

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Analýza dopadů sdružených meteorologických událostí na
chov skotu**

Bakalářská práce

**Zdeněk Novotný
Chovatelství (ATZP)**

doc. Dr. Mgr. Vera Potopová

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Analýza dopadů sdružených meteorologických událostí na chov skotu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 3. 5. 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval docentce Potopové za důvěru a za vedení této bakalářské práce, doktorce Tereze Krejčířové za kontrolu formálních náležitostí této bakalářské práce, svým rodičům za podporu na studiích, profesorce Markétě Sedmíkové a kolektivu katedry veterinárních disciplín za možnost pracovat pro katedru a všem pracovníků České zemědělské univerzity v Praze za vytváření příjemného prostředí pro studium.

Analýza dopadů sdružených meteorologických událostí na chov skotu

Souhrn

Meteorologické události mají významný vliv na užitkové, reprodukční a zdravotní ukazatele skotu a tím i na ekonomické ukazatele chovu skotu.

Zejména kombinace vysoké teploty a relativní vlhkosti vzduchu vyvolávající tepelný stres má výrazný vliv na výše zmíněné ukazatele. Ukazatele plodnosti vlivem tepelného stresu klesají o desítky procent, denní nádoj u dojených krav klesá i o několik kilogramů a vyskytují se u nich častější mastitidy. Přírůstky v odchovu i výkrmu jsou rovněž nižší. Horší užitkovost je způsobena především nižším příjmem sušiny. Tepelný stres působící v prenatalním období má vliv na následnou užitkovost.

Chladový stres vyvolaný nízkou teplotou vzduchu v kombinaci s vysokou relativní vlhkostí a případně i vyšší rychlostí proudění vzduchu má na dospělý skot menší negativní vliv než tepelný stres. Je ale nebezpečný pro telata v období mlezivové a mléčné výživy, protože jejich metabolismus neprodukuje dostatečné množství tepla. Telata vystavená chladovému stresu mají nižší přírůstky a vyšší úhyny.

V moderních vzdušných stájích vybavených ventilačními a evaporačními systémy lze vliv klimatických faktorů na skot výrazně omezit, pokud jsou tyto technologie využívány správně. Rovněž v chovech nedisponujících těmito technologiemi je možné provést sérii opatření k alespoň částečnému omezení vlivu klimatických faktorů.

Probíhající klimatická změna s vysokou pravděpodobností povede k častějšímu výskytu extrémních meteorologických jevů, což se projeví i častějším výskytem tepelného a možná i chladového stresu u skotu. Extrémní meteorologické jevy, zejména extrémní sucho nebo naopak extrémní srážky, mají negativní dopad na rostlinnou výrobu včetně produkce krmiv a tím negativně ovlivňují živočišnou výrobu, včetně chovu skotu.

Z výše uvedeného vyplývá, že již dnes je třeba dbát zvýšené pozornosti a provádět opatření omezující negativní dopady meteorologických událostí na chov skotu.

Klíčová slova: tepelný stres, chladový stres, mikroklima stáje, klimatická změna, bioklimatické indexy

Analysis of impacts of compound events on cattle breeding

Summary

Meteorological events have a significant effect on performance, fertility and health of cattle. These effects affect profitability of cattle breeding.

Especially combination of high air temperature and high relative humidity, which causes heat stress, significantly affects performance, fertility and health of cattle. Fertility decreases by tens of percent during heat stress. Daily milk production of dairy cows decreases by several kilograms and mastitis is more common. Growth is reduced in rearing as well as in fattening. Decrease in performance is mainly caused by decrease of dry matter intake. Heat stress acting during prenatal development affects performance during postnatal life.

Cold stress caused by low temperature combined with high relative humidity and faster air flow has less significant effect on adult cattle than heat stress. But cold stress significantly affects calves, because their metabolism does not produce enough heat. Calf growth is reduced and mortality is higher.

Negative effects of climatic factors can be significantly reduced in modern barns with ventilation and evaporation systems. However, these technologies must be used correctly. Also in farms that do not have these technologies, negative effects of climate factors can be partly reduced by series of measures.

Ongoing climate change most likely causes more frequent occurrence of extreme weather, which will result in more frequent occurrence of heat stress and maybe also cold stress in cattle. Extreme weather, especially drought periods and heavy rain, has negative effect on crop production, including feed production. This negatively affects livestock production, including cattle breeding.

It follows from the above that even today it is necessary to pay increased attention and implement measures to limit the negative impacts of meteorological events on cattle breeding.

Keywords: heat stress, cold stress, barn microclimate, climate change, bioclimatic indices

1 Obsah

2	Úvod.....	8
3	Cíl práce	9
4	Literární rešerše	10
4.1	Meteorologické veličiny používané k hodnocení stájového mikroklimatu	10
4.1.1	Teplota vzduchu.....	10
4.1.2	Relativní vlhkost vzduchu	10
4.1.3	Rychlost proudění vzduchu	11
4.1.4	Ochlazovací účinek prostředí	11
4.2	Bioklimatické indexy používané v chovu skotu.....	11
4.2.1	Teplotně vlhkostní index (THI).....	11
4.2.2	Black globe humidity index (BGHI)	12
4.2.3	Skin temperature humidity index (STHI).....	12
4.2.4	Wind Chill/Temperature Index (WCT)	13
4.2.5	Heat Load Index (HLI) a accumulated heat load model.....	13
4.2.6	Comprehensive Climate Index (CCI)	13
4.2.7	Další indexy	13
4.3	Klimatická změna	14
4.3.1	Skleníkový efekt a skleníkové plyny	14
4.3.2	Přirozené vlivy na změnu klimatu	14
4.3.3	Antropogenní vliv na změnu klimatu	14
4.3.4	Výskyt extrémních meteorologických jevů v souvislosti s klimatickou změnou.....	15
4.3.5	Dopady klimatických změn na zemědělskou výrobu	15
4.3.6	Kritika IPCC	16
4.4	Tepelný stres.....	16
4.4.1	Změny v chování skotu v průběhu tepelného stresu.....	16
4.4.2	Vliv tepelného stresu na produkci mléka.....	17
4.4.3	Vliv tepelného stresu na produkci masa	17
4.4.4	Vliv tepelného stresu na reprodukci skotu	18
4.4.5	Vliv tepelného stresu na zdravotní stav skotu	19
4.4.6	Vliv tepelného stresu v období stání na sucho.....	19
4.4.7	Opatření k omezení vlivu tepelného stresu.....	20
4.5	Chladový stres	22
4.5.1	Vliv chladového stresu na produkci mléka.....	22
4.5.2	Vliv chladového stresu na produkci masa	23
4.5.3	Vliv chladového stresu na reprodukci skotu.....	23
4.6	Odchov telat ve zhoršených klimatických podmínkách	23

4.6.1	Odchov telat v podmínkách tepelného stresu	23
4.6.2	Odchov telat v podmínkách chladového stresu	24
4.7	Výskyt publikací týkajících se studovaného tématu v databázi	
	Web of Science.....	25
5	Závěr	29
6	Literatura.....	30
7	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	34

2 Úvod

Chov skotu je z hlediska objemu zemědělské produkce hlavním odvětvím živočišné výroby v Evropě. Chov dojeného skotu zajišťuje zemědělským podnikům pravidelné příjmy, jedná se však o nejsložitější odvětví zemědělské výroby vůbec (Stupka et al. 2013). Ve vyspělých státech jsou produkční funkce skotu považovány za rovnocenné s funkcemi mimoprodukčními. Skot jako konzument pícnin z orné půdy i trvalých travních porostů je výrazným tvůrcem kulturní krajiny (Bouška et al. 2006). V ČR bylo k 1. 4. 2019 chováno 1 417 000 kusů skotu. Z toho bylo 364 000 dojnic a 226 000 krav bez tržní produkce mléka. Dlouhodobý trend snižování stavů skotu v ČR se v posledních letech zmírnil a v několika případech obrátil. Mezi lety 2014 a 2018 se početní stav dojnic v ČR mírně snížil, ale díky zvyšující se průměrné užitkovosti produkce mléka vzrostla na 3 078 000 000 litrů v roce 2018. (Kvapilík et al. 2019). Celosvětově bylo v roce 2019 chováno zhruba 324,5 milionů kusů masného skotu a přes 265 milionů kusů dojeného skotu. Produkce hovězího masa činila přes 68 milionů tun a produkce mléka takřka 716 milionů tun (FAO 2020). Chov skotu je v EU omezován množstvím předpisů, které do určité míry snižují jeho konkurenceschopnost na světových trzích. (Bouška et al. 2006; Stupka et al. 2013).

Klimatické jevy, zejména kombinace vysoké teploty vzduchu a vysoké relativní vlhkosti vzduchu, která vede k tepelnému stresu, a kombinace nízké teploty vzduchu a vysoké rychlosti větru, která vede k chladovému stresu, mají značné dopady na chov skotu.

Jen v USA se každoroční ztráta způsobená živočišné výrobě tepelným stresem pohybuje v rozmezí 1,69 až 2,36 miliard amerických dolarů z toho 897 milionů až 1,5 miliardy připadá na produkci mléka a 370 milionů na produkci hovězího masa (St-Pierre et al. 2003).

V souvislosti s probíhající klimatickou změnou bude tento vliv ještě výraznější. Jak uvádí Polsky a von Keyserlingk (2017), zvyšující se globální teplota v kombinaci s rostoucím počtem chovaných zvířat a intenzifikací zemědělské výroby, včetně její intenzifikace v rozvojových zemích, má za následek, že tepelný stres se stává důležitým faktorem pro světovou produkci mléka, a to i v mírném klimatickém pásu, neboť počet dní, kdy teplotně-vlhkostní index přesahuje hodnotu 72, což je hranice tepelného stresu, se v severních státech USA, Kanadě a Evropě zvyšuje.

3 Cíl práce

Cílem práce bylo vytvořit literární rešerši shrnující informace o vlivu biometeorologických prvků a charakteristik na pastevní a stájový chov skotu, analyzovat vliv těchto faktorů na aktivitu, zdravotní stav a užitkovost skotu a popsat teoretické přístupy řešení vlivů extrémně nízkých a vysokých teplot na chov skotu. Dalším cílem bylo vytvořit přehled vývoje bioklimatických indexů a uvést jejich uplatnění v minulosti a současnosti.

4 Literární rešerše

4.1 Meteorologické veličiny používané k hodnocení stájového mikroklimatu

Stájové mikroklima je určitý stav vzdušného prostředí ve stáji, charakterizovaný fyzikálními, chemickými a biologickými parametry. Zajištění optimálního mikroklimatu je důležité pro zajištění optimální užitkovosti zvířat. Jednotlivé faktory mikroklimatu lze měřit buď laboratorními přístroji, které jsou přesnější, ale náročnější na údržbu a ovládání a také mají vyšší pořizovací náklady, nebo provozními přístroji, které jsou levnější, jednodušší, uzpůsobené prostředí stáji a běžnému chovateli poskytují dostatečně přesné údaje (Šimková et al. 2015a).

4.1.1 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu je prvkem, který zpravidla nejvíce ovlivňuje stájové mikroklima (Bílek et al. 2002). Je nejvýznamnější samostatnou proměnou stájového mikroklimatu a obvykle je nejsnadněji měřitelná (Zejdová et al. 2014). V určitém rozpětí teplot je při konstantních hodnotách ostatních fyzikálních veličin tepelný stav organismu optimální. Toto rozpětí se nazývá termoneutrální zóna a u přežvýkavců je rozsáhlejší než u monogastrů. Rozsah termoneutrální zóny závisí rovněž na celkové úrovni metabolismu a je individuální vlastností každé dojnice. Průměrný rozsah termoneutrální zóny dojnic s užitkovostí 8000 kg je 4-16 °C (Bílek et al. 2002). Naproti tomu Coufalík (2013) uvádí jako zónu pohody dojnic rozpětí teplot od 5 do 25 °C s optimem mezi 8 a 16 °C. Angrecka a Herebut (2015) pak uvádí ještě širší rozpětí termoneutrální zóny dojnic (-5 - 25 °C). Zejdová et al. (2014) uvádí jako orientační hraniční teplotu pro vznik tepelného stresu 20 °C.

Teplota vzduchu uvnitř stáje by měla být v letních měsících nižší než teplota vzduchu v okolním prostředí, a naopak při nízkých teplotách v zimním období by měla být teplota ve stáji vyšší (Šimková et al. 2015b). Teplota vzduchu uvnitř stáje je ovlivněna teplotou podlah a dalších stájových konstrukcí (Šimková et al. 2015a).

4.1.2 Relativní vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je spolu s teplotou základním ukazatelem pohody zvířat. Hodnoty relativní vlhkosti vzduchu mají charakteristickou sezónní a denní dynamiku. Ve stáji jsou navíc ovlivňovány produkcí tepla a vodní páry zvířaty a ventilací vzduchu (Bílek et al. 2002). Relativní vlhkost vzduchu ovlivňuje tepelné ztráty zvířat a tím výrazně ovlivňuje pocit tepelného komfortu zvířat. Ideálně by se relativní vlhkost ve stáji měla pohybovat mezi 35 a 85 %. Sledování relativní vlhkosti vzduchu bez současného sledování teploty vzduchu nemá velký význam, neboť ani extrémně vysoká vlhkost nemusí působit negativně, nenastane-li současně s vysokou teplotou (Zejdová et al. 2014). V příliš vlhkém vzduchu se snáze rozmnožují mikroorganismy (Šimková et al. 2015a).

4.1.3 Rychlost proudění vzduchu

Proudění vzduchu ovlivňuje tepelnou pohodu zvířat. Je-li teplota vzduchu nižší než teplota povrchu těla, jsou zvířata tímto prouděním ochlazována. Tento jev je žádoucí v letním období, a naopak nežádoucí v zimním období. Rychlost proudění vzduchu by se v závislosti na teplotě vzduchu a kategorii zvířat měla pohybovat v rozmezí 0,5-2 m/s (Šimkové et al. 2015a). Naproti tomu Doležal (2014) doporučuje v období extrémně vysokých teplot proudění vzduchu o rychlosti až 2,5 m/s.

4.1.4 Ochlazovací účinek prostředí

Ochlazovací účinek prostředí neboli katahodnota je veličina, která vyjadřuje množství tepla vydávaného do prostředí z jednotky plochy těla. Ideální hodnota pro skot je mezi 290 a 420 W/m². Hodnoty pod 170 W/m² znamenají riziko tepelného stresu a hodnoty přesahující 500 W/m² riziko chladového stresu (Šimková et al. 2015a).

4.2 Bioklimatické indexy používané v chovu skotu

V průběhu let byla vyvinuta celá řada bioklimatických indexů, které popisují působení klimatických faktorů na zvířata. Tyto indexy jsou založeny na různé kombinaci základních meteorologických veličin (Toghiani et al. 2020b). S výjimkou teplotně vlhkostního indexu uvádím indexy pod anglickými názvy tak, jak jsou používány.

4.2.1 Teplotně vlhkostní index (THI)

Teplotně-vlhkostní index byl vytvořen E. C. Thomem v roce 1958 a v roce 1964 ho I. L. Berry a jeho spolupracovníci upravili pro využití v chovu skotu. Zahrnuje kombinaci efektu teploty a relativní vlhkosti vzduchu (Zimbelman et al. 2011; Zimbelman & Colier 2011; Zejdová et al. 2014).

Zejdová et al. (2014) uvádí rovnici:

THI = 0,8t_{bd} + [(t_{bd} - 14,4) × RH] : 100 + 46,4, kde **t_{bd}** je teplota ovzduší ve stupních Celsia a **RH** relativní vlhkost vzduchu jako prosté číslo (Zejdová et al. 2014).

Zimbelman a Collier (2011) uvádí dvě rovnice pro výpočet THI:

THI = t_{ab} + 0,36t_{dp} + 41,5, kde **t_{ab}** je teplota suchého teploměru ve stupních Celsia a **t_{dp}** teplota rosného bodu ve stupních Celsia.

THI = t_{ab} - [0,55 - (0,55 × RH : 100)] × (t_{ab} - 58), kde **t_{ab}** je teplota suchého teploměru ve stupních Fahrenheita a **RH** je relativní vlhkost vzduchu v procentech.

Chang-Fung-Martel et al. (2017) uvádí rovnici:

THI = (1,8T + 32) - [(0,55 - 0,0055 × RH) × (1,8T - 26)], kde **T** je teplota ve stupních Celsia a **RH** relativní vlhkost v procentech.

Třetí a čtvrtý uvedený vzorec jsou totožné, pouze pracují s jinými jednotkami ($^{\circ}\text{C} \times ^{\circ}\text{F}$). Výpočtem pomocí prvního a druhého vzorce se dochází k mírně odlišným výsledkům, jak mezi nimi navzájem, tak v porovnání s třetím a čtvrtým vzorcem. Rozdíl je v řádu setin, maximálně desetín.

Mader et al. (2006) navrhl úpravu THI tak, aby zahrnoval i vliv rychlosti prodění vzduchu a slunečního záření. Rovnice pak vypadá takto:

Adjusted THI = 4,51 + THI – (1,992 × WSPD) + (0,0068 × RAD), kde **THI** je teplotně vlhkostní index podle Thoma, **WSPD** rychlost proudění vzduchu v metrech za sekundu a **RAD** intenzita slunečního záření ve Watech na metr čtvereční.

Za limitující hodnotu THI, jejíž překročení může znamenat tepelný stres, se obecně považuje THI 72 (Zejdová et al. 2014). Také Ravagnolo a Misztal (2000) považují za hraniční hodnotu THI 72. Zimbelman a Collier (2011) naproti tomu uvádí, že vzhledem k zvýšení užitkovosti dojnic v porovnání s dobou, kdy byla stanovena jako hranice tepelného stresu, je hodnota THI 72 již zastaralá. Příznaky tepelného stresu a s tím související snížení užitkovosti lze u dojnic holštýnského plemene pozorovat již při překročení hranice THI 68. Chang-Fung-Martel et al. (2017) upozorňuje, že mezi autory stále nepanuje shoda na tom, jaká je přesně hraniční hodnota THI.

4.2.2 Black globe humidity index (BGHI)

Teplotně vlhkostní index nezahrnuje působení záření, které má velký vliv zejména u zvířat, která jsou chována mimo stáj, proto je využíván black globe humidity index (BGHI) (Zimbelman et al. 2011). BGHI byl vytvořen v roce 1981 D. E. Buffingtonem a jeho kolektivem, hraniční hodnota pro vznik tepelného stresu je 74 (de Sousa et al 2021).

Zimbelman et al. (2011) i de Sousa et al. (2021) uvádí vzorec:

BGHI: = $t_{bg} + 0,36t_{dp} + 41,5$, kde **$t_{bg}$** je teplota kulovitého teploměru ve stupních Celsia a **t_{dp}** je teplota rosného bodu ve stupních Celsia.

Ačkoli BGHI vykazuje vyšší korelaci s tělesnou teplotou zvířat a dojivostí, současná data ukazují, že jeho používání v praxi nepředstavuje zásadní výhodu oproti používání THI (Zimbelman et al. 2011).

4.2.3 Skin temperature humidity index (STHI)

Zimbelman et al. (2011) navrhuje vytvoření Skin temperature humidity indexu (STHI), který by měl být lépe využitelný k predikci tepelného stresu než THI a BGHI. STHI se vypočte podle vzorce:

STHI = $t_s + 0,36 t_{dp} + 41,5$, kde **t_s** je teplota kůže ve stupních Celsia změřená infračerveným termografem a **t_{dp}** teplota rosného bodu ve stupních Celsia.

4.2.4 Wind Chill/Temperature Index (WCT)

Wind Chill/Temperature Index (WCT) byl vytvořen Paulem Siplem v roce 1939 pro porovnávání pocitové teploty v Antarktidě a dá se použít jen pro teploty pod bodem mrazu. Vypočte se jako násobek teploty ve stupních Celsia a rychlosti větru v metrech za sekundu (Siple & Passel 1945). WCT může sloužit k určení kritické teploty pro vznik chladového stresu. WCT byl v průběhu let upravován tak, aby bylo mohl sloužit k posouzení teplotních podmínek v chovu různých druhů zvířat včetně skotu (Angrecka & Herbut 2015).

Americký úřad National Weather Service zavedl v roce 2001 nový WCT, který se vypočte:

$T_{wc} = 35,74 + 0,6215T - 35,75V^{0,16} + 0,4275T \times V^{0,16}$, kde V je rychlost větru v mílech za hodinu a T teplota ve stupních Fahrenheita.

Angrecka a Herbut (2015) stejně jako de Souza et al. (2021) pak uvádí vzorec podle Tuckera et al. (2007):

$WCT = 13,12 + 0,6215 T_{air} - 13,17 V^{0,16} + 0,3965 T_{air} \times V^{0,16}$, kde T_{air} je teplota vzduchu ve stupních Celsia a V rychlost větru v kilometrech za hodinu.

4.2.5 Heat Load Index (HLI) a accumulated heat load model

Gaughan et al. (2008) představil nový Heat Load Index (HLI), pro jehož výpočet se používají dvě různé rovnice:

$HLI_{BG>25} = 8,62 + (0,38 \times RH) + (1,55 \times BG) - (0,5 \times WS) + e^{(2,4-WS)}$ a

$HLI_{BG<25} = 10,66 + (0,28 \times RH) + (1,3 \times BG) - WS$, kde RH je vlhkost vzduchu jako prosté číslo, BG teplota kulového teploměru a WS rychlost proudění vzduchu v metrech za sekundu.

První je určená pro situace, kdy teplota kulového teploměru nepřesahuje 25 °C, druhá je určená pro vyšší teploty. HLI byl ustanoven na základě měření dechové frekvence volů plemene Angus. Mezní hodnota HLI pro vznik tepelného stresu byla pro voly tura domácího stanovena na 86 a pro voly tura zebu na 96. Autoři rovněž představili model accumulated heat load, který je kombinací hodnot HLI a doby působení hodnot HLI přesahujících mezní hodnotu.

4.2.6 Comprehensive Climate Index (CCI)

Mader et al. (2010) vytvořil Comprehensive Climate Index (CCI), který zahrnuje teplotu vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu a intenzitu slunečního záření, a lze ho použít jak při nízkých, tak vysokých hodnotách těchto veličin. Jeho výpočet je ale výrazně složitější než u výše zmíněných indexů.

4.2.7 Další indexy

Toghiani et al. (2020b) uvádí ještě další bioklimatické indexy používané v chovu skotu, konkrétně Equivalent Temperature Index (ETI) a Index of Thermal Stress for Cows (ITSC).

4.3 Klimatická změna

Globální klima se po dobu existence Země různě měnilo. V posledních zhruba 400 000 letech docházelo k pravidelnému střídání teplejších a studenějších období a spolu s tím se měnila koncentrace skleníkových plynů v atmosféře. Za posledních zhruba 200 let však koncentrace CO₂ a CH₄ vzrostla takovým způsobem, který pravděpodobně nemá v historii Země obdoby, spolu s tím vzrostla průměrná globální teplota o cca 1 °C. Různé modely predikují růst globální teploty do roku 2100 o další 1,1-6,4 °C. Nejdůležitější mezinárodní organizací zabývající se změnou klimatu je Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC), který je součástí OSN (ČHMÚ).

4.3.1 Skleníkový efekt a skleníkové plyny

Princip skleníkového efektu je takový, že část slunečního záření, které se odrazí od povrchu Země ve formě dlouhovlnného záření je zachytávána určitými složkami atmosféry a následně opět vyzařována. Existence skleníkového efektu umožňuje existenci života na Zemi, kdyby skleníkový efekt neexistoval, byla by globální teplota o cca 33 °C nižší (ČHMÚ).

Hlavním skleníkovým plynem je vodní pára, která se v atmosféře vyskytuje přirozeně, ale její koncentrace roste s rostoucí teplotou. Dalšími významnými skleníkovými plyny jsou oxid uhličitý (CO₂) a metan (CH₄), které se do atmosféry dostávají jak z přírodních zdrojů, tak vlivem lidské činnosti. Na skleníkovém efektu se podílí také celá řada dalších plynů, které jsou čistě antropogenní, jsou to například oxid dusný (N₂O), fluorované uhlovodíky, halony, freony a řada dalších, jejich vliv je ale výrazně menší než u tří hlavních výše zmiňovaných plynů (ČHMÚ).

Množství CO₂ v atmosféře se v předindustriální době pohybovalo kolem 280 ppm, nyní přesahuje hodnotu 400 ppm. Koncentrace CH₄ vzrostla z 715 ppb v roce 1960 na 1774 ppb v roce 2005. Také množství většiny ostatních skleníkových plynů roste (ČHMÚ).

4.3.2 Přirozené vlivy působící na změnu klimatu

V dlouhodobém měřítku (milióny let) mají na zemské klima vliv především přírodní faktory jako jsou parametry oběžné dráhy Země kolem Slunce, intenzita slunečního záření, pohyby litosférických desek a sopečná činnost (ČHMÚ).

4.3.3 Antropogenní vliv na změnu klimatu

Ačkoliv nelze podíl člověka na probíhajících změnách klimatu přesně kvantifikovat, obecně panuje shoda, že je významný. Člověk klima ovlivňuje emisemi skleníkových plynů z průmyslu, dopravy, těžby a zemědělství, dále změnou charakteru povrchu pevniny výstavbou, odlesňováním a povrchovou těžbou a zásahy do hydrologického režimu (ČHMÚ).

4.3.3.1 Vliv zemědělské výroby na změnu klimatu

Zemědělská výroba přispívá ke změnám klimatu především emisemi methanu a N₂O. (ČHMÚ). Zhruba 14,5 % antropogenních emisí skleníkových plynů připadá na živočišnou výrobu, z toho více jak polovina na chov skotu (Hadipour et al. 2021). Hlavními zdroji emisí

metanu v zemědělské výrobě jsou chov zvířat, nakládání s živočišnými odpady a pěstování rýže (ČHMÚ).

4.3.4 Výskyt extrémních meteorologických jevů v souvislosti s klimatickou změnou.

V souvislosti s probíhajícími klimatickými změnami byl v 2. polovině 20. století na severní polokouli zaznamenán zvýšený výskyt extrémních srážek, a to i přes to, že celkový úhrn srážek se na řadě míst nezměnil nebo dokonce klesl. V Africe byla pozorována intenzivní sucha. Celkově se snížil výskyt podprůměrných teplot, a naopak vzrostl výskyt nadprůměrných teplot (ČHMÚ).

Do budoucna je predikován častější výskyt period extrémně vysokých teplot, častější výskyt epizod extrémních srážek a zvětšení plochy zasažené suchem. (ČHMÚ).

Chang-Fung-Martel et al. (2017) pracují se třemi modely změn:

- Posunem průměru, při kterém se normální rozložení teplot a srážek nezmění, pouze se oproti průměru z let 1960-1990 posune směrem k vyšším teplotám a většímu suchu.
- Zvýšením variability, při kterém budou častější extrémní sucha a extrémně vysoké neploty, stejně jako extrémně vysoké srážky a extrémně nízké teploty
- Asymetrickými změnami, při kterých se zvýší výskyt extrémních veder a sucha a podprůměrných teplot a nadprůměrných srážek.

4.3.5 Dopady klimatických změn na zemědělskou výrobu

Zvyšující se globální teplota pravděpodobně způsobí změnu vláhových poměrů, což povede zejména v nejúrodnějších oblastech k častějšímu suchu, které se projeví jak horšími výnosy zemědělských plodin, tak zvýšenou půdní erozí. Mírně se prodlouží vegetační doba, což by mohlo mít pozitivní vliv na rostlinnou produkci, avšak urychlení vegetace v brzkém jarním období vystaví plodiny riziku poškození jarními mrazy. Zvýšená koncentrace CO₂ v atmosféře by mohla vést k vyšší intenzitě fotosyntézy, tento efekt se ale nebude moci projevit při nedostatku půdní vláhy. Hrozí také rozšíření patogenů z tropických a subtropických oblastí (ČHMÚ).

4.3.5.1 Dopady klimatických změn na chov skotu.

Zvyšující se globální teplota a častější periody extrémně vysokých teplot budou mít negativní vliv na chov skotu, protože bude častěji docházet k tepelnému stresu a tento bude intenzivnější (Polsky & von Keyserlingk 2017). Zkušenosti z let 2014 až 2018 nám ukazují, že déletrvající sucho zhoršuje výnosy krmných plodin i trvalých travních porostů (TTP) (Moravec et al. 2021) což se negativně projevuje na ekonomice živočišné výroby. Při pohledu do médií můžeme vidět, že cena sena během sucha výrazně stoupla jak v ČR (ČTK 2018; Mrázek a Duchková 2019), tak v Německu (Dobry 2019). Při nedostatku krmiv musela také řada podniků snižovat stavy skotu (ČTK 2018).

4.3.6 Kritika IPCC

Ačkoli se odborná veřejnost shodne na existenci klimatických změn, část vědců se domnívá, že modely IPCC nadhodnocují vliv člověka na klimatickou změnu a růst teploty v budoucnosti (ČHMÚ). Pracovníci IPCC byli v minulosti v médiích obviněni ze záměrné manipulace s daty, toto obvinění odmítli (Kremlík 2013).

4.4 Tepelný stres

Tepelný stres vzniká, pokud je výdej tepla organismem nižší než součet příjmu tepla z vnějšího prostředí a tepla vznikajícího fermentačními procesy v bacheru (Coufalík 2013). Tepelný stres má negativní vliv na zdraví a biologické funkce dojených krav, snižuje produkci mléka a zhoršuje reprodukční ukazatele (Polsky & von Keyserlingk 2017).

Při tepelném stresu můžeme u krav pozorovat zvýšení dechové a tepové frekvence, zvýšení tělesné teploty, zvýšení příjmu napájecí vody, snížení příjmu krmiva a změny v chování (Illek et al. 2007; Doležal 2014; Chang-Fung-Martel 2017). Doležal (2014) uvádí jako další z projevů tepelného stresu nadměrné slinění. Giesecke (1985) uvádí, že při chronickém tepelném stresu dochází u dojnic ke zvýšení tělesné teploty, dechové frekvence a minutového srdečního objemu, a naopak se snižuje tlak krve a tepová frekvence, ta se ale zvyšuje při akutním tepelném stresu. Dojnice častěji močí a intenzivněji se potí a mění se složení potu a moči. Mění se rovněž hladina hormonů v krevní plazmě. Hladina progesteronu, prolaktinu, adrenalinu a noradrenalinu stoupá, a naopak hladina thyroxinu, inzulínu, růstového hormonu, aldosteronu a glukokortikoidů klesá. Hladina růstového hormonu, aldosteronu a glukokortikoidů však stoupá při akutním tepelném stresu.

Existují významné rozdíly v odolnosti vůči tepelnému stresu mezi různými plemeny skotu. Dojená plemena jsou náchylnější k tepelnému stresu než plemena masná a plemena tura zebu (*Bos indicus* syn. *Bos primigenius indicus* Linné, 1758) (Chang-Fung-Martel et al. 2017). Produkce tepla je u dojnic produkujících 31,6 kg mléka denně o 48,5 % a u dojnic produkujících 18,5 kg mléka denně o 27,3 % vyšší než u krav stojících na suchu (Purwanto et al. 1990). Lucy (2002) uvádí, že dojnice jsou náchylnější k tepelnému stresu z důvodu velké produkce tepla metabolismem.

Jestliže v noci klesne teplota vzduchu alespoň na tři hodiny pod 21 °C má skot možnost zbavit se přebytečného tepla. Pokud ale zůstávají noční teploty vysoké (>23 °C) hrozí skotu přehřátí, které může vést až k úhynu (Doležal 2014).

4.4.1 Změny v chování skotu v průběhu tepelného stresu

Ačkoliv je zvýšení tělesné teploty a dechové frekvence spolehlivým ukazatelem tepelného stresu, v běžných provozních podmínkách je jejich měření náročné, zvláště pak při pastevním způsobu chovu (Chang-Fung-Martel et al. 2017).

Kromě fyziologických změn dochází při tepelném stresu ke změně chování dojnic. Cílem těchto změn je především snížení produkce tělesného tepla a ochlazení těla. Jsou to zejména:

- Omezení pohybové aktivity
- Zkrácení doby příjmu krmiva a přezvykování
- Zvýšený příjem vody

- Vyhledávání stínu případně postřikovačů
- Zvlhčování povrchu těla slinami
- Častější ulehávání v hnojných chodbách
- V mimostresovém období, tj. ve večerních hodinách, leží krávy na boku a mají natažené všechny končetiny.

Tyto změny může pozorovat chovatel a na jejich základě usoudit, že dojnice jsou vystaveny tepelnému stresu (Doležal 2014). Bentley (2015) uvádí ještě dýchání s otevřenou tlamou.

4.4.2 Vliv tepelného stresu na produkci mléka

Produkce mléka je nejdůležitější užitkovou vlastností skotu. V chovu dojeného skotu představuje mléko hlavní produkt, jehož prodej zajišťuje podniku pravidelné příjmy a tím zlepšuje cash flow. I v chovu krav bez tržní produkce mléka (KBTPM) představuje produkce mléka důležitý faktor, neboť výrazně ovlivňuje přírůstky telat, která jsou hlavním produktem takové výroby (Stupka et al. 2013).

Dojnice vystavené tepelnému stresu mají nižší produkci mléka, nižší obsah tuku a bílkovin v mléce a vyšší obsah somatických buněk v mléce (Doležal 2014, Chang-Fung-Martel et al. 2017). U dojnic způsobuje tepelný stres pokles denního příjmu sušiny, tento efekt je u starších krav výraznější než u prvotelek (St-Pierre et al. 2003). Chang-Fung-Martel et al. (2017) uvádí jako příčiny těchto změn v užitkovosti nižší příjem sušiny, zpomalenou peristaltiku trávicího traktu, horší vstřebávání živin z trávicího traktu a hormonální změny. Naproti tomu Šimková et al. (2015b) dospěli k závěru, že v letních měsících je metabolismus krav stimulován, což vede k vyšší produkci mléka oproti zimním měsícům a je tak do určité míry kompenzován vliv tepelného stresu. Produkce mléka tak nemusí být vhodným ukazatelem tepelného stresu.

Při překročení hodnoty THI 72, klesá denní nádoj v průměru o 0,2 kg na jednotku THI (Ravagnolo & Misztal 2000). Chang-Fung-Martel et al. (2017) uvádí, že v některých částech USA klesá v letních měsících mléčná užitkovost o 5-14 %. Naproti tomu St-Piere et al. (2003) uvádí, že pokles dojivosti způsobený tepelným stresem je obtížné přesně určit, neboť dojivost je závislá na celé řadě dalších faktorů.

Chronický tepelný stres způsobuje výkyvy v dojivosti i ve složení a kvalitě mléka. Tyto výkyvy jsou u Holštýnského skotu výraznější než u plemene Jersey (Giesecke 1985).

Mezi jednotlivými dojnými plemeny existují rozdíly v náchylnosti k tepelnému stresu. Zatímco u krav holštýnského skotu je zaznamenán výrazný pokles produkce mléka, pokud jsou po tři dny vystaveny průměrnému THI 68, u krav jerseyského skotu je tato hodnota 75 (Chang-Fung-Martel 2017).

4.4.3 Vliv tepelného stresu na produkci masa

Produkce jatečného skotu je druhým nejvýznamnějším odvětvím chovu skotu. Zahrnuje chov KBTPM, na něj navázaný výkrm a výkrm zvířat vyřazených z chovu dojeného skotu. Hospodářský výsledek produkce jatečného skotu je závislý především na produkci telat v chovu KBTPM, a tedy na plodnosti KBTPM a na masné užitkovosti vykrmovaného skotu, která je charakterizována výkrmností a jatečnou hodnotou (Stupka et al. 2013).

Tepelný stres významně zhoršuje hospodářský výsledek chovu masného skotu. Jednak snižuje příjem sušiny vykrmovanými zvířaty, čímž se snižují jejich přírůstky, a tedy prodlužuje doba výkrmu, a pak také zvyšuje mortalitu vykrmovaného skotu (Williams et al. 2009). Masná plemena skotu dokážou lépe odolávat vysokým teplotám, neboť mají méně intenzivní metabolismus a dokážou se intenzivněji potit než dojená plemena (Chang-Fung-Martel et al. 2017).

4.4.4 Vliv tepelného stresu na reprodukci skotu

Plodnost je jedním z důležitých faktorů ovlivňujících ziskovost chovu skotu (Bulman & Lamming 1978; Stupka et al. 2013). Plodnost má u skotu stejně jako u řady dalších hospodářských zvířat nízkou dědivost ($h^2 < 0,2$), tím pádem na ní mají výrazný vliv vnější (negenetické) faktory, včetně těch klimatických (Stupka et al. 2013). Funkce pohlavních žláz jsou regulovány gonadotropními hormony předního laloku hypofýzy – luteinizačním (LH) a folikuly stimulačním (FSH), jejichž produkce je řízena Gonadotropin-releasing hormonem (GnRH) z hypotalamu (de Rensis & Scaramuzzi 2003). Tepelný stres způsobuje snížení plodnosti jak u krav a jalovic, tak i u býků (St-Pierre et al. 2003).

Tepelný stres je hlavní příčinou nízké plodnosti dojníc inseminovaných v pozdním létě. Snížená plodnost přetrvává u krav i v podzimních měsících, a to i přesto, že již nejsou vystaveny tepelnému stresu. Předpokládá se, že je to způsobeno tím, že na folikuly ovulující v podzimních měsících působil v létě tepelný stres v době, kdy byly ve stádiu antrálního folikulu (de Rensis & Scaramuzzi 2003). Lucy (2002) k tomu uvádí, že folikuly poškozené v době, kdy byly krávy vystaveny tepelnému stresu, pokračují ve vývoji a následně ovulují subfertilní oocyty. Coufalík (2013) uvádí, že stresové situace, mezi než řadí i tepelný stres, způsobují pokles hladiny pohlavních hormonů, zejména testosteronu a 17β -estradiolu, ale i luteinizačního hormonu.

Wilson et al. (1998ab) uvádí, že u krav i jalovic vystavených tepelnému stresu je dominantní folikul menší než u krav a jalovic, které tepelnému stresu vystaveny nejsou. Hladina estradiolu v krevním séru je u krav a jalovic vystavených tepelnému stresu nižší. Taktéž Lucy (2002) uvádí, že poškození folikulů způsobené tepelným stresem má za následek nižší produkci estradiolu, což má vliv na projevy říje, ovulaci a žluté tělísko. Wilson et al. (1998a) pak připomínají, že v některých starších studiích byla zaznamenána stejná nebo dokonce vyšší hladina estradiolu u krav vystavených tepelnému stresu než u krav, které tepelnému stresu vystaveny nebyly. Tato nekonzistence je dle autorů způsobena odlišným působením akutního a chronického tepelného stresu. De Rensis a Scaramuzzi (2003) uvádějí, že většina studií dospěla k závěru, že hladina LH, estradiolu a progesteronu je u krav vystavených tepelnému stresu nižší. To, že některé studie dospěli k tomu, že hladina pohlavních hormonů při tepelném stresu stoupá nebo se nemění je dle autorů způsobeno nesledováním některých dalších parametrů, které produkci pohlavních hormonů ovlivňují. Také oni připomínají rozdílné působení akutního a chronického tepelného stresu na produkci pohlavních hormonů. De Rensis a Scaramuzzi (2003) pak stejně jako Polsky a von Keyserlingk (2017) upozorňují, že nižší produkce pohlavních hormonů je částečně způsobena i nižším příjmem sušiny a z něj vyplývající negativní energetické bilance.

Procento zabřezávání může být v létě o 20-30 % nižší než v zimě (de Rensis & Scaramuzzi 2003). Naproti tomu Lucy (2002) uvádí, že pokles procenta zabřezávání se v létě

v USA běžně pohybuje mezi 10-20 %. Chang-Fung-Martel et al. (2017) pak uvádí, že v některých oblastech USA může být procento zabřezávání v letních měsících nižší až o 36 %. Klementová et al. (2017) došli k závěru, že roční doba a s ní související teplota vzduchu má výrazný vliv na plodnost krav holštýnského plemene skotu. Procento zabřezávání bylo v tomto případě v zimním období o 18,21 % vyšší než v letním období.

Snížená plodnost při vystavení tepelnému stresu je v přímé souvislosti se zvýšenou tělesnou teplotou (Lucy 2002)

V důsledku tepelného stresu jsou projevy říje u krav méně výrazné (St-Pierre et al. 2003, Klementová et al. 2017). Toto je pravděpodobně způsobeno nižší produkcí estradiolu dominantním folikulem, který je vlivem nižší produkce LH nedostatečně vyvinut (de Rensis & Scaramuzzi 2003). Na pokles reprodukčních ukazatelů u dojnic má vliv i to, že říje je méně výrazná až tichá (Wilson et al. 1998a; de Rensis & Scaramuzzi 2003). V důsledku méně výrazných projevů říje a kratší říje je obtížnější zvolit správnou dobu pro inseminaci (Klementová et al. 2017). Vlivem obtížnější detekce říje klesá v období vysokých teplot počet provedených inseminací a zvyšuje se procento neúspěšných inseminací (de Rensis & Scaramuzzi 2003).

4.4.5 Vliv tepelného stresu na zdravotní stav skotu

Dlouhodobé vystavení tepelnému stresu bez možnosti ochlazení může skotu způsobit závažné zdravotní komplikace až smrt (Doležal 2014). V letních měsících jsou z důvodu tepelného stresu častější infekce vemene a následné mastitidy (St-Pierre et al. 2003). Také Doležal (2014) zmiňuje vyšší výskyt mastitid u krav vystavených tepelnému stresu a dále zmiňuje také vyšší výskyt onemocnění paznehtů.

Dojnice vystavené dlouhodobě tepelnému stresu mají vyšší koncentraci inzulínu v krvi a může se u nich objevit syndrom zvýšené propustnosti střev (Bakony & Jurkovich 2020).

4.4.6 Vliv tepelného stresu v období stání na sucho

Krávy vystavené tepelnému stresu v období stání na sucho, mají v následující laktaci výrazně sníženou dojivost (v průměru o 7,5 kg mléka/den v prvních 30 týdnech laktace), a to i přesto, že již tepelnému stresu vystaveny nejsou. (do Amaral et al. 2009). Tyto krávy také mají tendenci k předčasným porodům a jejich telata mají výrazně menší porodní hmotnost (do Amaral et al. 2009; Bakony & Jurkovich 2020). Bakony a Jurkovich (2020) označují za příčinu tohoto jevu zmenšení a zhoršení funkčnosti placenty způsobené přehřátím organismu a také adaptační mechanismus plodu, který se přehřátí brání zpomalením metabolismu.

Tepelný stres v období stání na sucho má vliv na užitkovost dcer, a dokonce i vnuček krav vystavených tepelnému stresu v tomto období. Dcery takovýchto krav mají sníženou dojivost oproti dcerám krav, které tepelnému stresu vystaveny nebyly. Tato ztráta se na dalších laktacích navyšuje (2,2 kg mléka/den na 1. laktaci, 2,3 kg mléka/den na 2. laktaci a 6,5 kg mléka/den na 3. laktaci). U vnuček je ztráta menší (1,3 kg mléka/den na 1. laktaci). Dcery krav vystavených tepelnému stresu v období stání na sucho jsou také více brakovány a průměrná délka jejich produktivního života je kratší. Škody způsobené každoročně tímto efektem ekonomice USA jsou odhadovány na 595 milionů amerických dolarů (Laporta et al. 2020).

Telata narozená kravám, které byli před porodem vystaveny tepelnému stresu dosahují v dospělosti nižší kohoutkové výšky a mají vyšší tendenci k ukládání tuku než telata narozená kravám, které tepelnému stresu vystaveny nebyly. Tato telata mají také v prvních 28 dnech života sníženou hladinu IgG v krvi, a to i přesto že obsah IgG v mlezivu jejich matek snížen není (Bakony & Jurkovich 2020).

4.4.7 Opatření k omezení vlivu tepelného stresu

4.4.7.1 Šlechtitelská práce

Užitkové vlastnosti skotu a tolerance vyšších hodnot THI jsou v mírně záporné korelaci (-0,3), což při simultánní selekci umožňuje šlechtit plemena skotu jak na zvýšení užitkovosti, tak na toleranci vyšších hodnot THI. Toto je výhodné zejména v oblastech s vysokou průměrnou roční hodnotou THI (Ravagnolo & Misztal 2000). Možností je také chov plemen s vyšší odolností vůči teplotnímu stresu. Tato plemena ale mají menší užitkovost a bylo by třeba je šlechtit na její zvýšení při současném zachování jejich odolnosti (Chang-Fung-Martel et al. 2017).

4.4.7.2 Provozní opatření

Kravám v období tepelného stresu je nutné zajistit dostatek napájecí vody, zvláště po dojení. Je vhodné zvýšit minutový průtok vody do napajedla na 15 až 18 litrů a délku napájecí hrany na 10 cm/kus. Je také vhodné kravám podávat studenější vodu (8-12 °C) než obvykle (15-18 °C). Tepelný stres lze rovněž omezit zvýšením intenzity výměny vzduchu, toho lze dosáhnout otevřením bočních stěn a také vstupních vrat. Pro účinnou ventilaci je třeba mít vhodně konstruovanou nezastřešenou hřebenovou štěrbinu případně doplněnou o 50-60 cm vysoký komín (Doležal 2014). Vhodným opatřením proti tepelnému stresu je posunutí odpoledního dojení do pozdější hodin. V Austrálii některé podniky rozvrhují telení do podzimních měsíců tak, aby vrchol laktace většiny krav proběhl v chladném období roku (Chang-Fung-Martel et al. 2017).

4.4.7.3 Omezení vlivu tepelného stresu výživou

Illek et al. (2007) uvádí kroky, kterými lze omezit vliv tepelného stresu na produkci mléka výživou a krméním.

Jedná se o:

- Zvýšení koncentrace energie v krmné dávce.
- Změnu v zakládání krmné dávky – 1/3 je vhodné zakládat brzy ráno a zbylé 2/3 pozdě večer
- Zabezpečení dostatečné struktury krmné dávky
- Zajištění optimálního příjmu minerálních látek a vitamínů zvířaty.
- Přidání aditiv, které pozitivně ovlivňují žravost a fermentační procesy v batoru, do krmné dávky.
- Případné zvlhčení krmné dávky.

Ve výkrmnách skotu je vhodné v období, kdy hrozí vznik tepelného stresu, nekrmit adlibitně ale restringovaně. Krmnou dávku je vhodné zakládat večer nebo v pozdním odpolední, aby se omezila produkce metabolického tepla během dne (Mader 2014).

4.4.7.4 Omezení vlivu tepelného stresu zastíněním

Zajištění dostatečného množství stínu je důležitým opatřením v boji proti tepelnému stresu zejména v chovech skotu mimo stáj a v oblastech, kde se častěji vyskytují vysoké teploty a sluneční záření je intenzivnější. Ačkoli poskytnutí více než 2 m² stínu na jedno zvíře nepřináší ve výkrmu skotu vyšší užitkovost, zlepšuje welfare (Mader 2014). Zastínění omezuje vliv záření na zvířata, což je snadno měřitelné pomocí kulového teploměru. Dojnice holštýnského plemene, které mají v letním období možnost pobytu ve stínu, mají nižší hladinu kortizolu v krevní plazmě, vyšší příjem krmiva, nižší příjem vody a vyšší užitkovost než dojnice, které ve stejných podmínkách možnost pobytu ve stínu nemají (Muller 1994). Skot v období vysokých teplot sám vyhledává stinná místa a nemá-li možnost stínění snaží se zaujmout takovou pozici vůči slunci, která je z hlediska teplotního zatížení nejvýhodnější (Doležal 2014). Při pastevním chovu skotu má zastínění větší vliv na tepelný komfort než postřikování vodou. Místo, kde se podává doplňkové krmivo by mělo být zastíněno (Chang-Fung-Martel et al. 2017).

4.4.7.5 Omezení vlivu tepelného stresu pomocí ventilátorů

Stupka et al. (2013) uvádí, že k omezení tepelného stresu se využívají ventilátory, které tlačí vzduch horizontálním směrem, vertikální ventilátory, která tlačí vzduch k větracím komínům, a z USA se rozšiřuje systém *cross ventilation*, kdy je do stáje bez oken přísávan vzduch přes chladicí boční stěnu. Doležal (2014) doporučuje u stájí širších než 18 metrů pro zintenzivnění výměny vzduchu používat síť pomaloběžných nízkohlučných ventilátorů o průměru 1 až 1,2 metru. Ventilátory mají být umístěny nad loži ve vzdálenosti, která se rovná desetinásobku jejich průměru. Sklon ventilátorů vůči vertikále by měl být 15-20 stupňů. Při hrozícím tepelném stresu by mělo být možné pomocí ventilátorů dosáhnout rychlosti proudění vzduchu 2-2,5 m/s.

4.4.7.6 Omezení vlivu tepelného stresu pomocí evaporačních systémů

Doležal (2008) rozlišuje nepřímé evaporační ochlazování, při kterém jsou do prostoru rozptylovány částice vody, jejichž odparem se snižuje teplota vzduchu a přímé evaporační ochlazování, fungující na principu přímých postřiků zvířat. Jako další možnost uvádí evaporační ochlazování podlah a střež přístřešků. Také společnost Veeteelt (2019) upozorňuje na možnost evaporačního ochlazování střež stájí. Za slunných letních dní je tak možné teplotu ve stáji snížit až o 8 °C. Vokřálová et al. (2007) rozlišuje vysokotlaké zmlžovače - systém Fog, které rozptylují velmi jemné kapky vody, které se velmi rychle odpařují a tím ochlazují vzduch, tento systém je použitelný v dobře větraných stájích s ventilátory, dále zmlžování – systém Mist, který rozptyluje větší kapky vody, které odparem ochlazují vzduch, tento systém nefunguje dobře v kombinaci s ventilátory, kapky vody navíc mohou dopadnout na zem a zvlhčovat lože a krmivo, a systém přímého chlazení pomocí trysek a ventilátorů, které velkým

kapkami smáčí přímo povrch zvířat. Dle Doležala (2008; 2014) je systém nepřímého evaporačního ochlazování nepříliš vhodný zejména proto, že zvyšuje relativní vzdušnou vlhkost, snižuje možnost výdeje tepla samotnými kravami a vdechování chladného vzduchu může kravám způsobit respirační onemocnění, proto se tato metoda dostává na okraj zájmu chovatelů. Cílem chovatelů by rovněž nemělo být ochlazení vzduchu, ale ochlazení krav.

Při přímém evaporačním ochlazování je třeba dbát na dostatečnou velikost kapek (0,05-0,15 mm). Menší kapky totiž ulpívají na srsti, čímž vytvářejí izolační vrstvu, která brání výdeji tepla organismem. Skot by měl být skrápěn během dne opakovaně, a to vždy po dobu několika desítek sekund v intervalech několika desítek minut. Za nevhodné je považováno kontinuální skrápění. Indikátorem nadměrného skrápění zvířat je to, když voda stéká přes vemeno a ke spěnce. Efektivita přímých evaporačních systémů je závislá na rychlosti proudění vzduchu, a proto by chovatel tuto hodnotu měl znát. Doporučuje se rovněž kombinovat tyto systémy s ventilátory, které zajistí stabilní a dostatečné proudění vzduchu (Doležal 2008).

Mader (2014) uvádí skrápění krav jako důležitou součást systému opatření minimalizujících tepelný stres. Skot je vhodné začít skrápět již brzy ráno, tedy před tím, než bude vystaven vysokým teplotám. Ve venkovních výkrmnách, které jsou používány v USA je pak vhodné skrápět i zem v ohradách, protože ta může vlivem slunečního záření dosahovat teplot až 65 °C.

Evaporační systémy je třeba aktivovat, pokud teplota vzduchu ve stáji dosáhne 25 °C, u vysokoužitkových dojnic je tato hranice již 21 °C (Doležal 2008).

4.5 Chladový stres

Chladový stres je stav organismu, při kterém tělo nedokáže produkovat dostatek tepla k udržení stabilní tělesné teploty. Je charakterizován poklesem teploty kůže, případně i teploty tělesného jádra. Může vést až k podchlazení, které může vyústit v poškození tkání a smrt (The University of Iowa). Při vystavení chladovému stresu reaguje autonomní nervový systém prostřednictvím sympatických nervů zvýšením minutového srdečního objemu, zúžením některých periferních cév a zvýšením produkce tepla, pro níž se do krve uvolňují masné kyseliny z tukové tkáně a glukóza z glykogenových zásob (Brouček et al. 1991).

V chovu skotu se chladový stres vyskytuje především při pastevním způsobu chovu a rovněž ve volných stájích bez pevných stěn. Kromě teploty vzduchu se na vzniku chladového stresu podílí také relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu a sluneční záření. Pro stanovení chladového stresu bývá používán také WCT index (Angrecka & Herebut 2015). Toghiani et al. (2020ab) používají pro stanovení chladového stresu CCI, kdy jako hraniční hodnotu pro vznik chladového stresu udává CCI = -5 °C, hodnota CCI < -25 °C pak znamená silný chladový stres.

4.5.1 Vliv chladového stresu na produkci mléka

Dojená plemena skotu se dokážou dobře adaptovat na nižší teploty. Produkce tepla je u evropských plemen skotu o 30 % vyšší než u tropických plemen (Bouška et al. 2006). Čím vyšší je denní produkce mléka, tím nižší je teplota, pod kterou musí dojnice vynakládat zvýšené

množství energie na produkci tepla a tím na udržení stabilní tělesné teploty (Brouček et al. 1991).

U dojnic vystavených chladovému stresu klesá produkce mléka při současném nárůstu spotřeby krmiva. U některých dojnic může dojít i k úbytku hmotnosti. Produkce mléka klesá výrazněji pokud teplota klesne pod $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (MacDonald & Bell 1958). U holštýnských krav klesá produkce mléka při teplotách -10 až $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ o 1 až 2 kg denně již po jednom dni vystavení těmto teplotám. Produkce mléka se vrací do normálu již jeden den po odeznění mrazů (Angrecka & Herebut 2015). Také Brouček et al. (1991) zaznamenali pokles denní produkce mléka o 1 až 2 kg, pokud teplota poklesla pod $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tento pokles byl ale nižší při opakovaném vystavení nízkým teplotám.

4.5.2 Vliv chladového stresu na produkci masa

Chladový stres negativně ovlivňuje přírůstky masného skotu a zvyšuje úhyny v chovu masného skotu (Toghiani et al. 2020a). Telata masných plemen odchovávaná v období chladového stresu mají nižší hmotnost při odstavu, což je pravděpodobně způsobeno nižší produkcí mléka jejich matkami (Toghiani et al 2020b).

4.5.3 Vliv chladového stresu na reprodukci skotu

Chladový stres může mít negativní vliv na plodnost skotu (Angrecka & Herbut 2015).

Telata, jejichž matky byly během březosti vystaveny mírnému nebo středně silnému chladovému stresu, mají vyšší porodní hmotnost. Naproti tomu telata, jejichž matky byly vystaveny silnému chladovému stresu ($\text{CCI} < -25\text{ }^{\circ}\text{C}$), mají mírně sníženou porodní hmotnost (Toghiani et al. 2020b).

4.6 Odchov telat ve zhoršených klimatických podmínkách

V České republice je odchov telat v chovu KBTPM realizován především společně s matkami v zimovišti a na pastvě zhruba do věku sedmi měsíců (Stupka et. al. 2013). Odchov telat dojeného skotu je pak v období mléčné výživy realizován pomocí venkovních individuálních boxů, které tvoří přístřešek o rozměrech minimálně $120 \times 120 \times 120\text{ cm}$ a ohrazený výběh o rozměrech minimálně $120 \times 120\text{ cm}$, případně ve venkovních skupinových přístřešcích, a v období rostlinné výživy ve venkovních skupinových boxech. Ostatní způsoby ustájení telat, jako jsou telešníky a ustájení telat v prostoru stáje pro dojnice, jsou zastaralé a v ČR se používají minimálně (Bouška et al. 2006).

Termoneutrální zóna telat krátce po narození je odlišná od termoneutrální zóny dospělého skotu, nachází se mezi 15 a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Salfer 2019).

4.6.1 Odchov telat v podmínkách tepelného stresu

Dopadům tepelného stresu na telata a možnostem omezení tepelného stresu u telat byla doposud jak mezi vědci, tak v praxi věnována menší pozornost než stejným tématům u dospělého skotu zejména pak dojnic. Pro telata také nejsou přesně stanoveny hraniční hodnoty meteorologických veličin (Bakony & Jurkovich 2020).

Tepelný stres má dopad na welfare telat a snižuje efektivitu odchovu. Vysoká teplota prostředí zvyšuje úhyny telat krátce po narození (Bakony & Jurkovich 2020). Renaud et al. (2018) uvádí, že riziko úhynu v časném poporodním období je v létě vyšší než na podzim a na jaře, ale nižší než v zimě. Mellado et al. (2014) nezaznamenali zvýšené úhyny telat v období vysokých teplot, a naopak upozorňují na zvýšené úhyny v zimním období.

Teplé počasí podporuje růst řady škodlivých mikroorganismů, které mohou telatům způsobit průjmy a další zdravotní problémy. Proto je důležité v tomto období dodržovat zvýšené hygienické standardy. Telata mají také zvýšené nároky na vodu a minerální látky (Earleywine). Telatům ve venkovních individuálních boxech je třeba zajistit dostatek napájecí vody a stínu. V praxi se rovněž osvědčilo nahrazení podestýlkové slámy pískem (Veeteelt 2018). Také Bentley (2015) upozorňuje na důležitost zajištění dostatku čerstvé napájecí vody. Při ustájení ve venkovních individuálních boxech pak doporučuje zajistit jejich zastínění a případné podložení zadní stěny přístřešku tak, aby vznikla 20-25 cm vysoká mezera, která zajistí lepší cirkulaci vzduchu v přístřešku.

4.6.2 Odchov telat v podmínkách chladového stresu

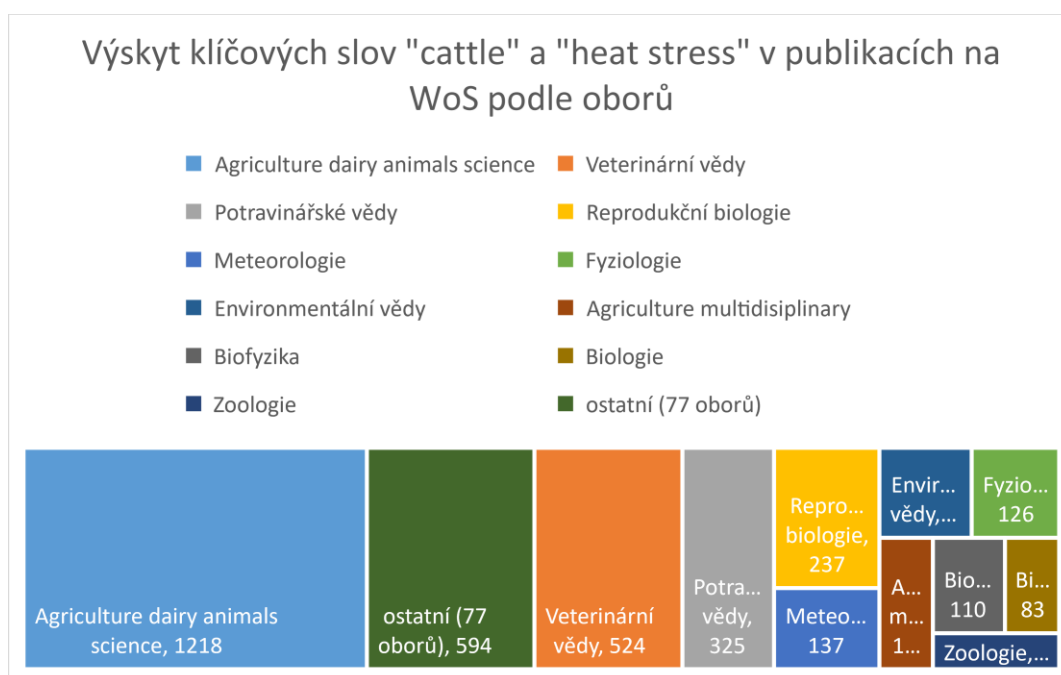
Pokud klesne teplota vzduchu pod hranici termoneutrální zóny musí, tele vynakládat energii na udržení stabilní tělesné teploty, čímž se zvyšuje potřeba energie na záchovu. Při teplotách kole 4 °C se potřeba energie na záchovu zvyšuje zhruba o 40 %, při -17 °C je dvojnásobná (Salfer 2019).

Porod by měl probíhat v suchém čistém prostředí bez průvanu. V zimním období také nabývá na důležitosti včasné podání dostatečného množství mleziva. Je třeba také dbát na zvýšenou čistotu podestýlky pro telata. Z důvodu zvýšené potřeby energie by se telatům mělo podávat větší množství mléka nebo mléčné krmné směsi (MKS), a to ideálně při teplotě 40 °C. Vhodné je také zvýšit počet krmení mlékem nebo MKS ze dvou na tři. Také napájecí voda podávaná telatům by měla mít vyšší teplotu než v letním období. Dalším způsobem, jak omezit vliv chladového stresu na telata, může být použití dek pro telata, případně také oddálení odstavu (Salfer 2019).

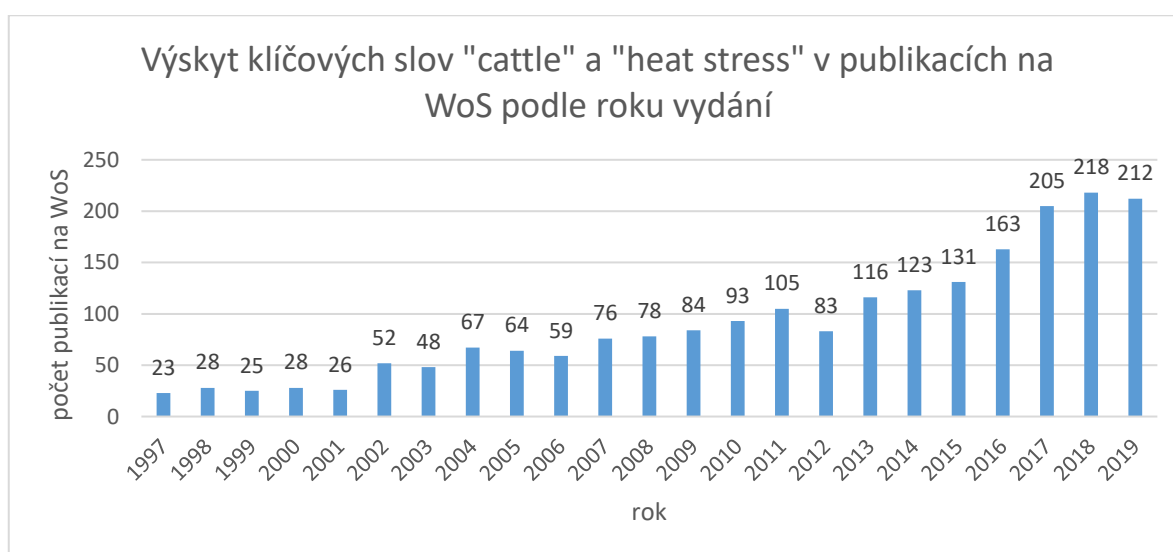
4.7 Výskyt publikací týkajících se studovaného tématu v databázi Web of Science

Internetová aplikace Web of Science (WoS), sdružující několik celosvětových databází, obsahuje ohromné množství vědeckých článků i dalších publikací z takřka všech oborů lidské činnosti. Také k tématu této bakalářské práce se zde vyskytuje řada zdrojů.

Pro klíčová slova „Cattle“ a „Heat stress“ se v databázi k 16. 1. 2020 nacházelo celkem 2231 publikací přiřazených do 88 kategorií (oborů). Jedna publikace může být zařazena do více kategorií. Nejvíce jsou zastoupeny kategorie „Agriculture dairy animals science“ a „Veterinary sciences“ (viz graf 1). Rovněž dochází k zvyšování počtu publikací v jednotlivých letech. Mezi lety 1997 a 2019 se počet publikací obsahující výše zmíněná klíčová slova více než zdevítinásobil (viz graf 2).

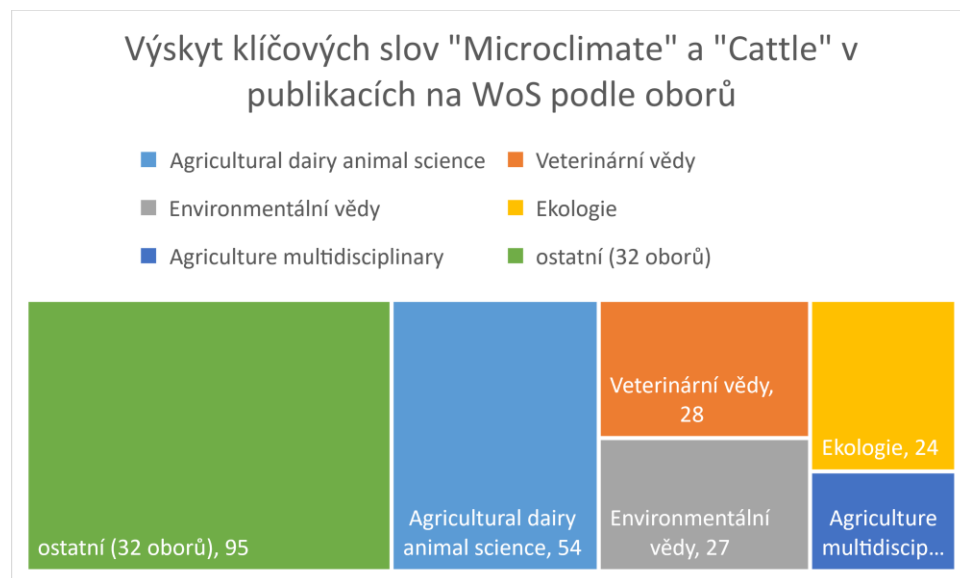


Graf 1: Vlastní zpracování podle Web of Science



Graf 2: Vlastní zpracování podle Web of Science

Pro klíčová slova „Microclimate“ a „Cattle“ se v databázi WoS nacházelo k 16. 1. 2020 celkem 151 publikací rozdělených do 37 kategorií. Nejvíce zastoupeny jsou opět kategorie „Agriculture dairy animals science“ a „Veterinary sciences“ (viz Graf 3). Také zde je patrný určitý nárůst počtu publikací v jednotlivých letech. (viz Graf 4).

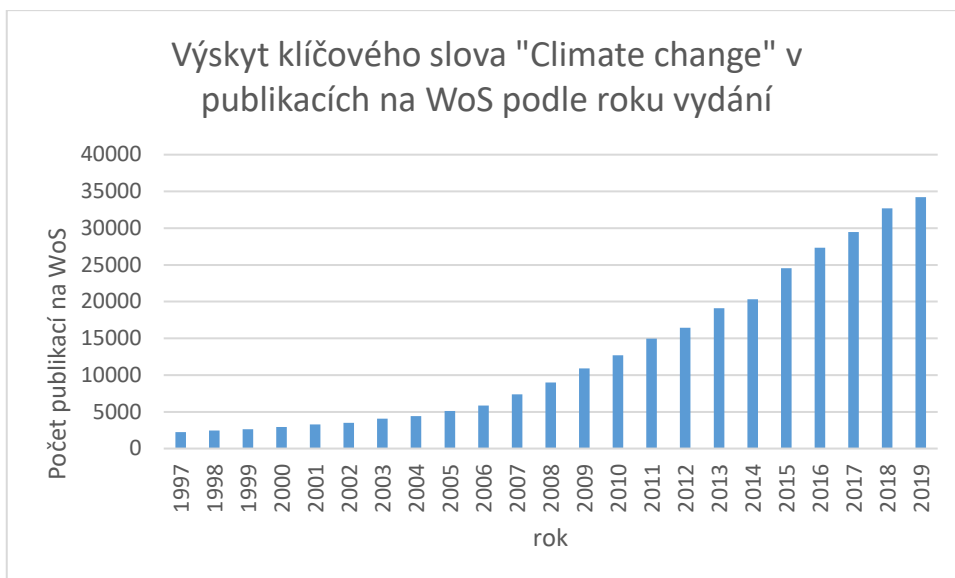


Graf 3: Vlastní zpracování podle Web of Science



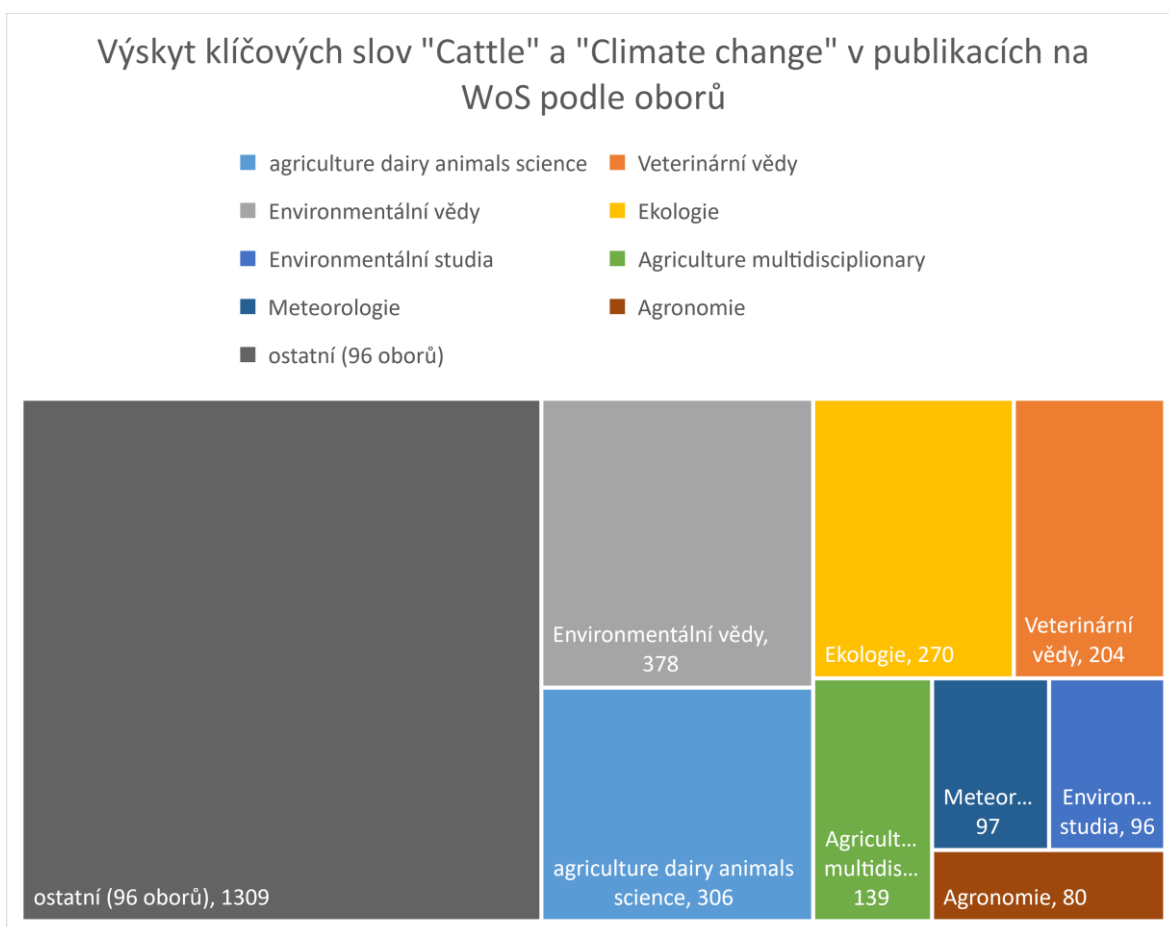
Graf 4: Vlastní zpracování podle Web of Science

Pro klíčové slovo „Climate change“ se v databázi WoS nacházelo k 16. 1. 2020 celkem 305 143 publikací. Počet vydávaných publikací mezi jednotlivými lety neustále stoupá, mezi lety 1997 a 2019 se zpatnáctinásobil (viz Graf 5).

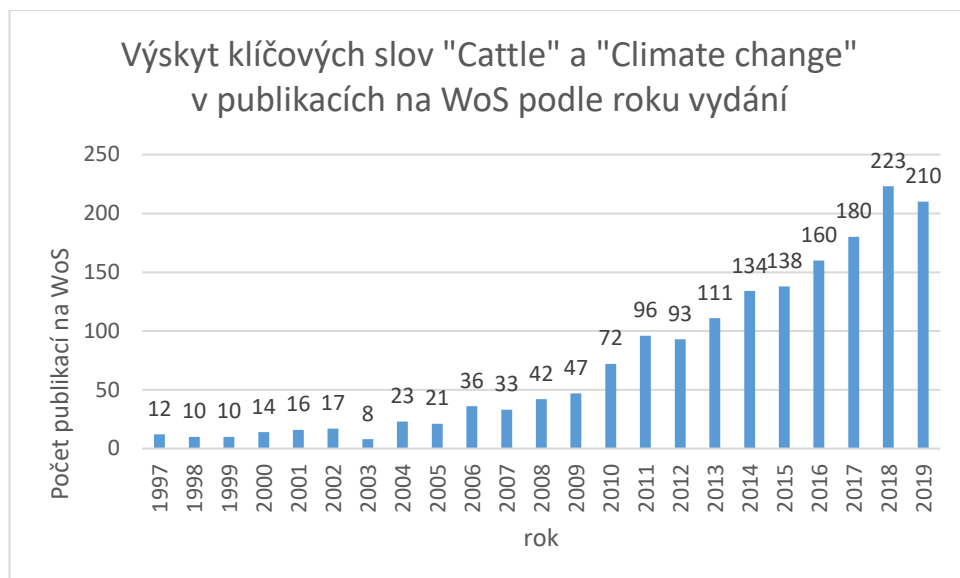


Graf 5: Vlastní zpracování podle Web of Science

Pro klíčová slova „Cattle“ a „Climate change“ se v databázi WoS nacházelo k 16. 1. 2020 celkem 1752 publikací zařazených do 104 kategorií, přičemž nejvíce publikací bylo řazeno do kategorie „agriculture dairy animals science“ (viz Graf 6). Je zde rovněž patrný zvyšující se počet publikací v jednotlivých letech, byť v roce 2019 došlo k mírnému poklesu (viz Graf 7).



Graf 6: Vlastní zpracování podle Web of Science



Graf 7: Vlastní zpracování podle Web of Science.

5 Závěr

Vliv klimatických faktorů na chov skotu je značný a v souvislosti s probíhající změnou klimatu se bude pravděpodobně ještě zvyšovat. Extrémní meteorologické jevy negativně ovlivňují užitkovost, plodnost, zdravotní stav a welfare skotu. Použitím správných postupů a technologií mohou být negativní vlivy omezeny, čímž je možno dosáhnout zlepšení užitkových, reprodukčních a zdravotních ukazatelů, a tím zlepšit hospodářský výsledek jak konkrétního podniku, tak celého chovu skotu jakožto sektoru národního a světového hospodářství.

Byla vytvořena literární rešerše shrnující informace o vlivu biometeorologických prvků a charakteristik především na stájový chov skotu, analyzující vliv tepelného a chladového stresu na užitkovost, plodnost a zdravotní stav skotu a na odchov telat. Byly popsány postupy a technologie používané k omezení vlivu extrémních teplot na chov skotu. Byl vytvořen stručný přehled nejběžnějších bioklimatických indexů používaných v chovu skotu zahrnující i vzorce pro výpočet těchto indexů.

6 Literatura

- Angrecka S, Herbut P. 2015. Conditions for cold stress development in dairy cattle kept in free stall barn during severe frosts. *Czech journal of animal science* **60** (2):81-87.
- Bakony M, Jurkovich V. 2020. Heat stress in dairy calves from birth to weaning. *Journal of Dairy Research* **87**:53-59.
- Bentley J. 2015. Reduce Heat Stress even in your Baby Calves!. Iowa State University, Ames. Available from <https://www.extension.iastate.edu/dairyteam/files/page/files/Reduce%20Heat%20Stress%20even%20in%20your%20Baby%20Calves-july2015.pdf> (accessed May 2021).
- Bílek M, Doležal O, Dolejš J, Toufar O. 2002. Welfare ve stájích pro skot. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.
- Bouška J, et al. 2006. Chov dojného skotu. Profi Press, Praha.
- Brouček J, Letkovičová M, Kovalčuj K. 1991. Estimation of cold stress effect on dairy cows. *International Journal of Biometeorology* **35**:29–32.
- Bulman DC, Lamming GE. 1978. Milk progesterone levels in relation to conception, repeat breeding and factors influencing acyclicity in dairy cows. *Journal of reproduction and fertility* **54**:447-458.
- Chang-Fung-Martel J, Harrison MT, Rawnsley R, Smith AP, Meinke H. 2017. The impact of extreme climatic events on pasture-based dairy systems: a review. *Crop and Pasture Science* **68**:1158-1169.
- Clarivate Analytics. Web of science. Clarivate Analytics, USA. Available from <https://apps.webofknowledge.com/> (accessed January 2020).
- Coufalík V. 2013. Současné problémy v reprodukci skotu. Agriprint, Olomouc.
- Česká tisková kancelář. 2018. Zvířat je moc, sena málo. Zemědělci budou muset vybit desetitisíce kusů. Mafra, a.s., Praha. Available from https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/snizeni-poctu-kusu-chovnych-zvirat.A180918_125130_ekonomika_are (accessed 2018).
- Český hydrometeorologický ústav. Změna klimatu. Český hydrometeorologický ústav, Praha. Available from <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zmena-klimatu/zakladni-informace> (accessed May 2021).
- de Rensis S, Scaramuzzi RJ. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. *Theriogenology* **60**:1139-1151.
- de Sousa KT, Deniz M, do Vale MM, Dittrich JR, Hötzel MJ. 2021. Influence of microclimate on dairy cows' behavior in three pasture systems during the winter in south Brazil. *Journal of Thermal Biology* (e102873) DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.102873.
- do Amaral BC, Connor EE, Tao S, Hayen J, Bubolz J, Dahl GE. Heat-stress abatement during the dry period: Does cooling improve transition into lactation?. 2009. *Journal of Dairy Science* **92**: 5988–5999.
- Dobry S. 2019. Extrémně vysoké ceny sena a slámy. Agrovenkov. Available from <http://agrarnivenkov2014.blogspot.com/2019/01/extremne-vysoke-ceny-sena-slamy.html> (accessed May 2021).
- Doležal O. 2008. Tepelný stres u dojnic a možnosti jeho redukce evaporačním ochlazováním. *Náš chov* **68** (9):72-75.
- Doležal O. 2014. Sprchování krav a intenzivní ventilace. *Náš chov* **74** (6):65-68.
- Earleywine T. Five Calf Heat Stress Challenges and How to Beat Them. Purina Animal Nutrition LLC, St. Louis. Available from <https://www.purinamills.com/milk-replacer/education/detail/five-calf-heat-stress-challenges-and-how-to-beat-them> (accessed May 2021).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. FAOSTAT. Food and

- Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Available from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL> (accessed May 2021).
- Gaughan JB, Mader TL, Holt SM, Lisle A. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science* **86**:226–234.
- Giesecke WH. 1985. The effect of stress on udder health of dairy cows. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* **52**:175–193.
- Hadipour A, Mohit A, Kuhl HD, Hashemzadeh, F. 2021. Recent Nutritional Advances to Mitigate Methane Emission in Cattle: A Review. *Iranian Journal of Applied Animal Science* **11**:1-14.
- Illek J, Kudrna V, Matějčík M, Novák P, Slavík P. 2007. Tepelný stres dojníc – zdraví, produkce a reprodukce. *Náš chov* **67 (6)**:63-65.
- Klementová K, Filipčík R, Hošek M. 2017. The effect of ambient temperature on conception and milk performance in breeding holstein cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **65**:1515-1520
- Kremlík V. 2013. Díky statistickým trikům změny klimatu postupují rychleji, než kdo čekal. Osel, s. r. o., Telč. Available from <https://www.osel.cz/6886-diky-statistickym-trikum-zmeny-klimatu-postupuji-rychleji-nez-kdo-cekal.html> (accessed May 2021).
- Kvapilík J, Bucek P, Kučera J. 2019. Ročenka-CHOV SKOTU V ČESKÉ REPUBLICĚ Hlavní výsledky a ukazatele za rok 2018. Českomoravská společnost chovatelů, Praha.
- Laporta J, Ferreira FC, Ouellet V, Dado-Senn B, Almeida AK, De Vries A, Dahl GE. 2020. Late-gestation heat stress impairs daughter and granddaughter lifetime performance. *Journal of Dairy Science* **103**:7555–7568.
- Lucy MC. 2002. Reproductive loss in farm animals during heat stress. 15th Conference on Biometeorology and Aerobiology/16th International Congress on Biometeorology. American meteorological society, Boston.
- MacDonald MA, Bell JM. 1958. Effect of low fluctuating temperatures on farm animals: IV. Influence of temperature on milk yield and milk composition. *Canadian Journal of Animal Science* **38**:160-170.
- Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* **84**:712–719.
- Mader TL, Johnson LJ, Gaughan JB. 2010. A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. *Journal of Animal Science* **88**:2153–2165.
- Mader TL. 2014. Bill E. Kunkle Interdisciplinary Beef Symposium: Animal welfare concerns for cattle exposed to adverse environmental conditions. *Journal of Animal Science* **92**: 5319–5324.
- Mellado M, Lopez E, Veliz FG, De Santiago MA, Macias-Cruz U, Avendaño-Reyes L, Garcia JE. 2014. Factors associated with neonatal dairy calf mortality in a hot-arid environment. *Livestock Science* **159**:149–155.
- Mrázek D, Duchková A. 2019. Sucho šroubuje nahoru ceny sena a zemědělci bojují se zloději. Pomocť by jim měly speciální senzory. Český Rozhlas, Praha. Available from <https://radiozurnal.rozhlas.cz/sucho-sroubuje-nahoru-ceny-sena-a-zemedelci-bojuji-se-zlodeji-pomocť-jim-mely-8072959> (accessed May 2021).
- Moravec V, Markonis Y, Rakovec O, Svoboda M, Trnka M, Kumar R, Hanel M. 2021. Europe under multi-year droughts: how severe was the 2014–2018 drought period?. *Environmental Research Letters* (e034062) DOI: 10.1088/1748-9326/abe828.
- Muller CJC, Botha JA, Smith WA, Coetzer WA. 1994. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. *South African Journal of Animal Science* **24**:49-66.
- National Weather Service. Wind Chill/Temperature Index. National Weather Service, Silver Spring. Available from <https://www.weather.gov/oun/safety-winter-windchill> (accessed April

2021).

- Polsky L, von Keyserlingk MAG. 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science* **100**:8645–8657
- Purwanto BP, Abo Y, Sakamoto R, Furumoto F, Yamamoto S. 1990. Diurnal patterns of heat production and heart rate under thermoneutral conditions in Holstein Friesian cows differing in milk production. *Journal of Agricultural Science* **114**:139-142.
- Ravagnolo O, Misztal I. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *Journal of Dairy Science* **83**:2126–2130.
- Renaud DL, Duffield TF, LeBlanc SJ, Ferguson S, Haley DB, Kelton DF. 2018. Risk factors associated with mortality at a milk-fed veal calf facility: a prospective cohort study. *Journal of Dairy Science* **101**:2659–2668.
- Salfer J. 2019. Raising calves that thrive in the winter. University of Minnesota, Minneapolis. Available from <https://extension.umn.edu/dairy-news/raising-calves-thrive-winter> (accessed May 2021).
- Siple PA, Passel CF. 1945. Measurements of Dry Atmospheric Cooling in Subfreezing Temperatures. *Proceedings of the American Philosophical Society* **89**:177-199
- St-Pierre N., Cobanov B, Schnitkey G. 2003. Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. *Journal of Dairy Science* **86**:E52-E77
- Stupka R, et al. 2013. *Chov zvířat*. Powerprint, Praha.
- Šimková A, Smutný L, Krupka F, Švejdová K, Šoch M. 2015a. Stájové mikroklima. *Automa, časopis pro automatizační techniku* **11 (7)**:12-15.
- Šimková A, Šoch M, Švejdová K, Šimák-Líbalová K, Smutný L, Smutná Š, Čermák B, Novotná I. 2015b. The effect of air temperature on yield of Holstein dairy cattle. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies* **48**:279 – 282.
- The University of Iowa. What is cold stress?. The University of Iowa, Iowa City. Available from <https://ehs.research.uiowa.edu/occupational/cold-stress> (accessed April 2021).
- Toghiani S, Hay E, Fragomeni B, Rekaya R, Roberts AJ. 2020a. Genotype by environment interaction in response to cold stress in a composite beef cattle breed. *Animal* **14**:1576–1587.
- Toghiani S, Hay EH, Roberts A, Rekaya R. 2020b. Impact of cold stress on birth and weaning weight in a composite beef cattle breed. *Livestock Science* (e104053)
DOI: 10.1016/j.livsci.2020.104053.
- Veeteelt. 2018. Hitte kan fataal zijn voor kalveren in iglo's. Veeteelt, Arnhem. Available from <https://veeteelt.nl/nieuws/hitte-kan-fataal-zijn-voor-kalveren-iglos> (accessed April 2021).
- Veeteelt. 2019. Nat staldak zorgt voor 8 graden koelere stal. Veeteelt, Arnhem. Available from <https://veeteelt.nl/nieuws/nat-staldak-zorgt-voor-8-graden-koelere-stal> (accessed April 2021).
- Vokřálová J, Novák P, Illek J, Odehnalová S. 2007. Vliv klimatu na mléčnou produkci. *Náš chov* **67 (6)**:66-68
- Williams JE, Spiers DE, Thompson-Golden LN, Hackman TJ, Eilersieck MR, Wax L, Colling DP, Corners JB, Lancaster PA. 2009. Effects of Tasco in Alleviation of Heat Stress in Beef Cattle. *The Professional Animal Scientist* **25**:109-117
- Wilson SJ, Kirby CJ, Koenigsfeld AT, Keisler DH, Lucy MC. 1998a. Effects of Controlled Heat Stress on Ovarian Function of Dairy Cattle. 1. Lactating Cows. *Journal of Dairy Science* **81**:2124-2131.
- Wilson SJ, Kirby CJ, Koenigsfeld AT, Keisler DH, Lucy MC. 1998b. Effects of Controlled Heat Stress on Ovarian Function of Dairy Cattle. 2. Heifers. *Journal of Dairy Science* **81**:2132-2138.
- Zejdová P, Falta D, Chládek G. 2014. Stájové mikroklima – dobrý sluha i zlý pán pohody zvířat. *Náš chov* **74 (2)**:26-29.
- Zimbelman RB, Collier RJ. 2011. Feeding Strategies for High-Producing Dairy Cows During

Periods of Elevated Heat and Humidity. Pages 111-126 in Eastridge ML, editor.
20th anniversary Tri-State Dairy Nutrition Conference 2011. Ohio State University Dept
Animal Science, Columbus.

Zimelman RB, Rhoads RP, Rhoads ML, Duff GC, Baumgard LH, Collier RJ. 2011.
A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity
index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. Pages 113-125 in Western
Dairy Management Conference. Nevada.

7 Seznam použitých zkratk a symbolů

BGHI	black globe humidity index
CCI	Comprehensive Climate Index
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČTK	Česká tisková kancelář
ETI	Equivalent Temperature Index
EU	Evropská unie
HL	Heat load Index
IPCC	Mezvládní panel pro změnu klimatu
ITSC	Index of Thermal Stress for Cows
KBTPM	krávy bez tržní produkce mléka
OSN	Organizace spojených národů
ppb	částic z miliardy
ppm	částic z milionu
STHI	Skin temperature humidity index
THI	teplotně vlhkostní index
USA	Spojené státy americké
WCT	Wind Chill/Temperature Index
WoS	Web of S

