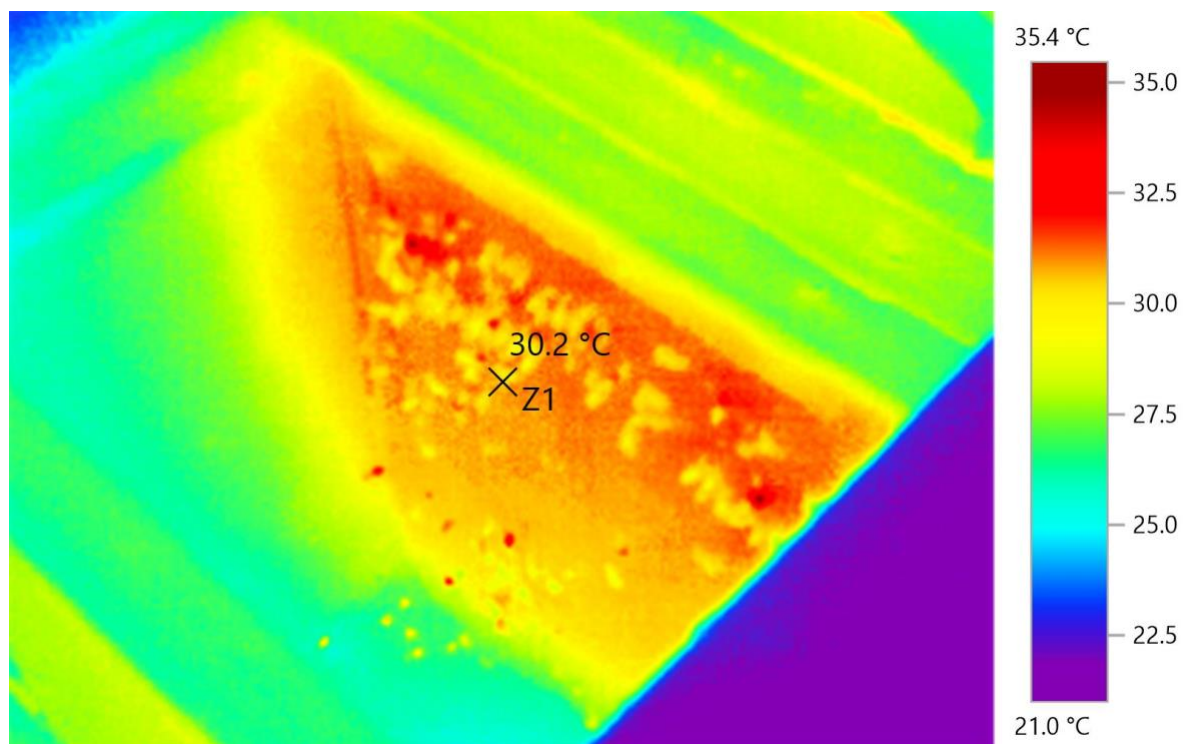
Obrázek 24. Pohled mezi jednotlivé rámečky v nezatepleném typu úlu, Testo 872 (Hodkovicová, Novák).



Obrázek 25. Plást vyjmutý z netepleného typu úlu, Testo 872 (Hodkovicová, Novák).

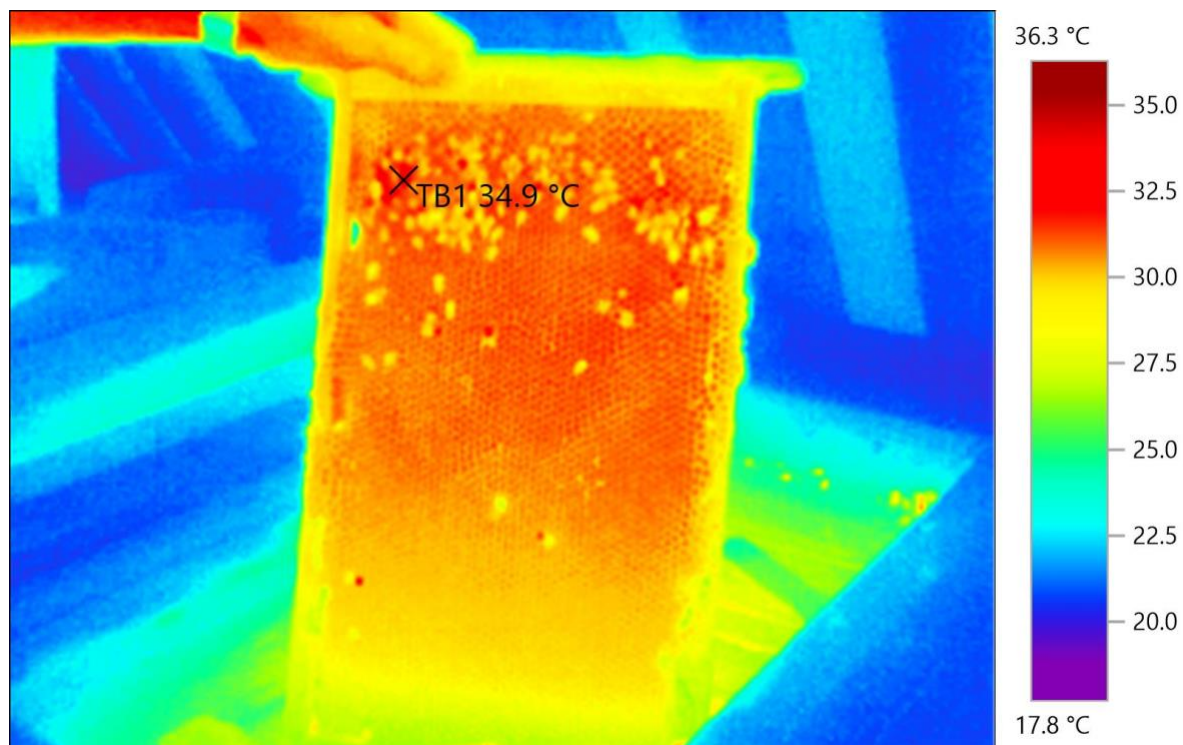


Obrázek 26. Teplota plástu v rámečku uvnitř zatepleného typu úlu, Testo 872 (Hodkovicová, Novák).





Obrázek 27. Plást vyjmutý ze zatepleného typu úlu, Testo 872 (Hodkovicová, Novák).



VÚVeL 

Výzkumný ústav veterinárního lékařství, v.v.i.  
Hudcova 296/70  
621 00 Brno  
Czech Republic  
Tel.: +420 5 3333 1111; [www.vri.cz](http://www.vri.cz); e-mail: [vri@vri.cz](mailto:vri@vri.cz)