

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

**TECHNICKÁ FAKULTA
KATEDRA TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ STAVEB**



Technika prostředí v dojárnách

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.
Autor diplomové práce: Jan Papež

© 2014 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra technologických zařízení staveb

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Papež Jan

Technologická zařízení staveb

Název práce

Technika prostředí v dojárnách

Anglický název

Technical equipment of indoor environment in milking parlours

Cíle práce

Cílem diplomové práce je provést zhodnocení možností zlepšování vnitřního prostředí dojíren z hlediska pohody prostředí pro zvířata i pracovníky. Zaměřit se především na metody, umožňující dodržení potřebných provozních a hygienických parametrů pohody prostředí.

Metodika

Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah a měření provést rozbor možností využití různých metod zlepšování vnitřního prostředí dojíren z hlediska pohody prostředí pro zvířata i pracovníky v zimním a letním období. Ověřit zvláště tepelný stav prostředí, plynné škodliviny, osvětlení a hluchnost prostředí. Navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro praxi.

Osnova práce

1. Úvod
2. Metodika a měření základních parametrů
3. Zlepšování vnitřního prostředí dojíren v zimním období
4. Zlepšování vnitřního prostředí dojíren v letním období
5. Ekonomické zhodnocení
6. Závěr a doporučení pro praxi



Rozsah textové části

50 až 60 stran textu

Klíčová slova

Dojnice; pohoda prostředí; škodliviny; pracovní prostředí; vytápění; větrání

Doporučené zdroje informací

Kic, P.-Brož, V.: Tvorba stájového prostředí. IVV Mze ČR, 1995, 47 s.

Kic, P.: Úprava vzduchu ve stájových objektech. ÚZPI, Praha, 1996, 42 s.

Kic, P.: Nové trendy v zemědělské technice. Technika na farmách skotu. ÚZPI, Praha, 1998, 56 s.

Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.

Kic, P.-Brož, V.: Zařízení pro větrání a klimatizaci stájí. IVV Mze ČR, 2000, 71 s.

Daniels, K.: Technika budov. Jaga, Bratislava, 2003, 519 s

Székyová, M.-Ferstl, K.-Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006, 359 s.

Časopisy: Vytápění, větrání, instalace, Animal production, Náš chov, Biosystems engineering

Vedoucí práce

Kic Pavel, prof. Ing., DrSc.

Termín zadání

listopad 2012

Termín odevzdání

duben 2014


doc. Ing. Miroslav Příkryl, CSc.

Vedoucí katedry



V Praze dne 18.3.2013


prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma "**Technika prostředí v dojírnách**" jsem vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Pavla Kice, DrSc. za použití odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Pacově dne 5. 4. 2014

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé práce prof. Ing. Pavlu Kicovi, DrSc. za odborné vedení, ochotu a vstřícnost při zpracování mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval ředitelům a odpovědným pracovníkům zemědělských družstev Velká Chyška, Kámen a Choustník za možnost měření v jejich dojírnách a v neposlední řadě také své rodině za podporu při studiu.

Technika prostředí v dojárnách

**Technical equipment of indoor environment
in milking parlours**

Abstrakt: Cílem této diplomové práce je zhodnotit stav vnitřního prostředí dojíren. V první kapitole je nejprve zjednodušeně popsán stav vnějšího prostředí a následně podrobněji rozebrán stav vnitřního prostředí zemědělských objektů, přičemž důraz je kladen především na tepelnou, hygienickou, vizuální a akustickou pohodu. V následující kapitole „Metodika a měření základních parametrů“ je uvedena charakteristika měřících přístrojů, dále je uveden cíl a postup měření a rovněž charakteristika zkoumaných dojíren. Následují kapitoly „Zlepšování vnitřního prostředí dojíren v zimním období“ a „Zlepšování vnitřního prostředí dojíren v letním období“, v nichž jsou nejprve prezentovány výsledky měření a následně je proveden návrh na zlepšení stavu vnitřního prostředí. V zimním období se to týká především určení minimálních průtoků větracího vzduchu včetně způsobů jeho dosažení a stanovení dostatečného vytápění dojíren. V letním období jde o dodržení správného provětrávání dojíren a možnosti snižování tepelně-vlhkostního indexu. V poslední kapitole je provedeno ekonomické zhodnocení investice do systému ZZT. Práce je zakončena závěrem.

Klíčová slova: teplota, vlhkost, THI, hygiena, osvětlení, hluchost, vytápění, větrání

Summary: The aim of this thesis is to evaluate the conditions of indoor environment in milking parlours. The first chapter describes the outdoor environment and especially the conditions of the indoor environment in agricultural buildings, which means thermal, hygienic, visual and acoustic comfort. The following section "Methodology and measurement of basic parameters" describes characteristics of instruments used for measurements. This chapter also presents the aim and process of measurement and characteristics of examined milking parlours. The results of measurements and methods of improvement of indoor conditions are presented in the chapters "Improvement of indoor environment in milking parlours in winter" and "Improvement of indoor environment in milking parlours in summer". Improvement of winter conditions is focused on calculation of minimal ventilation rate and suitable technique of heating and ventilation. Improvement of summer conditions is based on sufficient ventilation and reduction of heat stress mainly by methods of reduction of thermal-humidity index. The last chapter is focused on calculation of economic return on investment in the system for heat recovery from ventilation air. The work ends with the conclusion.

Key words: temperature, moisture, THI, hygiene, illumination, noise, heating, ventilation

Obsah:

1. Úvod	1
2. Stav prostředí	2
2.1. Vnější prostředí	2
2.1.1. Teplota vzduchu vnějšího prostředí	3
2.2. Vnitřní prostředí zemědělských objektů	4
2.2.1. Tepelná pohoda	4
2.2.2. Hygienická pohoda	10
2.2.3. Vizuální pohoda	12
2.2.4. Akustická pohoda	16
3. Metodika a měření základních parametrů	19
3.1. Charakteristika přístrojů	19
3.1.1. Měření vnitřní teploty a vlhkosti	19
3.1.2. Měření koncentrace CO ₂	21
3.1.3. Měření intenzity osvětlení	22
3.1.4. Měření hluku	22
3.1.5. Záznamové zařízení	23
3.2. Cíle a postup měření	24
3.2.1. Cíle měření	24
3.2.2. Postup měření	24
3.3. Charakteristika zkoumaných družstev	26
3.3.1. ZD Velká Chyška	26
3.3.2. VOD Kámen	27
3.3.3. ZOD Podhradí Choustník	29
4. Zlepšování vnitřního prostředí dojíren v zimním období	31
4.1. Výsledky měření a zhodnocení	31
4.1.1. Tepelná pohoda	31
4.1.2. Hygienická pohoda	34
4.1.3. Vizuální pohoda	35

4.1.4.	Akustická pohoda	36
4.2.	Větrání dojíren	37
4.2.1.	Výpočet potřebného průtoku vzduchu v zimním a přechodném období.....	37
4.2.2.	Přirozené větrání	39
4.2.3.	Výpočet a kontrola přirozeného větrání zkoumaných dojíren.....	41
4.3.	Vytápění dojíren.....	43
4.3.1.	Tepelná bilance dojíren.....	43
4.3.2.	Stanovení potřebného otopného výkonu.....	46
5.	Zlepšování vnitřního prostředí dojíren v letním období.....	48
5.1.	Výsledky měření a zhodnocení.....	48
5.1.1.	Tepelná pohoda.....	48
5.1.2.	Hygienická pohoda	51
5.1.3.	Vizuální pohoda.....	52
5.1.4.	Akustická pohoda	53
5.2.	Větrání dojíren	54
5.2.1.	Výpočet potřebného průtoku vzduchu v letním období.....	54
5.2.2.	Nucené větrání	55
5.3.	Opatření proti tepelnému stresu dojníc	56
5.3.1.	Evaporační ochlazování.....	57
6.	Ekonomické zhodnocení.....	58
6.1.	Výpočtové vztahy pro výpočet doby návratnosti investice	58
6.2.	Doba návratnosti investic do systému ZZT u vybraných dojíren	59
7.	Závěr	62
8.	Seznam literatury.....	66
9.	Seznam obrázků, tabulek a význam symbolů	69
9.1.	Seznam obrázků	69
9.2.	Seznam tabulek	70
9.3.	Význam symbolů	71

1. Úvod

Dojírna je velice důležitým objektem farem zaměřených na živočišnou výrobu. Dojnice sice v prostoru dojírny tráví krátkou část dne, avšak prostředí v dojárně může významně ovlivnit množství nadojeného mléka a tím i ekonomickou stabilitu celé farmy. Je proto velice důležité, aby v prostoru dojírny bylo dosaženo optimálního prostředí. Vlivem podmínek venkovního klimatu, vlivem životních pochodů zvířat, technologických procesů, činností zařízení v dojárně a působením řady dalších fyzikálních, chemických a biologických procesů se v tomto uzavřeném prostoru utváří specifické prostředí, které velice intenzivně ovlivňuje přímým i nepřímým způsobem organismus zvířat a rovněž i lidí. Působí na jejich zdravotní stav a psychickou pohodu. Zkoumáním stavu vnitřního prostředí a možnostmi jeho ovlivnění se zabývá technika prostředí.

Jednou z hlavních oblastí techniky prostředí je tepelná pohoda, kdy je žádoucí dodržení určité úrovně vnitřní teploty, ne příliš vysoké a ani ne příliš nízké. V chladných a zejména mrazivých zimních dnech je třeba vnitřní prostory dostatečně vytápět, aby bylo dosaženo požadované úrovně teploty. Tepelné pohody se rovněž týká i relativní vlhkost vnitřního vzduchu, a s tím spojené dostatečné větrání. Prostory s příliš vysokou vlhkostí jsou pro organismus nepříznivé, jelikož snižují možnost ochlazování a napomáhají tepelnému stresu.

Neméně důležité jsou však i další oblasti techniky prostředí: hygienická, vizuální a akustická pohoda. Hygienická pohoda hodnotí prostředí jak z pohledu koncentrace škodlivých látek jako jsou oxid uhličitý, amoniak a sirovodík, tak i z pohledu prašnosti. Prostor překračující hygienické limity je pro organismus nezdravé. Dostatečné větrání je tak důležité i pro odvod těchto škodlivin. Vizuální pohoda hodnotí prostředí zejména z ohledu na stanovení optimálních světelných podmínek na pracovišti a zamezení tak pracovním úrazům, či poškození zraku. Naproti tomu akustická pohoda hodnotí prostředí prostřednictvím úrovně hluku. Hluk působí stresově nejen na sluchové a nervové orgány, ale také na celý organismus. Stresově se projeví při překročení určité maximální meze.

2. Stav prostředí

Stav prostředí je určen charakteristickými faktory, a to zejména fyzikálními (teplota a vlhkost vzduchu, proudění a ochlazovací veličina, přirozené a umělé osvětlení, hluk) a chemickými (chemické složení vzduchu s ohledem na koncentrace toxických plynů – oxid uhličitý, sirovodík, čpavek a další), označované jako faktory abiotické a biologickými (prašnost a mikrobiologické znečištění), označované jako faktory biotické. Technickými prostředky lze upravit stav vnitřního prostředí a omezeně i stav prostředí vnějšího. (NOVÝ et.al., 2006; CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008)

Ve venkovním prostředí je cílem omezení zátěže těchto prostor škodlivinami, které jsou produkovány technickými procesy. Důvody jsou ekologické a kulturně historické. Vnitřní prostředí se upravuje zejména z hygienických, technologických, biologických a bezpečnostních důvodů. (NOVÝ et.al., 2006)

Prostředí lze charakterizovat pro technické účely činiteli, které lze rozdělit do dvou skupin, a sice činitele energetické a látkové:

- Energetické – mezi tyto činitele patří například: (a) teplota, tlak a rychlost proudění vzduchu, intenzita slunečního záření, akustický tlak a (b) intenzita světelného toku, intenzita elektrostatického pole, koncentrace iontů v ovzduší a další.
- Látkové – mezi látkové činitele můžeme zařadit například: vlhkost vzduchu, koncentrace příměsí ve vzduchu a další.

Pro úpravu prostředí strojními zařízeními jsou rozhodující především energetické činitele uvedené pod bodem (a) a všechny činitele látkové. (NOVÝ et.al., 2006)

2.1. Vnější prostředí

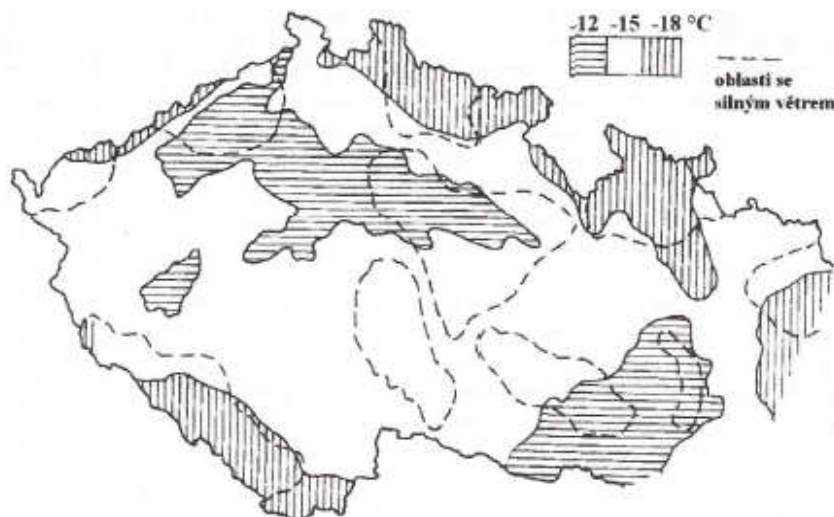
Veličiny určující stav venkovního prostředí (průběh venkovní teploty, vlhkost vzduchu, proudění vzduchu a další) v daném místě jsou závislé na zeměpisné poloze, roční a denní době, na podnebí, na produkci znečišťujících látek a energií, na počasí a dalších

faktorech. Tyto veličiny neovlivňují jen člověka, zemědělskou produkci, životnost staveb a technických zařízení, ale ovlivňují také vnitřní prostředí. Znalost těchto podmínek je velice důležitá pro návrh vytápěcího, větracího a klimatizačního zařízení (HVAC). (SZÉKYOVÁ-FERSIL-NOVÝ, 2006; NOVÝ et.al., 2006)

2.1.1. Teplota vzduchu vnějšího prostředí

Teplota venkovního vzduchu je jednou z charakteristických stavových veličin vzduchu v dané oblasti, která se mění s časem a závisí na zeměpisné poloze (zeměpisné šířce a výšce nad mořem). Pro správně navržené HVAC je důležité znát průměrnou venkovní teplotu, nejvyšší a nejnižší teploty, průměrnou měsíční teplotu, průměrnou roční teplotu a nejvyšší a nejnižší roční teplotu. V případě, že v zimním období klesne teplota venkovního vzduchu pod hranici oblastní hodnoty teploty, může dojít ke snížení celkové teploty vzduchu vystupujícího z klimatizační jednotky (vytápění). Tyto poklesy jsou ovšem krátkodobějšího charakteru, neboť málokdy se stává, že teploty dosahují extrémních hodnot, které odporují průměrným hodnotám pro oblast, pro kterou je klimatizační zařízení projektováno. (SMOLÍK et.al., 1970)

Pro dimenzování HVAC se používají výpočtové teploty odvozené z extrémních hodnot dle dlouhodobých pozorování. Je definována jako aritmetický průměr teploty vzduchu z nejméně pěti po sobě jdoucích dnů, které se vyskytly během zimního období bez ohledu na datum jejich výskytu. V podmínkách České Republiky se pro návrh HVAC a výpočty tepelných zátěží dle příslušných norem používají výpočtové teploty 30 °C pro letní období na celém území České Republiky a pro zimní období jsou stanoveny výpočtové teploty -12 °C, -15 °C a -18 °C dle jednotlivých oblastí ČR (viz. obrázek 2.1). Zimní výpočtové teploty mohou být ještě dle příslušných norem sníženy o 3 K (viz. tabulka 2.1). (NOVÝ et.al., 2006; ČSN 73 0543-2; KOŽNAROVÁ-KLABZUBA, 2008)



Obrázek 2.1: Mapa České Republiky s kategorizací zimních výpočtových hodnot
Zdroj: (KOŽNAROVÁ-KLABZUBA, 2008)

Snížení venkovní výpočtové teploty s ohledem na nadmořskou výšku		
Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Snížená venkovní výpočtová teplota
	t_e [°C]	t_e [°C]
nad 400 m n.m.	- 12	- 15
nad 6400 m n.m.	- 15	- 18
nad 400 m n.m.	- 18	- 21

Tabulka 2.1: Úprava zimní výpočtové teploty v závislosti na nadmořské výšce
Zdroj: (ČSN 730543-2)

2.2. Vnitřní prostředí zemědělských objektů

Vnitřní prostředí, mikroklima, je ovzduší ve více méně uzavřeném prostoru, které je zároveň v přímém vztahu k vnějšímu prostředí. Tepelný stav mikroklimatu, je charakterizován tepelnými a vlhkostními veličinami, které ovlivňují výsledný psychický a fyzický stav člověka či zvířat v zemědělských objektech. Důsledkem analýzy tepelného stavu prostředí je stanovení podmínek, které jsou optimální pro lidský a zvířecí organismus. (ZEJDOVÁ-CHLÁDEK-FALTA, 2013; NOVÝ et.al., 2006)

2.2.1. Tepelná pohoda

Pocitem tepelné pohody je nazýván stav, kdy je člověku nebo zvířeti v daném prostředí a při dané činnosti příjemně, a nepocituje tedy ani horko, ani chlad. Opakem tepelné pohody je termický diskomfort, tedy pocit chladu či zimy. Pocit tepelné pohody je

ovlivněn jak biologickými faktory (věk, pohlaví, zdravotní stav a další) a fyzikálními faktory (teplota vzduchu, vlhkost a proudění vzduchu). Teplota vzduchu se považuje za nadřazený faktor stájového mikroklimatu, neboť rozhoduje o hodnotách některých ostatních faktorů jako je vlhkost či proudění vzduchu. Případně zásadně ovlivňuje hodnocení působení těchto faktorů na živý organismus (např. vyšší hodnota proudění vzduchu se považuje za žádoucí v případě zvýšené teploty prostředí, zcela negativně se však posuzuje v případě, je-li teplota prostředí pod optimální hranicí – zvýšená hodnota ochlazování zvířat). Přehled požadovaných vnitřních teplot v zimním období v objektech pro chov skotu je v tabulce 2.2. V letním období se pro stavby pro skot uvádí optimální vnitřní teplota 14 – 22 °C, přičemž občasně může dosáhnout maxima až 26 °C. (CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008; KOŽNAROVÁ-KLABZUBA, 2008, MATĚJKA, 1990)

Kategorie skotu	Teplota vzduchu [°C] v interiéru	
	Minimum	optimum
Teletník	8	10 – 14
Mladý skot – volná stáj	2	2 – 10
Mladý skot – vazná stáj	6	10 – 12
Dojnice – vazná stáj	8	10 – 12
Dojnice – volná stáj	2	4 – 10
Dojírna	10	14 – 16

Tabulka 2.2: Požadovaná optima a přípustná minima teploty vzduchu v objektech pro chov skotu
Zdroj: (KOŽNAROVÁ-KLABZUBA, 2008)

Tepelný stav vnitřního prostředí lze ovlivnit pomocí následujících faktorů (NOVÝ et.al., 2006):

- Operativní teplota
- Střední radiační teplota
- Relativní vlhkost vzduchu
- Rychlost proudění vzduchu

Operativní teplota:

Jedná se o výpočtovou teplotu, která je definována jako jednotná teplota uzavřeného prostoru, černého z hlediska radiace, ve kterém by bylo teplo sdílené konvekcí i sáláním stejné jako ve skutečném, teplotně nesouměrném prostředí. (KABELE-VEVERKOVÁ, 2004)

Operativní teplotu t_o lze stanovit z teploty vzduchu t_i , střední radiační teploty t_r a rychlosti vzduchu v_a . Je-li relativní rychlost proudění vzduchu malá, $v_a < 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, nebo je-li rozdíl mezi střední radiační teplotou a teplotou vzduchu malý, $\Delta t < 4 \text{ K}$, lze operativní teplotu vypočítat jako aritmetický průměr těchto teplot. Pokud je rychlost vzduchu vyšší, nebo větší rozdíl teplot, operativní teplota se stanoví pomocí rovnice 2.1. (NOVÝ et.al., 2006; KABELE-VEVERKOVÁ, 2004)

$$t_o = A \cdot t_i + (1 - A) \cdot t_r \quad (2.1)$$

kde: t_i – vnitřní teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

t_r – střední radiační teplota [$^{\circ}\text{C}$]

A – koeficient závislý na rychlosti proudění vzduchu. Hodnoty koeficientu viz tabulka 2.3 [-]

$v_a \text{ [m}\cdot\text{s}^{-1}]$	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
A [-]	0,50	0,53	0,60	0,65	0,70	0,75

Tabulka 2.3: Závislost koeficientu A pro výpočet operativní teploty na rychlosti proudění vzduchu

Zdroj: (KABELE-VEVERKOVÁ, 2004)

Střední radiální teplota:

Střední radiální teplota t_r je myšlená rovnoměrná teplota všech ploch v prostoru, při níž by byl přenos tepla z těla sáláním stejný jako ve skutečnosti. Pro výpočet střední radiální teploty se využívá vztah 2.2: (NOVÝ et.al., 2006)

$$t_r = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 1,855 \cdot 10^7 \alpha_{kg} (t_g - t_i)} - 273 \quad (2.2)$$

kde: t_g – teplota změřená kulovým teploměrem [$^{\circ}\text{C}$]

α_{kg} – součinitel přestupu tepla konvekcí [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$] viz. vztah (2.3) a (2.4)

Součinitel přestupu tepla konvekcí α_{kg} se stanovuje pro klidný vzduchu (2.3) a pro vzduch proudící rychlostí $v_a > 0,1 \text{ ms}^{-1}$ (2.4).

$$\alpha_{kg} = 1,4 \left[\frac{|t_i - t_g|}{D} \right]^{0,25} \quad (2.3)$$

$$\alpha_{kg} = 6,3 \frac{v_a^{0,6}}{D^{0,4}} \quad (2.4)$$

kde: D – průměr baňky kulového teploměru [m]

Relativní vlhkost vzduchu:

Pohodu prostředí značně ovlivňuje i vlhkost vzduchu. V praxi se nejčastěji používá relativní vlhkost vzduchu φ [%], která udává stupeň nasycení vzduchu vodní parou. Pokud je obsah páry ve vzduchu příliš vysoký, snižuje se tím možnost ochlazení těla člověka či zvířete pomocí evaporace a může tak dojít k tepelnému stresu při již relativně nízké teplotě prostředí. Relativní vlhkost je dána vztahem: (KIC-BROŽ, 1995; ZEJDOVÁ-CHLÁDEK-FALTA, 2013; PAVELEKA-ŠTĚTINA, 2007)

$$\varphi = \frac{p_p}{p_p^*} \quad (2.5)$$

kde: p_p – parciální tlak par ve vzduchu [Pa]

p_p'' – parciální tlak nasycených par k dané teplotě [Pa]

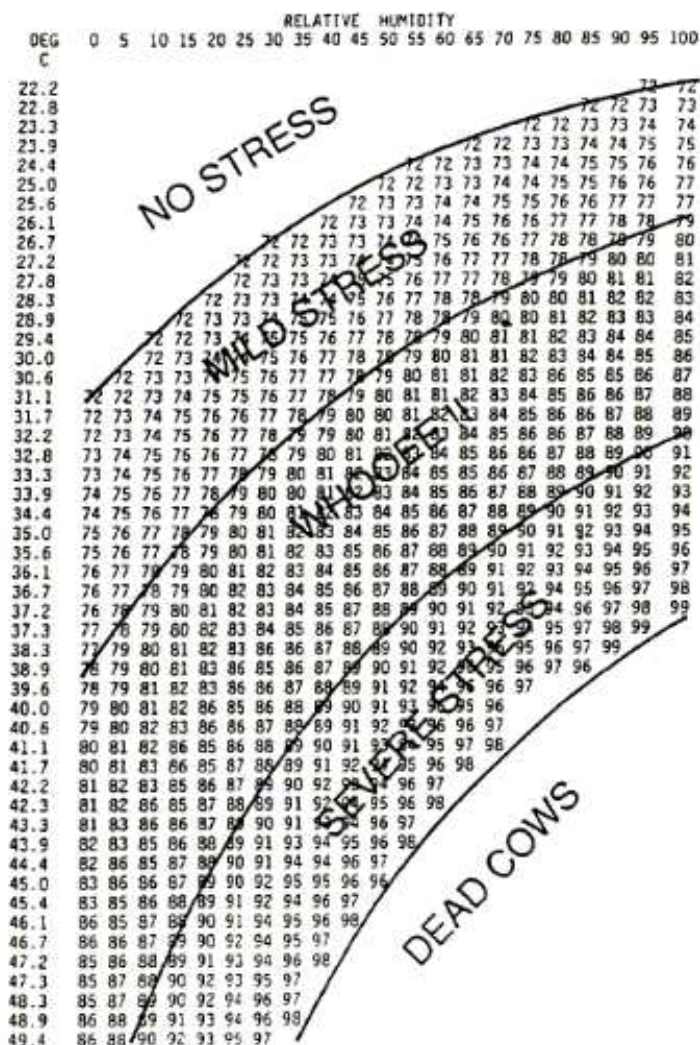
Hlavním zdrojem vlhkosti v zemědělských objektech jsou zvířata sama (evaporace, moč a výkaly a podobně), dále pak mokré plochy, vodní zdroje a voda k čištění podlah a zařízení. Množství výparu závisí hlavně na teplotě, na stupni nasycení vodními parami a na proudění vzduchu. Obecně by se rozsah vlhkosti v budovách měl pohybovat v rozmezí 30 % – 60 %, přičemž relativní vlhkost nižší jak 20 % se považuje za zdraví škodlivou vzhledem k intenzivnímu vysychání sliznic dýchacích trubíc a rovněž snižuje vliv přirozené protiinfekční bariéry, kterou tvoří hlenový povlak na sliznicích horních cest dýchacích. Naopak dlouhodobé zvýšení vlhkosti nad 60 % může způsobovat rozvoj plísní a patogenních mikroorganismů. Ve stájích by se měla relativní vlhkost ideálně pohybovat v rozmezí 40 – 80 %. Přestože vysoká relativní vlhkost vzduchu nemá negativní vliv na pohodu a užitkovost dojníc, neměla by hodnota relativní vlhkosti ve stáji přesáhnout 85 %, což je maximální přípustná hodnota dle ČSN 73 0543-2. Vlhký vzduch slouží jako dobrý vodič tepla a při dlouhodobém působení těchto podmínek negativně působí na organismus a zařízení a zhoršuje pracovní podmínky. (ZEJDOVÁ-CHLÁDEK-FALTA, 2013; CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008; KUNC et.al., 2007)

Tepelně vlhkostní index (THI):

Vliv kombinace teploty a vlhkosti je zahrnut v THI. Tento index je široce používaný k popsání tepelné zátěže a je dobrým indikátorem stresových teplotních klimatických podmínek. Výpočet THI je dle následujícího vztahu: (ZEJDOVÁ-CHLÁDEK-FALTA, 2013)

$$THI = 0,8 \cdot t_i + \frac{(t_i - 14,4) \cdot \varphi}{100} + 46,4 \quad (2.6)$$

Hodnota THI pod 70 je pro dojnice považována za pohodlnou. THI v rozmezí 70 – 78 je považováno za stresující a hodnoty vyšší jak 78 způsobují extrémní utrpení, přičemž organismus není schopen udržovat termoregulační mechanismy nebo normální tělesnou teplotu. Závislost THI u dojníc na teplotě a relativní vlhkosti je na obrázku 2.2. (ZEJDOVÁ-CHLÁDEK-FALTA, 2013; ARMSTRONG, 1994)



Obrázek 2.2: Závislost THI na teplotě a vlhkosti u dojníc

Zdroj: ARMSTRONG, 1994)

Rychlost proudění vzduchu:

Rychlost proudění vzduchu může působit na organismus jak příznivě, tak i škodlivě. Optimální rychlost proudění vzduchu pro lidský organismus nelze jednoznačně určit, bez ohledu na ostatní složky mikroklimatu. Nižší rychlost proudění (pod $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) způsobuje nepříjemný pocit stojícího vzduchu. Vzduch se má v dosahu zvířat při optimálních teplotách pohybovat maximálně do rychlosti $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, při vysokých teplotách může být rychlost vyšší, u dospělých zvířat může překračovat $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Proudění vzduchu v těchto rozmezích má příznivý účinek na krevní oběh a látkovou výměnu. Při vyšších rychlostech a při nízké teplotě prostředí však nastává nadměrné ochlazení.

Zvláště nepříznivé je proudění vzduchu označované jako průvan, což je jemný pohyb vzduchu v uzavřeném prostoru jedním směrem, který způsobuje ochlazování jen určité části těla. Za průvan se považuje stav, kdy rychlost proudění vzduchu převyšuje $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ve stájích vzniká průvan při větrání, při příčném otevírání oken a dveří a nebo při netěsnostech. (CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008; KUNC et.al., 2007; KIC-BROŽ, 1995)

2.2.2. Hygienická pohoda

Přírodní i technické procesy produkují tuhé a kapalné částice, plyny a páry, tedy škodliviny, které mohou znečišťovat ovzduší. Škodliviny působí negativně na zdraví lidí, zvířat, rostlin a způsobují i snižování životnosti staveb a to jak ve venkovním, tak i ve vnitřním prostředí. (NOVÝ et.al., 2006)

Tuhé částice, jež jsou rozptýleny ve vzduchu, se rozdělují podle vzniku a složení jako kouř (0,01 až $0,5 \mu\text{m}$), dým (velikost částic 0,1 až $1 \mu\text{m}$), popílek (1 až $100 \mu\text{m}$), aerosol (0,01 a $1 \mu\text{m}$) a prach. Kapalné částice rozptýlené v ovzduší vznikají buď kondenzací plynné fáze, nebo rozpuštěním většího objemu tekutiny. Vzniká mlha označována také jako aerodisperzní směs s velikostí částic 0,1 až $30 \mu\text{m}$. Plyny a páry unikající do ovzduší, pokud se vzduchem chemicky nereagují, tvoří směsi. (NOVÝ et.al., 2006)

Za škodlivé látky znečišťující prostředí v zemědělských objektech, jejichž prostředí je vždy odlišné od vzduchu venkovního se považují především škodlivé plyny a prach. Tyto škodliviny vznikají provozem uvnitř těchto objektů. Složení vnitřního vzduchu tedy závisí na řadě faktorů (celkový počet zvířat, koncentrace zvířat na jednotku plochy, celková hygiena prostředí, kvalita a intenzita větrání). Nejčastějšími stájovými plyny jsou oxid uhličitý, sirovodík a amoniak. (KIC-BROŽ, 1995; CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008; KOŽNAROVÁ-KLABZUBA, 2008)

Oxid uhličitý:

Oxid uhličitý (CO_2) je stálou složkou stájového vzduchu, běžně bývá v koncentracích 0,1 až 0,3 % objemových, tj. asi desetkrát více než ve volné atmosféře. Ve velmi špatně větraných objektech může dosahovat koncentrací 0,4 až 0,6 %, lokálně

a krátkodobě i více. CO₂ je bezbarvý plyn bez zápachu. Převládající názor, že se hromadí v nižších vrstvách stájového prostoru patrně není správný. Pokud je v přípustných koncentracích tak nemá účinky na fyziologické funkce zvířat. V objektech vzniká především dýcháním a činnostmi spalovacích motorů a topidel. Hlavní význam CO₂ spočívá v indikaci kvality vnitřního vzduchu, a tím i účinnosti větracího systému. Příпустné koncentrace CO₂ v objektech pro skot jsou zobrazeny v tabulce 2.4. (KIC-BROŽ, 1995; KOŽNAROVÁ-KLABZUBA, 2008)

Sirovodík:

Sirovodík (H₂S), bezbarvý plyn, je produkován nejvíce trávicími pochody zvířat, zejména při zkrmování potravy s vyšším obsahem bílkovin obsahujících síru. Obvykle nebývá problémem, protože je cítit mnohem dříve než dosáhne hygienicky závadné koncentrace (příпустná koncentrace viz tabulka 2.4). (KIC-BROŽ, 1995; KOŽNAROVÁ-KLABZUBA, 2008)

Amoniak:

Amoniak (NH₃) ve stájovém ovzduší má vždy souvislost s močůvkou a mokřým stelivem. Spolu s CO₂ a ostatními vlhkými látkami (zdivo, podestýlka, krmivo) vytváří složitý chemický komplex amonných solí, které se vlivem kolísající teploty rozkládají a zpětně vážou. Měřeními byla prokázána dynamická rovnováha mezi amoniakem a oxidem uhličitým. Přesto, že je NH₃ podstatně lehčí než vzduch, nelze jednoznačně konstatovat, že se hromadí ve vyšších vrstvách ovzduší ve stáji. Největší koncentrace bývají zjišťovány v místech blízkých jeho zdrojům (podestýlka, podlahy, močůvkové žlábký). Příпустné hodnoty amoniaku jsou v tabulce 2.4. (KOŽNAROVÁ-KLABZUBA, 2008)

	Koncentrace plynných škodlivin		
	[% objemové]	[p.p.m.]	[mg.m ⁻³]
Oxid uhličitý	0,25	2500	4500
Sirovodík	0,0007	7	10
Amoniak	0,002	20	14

Tabulka 2.4: Nejvyšší příпустné koncentrace hlavních plynných škodlivin ve stájových objektech
Zdroj: (KIC-BROŽ, 1995); ČSN 73 0543-2

Prach:

Prach ve stájovém prostředí může být nejrůznějšího původu, chemického a biologického složení a celého spektra velikostních kategorií a s tím i související rychlostí usazování. Jeho obsah ve vzduchu zpravidla úzce souvisí s mikrobiálním znečištěním. Nejčastějším zdrojem bývají suchá krmiva a závadná steliva (včetně plísní, sporů i parazitárních infekcí). Zvláště toxický je prach obsahující metabolity roztočů žijících na zbytcích srsti, peří nebo kůže. Větší koncentrace prachu při dlouhodobějším vdechování jsou vždy závažným hygienickým problémem pro své infekční, dráždivé nebo alergenní účinky na zvířata i člověka. Negativním průvodním jevem zvýšené prašnosti je i větší výskyt bakterií ve vzduchu. Nutno připomenout, že k „mikrobiální škodlivosti“ stájového prachu přispívá i absence ultrafialového záření v uzavřených prostorách bez možnosti pronikání slunečního záření. Prašnost v objektu by neměla překračovat hodnotu $10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, což odpovídá nejvýše přípustné hodnotě z hygienických předpisů platných pro pracovníky. (KIC-BROŽ, 1995; KOŽNAROVÁ-KLABZUBA, 2008)

Zápach:

Zápachy ve stáji mohou být velmi různé, často specifické a hlavně velmi obtížně objektivně měřitelné. Zdrojem bývá nejčastěji všeobecně snížená péče o čistotu a větrání vnitřních prostorů, někdy i nevhodné nebo zkažené krmivo. Při omezené výměně vzduchu a při vyšší teplotě v objektu může intenzita zápachu zesílit natolik, že mohou být ohroženy některé fyziologické funkce zvířat či obsluhy. (DOLEŽAL-BÍLEK-DOLEJŠ, 2004; KOŽNAROVÁ-KLABZUBA, 2008)

2.2.3. Vizuální pohoda

Světlo představuje viditelnou část spektra slunečního záření v oblasti vlnových délek zhruba 260 – 760 nm. V technice prostředí je důležité měření světelných veličin z důvodů stanovení optimálních světelných podmínek na pracovišti a zamezení tak pracovním úrazům či poškozování zraku. (ZEJDOVÁ-CHLÁDEK-FALTA, 2013; PAVELEK-ŠTĚTINA, 2007)

Základní fotometrickou veličinou je svítivost zdroje I_v [cd]. V technice prostředí se však nejčastěji využívá veličina osvětlení (popř. intenzita osvětlení) E_v [lx] definovaná jako: (PAVELEK-ŠTĚTINA, 2007)

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dS} \quad (2.7)$$

kde: Φ_v – světelný tok [lm]

S – plocha na níž světelný tok dopadá [m²]

Osvětlení lze kategorizovat dle různých hledisek:

Z hlediska určení pro příslušnou cílovou skupinu: (CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008)

- Fyziologické osvětlení – spolu s ostatními složkami vytváří příznivé podmínky pro biologickou pohodu organismu, především pro růst, vývoj, reprodukci a produkci. (DOLEŽAL-BÍLEK-DOLEJŠ, 2004)
- Pracovní osvětlení – vytváří příznivé podmínky pro bezpečné vykonávání práce a pro posouzení hygieny prostředí. Osvětlení dojírny by mělo dosahovat hodnot min. 200 lx, přičemž je žádoucí, aby vyšší hodnota byla v místě vemene. (DOLEŽAL-BÍLEK-DOLEJŠ, 2004; KUNC et.al., 2007)

Podle zdroje, ze kterého osvětlení pochází: (CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008)

- Denní – jde o přímé sluneční záření
- Umělé – žárovky, zářivky, výbojky a podobně. Umělé osvětlení se ještě dále dělí na celkové (osvětlení celého prostoru) a místní (lokální zdroj).

V závislosti na směru, v němž světlo do prostředí proniká: (CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008)

- Horní
- Boční
- Kombinované

Doporučené hodnoty fyziologického a pracovního osvětlení v objektech pro chov skotu jsou v tabulce 2.5.

Objekt, pracoviště	fyziologické osvětlení [lx]	pracovní osvětlení [lx]	činitel denního osvětlení e_{\min} [%]
telata s mléčnou výživou	40	60	1,5
telata s rostlinnou výživou	40	60	1,0
výkrm skotu	25	40	0,5
ustájení dojnic volné, boxy	60	60	1,0
ustájení dojnic vázané s dojením na stáních	60	160	1,5
porodna, porodní boxy	100	160	2,0
dojírna		200	2,0

Tabulka 2.5: Požadavky na denní a umělé osvětlení dle ČSN EN 12464-1 v objektech pro chov skotu
Zdroj: ČSN EN 12464-1

Denní osvětlení:

Osvětlení ve dne je při zatažené obloze kolem 5 000 lx, přičemž v létě na slunci může dosahovat hodnot kolem 70 000 lx. (PAVELEK-ŠTĚTINA, 2007)

Základními ukazateli hodnocení denního osvětlení jsou činitel denní osvětlenosti, rovnoměrnost denního osvětlení a koeficient denního osvětlení. (CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008)

Činitel denní osvětlenosti e [%] udává poměr intenzity osvětlení v objektu k intenzitě osvětlení venku: (CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008)

$$e = \frac{E_i}{E_e} \cdot 100 \quad (2.8)$$

kde: E_i – intenzita osvětlení v objektu [lx]

E_e – intenzita osvětlení venku [lx]

Požadovaná minimální hodnota činitele denní osvětlenosti v objektech pro chov skotu je zobrazena v tabulce 2.5.

Rovnoměrnost denního osvětlení r [-] je velice důležitý parametr, který vypovídá o tom, jak je světlo v objektu distribuováno. Jeho stanovení se rozlišuje pokud jde

o objekty s bočním osvětlením či s horním nebo kombinovaným osvětlením: (CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008)

$$r = \frac{e_{\min}}{e_{\max(m)}} \quad (2.9)$$

kde: e_{\min} – minimální hodnota činitele denní osvětlenosti

$e_{\max(m)}$ – maximální (průměrná) hodnota činitele denní osvětlenosti v případě bočního (horního nebo kombinovaného) osvětlení

Norma ČSN 73 0580-1 udává nároky na denní osvětlení, které jsou zařazeny do šesti tříd (viz . tabulka 2.6):

Třída zrakové činnosti	Charakteristika zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost	Činitel denní osvětlenosti E [%]		Rovnoměrnost denního osvětlení r [-]
			Minimální e_{\min}	Průměrný e_m	
I	Mimořádně přesná	3330 a větší	3,5	10	r > 0,2 doporučeno r > 0,3
II	Velmi přesná	1670 až 3330	2,5	7	
III	Přesná	1000 až 1670	2,0	6	
IV	Středně přesná	500 až 1000	1,5	5	r > 0,2
V	Hrubší	100 až 500	1,0	3	r > 0,15
VI	Velmi hrubá	menší než 100	0,5	2	-
VII	Celková orientace	-	0,25	1	

Tabulka 2.6: Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti pro třídy zrakové činnosti u člověka

Zdroj: ČSN 73 0580-1

Koeficient denního osvětlení je kritérium, podle něž lze hodnotit stavbu z hygienického hlediska již v úrovni projektové dokumentace. Jedná se o poměr plochy oken k ploše podlahové. Za optimum se považuje rozpětí v hodnotách 1:15 až 1:20. (CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008; KOŽNAROVÁ-KLABZUBA, 2008)

Umělé osvětlení:

Při návrhu umělého osvětlení je třeba myslet na to, že pokud je cílem dosáhnout stejného světelného vnímání u všech ploch, je třeba tmavé oblasti osvětlit intenzivněji, než světlejší. To je dáno schopností materiálů odrážet nebo pohlcovat světlo. Tato vlastnost se nazývá činitelem světelného odrazu (jde o podíl odraženého světelného toku a světelného

toku dopadajícího na plochu). Činitel odrazu může dosahovat různých hodnot, u cihel je to cca 0,25 a např. u bílých glazovaných obkládaček je to 0,85. (SMOLÍK et.al., 1970)

Obdobně jako při hodnocení denního osvětlení, se i v případě umělého osvětlení používají základní ukazatele: rovnoměrnost umělého osvětlení a měřený příkon svítidel.

Rovnoměrnost umělého osvětlení r_u [-] udává poměr minimální a maximální hodnoty umělého osvětlení, přičemž požadují se hodnoty $r \geq 0,20$ (0,33) při osvětlení > 16 lx (< 16 lx). (CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008)

$$r_u = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} \quad (2.10)$$

Měrný příkon svítidel MPS [$W \cdot m^{-2}$]: (CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008)

$$MPS = \frac{\sum P}{S} \quad (2.11)$$

kde: $\sum P$ – celkový příkon všech svítidel [W]

S – plocha dojírny [m^2]

V případně osvětlení žárovkami je minimální hodnota MPS $5 W \cdot m^{-2}$ a optimální $8 W \cdot m^{-2}$. Při osvětlení zářivkami se požaduje minimální hodnota $3 W \cdot m^{-2}$. (CHLOUPEK-SUCHÝ, 2008)

2.2.4. Akustická pohoda

Zvuk a hluk:

Zvuk je přirozeným projevem přírodních jevů a životní aktivity člověka. Z fyzikálního hlediska je zvuk definován jako mechanické vlnění pružného prostředí ve frekvenčním rozsahu vnímání normálního lidského sluchu od 20 do 20 000 [Hz]. Za hluk se označuje každý nežádoucí zvuk (pro někoho je daný zvuk hlukem, ale pro někoho jiného je důležitým zdrojem informací. Hluk působí nejen na sluchové a nervové orgány, ale také na celý organismus. Stresově se projeví při překročení určité maximální meze. (DOLEŽAL-BÍLEK-DOLEJŠ, 2004; NOVÝ, 1995)

Hladina akustického tlaku:

Hladina akustického tlaku L_p [dB] je základní veličinou, která charakterizuje zvuk v místě jeho příjmu. Jde o veličinu relativní, její stanovení je dle následujícího vzorce: (PAVELEK-ŠTĚTINA, 2007)

$$L_p = 20 \cdot \log\left(\frac{p}{p_0}\right) \quad (2.12)$$

kde: p – efektivní hodnota akustického tlaku [Pa]

p_0 – referenční hodnota akustického tlaku pro šíření ve vzduchu [Pa], pro frekvenci 1000 Hz je rovna $2 \cdot 10^{-5}$

Ekvivalentní hladina akustického tlaku:

Nejvyšší přípustné hodnoty hluku na pracovištích, ve stavbách pro bydlení, ve stavbách občanského vybavení a ve venkovním prostoru se stanovují pomocí ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq} [dB]: (NOVÝ et.al., 2006; ČSN EN ISO 9612)

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log\left(\frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{p,i}}}{\sum_{i=1}^n T_i}\right) \quad (2.13)$$

kde: T_i – délka intervalu [s; min.; hod.] po níž působila hladina L_p

n – počet dílčích intervalů

K hodnocení hluku slouží v ČR Nařízení vlády č 502/2002 Sb. „o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací“, které bylo novelizováno Nařízením vlády č. 88/2004 Sb. Nejvyšší přípustná hladina ekvivalentního tlaku pro osmihodinovou pracovní dobu pro pracoviště, u něž se nezohledňuje náročnost, je 85 dB. U činností u nichž je vyžadována větší přesnost a soustředění se nejvyšší přípustná hladina snižuje o 5 až 20 dB a u činností duševního charakteru se nejvyšší přípustná hladina snižuje o 10 až 45 dB. (NOVÝ et.al., 2006)

Hluk vydávaný zvířaty se odhaduje na 50 – 60 dB a z technologických zařízení na 100 dB. Hlučnost v zemědělských objektech je různá, záleží především na použitých technologických zařízeních (stájové mechanizační prostředky, vzduchotechnická zařízení), velikosti objektu a počtu ustájených zvířat. Hluk působí negativně a způsobuje stresovou zátěž. Zdravotní poruchy a snížení užitkovosti jsou závislé nejenom na hladině zvuku, ale i na jeho frekvenci (skot vnímá frekvence od 0,2 Hz do 20 kHz) a na jeho časovém průběhu a četnosti vzniku. Hluk škodí především při dlouhodobém trvání. U dojnic se uvádí jako neškodící hladina akustického tlaku hodnota do 65 dB, přičemž hodnoty nad 85 dB už se považují za škodlivé. (DOLEŽAL-BÍLEK-DOLEJŠ, 2004; ZEMAN, 1990).

3. Metodika a měření základních parametrů

3.1. Charakteristika přístrojů

3.1.1. Měření vnitřní teploty a vlhkosti

Čidlo AHLBORN – FH A646-21

K měření vnitřní teploty t_i [°C] a vnitřní vlhkosti φ [%] bylo použito čidlo AHLBORN – FH A646-21 (viz obrázek 3.1), které je opatřeno Almemo konektorem pro připojení k záznamové stanici. Technické parametry čidla (AHLBORN – firemní literatura):

- Měřicí rozsah vlhkosti: 5 – 98 %
- Odchylka: ± 2 %
- Měřicí rozsah teploty: -30 – 100 °C
- Odchylka: $\pm 0,4$ K
- Rosný bod: -20 – 100 °C
- Nominální teplota: 25 °C $\pm 0,3$ K
- Typ snímače: kapacitní



Obrázek 3.1: Čidlo AHLBORN – FH A646-21 pro měření teploty a vlhkosti vzduchu
Zdroj: vlastní foto

Při měření bylo čidlo vždy ponecháno nějakou dobu v měřeném objektu k ustálení teploty a minimalizování možných chyb. Při měření bylo čidlo instalováno do výšky 1 – 1,5 m na pomocný stojan. Čidlo bylo použito pro krátkodobé měření.

Kulový teploměr:

Pro stanovení střední radiační teploty t_r [°C] a tím i operativní teploty t_o [°C] bylo využito Vernonova kulového teploměru ALHBORN FPA806GTS (viz obrázek 3.2), který je opatřen Almemo konektorem pro připojení k záznamové stanici. Technické parametry teploměru (AHLBORN – firemní literatura):

- Měřicí rozsah teplot: -50 – 200 °C
- Průměr koule: 15 cm
- Čidlo: Pt100



Obrázek 3.2: Vernonův kulový teploměr pro stanovení střední radiační teploty.

Zdroj: vlastní foto

Kulový teploměr je tvořen koulí z měděného plechu o průměru 150 mm. Koule má matný černý povrch vytvořený nátěrem. Ve středu koule je umístěna baňka rtuťového teploměru (případně jiné teplotní čidlo). (PAVELEK-ŠTĚTINA, 2007). Při měření byl teploměr umístěn do výšky 1 – 1,5 m na pomocný stojan. Kulový teploměr byl použit pro krátkodobé měření.

DATA LOGGER:

Pro dlouhodobé zaznamenávání vnitřní teploty t_i [°C] a vnitřní relativní vlhkosti φ [%] bylo použito čtyř DATA LOGGERŮ COMET ZTH65 (viz obrázek 3.3). Technické parametry zařízení (COMET – firemní literatura):

- Rozsah teplot: - 30°C – 80 °C; s rozlišením po 0,1 °C
- Odchylka: $\pm 0,4$ °C
- Rozsah vlhkosti: 5 – 95 %; s rozlišením po 0,1 %

- Odchylka: $\pm 2,5 \%$
- Interval záznamu: 10 s – 24 hod.
- Kapacita přístroje: 32 000 hodnot (v necyklickém záznamu)



Obrázek 3.3: DATA LOGGER pro záznam teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

Zdroj: vlastní foto

Nevýhodou použití DATA LOGGERů je možnost rychlého znečištění čidla a tím jeho zhoršená funkčnost z důvodů agresivního stájového prostředí (prach, voda, hmyz). Proto je výhodné opatřovat čidla krytkou. Krytka je vyrobena ze sintrovaného bronzu, její filtrační schopnost je 0,025mm. Naopak výhodou použití těchto přístrojů je snadná přenositelnost dat do počítače prostřednictvím rozhraní USB, RS232, Ethernet nebo GSM modem. Další výhodou je možnost nastavení intervalu záznamu hodnot a volba cyklického či necyklického záznamu. (PAVELEK-ŠTĚTINA, 2007)

3.1.2. Měření koncentrace CO₂

K měření koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu bylo použito čidla AHLBORN FY A600 (viz obrázek 3.4), které je opatřeno Almemo konektorem pro připojení k záznamové stanici. Technické parametry čidla (AHLBORN – firemní literatura):

- Rozsah měření: 0 – 0,5 % obj.
- Odchylka: $\pm 0,01 \%$ obj.
- Senzor: IR-optický
- Provozní teplota: 5 – 40 °C
- Provozní vlhkost: 0 – 95 %



Obrázek 3.4: Čidlo pro určení koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu.
Zdroj: Vlastní foto

Při měření bylo čidlo umístěno do výšky 0,5 – 1 m na pomocný stojan. Čidlo bylo použito pro krátkodobé měření.

3.1.3. Měření intenzity osvětlení

Pro měření intenzity osvětlení E_v [lx] bylo použito čidla AHLBORN FL A613-VL (viz obrázek 3.5), které je opatřeno Almemo konektorem pro připojení k záznamové stanici. Technické parametry čidla (AHLBORN – firemní literatura):

- Měřicí rozsah: 0 – 20 000 lx
- Odchylka: $\pm 5 \%$ z měřené hodnoty
- Spektrální citlivost: 380 až 720 nm,
- Maximum citlivostí: 555 nm



Obrázek 3.5: Čidlo pro měření intenzity osvětlení
Zdroj: Vlastní foto

Při měření bylo čidlo umístěno na vodorovné ploše v blízkosti záznamového zařízení. Čidlo bylo použito při krátkodobém měření.

3.1.4. Měření hluku

Pro měření hladiny akustického tlaku L_p [dB] byl použit hlukoměr UNITEST 93411 (viz obrázek 3.6), který je opatřen Almemo konektorem pro připojení k záznamové stanici. Technické parametry hlukoměru (UNITEST – firemní literatura):

- Rozsah – režim SLOW: 35 – 100 dB; s rozlišením 0,1 dB
- Rozsah – režim FAST: 65 – 135 dB; s rozlišením 0,1 dB
- Zobrazení: LCD 31/2 místný, 2 000 digitů,
- Kmitočtový rozsah: 30 – 12 000 Hz
- Výstupní signál: 10 m.V DC/dB; impedance 100 Ω,
- Mikrofon: kondenzátorový
- Pracovní teplota: 0°C až 50°C, vlhkost nižší než 80%



Obrázek 3.6: Hlukoměr UNITEST 93411 pro záznam hladiny akustického tlaku.

Zdroj: Vlastní foto

Hlukoměr UNITEST 93411 měří úroveň hluku s hodnotícími filtry typu A [dB(A)] nebo C [dB(C)]. Vestavěný filtr A je pro korekci frekvenční charakteristiky a používá se pro stanovení vlivu hluku na poškození sluchu nebo rušení hlukem. Filtr C s funkcí ke stanovení vlivu infrazvukových a ultrazvukových složek hluku. Vestavěné filtry A a C lze také použít pro frekvenční analýzu. Čím větší je rozdíl naměřených hodnot oběma filtry, tím větší je poměr vyšších frekvencí v ultrazvukové oblasti a nižších frekvencí v infra-oblasti. Při měření byl hlukoměr nastaven na rozsah hodnot SLOW s použitím filtru A. Hlukoměr byl vždy umístěn v blízkosti záznamového zařízení a byl použit pro krátkodobé měření.

3.1.5. Záznamové zařízení

K zaznamenávání hodnot krátkodobého měření sloužilo záznamové zařízení ALMEMO 2590-9 (viz obrázek 3.7). Technické parametry zařízení (AHLBORN – firemní literatura):

- Počet vstupů: 9 kanálů
- Paměť: 512 kB – 100 000 měř.
- Interval záznamu: možnost vlastního nastavení
- Provozní teplota: 0 °C – 50 °C



Obrázek 3.7: Záznamové zařízení ALMEMO 2590-9

Zdroj: Vlastní foto

3.2. Cíle a postup měření

3.2.1. Cíle měření

Cílem měření je zhodnotit stav vnitřního prostředí v dojárnách a porovnat zjištěné hodnoty s požadovanými hodnotami dle příslušných norem. V případě nedodržení potřebných kritérií je cílem navrhnout možnosti zlepšení vnitřního prostředí z hlediska pohody prostředí pro zvířata i pracovníky.

3.2.2. Postup měření

Měření proběhlo celkem ve třech zemědělských družstvech – ZD Velká Chyška, VOD Kámen a ZOD Podhradí Choustník, přičemž v každém družstvu bylo měřeno na dvou farmách. Měření probíhalo vždy v dojárně a doplňkově ještě v přilehlé stáji (výsledky pro měření ve stájích viz přílohy – kapitola IV.). Měření bylo rozděleno na letní období (srpen 2013) a zimní období (leden a únor 2014), kdy se očekávaly vždy extrémní podmínky.

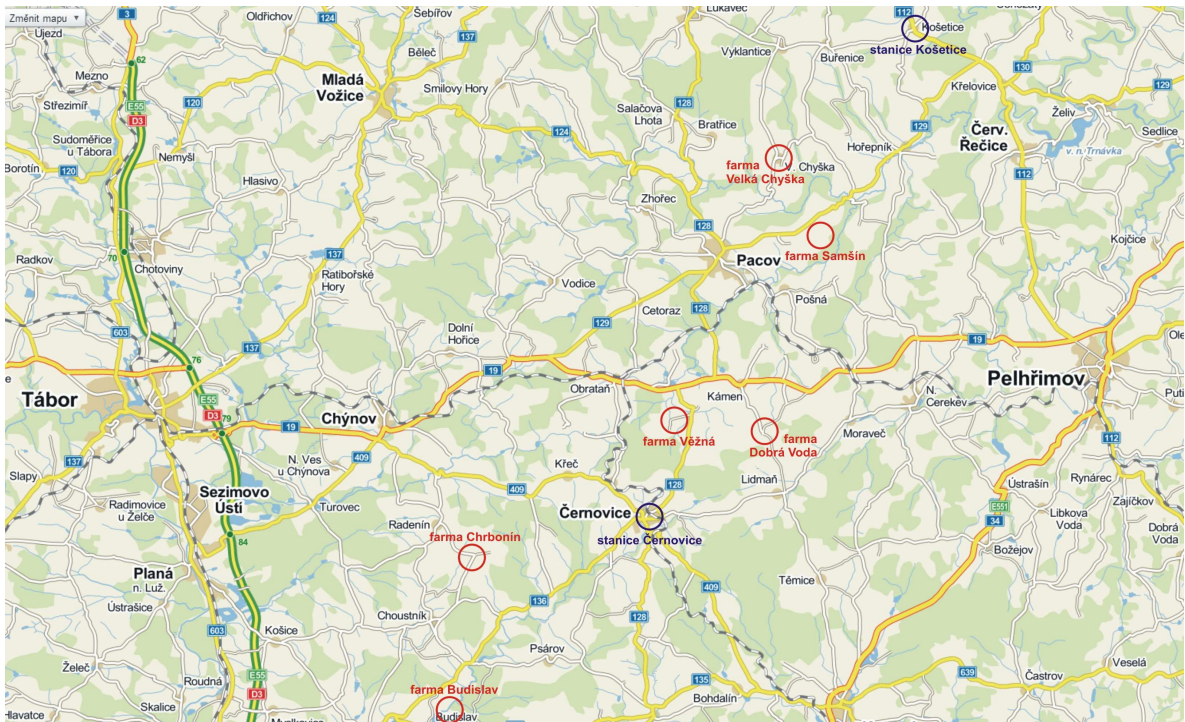
Měření bylo rozděleno na krátkodobé a dlouhodobé:

- V případě krátkodobého měření bylo v dojárně (a ve stáji) během dojení po dobu jedné až dvou hodin instalováno měřící zařízení. Měřící sestava

obsahovala čidla pro měření teploty, vlhkosti, koncentrace oxidu uhličitého, intenzity osvětlení, hladiny akustického tlaku a záznamového zařízení. Celá sestava byla v dojírně umístěna v prostoru dojiče.

- V případě dlouhodobého měření se jednalo o umístění DATA LOGGERu pro záznam teploty a relativní vlhkosti na vhodné místo v dojírně (případně i ve stáji). DATA LOGGER byl na měřeném místě ponechán vždy po dobu alespoň pěti dnů a zaznamenával údaje v desetiminutových intervalech. Pro porovnání hodnot získaných z DATA LOGGERů s venkovním klimatem byly hodnoty o venkovním prostředí získány od Českého hydrometeorologického ústavu z nejbližších měřících stanic.

Přehled měřených míst a příslušných hydrometeorologických stanic je zobrazen na obrázku 3.8.



Obrázek 3.8: Přehled měřených farem včetně vyznačení hydrometeorologických stanic

Zdroj: www.mapy.cz; vlastní zpracování

K posouzení stavu vnitřního prostředí v dojírně bylo využito vztahů a jejich výpočtů uvedených v kapitole „Stav prostředí“, konkrétně: střední radiační teplota t_r [°C] vypočítaná dle vztahu (2.2), operativní teplota t_o [°C] dle vztahu (2.1), *THI* index dle vztahu (2.6), činitel denního osvětlení e [%] dle vztahu (2.8), rovnoměrnost denního

osvětlení r [-] dle vztahu (2.9), rovnoměrnost umělého osvětlení r_u [-] dle vztahu (2.10), měrný příkon svítidel MPS [$W \cdot m^{-2}$] dle vztahu (2.11) a ekvivalentní hladina akustického tlaku L_{Aeq} [dB(A)] dle vztahu (2.13).

Ke zpracování naměřených a vypočtených hodnot bylo využito tabulového procesoru, konkrétně funkcí : *průměr*, *směrodatná odchylka*, *minimum* a *maximum*.

3.3. Charakteristika zkoumaných družstev

3.3.1. ZD Velká Chyška

Zemědělské družstvo Velká Chyška bylo založeno v roce 1976. V současnosti je zde zaměstnáno kolem 90 stálých zaměstnanců. Družstvo se zabývá jak živočišnou, tak rostlinou výrobou. Rostlinná výroba je realizována ve vrcholové partii Českomoravské vrchoviny v nadmořských výškách od 540 do 600 metrů na celkové ploše 2 300 ha. Z pěstovaných plodin jsou nejvíce zastoupeny obiloviny, dále pak brambory, kukuřice, mák a krmné plodiny. Živočišná výroba je soustředěna ve třech farmách – Velká Chyška, Samšín a Pošná, přičemž měření probíhalo na farmách ve Velké Chyšce a v Samšíně.

Farma Velká Chyška

Farma se nachází v areálu hlavního sídla zemědělského družstva. Na této farmě se nachází největší stáj celého družstva, která slouží k ustájení 567 kusů převážně Českého červenostrakatého skotu. Stáj byla postavena v roce 2001 jako novostavba, ustájení v této stáji je volné boxové v bezstelivovém provozu. Ke stáji přiléhá objekt dojírny.

Dojírna na této farmě byla postavena v roce 2001 současně se stájí. Konstrukce stavby je cihlová LATHERM 440 mm, strop je řešen cetrís deskami tloušťky 12 mm, na nichž je izolace ze skelné vaty o tloušťce 120 mm. Krytina je z eternitových desek. Dojírna je kruhová pro 24 kusů dojnic v provedení rotorybina v technologii Westfalia. Dojení probíhá dvakrát za den a sice ráno od 3:15 do 8:15 hodin a odpoledne od 14:30 do 19:15 hodin. Průměrná dojivost je 7 639 l na dojnici za rok (7 845 kg). K vytápění dojírny slouží čtyři sálavé topné panely Ecosun s 24 o výkonu à 2,4 kW rozmístěny ve vnitřním kruhu ve výšce cca 2,8 m nad podlahou. Další možností vytápění je ventilátor přivádějící teplý vzduch ze strojovny do prostoru dojírny, avšak tento způsob se kvůli vysoké

hlučnosti a malé účinnosti nepoužívá. Větrání je řešeno pouze přirozeně prostřednictvím oken a dvou stropních světlíků o rozměru 2 x 2 m s maximálním úhlem zdvihu 30°. Osvětlení v dojárně je realizováno 16-ti zářivkami se dvěma 36 W trubicemi. Fotodokumentace dojírny a stáje viz přílohy – kapitola V.I. Fotodokumentace – farma Velká Chyška.

Farma Samšín

Farma Samšín se nachází 3 km jihovýchodně od Velké Chyšky. Rovněž na této farmě je chován převážně Český červenostrakatý skot ve stáji zbudované v roce 2008 pro ustájení 380 kusů dojnic v bezstelivovém provozu. Zajímavostí této stáje je střešní krytina, kdy jižní část střechy je pokryta PUR panely a severní část vlnitými umělohmotnými deskami ELIONDA.

Současně s výstavbou stáje byla realizována i výstavba nové kruhové dojírny v provedení rotorybina pro 24 kusů dojnic v technologii Westfalia. Konstrukce stavby je kombinovaná z PUR panelů tloušťky 100 mm a cihel POROTHERM 440 mm. Dojení probíhá dvakrát denně v časech od 3:30 do 7:00 hodin a od 14:30 do 18:00 hodin. Průměrná dojivost je 7 767 l na dojnici za rok (7 977 kg). V této dojárně je instalováno nucené přetlakové větrání TERNO-S s průtokem 3 240 m³.h⁻¹. Systém je rovněž vybaven ohřívačem přiváděného vzduchu o výkonu 24 kW s možností směšování směšovací klapkou (0 – 100 %) se vzduchem z dojírny či ze strojovny. Ohřátý vzduch je do dojírny distribuován rozvodným potrubím s vyústěním v podlahové části vnitřního kruhu dojírny. Osvětlení v dojárně je realizováno 20-ti zářivkami se dvěma 60 W trubicemi. Fotodokumentace dojírny a stáje viz přílohy – kapitola V.II. Fotodokumentace – farma Samšín.

3.3.2. VOD Kámen

Výrobně obchodní družstvo se sídlem v Kámeně bylo založeno v roce 1993. V současnosti má kolem 100 stálých zaměstnanců. Družstvo se zabývá jak živočišnou, tak rostlinnou výrobou. Rostlinná výroba je realizována ve vrcholové partii Českomoravské vrchoviny v nadmořských výškách od 480 do 680 metrů na celkové ploše 2 200 ha. Z pěstovaných plodin jsou nejvíce zastoupeny brambory, dále pak řepka, kukuřice a krmné

plodiny. Živočišná výroba je soustředěna na farmách – Kámen, Věžná, Dobrá Voda a Vintířov, přičemž měření probíhalo na farmách ve Věžné a Dobré Vodě.

Farma Věžná

Farma se nachází ve vzdálenosti 2,5 km jihozápadně od sídla v Káměně. Na farmě je chován převážně Český červenostrakatý skot ve třech stájích. Dvě stáje jsou rekonstruované K-200 (rekonstrukce v roce 2001), kdy z vazného ustájení se přešlo na volné boxové se stelivovým provozem, přičemž v jedné stáji je 154 kusů dojnic a ve druhé, která byla při rekonstrukci ještě zvětšena je kolem 300 kusů dojnic. Třetí stáj je dřevěná novostavba z roku 2002 k volnému boxovému ustájení 220 kusů dojnic se stelivovým provozem.

Dojírna na této farmě byla postavena v roce 2001. Konstrukce stavby je z betonových sendvičových panelů šířky 300 mm, strop je z KOB plechu na němž je izolace skelné vaty o vrstvě 120 mm. Krytina je z eternitových desek. Dojírna je kruhová pro 24 kusů dojnic v provedení rotorybina v technologii Westfalia. Dojení probíhá dvakrát za den a sice ráno od 3:00 do 9:30 hodin a odpoledne od 15:00 do 21:00 hodin. Průměrná dojivost je 8 200 l na dojnici za rok (8 422 kg). K vytápění dojírny slouží 2 sálavé topné panely o výkonu à 4 kW, které jsou rozmístěny ve vnitřním kruhu ve výšce cca 3 m nad podlahou. Větrání je řešeno pouze přirozeně prostřednictvím oken a čtyř větracích komínů o rozměru 300 x 300 mm. Osvětlení v dojírně je realizováno 19-ti zářivkami se třemi 36 W trubicemi. Fotodokumentace dojírny a stáje viz přílohy – kapitola V.III. Fotodokumentace – farma Věžná.

Farma Dobrá Voda

Farma se nachází ve vzdálenosti 2,5 km jihovýchodně od sídla v Káměně. Na této farmě je chován jak Český červenostrakatý skot tak i Holštýnský skot. Celkem je chováno 220 kusů dojnic ve dvou stájích. První stáj je typu K-96, která prošla rekonstrukcí v roce 1997 a v současnosti slouží k volnému boxovému ustájení 130 kusů dojnic se stelivovým provozem. Druhý objekt je bývalý sklad předělaný na stáj rovněž v roce 1997, kde je ustájeno 90 kusů dojnic ve stelivovém provozu.

Dojírna na této farmě byla vystavena v roce 1997. Konstrukce stavby je cihlová LATHERM 440 mm, strop je řešen cetris deskami tloušťky 12 mm, na nichž je izolace ze skelné vaty o tloušťce 120 mm. Krytina je z eternitových desek. Provedení dojírny je tandemová 2 x 4 v kombinované technologii Miele a AgroMilk. Dojení probíhá třikrát za den a sice ráno od 4:30 do 11:00 hodin, kdy proběhne dvojitý dojení a odpoledne od 15:30 do 18:30 hodin. Průměrná dojivost je 8 700 l na dojnici za rok (8 874 kg) u Českého červenostrakatého skotu a 10 400 l na dojnici za rok (10 608 kg) u Holštýnského skotu. K vytápění dojírny slouží jednak podlahové vytápění o výkonu 200 W.m⁻² a zároveň 16 malých keramických zářičů o výkonu à 0,6 kW, které jsou rozmístěny po dvou nad každým dojícím místem. Větrání je řešeno pouze přirozeně prostřednictvím oken (která se v létě vysazují) a čtyř větracích komínů o rozměru 400 x 400 mm. Osvětlení v dojírně je realizováno 10-ti zářivkami se dvěma 58 W trubicemi. Fotodokumentace dojírny a stáje viz přílohy – kapitola V.IV. Fotodokumentace – farma Dobrá Voda.

3.3.3. ZOD Podhradí Choustník

Zemědělské obchodní družstvo Choustník bylo založeno v roce 1982. V současnosti má kolem 75 stálých zaměstnanců. Družstvo se zabývá jak živočišnou, tak rostlinou výrobou. Rostlinná výroba je realizována na pomezí Českomoravské vrchoviny a Jihočeské pánve v nadmořských výškách od 380 do 650 metrů na celkové ploše 1 800 ha. Z pěstovaných plodin jsou nejvíce zastoupeny obiloviny, dále pak brambory, kukuřice a krmné plodiny. Živočišná výroba je soustředěna na farmách – Choustník, Budislav a Chrbonín, přičemž měření probíhalo na farmách ve Budislav a Chrbonín.

Farma Budislav

Farma Budislav se nachází 5 km jižně od sídla družstva v Choustníku. Na této farmě je chován jak Český červenostrakatý skot, tak i Holštýnský skot. Dojnice jsou umístěny ve dvou rekonstruovaných kravínech K-96 v režimu volného stelivového ustájení. Mezi obě stáje je umístěn objekt dojírny.

Dojírna prošla rekonstrukcí v roce 2004, kdy byla instalována nová paralelní dojírna 2 x 6 s rychlým výstupem v technologii Baumatic. Konstrukce stavby je z plných cihel šířky 450 mm se stropem z keramických panelů. Dojení probíhá dvakrát denně

v intervalech od 5:30 do 8:00 hodin a od 16:00 do 18:30 hodin. Průměrná dojivost je 8 200 l na dojnici za rok (8 364 kg) u Českého červenostrakatého skotu a 10 150 l na dojnici za rok (10 353 kg) u Holštýnského skotu. Vytápění je řešeno 4 sálavými panely o výkonu à 1,2 kW umístěnými nad prostorem obsluhy ve výšce cca 2,5 m a dále pak 8 sálavými panely o výkonu à 1,2 kW umístěnými napříč dojírny pod střechou. Větrání dojírny je pouze prostřednictvím vzduchu z čekárny (který však nelze považovat za čerstvý) a dvou větracích komínů o průměru 400 mm. K osvětlení dojírny je použito celkem 12-ti zářivek se dvěma 36 W trubicemi. Fotodokumentace dojírny a stáje viz přílohy – kapitola V.V. Fotodokumentace – farma Budislav.

Farma Chrbonín

Farma Chrbonín se nachází 3,5 km severovýchodně od Choustníku. Na této farmě je chován jak Český červenostrakatý skot, tak i Holštýnský skot. Dojnice jsou umístěny celkem ve dvou stájích. Jedna stáj je rekonstruovaný kravín K-96 s volným ustájením a stelivovým provozem. Druhá stáj je moderní plátěná stavba s kovovou konstrukcí, ustájení v této stáji je rovněž volné se stelivovým provozem.

Dojírna je samostatná stavba umístěná mezi oběma stájemi. Konstrukce stavby je cihlová POROTHERM 440 mm, strop je řešen cetris deskami tloušťky 12 mm, na nichž je izolace ze skelné vaty o tloušťce 120 mm. Krytina je z eternitových desek. K dojení je použita paralelní dojírna 2 x 8 s rychlým výstupem v technologii Baumatic. Dojení probíhá dvakrát za den, nejprve od 4:30 do 9:30 hodin a poté od 13:00 do 18:00. Průměrná dojivost je 8 350 l na dojnici za rok (8 186 kg) u Českého červenostrakatého skotu a 10 500 l na dojnici za rok (10 710 kg) u Holštýnského skotu. K vytápění dojírny slouží pouze podlahové vytápění v prostoru dojiče o výkonu 200 W.m⁻². Větrání dojírny je přirozené pomocí oken a dvou světlíků ve stropní části o rozměrech 2 x 0,5 m a maximálním úhlu zdvihu 30°. Osvětlení dojírny je řešeno pomocí 12-ti zářivek se dvěma 36 W trubicemi. Fotodokumentace dojírny a stáje viz přílohy – kapitola V.IV. Fotodokumentace – farma Chrbonín.

4. Zlepšování vnitřního prostředí dojíren v zimním období

4.1. Výsledky měření a zhodnocení

V zimním období bylo měřeno pouze v objektech ZD Velká Chyška a VOD Kámen. V objektech ZOD Podhradí Choustník nebylo možné kvůli probíhajícím stavebním úpravám měření provádět.

V dojárně na farmě Velká Chyška měření proběhlo dne 3. února 2014 v době od 14:31 do 16:10 hodin při průměrné venkovní teplotě $-1,07\text{ }^{\circ}\text{C}$ a průměrné relativní vlhkosti venkovního vzduchu 79,46 %. Na farmě Samšín se měření uskutečnilo dne 4. února 2014 v době od 14:15 do 16:09 hodin při průměrné venkovní teplotě $-2,38\text{ }^{\circ}\text{C}$ a průměrné relativní vlhkosti 87,46 %. Ve Věžně proběhlo měření dne 5. února 2014 v době od 15:01 do 16:31 hodin při průměrné venkovní teplotě $-1,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ a průměrné relativní vlhkosti 94 %. V Dobré Vodě bylo měřeno dne 6. února 2014 v době od 15:43 do 16:58 hodin při průměrné venkovní teplotě $2,54\text{ }^{\circ}\text{C}$ a průměrné relativní vlhkosti 88,44 %. Všechna měření tedy proběhla v začátcích odpoledního dojení.

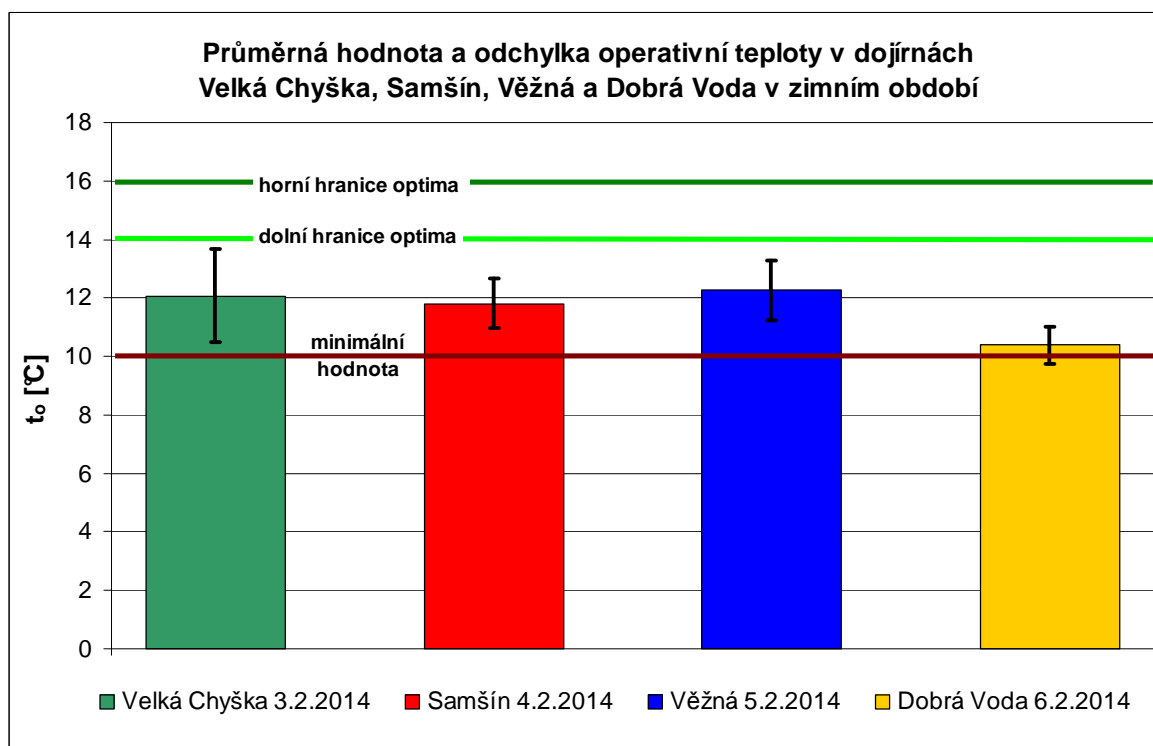
Souhrnná tabulka s výsledky krátkodobého měření včetně tabulek naměřených hodnot viz přílohy – kapitola III.I. Výsledky měření v dojárnách a zdrojová data – Zimní období.

4.1.1. Tepelná pohoda

Z hlediska tepelné pohody vnitřního prostředí jsou důležité údaje o hodnotě operativní teploty (viz obrázek 4.1), relativní vlhkosti (viz obrázek 4.2) a THI indexu (viz obrázek 4.3). Na jednotlivých obrázcích jsou zobrazeny grafy s výsledky krátkodobého měření a s vyznačením úrovně limitních hodnot pro danou veličinu.

Tepelná pohoda byla zkoumána rovněž z dlouhodobého hlediska pomocí čtyř DATA LOGGERŮ instalovaných v dojárnách postupně v období od 17. ledna 2014 až 9. února 2014. Souhrnné tabulky výsledků a grafické znázornění průběhů teplot a vlhkostí

pro dlouhodobé měření viz přílohy – kapitola III.I. Výsledky měření v dojárnách a zdrojová data – Zimní období.

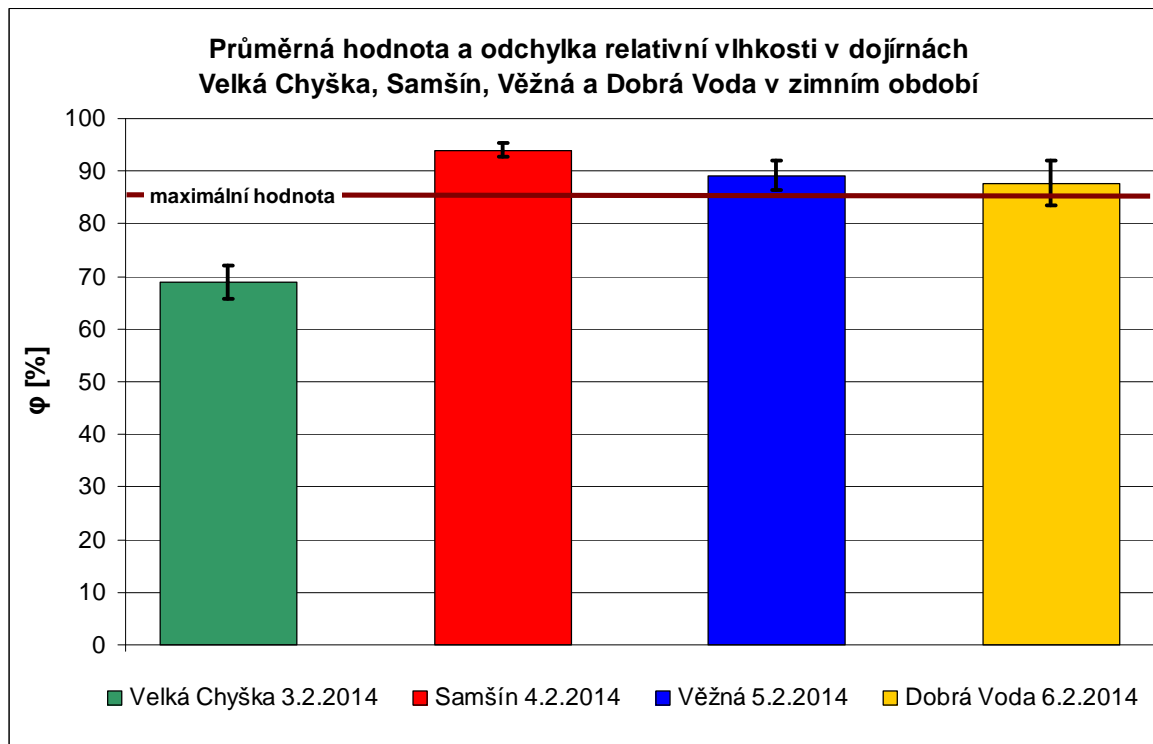


Obrázek 4.1: Graf znázorňující průměrné hodnoty operativní teploty v měřených dojárnách při krátkodobém měření v zimním období (3. 2. 2014 – 6. 2. 2014)

Zdroj: Vlastní zpracování

Průměrná hodnota operativní teploty u všech měřených dojíren sice přesáhla minimální požadovanou hodnotu 10 °C, avšak optimální hranice nebylo dosaženo v žádné z dojíren. Nejnižší teplota byla změřena v dojárně v Dobré Vodě (přestože průměrná hodnota okolní teploty během měření byla ze všech dnů měření nejvyšší). Důvodem této nejnižší hodnoty může být jednak nepoužívané podlahové vytápění během měření a jednak kapacita dojírny – pro 8 dojníc. Ty neprodukují takové tepelné zisky jako v případě zbylých tří dojíren, které jsou všechny pro 24 dojníc, a u nichž jsou hodnoty operativní teploty během měření vyrovnané. V případě dojíren ve Velké Chyšce a v Samšíně změřená hodnota odpovídá i dlouhodobému průměru a to jak pro dopolední tak odpolední dojení. V případě dojírny v Dobré Vodě dlouhodobé měření vykazuje průměrné hodnoty teploty kolem 12 °C, tedy vyšší nežli v případě krátkodobého měření, avšak stále nedostačující. Pouze dojárna ve Věžné vykazovala dlouhodobě průměrné hodnoty teploty během dojení nad 15 °C, a tedy v mezích optimálních teplot. To může být způsobeno menší kubaturou prostoru dojírny vztaheno k jedné dojnici oproti modernějším dojárnám ve Velké Chyšce

a v Samšín. V ostatní dojárnách je pravděpodobně nedostačující vytápění. Posouzení instalovaného otopného výkonu jednotlivých dojíren je provedeno v části „vytápění dojíren“.

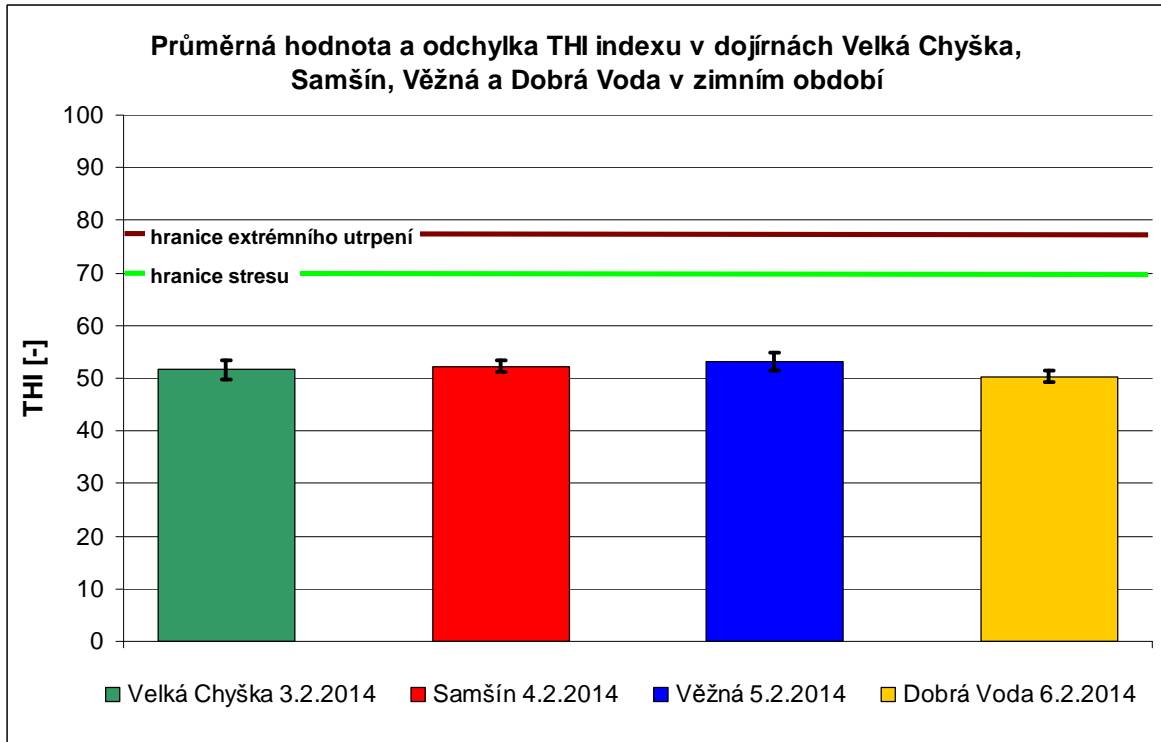


Obrázek 4.2: Graf znázorňující průměrné hodnoty relativní vlhkosti v měřených dojárnách při krátkodobém měření v zimním období (3. 2. 2014 – 6. 2. 2014)

Zdroj: Vlastní zpracování

Během krátkodobého měření splňovala podmínku nižší relativní vlhkosti jak 85 % pouze dojárna ve Velké Chyšce, avšak z dlouhodobého měření vykazovaly všechny dojírny vyšší relativní vlhkost jak 85 % a ve většině případů se blížily či dokonce dosáhly hodnoty 100 % relativní vlhkosti. Vysoká hodnota relativní vlhkosti ukazuje na nedostatečné větrání prostoru dojírny, výpočet včetně posouzení podmínek větrání pro dojírny je proveden v části „větrání dojíren“.

Hodnota indexu THI, ukazující tepelnou zátěž organismu dojníc vykazovala jak v krátkodobém měření tak i v dlouhodobém hodnoty pod 70 (nejvyšší maximální hodnota indexu 66,79 byla zjištěna u dojírny ve Věžné), organismus dojníc tedy v zimním období není vystaven tepelnému stresu.



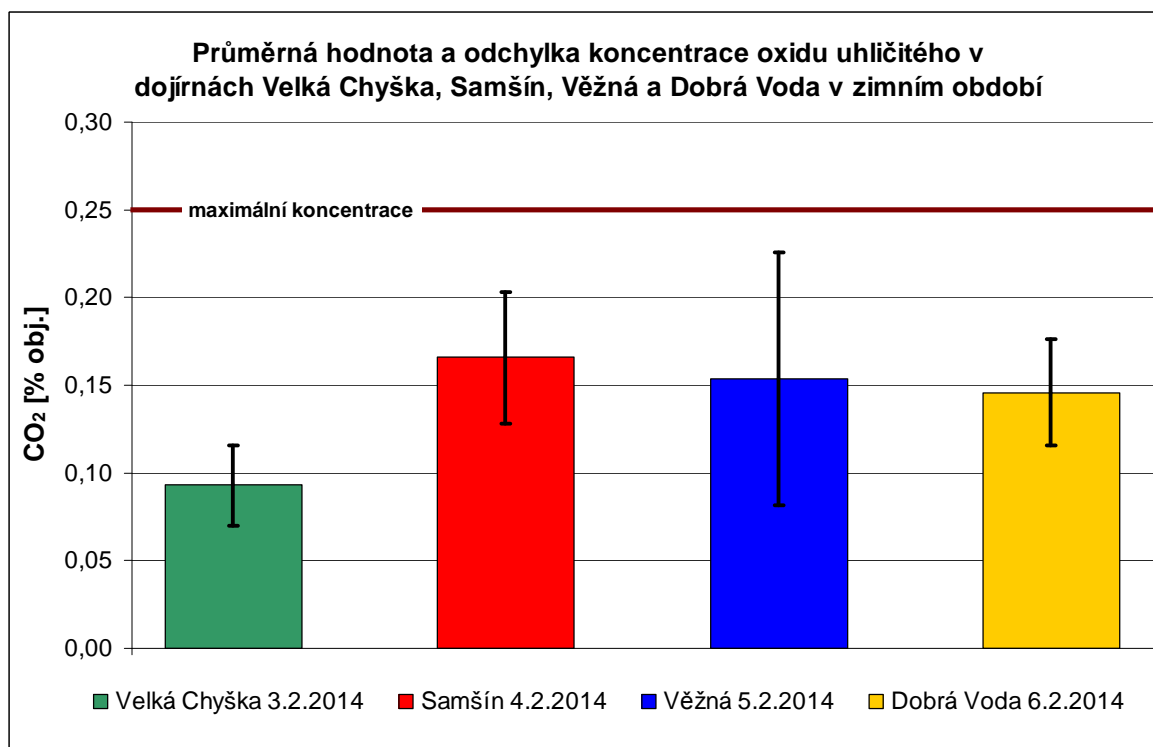
Obrázek 4.3: Graf znázorňující průměrné hodnoty THI indexu v měřených dojírnách při krátkodobém měření v zimním období (3. 2. 2014 – 6. 2. 2014)

Zdroj: Vlastní zpracování

4.1.2. Hygienická pohoda

Hygienická pohoda prostředí v dojírně je posuzována zejména s ohledem na obsah oxidu uhličitého ve vnitřním vzduchu (maximální povolená hodnota je 0,25 % obj.). Výsledky krátkodobého měření koncentrace CO₂ jsou zobrazeny na obrázku 4.4.

Z výsledků je patrné, že ve všech dojírnách není problém s koncentracemi CO₂. Největší rozptyl naměřených hodnot je však pozorovaný u dojírny ve Věžné, kdy maximální naměřené hodnoty dosahovaly přípustných limitů.



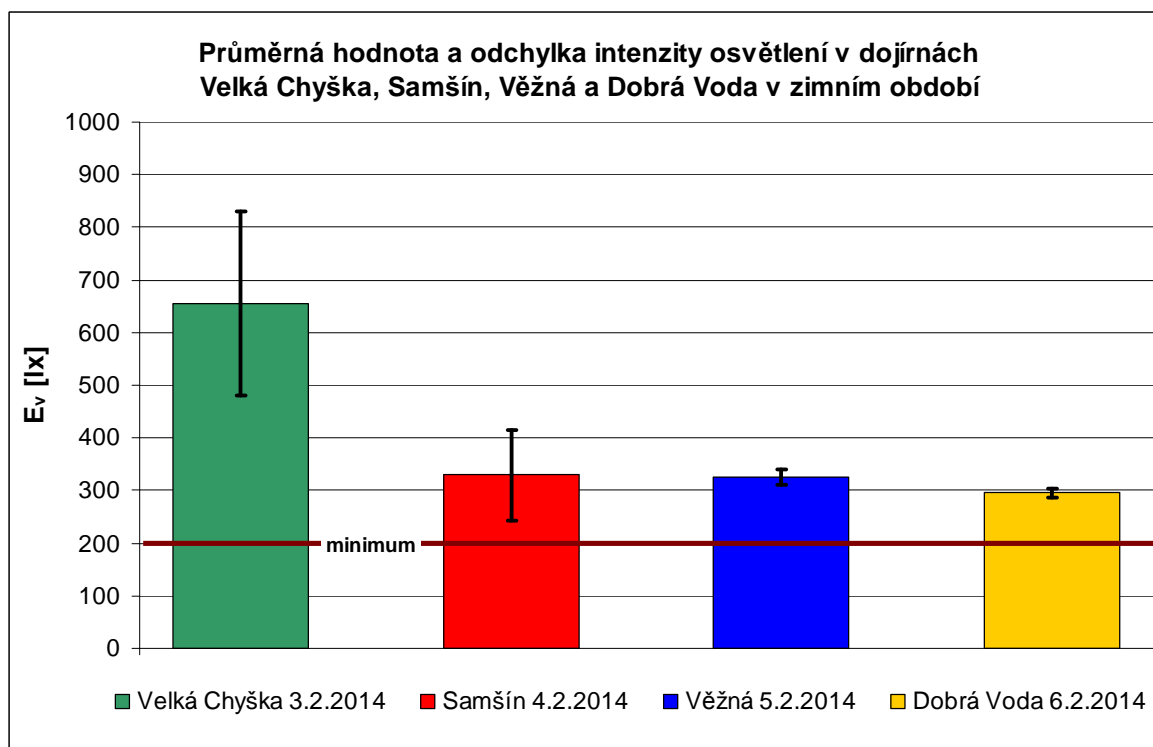
Obrázek 4.4: Graf znázorňující průměrné koncentrace oxidu uhličitého v měřených dojírnách při krátkodobém měření v zimním období (3. 2. 2014 – 6. 2. 2014)

Zdroj: Vlastní zpracování

4.1.3. Vizuální pohoda

Hlavním nástrojem pro kontrolu vizuální pohody je intenzita osvětlení, která by v případě dojírny měla být minimálně 200 lx. V měřených dojírnách byla vždy intenzita osvětlení vyšší nežli tato hodnota (viz obrázek 4.5).

Dalšími ukazateli vizuální pohody jsou rovnoměrnost umělého osvětlení (minimálně 0,2) a měrný příkon svítidel (minimálně 3 W.m⁻²). Nejlepší ukazatel rovnoměrnosti umělého osvětlení je v dojírně Dobrá Voda s hodnotou 0,88 a tedy velmi rovnoměrné osvětlení v této dojírně. Naopak nejmenší ukazatel je v případě dojírny ve Velké Chyšce, kde byly největší rozdíly v měření (způsobeno proměnlivou oblačností během měření), avšak hodnota 0,27 je stále dostačující. Měrný příkon svítidel byl nejlepší u dojíren Samšín (13,63) a Dobrá Voda (13,81), přestože intenzita osvětlení v těchto dojírnách nebyla nejvyšší (během měření nebyla zapnuta všechna světla). Naopak v dojírně ve Velké Chyšce, kde byla naměřena nejvyšší intenzita osvětlení, je měrný příkon svítidel nejnižší (5,49), což je však stále dostačující hodnota.



Obrázek 4.5: Graf znázorňující průměrné hodnoty intenzity osvětlení v měřených dojárnách při krátkodobém měření v zimním období (3. 2. 2014 – 6. 2. 2014)

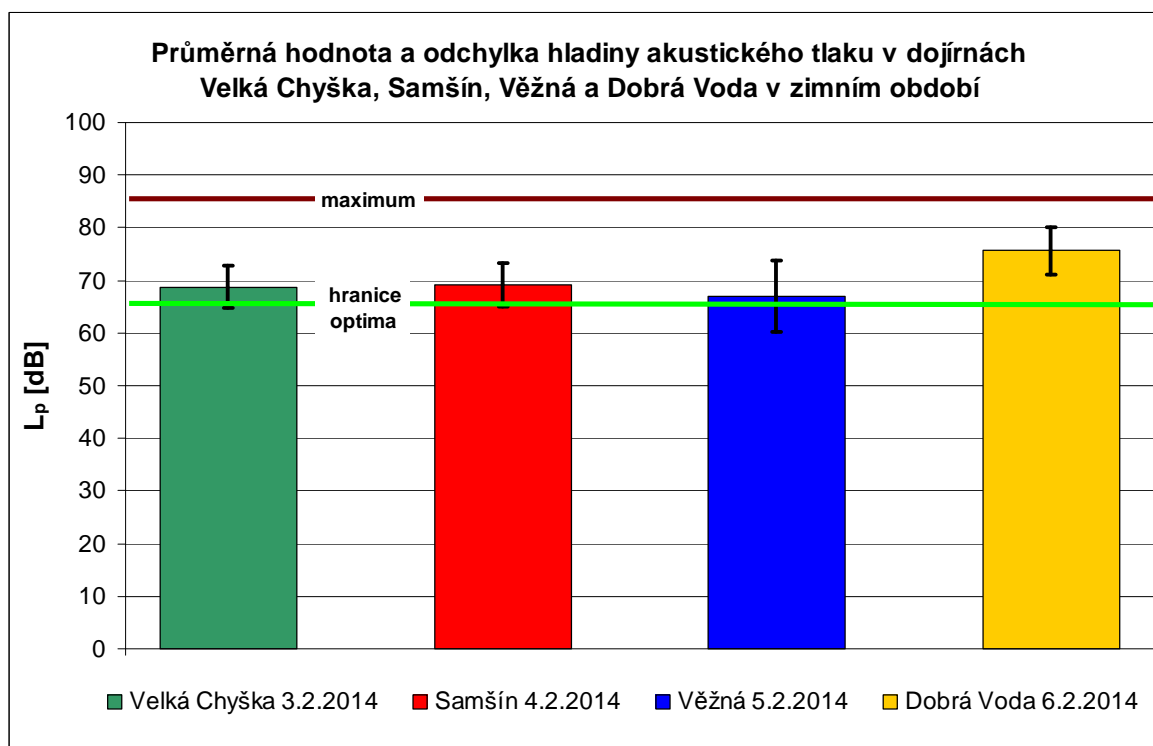
Zdroj: Vlastní zpracování

4.1.4. Akustická pohoda

Akustická pohoda prostředí se hodnotí dle hladiny akustického tlaku. Výsledky naměřené v jednotlivých dojárnách jsou na obrázku 4.6. Z výsledků je patrné, že ve všech dojárnách byla překročena optimální hranice 65 dB(A). U kruhových dojíren se jednalo o překročení o maximálně 4 dB(A), zatímco u tandemové dojírny v Dobré Vodě byla hodnota optima překročena o 10 dB(A). Je však nutné si uvědomit, že tyto vyšší úrovně hladiny akustického tlaku jsou pro dojnice škodlivé pouze při dlouhodobém působení, zatímco v kruhové dojárně stráví dojnice průměrně 10 minut a v dojárně tandemové jen 8 minut. Až hladina akustického tlaku nad 85 dB(A) se považuje za škodlivou i z krátkodobého působení. Tato hladina byla překročena pouze v jednom změřeném případě v dojárně v Dobré Vodě (max 86,52 dB(A)).

Rovněž hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku se ve všech dojárnách pohybovala pod hranicí 85 dB(A). Nejnižší hodnota byla vypočítána pro dojírnu ve Věžně (69,54 dB(A)), naopak nejvyšší hodnota byla v dojárně Dobrá Voda (78,45 dB(A)). Nebyly

tak překročeny limity stanovené dle nařízení vlády „o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací“.



Obrázek 4.6: Graf znázorňující průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku v měřených dojárnách při krátkodobém měření v zimním období (3. 2. 2014 – 6. 2. 2014)

Zdroj: Vlastní zpracování

4.2. Větrání dojíren

Správné větrání objektu je důležité pro odvod produkce oxidu uhličitého a nadměrné vlhkosti. V měřených objektech koncentrace CO_2 nepřekračovaly nejvyšší přípustnou koncentraci, naopak relativní vlhkost v objektech byla vždy vyšší nežli přípustná hodnota 85 %.

4.2.1. Výpočet potřebného průtoku vzduchu v zimním a přechodném období

Výpočet potřebného průtoku vzduchu pro odvod vodní páry a pro odvod oxidu uhličitého bude proveden na základě české normy ČSN 73 0543-2, která slouží jako výpočtová norma pro vnitřní prostředí stájových objektů, konkrétně se zabývá vytápěním a větráním. Veškeré potřebné výpočtové vztahy jsou uvedeny v příloze – kapitola I.II.

Výpočet větrání – Výpočet průtoků vzduchu v zimním a přechodném období. Během výpočtů se vycházelo z následujících předpokladů:

- Vnější výpočtová teplota t_e : -15 °C (dle ČSN 73 0543-2)
- Vnitřní výpočtová teplota t_i : 15 °C (dle ČSN 73 0543-2)
- Relativní vlhkost vnitřního vzduchu: 85 % (dle ČSN 73 0543-2)
- NPK pro CO₂ v dojírně: 4 500 mg.m⁻³ (dle ČSN 73 0543-2)
- Koncentrace CO₂ ve venkovním vz.: 550 mg.m⁻³ (dle ČSN 73 0543-2)
- Průměrná hmotnost dojnice: 650 – 750 kg
- Průměrná dojivost: 7 845 – 10 710 kg (viz kapitola 3.3)
- Počty dojnic v dojírně: 8; 12; 16 a 24 (viz kapitola 3.3)
- Měrná vlhkost vnějšího vzduchu: 0,88 g.kg⁻¹_{s.v.} (pro $t_e = -15$ °C)
- Měrná vlhkost vnitřního vzduchu: 9,677 g.kg⁻¹_{s.v.}
- Hustota vzduchu v dojírně: 1,2 kg.m⁻³ (dle ČSN 73 0543-2)

Vypočtené hodnoty potřebného průtoku vzduchu pro jednotlivé dojírny jsou uvedeny v následující tabulce:

	Objemový průtok čerstvého vzduchu pro odvod vlhkosti	Objemový průtok čerstvého vzduchu pro odvod CO ₂
	[m ³ .h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]
Velká Chyška (24 dojnic)	1 948	2 375
Samšín (24 dojnic)	2 000	2 439
Věžná (24 dojnic)	2 212	2 696
Dobrá Voda (8 dojnic)	905	1 056
Budislav (12 dojnic)	1 254	1 528
Charbonín (16 dojnic)	1 776	2 104

Tabulka 4.1: Potřebné průtoky větracího vzduchu v zimním a přechodném období v jednotlivých dojírnách dle ČSN 73 0543-2.

Zdroj: Vlastní zpracování

Jako výsledný průtok potřebného vzduchu se bere maximum z hodnot průtoků pro odvod vlhkosti a oxidu uhličitého. Z výsledků výpočtů pro jednotlivé dojírny jsou maximální průtoky vypočítané dle ČSN 73 0543-2 vždy pro odvod oxidu uhličitého.

Rozdílné výsledky u kruhových dojíren pro 24 dojníc (Velká Chyška, Samšín a Věžná) jsou dány především odlišnou průměrnou dojivostí na těchto farmách. Pro zjednodušení se dá uvažovat, že potřebný objemový průtok pro větrání kruhové dojírny je maximum z těchto vypočtených hodnot a tedy $2\,700\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Pro vypočtené průtoky je třeba navrhnout způsob větrání. Možností je využít přirozeného, nebo nuceného větrání. K dosažení požadovaných průtoků by mělo stačit větrání přirozené.

4.2.2. Přirozené větrání

U přirozeného větrání (provětrávání, aerace, infiltrace a šachtové větrání) se výměny vzduchu dociluje samostatně prostřednictvím tlakových rozdílů způsobených rozdílem měrných tíh hustot vyvolaných rozdílem teplot uvnitř a vně objektu a dynamickým účinkem větru na obtékanou budovu. (NOVÝ et.al., 2006; CHYSKÝ et.al., 1993)

Při výpočtech průřezů potřebných pro přirozené větrání bude uvažováno pouze s tlakem vyvozeným účinkem rozdílu teplot, účinek větru na větrání nebude uvažován.

Celkový rozdíl tlaku, neboli účinný vztlak Δp [Pa] se stanoví na základě následujícího vztahu: (NOVÝ et.al., 2006; CHYSKÝ et.al., 1993)

$$\Delta p = \Delta p_p + \Delta p_o = g \cdot (\rho_e - \rho_i) \cdot h \quad (4.1),$$

kde: Δp_p – tlak potřebný k překonání odporu v přiváděcím větracím otvoru [Pa]

Δp_o – tlak potřebný k překonání odporu v odváděcím větracím otvoru [Pa]

g – gravitační konstanta [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]; ($g = 9,81\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

ρ_e – hustota venkovního vzduchu [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]; (pro $t_e = -15\text{ }^\circ\text{C}$ je $\rho_e = 1,32\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

ρ_i – hustota vnitřního vzduchu [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]; (pro $t_i = 15\text{ }^\circ\text{C}$ je $\rho_i = 1,2\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

h – výškový rozdíl os přívaděcího a odváděcího otvoru [m]

Z předchozího vztahu je patrné, že účinný vztlak pro přirozené větrání dojíren při výpočtových teplotách $t_e = -15\text{ }^\circ\text{C}$ a $t_i = 15\text{ }^\circ\text{C}$ závislý pouze na osově vzdálenosti větracích otvorů. Maximální dosažitelná vzdálenost větracích otvorů ve zkoumaných dojírnách je 6 m. Přehled účinných vztlaků při větrání v závislosti na výšce je v následující tabulce:

h [m]	1	2	3	4	5	6
Δp [Pa]	1,18	2,35	3,53	4,71	5,89	7,06

Tabulka 4.2: Závislost účinného vztlaku na osově vzdálenosti větracích otvorů

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkový vztlak Δp je třeba rozdělit dle vztahu (4.1) na tlak Δp_p potřebný k překonání odporu v přívaděcím otvoru plochy S_p a na tlak Δp_o potřebný k překonání odporu v odváděcím otvoru plochy S_o . V praxi je obvykle poměr $\Delta p_p / \Delta p_o = 1 : (1 \text{ až } 2)$. Poté se plochy otvorů přívaděcích S_p [m^2] a odváděcích S_o [m^2] vypočtou dle následujících vztahů: (NOVÝ et.al., 2006; CHYSKÝ et.al., 1993)

$$S_p = \frac{\dot{M}_v}{\mu_p \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_p \cdot \Delta p_p}} \quad (4.2),$$

$$S_o = \frac{\dot{M}_v}{\mu_o \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_o \cdot \Delta p_o}} \quad (4.3),$$

kde: \dot{M}_v – hmotnostní průtok čerstvého větracího vzduchu větracím otvorem [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]

μ_p a μ_o – průtokové součinitele přívaděcích a odváděcích otvorů [-]

Hodnota průtokového součinitele závisí na konstrukci otvoru a úhlu otevření regulačních přívodních klapek. Přehled hodnot průtokového součinitele u základních typů konstrukcí je v následující tabulce.

Konstrukce otvoru	Úhel otevření [°]	b:l = 1:1	b:l = 1:2	b:l = 0
		μ [-]	μ [-]	μ [-]
	15	0,25	0,22	0,18
	30	0,42	0,38	0,33
	45	0,52	0,50	0,44
	60	0,57	0,56	0,53
	90	0,62	0,62	0,62
	15	0,30	0,24	0,18
	30	0,45	0,38	0,34
	45	0,56	0,50	0,46
	60	0,63	0,57	0,56
	90	0,67	0,63	0,63
	15	0,15	-	0,13
	30	0,30	-	0,27
	45	0,44	-	0,39
	60	0,56	-	0,56
	90	0,64	-	0,61
	15	0,26	0,18	-
	30	0,45	0,32	-
	45	0,51	0,44	-
	60	0,85	0,53	-
	90	0,65	0,65	-
	15	0,23	0,15	0,13
	30	0,40	0,30	0,24
	45	0,51	0,41	0,34
	60	0,57	0,50	0,43
	90	0,65	0,60	0,69

Tabulka 4.3: Průtokový součinitel dle typu konstrukce otvoru.

Zdroj: (SZÉKYOVÁ-FERSIL-NOVÝ, 2006)

4.2.3. Výpočet a kontrola přirozeného větrání zkoumaných dojíren

Kruhové dojírny pro 24 dojnic – Velká Chyška, Samšín a Věžná

Dle výpočtů je u kruhových dojíren potřebný objemový průtok $2\,700\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, čemuž odpovídá hmotností průtok $0,90\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$.

V případě dojírny ve Velké Chyšce je výškový rozdíl oken (maximální úhel otevření 15°) a střešních světlíků (maximální úhel vyklopení 30°) 3 m, čemuž odpovídá účinný vztlak 3,53 Pa (pro výpočty rozdělen v poměru 1:1). Dosazením příslušných hodnot průtokového součinitele do vztahů 4.2 a 4.3 dostáváme pro požadovaný hmotnostní průtok čerstvého vzduchu potřebnou plochu přiváděcích otvorů $S_p = 1,4\text{ m}^2$ a potřebnou plochu odváděcích otvorů $S_o = 1\text{ m}^2$. Jelikož plocha oken v dojírně je 14 m^2 a plocha střešních světlíků je 8 m^2 , je přirozené větrání v této dojírně více než dostatečně dimenzované

a během větrání není potřebné mít vyklopena všechna okna (dostačující počet oken k větrání je 3) stejně jako není nutné mít zcela vyklopené stropní světlíky.

Dojírna v Samšíně má instalováno přetlakové nucené větrání s ohříváním vzduchu, které přivádí více než dostatečné množství čerstvého ohřátého vzduchu. Problémem však je, že tento systém se v zimním období nepoužívá kvůli příliš velkému proudění vzduchu v prostoru dojiče, na což si stěžuje obsluha dojírny. Pokud by bylo cílem zajistit přívod pouze potřebného množství čerstvého vzduchu, bylo by nutné zakomponovat do obvodových konstrukcí obdélníkové vyústky s regulačními klapkami v rozsahu pootočení $0^\circ - 90^\circ$ (tedy s možností uzavírání a plného otevření). Ideální umístění těchto vyústek je ve výšce 4 m nad podlahou, neboť přiváděný studený vzduch by se při poklesu do prostoru dojiče smíchal s vnitřním vzduchem a tím by došlo k jeho ohřátí. V případě takto umístěných vyústek by výškový rozdíl od stropních světlíků byl 2 m (odpovídající vztlak 2,35 Pa rozdělený v poměru 1:1). Dosazením příslušných hodnot průtokového součinitele do vztahů 4.2 a 4.3 poté vychází potřebná plocha odváděcích otvorů $S_o = 2,23 \text{ m}^2$ (dostatečně zabezpečené dvěma střešními světlíky o celkové ploše 8 m^2) a potřebná plocha přiváděcích otvorů $S_p = 0,84 \text{ m}^2$. Plocha přivodních otvorů by se dala zabezpečit vyústkami o celkovém rozměru $3,5 \times 0,25 \text{ m}$.

Dojírna ve Věžné je větrána okny a větracími komíny, jejichž výškový rozdíl je 1 m (odpovídající vztlak 1,17 Pa rozděleno v poměru 1:1). Dle vztahů 4.2 a 4.3 vychází potřebná plocha přiváděcích otvorů $S_p = 2,4 \text{ m}^2$ (tuto plochu zabezpečí 5 z 12 oken o rozměru $0,6 \times 0,9 \text{ m}$) a potřebná plocha odváděcích otvorů $S_o = 1,16 \text{ m}^2$. Jelikož čtyři větrací komíny o rozměru $0,3 \times 0,3 \text{ m}$ zabezpečují celkovou odváděcí plochu pouze $0,36 \text{ m}^2$, bylo by potřeba přidat ještě 9 těchto komínů a nebo současné komíny zvětšit na rozměr $0,54 \times 0,54 \text{ m}$, aby byla zajištěna odpovídající odváděcí plocha.

Tandemová dojírna pro 8 dojnic – Dobrá Voda

Dle výpočtů je pro dojírnu tohoto typu potřeba zajistit průtok $1\,056 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, čemuž odpovídá hmotností průtok $0,35 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$. Výškový rozdíl oken a čtyř větracích komínů v dojárně v Dobré Vodě je pouze 0,6 m (odpovídající vztlak 0,7 Pa, pro výpočty rozdělen v poměru 1:1). Dosazením příslušných hodnot průtokového součinitele do vztahů 4.2 a 4.3 vychází potřebná plocha přiváděcích otvorů $S_p = 1,22 \text{ m}^2$ (tuto plochu zabezpečí 3 z 5 oken

o rozměru 0,6 x 0,9 m) a potřebná plocha odváděcích otvorů $S_o = 0,59 \text{ m}^2$ (čtyři větrací komíny o rozměru 0,4 x 0,4 m zabezpečují celkovou plochu $0,64 \text{ m}^2$ a tedy dostačující).

Paralelní dojírna pro 12 dojnic – Budislav

Potřebný průtok čerstvého vzduchu pro dojírnu tohoto typu je $1\,528 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, čemuž odpovídá hmotností průtok $0,51 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$. Při návrhovém výškovém rozdílu přívaděcích a odváděcích otvorů 1 m vychází dle vztahů 4.2 a 4.3 potřebná plocha přívaděcích otvorů $S_p = 1,36 \text{ m}^2$ a potřebná plocha odváděcích otvorů $S_o = 0,66 \text{ m}^2$.

Bohužel dojírna Budislav nemá žádnou z obvodových stěn v kontaktu s vnějším prostředím, a tak je možnost přirozeného větrání velmi limitována. Proto by bylo vhodné pro tuto dojírnu využít nuceného větrání. V ideálním případě se systémem zpětného získávání tepla (ZZT).

Paralelní dojírna pro 16 dojnic – Chrbonín

V dojárně toho typu je potřeba větrat čerstvým vzduchem o celkovém objemovém průtoku $2\,104 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, čemuž odpovídá hmotností průtok $0,70 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$. K přirozenému větrání v dojárně Chrbonín je určeno celkem 5 oken o rozměru 0,6 x 0,9 m s maximálním vyklopením 15° a střešní světlík o rozměru 0,5 x 3 m s maximálním zdvihem 30° . Dle vztahů 4.2 a 4.3 je potřebná plocha přívaděcích otvorů $S_p = 1,18 \text{ m}^2$ (tuto plochu zabezpečí 3 z 5 oken) a potřebná plocha odváděcích otvorů $S_o = 1,1 \text{ m}^2$, k jejímuž pokrytí je střešní světlík rovněž dostačující.

4.3. Vytápění dojíren

Pro správný návrh otopného výkonu je třeba vyjít z tepelné bilance objektu.

4.3.1. Tepelná bilance dojíren

Tepelná bilance uzavřeného prostoru se posuzuje vztahem: (ČSN 73 0543-2)

$$\dot{Q}_c + \dot{Q}_t - \dot{Q}_v - \dot{Q}_p = 0 \quad (4.4),$$

kde: \dot{Q}_c – zdánlivá produkce citelného tepla v objektu [W]

\dot{Q}_t – výkon vytápěcího zařízení [W]

\dot{Q}_v – tepelná ztráta větráním [W]

\dot{Q}_p – tepelná ztráta prostupem [W]

Z výše uvedeného vztahu se stanoví potřebný výkon vytápěcího zařízení tak, aby tepelná bilance byla nulová.

Zdánlivá produkce citelného tepla:

Výpočet zdánlivé produkce citelného tepla je proveden dle normy ČSN 73 0543-2 dle vztahu:

$$\dot{Q}_c = \dot{q}_c \cdot Z \quad (4.5),$$

kde: \dot{q}_c – zdánlivá produkce citelného tepla jednoho zvířete [$\text{W} \cdot \text{ks}^{-1}$]; postup výpočtu viz příloha – kapitola II. Výpočet tepelné bilance dojíren.

Z – počet zvířat v objektu

Vypočtené hodnoty zdánlivé produkce citelného tepla pro jednotlivé dojírny jsou uvedeny v následující tabulce:

Dojírna	Velká Chyška	Samšín	Věžná	Dobrá Voda	Budislav	Chrbonín
\dot{Q}_c [W]	22 206	22 796	25 213	9 603	14 288	19 300

Tabulka 4.4: Vypočtené hodnoty zdánlivé produkce citelného tepla dle jednotlivých dojíren

Zdroj: Vlastní zpracování

Tepelná ztráta větráním:

Výpočet tepelné ztráty větráním je proveden podle normy ČSN 73 0543-2 dle vztahu:

$$\dot{Q}_v = (\dot{M}_v - \dot{M}_r \cdot \eta_r) \cdot c_a \cdot \Delta t_{ie} \quad (4.6)$$

kde: \dot{M}_v – hmotnostní průtok čerstvého vzduchu [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]

\dot{M}_r – hmotnostní průtok vzduchu výměníkem pro ZZT [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]

η_r – teplotní účinnost ZZT [-]

c_a – měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]; (uvažuje se $c_a = 1\,010\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

Δt_{ie} – rozdíl teplot vnitřního a vnějšího prostředí [K]; (uvažuje se $\Delta t_{ie} = 30\ \text{K}$)

Vypočtené hodnoty tepelné ztráty větráním bez ZZT – $\dot{Q}_{v;1}$, hodnoty tepelných ztrát v případě použití systému ZZT s 50 % účinností – $\dot{Q}_{v;2}$ pro hmotnostní průtoky čerstvého vzduchu stanovené v kapitole „Větrání dojíren“ jsou uvedeny v tabulce 4.5:

Dojírna	Velká Chýška	Samšín	Věžná	Dobrá Voda	Budislav	Chrbonín
$\dot{Q}_{v;1}$ [W]	23 988	24 543	27 270	10 605	15 435	21 210
$\dot{Q}_{v;2}$ [W]	11 994	12 272	13 635	5 303	7 727	10 605

Tabulka 4.5: Vypočtené hodnoty tepelné ztráty větráním dle jednotlivých dojíren bez a se systémem ZZT

Zdroj: Vlastní zpracování

Tepelná ztráta prostupem:

Výpočet tepelné ztráty prostupem je proveden dle (NOVÝ et.al., 2006). Základní tepelná ztráta prostupem \dot{Q}_0 [W] se vypočítá dle vztahu:

$$\dot{Q}_0 = \sum_{j=1}^n U_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_{ej}) \quad (4.7),$$

kde: U_j – součinitel prostupu tepla j-tou stěnou [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]

S_j – plocha j-té stěny [m^2]

t_i – vnitřní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]

t_{ej} – výpočtová teplota na vnější straně j-té stěny [$^{\circ}\text{C}$]

Ze základní tepelné ztráty prostupem se poté celková tepelná ztráta prostupem \dot{Q}_p [W] stanoví dle vztahu:

$$\dot{Q}_p = \dot{Q}_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad (4.8),$$

kde: p_1 – přírážka na vyrovnání vlivu chladných stěn [-]

p_2 – přírážka na urychlení zátoku [-]

p_3 – přírážka na světovou stranu [-]

Výpočet součinitele prostupu tepla pro jednotlivé stavební konstrukce a stanovení hodnot jednotlivých přírážek viz přílohy – kapitola II.II. Výpočet tepelné bilance dojíren – Výpočet tepelných ztrát prostupem.

Vypočtené hodnoty tepelné ztráty prostupem jsou uvedeny v následující tabulce:

Dojírna	Velká Chyška	Samšín	Věžná	Dobrá Voda	Budislav	Chrbonín
\dot{Q}_p [W]	9 464	8 208	6 874	5 499	18 848	5 800

Tabulka 4.6: Vypočtené hodnoty tepelné ztráty prostupem dle jednotlivých dojíren

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3.2. Stanovení potřebného otopného výkonu

Dosažením hodnot zdánlivé produkce citelného tepla od zvířat a tepelných ztrát větráním a prostupem do vztahu 4.4 se vypočítá potřebný výkon vytápěcího zařízení \dot{Q}_t [W] tak, aby vycházela nulová tepelná bilance dojírny.

Tabulka 4.7 porovnává jednotlivé dojírny z pohledu instalovaného otopného výkonu a potřebného výkonu vytápěcího zařízení v případě větrání s/bez ZZT.

Dojírna	Instalovaný otopný výkon [W]	\dot{Q}_t [W] bez ZZT	\dot{Q}_t [W] s ZZT
Velká Chyška	9 600	11 246	- 748
Samšín	24 000	9 954	- 2 317
Věžná	8 000	8 931	- 4 704
Dobrá Voda	12 600	6 501	1 199
Budislav	14 400	20 013	12 386
Chrbonín	4 000	7 710	- 2 895

Tabulka 4.7: Srovnání potřebného a instalovaného výkonu vytápěcího zařízení v měřených dojírnách

Zdroj: Vlastní zpracování

V případě použití pouze přirozeného větrání, tedy bez systému ZZT, je ve většině měřených dojíren použit nedostatečný výkon vytápěcího zařízení. Pouze dojírna v Samšíně, která je vybavena nuceným větráním s ohřevem vzduchu a dojírna v Dobré Vodě splňují požadavek na dostatečný vytápěcí výkon. Důvodem proč během měření nebyla zjištěna optimální teplota v těchto dojírnách je fakt, že zařízení pro vytápění nebyla během měření v provozu. V ostatních dojírnách by bylo účelné instalovat dodatečná otopná zařízení (sálavé panely, keramické zářiče) k dorovnání tepelné bilance.

Jelikož v dojírnách jsou největší tepelné ztráty způsobeny nutností požadovaného minimálního větrání, jako zajímavá varianta se jeví snížení těchto ztrát použitím výměníku pro ZZT. Při pohledu na výsledky potřebného výkonu otopného zařízení v případě využití systému ZZT s 50 % účinností jsou u většiny dojíren dokonce záporné hodnoty potřebného výkonu vytápěcího zařízení (tedy vyšší tepelné zisky nežli ztráty v prostoru dojírny). V těchto dojírnách by tedy nebylo potřeba žádné další otopné zařízení. Pouze v dojírnách Dobrá Voda a Budislav je potřeba vnitřní prostředí ještě vytápět, avšak v obou dojírnách je již dostatečný výkon instalovaného otopného zařízení. V případě dojírny Budislav by dokonce bylo žádoucí vyřešit zateplení stropu, neboť 75 % tepelných ztrát prostupem v této dojírně je způsobeno úniky přes konstrukci stropu.

Ekonomické zhodnocení variant vytápění dojírny pomocí výměníku pro ZZT, případně jen otopnými tělesy v kombinaci s přirozeným větráním, je provedeno v kapitole 6 – Ekonomické zhodnocení.

5. Zlepšování vnitřního prostředí dojíren v letním období

5.1. Výsledky měření a zhodnocení

V letním období bylo měření provedeno ve všech šesti zkoumaných dojárnách. V dojárně na farmě Samšín se měření uskutečnilo dne 7. srpna 2013 v době od 13:45 do 14:55 hodin při průměrné venkovní teplotě 29,57 °C a průměrné relativní vlhkosti 55 %. Rovněž ve Velké Chyšce proběhlo měření dne 7. srpna 2013 a sice v době od 15:31 do 16:55 hodin při průměrné venkovní teplotě 28,86 °C a průměrné relativní vlhkosti venkovního vzduchu 59,8 %. V objektech ZOD Podhradí Choustník bylo měřeno dne 8. srpna 2013, konkrétně v dojárně Chrbonín v době od 14:10 do 15:30 hodina při průměrné venkovní teplotě 27,96 °C a průměrné relativní vlhkosti 56,70 % a v dojárně Budislav v době od 16:00 do 17:00 hodin při průměrné teplotě venkovního vzduchu 26,5 °C a relativní vlhkosti 62 %. Ve Věžné proběhlo měření dne 14. srpna 2013 v době od 14:40 do 16:52 hodin při průměrné venkovní teplotě 18,53 °C a průměrné relativní vlhkosti 41,4 %. V Dobré Vodě bylo měřeno dne 16. srpna 2013 v době od 15:27 do 16:45 hodin při průměrné venkovní teplotě 22,56 °C a průměrné relativní vlhkosti 32,75 %. Všechna měření tedy proběhla v době odpoledního dojení.

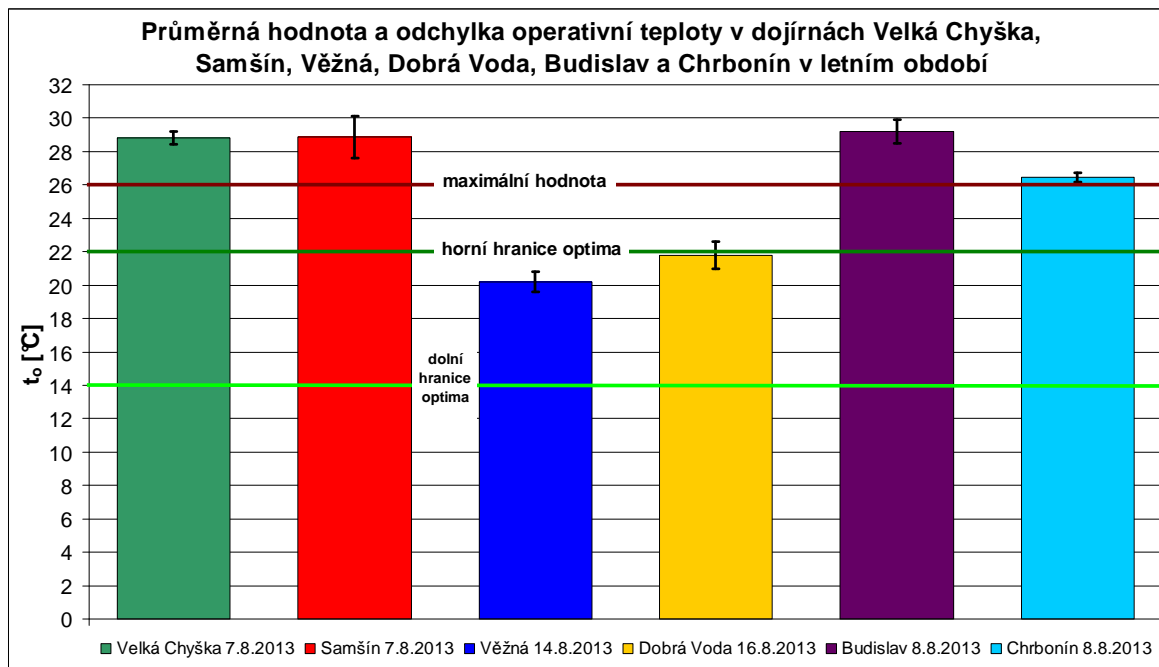
Souhrnná tabulka s výsledky krátkodobého měření včetně tabulek naměřených hodnot viz přílohy – kapitola III.II. Výsledky měření v dojárnách a zdrojová data – Letní období.

5.1.1. Tepelná pohoda

K hodnocení tepelné pohody vnitřního prostředí dojíren slouží operativní teplota (viz obrázek 5.1), relativní vlhkost (obrázek 5.2) a THI index (obrázek 5.3). Na jednotlivých obrázcích jsou zobrazeny grafy s výsledky krátkodobého měření a s vyznačením úrovně limitních hodnot pro danou veličinu.

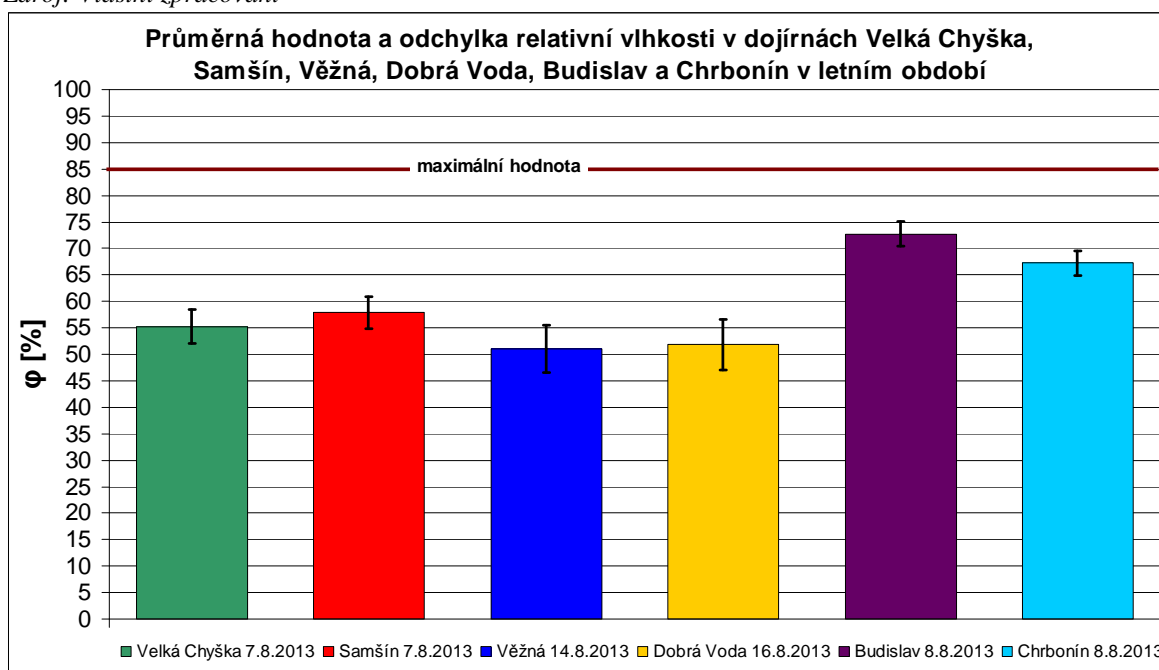
Tepelná pohoda byla zkoumána rovněž z dlouhodobého hlediska pomocí čtyř DATA LOGGERŮ instalovaných v dojárnách postupně v období od 7. srpna 2014 až do

29. srpna 2013. Souhrnné tabulky výsledků a grafické znázornění průběhů teplot a vlhkostí pro dlouhodobé měření viz přílohy – kapitola III.II. Výsledky měření v dojárnách a zdrojová data – Letní období.



Obrázek 5.1: Graf znázorňující průměrné hodnoty operativní teploty v měřených dojárnách při krátkodobém měření v letním období (7. 8. 2013, 8. 8. 2013, 14. 8. 2013 a 16. 8. 2013)

Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 5.2: Graf znázorňující průměrné hodnoty relativní vlhkosti v měřených dojárnách při krátkodobém měření v letním období (7. 8. 2013, 8. 8. 2013, 14. 8. 2013 a 16. 8. 2013)

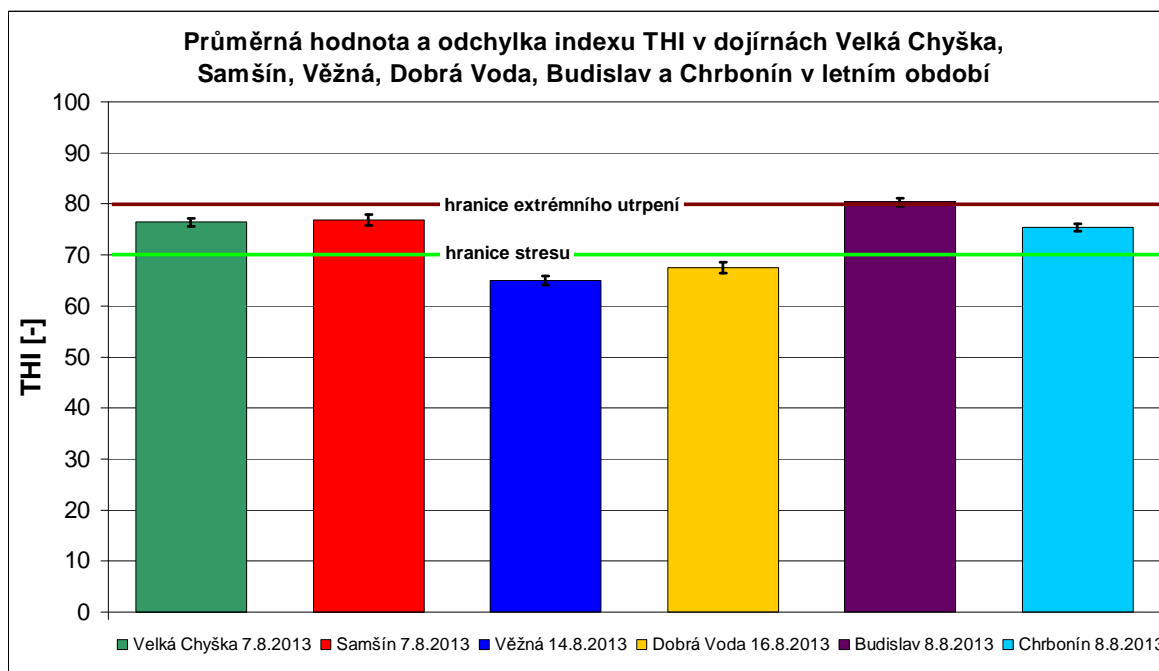
Zdroj: Vlastní zpracování

Z výsledků krátkodobého měření operativní teploty vyplývá, že příznivé teplotní podmínky byly pouze v dojárnách Věžná a Dobrá Voda, avšak měření v těchto dojárnách probíhalo při normálních klimatických podmínkách (i dlouhodobé výsledky se pohybovaly v optimálních mezích). Naopak v ostatních dojárnách probíhalo krátkodobé měření při vysokých venkovních teplotách, a také výsledky operativní teploty ve čtyřech zbývajících dojárnách překračovaly i maximální přípustnou hranici 26 °C. Z dlouhodobých výsledků měření vyplývá, že v případě ranního dojení není s teplotou vnitřního prostředí žádný problém (nejvyšší průměrná hodnota 20,18 °C byla naměřena v dojárně Budislav v období 8. srpna až 17. srpna 2013). U odpoledních dojení byla průměrná teplota vždy o 2 – 5 °C vyšší oproti dojení rannímu, přičemž v dojárně Samšín v období 7. srpna až 18. srpna 2013 byla průměrná teplota 24,1 °C a tedy vyšší jak optimální (u ostatních dojíren se průměrná teplota pohybovala kolem hranice 22 °C). Nižší dlouhodobé průměry oproti krátkodobému měření jsou způsobeny především poklesem venkovní teploty v druhé půlce měsíce srpna (viz grafické průběhy teplot v příloze – kapitola III.II. Výsledky měření v dojárnách a zdrojová data – Letní období).

Krátkodobým měřením nebyly zjištěny žádné problémy s vlhkostí v dojárnách (nejvyšší hodnota byla v dojárně Budislav 72,72 %), avšak z dlouhodobých výsledků vyplývá, že v případě ranního dojení je ve vlhkost o 10 – 20 % vyšší nežli v případě dojení odpoledního, přičemž zejména ke konci měsíce když byla vyšší relativní vlhkost venkovního vzduchu, tak i v dojárnách vlhkost překročila kritickou hranici 85 %.

S teplotou a vlhkostí úzce souvisí index THI, vyjadřující tepelnou zátěž organismu. Z měření vyšly nejlépe dojírny ve Věžné a Dobré Vodě, jejichž jak krátkodobé, tak dlouhodobé průměrné a dokonce i maximální hodnoty byly pod kritickou hodnotou 70 značící začínající stres organismu. To má však souvislost s nízkou teplotou a relativní vlhkostí okolního prostředí (nikterak vysoké hodnoty v měřeném období 20. srpna až 25. srpna 2013). Zcela odlišné jsou už výsledky u dojíren, v nichž probíhalo měření za vysokých teplot okolního prostředí, kdy všechny zbylé dojírny vykazovaly stresové prostředí pro dojnice z hlediska tepelné pohody a v případě dojírny Budislav šlo dokonce o překročení hranice vykazující již extrémní utrpení dojnic. U dlouhodobých výsledků je opět patrný rozdíl mezi ranním a odpoledním dojením, kdy v době ranního dojení jsou hodnoty THI indexu vždy pod hranicí 70 bodů. Naopak u odpoledních dojení, zejména

v první polovině měsíce srpna, hodnoty THI indexu překračovali hranici 70 bodů, u průměrných hodnot však jen o maximálně 2 body (oblast mírného stresu), avšak maximální naměřené hodnoty se pohybovali již nad hranicí 78 bodů u všech čtyř dojíren (Samšín – 79; Velká Chyška – 78; Chrbonín – 79 a Budislav 80 bodů).

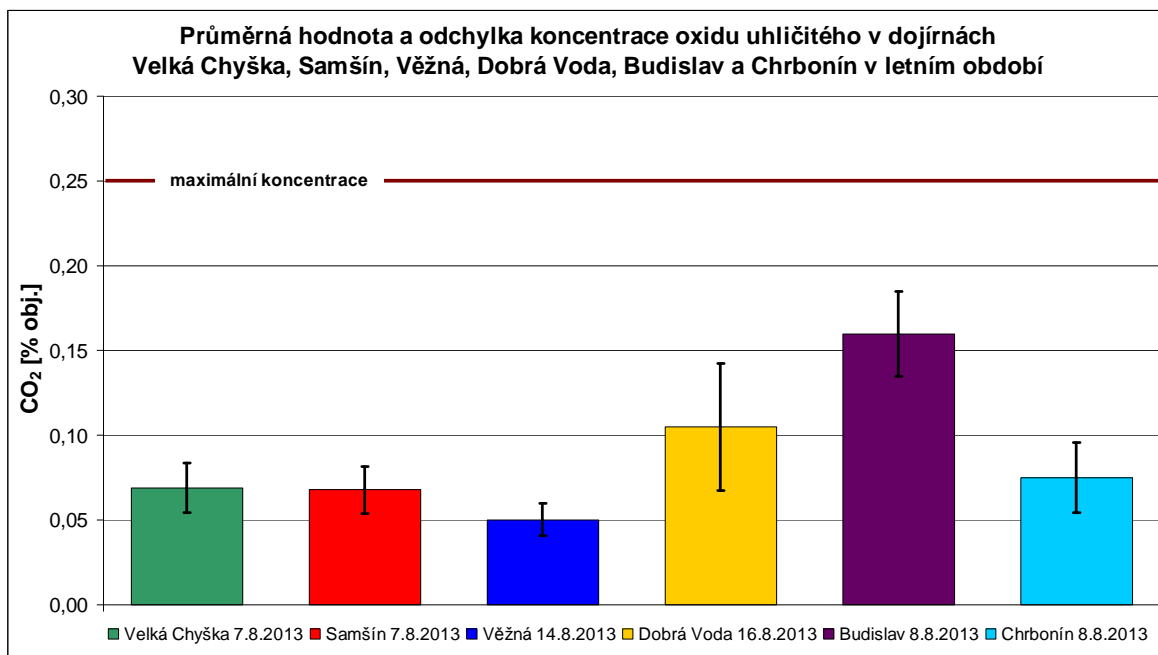


Obrázek 5.3: Graf znázorňující průměrné hodnoty THI indexu v měřených dojárnách při krátkodobém měření v letním období (7. 8. 2013, 8. 8. 2013, 14. 8. 2013 a 16. 8. 2013)

Zdroj: Vlastní zpracování

5.1.2. Hygienická pohoda

K hodnocení hygienické pohody slouží ukazatel koncentrace oxidu uhličitého. V měřeném období se nepředpokládalo překročení maximální povolené hranice 0,25 % obj., neboť v letním období jsou dojírny mnohem více provětrávány. Tomu odpovídaly také naměřené výsledky (viz obrázek 5.4), kdy ve většině dojíren byly naměřeny průměrné hodnoty koncentrace CO₂ do 0,1 % obj., pouze v dojárně Budislav byla průměrná hodnota vyšší a sice 0,16 % obj. (max 0,21 % obj.) a tedy stále v povolených mezích. U dojírny Budislav je však patrné horší větrání vnitřního prostoru, neboť tato dojárna vykazovala také nejvyšší hodnoty u teploty a relativní vlhkosti vnitřního prostředí.

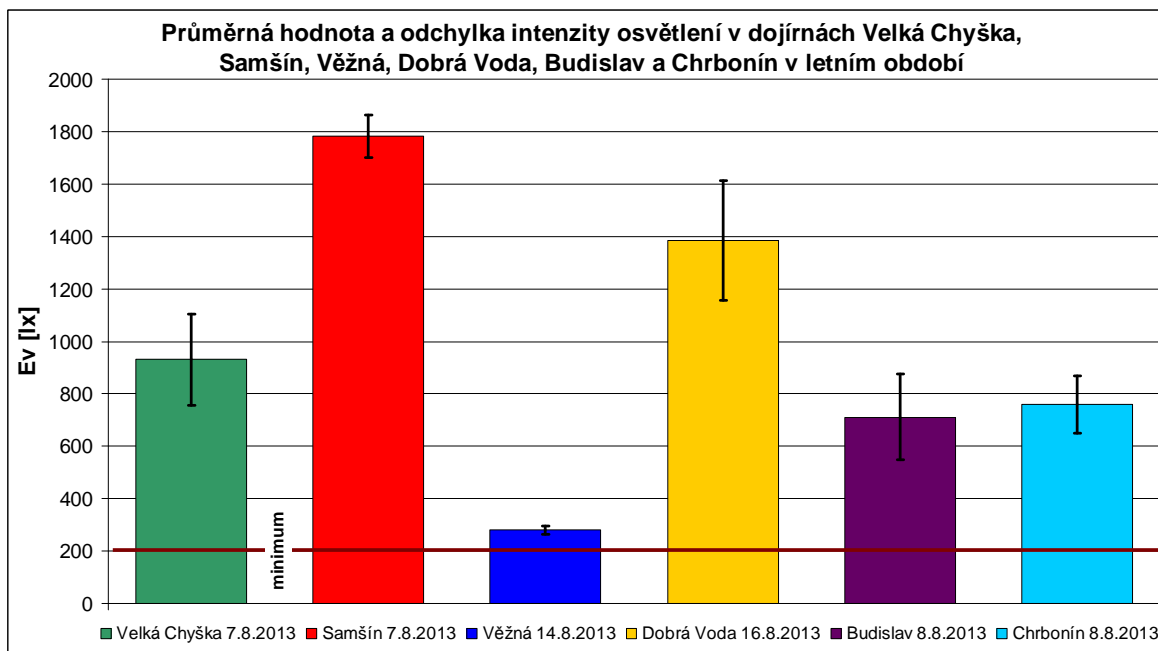


Obrázek 5.4: Graf znázorňující průměrné koncentrace oxidu uhličitého v měřených dojárnách při krátkodobém měření v letním období (7. 8. 2013, 8. 8. 2013, 14. 8. 2013 a 16. 8. 2013)

Zdroj: Vlastní zpracování

5.1.3. Vizuální pohoda

Výsledky intenzity osvětlení jednotlivých dojíren jsou na obrázku 5.5.



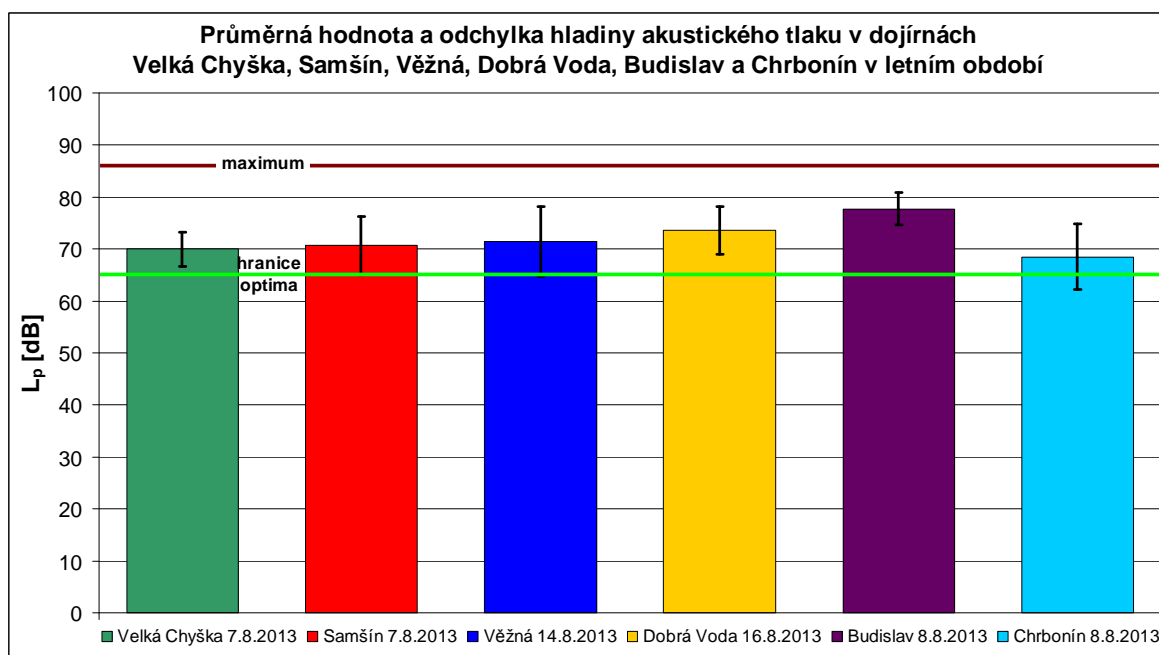
Obrázek 5.5: Graf znázorňující průměrné hodnoty intenzity osvětlení v měřených dojárnách při krátkodobém měření v letním období (7. 8. 2013, 8. 8. 2013, 14. 8. 2013 a 16. 8. 2013)

Zdroj: Vlastní zpracování

Stejně jako v zimním období tak i v letním je ve všech dojárnách splněn požadavek minimální intenzity osvětlení. Výsledky pro jednotlivé dojírny jsou však značně odlišné, neboť během měření bylo v dojárnách Samšín, Velká Chyška a Dobrá Voda pouze denní osvětlení (dostačující venkovní světelné podmínky), zatímco v ostatních dojárnách bylo využito i umělého osvětlení (kvůli horším venkovním světelným podmínkám). Rovněž ostatní ukazatele vizuální pohody (činitel denní osvětlenosti, rovnoměrnost denního osvětlení, rovnoměrnost umělého osvětlení a měrný příkon svítidel) splňují potřebná kritéria (viz přílohy – kapitola III.II. Výsledky měření v dojárnách a zdrojová data – Letní období).

5.1.4. Akustická pohoda

Naměřené hodnoty hladiny akustického tlaku jsou zobrazeny na obrázku 5.6.



Obrázek 5.6: Graf znázorňující průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku v měřených dojárnách při krátkodobém měření v letním období (7. 8. 2013, 8. 8. 2013, 14. 8. 2013 a 16. 8. 2013)

Zdroj: Vlastní zpracování

Z grafu zobrazujícího hladinu akustického tlaku jsou patrné takřka totožné výsledky s výsledky zimního období. Nejhorší výsledky byly naměřeny v dojárně Budislav (průměrná hodnota 77,7 dB(A)). Zajímavý je však pohled na maximálně naměřené hodnoty u jednotlivých dojíren, kde u většiny z nich byla překročena dokonce hodnota 85 dB(A) (Věžná – 90 dB(A); Dobrá Voda – 85 dB(A); Budislav – 86 dB(A) a Chrbonín

86 dB(A)). Rovněž ekvivalentní hladina akustického tlaku se u všech dojíren pohybuje pod hodnotou 85 dB(A).

5.2. Větrání dojíren

5.2.1. Výpočet potřebného průtoku vzduchu v letním období

Výpočet potřebného průtoku vzduchu v letním období je proveden dle normy ČSN 73 0543-2, kdy se průtoky stanovují pro odvod tepla na jedno zvíře. Veškeré potřebné výpočtové vztahy jsou uvedeny v příloze – kapitola I.IV. Výpočet větrání – Výpočet průtoku vzduchu v letním období. Během výpočtů se vycházelo z následujících předpokladů:

- Průměrná hmotnost dojnice: 650 – 750 kg
- Počty dojnic v dojrně: 8; 12; 16 a 24 (viz kapitola 3.3)

V následující tabulce jsou zobrazeny vypočtené hodnoty požadovaného průtoku vzduchu pro jednotlivé dojírní:

	Hmotnostní průtok vzduchu	Objemový průtok vzduchu
	[kg.s ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]
Velká Chyška (24 dojnic)	3,43	10 284
Samšín (24 dojnic)	3,91	11 732
Věžná (24 dojnic)	3,31	9 922
Dobrá Voda (8 dojnic)	1,30	3 886
Budislav (12 dojnic)	1,67	5 000
Chrbonín (16 dojnic)	2,58	7 742

Tabulka 5.1: Potřebné průtoky větracího vzduchu v letním období v jednotlivých dojárních dle ČSN 73 0543-2.

Zdroj: Vlastní zpracování

Rozdílné hodnoty požadovaného průtoku vzduchu u kruhových dojíren pro 24 dojnic jsou způsobeny činiteli zohledňující hmotnost stavby a plochu průsvitných konstrukcí. Konstrukce dojírní v Samšíně je z PUR panelu a jedná se tedy o lehkou stavbu, naproti tomu zděná dojírna ve Velké Chyšce a dojírna z betonových sendvičových panelů ve Věžné jsou stavby středně těžké a tedy s větší akumulací schopností. Plocha průsvitných konstrukcí je nejnižší ve Věžné (dojírní Samšín a Velká Chyška mají obě

vyšší činitel zohledňující plochu průsvitných konstrukcí), kde tedy nedochází k takovému prohřátí vnitřního prostředí okny a je zde tedy nižší nutnost provětrávat. Pro zjednodušení lze uvažovat pro dojírnu pro 24 dojníc s lehkou konstrukcí potřebný průtok vzduchu $12\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, zatímco v případě konstrukce středně těžké lze uvažovat s potřebným průtokem $10\,500\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Přirozené větrání v letním období není vhodné využívat, neboť kvůli malým rozdílům vnitřní a venkovní teploty není dostatečně účinné (pro malou dojírnu pro 8 dojníc by byla potřeba plocha přiváděcích a odváděcích otvorů dle vztahů 4.2 a 4.3 kolem 8 m^2 , a pro velké dojírny pro 24 dojníc dokonce plochy převyšující 20 m^2). V letním období je mnohem účelnější využívat větrání nucené.

5.2.2. Nucené větrání

Nucené větrání je možné rozdělit na **přetlakové**, **podtlakové** a **rovnotlaké**. Každý z uvedených systémů má své výhody i nevýhody. Pro větrání prostoru dojírny v letním období může být vhodnější spíše přetlakové větrání, neboť nedochází k nasávání již kontaminovaného vzduchu z čekáren. Další výhodou oproti podtlakovému způsobu je, že ventilátor přivádějící vzduch není vystaven znečištěnému vzduchu a dá se tedy očekávat jeho delší životnost. Přehled navržených ventilátorů pro jednotlivé dojírny je uveden v následující tabulce.

Dojírna	Typ ventilátoru	Objemový průtok [$\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$]	Cena [Kč bez DPH]
Velká Chyška	HCFT/6-630 HB	11 000	16 468
Samšín	HCFT/4-560 HB	12 480	18 956
Věžná	HCFT/6-630 HB	11 000	16 468
Dobrá Voda	HCFT/6-450 HB	4 550	12 101
Budislav	HCFT/4-400 HB	5 070	8 843
Chrbonín	HCFB/6-560 HB	7 870	15 582

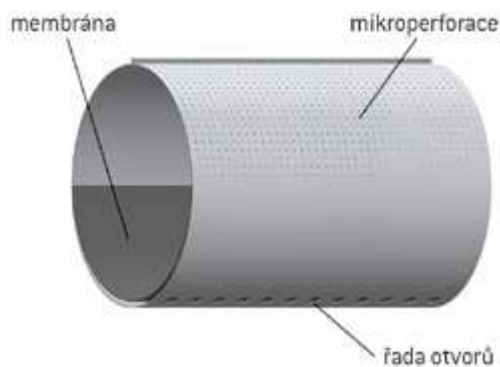
Tabulka 5.2: Přehled navržených ventilátorů pro nucené větrání v letním období pro jednotlivé dojírny

Zdroj:(ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o.); Vlastní zpracování

Všechny navržené ventilátory splňují požadavky na průtoky větracího vzduchu v letním období stanovené dle tabulky 5.1. Jelikož v případě přetlakového větrání do dojírny nevniká jiný vzduch, než nuceně přiváděný ventilátory, je vhodné ventilátory umístit spíše na severní stěny dojíren, kde se předpokládá nasávání vzduchu chladnějšího

oproti ostatním stěnám (případně nasávat vzduch ze zastíněných prostor). K uvedeným ventilátorům není potřebné montovat rozvodné potrubí, neboť dojírny ve většině případech mají stěny sousedící s okolním prostředím. Pouze v případě dojírny Budislav, jejíž obvodové stěny nesousedí s vnějším prostředím, je ještě nutné přidat rozvodné potrubí, čímž se zvýší cena za ventilační systém. Všechny uvedené ventilátory je možné vybavit regulátory otáček. Vhodné je rovněž opatřit ventilátory žaluziovými klapkami pro uzavření v době kdy se ventilátory nepoužívají (především v zimním období).

Pro rovnoměrný rozvod větracího vzduch v celém prostoru dojírny je možné použít rozváděcího systému. Vhodným řešením může být použití potrubí ze speciálních tkanin (viz obrázek 5.7), kdy vzduch proniká do vnitřního prostředí mikroperforací - otvory v tkanině o průměru 0,2 - 0,4 mm. Mikroperforací je dosaženo rozvodu vzduchu do vzdálenosti až 3 m s rychlostí proudění vzduchu $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (v případě potřeby delších dosahů vzduchu je možné volit potrubí s perforací – otvory v tkanině kolem 4 mm s dosahem až 12 m). Výhodou tkaninových systémů rozvodu vzduchu je především možnost snadného demontování rozvodů a jejich čištění v pračkách. (PŘÍHODA – firemní literatura)



Obrázek 5.7: Schéma tkaninového rozvodného potrubí

Zdroj: www.prihoda.com

5.3. Opatření proti tepelnému stresu dojníc

Z obrázku 5.3 je patrné, že dojnice jsou během horkých letních dní vystaveny tepelnému stresu, který ovlivňuje nejen pohodu zvířat, ale také jejich užitkovost. V podmínkách, kdy je teplota okolního prostředí vyšší než tělesná teplota zvířat, je možnost výdeje tepla konvekcí značně redukována a tzv. evaporační transfer (evaporace

kůží a horními cestami dýchacími) představuje jediný způsob, kterým dojnice mohou vydávat teplo do okolního prostoru. Proto právě evaporační ochlazování je nejběžnějším způsobem ochrany proti tepelnému stresu.

5.3.1. Evaporační ochlazování

V průběhu let byly vyvinuty různé systémy evaporačního ochlazování, a sice na základě evaporace vody ze vzduchu, nebo na základě evaporace vody z povrchu zvířat. Rozlišuje se tedy: (JONES-STALLING, 1999; DOLEŽAL et.al., 2010)

- **Nepřímé evaporační ochlazování** – evaporace ochlazovaného vzduchu okolo těla zvířete, kdy je voda rozstříkována do okolního vzduchu. Tato metoda však není tolik účinná.
- **Přímé evaporační ochlazování** – techniky využívající postřiků, kropení, skrápění a sprchování těla zvířete. Tato metoda je mnohem účinnější a také mnohem více využívána.

Přímé evaporační ochlazování:

Jedná se o rozstříkávání vody na povrch dojnic, která proniká přes jejich srst. Částičky vody však musejí být dostatečně velké (0,05 – 0,15 mm), jelikož v případě menších částic (0,02 – 0,05 mm) dochází k ulpívání vody na srsti, která vytváří izolační vrstvu bránící výdeji tepla z organismu. Systém skrápění může být realizován buďto pomocí rámu se skrápěči ve vstupu do čekárny, nebo pomocí sítě skrápěčů umístěných ve stropním prostoru čekárny, kdy každých 15 minut dochází ke 20 až 30 sekundovému skrápění povrchu dojnic v čekárně. Přímé evaporační ochlazování je vhodné doplnit o pomaloběžné velkopřůměrové ventilátory (průměr 800 – 1000 mm, s poloměrem účinnosti 8 – 10 m) instalované tak, aby proud vzduchu směřoval do čekárny směrem k dojrně. Ventilátory napomáhají okamžitému zchlazení těla dojnice a ta tak vstupuje do dojírny bez projevu tepelného stresu. (JONES-STALLING, 1999; DOLEŽAL et.al. 2002)

6. Ekonomické zhodnocení

Při rozhodování o pořízení systému ZZT za účelem větrání a vytápění dojíren v zimním období je důležité spočítat dobu návratnosti investice do tohoto systému. Rozhodující je, zdali se investice do systému ZZT za dobu své životnosti vrátí a případně jaký zisk oproti použití klasického systému vytápění v kombinaci s přirozeným větráním přinese.

6.1. Výpočtové vztahy pro výpočet doby návratnosti investice

K výpočtu doby návratnosti investice do systému ZZT je využito následujících vztahů. (ADAMOVSKEÝ-KÁRA, 2002)

Roční hrubý výnos ΔHV [Kč.r⁻¹] dosažený nižšími náklady na energii:

$$\Delta HV = (W_e - W_{e,R}) \cdot C_e \quad (6.1)$$

kde: W_e – původní roční spotřeba elektrické energie [J.r⁻¹]

$W_{e,R}$ – roční spotřeba elektrické energie s použitím systému ZZT [J.r⁻¹]

C_e – cena elektrické energie [Kč.J⁻¹]

Roční suma hrubého výnosu a změny provozních nákladů HVN [Kč.r⁻¹]:

$$HVN = \Delta HV - \Delta N \quad (6.2)$$

kde: ΔN – roční změna provozních nákladů (na opravu, údržbu a mzdy) [Kč.r⁻¹]

Diskontované hodnoty budoucích ročních výnosů DV_n [Kč.r⁻¹]:

$$DV_n = \frac{HVN_n}{\left(1 + \frac{i-b}{1+b}\right)^n} \quad (6.3)$$

kde: i – bankovní, resp. požadovaný uživatelský úrok [-]

b – míra inflace [-]

n – rok provozu systému ZZT [-]

Doba návratnosti T_n [rok] investice do systému ZZT se stanoví dle vztahu:

$$\sum_{n=1}^{T_n} DV_n = I \quad (6.4)$$

kde: I – celkové investiční náklady do systému ZZT [Kč]

Součet diskontovaných hodnot budoucích ročních výnosů SDV [Kč] po dobu životnosti T_z systému ZZT :

$$SDV = \sum_{n=1}^{T_z} DV_n \quad (6.5)$$

Finanční zisk (ztráta) FZ [Kč] za dobu životnosti T_z :

$$FZ = SDV - I \quad (6.6)$$

6.2. Doba návratnosti investic do systému ZZT u vybraných dojíren

Propoččet návratnosti systému ZZT je proveden u dojíren ve Velké Chyšce, v Budislavi a v Chrboníně, u nichž bylo zjištěno nedostatečné vytápění za předpokladu požadovaného minimálního větrání v zimním období. Dojírný v Samšíně a Dobré Vodě mají instalovaný dostatečný otopný výkon. Dojírna ve Věžné sice nemá požadovaný otopný výkon, avšak během dlouhodobého měření byly zjištěny optimální hodnoty teploty a výpočet by byl totožný jako pro dojírnu ve Velké Chyšce.

Do dojírny ve Velké Chyšce je navrhnout výměník SORKE RIB 2500 s maximálním průtokem vzduchu $2700 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (je tedy vhodný rovněž pro dojírnu ve Věžné). Do dojírny v Budislavi je navrhnout výměník SORKE RIB 1600. Do dojírny v Chrboníně je navrhnout výměník CADB-DI 18 s průtokem vzduchu $2100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ od firmy VSM Teplíce. Ceny výměníku včetně nákladů na montáž a vzduchovodné potrubí jsou

uvedeny v tabulce 6.1. Všechny výměníky jsou vybaveny elektrickým ohřevem vzduchu o výkonu 6 kW (vhodné k použití zejména v začátcích dojení), regulací, deskovým filtrem F7 na přívodu vzduchu, deskovým filtrem G4 na odvodu vzduchu a izolací tloušťky 5 mm.

Během výpočtů ekonomické návratnosti investice se vycházelo z údajů uvedených v tabulce 6.1. Hodnoty spotřeby elektrické energie jsou stanoveny pomocí výpočtových programů „Výpočet denostupňů“ a „Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody“ na portálu TZB-info.

Vstupní údaje:		Velká Chyška	Budislav	Chrbonín
původní roční spotřeba el.en.	W_e [MJ.rok ⁻¹]	19750	21175	13583
roční spotřeba el.en. ZZT	$W_{e,R}$ [MJ.rok ⁻¹]	5340	13425	3350
cena elektrické energie	C_e [Kč.MJ ⁻¹]	0,935	0,935	0,935
provozní náklady	ΔN [Kč.rok ⁻¹]	2200	1500	2000
bankovní (uživatelský) úrok	i [-]	0,016	0,016	0,016
míra inflace	b [-]	0,014	0,014	0,014
celková investice	I [Kč]	117 375	91 232	100 665
Doba životnosti	T_z [let]	15	15	15

Tabulka 6.1: Vstupní údaje pro výpočet ekonomické návratnosti do systému ZZT u dojření: Velká Chyška, Budislav a Chrbonín

Zdroj: Vlastní zpracování; (www.tzb-info.cz); (SORKE – firemní literatura); (VSMTeplice – firemní literatura); (www.czso.cz); (www.finance.cz)

Výsledky výpočtů ekonomické návratnosti investic jsou zobrazeny v tabulce 6.2. Z výsledků plyne, že navrhované využití systému ZZT u dojírny ve Velké Chyšce bude splaceno v 11. roce provozu (konkrétně po 10-ti letech 6-ti měsících a 11-ti dnech), kdy se suma diskontovaných hodnot budoucích ročních výnosů rovná celkové investici. V dalších letech již není nutné výnosy diskontovat. Použití systému ZZT v této dojárně generuje zisk ve výši 50 270 Kč. V případě dojírny v Chrboníně dojde ke splacení investice až ve 14. roce provozu (konkrétně po 13-ti letech 5-ti měsících a 29-ti dnech), přičemž zisk při použití tohoto systému je již jen 11 306 Kč. V dojárně v Budislavi se systém ZZT po dobu své životnosti dokonce vůbec nesplatí a po patnácti letech provozu je počítáno se ztrátou 6 383 Kč (systém by byl splacen až v 17. roce provozu tedy dva roky po počítané době životnosti systému).

Hrubý roční výnos	ΔHV [Kč.rok ⁻¹]	13 473	7 246	9 568
Roční suma hrubého výnosu:	HVN [Kč.rok ⁻¹]	11 273	5 746	7 568
Diskontované hodnoty budoucích ročních výnosů po dobu životnosti systému ZZT	DV_n [Kč.rok ⁻¹]	Velká Chýška	Budislav	Chrbonín
	1	11 251	5 735	7 553
	2	11 229	5 724	7 538
	3	11 207	5 712	7 524
	4	11 185	5 701	7 509
	5	11 163	5 690	7 494
	6	11 141	5 679	7 479
	7	11 119	5 668	7 464
	8	11 097	5 656	7 450
	9	11 075	5 645	7 435
	10	11 053	5 634	7 420
	11	11 032	5 623	7 406
	12	11 273	5 612	7 391
	13	11 273	5 601	7 377
	14	11 273	5 590	7 362
15	11 273	5 579	7 347	
Součet diskontovaných hodnot	SDV [Kč]	167 645	84 849	111 971
Finanční zisk/ztráta	FZ [Kč]	50 270	-6 383	11 306

Tabulka 6.2: Výpočet ekonomické návratnosti systému ZZT u dojřen Velká Chýška, Budislav a Chrbonín

Zdroj: Vlastní zpracování

7. Závěr

Tato práce hodnotí stav vnitřního prostředí v dojárnách. Nejprve bylo podrobně rozebráno podle jakých kategorií se posuzuje stav vnitřního prostředí. U jednotlivých kategorií byla dle příslušných norem uvedena požadovaná kritéria, která by měla být dodržena. Nejdůležitějšími kategoriemi hodnotícími tepelnou pohodu jsou teplota vnitřního prostředí, relativní vlhkost a THI index. Teplota vnitřního prostředí by se v zimním období měla pohybovat optimálně v rozmezí 14 – 16 °C (minimální hodnota na začátku dojení by neměla klesnout pod 10 °C) a v letním období by se teplota vnitřního prostředí měla optimálně pohybovat v rozmezí 14 – 22 °C (občasně je přípustné až 26 °C). Relativní vlhkost vnitřního vzduchu by jak v létě tak v zimě neměla překročit 85 %. Hodnoty THI indexu, jenž je ukazatelem tepelného stresu dojnic, by se měly pohybovat pod hodnotou 70 bodů (hodnoty v rozmezí 70 – 78 bodů vykazují stresové prostředí pro dojnice a hodnoty nad 78 bodů dokonce ukazují na extrémní utrpení dojnic). Dále jsou hodnoceny hygienická pohoda (kdy koncentrace CO₂ v prostoru dojírny nesmí překročit 0,25 % obj.), vizuální pohoda (kdy je požadována minimální intenzita osvětlení 200 lx v prostoru dojiče) a akustická pohoda (kdy hladina akustického tlaku z krátkodobého hlediska nesmí překročit hodnotu 85 dB(A), přičemž dlouhodobě by se neměla pohybovat nad hodnotou 65 dB(A)).

Všechny výše uvedené kategorie byly krátkodobě měřeny pomocí sady čidel popsanych v kapitole „Metodika a měření základních parametrů“, přičemž měření proběhlo celkem v šesti dojárnách (3 kruhové pro 24 dojnic, 2 paralelní pro 12 a 16 dojnic a jedna tandemová pro 8 dojnic). Navíc tepelná pohoda byla zkoumána i dlouhodobě. Měření probíhalo v zimním a letním období, kdy se očekávaly klimaticky nepříznivé venkovní podmínky (bohužel během měření v zimním období nebylo mnoho extrémně mrazivých dní a teplota se pohybovala většinou jen kolem 0 °C).

V zimním období probíhalo měření pouze na čtyřech farmách (na zbylých dvou probíhaly stavební úpravy). U všech měřených farem byl při krátkodobém měření zjištěn problém s teplotou a vlhkostí. Teplota během krátkodobého měření se v průměru pohybovala pouze kolem 12 °C a rovněž dlouhodobé pozorování teploty během dojení se pohybovalo kolem 12 °C. Pouze dlouhodobé měření ve Věžné vykazovalo průměrné

hodnoty kolem 16 °C, tedy optimální. Vlhkost v dojárnách byla jak během krátkodobého, tak i během dlouhodobého měření nad hodnotou 85 %, vyjma dojírny ve Velké Chyšce, kde krátkodobé měření vykazovalo hodnoty kolem 70 % (avšak dlouhodobě se hodnoty již pohybovaly nad 85 %). Nejhorší situace byla zjištěna v dojárně Samšín, kde se hodnoty vlhkosti pohybovaly kolem 100 %, i když jde o nejmodernější dojírnu vybavenou systémem nuceného větrání s ohřevem vzduchu (tento systém se však dle vyjádření pracovníků nepoužívá). Podle očekávání se hodnoty THI indexu v zimním období pohybovaly pod 70 bodů (průměrné hodnoty kolem 50 bodů). Hygienická pohoda hodnocená koncentrací CO₂ v prostoru dojírny nevykazovala během měření žádné problémy – průměrné hodnoty se pohybovaly od 0,09 do 0,16 % obj. (ani maximální naměřené hodnoty nepřesáhly 0,25 % obj.). Rovněž v případě vizuální pohody, hodnocené intenzitou osvětlení, nebyly zaznamenány žádné problémy – průměrné hodnoty vždy překračovaly 200 lx. Akustická pohoda, hodnocená hladinou akustického tlaku, vykazovala během měření hodnoty nad optimální hranicí 65 dB(A) překročené průměrně o 4 dB(A), avšak dojnice jsou této hodnotě vystaveny jen krátkodobě (cca 10 min.). K překročení maximální povolené hodnoty 85 dB(A) došlo pouze v jediném změřeném případě (dojírna Dobrá Voda s maximální naměřenou hodnotou 86,52 dB(A)).

Vysoká vlhkost v dojárnách je zapříčiněna častým používáním vody v kombinaci s nedostatečným větráním prostoru dojíren. Výpočet minimálního požadovaného průtoku vzduchu byl proveden podle normy ČSN 73 0543-2. Tato norma stanovuje požadovaný průtok pro odvod vlhkosti a požadovaný průtok pro odvod CO₂, přičemž za výpočtovou hodnotu průtoku větracího vzduchu se bere maximální hodnota z těchto údajů. Vyšší hodnoty potřebného průtoku vzduchu byly vždy vypočteny pro odvod CO₂, což je v rozporu s výsledky měření. Výpočty dle normy pravděpodobně neberou dostatečně v úvahu časté používání vody v prostoru dojírny a bylo by tak vhodné na základě experimentálních měření stanovit hodnotu opravného koeficientu, jenž by bral do úvahu při výpočtech větší spotřebu vody v dojárnách.

Z výpočtů požadovaných průtoků vzduchu v zimním a přechodném období vyplývá, že u dojírny pro 24 kusů dojnic je třeba 2 700 m³.h⁻¹, u dojírny pro 16 dojnic je třeba 2 100 m³.h⁻¹, u dojírny pro 12 dojnic je třeba 1 500 m³.h⁻¹ a u dojírny pro 8 dojnic je třeba pouze 1 050 m³.h⁻¹. Všechny uvedené průtoky je možné realizovat pomocí

přirozeného větrání s přívodem vzduchu okny a odvodem pomocí střešních světlíků či větracích komínů. U většiny dojíren jsou plochy pro potřebný průtok čerstvého větracího vzduchu více než dostatečné, pouze v případě dojírny ve Věžné je potřeba zvýšit počet větracích komínů či zvýšit plochu současných větracích komínů. Problémem je však časté uzavření všech větracích otvorů v prostorách dojíren během potřeby větrání.

Výpočty zimní tepelné bilance dojíren ukazují ve většině případů na nedostatečně dimenzované vytápění prostoru dojírny, za předpokladu dodržení požadovaných minimálních průtoků větracího vzduchu. Pouze dojírna Samšín, která je vybavena nuceným větráním s ohřevem vzduchu a dojírna v Dobré Vodě splňují dostatečně požadavky na vytápěcí výkon. I přesto byly v těchto dojírnách naměřeny teploty nižší jak optimální, což bylo způsobeno nedostatečným využitím vytápěcího systému. V ostatních dojírnách je nutné zvýšit výkony vytápěcího zařízení. Jednou z možností je instalace dodatečných sálavých topných panelů či keramických zářičů. Další možností je využití systému ZZT, jelikož největší tepelné ztráty v dojírnách jsou dle výpočtů způsobeny větráním. Při použití nuceného větrání s výměníkem pro ZZT s 50 % účinností je již ve všech dojírnách vytápění dostačující. Avšak z ekonomického hlediska se použití systému ZZT vyplatí pouze u větších dojíren. U dojírny pro 16 dojnic dojde ke splacení investice do systému ZZT až ve 14. roce provozu z plánované patnáctileté životnosti tohoto systému s počítaným ziskem 11 300 Kč. Není však jisté, že systém ZZT vydrží v agresivnějším prostředí dojíren celou plánovanou dobu životnosti, a tak u toho typu dojíren je využití systému ZZT na hranici použitelnosti. Lepších výsledků je dosaženo při použití systému ZZT u dojíren pro 24 dojnic, kdy ke splacení dojde již v 11. roce provozu s počítaným ziskem 50 200 Kč. U menších dojíren se systém ZZT za dobu své životnosti nezaplatí.

V letním období probíhalo měření ve všech šesti dojírnách. Obdobně jako v zimním období, tak i v letním nebyly zjištěny žádné problémy s hygienickou pohodou (koncentrace CO_2 se v průměru pohybovaly kolem hodnot 0,06 – 0,15 % obj.), vizuální pohodou (intenzita osvětlení ve všech dojírnách byla vždy vyšší jak 200 lx) a rovněž akustickou pohodou (hladina akustického tlaku se pohybovala na hranici 70 dB(A) a tedy lehce nad optimem, avšak stále pod maximální přípustnou hranicí 85 dB(A)). Jediné problémy tak byly opět zjištěny v případě tepelné pohody. Relativní vlhkost během krátkodobého měření byla u všech dojíren v rozmezí 50 – 75 % a tedy bez problémů.

Avšak při dlouhodobých měřeních a především v případě ranního dojení se již vlhkost pohybovala i nad hranicí 85 %. V dojárnách, v nichž probíhalo krátkodobé měření při venkovních teplotách kolem 28 °C byla překročena maximální přípustná vnitřní teplota 26 °C. Avšak při dlouhodobém měření se již průměrné teploty v dojárnách pohybovaly pod 20 °C v případě ranního dojení a kolem 22 °C v případě odpoledního dojení. Je tedy patrné, že problémy s teplotou jsou pouze během tropických letních dní. Vyšší teplota vnitřního prostředí může způsobovat dojnícím tepelný stres, jehož projevem může být jak nižší užitkovost, tak i zdravotní problémy dojnic. To je potvrzeno výsledky THI indexu, kdy především u dojíren měřených během vyšších venkovních teplot se hodnoty jak krátkodobého, tak i dlouhodobého měření pohybovaly nad 70-ti body s maximálními naměřenými hodnotami dokonce nad 78 bodů.

Vhodnými způsoby zlepšení tepelné pohody v letním období jsou především důkladné provětrávání a evaporační ochlazování. Dle výpočtů podle ČSN 73 0543-2 vyplývá pro letní období potřeba průtoku vzduchu 11 700 m³.h⁻¹ u dojírny pro 24 kusů dojnic, 7 700 m³.h⁻¹ u dojírny pro 16 dojnic, 5 000 m³.h⁻¹ u dojírny pro 12 dojnic a 3 900 m³.h⁻¹ u dojírny pro 8 dojnic. V letním období již není možné realizovat přirozené větrání, a tak bylo pro jednotlivé dojírny navrženo přetlakové nucené větrání pomocí axiálních ventilátorů. Evaporační ochlazování je účinným nástrojem pro snižování tepelného stresu dojnic. Jedná se o rozstřikování vody na povrch těla dojnice v kombinaci s pomaloběžnými velkopřůměrovými ventilátory, které okamžitě ochlazují povrch dojnic. Tento systém ochlazování je vhodné instalovat do čekárny tak, aby dojnice vstupovala do prostoru dojírny již bez známek tepelného stresu.

8. Seznam literatury

ADAMOVSKEÝ, Radomír-KÁRA, Jaroslav. *Využití druhotného tepla větracího vzduchu stájí*. 1. vydání. Praha: ČZU, Technická fakulta, 2002. 211 s. ISBN 80-213-0859-1

AHLBORN – firemní literatura

ARMSTRONG, Dennis V. Heat stress interaction with shade and cooling, *Journal of Dairy science*, 1994, vol. 77, no. 7, s. 2044 – 2050.

COMET – firemní literatura

ČSN 73 0543-2. *Vnitřní prostředí stájových objektů - Část 2: Větrání a vytápění*. Praha: Český normalizační institut, 1998. 36 s.

ČSN 73 0580-1. *Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 24 s.

ČSN EN ISO 9612. *Akustika - Určení expozice hluku na pracovišti - Technická metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2010. 44 s.

ČSN EN 12464-1. *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory*. Praha: Český normalizační institut, 2012. 56 s.

DOLEŽAL, Oldřich et.al. *Metody eliminace tepelného stresu – významná chovatelská příručka* [online]. Publikováno 2010. [cit. 2014-03-26]. Dostupné z: http://www.cestr.cz/files/nezarazene_dokumenty/publikace_tepel._stres3.pdf

DOLEŽAL, Oldřich et.al. *Komfortní ustájení vysokoprodukčních dojníc*. 1 vydání. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, 2002. 129 s. ISBN 80-86454-23-1

DOLEŽAL, Oldřich-BÍLEK, Miloslav-DOLEJŠ, Jan. *Zásady welfare a nové standardy EU v chovu skotu*. 1. vydání. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, 2004. 70 s. ISBN 80-86454-51-7

ELEKTRODESIGN ventilátory – firemní literatura

GERALD, Jones M.-STALLINGS, Charles C. *Reducing Heat Stress for Dairy Cattel* [online]. Publikováno 1999 [cit. 2014-03-26]. Dostupné z: http://hydrofun.net/pdf/dairy_misting.pdf

CHLOUPEK, Jan-SUCHÝ, Pavel. *Mikroklimatická měření ve stájích pro hospodářská zvířata* [online]. Publikováno 2008. [cit. 2013-10-22]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/mikroklima/mikroklima.pdf>

CHYSKÝ, Jaroslav et.al. *Větrání a klimatizace*. 3. vydání. Praha: 1993. 490 s. ISBN 80-901574-0-8

KABELE, Karel-VEVERKOVÁ, Zuzana. *Modelování operativní teploty* [online]. Publikováno 15.11.2004 [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1422-modelovani-operativni-teploty>

KIC, Pavel-BROŽ, Václav. *Tvorba stájového prostředí*. 1. vydání. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 1995. 47 s. ISBN 80-7105-106-3

KOŽNAROVÁ, Věra-KLABZUBA, Jiří. *Mikroklima stájí*. 1. vydání. Praha: ČZU, 2008. 29 s. ISBN 978-80-213-0870-1

KUNC, Petr et.al. *Technické, animální a humánní aspekty dojení*. 1. vydání. Praha: ČZU, 2007. 60 s. ISBN 978-80-213-1728-4

LATHERM – firemní literatura

MATĚJKA, Jan. *Provozní pravidla pro větrání a vytápění stájových objektů*, 1. vydání. Praha: Agroprojekt centrum, s.p. Praha, 1990. 34 s.

NOVÝ, Richard. *Hluk a chvění*. 1. vydání. Praha: ČVUT, 1995. 389 s. ISBN 80-01-01306-5.

NOVÝ, Richard et.al. *Technika prostředí*. 2. vydání. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. 267 s. ISBN 80-010-3492-5.

PAVELEK, Milan-ŠTĚTINA, Josef. *Experimentální metody v technice prostředí*. 3. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. 215 s. ISBN 978-80-214-3426-4

PRAGOPOLAIR – firemní literatura

PŘÍHODA – firemní literatura

RI-OKNA – firemní literatura

SMOLÍK, Jan et.al. *Technika prostředí*. 1. vydání. Praha: SNTL Praha, 1970. 322 s.

SORKE – firemní literatura

SZÉKYOVÁ, Marta-FERSIL, Karel-NOVÝ, Richard. *Větrání a klimatizace*. 1. vydání. Bratislava: Jaga, 2006. 359 s. ISBN 80-807-6037-3.

TZB-info. *Výpočet denostupňů* [online]. [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/103-vypocet-denostupnu>

TZB-info. *Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody* [online]. [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>

UNITEST – firemní literatura

VSMTeplíce – firemní literatura

WIENERBERGER – firemní literatura

ZEJDOVÁ, Petra-CHLÁDEK-Gustav. FALTA, Daniel. *Vliv stájového prostředí na chování a mléčnou užitkovost dojníc* [online]. Publikováno 5. 6. 2013 [cit. 2013-12-10]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/21/21-vliv_prostredi_na_skot_logolink.pdf

ZEMAN, Jiří. *Dialektika, poznání a přírodovědecký obraz světa*. 1. vydání. Praha: Academia, 1990. 88 s.

ZENIT – firemní literatura

9. Seznam obrázků, tabulek a význam symbolů

9.1. Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Mapa České Republiky s kategorizací zimních výpočtových hodnot	4
Obrázek 2.2: Závislost THI na teplotě a vlhkosti u dojnic.....	9
Obrázek 3.1: Čidlo AHLBORN – FH A646-21 pro měření teploty a vlhkosti vzduchu	19
Obrázek 3.2: Vernonův kulový teploměr pro stanovení střední radiační teploty.....	20
Obrázek 3.3: DATA LOGGER pro záznam teploty a relativní vlhkosti vzduchu.....	21
Obrázek 3.4: Čidlo pro určení koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu.....	22
Obrázek 3.5: Čidlo pro měření intenzity osvětlení	22
Obrázek 3.6: Hlukoměr UNITEST 93411 pro záznam hladiny akustického tlaku.....	23
Obrázek 3.7: Záznamové zařízení ALMEMO 2590-9.....	24
Obrázek 3.8: Přehled měřených farem včetně vyznačení hydrometeorologických stanic	25
Obrázek 4.1: Graf znázorňující průměrné hodnoty operativní teploty v měřených dojrnách při krátkodobém měření v zimním období (3. 2. 2014 – 6. 2. 2014).....	32
Obrázek 4.2: Graf znázorňující průměrné hodnoty relativní vlhkosti v měřených dojrnách při krátkodobém měření v zimním období (3. 2. 2014 – 6. 2. 2014).....	33
Obrázek 4.3: Graf znázorňující průměrné hodnoty THI indexu v měřených dojrnách při krátkodobém měření v zimním období (3. 2. 2014 – 6. 2. 2014).....	34
Obrázek 4.4: Graf znázorňující průměrné koncentrace oxidu uhličitého v měřených dojrnách při krátkodobém měření v zimním období (3. 2. 2014 – 6. 2. 2014).....	35
Obrázek 4.5: Graf znázorňující průměrné hodnoty intenzity osvětlení v měřených dojrnách při krátkodobém měření v zimním období (3. 2. 2014 – 6. 2. 2014).....	36
Obrázek 4.6: Graf znázorňující průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku v měřených dojrnách při krátkodobém měření v zimním období (3. 2. 2014 – 6. 2. 2014).....	37
Obrázek 5.1: Graf znázorňující průměrné hodnoty operativní teploty v měřených dojrnách při krátkodobém měření v letním období (7. 8. 2013, 8. 8. 2013, 14. 8. 2013 a 16. 8. 2013)	49
Obrázek 5.2: Graf znázorňující průměrné hodnoty relativní vlhkosti v měřených dojrnách při krátkodobém měření v letním období (7. 8. 2013, 8. 8. 2013, 14. 8. 2013 a 16. 8. 2013)	49
Obrázek 5.3: Graf znázorňující průměrné hodnoty THI indexu v měřených dojrnách při krátkodobém měření v letním období (7. 8. 2013, 8. 8. 2013, 14. 8. 2013 a 16. 8. 2013)	51

Obrázek 5.4: Graf znázorňující průměrné koncentrace oxidu uhličitého v měřených dojárnách při krátkodobém měření v letním období (7. 8. 2013, 8. 8. 2013, 14. 8. 2013 a 16. 8. 2013)	52
Obrázek 5.5: Graf znázorňující průměrné hodnoty intenzity osvětlení v měřených dojárnách při krátkodobém měření v letním období (7. 8. 2013, 8. 8. 2013, 14. 8. 2013 a 16. 8. 2013)	52
Obrázek 5.6: Graf znázorňující průměrné hodnoty hladiny akustického tlaku v měřených dojárnách při krátkodobém měření v letním období (7. 8. 2013, 8. 8. 2013, 14. 8. 2013 a 16. 8. 2013)	53
Obrázek 5.7: Schéma tkaninového rozvodného potrubí	56

9.2. Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Úprava zimní výpočtové teploty v závislosti na nadmořské výšce.....	4
Tabulka 2.2: Požadovaná optima a přípustná minima teploty vzduchu v objektech pro chov skotu	5
Tabulka 2.3: Závislost koeficientu A pro výpočet operativní teploty na rychlosti proudění vzduchu.....	6
Tabulka 2.4: Nejvyšší přípustné koncentrace hlavních plyných škodlivin ve stájových objektech.....	11
Tabulka 2.5: Požadavky na denní a umělé osvětlení dle ČSN EN 12464-1 v objektech pro chov skotu	14
Tabulka 2.6: Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti pro třídy zrakové činnosti u člověka	15
Tabulka 4.1: Potřebné průtoky větracího vzduchu v zimním a přechodném období v jednotlivých dojárnách dle ČSN 73 0543-2.	38
Tabulka 4.2: Závislost účinného vztlaku na osově vzdálenosti větracích otvorů	40
Tabulka 4.3: Průtokový součinitel dle typu konstrukce otvoru.	41
Tabulka 4.4: Vypočtené hodnoty zdánlivá produkce citelného tepla dle jednotlivých dojíren.....	44
Tabulka 4.5: Vypočtené hodnoty tepelné ztráty větráním dle jednotlivých dojíren bez a se systémem ZZT ..	45
Tabulka 4.6: Vypočtené hodnoty tepelné ztráty prostupem dle jednotlivých dojíren.....	46
Tabulka 4.7: Srovnání potřebného a instalovaného výkonu vytápěcího zařízení v měřených dojárnách.....	46
Tabulka 5.1: Potřebné průtoky větracího vzduchu v letním období v jednotlivých dojárnách dle ČSN 73 0543-2.	54
Tabulka 5.2: Přehled navržených ventilátorů pro nucené větrání v letním období pro jednotlivé dojírny	55
Tabulka 6.1: Vstupní údaje pro výpočet ekonomické návratnosti do systému ZZT u dojíren: Velká Chyška, Budislav a Chrbonín	60
Tabulka 6.2: Výpočet ekonomické návratnosti systému ZZT u dojíren Velká Chyška, Budislav a Chrbonín	61

9.3. Význam symbolů

Označení	Veličina	Jednotka
A	koeficient závislý na rychlosti proudění vzduchu	[-]
b	míra inflace	[-]
c_a	měrná tepelná kapacita vzduchu	[J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
C_e	cena elektrické energie	[Kč.J ⁻¹]
D	průměr	[m]
d	tloušťka vrstvy stavební konstrukce	[m]
DV_n	diskontované hodnoty budoucích ročních výnosů	[Kč.r ⁻¹]
e	činitel denní osvětlenosti	[%]
E_e	intenzita osvětlení venku	[lx]
E_i	intenzita osvětlení v objektu	[lx]
E_v	intenzita osvětlení	[lx]
f_i	korekce dle užítkovosti	[-]
FZ	finanční zisk	[Kč]
g	gravitační konstanta	[m.s ⁻²]
h	výška	[m]
HVN	roční suma hrubého výnosu	[Kč.r ⁻¹]
i	bankovní (uživatelský) úrok	[-]
I	celkové investiční náklady	[Kč]
K_{ue}	koncentrace oxidu uhličitého ve venkovním vzduchu	[mg.m ⁻³]
K_{ui}	výpočtová hodnota koncentrace oxidu uhličitého ve vnitřním vzduchu	[mg.m ⁻³]
L_{Aeq}	ekvivalentní hladina akustického tlaku	[dB]
L_p	hladina akustického tlaku	[dB]
\dot{m}_d	produkce vodní páry jednoho zvířete	[mg.s ⁻¹ .ks ⁻¹]
\dot{M}_d	produkce vodní páry	[g.s ⁻¹]
\dot{m}_{do}	celková produkce vodní páry	[mg.s ⁻¹ .ks ⁻¹]
\dot{m}_m	roční produkce mléka	[kg.ks ⁻¹]
MPS	měrný příkon svítidel	[W.m ⁻²]
\dot{M}_r	hmotnostní průtok vzduchu výměníkem pro ZZT	[kg.s ⁻¹]
\dot{m}_u	produkce oxidu uhličitého jednoho zvířete	[mg.s ⁻¹ .ks ⁻¹]
\dot{M}_u	produkce oxidu uhličitého	[mg.s ⁻¹]

Označení	Veličina	Jednotka
\dot{M}_v	hmotnostní průtok čerstvého větracího vzduchu	[kg.s ⁻¹]
$\dot{m}_{v,max}$	doporučené dávky větracího vzduchu na jedno zvíře	[kg.s ⁻¹ .ks ⁻¹]
$\dot{M}_{v,max}$	celkový hmotnostní průtok vzduchu pro odvod tepla v letním období	[kg.s ⁻¹]
\dot{M}_{vd}	hmotnostní tok čerstvého vzduchu pro odvod vodní páry	[kg.s ⁻¹]
\dot{M}_{vu}	hmotnostní průtok čerstvého vzduchu pro odvod oxidu uhličitého	[kg.s ⁻¹]
m_z	hmotnost jednoho zvířete	[kg.ks ⁻¹]
o	korekce pro zahrnutí odparu z mokrých ploch do produkce vodních par	[-]
P	příkon	[W]
p	efektivní hodnota akustického tlaku	[Pa]
p_0	referenční hodnota akustického tlaku	[Pa]
p_1	přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn	[-]
p_2	přirážka na urychlení zátopy	[-]
p_3	přirážka na světovou stranu	[-]
p_p	parciální tlak par vzduchu	[Pa]
p_p''	parciální tlak nasycených par k dané teplotě	[Pa]
\dot{Q}_c	zdánlivá produkce citelného tepla v objektu	[W]
\dot{q}_c	zdánlivá produkce citelného tepla jednoho zvířete	[W.ks ⁻¹]
\dot{Q}_0	základní tepelná ztráta prostupem	[W]
\dot{Q}_p	tepelná ztráta prostupem	[W]
\dot{q}_s	celkové produkce tepla jednoho zvířete	[W.ks ⁻¹]
\dot{Q}_t	výkon vytápěcího zařízení	[W]
\dot{Q}_v	tepelná ztráta větráním	[W]
r	rovnoměrnost denního osvětlení	[-]
r_u	rovnoměrnost umělého osvětlení	[-]
r_w	výparné teplo vody	[kJ.kg ⁻¹]
S	plocha	[m ²]
s	plocha připadající na jedno zvíře	[m ² .ks ⁻¹]
SDV	součet diskontovaných hodnot budoucích ročních výnosů	[Kč]
T	čas	[s]
t_e	teplota venkovního vzduchu	[°C]
t_g	výsledná teplota kulového teploměru	[°C]
THI	teplotně-vlhkostní index	[-]

Označení	Veličina	Jednotka
t_i	teplota vnitřního vzduchu	[°C]
t_o	operativní teplota	[°C]
t_r	střední radiální teplota	[°C]
T_z	doba životnosti	[rok]
U	součinitel prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
w_a	rychlost proudění podél mokrého povrchu	[m.s ⁻¹]
W_e	původní roční spotřeba elektrické energie	[J.r ⁻¹]
$W_{e,R}$	roční spotřeba elektrické energie s použitím systému ZZT	[J.r ⁻¹]
x_p''	měrná vlhkost nasyceného vzduchu	[g · kg ⁻¹ _{s.v.}]
x_i	měrná vlhkost vnitřního vzduchu	[g · kg ⁻¹ _{s.v.}]
y	činitel závislý na hmotnosti stavby	[-]
Z	počet zvířat	[ks]
z	činitel závislý na ploše průsvitných konstrukcí	[-]
α_e	součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
α_i	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
α_{kg}	součinitel přestupu tepla konvekce	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
ΔHV	roční hrubý výnos	[Kč.r ⁻¹]
$\Delta \dot{m}_{do}$	zvýšení produkce vodních par v případě podlahového vytápění	[mg.s ⁻¹ .ks ⁻¹]
ΔN	roční změna provozních nákladů	[Kč.r ⁻¹]
Δp	účinný vztlak při přirozeném větrání	[Pa]
Δp_o	tlak potřebný k překonání odporu v odváděcím větracím otvoru	[Pa]
Δp_p	tlak potřebný k překonání odporu v přiváděcím větracím otvoru	[Pa]
Δx_{ie}	rozdíl měrných vlhkostí vnitřního a vnějšího vzduchu	[g · kg ⁻¹ _{s.v.}]
η_r	teplotní účinnost ZZT	[-]
λ	součinitel tepelné vodivosti stavebním materiálem	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
μ	průtokový součinitel	[-]
ρ_e	hustota venkovního vzduchu	[kg.m ⁻³]
ρ_i	hustota vnitřního vzduchu	[kg.m ⁻³]
φ	relativní vlhkost vzduchu	[%]
Φ_v	světelný tok	[lm]