

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a biometeorologie**



**Metody hodnocení mikroklimatu stájí hospodářských  
zvířat**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Karolína Havelková**

**Vedoucí práce: Ing. Luboš Türkott, Ph.D.**

© 2017 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Metody hodnocení mikroklimatu stájí hospodářských zvířat" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19.4.2017

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Lubošovi Türkottovi, Ph.D. za poskytnuté konzultace, cenné rady, náměty, ochotu a odborné vedení při zpracování mé bakalářské práce.

# **Metody hodnocení mikroklimatu stájí hospodářských zvířat**

## **Souhrn**

Tato bakalářská práce se zabývá komplexním hodnocením mikroklimatu stájí hospodářských zvířat. Zaměřuje se na pohodu stájového prostředí pro ustájená zvířata. Zabývá se fyzikálními, chemickými a biologickými činiteli, které ovlivňují stájové mikroklima a welfare zvířat, jako je teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, proudění vzduchu, chemické a biologické složení vzduchu, hlučnost prostředí, sluneční záření a osvětlenost stáje. Popisuje metody měření stájového mikroklimatu od historie po současnost. Zabývá se legislativními úpravami a změnami, které se vyjadřují k problematice mikroklimatu stájí hospodářských zvířat. Před rokem 2004 nebyla ochrana zvířat v České republice v oblasti mikroklimatu řešena dostatečně, což bylo změněno se vstupem České republiky do Evropské unie a zapracováním příslušných předpisů Evropské unie do zákonů České republiky.

**Klíčová slova:** mikroklima, stáj, hospodářská zvířata, měření mikroklimatu, welfare

# **Methods for evaluation of stable's microclimate of livestock**

## **Summary**

This thesis deals with a comprehensive evaluation of the microclimate of livestock stables. It focuses on the welfare of stable environment for the animals housed. It deals with the physical, chemical and biological factors affecting microclimate of a stable and animal's welfare such as air temperature, air humidity, air flow, chemical and biological air composition, noise, solar radiation and illuminance. Further on, this thesis also describes methods of measurement of microclimate of stable from history to the present. It deals with legislative changes and changes, which are related to the issue of stable's microclimate of livestock. Prior to 2004, the topic of protecting animal's microclimate was not being discussed adequately, which has changed thanks to the Czech Republic entering the European Union and relevant European Union legislation was incorporate into Czech law.

**Keywords:** microclimate, barn, livestock, measurement of microclimate, welfare

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Cíl práce .....</b>	<b>2</b>
<b>3 Literární rešerše .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 Mikroklima stájí.....</b>	<b>3</b>
<b>3.2 Welfare zvířat .....</b>	<b>4</b>
<b>3.3 Význam klimatologických měření .....</b>	<b>5</b>
<b>3.4 Termoregulace zvířat.....</b>	<b>5</b>
<b>3.5 Teplo a teplota .....</b>	<b>7</b>
3.5.1 Teplota vzduchu.....	7
3.5.2 Účinná teplota okolních ploch .....	10
3.5.3 Tepelný stres .....	10
3.5.4 Teplotně – vlhkostní index (THI).....	11
3.5.5 Teplotní index (HI) .....	12
3.5.6 Teplotní stresový index (HSI).....	13
3.5.7 Zchlazovací hodnota .....	14
3.5.8 Mezní situace .....	15
3.5.9 Měření teploty vzduchu a povrchů .....	16
<b>3.6 Vlhkost vzduchu .....</b>	<b>20</b>
3.6.1 Měření vlhkosti vzduchu .....	23
<b>3.7 Proudění vzduchu a větrání .....</b>	<b>25</b>
3.7.1 Větrání .....	27
3.7.2 Měření proudění vzduchu .....	28
<b>3.8 Osvětlení a sluneční záření .....</b>	<b>30</b>
3.8.1 Měření intenzity osvětlení .....	32
<b>3.9 Hluk.....</b>	<b>33</b>
3.9.1 Měření hladiny hluku.....	33
<b>3.10 Chemické složení stájového vzduchu .....</b>	<b>34</b>
3.10.1 Sirovodík (H <sub>2</sub> S).....	35
3.10.2 Amoniak (NH <sub>3</sub> ).....	36
3.10.3 Oxid uhličitý (CO <sub>2</sub> ).....	37
3.10.4 Měření chemického složení vzduchu.....	38
<b>3.11 Prašnost.....</b>	<b>40</b>
3.11.1 Snižování prašnosti .....	41
3.11.2 Měření prašnosti .....	42
<b>3.12 Mikrobiální znečištění .....</b>	<b>42</b>
3.12.1 Měření mikrobiálního znečištění .....	43

<b>3.13</b>	<b>Komplexní měření mikroklimatu .....</b>	<b>43</b>
<b>3.14</b>	<b>Legislativní úprava mikroklimatu .....</b>	<b>45</b>
3.14.1	Zákon na ochranu zvířat proti týrání.....	45
3.14.2	Vyhláška o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat	47
<b>4</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>Seznam použitých tabulek a obrázků.....</b>	<b>63</b>
6.1	Seznam použitých tabulek.....	63
6.2	Seznam použitých obrázků.....	63
<b>7</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>64</b>

# 1 Úvod

Mikroklimatu stáje by měla být věnována velká pozornost, jelikož je to soubor činitelů působících na organismus zvířete po celou dobu jeho ustájení. Protože většina hospodářských zvířat v našich podmínkách tráví téměř celý svůj život v uzavřeném prostoru stáje, je nutné jim zajistit odpovídající prostředí, aby byla zabezpečena jejich pohoda. Mikroklimatické parametry v objektech živočišné výroby by měly tvořit vhodné podmínky pro růst, dobrý zdravotní stav, vysokou užitkovost a produkci zvířat.

Vlivem podmínek klimatu vnějšího prostředí, životních pochodů zvířat, provozu strojů a zařízení ve stáji a působením fyzikálních, chemických a biologických procesů se ve stájovém prostoru formuje prostředí odlišné od vnějšího, neboli stájové prostředí. Vhodným stájovým prostředím, které odpovídá svými parametry nárokům ustájených zvířat, lze ovlivnit celkovou výslednou efektivnost živočišné výroby.

Mikroklima stáji tedy velkou měrou ovlivňuje ekonomiku chovu a je jedním z rozhodujících předpokladů úspěšnosti chovu. Špatné mikroklimatické podmínky působí škodlivě na zdravotní stav a psychickou pohodu zvířat a ve výsledku mohou ovlivnit jejich užitkovost. Nepříznivé mikroklima může podporovat šíření onemocnění ve stáji a při dlouhodobém zanedbání může docházet až k úhynům zvířat. Kontrola mikroklimatu nebo všeobecně stájového prostředí je proto ideální možností, jak lze zlepšit zdravotní stav stáda a výsledky chovu.

Moderní technika umožňuje měřit prvky mikroklimatu ve stájích kontinuálně, takže chovatelé nejsou limitováni ambulantním měřením. V dnešní době dokonce existuje možnost kontrolovat a má-li chovatel ve stáji instalovány systémy řízení mikroklimatu, pak i upravovat jednotlivé prvky mikroklimatu pomocí internetu nebo mobilní aplikace. Je možné také jejich počítačové zpracování, což usnadňuje jejich sledování a další zhodnocení. Na základě takto objektivně naměřených dat můžeme i zpětně sledovat případnou závislost mezi hodnotami mikroklimatu a užitkovostí, eventuálně zdravotními komplikacemi zvířat.



## **2 Cíl práce**

Cílem práce je vytvořit literární přehled o jednotlivých prvcích a charakteristikách stájového prostředí a o metodách hodnocení mikroklimatu stájí, popsat vývoj přístrojového vybavení. Dále pak pojednat o změnách v legislativě zabývající se životními podmínkami v chovech zvířat.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Mikroklima stájí

Mikroklimatem rozumíme stav ovzduší v uzavřeném prostoru. Na mikroklima má přímý vliv makroklima, což je vnější atmosférické prostředí. Existuje zde samozřejmě řada faktorů, které působení makroklimatu na mikroklima ovlivňují. Převážně jde o konstrukční řešení stavby – tedy například je-li budova zateplená, má-li kvalitní odvětrávání, případně je-li klimatizovaná, jak moc je využívána, nebo na kterou stranu jsou orientována okna, atd. (Zejdová et al., 2014).

Mikroklima je tvořeno fyzikálními, chemickými a biologickými činiteli. Fyzikálními činiteli rozumíme teplotu vzduchu, vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, hluk, proudění vzduchu, osvětlení, sluneční záření atd. Mezi chemické činitele řadíme plyny, které se v prostředí mohou vyskytovat. Mezi biologické činitele patří mikroorganismy. Všechny tyto faktory jsou také ovlivňovány klimatem vnějšího prostředí, řešením stavby a navíc také provozem různých technických zařízení, pohybem a činnostmi lidí a zvířat (Šimková et al., 2015).

Mikroklima je základním činitelem v chovu zvířat. Limituje nejen zdraví zvířat, ale také jejich užitkovost (Brestenský et al., 2014). Složení vzduchu je v podstatě neměnné v celé atmosféře, avšak složení stájového vzduchu se liší stáj od stáje. Tyto změny způsobují plyny vznikající během odpařování z moči, výkalů, mrvy a plyny, které zvířata vydechují. Avšak stále je mikroklima přímo ovlivňováno klimatem atmosférickým.

Faktory působící na mikroklima stájí můžeme rozdělit do dvou skupin: faktory biotické a faktory abiotické. Mezi faktory biotické řadíme znečištění mikrobiologické a prašnost prostředí. Faktory abiotické pak dělíme:

- 1) Fyzikální faktory: teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, proudění vzduchu, refrigerace (katohodnota), osvětlení, atmosférický tlak a hlučnost prostředí.
- 2) Chemické faktory: složení vzduchu – zejména sledujeme čpavek, sirovodík, oxid uhličitý.

Pro zvířata má však z měřených hodnot nejvyšší význam teplota vzduchu, teplota vnitřních povrchů, vlhkost vzduchu a proudění vzduchu (Chloupek et Suchý, 2008). Zejdová et al. (2010) uvádí, že při sledování stájového mikroklimatu je však nutné věnovat pozornost také extrémním hodnotám klimatických prvků, nejen jejich průměrným hodnotám.

Dle Broučka et al. (2008) způsobuje neadekvátní prostředí a technika chovů značnou chronickou zátěž hospodářských zvířat, která značně snižuje jejich odolnost, životaschopnost, dlouhověkost, produkci a reprodukci. Proto je nutné, abychom respektovali nároky zvířat na pohodu a prostředí, jehož součástí je mikroklima.

Brouček et al. (2008) uvádí, že se zvyšujícím se počtem extrémně vysokých teplot, které mají podstatný vliv na životní projevy zvířat, budeme muset uvažovat o ustájení a technologických systémech, které budou muset být schopny redukovat negativní vliv těchto klimatických extrémů. Důležité je především znát bezprostřední vliv těchto extrémů na změnu užitkovosti zvířat. Huston (2015) uvádí, že extrémní hodnoty vlhkosti a teploty vzduchu mohou vyvíjet tlak na chovné stádo a potenciálně ovlivňovat výživu, zapříčinit snížení imunity a zvyšovat náchylnost k onemocnění.

### **3.2 Welfare zvířat**

Welfare, neboli pohoda zvířat reprezentuje situaci, ve které se zvířata, respektive jejich organismus, vyrovnávají s okolním klimatem. Je to situace, kdy jsou splněny všechny požadavky, jak po stránce materiální tak i nemateriální, které zvířata potřebují k duševnímu i fyzickému zdraví. Tedy dosažení jistého stupně komfortu, kdy zvířata nestrádají a jejich potřeby jsou uspokojeny a naplněny (Doležal et al., 2004).

Genetické predispozice ovlivňují zdraví a užitkovost zvířat přibližně z 20 %, výživa z 50 – 60 % a prostředí z 20 – 30 %. Pohodu a komfort zvířat tedy nesledujeme jen kvůli etice, nebo zákonům, ale také kvůli stránce ekonomické. Proto chceme-li dosáhnout maximálního potenciálu v užitkovosti zvířat, je nutné jim poskytnout prostředí, které odpovídá jejich potřebám (Chloupek et Suchý, 2008).

Známe celkem pět kritérií a zásad v chovu zvířat, které jsou základem k naplnění pohody zvířat. Tyto zásady novelizovala v roce 1993 Britská rada pro ochranu hospodářských zvířat (Farm Animal Welfare Council – FAWC). Tyto kritéria se také označují jako „pět svobod“. Jejich znění:

- 1) Odstranit pocit hladu, žízně a podvýživu – především neomezený přístup k čerstvé vodě a zajištění krmné dávky dle fyziologických potřeb.
- 2) Odstranit faktory fyzické a tepelné nepohody – odpovídající zabezpečení před makroklimatickými vlivy, prostředí odpovídající fyziologickým potřebám zvířat.
- 3) Odstranit bolesti, nemoci, zranění a příčiny jejich vzniku – především se jedná o prevenci, případně zajištění veterinární péče.

- 4) Možnost projevovat přirozené chování – sociální interakce s jinými jedinci stejného druhu, odpovídající zařízení, výbava a velikost prostoru.
- 5) Odstranit strach a tíseň – především prevence před vznikem podmínek, které by navozovaly pocit strachu a deprese.

Protože v běžném ustájení je nemožné dosažení všech těchto zásad dohromady, chovatelé preferují body 1 a 3, ochránci zvířat pak body 4 a 5. Například absolutní svoboda zvířat neumožňuje v praxi udržovat dostatečně čisté prostředí (Doležal et al., 2004).

Pohodou zvířat se zabývají také zákony a vyhlášky České republiky. Konkrétně se ochranou zvířat zabývají tyto právní předpisy:

- 1) Zákon č. 246/1992 Sb. – zákon České národní rady na ochranu proti týrání zvířat, ve znění pozdějších předpisů
- 2) Vyhláška č. 208/2004 Sb. – vyhláška o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat, ve znění pozdějších předpisů
- 3) Zákon č. 166/1999 Sb. – zákon o veterinární péči, ve znění pozdějších předpisů

### **3.3 Význam klimatologických měření**

Klimatická měření mají pro chovatele význam především, pokud je schopen shromáždit objektivně naměřená data, která zobrazují dané životní podmínky a prostředí zvířat a která je schopen porovnat s doporučenými hodnotami. Takto může chovatel i zpětně zjistit závislost mezi výskytem abnormálních měřených hodnot a zdravím, užitkovostí, případně zdravotními komplikacemi chovaných zvířat (Chloupek et Suchý, 2008).

Zejdová et al. (2010) uvádí, že je nutné se stájovým mikroklimatem zabývat z toho důvodu, že například pouze dojnice, která má zajištěnou životní pohodu, může dosáhnout maximální užitkovosti, kterou jí její fyziologický stav dovolí. S tím souhlasí Chloupek et Suchý (2008), kteří uvádí, že stájové prostředí ovlivňuje zvířata asi z 20 – 30%.

### **3.4 Termoregulace zvířat**

Chloupek et Suchý (2008) uvádějí, že termoregulace je složitá funkce, která slouží k udržování tělesné teploty organismu. Ke stálé tělesné teplotě je nutné dosáhnout vyrovnané tepelné bilance organismu. Zvířata, která si udržují relativně stálou teplotu, nazýváme homiotermní neboli stálotepelná. Stálá tělesná teplota je nutná k ustálené rychlosti biochemických reakcí v těle, tedy aby všechny fyziologické funkce, které živočich potřebuje k normálnímu životu, byly pořád k dispozici.

Změny v genetice a fyziologii produkčních zvířat způsobují to, že již nejsou dostatečně schopna regulovat svou tělesnou teplotu a to hlavně při vysokých teplotách okolního prostředí. Nejvíce náchylné jsou vysokoprodukční dojnice, jelikož selekce na mléčnou užitkovost zhoršuje odolnost vůči tepelnému stresu a také zhoršuje plodnost v měsících, kdy je tepelný stres vyvoláván. (Doležal, 2010).

K termoregulaci u zvířat dochází na úrovni reflexní, fyzikální a chemické.

### Reflexní termoregulace

Reflexní termoregulaci můžeme rozdělit na 3 děje: regulace přítoku krve, regulace izolační vrstvy styčné se vzduchem a změnu účinné plochy povrchu těla. Spouštěčem reflexní termoregulace jsou tepelné receptory, které jsou uloženy v kůži. Na základě informací, které předávají tepelné receptory do termoregulačního centra, které je umístěné v hypotalamu, zabezpečuje centrum pochody, které slouží buď k redukci výdeje tepla a zvýšení jeho produkce, nebo ke zvýšení výdeje tepla a snížení jeho produkce (Chloupek et Suchý, 2008).

Pokud je prostředí příliš chladné, zvířata se vždy nejprve snaží o snížení tepelných ztrát. Později, pokud nejsou procesy, které zabraňují tepelným ztrátám dostatečně účinné, je organismem vytvářeno teplo k udržení stálé tělesné teploty (Reece, 2011).

Ke snižování tepelných ztrát dochází například choulením zvířat, čímž se zmenšuje účinná plocha povrchu těla a teplo méně uniká do okolí. Dalším mechanismem je napřimování chlupů, nebo zúžení periferních cév. Při zvyšování produkce tepla dochází k zvýšenému uvolňování adrenalinu a noradrenalinu a jejich účinek je posilován také působením hormonu štítné žlázy. Dochází také ke svalovému třesu, který vytváří teplo, aby se předešlo podchlazení (Reece, 2011).

V prostředí s vysokými teplotami zvířata vyhledávají chladné, vlhké, zastíněné plochy, dochází k rozšíření cév, zrychlování srdeční činnosti a zvířata se začínají potit, zvyšuje se tedy výpar z jejich těl, což napomáhá ochlazování. Dochází k omezení aktivity a metabolických procesů (Chloupek et Suchý, 2008).

### Fyzikální termoregulace

Chloupek et Suchý (2008) sdělují, že mezi fyzikální mechanismy termoregulace patří evaporace, radiace, kondukce a konvekce. Brutsaert (1982) uvádí, že evaporace je jev, při němž je látka převáděna ze skupenství kapalného, nebo tuhého na páru. Chloupek et Suchý (2008) souhlasí a uvádějí, že evaporace, při níž dochází k odpařování vody z povrchu těla, plic a dýchacích cest, je velmi účinný mechanismus termoregulace a nejúčinnější je při

teplotách nad 30°C. Doležal et al. (2004) dodávají, že při teplotách nad 30°C se doporučuje zvířata ochlazovat evaporací a to za použití ventilátorů a zvlhčování zvířat vodou.

Při rozdílné teplotě dvou vzájemně se nedotýkajících předmětů, dochází k tepelné výměně mezi nimi. Tento jev se označuje jako radiace, nebo také vyzařování tepla. Její intenzita je ovlivněna vzdáleností těchto předmětů, resp. vzdáleností těla zvířete od předmětu a velikosti rozdílu teplot.

Přenos tepla mezi vzájemně se dotýkajícími předměty označujeme jako kondukce (vedení tepla). Nejvíce patrná je při odpočívání zvířat vleže na podlaze, kdy dochází k tepelné výměně mezi zvířetem a podlahou.

Při konvekci neboli šíření tepla prouděním je tělo zvířete ochlazováno, nebo zahříváno proudem vzduchu. Konvekce tepla je závislá především na rychlosti proudu vzduchu, jeho teplotě a vlhkosti (Chloupek et Suchý, 2008).

### Chemická termoregulace

Chloupek et Suchý (2008) uvádí, že chemická termoregulace uvolňuje glykogenové rezervy, pokud teplota tělesného jádra klesne pod teplotu kritickou. Reece (2011) definuje kritickou teplotu jako takovou, při níž klesne tělesná teplota pod určitou hranici a zahájí se produkce tepla. Chloupek et Suchý (2008) dále specifikují, že při nedostatečné teplotě tepelného jádra se zrychluje metabolismus a zároveň se zvyšuje spotřeba kyslíku.

## **3.5 Teplo a teplota**

### **3.5.1 Teplota vzduchu**

Teplota je výsledkem tepelné bilance stájového prostředí. Tepelná bilance stáje je závislá na celkovém součtu tepla produkovaného ve stáji a tepelných ztrátách. Pokud je tepelná bilance stájového prostředí kladná, pak tepelné zisky převažují, je-li tepelná bilance nulová, jedná se o ustálený stav prostředí a pokud je tepelná bilance záporná, pak převažují tepelné ztráty nad zisky. Tyto výsledky pak udávají provozní teplotu stáje (Kic et Brož, 1995).

Podle Zejdové et al. (2010) je teplota jeden z prvků, které mají na stájové mikroklima největší vliv. S tímto tvrzením souhlasí Brouček et al. (1996), kteří dokonce uvádí, že teplota prostředí má největší vliv na zvířecí organismus. Zejdová et al. (2014) však tvrdí, že ačkoliv je teplota nejnadhěji a nejhastěji měřená veličina v souvislosti se stájovým mikroklimatem, tak zcela nevystihuje nároky zvířat.

Teplota vzduchu ovlivňuje řadu funkcí v těle živých organismů, například schopnost reprodukce, termoregulační funkce, ale také užitkovost a v konečném důsledku i celkový zdravotní stav zvířete. Toleranci zvířete k teplotě, ať už příliš nízké či příliš vysoké, určuje například druh, plemeno, zdravotní stav a krmná dávka (Šimková et al., 2015).

Existuje určité teplotní rozmezí, při kterém hospodářská zvířata produkují nejméně metabolického tepla, a klade nejmenší nároky na termoregulační systém. Toto teplotní rozmezí označujeme jako pásmo tepelné rovnováhy, nebo také jako termoneutralitu (Kic et Brož, 1995; Botto et al., 2004). Rozsah termoneutralní zóny je dle Malé et al. (2008) u přežvýkavců poměrně široký v porovnání s ostatními druhy. Dle Santolaria et al. (2011) je její rozsah závislý také na věku, plemeni, kategorii, příjmu potravy, složení stravy, aklimatizaci, stavu přivykání na danou teplotu, izolaci tkání (tuk, kůže), vnější izolaci (srst), chování zvířete a dalších aspektech.

Kic et Brož (1995) uvádí, že z hlediska užitkovosti je pro nás pásmo tepelné rovnováhy velmi důležité, jelikož v termoneutralní zóně jsou zvířata schopna nejlépe zužitkovat živiny obsažené v krmivu na výslednou produkci. Avšak většina hospodářských zvířat (skot, prasata, drůbež), za předpokladu že již mají vyvinutý termoregulační mechanismus, se lépe vyrovnává s nižšími teplotami než s vysokými.

Tab. 1 Zoohygienické požadavky skotu na teplotu stájového vzduchu

Kategorie – způsob ustájení	Věk (měsíce)	Teplota (°C)		
		Minimální	Optimální zimní	Optimální letní
<b>Telata</b>				
Profylaktor.	Do 0,5	8	10 – 14	18 – 22
Odd. mléč. výž. - ind.	Do 3	8	10 - 14	18 – 22
Odd. rost. výž. - volné	3 – 6	3	8 - 10	18 – 22
<b>Jalovice - volné</b>	6 – 22	1	6 – 10	14 – 22
<b>Výkrm - volné</b>	6 – 18	1	6 – 10	16 – 22
<b>Dojnice - Kombinovaná užitkovost do 4 000 kg</b>				
Volné		1	6 – 12	14 – 22
Vazné stel.		3	8 – 14	16 – 22
Vazné bezstel.		5	10 – 14	16 – 22
<b>Dojnice - Mléčná užitkovost nad 4 000 kg</b>				
Volné stel.		1	6 – 12	14 – 22
Volné bezstel.		1	6 – 12	14 – 22
Vazné stel.		1	6 – 14	16 – 22
Vazné bezstel.		3	8 – 14	16 – 22
<b>Porodna – vazné stel.</b>		5	10 – 14	18 – 22

(Kic et Brož, 1995)

Tab. 2 Zoohygienické požadavky prasat na teplotu stájového vzduchu

Kategorie – způsob ustájení	Hmotnost zvířat (kg)	Teplota (°C)	
		Minimální	Optimální
<b>Dočov selat</b>			
I. etapa	7 – 15	18	20 – 26
II. etapa	18 – 30	16	18 – 24
<b>Výkrm prasat</b>			
I. etapa	30 – 50	14	16 – 22
II. a III. etapa	50 – 90	10	14 – 20
IV. etapa	Nad 90	8	10 – 16
<b>Odchov prasniček</b>	30 – 60	13	16 – 22
<b>Odchov prasnic, zapuštěné a březí prasnice, kanci</b>	Nad 60	10	12 – 18
<b>Kojící prasnice</b>	200 – 250	14	16 – 20
<b>Selata v porodním kotci po narození 1)</b>	Do 7	32	32 – 35
1) U selat postupné snižování na 20°C, při využití doupat možnost snížit stájovou teplotu o 3 K.			

(Kic et Brož, 1995)

Tab. 3 Zoohygienické požadavky drůbeže na teplotu vzduchu při vytápění celého objektu

Kategorie – způsob ustájení	Věk (týdny)	Teplota (°C)	
		Minimální	Optimální
<b>Kuřata (odchov, výkrm)</b>	Do 1	30	32 – 33
	1 – 2	27	29 – 31
	2 – 3	24	26 – 28
	3 – 4	21	23 – 25
	4 – 6	16	19 – 22
	6 – 8	12	17 – 22
	8 – 20	10	16 – 22
<b>Nosnice</b>	Nad 20	8	15 – 22
<b>Krůčata</b>	Do 1	32	34 – 36
	1 – 2	30	32 – 34
	2 – 3	28	30 – 32
	3 – 4	26	28 – 30
	4 – 6	22	24 – 26
	6 – 8	16	18 – 22
	8 – 20	12	16 – 22
<b>Krůty</b>	Nad 20	8	14 – 22

(Kic et Brož, 1995)



### 3.5.2 Účinná teplota okolních ploch

Účinná teplota okolních ploch nebo také střední radiální teplota je parametr, který má důležitý vliv na kompletní tepelný režim stáje a to včetně vlhkostních poměrů. Působí na teplo, jež zvířata přijímají a vydávají radiací. Závisí na rozdílech teplot těla zvířete a okolních ploch. Jestliže je teplota povrchu okolních předmětů vyšší, než teplota povrchu těla zvířete, pak zvíře teplo přijímá. V opačném případě teplo vydává.

Dalším kritériem, které ovlivňuje sdílení tepla vedením, je jestli se zvířata bezprostředně dotýkají povrchem těla například podlahy, nebo dalších jiných povrchů. U stojících zvířat jsou ztráty tepla vedením zanedbatelné, protože styčná plocha i teplotní rozdíly jsou relativně nízké a ostatní části těla zvířete jsou izolovány od dalších ploch vrstvou vzduchu, který špatně vede teplo. Avšak pokud zvíře leží, výdej tepla vedením se může poměrně zvyšovat. Především záleží, na jakém povrchu zvíře leží a jestli a jakou má povrch izolační vrstvu, dobrým izolantem je například suchá podestýlka, naopak beton a kov odvádění tepla vedením zvyšují (Kic et Brož, 1995).

### 3.5.3 Tepelný stres

Tepelný stres je způsoben kombinací několika faktorů prostředí (teplotou, relativní vlhkostí, slunečním zářením a pohybem vzduchu). Bylo navrženo mnoho indexů, které kombinují faktory životního prostředí k měření úrovně tepelného stresu. Nicméně, jejich použití je omezeno špatnou dostupností dat. Většina studií tepelného stresu je zaměřena především na teplotu a relativní vlhkost vzduchu, protože údaje o rychlosti větru, dešťových srážkách, nebo o slunečním záření, které je absorbováno zvířaty, nejsou veřejně dostupné. Avšak teplotu a vlhkost vzduchu můžeme obvykle získat z blízkých meteorologických stanic (Bohmanova et al., 2007).

Snížit tepelný stres dojnic lze například zlepšením dostupnosti pitné vody, poskytnutím stínu v oblasti ustájení a ohrad, snížení docházkových vzdáleností, redukcí času při čekání v ohradách (například při čekání na dojení), zlepšení ventilace, přidání chlazení, atd. (Smith et Harner, 2011).

Knížková et al. (2003) uvádí jako příznaky tepelného stresu u skotu zvýšenou rektální teplotu, zvýšenou frekvenci dechu, slinění, pocení a změny chování jako snížená aktivita, vyhledávání stínu a chladu, nefyziologické ležení a apatičnost.

Dle Westa (2008) je možné omezit tepelný stres pomocí genetické selekce, avšak moderním trendem je šlechtění pro co nejvyšší užitkovost.

### 3.5.4 Teplotně – vlhkostní index (THI)

Teplotně-vlhkostní index je jediná hodnota, která představuje kombinovaný vliv teploty a vlhkosti vzduchu ve spojení s tepelným stresem. Tento index byl vyvinut ke sledování a redukci tepelného stresu. Rozdílné druhy zvířat a lidé mají odlišnou citlivost na okolní teplotu a množství vlhkosti ve vzduchu. Skot se mnohem lépe přizpůsobí vyšším teplotám při nižší relativní vlhkosti, než prasata, což je způsobeno tím, že skot se může účinněji zbavovat přebytečného tepla pocením, zatímco prasata potní žlázy nemají. Nicméně, při horkém a vlhkém počasí je přirozená schopnost skotu odvádět tepelnou zátěž pocením ohrožena a tepelný stres nastává při těchto podmínkách u skotu mnohem rychleji, než u prasat.

Obsah vodní páry ve vzduchu je důležitý, protože má vliv na rychlost ztráty evaporací přes kůži a plíce. Když průměrná denní teplota klesne mimo komfortní zónu zvířete, množství vlhkosti ve vzduchu se stává významným prvkem pro udržení homeostázy organismu (Bohmanova et al., 2007).

Teplotně-vlhkostní index je často používaným indikátorem k popsání tepelné zátěže. Je velmi dobrým ukazatelem stresových teplotních klimatických podmínek a k jeho definování používáme kombinaci teploty a relativní vlhkosti, nezohledňuje však proudění vzduchu a radiaci. THI využíváme především ve stájích, ne v exteriéru. K výpočtu využíváme rovnice:

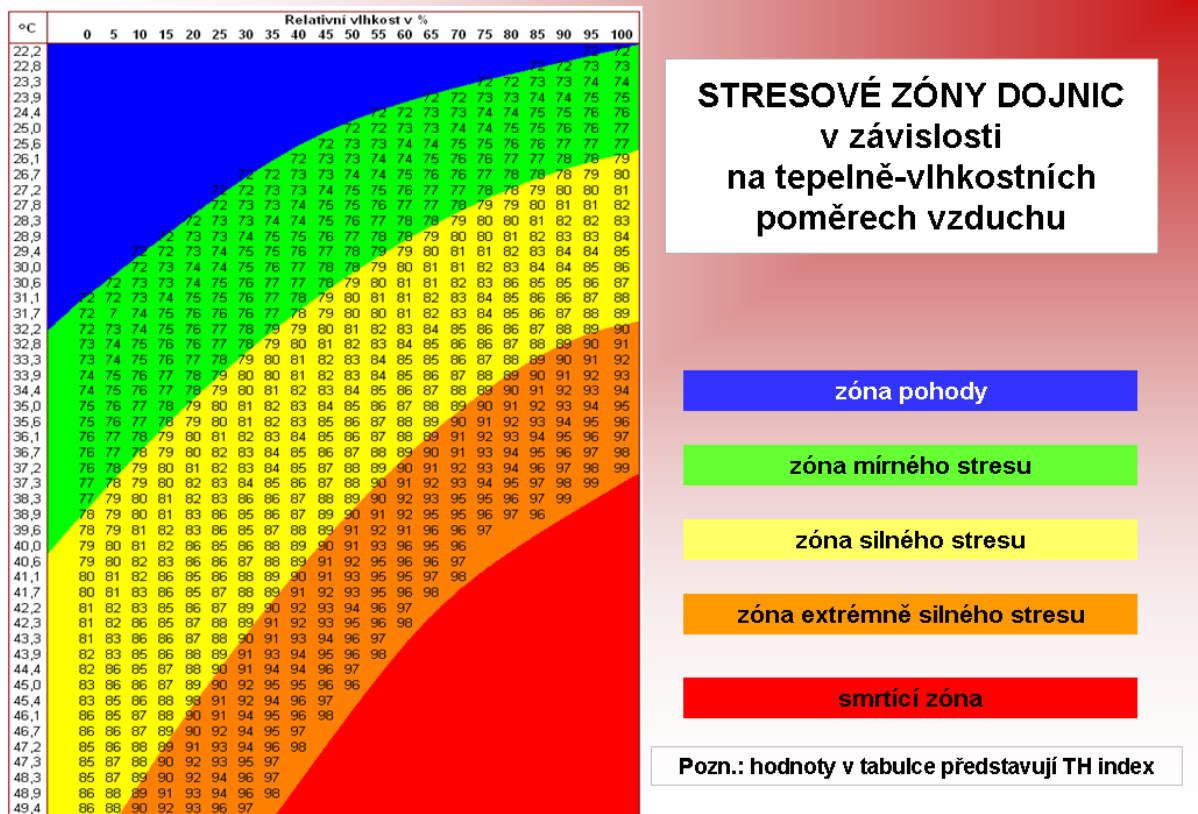
$$THI = 0,8t_{db} + [(t_{db} - 14,4) * RH]/100 + 46,6$$

Kde  $t_{db}$  je definováno jako teplota ovzduší (°C) a RH jako relativní vlhkost (%) ovzduší ve stáji (Zejdová et al., 2014).

$$\text{Nebo rovnice } THI = T_{db} + (0,36 \times T_{dp}) + 41,5$$

Kde  $T_{db}$  je teplota suchého teploměru (°C) a  $T_{dp}$  je teplota rosného bodu (°C) (Líkař et al., 2013).

V závislosti na hodnotě teplotně-vlhkostního indexu můžeme posoudit tepelnou zátěž organismu. Za pohodlnou je považována hodnota 70 a méně, 75 – 78 je považována za stresující a hodnoty indexu vyšší než 78 způsobují extrémní utrpení, kdy organismus již není schopen zachovat normální tělesnou teplotu a udržovat termoregulační funkce. (Zejdová et al., 2014). Hodnota THI 72 je považována za stav, který pro dojnice již může představovat tepelný stres (Zejdová et al., 2014; Schüller et al., 2013).

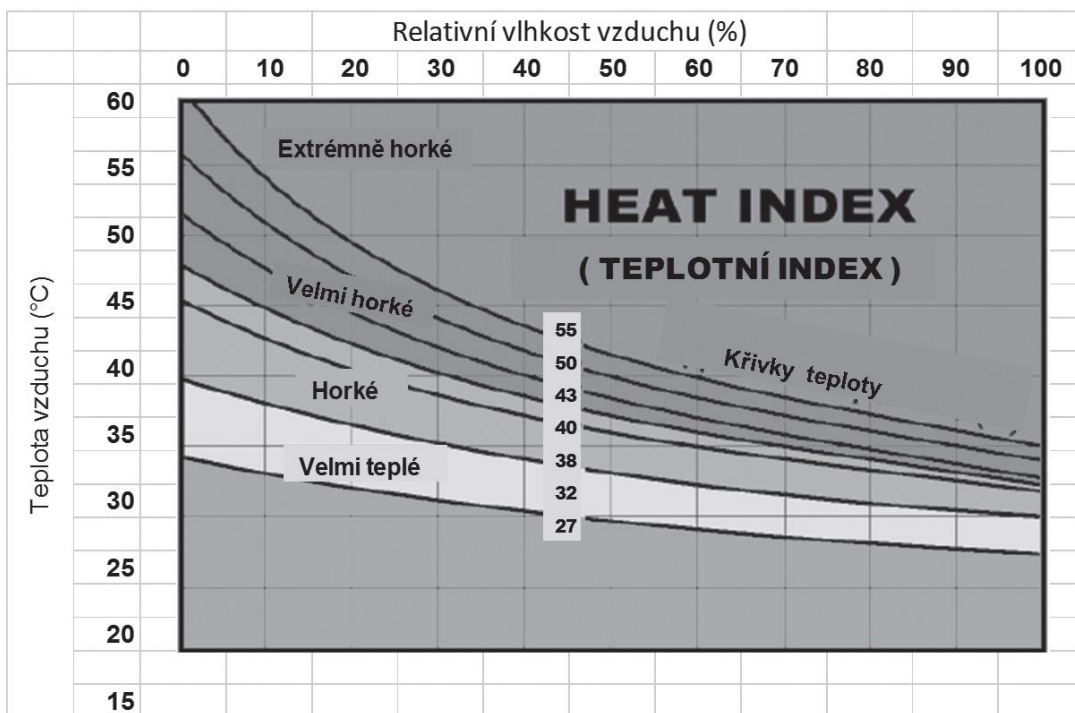


Obr. 1 Stresové zóny dojnic v závislosti na tepelně-vlhkostních poměrech vzduchu (Doležal, 2010).

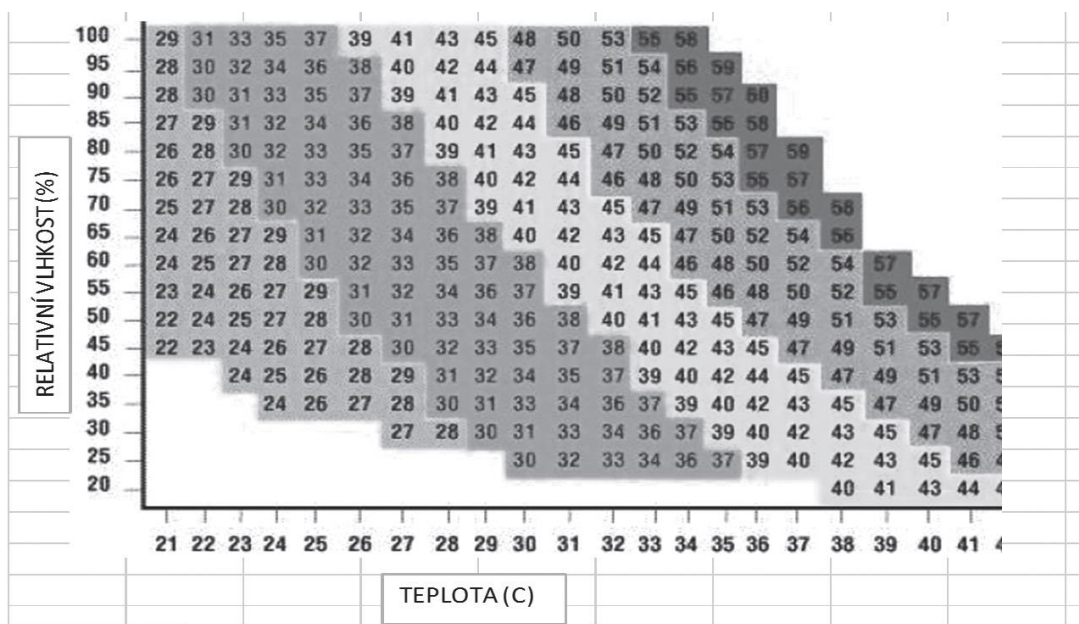
### 3.5.5 Teplotní index (HI)

Teplotní index (heat index) zohledňuje vnímání teploty zvířetem ovlivněnou relativní vlhkostí. Jeho stanovení je další významnou možností pro hodnocení stájového mikroklimatu. HI udává vztah pocitové teploty prostředí při konstantní relativní vlhkosti nebo změny relativní vlhkosti při konstantní teplotě.

Tělo zvířete je ochlazováno pocením, čímž je odváděno přebytečné teplo. Pokud je relativní vlhkost příliš vysoká, pak se rychlost odpařování zvyšuje, avšak teplota těla se nesníží tolik, jako v případě suchého vzduchu a dochází k přehřátí organismu. V praxi se za optimální hodnotu teplotního indexu považuje hodnota 30, výjimečně až 40 (Líkař et al., 2013).



Obr. 2 Teplotní index v závislosti na teplotě a RV pro prasata (Líkař et al., 2013).



Obr. 3 Teplotní index v závislosti na teplotě a RV pro prasata (Líkař et al., 2013).

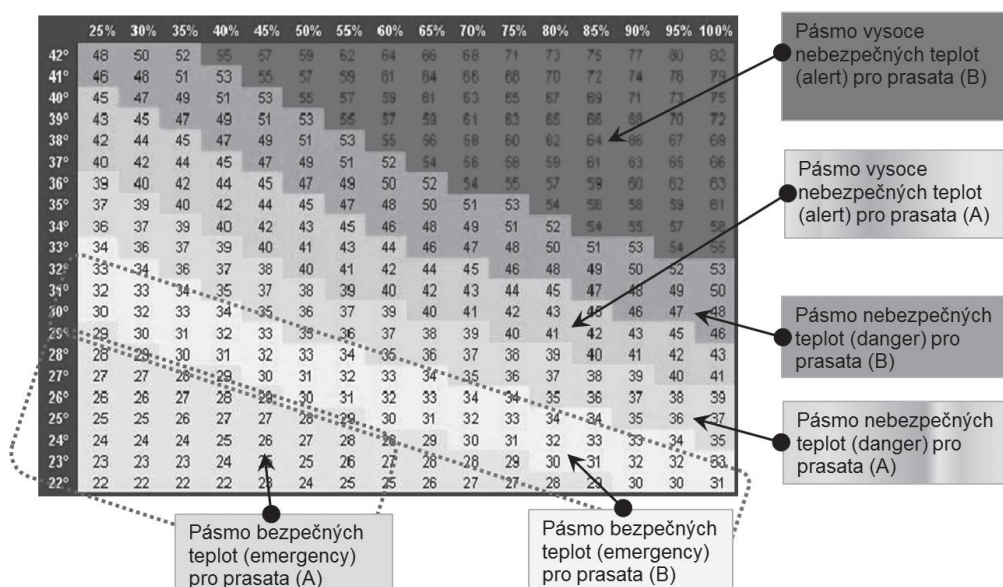
### 3.5.6 Teplotní stresový index (HSI)

Teplotní stresový index (heat stress index) je obdobou tepelného indexu, avšak dělí různé úrovně kombinací teplot a relativní vlhkosti na působení organismu. Určuje teplotně-vlhkostní závislosti vnímání teploty a pocitovou teplotu je schopen vyjádřit přijatelněji, než teplotně-vlhkostní index. Umožňuje chovateli nastavit ventilační systém podle teplotně-

vlhkostních podmínek stáje nebo vnějších meteorologických podmínek. Z hlediska působení teploty a relativní vlhkosti se dělí do 3 zón:

- emergency – bezpečná, hodnoty 30 – 35
- danger – nebezpečná, hodnoty 35 – 50
- alert – vysoce nebezpečná, hodnoty nad 50

Zóna alert je ve své podstatě hranicí přežití zvířat. Pokud nezačneme řešit hodnoty nad touto hranicí, dochází k teplotnímu stresu s následnou smrtí. S ohledem na rozdílnou vnímavost různých druhů zvířat a jejich kategorií je členění zón pouze přibližné. Například prasata mají výše uvedené zóny posunuty níže (Líkař et al., 2013).



Obr. 4 HSI pro prasata 60 – 90 kg – A, 90 – 120 kg - B (Líkař et al., 2013).

### 3.5.7 Zchlazovací hodnota

Protože samostatným zkoumáním teploty, vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu nevystihneme tzv. „tepelný pocit zvířat“, využíváme pro komplexní zhodnocení jejich tepelné pohody zchlazovací hodnotu prostředí, neboli katahodnotu. Tato veličina vyjadřuje množství tepla, které tělo zvířete vydává z jednotky povrchu za určitý čas za dané mikroklimatické situace.

Ochlazovací veličinu vyjadřujeme v jednotkách  $\text{mcal/cm}^2/\text{s}$ , nebo  $\text{W/m}^2$ , kdy  $1 \text{ mcal/cm}^2/\text{s} = 41,86 \text{ W/m}^2$  a její optimální hodnoty se pro dospělý skot pohybují v rozmezí  $290 - 420 \text{ W/m}^2$ , širší optimální hodnoty pak v rozmezí  $170 - 500 \text{ W/m}^2$ . Zvýší-li se hodnota

nad dané optimální rozmezí, znamená to pocit chladu až zimy a naopak, pokud hodnota pod optimální rozmezí klesne, jedná se o pocit tepla až dusna.

Měsíce s nejvyšší zchlazovací hodnotou jsou listopad až duben. Avšak v těchto měsících nebyl zjištěn negativní vliv na welfare zvířat, přestože došlo ke snížení mléčné užitkovosti, ani při hodnotách přesahujících  $600 \text{ W/m}^2$ .

U zvířat je také často sledovaná, v souvislosti se ztrátou energie při termoregulaci, nebezpečná refrigerace (neboli zchlazování), která nastává při nízkých teplotách za současné vyšší rychlosti proudění vzduchu (Zejdová et al., 2014; Šoch et al., 2003).

### **3.5.8 Mezní situace**

Během roku mohou nastat situace, kdy dochází k ohrožení mikroklimatického komfortu ustájených zvířat a během těchto případů je nutné učinit jistý komplex opatření. Tyto situace se stávají především během klimatických extrémů. Těmito extrémy jsou například horké letní, nebo mrazivé zimní období.

#### Nízké teploty

Působení příliš nízkých teplot vzduchu způsobuje zvířatům stres z chladu, při němž se zvyšuje frekvence tepu a snižuje frekvence dechu. V důsledku změn metabolických a endokrinních funkcí se snižuje užitkovost, protože při dlouhodobém vystavení nízkým teplotám je energie přednostně využita k produkci tepla, než pro růst tkání a dochází k poklesu průměrného denního přírůstku (Malá et al., 2008).

Nízké teploty vnějšího prostředí jsou ve většině případů vyvolané sibiřskou anticyklonou. Tyto mrazivé teploty ve vnějším prostředí trvají déle než 7 dní a během těchto dní se vyskytují dny arktické ( $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  je maximální denní teplotou). Prvním opatřením, které bychom měli ve stájích pro skot učinit, je snížení výměny vzduchu pouze na nezbytně nutnou míru, přičemž je nutné stále sledovat relativní vzdušnou vlhkost, s ní spojenou eventuální kondenzaci vody a koncentraci  $\text{NH}_3$ . Doporučuje se úprava krmné dávky a to doplněním kvalitních koncentrovanějších krmiv, při současném snížení obsahu vlákniny a podílu šťavnatých krmiv v krmné dávce. Vhodné je také rozdělení denní krmné dávky do 3 – 4 přídělů (Doležal et al., 2004).

## Vysoké teploty

Vysoké teploty vzduchu způsobují takovou tepelnou zátěž, že se při nich zvyšuje záchovná potřeba energie o 7 – 25 %. U ovcí mají vysoké teploty prostředí za následek omezení ovulace, oddálení říje, zvýšení embryonální mortality, omezení růstu placenty, tj. snížení reprodukčních funkcí. Projevuje se také častějším výskytem alkalóz, poklesem dojivosti a snížením produkce tuku a bílkovin.

Vysoké teploty jsou způsobené přítomností stabilních anticyklon, jež přivádějí z jižních zeměpisných šířek teplý vzduch, přičemž je typický výskyt tropických dnů (maximální denní teplota přesáhne 30°C). Takovéto počasí může mít trvání i 12 až 21 dní. Například ve stájích pro skot musí být otevřeny všechny větrací otvory a to také proto, že přirozená ventilace ztrácí při postupném vyrovnávání teploty vnějšího a vnitřního prostředí na účinnosti. Rovněž je bezpodmínečně nutné zajistit zvířatům dostatek vody. V případě, že vysoké teploty přetrvávají delší dobu, je možné zvířata zvlhčovat vodou. Doporučuje se úprava krmné dávky a to zvýšením podílu šťavnatých krmiv, proteinů, minerálů (až o 25% kvůli přílišnému slinění) a snížením vlákniny. Vhodné je také rozdělení denní krmné dávky do 3 – 4 přídělů (Doležal et al., 2004).

## Reakce stájového prostředí na změny klimatických období

Problémy, které mohou nastat, při změnách klimatických období mají většinou původ v lidském faktoru, kdy management nestihne zareagovat na změny venkovní teploty včas. Většinou se jedná spíše o přechod mezi zimním a letním obdobím, kdy byla ventilace nastavena na nejnižší úroveň a proto se zvyšuje koncentrace oxidu uhličitého, amoniaku, zápašných plynů a vodní páry ve vzduchu. Výhodiskem ze vzniklé situace je neprodlené obnovení ventilace na žádoucí úroveň.

Nicméně nastat může i opačná situace, při přechodu z letního období do období zimního. Příčinou je rychlý pokles venkovních teplot, především v listopadu, kdy se navíc mohou přidat ještě i několik dní trvající mlhy. Zde potom bývá problém s vysokou vzdušnou vlhkostí a to i přes 90% (Doležal et al., 2004).

### **3.5.9 Měření teploty vzduchu a povrchů**

Teplotu zjišťujeme citlivým teploměrem, který je chráněný proti přímému slunečnímu záření nebo předmětů v okolí. Teploměr musí být umístěn na místě měření po dostatečně dlouhou dobu (Bárta, 1966).

Dle principu, podle kterého teploměr detekuje teplotu, využíváme v současnosti především tyto skupiny teploměrů:

### Kapalinové teploměry

Funkce je založena na principu roztažnosti kapaliny. Obvykle se jedná o rtuť, líh, toluen, krezotový olej, atd. Jejich výhodou je především rychlá reakce kapaliny na změnu teploty, nevýhodou však (až na výjimky) využití pouze pro ambulantní způsoby měření.

### Deformační teploměry

Pro měření teploty využíváme bimetalového pásku, který je složen ze dvojice kovů o různé tepelné roztažnosti. Při změně teploty se bimetalový pásek ohýbá a jeho pohyb je přenášen na ručičku přístroje. Nevýhodou je pomalá reakce kovů na změnu teploty, ale i přesto se jedná o relativně časté řešení měření teploty.

### Plynové teploměry

Funkce plynového teploměru je založena na principu roztažnosti plynů. Jedná se o velmi přesné přístroje, avšak v oblasti měření mikroklimatu nenacházejí časté uplatnění.

### Elektrické, termochemické, odporové, termočláňkové a tranzistorové teploměry

K měření teploty je zde využíváno termoelektrických článků, které jsou tvořeny dvěma vodiči z různých kovových materiálů, ty jsou na obou koncích spolu vodivě spojeny. Jedná se o jeden z nejrozšířenějších způsobů měření teploty prostředí v případě registračního způsobu měření.

### Infrateploměry

Jedná se o velmi přesné přístroje, jenž měří tepelné záření, které vysílají tělesa do svého okolí. Můžeme pomocí nich rychle a bezkontaktně změřit povrchovou teplotu zvířat a stájových konstrukcí.

### Termovize

Využívá stejného principu, jako infrateploměr, tedy infračerveného záření, které není viditelné lidským okem. Pomocí termovizní kamery je možné toto záření zachytit a uložit ve formě teplotních pixelů (tzv. termogram). S tímto přístrojem je možné měřit i teploty povrchů



vzdálenějších či nepřístupných míst, avšak vzhledem k velmi vysokým pořizovacím nákladům se s touto technologií setkáváme v podmínkách živočišné výroby velice zřídka (Chloupek et Suchý, 2008). Výhodou je přesné určení rozložení teplot pomocí bezkontaktního snímání povrchu (Botto et al., 2004).

Zpravidla zjišťujeme okamžitou teplotu, což je teplota v dané době (obvykle ve 4, 10, 16, 22 hodin nebo v 7, 14, 21 hodin), průměrnou denní teplotu, která je vypočítávána podle vzorce  $(4 + 10 + 16 + 22) / 4$  nebo  $(7 + 14 + 21 + 21) / 4$ , kdy čísla 4, 10, 16, 22 nebo 7, 14, 21 znamenají teplotu, která byla zjištěna v daný čas. Dále zjišťujeme absolutní maxima a minima (denní, týdenní, měsíční, roční), teplotní amplitudu (denní, týdenní, měsíční, roční) tedy rozdíly absolutního maxima a minima za dané období. Vhodné je pro optimální zhodnocení mikroklimatu stáje určit také % případů, kdy teplota přesáhla hranice doporučené předpisy nebo normami (Bárta, 1966).

K měření stájové teploty se nejvíce hodí:

#### Staniční teploměr

Jako měrná tekutina se využívá rtuť, teploměr je skleněný o délce asi 40 cm. Rozsah měření teplot je mezi -40 °C až +50 °C, dělení 1/5 °C.

#### Pokojový teploměr

Jako měrnou tekutinu využíváme rtuť nebo líh, teploměr je skleněný o délce asi 20 cm. Rozsah měření teplot je mezi -10 °C až +40 °C, dělení 1/10 °C (Bárta, 1966). Teploměry se vhodně zavěšují ve stájovém prostoru, avšak ne na stěnu.

#### Psychrometr aspirační

Jedná se o nejvhodnější a nejrychlejší metody pro účely ambulantního teplotního měření a současně také vlhkosti vzduchu.

#### Dotykový teploměr

Využíváme především k měření povrchových teplot stěn, podlah nebo podestýlky (Chloupek et Suchý, 2008).

## Šixův teploměr

Jedná se o teploměr, který označuje jak maximální tak i minimální teplotu od posledního „nastavení“. Obsahuje kapiláru ve tvaru U s baňkou na každém konci a v dolní části je naplněn rtutí. Jedna baňka a kapilára (ukazující minimální hodnoty) je naplněna lihem zcela, druhá pouze částečně. V každém rameni kapiláry se nachází kovový index, který je posazen nad rtuťovým sloupcem. Se zvyšující se teplotou je rtuť v teploměru tlačena směrem k částečně naplněné kapiláře a tlačí index před sebou. Jakmile poklesne teplota, líh v baňce a kapiláře se roztáhne a tlačí rtuť do druhé kapiláry, index však zůstává na místě, kam byl rtutí vytlačen. Stejná situace pak probíhá i v druhé kapiláře. Tento teploměr však není vhodný pro přesná měření, jedním z problémů je, že pokud je sklo smáčeno lihem, má pak líh tendenci projít podél rtuťového sloupce a skla (Bentley, 1988). Rozsah měření teplot je mezi  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a dělení  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Bárta, 1966).

## Termograf

Zaznamenává teplotní změny za určitý časový úsek (jeden týden). Využívá roztažnosti dvou kovů (bimetalové pero), které se v závislosti na teplotních změnách smršťují či natahují. Tyto změny jsou mechanicky přenášeny na značící páčku, která je zapisuje na papír navinutý kolem bubnu. Buben je pak poháněn hodinovým strojkem a jedna otáčka bubnu se rovná 7 dnům. Správnou funkci přístroje je nutné zkontrolovat po dodání a poté každé 3 měsíce provozu. Kontrola probíhá pomocí staničního teploměru, případně suchým teploměrem aspiračního psychrometru. Odchyly je možné upravit pomocí stavěcího šroubku (Bárta, 1966). Dnes se spíše než samotný termograf využívá termohygrograf, který kombinuje teplotu a relativní vlhkost vzduchu (Chloupek et Suchý, 2008).

## Bezkontaktní teploměr

Využíváme při měření teploty povrchů. Nejvíce se při měření stavebních konstrukcí používají infračervené radiační přístroje, které nám dají okamžitý obraz teplotních poměrů na sledovaném povrchu (Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2004).

Dále využíváme termistorové teploměry, elektrické zapisovací teploměry, aj. (Chloupek et Suchý, 2008). Nejvíce jsou využívány elektrické odporové teploměry.

### 3.6 Vlhkost vzduchu

Chloupek et Suchý (2008) uvádí, že vlhkost vzduchu je dána obsahem vodních par ve vzduchu. Vodní pára se ve vzduchu vyskytuje vždy, avšak v relativně variabilním množství. Vyjadřujeme ji bioklimatologickými veličinami, jako například měrnou (absolutní) vlhkostí vzduchu, relativní vlhkostí vzduchu, relativní ekvivalentní (virtuální) vlhkostí, maximální vlhkostí vzduchu, sytostním doplňkem a teplotou rosného bodu.

Měrná (absolutní) vlhkost vzduchu vyjadřuje skutečné množství vodní páry ve vzduchu při dané teplotě. Vyjadřujeme ji v  $\text{g/m}^3$  (a). V pascálech (e) vyjadřujeme tlak vodní páry ve vzduchu.

Maximální vlhkost vzduchu udává největší množství vody, které je vzduch schopen pojmout za dané teploty a tlaku v plynném skupenství. Vyjadřujeme ji v  $\text{g/m}^3$  (A). V pascálech (E) vyjadřujeme tlak vodní páry ve vzduchu.

Relativní (poměrná) vlhkost vzduchu je poměrem měrné (absolutní) vlhkosti vzduchu k maximální vlhkosti vzduchu za dané teploty. Kožnarová et Klabzuba (2010) publikovali, že je bezrozměrnou veličinou a uvádí se buď jako poměr čísel, nebo případně častěji v procentech. Je zřejmě nejpoužívanější a nejznámější vlhkostní charakteristikou, a to jak v běžném životě, tak i ve výzkumu a technické praxi. Je vyjádřením stupně nasycenosti vzduchu vodní parou a svým způsobem také vystihuje schopnost vzduchu přijmout další vodní páru. Velkou nevýhodou této veličiny je, že nevypovídá o skutečném obsahu vodní páry ve vzduchu, avšak podle Chloupka et Suchého (2008) se vlhkost vzduchu ve stájích nejčastěji vyjadřuje touto hodnotou a to proto, že je vzhledem k organismu zvířat výstižná. Dle Matějky (1991) se relativní vlhkost vzduchu s jeho rostoucí teplotou snižuje a relativní vlhkost je nepřímo úměrná teplotě vzduchu. Chloupek et Suchý (2008) uvádí vzorec pro výpočet poměrné vlhkosti vzduchu jako:

$$RV = a/A \cdot 100 [\%] \text{ nebo } RV = e/E \cdot 100 [\%]$$

Relativní vlhkost ekvivalentní (virtuální) dle Chloupka et Suchého (2008) vyjadřuje vlhkost vzduchu při povrchové (hraniční) vrstvě tělesa nebo zvířete, které má rozdílnou teplotu od teploty vzduchu. Označuje se také jako fyziologická vlhkost vzduchu, pokud se jedná o člověka nebo zvíře. Je-li hraniční teplota tělesa vyšší, než teplota prostředí, je relativní vlhkost ekvivalentní (virtuální) v porovnání s vlhkostí okolního vzduchu nižší a dochází ke zvyšování odpařování vody z povrchu tělesa. A je-li hraniční teplota tělesa nižší, než teplota

prostředí, je relativní vlhkost ekvivalentní (virtuální) v porovnání s vlhkostí okolního vzduchu vyšší a dochází ke kondenzaci vodních par na povrchu tělesa. Vzorec pro výpočet relativní vlhkosti ekvivalentní (virtuální):

$$RV_{ekv} = (Et/Et') \cdot r [\%]$$

Kde je  $Et$  – tlak nasycené páry při dané teplotě vzduchu,  $Et'$  – tlak nasycené páry při povrchové teplotě tělesa,  $r$  – relativní vlhkost okolního vzduchu.

Teplota rosného bodu uvádí teplotu, při níž je dosaženo 100% nasycení, tedy maximální vlhkosti. Pokud teplota vzduchu poklesne pod rosný bod, dochází ke kondenzaci vodních par.

Sytostní doplněk dle Matějky (1991) udává množství vodních par, které je vzduch ještě schopen pojmout, aby došlo k 100 % nasycení. Čím vyšší je jeho hodnota, tím sušší je vzduch a intenzivnější výpar vody. Je rozdílem maximální vlhkosti a měrné (absolutní) vlhkosti.

Dle Kožnarové et Klabzuby (2009) je obsah vodní páry ve vzduchu ovlivněn fyzikálními zákonitostmi. Kvůli těmto zákonitostem jsou skutečné vlhkostní poměry ve stájích relativně komplikované a úzce korelují s produkcí vodní páry a teplotou povrchů a vzduchu v objektu. Mezi nejdůležitější zákonitosti patří, že:

- teplota omezuje obsah vodní páry ve vzduchu
- chladnější vzduch může obsahovat méně vodní páry než vzduch teplejší (závislost je zhruba exponenciální
- „nadbytečné“ množství vodní páry vždy kondenzuje na předmětech, které jsou chladnější, a to jako voda (eventuálně desublimuje při záporných povrchových teplotách předmětů na led).

Šimková et al. (2015) a Šoch et al. (2003) uvádí, že zdrojem vlhkosti v hospodářských stájích jsou především sama zvířata, ale také vodní zdroje (např. napáječky), nebo mokré plochy. S tím souhlasí Chloupek et Suchý (2008) a uvádějí, že zdrojem vlhkosti vzduchu mohou být také špatně odkanalizované nebo neudržované podlahy. Dle Šimkové et al. (2015) se většinou u hospodářských zvířat setkáváme s problematikou příliš vysoké vlhkosti, opačný problém nastává pouze u halového chovu drůbeže. Přílišná vlhkost vzduchu zhoršuje kvalitu vdechovaného vzduchu, protože je dobrou základnou pro množení nežádoucích mikroorganismů a plísní.

Vlhkost vzduchu ovlivňuje také významnou měrou termoregulaci organismu, protože zvyšuje tepelnou vodivost vzduchu. Nasycený vzduch má až 10x vyšší tepelnou vodivost než vzduch nenasycený. Při vysoké nasycenosti vzduchu vodními parami a nízké teplotě vzduchu se zvyšuje výdej tepla z organismu radiací a vedením a může docházet až k hypotermii (Chloupek et Suchý, 2008). Zvlhčení srsti způsobuje ztrátu jejich izolačních vlastností, čímž se zvyšuje výdej tepla vyzařováním. Ve spojení s vysokou rychlostí proudění vzduchu může docházet k stresu z chladu (Brestenský et al., 2015). Při vysoké nasycenosti vzduchu vodními parami a vysoké teplotě vzduchu je naopak výdej tepla z organismu velmi omezený, což může vést až k hypertermii (Chloupek et Suchý, 2008).

Naopak velmi nízká vlhkost vysušuje sliznice horních cest dýchacích a tím ovlivňuje negativně jejich ochrannou funkci (Šimková et al., 2015). Chloupek et Suchý (2008) souhlasí a uvádí, že nebezpečí při kombinaci nízké vlhkosti vzduchu (pod 50%) a vysoké teploty vzduchu hrozí především v podobě dehydratace a to zvýšeným odpařováním vody z dýchacích cest. Nízká nasycenost vzduchu vodními parami podporuje také vývoj mikroorganismů v ovzduší i v prostředí a podporuje setrvávání prachových částic v ovzduší (tj. zvyšuje prašnost). Důsledkem je zvýšené pocení, snížení příjmu krmiva a snížení užítkovosti zvířat.

Tab. 4 Doporučené hodnoty relativní vlhkosti stájového vzduchu pro skot a prasata

Druh a kategorie zvířat	Relativní vlhkost vzduchu	
	optimální /-/	maximální /-/
<b>Skot</b>		
Telata, jalovice	0,5 – 0,7	0,75
Skot na výkrm	0,5 – 0,7	0,8
Dojnice – volné ustájení	0,5 – 0,7	0,8
Dojnice – vazné ustájení	0,5 – 0,7	0,85
<b>Prasata</b>		
Dočov selat	0,5 – 0,7	0,75
Výkrm I. etapa	0,5 – 0,7	0,8
Výkrm II., III., IV., etapa	0,5 – 0,75	0,85
Prasnice – odchov, březí, zapuštěné, kanci	0,5 – 0,75	0,8
Prasnice - kojící	0,5 – 0,7	0,75

(Kic et Brož, 1995)

Tab. 5 Doporučené hodnoty relativní vlhkosti stájového vzduchu pro drůbež, králíky, ovce a koně

Druh a kategorie zvířat	Relativní vlhkost vzduchu	
	optimální /-/	maximální /-/
<b>Drůbež</b>		
Kuřata do 3 týdnů	Do 0,7	0,7
Kuřata 3 – 8 týdnů	0,5 – 0,7	0,75
Kuřata 8 – 20 týdnů	0,5 – 0,75	0,8
Nosnice nad 20 týdnů	0,5 – 0,75	0,85
Krůťata do 3 týdnů	Do 0,7	0,7
Krůťata 3 – 8 týdnů	0,5 – 0,7	0,75
Krůťata 8 – 20 týdnů	0,5 – 0,75	0,8
Krůťata nad 20 týdnů	0,5 – 0,75	0,85
Housata a kachňata do 2 týdnů	Do 0,75	0,75
Housata a kachňata 2 – 8 týdnů	0,5 – 0,75	0,8
Husy a kachny	0,5 – 0,8	0,85
<b>Králíci</b>	0,5 – 0,7	0,8
<b>Koně</b>		
Tažní, sportovní	0,5 – 0,75	0,85
Klisny s hříbaty	0,5 – 0,7	0,8
<b>Ovce – všechny kategorie</b>	0,5 – 0,75	0,85

(Kic et Brož, 1995)

### 3.6.1 Měření vlhkosti vzduchu

Vlhkost vzduchu je možné měřit přístroji, které jsou založené buď na mechanickém, nebo elektrickém principu. K manuálnímu měření využíváme vlasové vlhkoměry, nebo psychrometry, které jsou přesnější. K automatickému měření se v současnosti nejvíce využívají kapacitní snímače vlhkosti vzduchu (Středová et al., 2016) a elektrické psychrometry.

Přístroje, které jsou vhodné k měření ve stájovém prostředí:

#### Vlasový vlhkoměr

Přístroj je založený na principu roztažnosti. Jeho čidlem je svazek speciálně upravených lidských vlasů, které se s přibývajícím poměrnou vlhkostí prodlužují a naopak s ubývajícím poměrnou vlhkostí zkracují (Chloupek et Suchý, 2008). Tyto změny jsou přenášeny na ručičku přístroje, jejíž výchylka ukazuje na stupnici relativní vlhkost. Vhodnější je hrubší stanovení vlhkosti a při teplotě pod -5 °C, kdy psychrometry nepracují spolehlivě

(Bárta, 1966). Nevýhodou je citlivost přístroje vůči agresivnímu prostředí stáje (Chloupek et Suchý, 2008).

### Hygrograf

Funguje na podobném principu, jako vlasový vlhkoměr, avšak měření je zaznamenáváno na papír připevněný na otáčivém válci, podobně jako u termografu (Bárta, 1966).

### Psychrometr aspirační

Jedná se o soustavu dvou rtuťových teploměrů, které jsou umístěné ve společném rámu. Čidlo jednoho z teploměrů je obaleno textilním krytem (vlhký teploměr), druhý zůstává neobalený (suchý teploměr). Obě čidla jsou mechanicky chráněna dvouplášťovým kovovým krytem. V horní části přístroje je umístěný aspirační psychrometr, který je poháněný hodinovým strojkem případně elektromotorkem. Aspirační psychrometr zajišťuje prosávání (aspiraci) vzduchu kolem čidel obou teploměrů rychlostí větší než 2,5 m/s. Tyto přístroje jsou ideálním řešením pro ambulantní měření relativní vlhkosti vzduchu a zároveň i teploty, avšak nevýhodou jsou poměrně vysoké pořizovací náklady a možnost ovlivnění naměřených hodnot při jejich odečítání z teploměrů. Vlastní zjištění relativní vlhkosti probíhá výpočtem, nebo podle psychrometrických tabulek.

### Psychrometr staniční

Tento přístroj je určený pro ambulantní měření venkovní teploty a vlhkosti vzduchu v meteorologické budce. Psychrometr staniční funguje na stejném principu jako psychrometr aspirační. Jde tedy o soustavu dvou teploměrů (suchý a vlhký) z nichž jeden má čidlo obalené textilií trvale ponořenou do kádinky s destilovanou vodou a je tedy permanentně zvlhčován.

### Elektronické přístroje

Podstatou psychrometry, které umožňují měření i dalších veličin, jako například absolutní vlhkost, teplotu rosného bodu, nebo teplotu vzduchu (Chloupek et Suchý, 2008).

### Odporové a kapacitní vlhkoměry

Dle normy ČSN EN ISO 7726 je odporový lithium-chloridový vlhkoměr založen na principu měření absolutní vlhkosti měřením kolísání teploty, které je způsobeno kolísáním elektrické vodivosti čidla a kapacitní vlhkoměr je založen na principu stanovení relativní

vlhkosti měřením kolísání elektrické kapacity čidla. Dle Chloupek et Suchého (2008) se čidel na principu hygrometru s tuhým elektrolytem a kapacitního vlhkoměru využívá ve většině elektronických přístrojů na měření vzdušné vlhkosti.

Lithium-chloridový odporový vlhkoměr s kapalným elektrolytem je tvořen nevodivou trubičkou, na níž je nasazena tkanina napuštěná vodným roztokem LiCl, která obsahuje dvojici drátkových elektrod, jež jsou rovnoběžně navinuty a připojeny ke zdroji střídavého proudu, přičemž proud svým průchodem zahřívá elektrolyt. Zvýšením teploty se odpařuje voda z elektrolytu, tím se zmenšuje jeho vodivost, klesá proud a tím i teplota. Pokud se sníží teplota elektrolytu, dochází k absorpci vodní páry, zvýší se vodivost a se zvětšováním proudu teplota elektrolytu opět roste. Rovnovážný stav obsahu vody v elektrolytu je závislý na teplotě elektrolytu, jež je funkcí parciálního tlaku vodních par v okolním vzduchu. Teplota je měřena čidlem, které je zasunuté v trubičce a přístroj z ní vyhodnocuje vlhkost.

Hygrometr s tuhým elektrolytem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  je tvořený jednou hliníkovou elektrodou s vrstvičkou  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a druhou elektrodou s napařené tenké vrstvy zlata, která je propustná pro vodní páry. Absorpcí vody do elektrolytu je měněn elektrický odpor, z něhož je poté vyhodnocena vlhkost vzduchu.

Kapacitní vlhkoměr je postaven na principu kondenzátoru s dielektrikem z polymeru, jež má hygroskopické vlastnosti. Jedna z elektrod je provedená tak, že umožňuje vodním parám z okolního vzduchu difundovat do polymeru, který absorpcí vody mění své dielektrické vlastnosti a tím se mění kapacita kondenzátoru, ze které se posléze vyhodnotí vlhkost vzduchu (Chloupek et Suchý, 2008).

### **3.7 Proudění vzduchu a větrání**

Proudění vzduchu je pohyb způsobený rozdílem atmosférického tlaku. Tyto rozdíly jsou způsobeny rozdílnými teplotami a jim odpovídajícím různým hustotám vzduchu. Proudění vzduchu a jeho rychlost jsou závislé na velikosti tohoto rozdílu. Vzduch vždy proudí z míst s vyšším tlakem vzduchu, tedy z míst s nižší teplotou vzduchu, do míst s nižším tlakem vzduchu, tedy do míst s vyšší teplotou vzduchu. Vzduch přiváděný do stáje (tedy chladnější a těžší vzduch) klesá k podlaze a po ohřátí se rozptýluje vzhůru ke stropu jako teplejší proud.

Proud vzduchu ve stáji je ovlivněn řadou faktorů, jako například konstrukčním řešením stáje, systémem větrání, výskytem netěsností v konstrukci stáje, nebo také otevíráním a zavíráním dveří, vrat a oken a proudí jak turbulentně (vířivě) tak i přímočaře. Výsledkem je



vznik velmi složitých a nerovnoměrných poměrů v proudění vzduchu, a proto není snadné jeho směr odhadnout (Chloupek et Suchý, 2008).

Dle Zejdové et al. (2014) může mít proudění vzduchu ve stáji pozitivní i negativní efekty. Především v létě proudění vzduchu podporuje termoregulaci, odebírá teplo a vodní páru a přivádí čerstvý vzduch zvenčí, ale také může přenášet škodlivé plyny a zapříčinit průvan. Fabiánová et al. (2014) uvádí, že pokud klesne účinnost přirozeného větrání, zvýší se koncentrace stájových plynů. Šimková et al. (2015) uvádí, že proudění vzduchu ovlivňuje welfare zvířat a to tím způsobem, že je-li teplota vzduchu nižší, než povrchová teplota těla zvířete, tak je zvíře proudem vzduchu ochlazováno a v zimních měsících může být pro zvíře odvod tepla nežádoucí. Avšak v letních měsících je proudění vzduchu ve stáji pro zvířata žádoucí. S tím souhlasí Zejdová et al. (2008), kteří vidí význam proudění vzduchu především v ochlazování kůže a v ovlivňování teplotního výdeje z organismu zvířat.

Efekt proudění vzduchu se stupňuje u nedostatečně osrstěných zvířat s malou vrstvou podkožního tuku. Stupňuje se také u nedokonale osrstěných částí těla zvířete, jako je například mléčná žláza. Pokud chceme zhodnotit vliv proudění vzduchu na organismus, je nutné, abychom znali jak rychlost jeho proudění, tak i jeho směr (Chloupek et Suchý, 2008).

Pro zimní a letní období platí rozdílné hodnoty proudění vzduchu. Přímo kolem zvířat by v létě mělo být kolem 0,6 m/s a v zimě 0,2 m/s (Zejdová et al., 2011). Při teplotách vzduchu vyšších než 30°C by mělo být proudění vzduchu až 2,5 m/s, nikdy však nesmí mít charakter průvanu (Brestenský et al., 2015).

Tab. 6 Doporučené nejvyšší rychlosti proudění vzduchu pro skot

Druh, kategorie, ustájení zvířat	Doporučená nejvyšší rychlost proudění vzduchu (m/s) při teplotě		
	minimální	optimální	vyšší než optimální
<b>Skot</b>			
Telata	0,15	0,5	1,0
Jalovice, výkrm	0,2	0,5	1,5
Dojnice – kombinovaná užitkovost	0,15 – 0,25	0,5	1,0
Dojnice – mléčný typ	0,15 – 0,25	0,5	1,4

(Kic et Brož, 1995)

Tab. 7 Doporučené nejvyšší rychlosti proudění vzduchu pro prasata, drůbež a koně

Druh, kategorie, ustájení zvířat	Doporučená nejvyšší rychlost proudění vzduchu (m/s) při teplotě		
	minimální	optimální	vyšší než optimální
<b>Prasata</b>			
Do chov selat I. etapa	Do 0,05	0,2	0,3
II. etapa	Do 0,05	0,2	0,5
Výkrm – I. etapa	Do 0,08	0,3	1,0
II., III., IV., etapa	Do 0,08	0,3	2,0
Odchov prasnic, zapuštěné a březí prasnice, kanci	Do 0,08	0,3	2,0
Prasnice kojící	Do 0,05	0,2	0,5
<b>Drůbež</b>			
Do 5 týdnů	Do 0,2	0,2	1,5
Od 5 týdnů	Do 0,3	0,3	2,0
<b>Koně</b>	0,15 – 0,25	0,25	0,5

(Kic et Brož, 1995)

### 3.7.1 Větrání

Ustájená zvířata trvale produkují poměrně značné množství zplodin metabolismu (CO<sub>2</sub>, vodní pára, NH<sub>3</sub>, štěpné plyny) a tyto zplodiny je nutné ze stájového prostředí průběžně odvádět pomocí větracího zařízení. Toto zařízení musí být vhodné a spolehlivé natolik, aby nedošlo ke zvýšení koncentrací plynů nad limitní hranice a tím pádem také k negativnímu dopadu na pohodu, užitkovost a zdraví zvířat.

Mezi základní požadavky na každé větrací zařízení patří především jeho dostatečná kapacita, rovnoměrnost, schopnost k usměrnění proudění vzduchu, regulovatelnost a zajištění náhradního větrání v případě havárie zařízení primárního (Chloupek, 2012). Větrací zařízení musí být schopné vytvořit požadované stájové mikroklima a to bez ohledu na vnější prostředí. Je důležité, aby byl systém dimenzovaný na minimální kapacitu vzduchu na zvíře/hodinu v chladném období, maximální kapacitu vzduchu na zvíře/hodinu v letním období a na optimální kapacitu vzduchu v období průměrných teplot (Stupka et al., 2014).

Větrací systémy ve stájových objektech můžeme rozdělit na přirozené, nucené a kombinované větrání.

#### Přirozené větrání

Hybnou silou přirozeného větrání je rozdíl teploty uvnitř a vně stáje. Čím je tento rozdíl vyšší, tím lépe funguje větrací systém. Tento způsob větrání je z hlediska ekonomického jednoznačně nejvýhodnější, proto ho upřednostňujeme vždy, když nám to stavebně-technický a konstrukční stav stavby dovolí. Nevýhodou však je skutečnost, že

možnosti jeho použití jsou v objektech pro hospodářská zvířata značně omezeny na malokapacitní stáje, stáje s okny a bez podroštových prostorů.

Způsoby přirozeného větrání:

- 1) Infiltrace – netěsnosti oken, dveří, zdiva – nepočítáme s ní
- 2) Aerace – letní režim větrání, který však není vhodný při teplotách nižších +5°C až +10°C, okna a dveře
- 3) Samotížné (gravitační) větrání – ideální systém pro zimní období, má dvě složky – výparníky pro odvod vzduchu ze stáje a přívody pro přívod vzduchu do stáje

### Nucené větrání

Hybnou silou nuceného větrání je aktivní větrací prvek, kterým je nejčastěji elektrický ventilátor (Chloupek, 2012).

### **3.7.2 Měření proudění vzduchu**

#### Katateploměr

Katateploměr, který se používá především pro stanovení zchlazovací hodnoty vzduchu, může být použit také k měření rychlosti vzduchu. Na základě zchlazovacího pohybu vzduchu je katateploměr speciálně navržený teploměr s lihem a s baňkami na obou koncích kapiláry. Na kapiláře je stupnice o 3 °C, tedy 35 °C – 38 °C pro standartní katateploměr.

Při použití se spodní baňka ponoří do nádobky s horkou vodou, čímž alkohol vystoupá do horní baňky. Měření se provádí pozorováním a měřením času, za který pro sloupec lihu klesne z teploty 38 °C na teplotu 35 °C. Každý katateploměr je kalibrován (v metrických jednotkách) výrobcem na určitý „kata-faktor“, což je teplo uvolněné při změně teploty o 3 °C dělené plochou spodní baňky (Hartman et al., 2012).

Zchlazovací hodnotu vzduchu poté zjistíme dosazením do vzorce

$$K = F / t$$

kde F (mcal/cm<sup>2</sup>) je faktor přístroje a t (s) je pokles lihového sloupce katateploměru.

V našich podmínkách se katateploměr obvykle používá také k měření rychlosti proudění vzduchu (Zejdová et al., 2014). Současně s katateploměrem se využívá také citlivý teploměr, který změří teplotu vzduchu. Poté rychlost proudění vzduchu vypočítáme z rovnice:

$$v = \left( \frac{\frac{h}{36,5 - T_v} - 0,2}{0,4} \right)^2 \text{ [m/s]}$$

kde h je katahodnota, T<sub>v</sub> teplota vzduchu v místě měření, 36,5 je střední hodnota katateploměru a ostatní čísla jsou konstanty (Bárta, 1966).

Údaje z katateploměru lze také využít pro výpočet čísla tepelné pohody „P“ a to pomocí vzorce

$$P = T / K$$

kde T je teplota prostředí (°C) a K je katahodnota ( $\text{mcal.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Optimální číslo tepelné pohody je mezi 3,5 – 3,2 pro mláďata a 3,1 – 1,8 pro dospělá zvířata (Chloupek et Suchý, 2008).

Tab. 8 Stupnice pro hodnocení ochlazovací veličiny a čísla tepelné pohody

Ochlazovací veličina	$\text{W.m}^{-2}$	$\text{mcal.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	Číslo tepelné pohody P
Všeobecně nízká (teplo, dusno, horko)	126 – 209	3 – 5	Nad 3,5
Nízká pro dospělá zvířata Optimální pro mláďata	209 – 293	5 – 7	3,5 – 3,2
Optimální pro dospělá zvířata Zvýšená pro mláďata	293 – 419	7 – 10	3,1 – 1,8
Zvýšená – všem kategoriím chladno	419 – 502	10 – 12	Pod 1,8
Vysoká – všem kategoriím zima	Nad 502	Nad 12	-

(Chloupek et Suchý, 2008)

### Anemometr

Rychlost proudění vzduchu můžeme také měřit anemometrem, což je mechanické zařízení, které je roztáčeno větrem. Je opatřeno snímačem, který dokáže registrovat i velmi rychlé změny rychlosti proudění vzduchu i jeho směru. Sledované vlastnosti využívané ke stanovení rychlosti větru zahrnují kinetickou energii vzduchu, kterou měříme lopatkovými anemometry, tlak, který měříme Pitotovými trubicemi a tlakovými anemometry, ochlazování, které měříme termoanemometry a efektivní rychlost zvuku v pohybuující se vztažné soustavě, což měříme anemometry ultrazvukovými (Harrison, 2014).

K měření rychlosti proudění vzduchu ve stájevém prostředí však je užití anemometrů velmi problematické a to vzhledem k nízkým hodnotám rychlosti proudění vzduchu, je tedy nutné využívat vysoce citlivé termoanemometry, ultrazvukové, nebo aerodynamické anemometry.

### Ultrazvukový anemometr

Přístroj určený pro vysoce přesné měření rychlosti směru větru do  $10 \text{ m.s}^{-1}$ . Přístroj pracuje s ultrazvukovými zářiči s oboustranným měřením větru s tangenciálním (směřujícím

podél obvodu) vyhodnocením po nastavenou dobu (5 nebo 10 sec). Displej měřiče poté znázorní maximální naměřený údaj rychlosti větru po danou dobu měření.

### Termoanemometry

Přístroj funguje na principu zchlazování, měří intenzitu ochlazování různých tělísek (např. žhavený drátek, žhavená kulička), kolem kterých proudí vzduch. Tyto přístroje se dají použít v závislosti na nastaveném rozsahu a konstrukci čidla k měření rychlosti proudění větru v rozmezí 0,01 – 100 m/s. Výhodou těchto anemometrů je malá velikost, možnost měření intenzity turbulence, autokorelačních funkcí apod. Mezi nevýhody patří především závislost na vysoké čistotě měřeného prostředí, protože rychlostní čidla s malými žhavenými tělísky jsou náchylná k mechanickým poškozením (Chloupek et Suchý, 2008).

## **3.8 Osvětlení a sluneční záření**

Sluneční záření je nejintenzivnějším energetickým zdrojem planety a nejdůležitějším faktorem pro existenci života a pro růst rostlin. Je také příčinou veškerých klimatologických a meteorologických jevů v atmosféře (Novák et al., 2002). Šimková et al. (2015) uvádí, že sluneční záření je zdrojem tepla a světla a také je faktorem, který má okamžitý účinek na pohodu zvířat ve stáji a má také význam provozní, nejen biologický. S tím souhlasí Hojovec et al. (1986), kteří vidí význam osvětlení v objektech živočišné výroby především ve vytváření příznivých podmínek pro bezpečnou práci včetně dobré zrakové pohody pracovníků a pro hygienu prostředí, vývin a produkci zvířat. Novák et al. (2002) a Doležal et Černá (2006) vidí význam osvětlení také v udržení čistoty prostředí a zvířat. Doležal et Černá (2006) uvádí, že délka doby osvětlení vede ke specifickým změnám hormonální činnosti a ovlivňuje mléčnou užitkovost. Novák et al. (2002) dodává, že světlo je významné pro správný průběh fyziologických funkcí, jako je látková přeměna. Světlo také zvyšuje aktivitu oxidačních enzymů, má dopad na pozitivní bilanci dusíku, ovlivňuje složení krve a činnost nervové soustavy.

Osvětlení tedy přímo ovlivňuje organismus a chování živočichů. Záleží především na intenzitě, kvalitě (vlnové délce) a době působení světla (Perry, 2004; Novák et al., 2002). Dobré světelné parametry jsou nezbytné pro technické provozy, zajištění hygieny a bezpečnosti práce (Šístková et al., 2010). Doležal et Černá (2006) doporučují ve stájích pro skot minimální intenzitu osvětlení 200 lx, dobu osvětlení 16 – 17 hodin a postupným

stmíváním na 40 lx simulovat noční období. Brestenský et al. (2015) uvádí, že osvětlené by měly být hlavně krmné žlaby a napáječky.

Pomocí fotoreceptorů, jež jsou umístěné v sítnici oka, vnímají ptáci a savci změnu světelného dne, tzv. fotoperiodu. V závislosti na fotoperiodě spouštějí fotoreceptory sérii složitých hormonálních reakcí. Výsledkem jsou biologické rytmy (například čas na odpočinek, vyhledávání potravy, teritoriální chování), které jsou závislé právě na pravidelné změně působení světla během denního cyklu (Chloupek et Suchý, 2008). Nejnápadnější z těchto rytmů jsou cirkadiánní (kolem 24 hodin) a cirkanuání (kolem 1 roku) rytmy, které pohánějí fyziologické systémy, které jsou základem akutní a dlouhodobé funkce. Příkladem cirkadiánního rytmu je denní kolísání tělesné teploty mezi vrcholem v odpoledních hodinách a minimem v časných ranních hodinách (Dahl et Thompson, 2011). Tyto rytmy jsou zvířatům vrozené a až jejich dlouhodobé narušování (například experimentálně) je může ovlivnit a vychýlit z pravidelnosti.

Význam biologických rytmů u hospodářských zvířat tkví především v ovlivňování pohlavních funkcí pomocí neurohumorální nervové soustavy, kdy je sítnice drážděna skrze opticko – hypotalamo – hypofyzální soustavu. Konečný efekt potom je na štítnou žlázu a pohlavní orgány. U některých druhů zvířat, jako například u slepic, krůt, kachen, hus, drobných šelem, nebo koní, se pohlavní aktivita stupňuje na jaře s prodlužováním světelného dne, u jiných například jako u ovcí, koz, nebo jelena lesního, vzrůstá pohlavní aktivita v podzimním období (Chloupek et Suchý, 2008).

Doležal et al. (2004) uvádí, že úroveň osvětlení ve stájích pro skot je určeno dispozičním řešením dané stavby. Dle Balkové et Záhorské (2016) by mělo být umělé osvětlení rozděleno na několik na sobě nezávislých sekcí, protože světlo není ve stáji distribuováno rovnoměrně. Rozdělením osvětlení na sekce je možné zapnout umělé osvětlení pouze v těch částech stájového prostoru, kde je dle momentální situace osvětlení nevyhovující. Ideálním řešením je automatický světelný senzor, který rozsvěcí a zhasíná umělé světlo dle momentální úrovně osvětlení stájového prostoru.

Chloupek et Suchý (2008) rozdělují osvětlení dle určení pro cílovou skupinu organismů na kategorii fyziologického a pracovního osvětlení.

- 1) Fyziologické osvětlení – je osvětlení, které vytváří biologickou pohodu zvířat a spolu s ostatními složkami mikroklimatu také příznivé podmínky pro zdárný růst, vývoj, reprodukci a produkci zvířat (Doležal et al., 2004). Toto světlo je nezbytné pro správný průběh biologických pochodů (Chloupek et Suchý, 2008).

- 2) Pracovní osvětlení – je osvětlení pracovního místa nebo pracoviště, které vytváří příznivé podmínky pro vidění pracovníků. Je důležité pro bezpečný výkon práce, posuzování hygienické úrovně prostředí a kontrolu zvířat i zařízení. Rozdělujeme je na umělé a přirozené (Doležal et al., 2004).

Chloupek et Suchý (2008) dále rozlišují světlo podle směru, ze kterého se do prostředí dostává na horní, boční a kombinované a dle zdroje, ze kterého osvětlení pochází na denní a umělé světlo.

- 1) Denní světlo – přímé sluneční záření, anebo difuzní záření
- 2) Umělé světlo – světlo pocházející ze zářivek, žárovek, či výbojek. Dle jeho rozsahu je rozlišováno na celkové nebo místní.
  - a. Celkové – příkladem může být umělé osvětlení celé haly (výkrmny kuřat, bezokenní haly nosnic apod.)
  - b. Místní – lokální bodový zdroj světla, většinou s vysokou intenzitou osvětlení (porodny, místo provádění drobných zákroků na zvířatech apod.)

Nedostatečné a nerovnoměrné denní osvětlení ve stájích pro skot dle Doležala et Černé (2002) způsobuje fyziologické poruchy reprodukce zvířat, omezuje jejich denní kontroly, zhoršuje výkonnost a kvalitu práce a namáhá a poškozuje zrak ošetřovatelů. Nedostatečné umělé osvětlení pak omezuje individuální péči a zdravotní kontroly zvířat a kvalitu a bezpečnost práce ošetřovatelů. Dle Perryho (2004) má světlo silný vliv na nosnice, může ovlivnit jejich reprodukční schopnost, příjem krmiva a welfare.

### **3.8.1 Měření intenzity osvětlení**

Dle Grondzik et al. (2010) se měření intenzity osvětlení provádí nejčastěji přenosnými měřiči. Tato zařízení jsou kalibrována v luxech (lx), v jednotkách foot-candle (fc), případně v obojím ( $1 \text{ fc} = 10,764 \text{ lx}$ ). Luxmetr uvádí Franěk et al. (1965) jako fotoelektrický přístroj, který přeměňuje energii světelnou v energii elektrickou. Přístroj je složený ze selenového fotočlánku a mikroampérmetru a je ocejchován přímo v jednotkách osvětlení, tedy v luxech. Rozsah stupnice mikroampérmetru se mění zapojováním bočníku do elektrického okruhu. Selenové fotočlánky jsou velmi citlivé na teplotu, což je nutné respektovat při přesném měření a to zejména v uzavřených prostorech. Čím vyšší je teplota vzduchu, tím vyšší udávají intenzitu hodnoty osvětlení.

### 3.9 Hluk

Dle Doležala et al. (2004) hluk působí na organismus jako na celek, ne pouze na sluchové a nervové orgány. Pokud jde o zvířata a jejich pohodu, nezávisí pouze na hladině hluku, ale také na jeho frekvenci, časovém průběhu, početnosti jeho vzniku a také na fyziologickém stavu zvířat. Nadměrné působení hluku způsobuje nejen zdravotní obtíže, ale také snížení užitkovosti. Šimková et al. (2015) uvádí, že zvířata jsou náchylná především na krátkodobé působení hluku. S tím souhlasí Doležal et al. (2014) a uvádí jako možné stresové situace opravy technických prvků, které doprovází hluk a to za běžného provozu stáje v prostorech pro ustájení zvířat.

Podle Šimkové et al. (2015) je pro různé druhy zvířat hladina hluku, která jim způsobuje stres, rozdílná. Nicméně pro všechny druhy zvířat je škodlivá hladina hluku nad 90 dB, avšak dlouhodobě by hluk ve stáji pro dojnice, které jsou na stres způsobený hlukem nejnáchylnější, neměl překročit 80 dB. Ve velkochovech se hladina hluku standardně pohybuje v rozmezí od 65 dB do 95 dB, někde stoupá až k 120 dB.

Možné zdroje hluku jsou technická zařízení, jako stájové mechanizační prostředky, vzduchotechnická zařízení, samotná zvířata a okolní zvuky z provozu.

Tab. 9 Působení hluku na zvířata

Druh a kategorie zvířat	Hladina akustického tlaku	
	Neškodící (po adaptaci 7 – 14 dní)	Působící stresově (snížení užitkovosti, příp. poškození zdraví)
Mladý skot, telata	Do 75 dB	Nad 85 dB
Dojnice	Do 65 dB	Nad 80 dB
Chovná prasata	Do 70 dB	Nad 80 dB
Výkrm prasat	Do 80 dB	Nad 100 dB (při déletrvajícím působení)
Drůbež	Do 80 dB	-

(Kursa et al., 1998)

#### 3.9.1 Měření hladiny hluku

Hluk měříme objektivním hlukoměrem a nejčastěji měříme jeho intenzitu případně hladinu. Nejčastější způsob měření a vyhodnocování hlukové situace je opakované měření hluku v krátkodobých intervalech. Dílčí hodnoty změřené za danou dobu jsou poté matematicky zpracovány, obvykle na tzv. energetický průměr, který je jakousi časově průměrnou hodnotou hluku, jež způsobuje stejně velkou hlukovou zátěž člověka, jako reálný



hluk, který byl měřen. Měření vždy probíhá za běžného provozu za přesně definovaných podmínek v určitém čase po určitou dobu a při použití váhových či oktávových filtrů.

Váhové filtry jsou elektronické obvody, které jsou zabudované do přístroje a zesilují či zeslabují působící hluk v závislosti na frekvenci zvuků, které se na hlučnosti podílejí. Jejich smyslem je skutečnost, že lidský sluch vnímá různě při různých frekvencích a jeho zdravotní škodlivost je úměrná jeho hlasitosti (slyšení), ne však objektivní intenzitě změřené hlukoměrem.

Oktávové filtry skutečně filtrují reálný hluk. Intenzita tónů je měřena pouze ve frekvenčním rozsahu oktávy, nebo jejím zlomku a je prováděno postupné měření v jednotlivých na sebe navazujících oktávových pásmech. Způsob měření s oktávovým filtrem není tak častý a je vhodný nejen pro měření ustáleného hluku, ale také pro měření vysokofrekvenčního zvuku, nebo ultrazvuku.

Kromě pevných hlukoměrů se využívají také osobní hlukové dozimetry, jejichž předností je malé provedení (Müllerová et al., 2014). Mikrofon měřicího přístroje musí být opatřen krytem proti účinkům větru (Ministerstvo zdravotnictví, 2007).

### **3.10 Chemické složení stájového vzduchu**

Bárta (1966) uvádí, že chemické složky ve stájovém prostředí mají vliv na ustájená zvířata ve svém souboru, často ještě v souvislosti s infekčními faktory a prašností. Kic a Brož (1995) souhlasí a dodávají, že i při nízkých koncentracích mohou mít v souboru negativní vliv na organismu a to proto, že tyto škodlivé látky nepůsobí na organismus jednotlivě, ale v komplexní směsi. Šimková et al. (2015) uvádí, že vzduch ve stáji se liší od vzduchu atmosférického. Ve stájovém vzduchu je nejvíce zastoupený dusík asi 78 %, kyslík a to mezi 19,6 % až 20,7 % a oxid uhličitý 0,2 % až 0,4 %. Dle Bárty (1966) se při mikroklimatických měřeních zaměřujeme na toxické a zdraví škodlivé plyny, tedy amoniak ( $\text{NH}_3$ ) a sirovodík ( $\text{H}_2\text{S}$ , neboli sulfan) a na oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), který slouží také jako ukazatel větrání stáje.

Kic et Brož (1995) sdělují, že přestože nejčastějšími škodlivými stájovými plyny jsou amoniak, sirovodík a oxid uhličitý, nejsou zdaleka jedinými plyny ve stáji. Další možné stájové plyny jsou metan, zápašné plyny (merkaptan, indol, skatol, kyselina máselná atd.), plyny vyskytující se při použití hořáků nebo spalovacích motorů (oxid uhelnatý, oxidy síry atd., záleží na typu použitého paliva a spalovacího motoru) a některé plynné látky z vnějšího prostředí, což závisí na celkové čistotě životního prostředí v dané lokalitě.

Hlavním zdrojem plynných škodlivin ve stájovém vzduchu samotná zvířata a biologické pochody, které se odehrávají v podestýlce, ve výkalech a v krmivu. Šimková et al.

(2015) uvádí, že objem plynů je dán i systémem ustájení, druhem podestýlky a druhem a kategorií zvířat.

Škodlivé plyny při vyšších koncentracích ve stájovém ovzduší dráždí sliznice. Při dlouhodobé expozici způsobují nemoci respiračního systému u zvířat i lidí pracujících ve stáji (Brestenský et al., 2015).

### **3.10.1 Sirovodík (H<sub>2</sub>S)**

Dle Kice et Brože (1995) je sirovodík bezbarvý plyn, vznikající rozkladem bílkovin za anaerobních podmínek. Jeho původcem jsou samotná zvířata, jelikož sirovodík vzniká v jejich střevech. Zvířata však nejsou jediným zdrojem sirovodíku, dalšími zdroji jsou podroštové prostory, močůvkové jímky, nebo sklady tekutých výkalů. Novák et al. (2002) uvádí jako další zdroj sirovodíku také moč a exkrementy zvířat při rozkladu organických dusíkatých látek.

Podle Doležala et al. (2004) nalezneme sirovodík ve vrstvě u podlahy a to z toho důvodu, že je těžší než vzduch, avšak vyskytuje se tu pouze při manipulaci s kejdou, nebo močůvkou v podroštových kanálech. S tím souhlasí Chloupek et Suchý (2008) a dodávají, že ve stájích, které mají kompaktní podlahovou plochu, se sirovodík vyskytuje zřídka, pouze při hrubém zanedbání hygieny, tj. pokud nejsou výkaly odklizeny po takovou dobu, že se v nich mohou ve větší míře vytvářet hnilobné děje. Sirovodík je tedy možné považovat za indikátor hnilobných pochodů a vyskytuje se především, pokud velmi hrubě zanedbáme hygienickou péči.

Sirovodík poznáme dle charakteristického zápachu po zkažených vejcích a už malé koncentrace jsme schopni cítit čichem. Pokud sirovodík dosáhne vyšších, než přípustných hodnot, působí dráždivě na oči a dýchací cesty (Kic et Brož, 1995). Nebezpečný je především kumulativní účinek sirovodíku. Při dlouhodobém vdechování nízkých koncentrací dochází v důsledku jeho zadržování v organismu k chronickým otrávám. Ty se projevují celkovou slabostí, úbytkem váhy, pocením, konjunktivitidami a záněty sliznic horních cest dýchacích (Šimková et al., 2015).

Chloupek et Suchý (2008) vidí nebezpečí sirovodíku také v metatoxickém účinku, čemuž rozumíme jako dlouhodobému účinku zvýšené, avšak netoxické koncentrace jedů. Projevem metatoxického účinku je příprava podmínek pro onemocnění, zejména pro infekční. Vlivy sirovodíku se zvyšují se zvyšující se vzdušnou vlhkostí a se spolupůsobením jiných

stájových plynů. Nejvyšší přípustná koncentrace H<sub>2</sub>S ve všech stájích je podle Kursy et al. (1998) 0,001 % objemových, tedy 14,1 mg.m<sup>-3</sup>.

### 3.10.2 Amoniak (NH<sub>3</sub>)

Amoniak ve stájových objektech vzniká rozkladem dusíkatých látek (Kic et Brož, 1995), především močoviny v moči (Aarnik, 1997), exkrementů a mrvy (Kic et Brož, 1995). Amoniak působí negativně na zdravotní stav ustájených zvířat, čímž ovlivňuje také jejich užitkovost. Množství amoniakálních emisí je závislé na technologii chovu zvířat, jejich produkčním a životním prostředí, kvalitě výživy, technologické stavbě objektu, manipulaci s hnojem a způsobu jeho skladování (Harichová et al., 2000). Koncentrace závisí i na teplotě (Hempel et al., 2016) a rychlosti proudění vzduchu (Doležal et al., 2004), ale také na druhu chovaných zvířat. Nejvyššími producenty amoniaku jsou prasata a skot (Harichová et al., 2000).

Vyšší, než přípustné koncentrace amoniaku působí dráždivě na oči a dýchací cesty. Škodlivý je při dlouhodobé nadlimitní koncentraci nejen pro ustájená zvířata, ale také pro jejich ošetřovatele a jiné pracovníky působící uvnitř stájového objektu. Avšak amoniak působí nepříznivě nejen ve stáji, ale také na samotné okolí stáje, především na životní prostředí (Kic et Brož, 1995).

Doležal et al. (2004) spatřují negativní vliv působení zvýšených hodnot amoniaku zejména ve snížené odolnosti zvířat vůči infekčním nemocem. Novák et al. (2002) uvádí, že bylo prokázáno, že vzdušný amoniak přechodem do krve blokuje tvorbu gamaglobulinů, protože zvyšuje rezervu dusíku, kterou organismus zužitkovává a tím negativně ovlivňuje imunostatus.

Ačkoliv je amoniak asi o 40 % lehčí než vzduch, není možné říci, že se vždy vyskytuje v nejvyšší koncentraci ve výšce, například u stropu, ale naopak se obvykle soustřeďuje nad místy jeho vzniku, tj. nad podroštovými prostory, nad vrstvou vlhké podestýlky, nebo nad kanálky odvádějícími trus (Kic et Brož, 1995).

Regulovat množství amoniaku v objektu lze prouděním vzduchu (Harichová et al., 2000; Rong et al., 2014). S tím souhlasí Kic et Brož (1995), kteří uvádí, že vhodným větracím systémem je možné ve stájovém vzduchu snížit koncentraci amoniaku. Botto (2009) a Dědina et Jelínek (2008) uvádí, že snížit množství emisí amoniaku je možné redukcí plochy, ze které je amoniak produkován a omezením proudění vzduchu nad ní, snížením teploty kejdy a jejím častým odklizem a používáním lehce čistitelných hladkých ploch na povrchu roštů a stěn

hnojných kanálek. Nejvyšší přípustná koncentrace ve všech stájích je podle Kursy et al. (1998) 0,0026 % objemových, tedy 18,3 mg.m<sup>-3</sup>.

### 3.10.3 Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>)

Kic et Brož (1995) označují tento bezbarvý plyn bez zápachu jako pevnou složku stájového i atmosférického ovzduší. Přestože je těžší než vzduch, nehromadí se v níže položených místech a to proto, že vzduch ve stáji je obvykle pořád promícháván.

Bárta (1966) považuje oxid uhličitý za indikátor větrání stáje. Novák et al. (2002) souhlasí a uvádějí, že jako indikátor nedostatečného větrání stáje slouží, pokud naměříme jeho zvýšenou koncentraci. Dle Šimkové et al. (2015) se se zvyšující koncentrací CO<sub>2</sub> zpomalují životní projevy ustájených zvířat a také efektivita výroby.

Ve stájích jsou jeho původcem především samotná zvířata, která jej vydechují (Novák et al., 2002). Vzniká také oxidačními procesy látek, které obsahují dusík, jako například kvašením a rozkladem látek organických, které jsou obsaženy v krmivu, stelivu, nebo ve výkalech a také vzniká provozem topidel a spalovacích motorů (Kic et Brož, 1995). Vznikat může také při zrání podestýlky, nebo během kvasných pochodů v zažívacím traktu (Novák et al., 2002).

Dle Kice et Brože (1995) je běžná koncentrace CO<sub>2</sub> ve venkovním atmosférickém vzduchu 0,03 % objemová. Šimková et al. (2015) uvádí jako přípustnou hranici pro koncentraci oxidu uhličitého ve stáji 0,15 % objemových až 0,30 % objemových, avšak v nevětrané stáji se může hodnota naměřeného CO<sub>2</sub> pohybovat mezi 0,5 % objemových až 1 % objemových.

Tab. 10 Maximální přípustné koncentrace oxidu uhličitého ve stájích hospodářských zvířat

Druh	Koncentrace oxidu uhličitého		
	% objemových	% hmotnostních	mg . m <sup>-3</sup>
Skot	0,25	0,38	4500
Koně, ovce	0,35	0,53	6400
Prasata	0,30	0,46	5500
Králíci	0,25	0,38	4500
Drůbež	0,25	0,38	4500

(Kursa et al, 1998)

### 3.10.4 Měření chemického složení vzduchu

Pro snímání ve vzduchotechnických zařízeních v praxi využíváme metody infračervených snímačů, nebo snímače MOS (Metal Oxide Semiconductors). Snímače MOS pracují na principu změny vodivosti polovodivé vrstvy vyhřívané na určitou teplotu podle změny koncentrace plynů. Nevýhodou těchto snímačů je omezená selektivita a náchylnost ke křížovým interferencím (Majce, 2008).

Ve většině chovů s nucenou ventilací (s využitím odtahovacích nebo tlačných ventilátorů) je dnes měření koncentrací amoniaku zcela rutinní záležitostí. Ve výdeších sledovaného objektu jsou měřeny koncentrace amoniaku ( $\text{mg/m}^3$ ) současně s průtokem vzduchu ( $\text{m}^3/\text{s}$ ). Pokud vynásobíme koncentraci amoniaku a průtokem vzdušiny, dostaneme hmotnostní tok amoniaku. Tyto analyzátory koncentrace amoniaku s kontinuálním měřením jsou poměrně přesné s malou nejistotou (2 – 5 %). Průtok vzdušiny se obvykle stanovuje z rychlosti proudění vzduchu například pomocí anemometru s obdobnou nejistotou (Češpiva et al., 2011).

#### Orientační metody

Stanovení pomocí detekčních trubiček, nebo indikátorových papírků. Pomocí detekčních trubiček stanovujeme po zalomení obou zatavených konců skleněné trubičky s krystalickou náplní a deseti nasátích 100 ml vzduchu nasávacím. Poté odečteme ze stupnice na trubičce rozsah barevné změny v její náplni. Indikátorové papírky se dodávají v komerčně vyráběném setu, který obsahuje mimo papírků také destilovanou vodu. Tou se indikátorové papírky namočí a po dostatečně dlouhém vystavení papírku stájovému prostředí se porovnává barevná změna papírku s přiloženou barevnou stupnicí, která má přímo vyznačené odpovídající koncentrace v jednotkách ppm, neboli parts per milion (1 ppm = 0,0001 %). K orientačnímu stanovení amoniaku lze využít také pH indikátorových papírků. Tyto metody využíváme především ke stanovení amoniaku, sirovodíku i oxidu uhličitého (Bárta, 1966; Chloupek et Suchý, 2008).

#### Elektrochemické metody

Využívá ampérometrických nebo galvanometrických senzorů. Uplatňují se v přenosných i stabilních analyzátoch. Ampérometrické senzory měří proud procházející mezi dvěma elektrodami, které jsou ponořené do roztoku elektrolytu, přičemž do měřícího obvodu je zapojen zdroj stejnosměrného napětí. Velikost limitního proudu je pak funkcí koncentrace měřené složky. Galvanometrické metody jsou založeny na principu galvanického článku, kde

je elektrodový systém oddělen od analyzovaného plynu membránou, která je propustná výhradně pro plyny. Tyto metody využíváme především pro měření amoniaku (Chloupek et Suchý, 2008).

#### Metoda značkovacího plynu

Plyn je hadičkami s tryskami rovnoměrně rozváděn po celé stáji. V místech, kde měříme plyn, je současně měřena koncentrace rozváděného plynu. Z naměřených koncentrací sledovaného plynu a známého průtoku značkovacího plynu stanovíme průtok vzduchu v místě měření a to vynásobením koncentrace sledovaného plynu a průtoku vzdušiny - dostaneme hmotnostní tok sledovaného plynu. Jako referenční plyn využíváme nejčastěji fluorid sírový ( $\text{SF}_6$ ). Nevýhodou je finanční náročnost a nutnost použití plynového analyzátoru. Výhodou je využitelnost pro dlouhodobá měření. Tyto metody využíváme především k měření amoniaku (Češpiva et al., 2011).

#### Infračervená absorpční spektrometrie

Principem této metody je, že molekuly absorbují infračervené záření, kde množství absorbovaného záření je úměrné koncentraci a vzdálenosti média. Spektrometr se obvykle skládá z infračerveného zdroje, optického filtru (obvykle ve tvaru rotačního kola nebo „vrtulníku“, který umožňuje přenos selektivní vlnové délky), vzorkovací komory a fotodetektoru. Vzorek plynu se zavede do komory a infračervené záření s vlnovou délkou určenou optickým filtrem je absorbováno vzorkem plynu. Zbývající procházející světlo je převedeno na elektrický signál pomocí fotodetektoru a zpracováno s cílem poskytnutí hodnoty teploty a tlaku. Optický filtr má řadu různých filtrů, což nám umožňuje současně zjišťovat koncentrace různých látek. Výsledné tlakové vlny jsou detekovány velmi citlivým mikrofonem, zesíleny, filtrovány a zpracovány. Infračervená absorpční spektrometrie v současné době vytlačuje orientační metody. Nevýhodou je, že absorpční spektra pro některé plyny (například 4,3 mm pro  $\text{CO}_2$  a 3,9 mm pro  $\text{N}_2\text{O}$ ) se mohou překrývat. Tento jev má za následek potenciální chyby, avšak u novějších přístrojů je automaticky kompenzován. Tyto metody využíváme především k měření sirovodíku a oxidu uhličitého (Ali et Walker, 2014).

#### Refraktometrie

Monochromatický paprsek světla je rozdělen na 2 poloviny, přičemž 1 polovina je vedena přes vzorkové komory a druhá polovina přes referenční komoru. Poté jsou obě rekombinovány, což vytváří referenční obrazec světlých a tmavých pásů. Tento vzor je

fázovým rozdílem mezi dvěma paprsky, a je využit pro výpočet koncentrace plynu ve vzorkové komoře. Refraktometry jsou nespécifické a nemohou identifikovat typ plynu ve vzorku, pouze porovnávají koncentraci plynu s referenční koncentrací stejného plynu. Tyto metody využíváme především k měření oxidu uhličitého (Ali et Walker, 2014).

### Hmotnostní spektrometr

Odděluje složky směsi plynů na základě jejich molekulové hmotnosti a elektrického náboje. Hmotnostní spektrometry jsou velmi přesná, avšak drahá zařízení, využíváme je tedy spíše pro medicínské účely. Tyto metody využíváme především k měření oxidu uhličitého (Ali et Walker, 2014).

## **3.11 Prašnost**

Zdrojem prašnosti ve stáji jsou v první řadě krmiva a samotná zvířata (emise), respektive odpadlé lupínky jejich kůže, krystalky moči, částičky výkalů a v neposlední řadě také prach, který je obsažen ve venkovním vzduchu (imise). Zatímco složka emisní je ovlivněna především technologií chovu (Dolejš et al., 2005), kategorií a druhem hospodářských zvířat, druhu krmiva, čistotě stáje a ustájení (Kic, 1996), imisní je velmi variabilní (Dolejš et al., 2005).

Koncentrace prachu ve stáji však není konstantní, mění se v průběhu let i ročních období. Nejvyšší koncentrace prachu je ve stáji na jaře, nejnižší pak v létě a v zimě (Dolejš et al., 2005; Joo et al., 2013). Na koncentraci prachu ve stáji mají vliv také samotná zvířata. Costa et al. (2009) zjistili, že čím více jsou zvířata aktivní (například v době krmení), tím více se zvyšuje koncentrace prachových částic PM10 ve stáji.

Prach ve stájovém prostředí nezpůsobuje zdravotní obtíže jen zvířatům, ale také jejich ošetřovatelům. Charakteristickými zdravotními problémy, které vznikají v důsledku prašnosti, jsou například kašel, bolesti v krku, zahlenění dýchacích cest, nebo rýma. Vedlejším nepříznivým jevem, který můžeme v důsledku zvýšené prašnosti pozorovat, je patrný nárůst počtu bakteriálních aerosolů ve stájovém ovzduší, které jsou nebezpečím pro plicní tkáň (Kic, 1996). Podle Celjaka et al. (2015) je efekt prachových částic na organismus podmíněn jejich složením, tvarem a velikostí.

Prachové částice rozdělujeme dle velikosti:

- 1) PM<sub>10</sub>, prachové částice do průměru 10 μm
- 2) PM<sub>2,5</sub> prachové částice do průměru 2,5 μm
- 3) PM<sub>1</sub> prachové částice do velikosti 1 μm

Jako respiratorní (tzn. vdechovatelné) označují Celjak et al. (2015) prachové částice do průměru 4 μm. Dolan et al. (2014) uvádí částice menší než 2,5 μm jako negativně působící na funkční účinnost dýchání, protože se dostávají až do plicních alveol. U koní mají dle Auger et Moore-Colyer (2017) negativní vliv na zdraví částice prachu menší než 5 μm, které mohou způsobit oslabující alergický stav známý jako koňské astma.

### **3.11.1 Snižování prašnosti**

Snižování prašnosti vzduchu ve stájových objektech je možné ovlivnit jednak zásahem do zdroje, který prašnost způsobuje a také znemožněním přenosu prachových částic od jeho zdroje ke zvířatům, lidem, technice, aj.

Omezit prašnost v smyslu omezení zdroje prašnosti můžeme například využitím mokrého nebo vlhčeného krmení, tvarováním krmiv, smísením prašných a sypkých materiálů s jinými vhodnými látkami (nejčastěji kapaliny), uzavřením zdroje prašnosti, aj.

Omezit prašnost ve smyslu zásahu do pole přenosu prachu můžeme například zamezením šíření prachu v objektu pomocí vhodných konstrukčních úprav objektu (rozdělením prostorů, oddělením zdrojů prachu do samostatných sektorů v objektu, vhodným větracím zařízením), filtrací (především ve vzduchotechnických zařízeních), nebo rozprašováním kapalného aerosolu s vysokou smáčivostí (dochází k seskupování menších částic ve větší útvary a tím k jejich rychlejšímu usazování) (Kic, 1996).

Dolejš et al. (2005) uvádí jako další možnost snižování prachu urychlení jeho sedimentace. Na proces usazování prachových částic má vliv především jejich velikost a také elektrický náboj na straně jedné a triboelektrický náboj na exponovaném povrchu na straně druhé. Dalšími faktory, které působí na usazování prachových částic, jsou teplota, relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu, tlak vzduchu a ionizace prostředí.



Tab. 11 Předpokládané snížení prašnosti ve stájovém vzduchu některými vybranými metodami

<b>Technická metoda</b>	<b>Snížení prašnosti (%)</b>
Vysávání vysavačem	4 – 15
Týdenní mytí prasat a podlah	15 – 26
Sprchování podlah a zařízení vodou	20 – 26
Ionizace vzduchu	20 – 26
Bezpodestýlkové technologie (ve srovnání s podestýlkovými)	35 – 45
Aplikace tekutého krmení (ve srovnání se suchým krmením)	35 – 45
Filtrace vzduchu při recirkulaci	35 – 50
Využití elektrostatického filtru	40 – 50
Optimalizace polohy větracích vyústek	45 – 55
Přidávání tuku do krmiva	45 – 55
Odsávání při větrání (např. podtlakové větrání)	40 – 60
Postřikování a zmlžování řepkovým olejem	50 – 90

(Kic, 1996)

### 3.11.2 Měření prašnosti

Podstatou měření prašnosti je prosávání vzduchu odběrovým zařízením, které je opatřeno filtrem, jehož hmotnost před měřením je nám známá. Na filtru se zachytí určitá frakce polétavého prachu, kterou zjistíme zvážením filtru po ukončení měření. Ze zjištěného průtoku a doby odběru vzorku vypočteme objem odebraného vzduchu a z rozdílu hmotností filtru před odběrem a po odběru zjistíme koncentraci odebraného prachu. Z těchto údajů následně vypočteme hmotnostní koncentrace prachu (Šváblová et al., 2015).

### 3.12 Mikrobiální znečištění

Mikroorganismy jsou ve stájovém ovzduší stálou složkou. Jejich zdrojem jsou zvířata, krmivo a stelivo. Ve vzduchu jsou mikroorganismy nejčastěji vázány na kapénky, nebo prachové částičky, méně často nacházíme ve stáji volně se vznášející organismy (Novák et al., 2002). Drobné, pevné částice pohybujícího se prachu jsou dobrým médiem pro roznášení mikroorganismů (Brestenský et al., 2015).

Šimková et al. (2015) rozdělují původ mikroorganismů na primární a sekundární kontaminaci. Primární kontaminace vzniká při výdechu a jedná se o vydechované zárodky mikroorganismů. Jedná se o znečištění způsobené lidmi, zvířaty a využívanými materiály. Sekundární kontaminace ovlivňuje množství a dobu cirkulace zárodků ve stájovém prostředí. Sekundární znečištění je závislé na technických podmínkách. Zvýšení teploty a snížení relativní vlhkosti má za následek zvýšení mikrobiální koncentrace.

Dle Nováka et al. (2002) se v ovzduší vyskytují nejen saprofytické mikroorganismy, ale také patogenní mikroorganismy, které však přežívají ve vzduchu jen omezenou dobu. Šimková et al. (2015) uvádí jako nejčastější mikroorganismy ve stáji různé druhy streptokoků, stafylokoků, enterokoků, pasterely, sporulující bakterie, plísně a viry.

Počet mikroorganismů ve stáji se pohybuje v rozmezí  $1.10^3$  až  $1.10^8 \text{ m}^{-3}$  a neměl by přesáhnout  $250.10^3 \text{ m}^{-3}$ .

### **3.12.1 Měření mikrobiálního znečištění**

Kontrola a stanovení mikrobiální kontaminace je možná za pomoci stěrů a mikrobiálního monitoringu ovzduší. Stěry provádíme z pracovních ploch, nástrojů a předmětů. Rozlišujeme dva hlavní způsoby odběru:

#### Pasivní metody

Odběr na standartní Petriho misky, které obsahují vhodné kultivační médium podle skupiny sledovaných mikrobů. Odběr probíhá spadem, tj. přirozeným sedimentováním (za určitý čas) na záchytné zařízení.

#### Aktivní metody

Tato metoda využívá vzorkovače, např. nárazový vzorkovač nebo aeroskop, kdy je známý objem vzduchu nasáván pomocí čerpadla do odběrové hlavice, což vytváří laminární proudění vzduchu, které je usměrňováno na standartní Petriho misku s vhodným kultivačním médiem. Poté je Petriho miska inkubována podle podmínek sledované skupiny mikroorganismů (Kunová et al., 2010).

## **3.13 Komplexní měření mikroklimatu**

Měřicí přístroje současnosti můžeme rozdělit do dvou skupin:

#### Laboratorní přístroje

Jsou určeny především pro výzkum, vývoj a testování. Vyznačují se velkou přesností a velkým spektrem měřených veličin, avšak abychom dosáhli velké přesnosti, je nutná pravidelná kalibrace. Bohužel tyto přístroje nejsou určeny pro dlouhodobé použití ve stáji, jsou drahé, jejich ovládání je poměrně složité a vyžaduje proškolenou obsluhu.

## Provozní přístroje

U těchto přístrojů je kladen důraz především na minimální požadavky na obsluhu a údržbu, dlouhou životnost ve stáji, nízkou cenu a nízké provozní náklady. Nejsou však natolik přesné, jako přístroje laboratorní a u chemických senzorů je často problém s křížovou citlivostí a menším spektrem měřených veličin. Tyto přístroje se zaměřují především na měření veličin, které mají maximální vypovídající hodnotu o mikroklimatickém stavu stáje a zároveň je lze snadno a levně měřit (Šimková et al., 2015).

V současné době existují na českém trhu technologické systémy pro komplexní řízení stájového mikroklimatu, jako například:

### BAUER TECHNICS GROUP

Systém řízení od firmy Bauer nabízí přesnou regulaci mikroklimatu v závislosti na stáří zvířat, teplotě a vlhkosti přiváděného vzduchu (Systémy řízení ve stájích, n.d.). Systémy využívají datalogery, které je možné připojit k počítači, nebo ukládat naměřené hodnoty průběžně na vyjímatelnou paměťovou kartu (Datalogery BAUER, n.d.). Umožňují řídit větrání, vytápění i chlazení mikroklimatu. Alarmy pak zajišťují neustálou kontrolu stáje. Provozní poruchy, teplotní výkyvy atd. jsou ihned zaznamenány a hlášeny prostřednictvím telefonu, pageru, opticky nebo sirénou. Součástí jsou také kamerové systémy, které je možné ovládat přes telefon, či přes internet. Přes webserver BAUER ZETAview je možné vzdáleně spravovat systém ventilace a jsou zde také ukládána naměřená data (Systémy řízení ve stájích, n.d.)

### HAZE s.r.o.

Firma Haze s.r.o. nabízí meteostanice pro řízení klimatu stáji. Soustava čidel okamžitě reaguje na intenzitu proudění vzduchu, aktuální teplotu ve stáji i mimo ni, srážky, déšť aj. Jedná se o autonomní automatický elektronický systém pro ovládání mikroklimatu stáji, který je nezávislý na lidském faktoru. Systém velmi rychle reaguje na změnu počasí v průběhu dne a je možnost jeho propojení s ventilátory ve stáji jako prevenci proti vzniku tepelného stresu u skotu, průvanu a nadměrného proudění vzduchu ve stáji (například během bouřky). Provoz je možný v režimu letní/zimní provoz (Hanousek, n.d.).

## AGEVENT-100

S ventilační jednotkou AGEVENT-100 může její uživatel kontrolovat v reálném čase například teplotu a vlhkost vzduchu na drůbeží farmě. Obsluha může jednoduchým způsobem (+ / -) nastavovat základní parametry stájového mikroklimatu jako teplotu, vzduch - CO<sub>2</sub> a podestýlku – RH. Jednotka si pak sama najde optimální cestu ke změně klimatu. Jednotka dokáže sama řešit složitější operace a s ohledem na náklady chovu řídí mikroklima (Farma v mobilu, 2012).

### **3.14 Legislativní úprava mikroklimatu**

#### **3.14.1 Zákon na ochranu zvířat proti týrání**

##### Zákon č. 246/1992 Sb.

V roce 1992 vstoupil v České republice v platnost zákon č. 246/1992 Sb., který se k problematice mikroklimatu vyjadřuje:

§ 4 písm. j) Za týrání se považuje vyvolávat bezdůvodně nepřiměřené působení stresových vlivů biologické, fyzikální nebo chemické povahy.

§ 10 Dojde-li k poškozování zvířat prokazatelně v důsledku nevhodné technologie, je chovatel povinen tuto technologii upravit nebo změnit; jde-li o technologické zařízení a stavby, stanoví lhůty a způsob jejich úpravy nebo změny ministerstvo.

##### Zákon č. 162/1993 Sb.

Roku 1993 vstoupil v účinnost zákon č. 162/1993 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 162/1992. K problematice mikroklimatu se mimo § 4 písm. j) a § 10 vyjadřuje:

§ 11 odst. 1) Chovatel je povinen zabezpečit nejméně jedenkrát denně pečlivou prohlídku technologických zařízení a odstranit v nejkratší možné době každou zjištěnou závadu tak, aby nebylo ohroženo zdraví a život zvířat.

##### Zákon č. 77/2004 Sb.

Dne 1. března 2004 vstoupil v účinnost zákon č. 77/2004 Sb., kterým se mění zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon upravuje mikroklima při přepravě zvířat:

§ 8a odst. 1 písm. b) Podle druhu zvířat odesílatel v součinnosti s dopravcem zajistí zabezpečení zvířat před nepříznivým počasím a výraznými rozdíly v klimatických podmínkách.

§ 8a odst. 1 písm. c) Podle druhu zvířat odesílatel v součinnosti s dopravcem zajistí větrání a objem vzduchu v dopravních prostředcích tak, aby odpovídaly podmínkám přepravy a byly přiměřené druhu a počtu přepravovaných zvířat.

Mikroklima stájí řeší zákon č. 77/2004 Sb. následujícím způsobem:

9 § odst. 3 písm. c) Při chovu hospodářských zvířat je zakázáno chovat zvířata trvale ve tmě nebo je ponechat bez náležité doby odpočinku od umělého osvětlení.

Úpravou § 10, kde se za slovo „Dojde-li“ vkládají slova „utrpení nebo jinému“ a současně se na konci věty doplňují slova „prováděcím právním předpisem“.

Za § 12 se vkládá nový § 12a odst. 3) ve znění Pro zajištění pohody a zdraví hospodářských zvířat v intenzivních chovech, pokud větrání závisí na umělém větracím systému, musí být tento systém vybaven poplašným systémem, který bude varovat při selhání, nebo musí být k dispozici náležitý pomocný systém, který zaručí obnovení větrání. Všechna automatická a mechanická zařízení, která mají podstatný význam pro zdraví a pohodu zvířat, musí být kontrolována alespoň jednou denně. Jsou-li shledány závady, musí být okamžitě odstraněny, nebo není-li to možné, musí být podniknuty náležité kroky k zajištění zdraví a příznivého stavu zvířat. A § 12a odst. 4) Hospodářským zvířatům, která nejsou chována v budovách, se poskytuje přiměřená ochrana před nepříznivými povětrnostními podmínkami, predátory a riziky ohrožujícími jejich zdraví.

#### Zákon č. 312/2008 Sb.

V roce 2008 vstoupil v účinnost zákon č. 312/2008 Sb., kterým se mění zákon č. 246/1992 Sb., ve znění pozdějších předpisů:

Nahrazuje § 8a odst. 1 písm. b) § 8a odst. 1 písm. c) které upravovaly mikroklima při přepravě zvířat § 8e odst. 1 písm. b) Chovatel musí zajistit, aby dopravní prostředky, kontejnery, klece a podobně a jejich vybavení byly konstruovány, udržovány a provozovány tak, aby zvířata byla chráněna před nepříznivým počasím, příliš vysokými či nízkými teplotami a nepříznivými změnami klimatických podmínek. A § 8e odst. 2 písm. a) Chovatel musí zajistit, aby uvnitř prostoru pro zvířata byl dostatek místa a dostatečné proudění vzduchu, když zvíře stojí v přirozeném postoji.

#### Zákon č. 359/2012 Sb.

Roku 2012 vstoupil v platnost zákon č. 359/2012 Sb., kterým se mění zákon č. 246/1992 Sb. na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů, který mění § 10 a to tím způsobem, že část věty za středníkem, včetně středníku se zrušuje.

#### **3.14.2 Vyhláška o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat**

##### Vyhláška č. 208/2004 Sb.

Dne 14. dubna 2004 stanovilo Ministerstvo zemědělství podle § 29 zákona č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění zákona č. 77/2004 Sb., k provedení § 10, 12a, § 12c odst. 3, § 29a odst. 2 zákona vyhlášku o minimálních standardech na ochranu zvířat č. 208/2004 Sb. Mikroklimatu stájí hospodářských zvířat se týkají následující paragrafy:

##### Minimální standardy pro ochranu skotu

§ 2 odst. 1 písm. i) Minimální standardy pro ochranu kategorie skotu ve věku do šesti měsíců (dále jen "telata") stanoví následující podmínky: ve stájích s telaty musí být zajištěno přirozené nebo umělé osvětlení; při použití umělého osvětlení nejméně po dobu od 9 do 17 hodin v intenzitě odpovídající přirozenému světlu.

##### Minimální standardy pro ochranu prasat

§ 3 odst. 1: V části stavby, ve které jsou chována prasata, nesmí být překročena hladina nepřetržitého hluku 85 dB. Je třeba se vyhnout stálému nebo náhlému hluku.

§ 3 odst. 2: Prasata musí být chována v prostředí s intenzitou světla alespoň 40 luxů po dobu minimálně osmi hodin denně.

§ 3 odst. 3 písm. a) Ustájení pro prasata musí být vybudováno takovým způsobem, aby každé prase mělo přístup do prostoru, který je čistý, fyzicky a tepelně pohodlný, vybavený řádným odtokem, a který umožňuje všem zvířatům současně polohu vleže.

##### Minimální standardy pro ochrany koní

§ 5 písm. h) ve stájích se hříbaty musí být zajištěno přirozené nebo umělé osvětlení; při použití umělého osvětlení po dobu od 9 do 17 hodin v intenzitě odpovídající přirozenému světlu.

#### Minimální standardy pro ochranu nosnic

§ 7 odst. 3 Hladina hluku musí být snížena na minimum. Je třeba se vyvarovat stálého nebo náhlého hluku.

§ 7 odst. 4 Všechny budovy musí být natolik osvětleny, aby se nosnice mohly vzájemně vidět a být viděny, aby mohly zkoumat vizuálně své okolí a vykazovat běžnou úroveň činnosti. Tam, kde je přirozené světlo, musí být okna uspořádána tak, aby bylo světlo rozloženo rovnoměrně po celém prostoru. Po prvních dnech adaptace musí být světelný režim takový, aby nedocházelo ke zdravotním potížím a poruchám chování. Musí se dodržovat 24hodinový režim osvětlení, který musí zahrnovat přiměřenou nepřerušovanou dobu tmy trvající jednu třetinu dne tak, aby si nosnice mohly odpočinout a aby nedocházelo k jejich utrpení. Při tlumení světla se zajistí doba stmívání dostatečně dlouhá k tomu, aby se nosnice mohly nerušeně a bez nebezpečí poranění usadit.

#### Minimální standardy pro ochranu jedinců kura domácího ve výkrmu

§ 11 odst. 4 písm. b) S ohledem na význam přirozené rovnováhy mezi vývojem kostry a svaloviny pro pohodu zvířat chovatel uspořádáním technologie chovu zabezpečí prevenci výskytu problémů pánevních končetin brojlerů; podporuje se aktivita ptáků zejména regulací osvětlení, poskytnutím hřadů, snížením hustoty osazení, zlepšením cirkulace vzduchu.

#### Vyhláška č. 464/2009 Sb.

1. ledna 2010 vstoupila v účinnost vyhláška č. 464/2009 Sb., kterou se mění vyhláška č. 208/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Upravuje stájové mikroklima následujícími paragrafy:

#### Minimální standardy zařízení pro hospodářská zvířata

§ 1b odst. 1) Stáje musí být v souladu s použitou technologií chovu dispozičně, technicky a provozně řešeny tak, aby cirkulace vzduchu, prašnost, teplota a relativní vlhkost vzduchu, koncentrace plynů, osvětlení a hlučnost byly udrženy v mezích, které nejsou pro zvířata škodlivé.

### Minimální standardy pro ochranu prasat

§ 3 odst. 1 a § 3 odst. 2 jsou zrušeny a nahrazeny § 3 odst. 6 a § 3 odst. 7, přičemž znění § 3 odst. 7 se oproti § 3 odst. 2 vyhlášky č. 208/2004 Sb. nemění a úplné znění § 3 odst. 6 je následující: V části stavby, ve které jsou chována prasata, nesmí být překročena hladina nepřetržitého hluku 85 dB. Musí se minimalizovat možnost vzniku stálého nebo náhlého hluku vyvolávajícího u prasat stres.

### Minimální standardy na ochranu kachen, hus a krůt

§ 6 odst. 10 Nejpozději do 21 dnů věku kachen, hus nebo krůt musí být světelný režim takový, aby předcházel vzniku zdravotních problémů a problémů chování. Musí se dodržovat 24hodinový cyklus s nepřerušovanými periodami tmy, tvořícími přibližně jednu třetinu dne.

### Minimální standardy pro ochranu nosnic

Za § 7 odst. 3 se přidávají věty „Ventilace, krmná technologie nebo jiná zařízení musí být konstruována, umístěna a provozována tak, aby při tom vznikal co nejmenší hluk. Totéž platí i pro jejich údržbu“.

### Požadavky na hospodářství a požadavky na chov kuřat chovaných na maso, obsah záznamů o chovu kuřat chovaných na maso, obsah údajů a seznam vzorků, které jsou chovatelé povinni poskytovat osobě uvedené v § 20 písm. s) zákona

§ 11 odst. 3 Při chovu kuřat chovaných na maso musí být větrání dostatečné, aby se zamezilo jejich přehřátí, a v případě potřeby se spojuje se systémy vytápění, aby se odstranila nadměrná vlhkost.

§ 11 odst. 4 Při chovu kuřat chovaných na maso musí být hladina hluku snížena na minimum. Ventilátory, krmná zařízení a ostatní vybavení musí být konstruovány, umístěny, provozovány a udržovány tak, aby působily co možná nejméně hluku.

§ 11 odst. 5 Při chovu kuřat chovaných na maso musí mít všechny budovy, ve kterých jsou chována kuřata chovaná na maso, osvětlení o intenzitě alespoň 20 luxů během dob osvětlení, které se měří na úrovni očí kuřete chovaného na maso a které ozařuje přinejmenším 80 % užitné plochy. Dočasné snížení intenzity osvětlení je možné, pokud je to nezbytné na základě doporučení veterinárního lékaře. Do sedmi dnů od ustájení kuřat chovaných na maso až do tří dnů před stanoveným časem porážky musí osvětlení odpovídat čtyřicetihodinovému rytmu a zahrnovat doby tmy s celkovým trváním alespoň 6 hodin,



přičemž musí být zajištěna alespoň jedna nepřetržitá doba tmy trvající alespoň 4 hodiny, vyjma dob, kdy je osvětlení tlumené.

§ 11a odst. 1 písm. b) Při chovu kuřat chovaných na maso při hustotě osazení vyšší než 33 kg/m<sup>2</sup> vlastník nebo držitel v hale vede a uchovává k případnému předložení soubornou dokumentaci s podrobným popisem produkčních systémů. Tato dokumentace zahrnuje především podrobné technické údaje o hale a jejím vybavení, zejména: větrací systém a případně chladicí a tepelný systém, a to včetně jejich umístění, plán větrání s přesnými údaji o parametrech cílové kvality vzduchu, jako jsou proudění vzduchu, rychlost vzduchu a teplota,

§ 11a odst. 1 písm. d) Při chovu kuřat chovaných na maso při hustotě osazení vyšší než 33 kg/m<sup>2</sup> vlastník nebo držitel v hale vede a uchovává k případnému předložení soubornou dokumentaci s podrobným popisem produkčních systémů. Tato dokumentace zahrnuje především podrobné technické údaje o hale a jejím vybavení, zejména: poplašné systémy a nouzové systémy pro případ výpadku jakéhokoli automatizovaného nebo mechanického vybavení nezbytného pro zdraví a pohodu zvířat.

§ 11a odst. 3 písm. a) Vlastník nebo chovatel, kromě požadavků stanovených v § 11, musí zajistit, aby každá hala v hospodářství byla vybavena větracím systémem a případně vytápěcím a chladicím systémem, které jsou projektovány, zkonstruovány a provozovány tak, aby: koncentrace amoniaku (NH<sub>3</sub>) nepřekročila 20 ppm a koncentrace oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) nepřekročila 3000 ppm, přičemž měření se provádí na úrovni hlav kuřat chovaných na maso.

§ 11a odst. 3 písm. b) vnitřní teplota nepřesáhla vnější teplotu o více než 3 °C, pokud tato vnější teplota ve stínu překračuje 30 °C.

§ 11a odst. 3 písm. c) průměrná relativní vlhkost naměřená v hale hospodářství v průběhu 48 hodin nepřekročila 70 %, pokud je venkovní teplota nižší než 10 °C.

#### Vyhláška č. 22/2013 Sb.

Vyhláška č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat, ve znění vyhlášky č. 428/2005 Sb., vyhlášky č. 464/2009 Sb. a vyhlášky č. 78/2012 Sb., se vyhláškou č. 22/2013 Sb. se mění v oblasti mikroklimatu hospodářských zvířat pouze nahrazením slov „§ 20 písm. S)“ v nadpise § 11 na „§ 20 odst. 1 písm. j)“.

## 4 Závěr

Hospodářská zvířata tráví téměř celý svůj život v uzavřeném prostředí stáje a právě stájové mikroklima významně ovlivňuje přímým i nepřímým způsobem welfare, zdravotní stav a užitkovost zvířat. Je proto velmi důležité, ať už z hlediska ekonomického nebo etického, aby byl chovatel schopen chovaným zvířatům schopen zajistit odpovídající mikroklima podle jejich fyziologických potřeb.

Mikroklima je tvořeno působením fyzikálních, chemických a biologických faktorů. Přestože jej nelze měřit jako celek, ale pouze jeho jednotlivé prvky a charakteristiky, je nutné mikroklima hodnotit komplexně.

Na zvířata mají z mikroklimatických faktorů největší vliv teplota vzduchu a vlhkost vzduchu. Na jejich základě je možné určit tzv. teplotně-vlhkostní index, který je často využívaným indexem k popsání tepelné zátěže zvířat. Je velmi dobrým ukazatelem stresových teplotních klimatických podmínek. Důležitým mikroklimatickým prvkem je také proudění vzduchu, které může buď pomoci při zchlazování zvířat v letních měsících, nebo naopak uskodit nežádoucím odebíráním tepla z povrchu těla zvířat při nízkých teplotách prostředí v zimě.

Stejně významným faktorem je složení stájového vzduchu. Chemické složení stájového prostředí má vliv ve svém souboru nejenom na ustájená zvířata, ale také na jejich ošetřovatele, často ještě v souvislosti s mikrobiálním znečištěním a prašností. Významný dopad na zdraví a užitkovost zvířat má také hlučnost prostředí, která při vysokých hodnotách může působit jako velmi významný stresový faktor a osvětlenost prostředí, především z hlediska biologických rytmů a udržení čistoty prostředí a zvířat.

Měření mikroklimatických prvků a charakteristik prošlo v posledních letech velkou proměnou. V dnešní době je možné komplexní a konstantní hodnocení mikroklimatu pomocí čidel, která jsou pevně nainstalovaná ve stájovém objektu. Systém vyhodnocování mikroklimatu upozorní pracovníky objektu živočišné výroby na jakoukoliv klimatickou abnormalitu. Není třeba speciálně vyškoleného personálu na ovládání větracích zařízení, stačí pouze zadat požadované hodnoty mikroklimatu a automatický elektronický systém ovládání stájového mikroklimatu vyřeší složitější kroky nastavování větracího zařízení za obsluhu. Mikroklima v objektu je dokonce možné sledovat i upravovat pomocí internetového prohlížeče, nebo mobilní aplikace a na výkyvy mikroklimatu nás upozorní například SMS zpráva.

Změnou prošla také legislativní úprava stájového mikroklimatu. Především rokem 2004, se vstupem České republiky do Evropské unie a zapracováním příslušných předpisů Evropské unie do zákonů České republiky. Přesto je legislativní úprava stájového mikroklimatu řešena méně, než by bylo vhodné. Ačkoliv vyhláška č. 208/2004 Sb. o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat, ve znění pozdějších předpisů, uvádí, že stáje musí být řešeny tak, aby cirkulace vzduchu, prašnost, teplota a relativní vlhkost vzduchu, koncentrace plynů, osvětlení a hlučnost byly udrženy v mezích, které nejsou pro zvířata škodlivé, již neuvádí pro většinu hospodářských zvířat příslušné meze.

Pro kuřata chovaná na maso uvádí minimální intenzitu osvětlení, maximální dobu osvětlení, maximální koncentrace  $\text{NH}_3$  a  $\text{CO}_2$ , maximální teplotu a průměrnou maximální relativní vlhkost. Pro prasata je určena pouze maximální hladina hluku a minimální intenzita osvětlení. Pro telata a hřibata je určena pouze minimální doba osvětlení. Pro ostatní druhy a kategorie hospodářských zvířat a pro ostatní hodnoty stájového mikroklimatu vyhláška nestanovuje žádné číselné hodnoty. Bylo by tedy vhodné do zákonů a vyhlášek zapracovat alespoň minimální a maximální hodnoty parametrů stájového mikroklimatu, např. maximální koncentrace plyných složek nebo minimální dobu a intenzitu osvětlení pro všechny druhy a kategorie hospodářských zvířat, neboť tyto parametry velkou měrou ovlivňují welfare ustájených zvířat.

## 5 Seznam použité literatury

Aarnik, A. J. A. 1997. Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. IMAG-DLO. Wageningen. 175 p. ISBN: 9054856629.

Ali, S., Walker, J. 2014. Measurement of gas concentrations (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O and volatile agents). *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 15(11). 526-529 s. ISSN: 14720299.

Auger, E. - J., Moore-Colyer, M. J. S. 2017. The Effect of Management Regime on Airborne Respirable Dust Concentrations in Two Different Types of Horse Stable Design. *Journal of Equine Veterinary Science*. 2017 (51). p. 105 – 109. ISSN: 07370806.

Balková, M., Záhorská, R.. 2016. Impact of shelter on daylight in the stables for dairy cows. *Research in agricultural engineering*. 62. p. 21 – 26. ISSN: 12129151.

Bárta, O. 1966. Měření mikroklimatických hodnot ve stájích. Ústav vědeckotechnických informací MZLH. Praha. 28. s.

Bentley, R.E. 1998. Handbook of temperature measurement: Volume 2, Resistance and Liquid-in-Glass Thermometry. Springer Science & Business Media. Singapore. p. 183. ISBN: 9814021105.

Bohmanova, J., Misztal, I., Cole, J. B. 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *Journal of Dairy Science*. 90(4). p. 1947-1956. ISSN: 00220302.

Botto, L., Lendelová, J., Knížková, I., Kunc, P. 2004. Hodnotenie povrchových teplôt a mikroklimy v skupinovom ustajnení prasných prasnic v letnom období. In: Šiška, B., Igaz D. (ed.). Elektronický konferenčný zborník „Bioklimatologické pracovné dni 2004 - Zmeny podnebia - Extrémy počasia - Organizmy a ekosystémy“. Slovenská poľnohospodárska univerzita. Nitra. ISBN: 8080694028. Dostupný také z:

<[http://www.cbks.cz/SbornikVinicky04/bpd.2004/content/06Sekcia\\_zoobioklimatologie/Botto.pdf](http://www.cbks.cz/SbornikVinicky04/bpd.2004/content/06Sekcia_zoobioklimatologie/Botto.pdf)>.

Botto, L'. 2009. Vplyv technologických systémov ustájenia na produkciu amoniaku v maštal'nom prostredí. In: Žalud, Z. (ed.). Změna klimatu a české zemědělství - dopady a adaptace = Climate change and Czech agriculture - impacts and adaptations: monografie. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 154 s. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis: edition of original papers and monographs = Folia Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity: edice původních vědeckých prací a monografií, roč. 2 (10). s. 28. ISBN: 9788073753696.

Brestenský, V., Dušan, A., Baumgartner, J., Benková, J., Botto, L', Brestenský, M., Brouček, J., Bulla, J., Demo, P., Foltys, V., Formelová, Z., Gallo, M., Gondekova, M., Grafenau, P., Hanusová, E., Hetényi, L., Horniaková, E., Huba, J., Chrastinová, L', Chrenková, M., Kica, J., Kirchnerova, J., Kumičik, M., Mačuhová, L., Margetín, M., Margetínová, J., Mihina, Š., Mojto, J., Nitrayová, S., Ochodnický, D., Palkovičová, Z., Petrikovič, P., Peškovičová, D., Polák, P., Rajčaková, L'., Sommer, A., Šottník, J., Uhrinčať, M., Tančín, V., Vláčil, R., Vrškova, M. 2015. Chov hospodárskych zvierat. Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum - Výzkumný ústav živočišnej výroby. Nitra. 367 s. ISBN 9788089418411.

Brouček, J., Botto, L'., Šoch, M. 2008. Ochrana skotu, prasat a drůbeže proti vysokým teplotám. Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity. České Budějovice. 50 s. ISBN: 9788073940959.

Brouček, J., Tančín, V., Uhrinčať, M. 1996. Reakcia dojníc na vysoké teploty prostredia. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed.). XII. Česko-slovenská bioklimatologická konference. Dostupný také z: < <http://www.cbks.cz/sbornik96/BROUCEK.pdf>>.

Brutsaert, W., 1982, Evaporation into the atmosphere: theory, history and applications. Springer Science & Business Media. p. 302. ISBN: 9789401714976.

Celjak, I., Dolejš, J., Šístková M., Dolan, A., Šoch, M., Bartoš, P. 2015. Metodika měření emisí prachových částic v chovech prasat. České Budějovice. 41 s.

Costa, A., Borgonovo, F., Leroy, T., Berckmans, D., Guarino, M. 2009. Dust concentration variation in relation to animal activity in a pig barn. Biosystems engineering. 104(1), p. 118-124. ISSN: 15375110.

Češpiva, M., Zabloudilová, P., Jelínek, A. 2011. Bilance CO<sub>2</sub> a průtok vzduchu ve stájích. *Náš chov*. 71 (11). s. 31-32. ISSN 00278068.

ČSN EN ISO 7726. Ergonomie tepelného prostředí – Přístroje pro měření fyzikálních veličin. 2002. Český normalizační institut. Praha. 56 s.

Dahl, G. E., Thompson, I. M. 2011. Effects of Photoperiod on domestic animals. In: Collier, R. J., Collier, J. L. *Environmental physiology of livestock*. John Wiley & Sons. p. 358. ISBN: 9781119949060. Dostupný také z: <<https://ebookcentral-proquest-com.infozdroje.czu.cz/lib/czup/detail.action?docID=822549>>.

Dědina, M., Jelínek, A. 2008. *Prováděcí kodex správné zemědělské praxe ke snižujícím technologiím pro předcházení a omezování emisí amoniaku*. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. 40 s. ISBN: 9788086884431.

Dolan, A., Celjak, I., Dolejš, J., Bartoš, P., Šoch, M.. 2014. *Návrh metodiky měření emisí prachových částic v chovech drůbeže ve vztahu k integrované prevenci a omezení znečištění*. České Budějovice. Dostupný také z: <[http://eagri.cz/public/web/file/357320/metodika\\_prach\\_drubeze\\_\\_FU\\_MZe\\_2014.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/357320/metodika_prach_drubeze__FU_MZe_2014.pdf)>

Dolejš, J., Němečková, J., Toufar, O., Knížek, J. 2005. Sedimentace prachu (TSP) ve stájích pro skot. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed). *Bioklimatologie současnosti a budoucnosti*. Česká bioklimatologická společnost. Praha. ISBN: 80866903108. Dostupný také z: <<http://www.cbks.cz/sbornik05b/DolejsNemeckovaToufarKnizek3.pdf>>.

Doležal, O. 2010. *Metody eliminace tepelného stresu - významná chovatelská rezerva*. Soubor odborných statí pro chovatele. Praha. 41 s. Dostupný také z: <[http://www.cestr.cz/files/nezarazene\\_dokumenty/publikace\\_tepel.\\_stres3.pdf](http://www.cestr.cz/files/nezarazene_dokumenty/publikace_tepel._stres3.pdf)>

Doležal, O., Bílek, M., Dolejš J. 2004. *Zásady welfare a nové standardy EU v chovu skotu*. Výzkumný ústav živočišné výroby. Praha. 70 s. ISBN: 8086454517.

Doležal, O., Černá, D. 2006. *Metodické listy 03/2006: Světlo ve stájích a dojrnách*. Výzkumný ústav živočišné výroby. Praha. 8 s. ISBN: 8086454746.

Fabiánová, M., Češpiva, M., Zabloudilová, P., Šimon, J. 2014, Blízke okolí stájových objektů. *Náš chov*. 74 (10), s. 60 - 61. ISSN 00278068.

Franěk, B., Knap, J., Kešner, B. 1965. *Úprava stájového prostředí*. SZN. Praha. 317 s.

Grondzik, W. T., Kwok, A. G., Stein, B., Reynolds, J. S. 2010. *Mechanical and electrical equipment for buildings*, 11th edition. John Wiley & Sons. Hoboken. p. 1767. ISBN: 9780470195659. Dostupný také z: <<https://ebookcentral-proquest-com.infozdroje.czu.cz/lib/czup/reader.action?docID=3057993>>.

Harichová, D., Venglovský, J., Petrovský, M., Pačajová, Z. 2000. Hodnotenie mikroklimatických pomerov v podmienkach ustajnenia výkrmových ošípaných. Sborník z konferencie „XIII. bioklimatologická konferencia SBkS a ČBkS“. Dostupný také z: <<http://cbks.cz/sbornikKosice/harichova.pdf>>.

Hartman, H. L., Mutmansky, J. M., Ramani, R. V., Wang, Y. J. 2012. *Mine Ventilation and Air Conditioning*. 3rd ed. John Wiley & Sons. 752s. ISBN: 1118591542.

Hempel, S., Saha, C. K., Fiedler, M., Berg, W., Hansen, C., Amon, B., Amon, T. 2016. Non-linear temperature dependency of ammonia and methane emissions from a naturally ventilated dairy barn. *Biosystem engineering*. 2016 (145). p. 10 – 21. ISSN: 15375110.

Hojovec, J., Kubíček, K., Zeman, J. 1986. *Hygiena hospodářských zvířat: část obecná*. [Díl] 1, *Hygiena staveb stájí*. SPN. Praha. 114 s.

Huston, C. 2014. Biosecurity and biocontainment for reproductive pathogens. In: Hopper, R. M. (ed), 2014. *Bovine reproduction*. John Wiley & Sons. p. 800. ISBN: 9781118470831.

Chloupek, J. 2012. Posuzování tepelné bilance a větrání stájových objektů pro hospodářská zvířata. *Multimediální učební text*. Brno. 60 s. Dostupný také z: <<http://www.vfu.cz/opvk-welfare/multimedia/OPVK-Posuzovani-TB-a-vetrani-staji.pdf>>.

- Chloupek, J., Suchý, P. 2008. Mikroklimatická měření ve stájích pro hospodářská zvířata. Multimediální učební text. Brno. 229 s. Dostupný také z:  
<<http://cit.vfu.cz/mikroklima/mikroklima.pdf>>.
- Joo, H. S., Ndegwa, P. M., Heber, A. J., Ni, J. - Q., Bogan, B. W., Ramirez-Dorransoro, J. C., Cortus, E. L. 2013. Particulate matter dynamics in naturally ventilated freestall dairy barns. *Atmospheric Environment*. 2013 (69). p. 182 – 190. ISSN: 13522310.
- Kic, P. 1996. Úprava vzduchu ve stájových objektech. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 42 s. ISBN: 8085120852.
- Kic, P., Brož, V. 1995. Tvorba stájového prostředí. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky. Praha. 47 s. ISBN: 8071051063.
- Knížková, I., Kunc, P., Doležal, O. 2003. Metodické listy 07/2003: Tepelný stres u skotu. Výzkumný ústav živočišné výroby. Praha. 8 s. ISBN: 8086454339.
- Kožnarová, V., Klabzuba, J. 2009. Aplikovaná meteorologie a klimatologie, XI. Díl: Mikroklima stájí. Česká zemědělská univerzita. Praha. 30 s. ISBN: 9788021308701.
- Kožnarová, V., Klabzuba, J. 2010. Aplikovaná meteorologie a klimatologie, VI. Díl: Voda v atmosféře, výpar, vlhkost vzduchu, půdy a materiálu. Česká zemědělská univerzita. Praha. 40 s. ISBN: 9788021311237.
- Kursa, J., Jílek, F., Vítovec, J., Rajmon, R. 1998. Zoohygiena a prevence chorob hospodářských zvířat. Jihočeská univerzita. České Budějovice. 200 s. ISBN: 8070402903.
- Líkař, K., Stupka, R., Šprysl, M., Čítek, J. 2013. Řízení mikroklima v chovu prasat, Powerprint. Praha. 44 s. ISBN: 9788021324008.
- Majce, M. 2008. Snímače koncentrace oxidu uhličitého pro průmysl a vzduchotechniku. *AUTOMA*. 2008 (11). s. 22 – 23. ISSN: 12109592.



- Malá, G., Knížek, J., Procházka, D. 2008. Analýza tepelné pohody dojených ovcí. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed). „Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině“, Český hydrometeorologický ústav. Praha. 83 s. ISBN 9788086690551
- Matějka, V. 1991. Agrometeorologie. 2., přepracované vydání. Editpress. Praha. 229 s. ISBN: 8021300973.
- Ministerstvo zdravotnictví České republiky. 2004. Měření mikroklimatických parametrů pracovního prostředí a vnitřního prostředí staveb. Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky. 2004 (11). 40 s.
- Ministerstvo zdravotnictví České republiky. 2007. METODICKÝ NÁVOD pro měření a hodnocení hluku z leteckého provozu. Praha. 20 s. Dostupný také z: <[http://apps.szu.cz/cekz/dokumenty/autorizace/hluk\\_letecky.pdf](http://apps.szu.cz/cekz/dokumenty/autorizace/hluk_letecky.pdf)>.
- Müllerová, D., Aujezdská, A., Dvořáková, J., Klepáč, J., Pokorný, T., Sedláček, P., Zloch, Z. 2014. Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví., Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum. Praha. 256 s. ISBN: 9788024625102.
- Novák, P., Kubíček, K., Zabloudil, F. 2002. Mikroklima, tepelná bilance a větrání stájí pro hospodářská zvířata. Náš chov. 62 (7). 4-6. ISSN: 00278068.
- Perry, G. C. 2004. Lightning. In: Perry G. C. (ed.). 2004. Welfare of the laying hen. Poultry science symposium series, no. 27. CABI. p. 430. ISBN: 0851998135.
- Reece, O. W. 2011. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. 2., rozšířené vydání. Grada Publishing. Praha. 480s. ISBN: 9788024732824.
- Rong, L., Liu, D., Pedersen, E. F., Zhang, G. 2014. Effect of climate parameters on air exchange rate and ammonia and methane emissions from a hybrid ventilated dairy cow building. Energy and Buildings. 2014 (82). p. 632 – 643. ISSN: 03787788.

Santolaria, P., López-Gatius, I., Yániz, J. 2011. Effects of heat stress on reproductive efficiency in high producing dairy cows. In: Castillo, J. M. (ed.). Relative humidity: sensor, management and environmental effects. Nova Science Publishers. p. 255. ISBN: 9781611221107. Dostupný také z: <<https://ebookcentral-proquest-com.infozdroje.czu.cz/lib/czup/detail.action?docID=3018884>>.

Schüller, L. K., Burfeind, O., Heuwieser, W. 2013. Short communication: Comparison of ambient temperature, relative humidity, and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. Journal of Dairy Science. 96. p. 7731 – 7738. ISSN: 0022-0302.

Smith, J. F., Harner J. P. 2011. Strategies to reduce the impact of heat and cold stress in dairy cattle facilities. In: Collier, R. J., Collier, J. L. Environmental physiology of livestock. John Wiley & Sons. p. 358. ISBN: 9781119949060. Dostupný také z: <<https://ebookcentral-proquest-com.infozdroje.czu.cz/lib/czup/detail.action?docID=822549>>.

Středová, H., Středa, T., Litschmann, T., Rožnovský, J. 2016. Metodika měření mikroklimatických poměrů zemědělských plodin a kultur. Mendelova univerzita v Brně. Brno. 43 s. ISBN: 978-80-7509-461-2. Dostupný také z: <<http://www.amet.cz/Metodika2016.pdf>>.

Stupka, R., Líkař, K., Šprysl, M., Čítek, J. 2014. Řízení mikroklima v chovu prasat II. Powerprint. Praha. 82 s. ISBN: 9788021324015.

Šimková, A., Smutný, L., Krupka, F., Švejdová, K., Šoch, M. 2015. Stájové mikroklima. AUTOMA. 2015 (7). 12-15. ISSN: 12109592.

Šístková, M., Peterka, A., Peterka, B. 2010. Light and noise conditions of buildings for breeding dairy cows. Research in agricultural engineering, 56. P. 92–98. ISSN: 12129151.

Šoch, M., Basík, M., Novák, P., Vráblíková, J. 2003. Vliv relativní vlhkosti vzduchu a ochlazovací hodnoty prostředí na mléčnou produkci krav. Sborník z mezinárodní bioklimatické konference "Functions of energy and water balances in bioclimatological systems". Bratislava, ISBN: 8080692440. Dostupný také z: <<http://www.cbks.cz/sbornikRackova03/sections/2/Soch.pdf>>

Švábová, K., Hollerová, J., Jandák, Z., Jelínek, L., Málek, B., Pekárek, L., Pelclová, D., Podškubková, H., Štolfa, J. 2015. Vybrané kapitoly z pracovního lékařství, Díl 3: Fyzikální faktory v pracovním prostředí, Návykové látky. Institut postgraduálního vzdělávání v zdravotnictví. Praha. 88 s. ISBN: 9788087023341.

Vyhláška č. 208/2004 Sb. ze dne 14. dubna 2004 o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat. In: Sbírka zákonů České republiky. 2004. částka 69. s 3240 – 3250. Dostupný také z: <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4373>>.

Vyhláška č. 22/2013 Sb. ze dne 30. ledna 2013, kterou se mění vyhláška č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat v pozdějším znění. In: Sbírka zákonů České republiky. 2013. částka 10. Dostupný také z: <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=6360>>.

Vyhláška č. 464/2009 Sb. ze dne 16. prosince 2009, kterou se mění vyhláška č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat, ve znění vyhlášky č. 425/2005 Sb. In: Sbírka zákonů České Republiky. 2009. částka 147. s. 7523 – 7539. Dostupný také z: <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5618>>.

West, J. W. 2003. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. Journal of Dairy science. 86 (6). p. 2131–2144. ISSN: 00220302.

Zákon č. 162/1993 Sb. ze dne 19. května 1993, kterým se mění a doplňuje zákon České národní rady č. 246/1993 Sb., na ochranu zvířat proti týrání. In: Sbírka zákonů České republiky. 1993. částka 43. s 858 – 861. Dostupný také z: <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=2687>>.

Zákon č. 246/1992 Sb. ze dne 15. dubna 1992 na ochranu zvířat proti týrání. In: Sbírka zákonů České republiky. 1992. částka 50. s 1284 – 1290. Dostupný také z: <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=2573>>.

Zákon č. 312/2008 Sb. ze dne 17. července 2008, kterým se mění zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. In: Sbíрка zákonů České republiky. 2008. částka 100. s 4610 – 4632. Dostupný také z: <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5341>>.

Zákon č. 359/2012 Sb. ze dne 19. září 2012, kterým se mění zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů zákon, zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů a zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: Sbíрка zákonů České republiky. 2012. částka 134. s 4746 – 4786. Dostupný také z: <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=24920>>.

Zákon č. 77/2004 Sb. ze dne 21. ledna 2004, kterým se mění zákon č. 246/1992, na ochranu zvířat, ve znění pozdějších předpisů. In: Sbíрка zákonů České republiky. 2004. částka 25. s 1139 – 1164. Dostupný také z: <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4329>>.

Zejdová, P., Falta, D., Večeřa, M., Polák, O., Studený, S., Chládek, G. 2011. Effect of air flow rate on resting behaviour of dairy cows. Mendel Net 2011. Dostupný také z: <[https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2011/articles/24\\_zejdova\\_496.pdf](https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2011/articles/24_zejdova_496.pdf)>.

Zejdová, P., Chládek, G., Falta, D. 2014. Vliv stájového prostředí na chování a mléčnou užitkovost dojnic. Mendelova univerzita. Brno. 25s. ISBN: 9788073759452. Dostupný také z: <[http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty/files/21/21-vliv\\_prostredi\\_na\\_skot\\_logolink.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/21/21-vliv_prostredi_na_skot_logolink.pdf)>.

Zejdová, P., Walterová, L., Falta, D., Chládek, G. 2010. Summer temperatures of cow barn microclimate and their effect on milk production of dairy cows. Mendel Net 2010. Dostupný také z: <[https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2010/articles/16\\_zejdova\\_390.pdf?id=390&file=16\\_zejdova\\_390.pdf](https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2010/articles/16_zejdova_390.pdf?id=390&file=16_zejdova_390.pdf)>.

### Elektronické zdroje

Dataloggery BAUER. n.d. [online]. [citováno 2.4.2017]. Dostupný z  
<<http://www.microclimasystems.com/cz/dataloggery-bauer>>.

Systémy řízení ve stájích. n.d. [online]. [citováno 2.4.2017]. Dostupný z  
<<http://www.microclimasystems.com/cz/systemy-rizeni-ve-stajich>>.

Hanousek P. n.d. Představení firmy Haze s.r.o. [online]. [citováno 2.4.2017] Dostupný z  
<[http://files.haze.cz/200000210-9bf469cede/HAZE\\_prezentace.pdf](http://files.haze.cz/200000210-9bf469cede/HAZE_prezentace.pdf)>.

Farma v mobilu. 2012. [online]. Poslední revize 3.4.2012. [citováno 2.4.2017] Dostupný z  
<<http://www.bvv.cz/techagro/techagro-2012/aktuality/farma-v-mobilu/>>.

Zcela nová filozofie řízení mikroklimatu. n.d. [online]. [citováno 2.4.2017] Dostupný z  
<<http://www.age.cz/nweb/index.php/chov-drubeze/brojleri-vykrm/ventilace/zcela-nova-filozofie-izeni-klimatu.html>>

## **6 Seznam použitých tabulek a obrázků**

### **6.1 Seznam použitých tabulek**

Tab. 1 Zoohygienické požadavky skotu na teplotu stájového vzduchu (Kic et Brož, 1995)

Tab. 2 Zoohygienické požadavky prasat na teplotu stájového vzduchu (Kic et Brož, 1995)

Tab. 3 Zoohygienické požadavky drůbeže na teplotu vzduchu při vytápění celého objektu (Kic et Brož, 1995)

Tab. 4 Doporučené hodnoty relativní vlhkosti stájového vzduchu pro skot a prasata (Kic et Brož, 1995)

Tab. 5 Doporučené hodnoty relativní vlhkosti stájového vzduchu pro drůbež, králíky, ovce a koně (Kic et Brož, 1995)

Tab. 6 Doporučené nejvyšší rychlosti proudění vzduchu pro skot (Kic et Brož, 1995)

Tab. 7 Doporučené nejvyšší rychlosti proudění vzduchu pro prasata, drůbež a koně (Kic et Brož, 1995)

Tab. 8 Stupnice pro hodnocení ochlazovací veličiny a čísla tepelné pohody (Chloupek et Suchý, 2008)

Tab. 9 Působení hluku na zvířata (Kursa et al., 1998)

Tab. 10 Maximální přípustné koncentrace oxidu uhličitého ve stájích hospodářských zvířat (Kursa et al., 1998).

Tab. 11 Předpokládané snížení prašnosti ve stájovém vzduchu některými vybranými metodami (Kic, 1996)

### **6.2 Seznam použitých obrázků**

Obr. 1 Stresové zóny dojníc v závislosti na tepelně-vlhkostních poměrech vzduchu (Doležal, 2010)

Obr. 2 Teplotní index v závislosti na teplotě a RV pro prasata (Líkař et al., 2013)

Obr. 3 Teplotní index v závislosti na teplotě a RV pro prasata (Líkař et al., 2013)

Obr. 4 HSI pro prasata 60 – 90 kg – A, 90 – 120 kg – B (Líkař et al., 2013)

## 7 Přílohy

### Seznam příloh

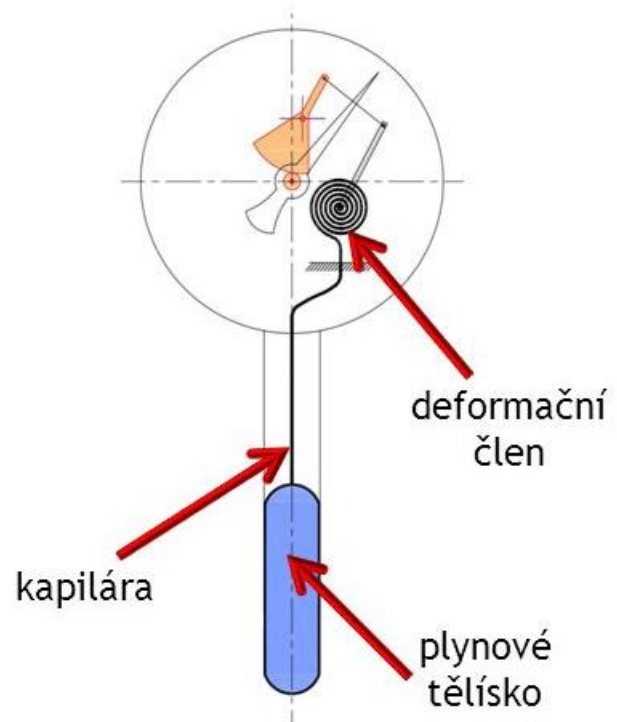
- Příl. 1 Kapalinový teploměr
- Příl. 2 Plynový teploměr
- Příl. 3 Bezkontaktní infračervený teploměr TFA 31.1134.06 - ScanTemp 330
- Příl. 4 Termovizní měření
- Příl. 5 Assmanův aspirační psychrometr
- Příl. 6 Dotykový teploměr THERM 2420-1L – SET2
- Příl. 7 Sixův teploměr
- Příl. 8 Termograf NOVI řada 525
- Příl. 9 Vlasový hygrometr vybavený teploměrem
- Příl. 10 Termohygrograf NOVI řada 425
- Příl. 11 Kapacitní elektrický vlhkoměr – teploměr testo 635-1
- Příl. 12 Katateploměr dle Hilla
- Příl. 13 Miskový anemometr TS805
- Příl. 14 Ultrazvukový anemometr WindSonic
- Příl. 15 Termoanemometr s lopatkovou sondou KIMO LV 130
- Příl. 16 Digitální luxmetr VoltMS-1300
- Příl. 17 Digitální hlukoměr Volcraft SL-100
- Příl. 18 Nasavač Universal 86 k měření plyných složek stájového prostředí s detekční trubicí CO<sub>2</sub>
- Příl. 19 Indikátorové pH papírky ke stanovení koncentrace amoniaku Micro Essential Lab AM-40 Hydrion Ammonia Meter Test
- Příl. 20 Dräger Multiwarn II. 4 - plynový nebo 5 - plynový detektor s infračerveným detektorem
- Příl. 21 Řídící jednotka mikroklimatu od firmy BAUER TECHNICS GROUP I.
- Příl. 22 Řídící jednotka mikroklimatu od firmy BAUER TECHNICS GROUP II.
- Příl. 23 Datalogger od firmy BAUER TECHNICS GROUP
- Příl. 24 Internetové rozhraní pro řízení mikroklimatu ve stáji BAUER ZETAview od firmy BAUER TECHNICS GROUP
- Příl. 25 Řídící jednotka mikroklimatu AGEVENT – 100
- Příl. 26 Mobilní aplikace pro přehled o stájovém mikroklimatu k řídicí jednotce AGEVENT-100

### Příl. 1 Kapalinový teploměr



<<http://www.meteostanice.cz/media/images/189575337.jpg>>

### Příl. 2 Plynový teploměr



<<http://slideplayer.cz/slide/2814899/10/images/9/Obr%C3%A1zek+2.3.+Plynov%C3%BD+teplom%C4%9Br+Obr%C3%A1zek+2.4.+Princip+plynov%C3%A9ho+teplom%C4%9Bru.jpg>>



Příl. 3 Bezkontaktní infračervený teploměr TFA 31.1134.06 - ScanTemp 330



<<http://www.e-pristroje.cz/pictures/teplomery/t017-01.jpg>>

Příl. 4 Termovizní měření



<[http://www.energysim.cz/wp-content/uploads/2015/04/termomereni\\_energysim.jpg](http://www.energysim.cz/wp-content/uploads/2015/04/termomereni_energysim.jpg)>

Příl. 5 Assmanův aspirační psychrometr



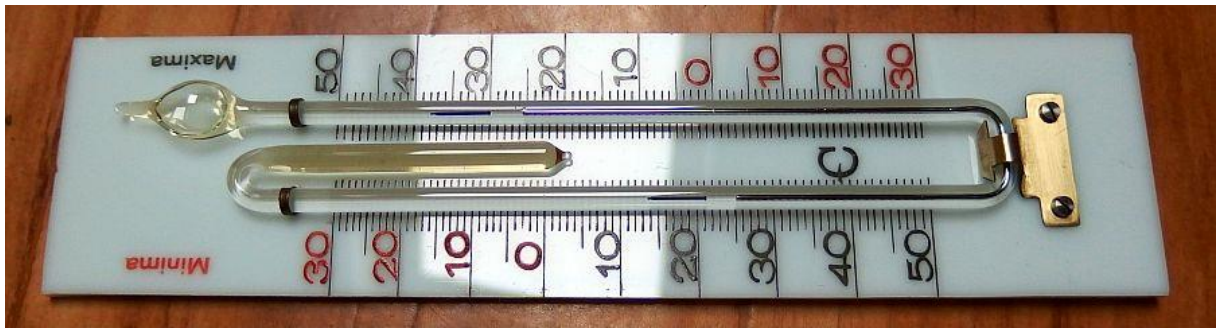
<<http://zoohygienea.xf.cz/Pristroje%20fotky/Psychrometr%20Assmanuv.jpg>>

Příl. 6 Dotykový teploměr THERM 2420-1L – SET2



<[http://www.ahlborn.cz/out/pictures/z1/2420zahnut\\_idlo\\_z1.jpg](http://www.ahlborn.cz/out/pictures/z1/2420zahnut_idlo_z1.jpg)>

Příl. 7 Sixův teploměr



<<http://danyk.cz/reaumur45.jpg>>

Příl. 8 Termograf NOVI řada 525



<<http://www.novi.cz/galerie/obrazky/imager.php?img=796489&x=500&y=375&hash=f9d059979cc43468c28d683dbf5d4d07&ratio=1>>

Příl. 9 Vlasový hygrometr vybavený teploměrem



<[http://www.anemo.cz/administrace/img\\_katalog/51/pic/hygrometr%20vlasovy\\_115.1\\_modr.jpg](http://www.anemo.cz/administrace/img_katalog/51/pic/hygrometr%20vlasovy_115.1_modr.jpg)>

Příl. 10 Termohygrograf NOVI řada 425



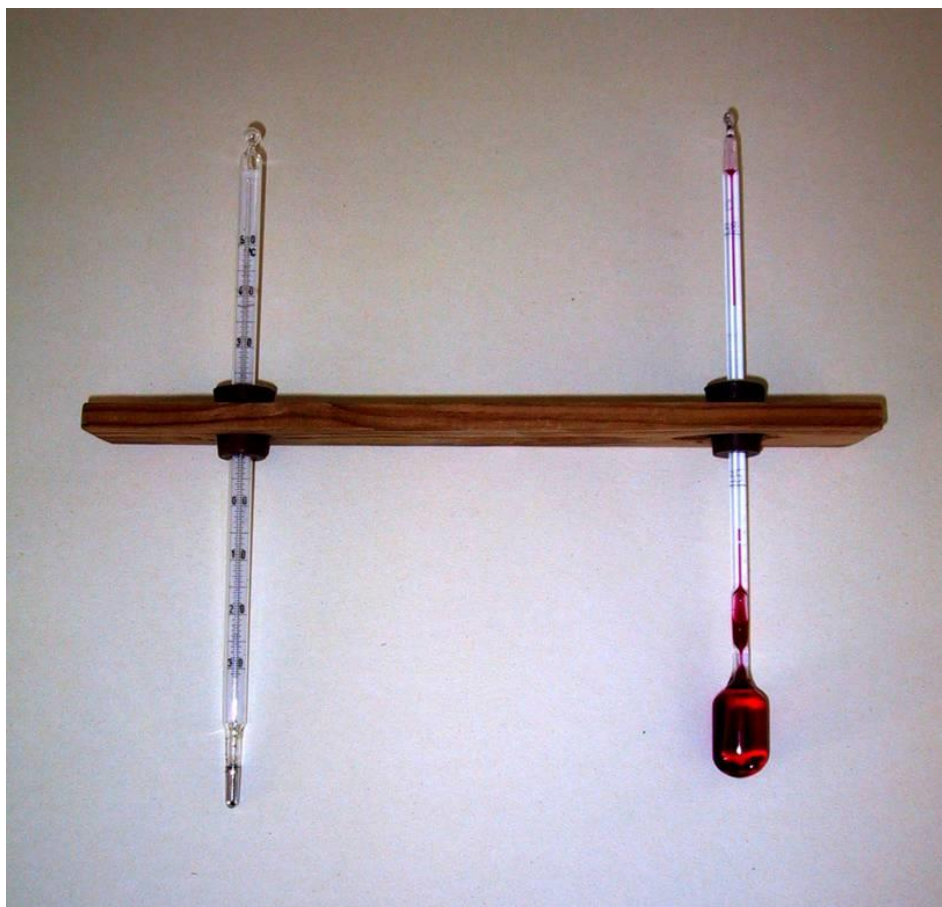
<<http://www.novi.cz/galerie/obrazky/imager.php?img=796431&x=400&y=400&hash=f8feafdc0251ec5e0d61a36ebac1cb3e>>

Příl. 11 Kapacitní elektrický vlhkoměr – teploměr testo 635-1



<[http://www.teplomery-vlhkomery.cz/fotky44575/fotos/\\_vyr\\_54testo-635-1.jpg](http://www.teplomery-vlhkomery.cz/fotky44575/fotos/_vyr_54testo-635-1.jpg)>

Příl. 12 Katateploměr dle Hilla



<<http://zoohygiena.xf.cz/Pristroje%20fotky/Katateplomer%20Hill.jpg>>

Příl. 13 Miskový anemometr TS805



<[http://www.garni-meteo.cz/images\\_zbozi/74\\_1.jpg](http://www.garni-meteo.cz/images_zbozi/74_1.jpg)>

Příl. 14 Ultrazvukový anemometr WindSonic



<<http://automatizace.hw.cz/files/images/image/windsonic6.png>>

Příl. 15 Termoanemometr s lopatkovou sondou KIMO LV 130



<[http://www.jsp.cz/images/obr\\_1934.jpg](http://www.jsp.cz/images/obr_1934.jpg)>

Příl. 16 Digitální luxmetr VoltMS-1300



<<http://www.e-pristroje.cz/pictures/meter/p103.jpg>>

Příl. 17 Digitální hlukoměr Voltcraft SL-100



<<http://www.e-pristroje.cz/pictures/meter/p300.jpg>>

Příl. 18 Nasavač Universal 86 k měření plynných složek stájového prostředí s detekční trubicí CO<sub>2</sub>



(Chloupek et Suchý, 2008)



Příl. 19 Indikátorové pH papírky ke stanovení koncentrace amoniaku Micro Essential Lab AM-40 Hydrion Ammonia Meter Test



<[https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/81a8phLi3dL.\\_SL1500\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/81a8phLi3dL._SL1500_.jpg)>

Příl. 20 Dräger Multiwarn II. 4 - plynový nebo 5 - plynový detektor s infračerveným detektorem



(Chloupek et Suchý, 2008)

Příl. 21 Řídící jednotka mikroklimatu od firmy BAUER TECHNICS GROUP I.



<[http://www.microclimasystems.com/img/\\_/rizeni-vseobecne/rizeni\\_pic1.jpg](http://www.microclimasystems.com/img/_/rizeni-vseobecne/rizeni_pic1.jpg)>

Příl. 22 Řídící jednotka mikroklimatu od firmy BAUER TECHNICS GROUP II.



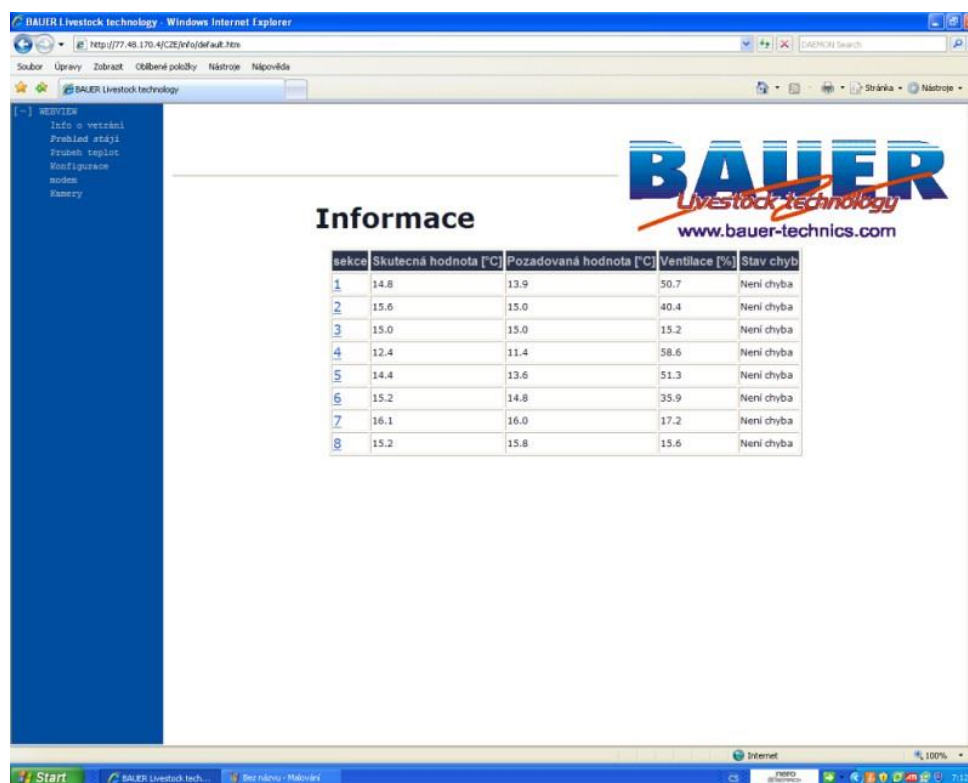
<[http://www.microclimasystems.com/img/\\_/rizeni-vseobecne/rizeni\\_pic2.jpg](http://www.microclimasystems.com/img/_/rizeni-vseobecne/rizeni_pic2.jpg)>

Příl. 23 Datalogger od firmy BAUER TECHNICS GROUP



<[http://www.microclimasystems.com/img/\\_/monitoring-vseobecne/monitoringvs2.jpg](http://www.microclimasystems.com/img/_/monitoring-vseobecne/monitoringvs2.jpg)>

Příl. 24 Internetové rozhraní pro řízení mikroklimatu ve stáji BAUER ZETAview od firmy BAUER TECHNICS GROUP



<[http://www.microclimasystems.com/img/\\_/rizeni-vseobecne/rizeni\\_pic7.jpg](http://www.microclimasystems.com/img/_/rizeni-vseobecne/rizeni_pic7.jpg)>

Příl. 25 Řídící jednotka mikroklimatu AGEVENT – 100



<[http://www.bvv.cz/public/galleries/12/11204/53\\_agevent.jpg?aaa0313c0d2ee104a80bf1551b39b47e](http://www.bvv.cz/public/galleries/12/11204/53_agevent.jpg?aaa0313c0d2ee104a80bf1551b39b47e)>

Příl. 26 Mobilní aplikace pro kontrolu stájového mikroklimatu k řídicí jednotce AGEVENT-100



<<http://www.age.cz/nweb/images/stories/chov-drubeze/ventilace/farmavmobilu.png>>