



EESTI MAAÜLIKOOL

Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

Kersti Petrov

**KUUMASTRESSI MÕJU LEHMADE SIGIVUSELE,  
PIIMATOODANGULE JA TERVISELE**

**THE EFFECT OF HEAT STRESS ON FERTILITY, MILK  
PRODUCTION AND HEALTH OF COWS**

Bakalaureusetöö  
Loomakasvatuse õppekava

Juhendaja: Andres Valdmann, *DrVSc*

Tartu 2024



Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Kersti Petrov		Õppekava: Loomakasvatus	
Pealkiri: Kuumastressi mõju lehmade sigivusele, piimatoodangule ja tervisele			
Lehekülgi: 32	Jooniseid: 2	Tabeleid: 0	Lisasid: 0
Osakond / Õppetool: Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut			
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Loomakasvatus 396			
Juhendaja(d): Andres Valdmann			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2024			
<p>Antud bakalaureusetöö keskendub kuumastressi ja selle mõjude uurimisele veiste seas, eriti lehmadel. Töö eesmärk on tutvustada kuumastressi ja selle mõju lehmade söömisele, toodangule, sigimisnäitajatele ja tervisele ning pakkuda välja lahendusi, mis võiksid leevendada lehmade kuumastressi.</p> <p>Kuumastress on oluline teema kariloomakasvatases, kuna sellel võib olla märkimisväärne majanduslik mõju. Kuumastressi peamised keskkonnategurid on välitemperatuur, suhteline õhuniiskus ja päikesekiirgus. Veised vajavad kõrgete temperatuuridega harjumiseks aega, kuid pikaajaline kokkupuude võib põhjustada kehatemperatuuri tõusu, tootlikkuse langust ning sigimisprobleeme.</p> <p>On oluline tagada veistele sobivad tingimused, et vältida kuumastressi negatiivseid mõjusid. Selleks võib kasutada mitmeid meetmeid, näiteks varju pakkumist päikese eest, ventilatsiooni parandamist ning sobiva sööda ja vee kättesaadavuse tagamist. Veiste kehatemperatuuri jälgimine on oluline, et avastada varakult kuumastressi esimesed tunnused ning rakendada vajalikud meetmed selle leevendamiseks.</p>			
Märksõnad: kuumastress, sigivus, piimatoodang,			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Kersti Petrov		Curriculum: Animal Science	
Title: The effect of heat stress on fertility, milk production and health of cows			
Pages: 32	Figures: 2	Tables: 0	Appendixes: 0
Department / Chair: Institute of Veterinary Medicine and Animal Science Field of research and (CERC S) code: Animal Science 396 Supervisors: Andres Valdmann Place and date: Tartu 2024			
<p>This bachelor's thesis focuses on studying heat stress and its effects among cattle, especially cows. The aim of the study is to introduce heat stress and its impact on cows' feeding, production, reproductive performance, and health, as well as propose solutions that could alleviate heat stress in cows.</p> <p>Heat stress is an important topic in livestock farming, as it can have a significant economic impact. The primary environmental factors contributing to heat stress are ambient temperature, relative humidity, and solar radiation. Cattle require time to acclimate to high temperatures, but prolonged exposure can lead to an increase in body temperature, a decrease in productivity, and reproductive problems.</p> <p>It is crucial to ensure suitable conditions for cattle to prevent the negative effects of heat stress. This can be achieved through various measures, such as providing shade from the sun, improving ventilation, and ensuring access to appropriate feed and water. Monitoring cattle body temperature is important to detect early signs of heat stress and take necessary measures to alleviate it.</p>			
Keywords: heat stress, reproductive performance, milk production			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	5
1. LÜHIÜLEVAADE: PIIMALEHMADE KUUMASTRESS .....	7
1.1 Kuumastressi mõju kehatemperatuurile.....	8
2. KUUMASTRESSI TUVASTAMINE .....	9
2.1 Käitumine .....	9
2.2 Hingamine.....	9
3. VEISTE KÄITUMUSLIKUD JA KOHANEMISSTRATEEGIAD KUUMASTRESSI TINGIMUSTES .....	11
3.1 Kuumastressi mõju piimatoodangule, piima koostisele ja somaatiliste rakkude arvule	11
4. KUUMASTRESSI MÕJU SIGIVUSELE.....	14
4.1 Kuumastressi mõju piimalehmade viljastumisele .....	14
4.2 Gonadotropiinide sekretsioon.....	14
4.3 Folliikulite areng kuumastressi tingimustes .....	17
4.4 Kuumastressi mõju veiste munarakkudele.....	18
4.5 Kuumastressi mõju veiste kollakeha arengule .....	18
4.6 Kuumastressi mõju veiste embrüote arengule .....	19
5. KUUMASTRESSI MÕJU TERVISELE, POEGIMISELE JA TIINUSELE .....	21
6. LEHMADE TOITMINE KUUMASTRESSI AJAL .....	23
6.1 Melatoniin .....	23
6.2 Kroom.....	24
7. KUUMASTRESSI ENNETAMINE JA KUUMASTRESSI MÕJUDE VÄHENDAMINE.....	25
7.1 Jahutussüsteemid.....	25
KOKKUVÕTE.....	27
KASUTATUD KIRJANDUS.....	28
LISA .....	34
Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta .....	35

## SISSEJUHATUS

Käesolev bakalaureusetöö on Eesti Maaülikooli, 2024 õppeaasta, Loomakasvatuse õppekava bakalaureuse kraadi lõputöö.

Veised taluvad paremini pigem jahedamaid kraade kui kuumemaid. Nad tunnevad ennast kõige paremini, kui välisõhu temperatuur jääb vahemikku 4-21 soojakraadi (JKK 2010). Kui veis seedib toitu, siis selle käigus eraldub tema organismist hulk soojust. Kõige suurem soojuse hulk eraldub umbes 4 tundi pärast söömist (JKK 2010). Veistel suureneb kuumastressiga ka veevajadus. Tavaliselt tarbib veis vett umbes 8 liitrit 100 kg eluskaalu kohta (JKK 2010).

Lehm, kelle päevane toodang on umbes 30 kg, arvestades, et tema kaal on 630 kg, eritab sama palju soojust kui 15 elektripirni, ehk umbes 100W võimsuses (JKK 2010). Kui aga suvel viibib lehm päikese käes, siis tema keha neelab 80% sellest kiirgusest (JKK 2010). Sellistes tingimustes toodab lehma organism sama palju soojust kui 25-30 elektripirni (JKK 2010). Mida kõrgem on õhu suhteline niiskus, seda madalam temperatuur on piisav kuumastressi tekkimiseks. Lehmale tekib kuumastress juba olukorras, kus õhutemperatuur on 22 kraadi ja õhu suhteline niiskus on 90% (JKK 2010).

Viimastel aastatel on suvekuud Eestis olnud varasemast kuumemad. Keskmise õhuniiskus on pikemate perioodide vältel püsinud 50-60%, samal ajal kui temperatuur on ületanud 25 soojakraadi (JKK 2010). Tekkiva soojushulgaga ei saa loomad iseseisvalt hakkama, mistõttu nende söömine, toodang ja sigimishäired langevad märgatavalt.

Viimase aastate jooksul on palju käsitletud negatiivseid mõjusid kuumastressi tagajärgedel. Artiklis, mille autoriks on Das *et al.* (2016), on välja toodud peamised negatiivsed mõjud ning kaasnevad probleemid, nimelt :

1. Söögiisu langus - Kuumus võib vähendada loomade söögiisu, mis võib viia toitainete puuduseni ning kaalu - ja toodangulanguseni (Das *et al.* 2016).
2. Vee ja elektrolüütide tasakaaluhäired - Kuumus võib põhjustada loomadele veepuudust ja elektrolüütide tasakaaluhäireid, mis võivad kahjustada neerude ja seedesüsteemi normaalset funktsioneerimist (Das *et al.* 2016).

3. Toodangu langus - Kuumuse mõjul võib loomade piimatoodang oluliselt langeda. Näiteks, piimalehmade puhul võib kuumus vähendada piimatoodangut kuni 10% või isegi rohkem (Das *et al.* 2016).

4. Viljakusprobleemid - Kuumus võib mõjutada ka loomade viljakust, põhjustades sigimisprobleeme, tiinuse katkemist (Das *et al.* 2016).

Need on vaid mõned kuumastressi negatiivsetest mõjudest loomadele. Seetõttu on oluline tagada, et loomad oleksid kuumuse eest kaitstud ja neile oleks tagatud sobivad tingimused, et vältida nende terviseprobleeme ja toodangu languse ja viljakuse osas (Becker *et al.* 2020).

Seoses biotehnoloogia, tehnoloogia ja söömise arenguga ning geneetilise progressiga, on Ameerika Ühendriikides piimatoodang viimase kümnendi jooksul kasvanud 12% võrra lehma kohta (Becker *et al.* 2020). Kuna majandus on nii palju arenenud, siis peamiselt keskendutakse suurenenud piimatoodangule, seejuures on kuumastress muutumas pidevalt aktuaalsemaks probleemiks (Becker *et al.* 2020). Eestis on piimatoodang kasvanud aastate jooksul palju, kui aastal 1965 oli piimatoodang 3068 kg siis aastaks 2022 on keskmine piimatoodang 10628 kg (EPJ 2022).

Bakalaureusetöö eesmärk on tutvustada kuumastressi ja sellest tingitud erinevate faktorite mõju lehmade söömisele, toodangule, sigimisenäitajatele ja tervisele ning tuua välja lahendused, millega saaks leevendada lehmade kuumastressi.

## 1. LÜHIÜLEVAADE: PIIMALEHMADE KUUMASTRESS

Kuumastress on kõige levinum põhjus, mis põhjustab veistel tervise probleeme, piimatoodangu langust ja söömise vähenemist (Idris *et al.* 2021). Kuumastressile kõige vastuvõtlikumad on need veised, keda kasvatatakse suure toodangu jaoks ning selle tagajärjel muutub nende tervis ja tootlikus halvemaks. Halvemal juhul loom võib surra, mis toob sel juhul majanduslikku kahju (Idris. *et al.* 2021).

Kuumas keskkonnas elavate kariloomade heaolu ja piimatoodang võivad olla tõsiselt ohustatud. Eriti mõjutab see veiseid, keda peetakse troopilistes ja lähistroopilistes piirkondades. Seal nad puutuvad kokku regulaarselt kõrge temperatuuriga ja kõrge õhuniiskusega. Pika perioodi vältel kuumastressi kannatavate veiste söödatabimine, piimatoodang, kasv, heaolu ja sigimisvõime vähenevad. Kuumastressil võib olla väga tõsine mõju. Peaaegu 20 aastat tagasi põhjustas kuumastress Ameerika Ühendriikide veiselihatööstuses suure majandusliku kahjumi, mille suurus ulatus üle 300 miljoni dollari (Idris *et al.* 2021).

Potentsiaalsed stressitekitajad on erinevad keskkonnatingimused näiteks kuum või külm ilmastik. Kõrge temperatuur põhjustab sageli veistel madalat piimatoodangut, nõrgenenud immuunsust, kõrget haigestumist ja suremust. Kõige rohkem mõjutab kuumastress kiiresti kasvavaid lihaveiseid või suure toodanguga lehma, kuna neil on kõrge toitainete vajadus ning vatsas toimuva käärimise tulemusena tekib suurem soojuse tootmine (Idris *et al.* 2021).

Peamised keskkonnategurid, mis põhjustavad veiste kuumastressi on ümbritseva keskkonna temperatuur, suhteline õhuniiskus ja päikesekiirgus. Kui veis viibib kuumas keskkonnas lühiajaliselt, siis see mõjutab ainult piimatoodangut. Pikaajaline viibimine kuumas keskkonnas võib juba mõjuda veise heaolule (Idris *et al.* 2021).

Veised taluvad kuumastressi erinevalt. Lehmad hakkavad harjuma kõrge õhutemperatuuri ja niiskusega alles kolm või neli päeva pärast kokkupuudet kuumade tingimustega. Lehmade kohanemisel ägeda ühe- või kahepäevase kuumastressiga suureneb soojuse kehast ära juhtimiseks vee tarbimine, kiireneb hingamine ja suureneb higistamine. Pikaajalise kõrge õhutemperatuuri korral tõuseb järk-järgult veiste kehatemperatuur, mille tulemusena väheneb toodang ja söömus (Idris *et al.* 2021).

## 1.1 Kuumastressi mõju kehatemperatuurile

Veiste kehatemperatuur on vahemikus 38,0 – 39,3 kraadi. Veiste kehatemperatuuri mõõdetakse pärasoolest. Veise kehatemperatuuri tuleb mõõta, kui loom on puhkeasendis. Lehmad kui homöotermilised loomad suudavad säilitada stabiilset kehatemperatuuri (Idris *et al.* 2021).

Seevastu arvestamata kuumastressi, võib veiste kehatemperatuur tõusta ka hirmu, valu, stressi, ärevuse või haiguse tõttu (Idris *et al.* 2021).

Xue *et al* (2010) uuring näitas, et rektaalne temperatuur tõusis 37,8 kraadilt 38,5 kraadini kui niiskuse indeks tõusis 45-lt 72-le ning see tähendab, et niiskuse indeks ja rektaalne temperatuur suurenesid vastavalt 60% ja 1,8%. Kui niiskuse indeks tõusis 72-lt 79-le, siis tõusis rektaalne temperatuur 38,5 kraadilt 39,35 kraadini, mis tähendab, et niiskuse indeks ja rektaalne temperatuur suurenesid vastavalt 9,7% ja 2,2%. See näitab, et rektaalne temperatuur tõusis rohkem kui niiskuse indeks oli 72. Seetõttu peab piimalehmade laudas olema niiskuse indeks alla 72. Samuti selgus uuringust, et rektaalne temperatuur oli kuumastressi ajal kõrgem kui tavalistel perioodidel ( $p < 0,01$ ) ning iga niiskuse indeksi suurenemisel suurenes ka veiste rektaalne temperatuur 0,1062 kraadi võrra (Liu *et al.* 2019).

Kuna piima temperatuuri on lihtsam jälgida kui rektaal temperatuuri siis on uuritud ka seost piima temperatuuri ja niiskuse indeksi vahel. Uuringust selgus ka, et piima temperatuur tõusis järk-järgult koos ümbritseva keskkonna temperatuuriga. Kui piima temperatuur jõudis 39 kraadini, - ja niiskuse indeks 72-ni vähenesid veise söödatarbimine ja piimatoodang ning ilmnisid muud kuumastressi sümptomid (Liu *et al.* 2019).



## **2. KUUMASTRESSI TUVASTAMINE**

### **2.1 Käitumine**

Loomakasvatavad kasutavad lehmade käitumismustreid, vahendina, et tuvastada halba tervist või heaolu muutust (Mattachini *et al.* 2013). Lehmade heaolu hinnatakse lamamiskordade kestvuse ja päevase arvu järgi (Becker *et al.* 2020). Lüpsilehm veedab keskmiselt komforttemperatuuril asemetel 11-14 tundi päevas (Wechsler *et al.* 2000). Kui õhutemperatuur tõuseb 30% siis väheneb lehmade lamamisaeg (Becker *et al.* 2020). Kui lehmad seisavad liiga kaua, siis see suurendab energiakulu ja toitainete kasutamist (West, 2003). Kuumastressi all olevad lehmad võivad muuta jahutamise parandamiseks oma käitumist. Veised veedavad rohkem aega seistes ja vähendavad aktiivsust, et ei tekiks suur veekadu organismis (Becker *et al.* 2020). Allen *et al.* (2015) uuringus tuli välja, et seistes ja lamades oli kehasisese temperatuuri erinevus vaid 0,07 kraadi.

Mõned teadlased on öelnud, et pikaajaline seismine võib põhjustada veistel lonkamist (Cook *et al.* 2004; Allen *et al.* 2015).

Uuringud näitavad, et lehmad, kes viibivad kuumastressi ajal varju all, mäletsevad rohkem, toodavad rohkem piima ja suudavad säilitada madalama kehatemperatuuri (Backer *et al.* 2020).

### **2.2 Hingamine**

Hingamissagedus on kõige peamine faktor, millest saab aru, kas lehm on kuumastress või mitte. Lehm, kellel ei esine kuumastressi on hingamissagedus 26-50 hingetõmmet minutis (Becker *et al.* 2020). Kui aga hingamissagedus ületab 120 hingetõmmet minutis siis lehm kogeb tugevat kuumastressi (Becker *et al.* 2020).

Loomakasvatavad kasutavad soojuse vähendamiseks ventilaatoreid ja vihmuteid kuni niiskuse indeks on 68 lähedal (Becker *et al.* 2020). Paljud loomapidajad peavad veiseid õues ja neil puuduvad automatiseeritud süsteemid. Sellel puhul on soovitatav mõõta lehmade hingamissagedust (Becker *et al.* 2020).

Hingamissageduse mõõtmiseks on oluline, et loomapidaja oleks vaikne ja hoiaks vaadeldavast loomast kaugemale. Kui lehmad söövad või joovad siis tuleb ära oodata kuni loom lõpetab oma tegevuse. Loomapidajal on vaja hingamissageduse salvestamiseks pliiatsit ja paberit ning stopperit (Becker *et al.*2020).

Hingamissageduse mõõtmiseks on vaja keskenduda lehma küljealale (joonis 1). Alustama peab siis kui lehm hingab välja ja sellel hetkel on vaja käivitada stopper, et salvestada aeg, mis kulub 10 täishingamise loendamiseks. Üheks täishingamiseks loetakse üht sisse ja üht väljahingamist. Loomapidaja saab aru lehma hingamisest nii, kui külge on sisse vajunud siis loom hingab sisse aga kui külge paisub siis hingab välja (Becker *et al.*2020).



**Joonis 1** . Lehma hingamissagedust visuaalselt jälgides keskenduge küljealale. Foto: C A Becker

Kui loomapidajal on olemas andmed, mille jooksul lehm teeb 10 täishingamist siis saab kasutada võrrandit:  $10 / \text{sekundite arv, mis kulus 10 hingetõmbe tegemiseks} \times 60$ . Näiteks, kui lehm teeb 14,4 sekundi jooksul 10 täishingamist siis valemina näeks see  $10 / 14,4 \text{ sekundit} \times 60 = 41,67 \text{ hingetõmme minutis}$  (Becker *et al.*2020).

Hingamissageduse andmete kogumine näitab omanikule millal peaks sisse lülitama ventilaatorid, pihustid või vihmuted. Varajane sekkumine võib vähendada kuumastressi tõttu kaotatud piima kogust (Becker *et al.*2020).

### **3. VEISTE KÄITUMUSLIKUD JA KOHANEMISSTRATEEGIAD KUUMASTRESSI TINGIMUSTES**

Kui veise kehatemperatuur on kõrgem kui ümbritsev keskkond, siis tekib loomal termiline gradient, mis võimaldab soojusvahetust kehast keskkonda. Kui keskkonna temperatuur vastab kehatemperatuurile või on kõrgem, võivad veise termoregulatsiooni tabada häired (Roth 2020). Valik füsioloogilisi viise soojusvahetuseks on hingeldamine ja higistamine, mis sõltuvad õhuniiskusest ja aururõhu gradiendist (Roth 2020). Kui need pole piisavalt efektiivsed siis võib lehm kasutada ka muid füsioloogilisi, käitumuslikke ja metaboolseid strateegiaid. Kuumastressiga kaasnevad füsioloogilised muutused, mida iseloomustavad hingamissageduse ja hapniku tarbimise suurenemine ning tavapärasest erinev, südamelöögisagedus. Kõrge piimatoodanguga veiste puhul suureneb vee tarbimine ja väheneb sööda tarbimine. Veiste käitumise osas mõjutab kuumastress kõige rohkem mäletsemist. Täpsemalt väheneb mäletsemisele kuluv aeg (Roth 2020).

#### **3.1 Kuumastressi mõju piimatoodangule, piima koostisele ja somaatiliste rakkude arvule**

Suurema piimatoodanguga veised on kuumastressist enam mõjutatud kui väiksema piimatoodanguga lehmad. Kuumastressi all kannatav veis kogeb mitmeid muutusi organismis, mis mõjutavad piimatoodangu kvaliteeti nagu näiteks rasva- ja valgusisaldust ja kogust. Kuumastress vähendab piimasünteesis oluliste toitainete kättesaadavust ning samal ajal suureneb veise põhiainevahetus. See omakorda suurendab karja somaatiliste rakkude arvu ja suurendab kliinilise mastiiti nakatumise riski, mis võib viia piimatoodangu vähenemiseni (Polsky *et al.* 2017; Becker *et al.* 2020).

Mõnedes uuringutes vaadatakse piimatoodangu langust kui põhjust miks on veistel heaolu langus. Probleemiks võib olla näiteks mastiit või mõni muu haigus. (Polsky *et al.* 2017).

Rushen *et al* (2021) artiklis on kirjutatud, et veistel piimajõudlus langeb koheselt, kui nad puutuvad kokku stressifaktoriga või viibivad enda jaoks võõras keskkonnas. Paljud kasvatajad arvavad, et piimatoodangu vähenemine näitab langust veise heaolunäitajates,

kuna piima hulk on korrelatsioonis looma mõjutavate stressorite hulgaga, peegeldades näiteks sööda või õhutemperatuuri muutuseid (Rushen *et al.* 2001).

Lehmad võivad kehatemperatuuri alandamiseks vajaliku varjualuse otsimist jätkata isegi siis, kui nad on juba üle kaheteistkümne tunni püsti seisnud (Becker *et al.* 2020). Veised, kes viibivad kuumastressi all otsivad aktiivselt varju püüdes akumulierida soojuste hajumist. Loom jääb püsti ka siis, kui tal ei õnnestu varju leida (Becker *et al.* 2020).

Veised, kes elavad Ameerika Ühendriikide kaguosas, veedavad peaaegu 50% kõigist aastatundidest termilise stressi all (Pierre *et al.* 2003). Seetõttu langeb piimatoodang kuni 2072 kg lehma kohta aastas (Pierre *et al.* 2003). Somaatilised rakud saavutavad kõrgeima tipu suvekuudel, mis viitab sagedastele mastiidi juhtumitele (Becker *et al.* 2020). Tao (2018) uuringud näitasid, et igakuistes piimaanalüüsides osalenud Georgia piimakarja lehmadel vähenes piimatoodang lehma kohta ja suurenes somaatiliste rakkude arv, kui keskmine päeva niiskuse indeks suurenes (Tao *et al.* 2018).

Kuumastressi tagajärjel vähenenud piimatoodang, tingib 1,2 miljardi dollari suurusele aasta kahjumile USA piimasektoris (Becker *et al.* 2020). Floridas läbi viidud uuringud näitasid, et suvekuudel piimatoodang vähenes 15% võrra võrreldes talvekuudega (Becker *et al.* 2020).

Kuumastress ei vähenda ainult piimatoodangut vaid ka mõjutab piima rasvasisaldust ja somaatiliste rakkude arvu (Liu *et al.* 2019). 2005. aasta jaanuarist kuni 2010. aasta aprillini tehti analüüsid, mida viidi läbi Horvaatias 1.675.686 lehmaga. Analüüsid näitasid, et piima rasva ja valgusisaldus vähenes oluliselt niiskuse indeksi suurenemise tõttu (Liu *et al.* 2019).

Kuumastressi kogevate lüpsilehmade piima koostis võib muutuda. Paljud teadlased on jõudnud arvamusel, et kuumastress on seotud valgu ja rasva vähenemisega piimas (Bouraoui *et al.* 2002). Kuumastressis viibivatel lehmadel võib piimarasva olla 9,7% vähem (Maust *et al.* 1972).

Artiklis, mille autoriks on Abeni *et al.* (1993), leiti, et kui niiskuse indeks tõuseb üle 75, siis väheneb piimarasva hulk piimas. Kui niiskuse indeks on alla 75, siis rasvasisaldus piimas on 3,46 g/100g, kuid kui niiskuse indeks on 75 või kõrgem, siis keskmine rasvasisaldus on 3,17 g/100g (Abeni *et al.* 1993). Lisaks näitas eraldi analüüs, mis põhines 119.337 lüpsilehma andmetel, sealhulgas 15.012 lüpsilehmalt Georgia osariigist, et piimavalgu- ja rasvasisaldus vähenesid vastavalt 0,012 kg ja 0,009 kg iga niiskuseindeksi ühe ühiku võrra (Liu *et al.* 2019). Horvaatias jaanuarist 2010. aasta aprillini tehtud uuring näitas, et

suurenenud niiskuse indeks tõi kaasa olulise piimarasva ja valgusisalduse vähenemise 1.675.686 lehma toodetud piimas (Liu *et al.* 2019).

Holsteini ja jersey tõu uuringud näitasid, et holsteini tõugu lehmadel tõusis kuumastressi ajal piimarasv 3,3%-lt 3,7%-le aga Jersey tõugu lehmadel ei täheldatud muutust piimarasvas neil oli 4,6% (Smith *et al.* 2013).

Suvel kuumastressi käes vaevlevatel lehmadel oli piimavalgu sisaldus väiksem kui talvisel ajal (Smith *et al.* 2013; Bernabucci *et al.* 2015), aga teistel ei erinenud valgusisaldus väga (Hammami *et al.* 2015).

2017. aastal selgus Gao läbi viidud uuringust, et kuumastressi kogevate lehmade piimatoodang vähenes 17%, piimavalgusisaldus 4,1% ja rasvasisaldus 4% (Gao *et al.* 2017).

Uuringute tulemused võivad viidata sellele, et kuumastressi käes kannatavate lehmade piima rasva- ja valgusisaldust mõjutavad erinevad tegurid nagu näiteks toitumine, laktatsioon, kuumastressi tase, ravi kestvus (Tao *et al.* 2018).

Kui veised seisavad liiga pikalt, võib see põhjustada piimatoodangu vähenemist, haiguste levikut ning kehatemperatuuri tõusu (Cook *et al.* 2007; Anderson *et al.* 2013). Lamamisel on verevool udarasse parem kui seismisel ning seetõttu ka suureneb piimatoodang (Backer *et al.* 2020).

## **4.KUUMASTRESSI MÕJU SIGIVUSELE**

Kui lehm on kuumastressis, väheneb tema reproduktiivsus. Kuumastressi all kannatavatel lehmadel lüheneb tiinusaeg ning muutub folliikulite ja embrüo areng (Jordan 2003). Kuumastressi all kannatavate indlevate lehmade tuvastamine ja tiinestumine on keeruline ning piimalehmadel esineb sagedamini embrüonaalseid surmasid (Ülper 2014). Samuti sünnivad kuumastressi all olevatel lehmadel väiksemad vasikad, sest loode saab vähem toitaineid (Ülper 2014). Sigimisprobleemid on üks peamisi põhjuseid, miks enamik loomi karjast välja praagitakse (Ülper 2014). Vabapidamislautades on lehmadel parem viljakus, kuid suuretoodangulised lehmad on halvema viljakusega ja vastuvõtlikumad stressile (Ülper 2014).

### **4.1 Kuumastressi mõju piimalehmade viljastumisele**

Suvehooajal võib viljastumine väheneda 20-30 % vahemikus (Polsky *et al.* 2017). Keskkonna kõrge temperatuur mõjutab negatiivselt lehmade paaritumisvõimet, kuna see vähendab inna ekspressiooni kestvust kui ka intensiivsust (Orihuela 2000). Samuti võib kuumastress mõjutada lüpsilehmade kudede ja elundite funktsioone. Samas takistab ka teatud valkude ja hormoonide sünteesi, mis viib halvema viljakuseni (Putney *et al.* 1988).

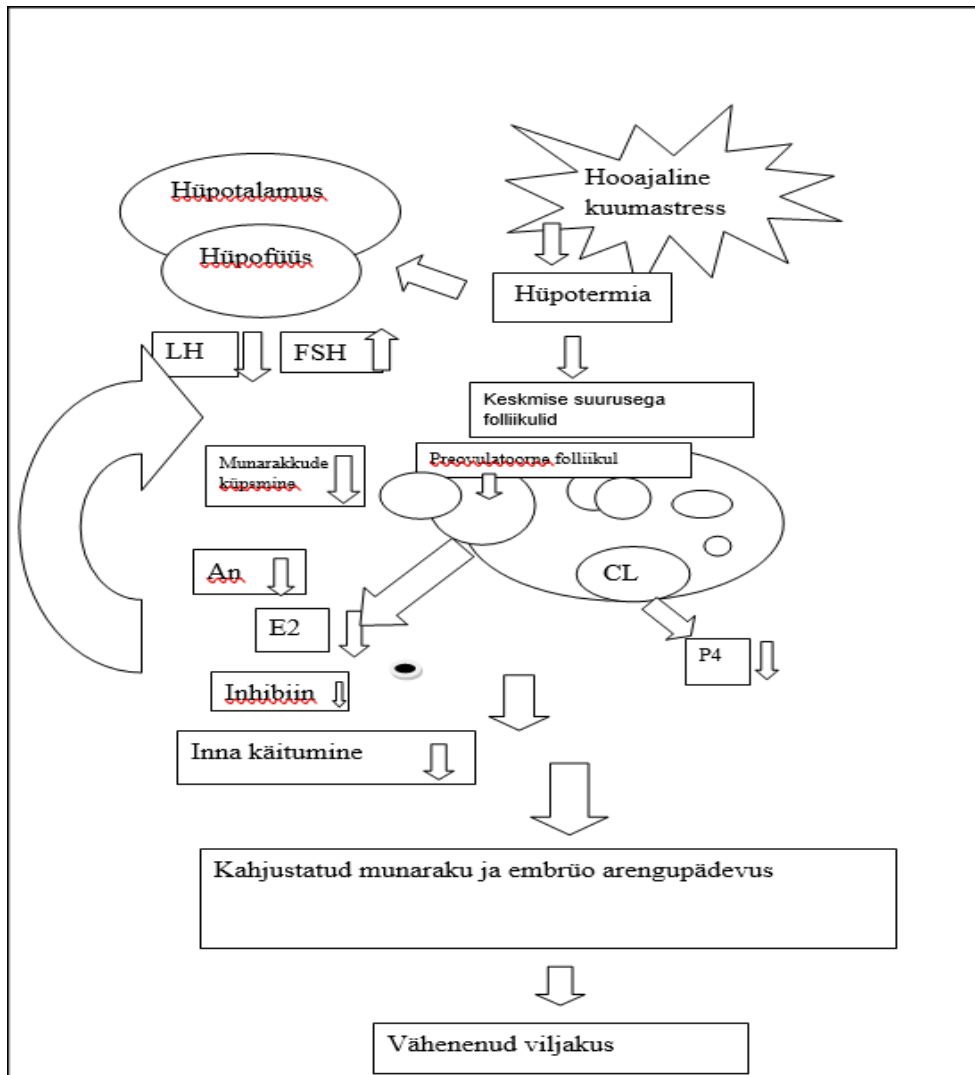
### **4.2 Gonadotropiinide sekretsioon**

Gonadotropiinid, sealhulgas luteiniseeriv hormoon (LH) ja folliikuleid stimuleeriv hormoon, mängivad olulist rolli munasarjade funktsioonis, reguleerides folliikulite kasvu, ovulatsiooni ja kollakeha arengut. Kuigi gonadotropiinide kohta on kirjanduses erinevaid seisukohti, näitavad enamik uuringuid, et kuumastress pärsib LH sekretsiooni (Wolfenson *et al.* 2019). Artiklis, kelle autoriks on Bridges *et al.* (2005) tuli välja uuringus, et lehmade folliikulites kuumastressi korral oli steroidide tase madal pärast gonadotropiiniga stimuleerimist. Samuti on täheldatud LH taseme langust ja gonadotropiini vabastava hormooni (GnRH)-stimulatsiooniga indutseeritud LH tõusu madalamat kontsentratsiooni kuumastressi tingimustes. Ühes teises uuringus, kelle autoriks oli Gilad *et al.* (1993) tuli

välja, et vähenes kuumastressi all olevate veiste folliikulites LH retseptori ekspressioon. LH vähenemine ja/või folliikulite rakkude tundlikkuse muutus LH suhtes võib omakorda kahjustada sündmuste kaskaadi, mis viib ovulatsioonini ja funktsionaalse kollakeha moodustumiseni. Lisaks võib östradioli kontsentratsiooni vähenemine kuumastressi ajal ovulatsiooni lähedal samuti häirida ovulatoorset LH tõusu lehmade puhul (Wolfenson *et al* 2019).

Kuumastressi korral suureneb folliikuleid stimuleeriva hormooni (FSH) sekretsioon, erinevalt luteiniseerivast hormoonist, ning on seotud suurema hulga folliikulite kasvuga munasarjades. Roth jt (2000) leidsid, et kuumastressi all olevate lehmade plasma inhibiini kontsentratsioon langeb märgatavalt, mis omakorda põhjustab plasma FSH kontsentratsiooni tõusu, stimuleerides folliikulite kasvu munasarjades. Need muutused võivad seletada topeltoovulatsiooni märkimisväärset suurenemist ja kaksikute sündimisega tõusu pärast suvist seemendust (Wolfenson *et al* 2019).

Madal LH tase võib põhjustada kollakeha suboptimaalset arengut, mis omakorda sekreteerib vähem progesterooni. Lisaks võib gonadotropiini sekretsiooni muutumine vähendada suvel lehmade viljakust. Üheks võimaluseks selle probleemi lahendamiseks on GnRH manustamine initsiatsioonifaasis (folliikulite arenguetapp, kus munasarjas algab uute folliikulite kasv ja areng), mis kattub madala endogeense LH tasemega (Wolfenson *et al* 2019).



**Joonis 2.** Järgnev skeem selgitab hooajalise kuumastressi pikaajalisi mõjusid hüpotalamuse-hüpofüüsi-munasarjade teljele ja selle rolli piimalehmade viljakuse vähendamisel. LH sekretsiooni vähenemisega kaasneb folliikulaarse östradioli (E2) sekretsiooni vähenemine. Preovulatoorse folliikuli domineerimise vähenemist väljendavad vähenenud androstenediooni (An) ja E2 kontsentratsioonid ning see on seotud östruskäitumise vähenemisega. Suurenenud keskmise suurusega folliikulite arv (läbimõõduga 6-9 mm), tõenäoliselt tuleneb domineerimise vähenemisest ning on seotud inhibiini vähenemise ja FSH kontsentratsiooni suurenemisega. Ootsüütide ja embrüote arenguvõime vähenemine on seotud tuuma- ja tsütoplasma küpsemise häirietega. Vähenenud plasma progesterooni (P4) kontsentratsioon on seotud kollaskeha talitlushäiretega. Eeldatavalt on



kuumastressis olevate lehmade viljakuse vähenemine kumulatiivsete mõjude tulemus (Roth 2020).

### 4.3 Folliikulite areng kuumastressi tingimustes

Loomadel on pärast sündi munarakkude arv fikseeritud ning neid hoitakse puhkeolekus ürgsetes folliikulites (munasarja folliikulite varajane staadium enne nende täielikku küpsemist). Suures osas on teadmata kuidas mõjub kuumastress ürgsete folliikulite populatsiooni säilimisele. Kuumastressi mõju kohta puuduvad tõendid primaarsete folliikulite suhtes. Kõige parem viljakus on piimaveisel peale kuumastressi perioodi alles 40-60 päeval (Rensis *et al.* 2021).

Reproduktiivkaotused on kuumastressi ajal seotud anöstruse (periood, millal emasloomad ei ole suguliselt aktiivsed ega ei näita indlemist) ja vaikse ovulatsiooniga (ovulatsioon toimub ilma märgatavate sümptomiteta, näiteks inna kestus, lima eritumine ja järsk tõus vere progesteroonisisalduses). Üks hüpoteesidest on see, et kuumastress mõjutab folliikulite arengut. Wilson *et al* (1998) tehtud uuringus võrreldi kuumastressis olevaid lehmi ja lehmi, kes ei viibinud kuumastressis, nende östradioli taset veres ning tulemused olid vastuolulised seoses kuumastressi mõjuga folliikulite arengule. Kõrge kuumastressi all olnud piimalehmade esimese laine domineerivate folliikulite suurus vähenes. Lehmade östradioli taseme langemiseks peab piimalehmade kuumastress olema krooniline (Wilson *et al.* 1998).

Wolfenson *et al* (1995) katses olid piimaveised jaotatud juhuslikult kahte rühma. Ühes rühmas olid normaalsetes tingimustes lehmad ja teises rühmas olid veised, kes viibivad kuumastressi all. Wolfenson *et al* (1995) katsest selgus, et kuumastressi rühmas oli lehmade suurte folliikulite arv ( läbimõõduga 10 mm) suurem kui normaalsetes tingimustes veistel. Seetõttu oli esimese follikulaarse laine ajal kuumastressiga rühmas 53% rohkem suuri folliikuleid. Teise follikulaarse laine ajal selgus, et väikeste ja keskmiste folliikulite arv oli normaalsetes tingimustes rühmas suurem kui kuumastressis olevate lehmade rühmas. Samuti tuli välja, et keskmiste folliikulite arv oli väiksem kui esimese follikulaarse laine ajal. Domineerivad munasarjafolliikulid ilmnisid kuumastressis olevatel veistel varem ja neid oli vähem kui normaalsetes tingimustes rühmas. See näitab, et kuumastress mõjutab folliikulite arengut piimalehmadel (Wolfenson *et al.* 1995).

#### **4.4 Kuumastressi mõju veiste munarakkudele**

Kui piimaveis puutub kokku kuumastressiga siis mõjub see viljakusele negatiivselt kuna munarakkude küpsemise periood on lühike (Mietkiewska *et al.* 2022).

Kuumastress võib negatiivselt mõjutada ka piimalehmade munarakkude arengut ja kvaliteeti. Kui munarakkudes esineb muutusi, võivad need edaspidi mõjutada munarakkude arengut *in vitro* tootmist (Mietkiewska *et al.* 2022).

Kui piimaveised satuvad kuumastressi alla, siis nende munasarjade folliikulid ehk munarakkude arengukeskkond hakkab halvenema ning nad vananevad kiiremini, mistõttu nende funktsioonid halvenevad. Lisaks mõjutab kuumastress negatiivselt ka oogeneesi protsessi, mis võib vähendada veiste võimalust järglasi saada. Munarakkude areng on pikk ja järkjärguline protsess ning kuumastress võib seda häirida või katkestada. Kuumades tingimustes toimuvad veiste kehas hormonaalsed muutused, mis võivad mõjutada munarakkude struktuuri, funktsiooni ja kvaliteeti (Mietkiewska *et al.* 2022).

Oluline on hoolikalt kontrollida lehmade sigivust, et hoida kontrolli all kuumastressi mõju folliikulite füsioloogiale ja sellele järgnevale viljakusele (Mietkiewska *et al.* 2022).

#### **4.5 Kuumastressi mõju veiste kollakeha arengule**

Kollakeha on oluline progesterooni tootja, mis on vajalik embrüo arenguks. Luteaalpuudulikkus näitab seisundit, kus kollakeha ei erita piisavalt progesterooni, et säilitada tiinust ning see on seotud madala viljakusega lehmade ja teiste emaste loomade seas. Kuigi progesterooniga lisamine varajases tiinuse staadiumis parandab viljakust mittesoojustressi tingimustes, on uuringute tulemused vastuolulised. Kuumastressi tingimustes võib eksogeense progesterooni lisamine suurendada endogeense progesterooni vähem efektiivsemat taset ning sellega parandada viljastumise määra, kuid selle lähenemisviisi eelised on samuti vastuolulised. Uuringud näitavad, et lühiajalise ägeda kuumastressi korral ei pruugi progesterooni kontsentratsioon väheneda, kuid pikaajalise kroonilise hooajalise kuumastressi korral võib see juhtuda. See võib olla tingitud kollakeha moodustumise protsessi katkemisest, progesterooni madalast sünteesist hüpertermia korral või ovulatoorsete folliikulite kahjustumisest, mis seejärel moodustavad suboptimaalse funktsiooniga kollakeha (Wolfenson *et al.* 2019).

Võimalik lähenemine progesterooni kontsentratsiooni suurendamiseks pärast suvist viljastamist on *Controlled Internal Drug Release* (CIDR) kasutamine, mis sisaldab progesterooni. CIDR-ravi kestab 2 nädalat. Selle meetodi kasutamine eeldab tõhusat jahutamist, vastasel juhul ei jää embrüod ellu (Wolfenson *et al.* 2019).

Friedman jt. (2012) läbiviidud uuring näitas, et CIDR-ravi suurendab tiinuse võimalust 6%. Siiski hiljem selgus, et see tulemus ei olnud usaldusväärne. Sellegipoolest oli ravi tulemuslikkus parem madalamas toitumuses lehmadel pärast poegimist ja lehmadel, kellel esines poegimisel emakahäireid. Selle põhjal viidi läbi järeluuring (O. Shiff *et al.*, avaldamata andmed, Wolfenson *et al.* 2019), kus CIDR sisestati ainult madala kehakaaluga lehmadele pärast poegimist või lehmadele, kellel oli diagnoositud emakahaigus. Tulemused kinnitasid varasema uuringu järeldusi ja näitasid tiinestumise määra paranemist suvel ravitud lehmade alarühmades. Eksogeense progesterooni soodsad mõjud konkreetsetele alarühmadele vajavad edasist uurimist (Wolfenson *et al.* 2019).

#### **4.6 Kuumastressi mõju veiste embrüote arengule**

Enne 8-16 rakuga embrüo staadiumit ei ole veiste genoom veel aktiivne. Embrüo arengut mõjutavad mitmed stressitegurid, nagu näiteks kõrge temperatuur. Kui embrüo saavutab 8-16 rakuga staadiumi, muutub see vastupidavaks kuumastressile ja samal ajal aktiveerub ka genoom. Kõrge temperatuur võib negatiivselt mõjutada ka *in vitro* embrüoproduktiooni protsessi ning sügootidega kokkupuude temperatuuril 40-41 kraadi vähendab blastotsüstide esinemissagedust (Mietkiewska *et al.* 2022).

Embrüod muutuvad kõrgete temperatuuride suhtes vastupidavamaks. Temperatuuril 41 kraadi märgati embrüo arengu aeglustumist esimesel ja teisel päeval, kuid neljandal ja kuuendal päeval ei täheldatud mingeid muutusi. Kahe- ja neljarakulised embrüod suudavad kuumastressi ajal esile kutsuda transkriptsioonireaktsiooni aktiveerimise enne põhigenoomi aktiveerimist. Teaduslikud uuringud pakuvad erinevat teavet seoses kahe rakuga embrüote indutseeritud termotolerantsusega. Mõned allikad väidavad, et embrüod omandavad kergete kuumašokkidega kokkupuute tulemusena rakulise immuunsuse HSP sünteesi kaudu. Samas kui teised uuringud näitavad, et kahe rakuga embrüod ei suuda ellu jääda indutseeritud termotolerantsuse tingimustes (Mietkiewska *et al.* 2022).

Kõrge temperatuur põhjustab varajasetele embrüotele mitmeid tsütoplasmaatilisi muutusi, nagu tsütoskeleti ümberkorraldamine, kromatiini sadenemine, organellide migreerumine, blastomeeride ja mitokondriaalse turse teke, mis omakorda halvendab kromosoomide

eraldumist ja embrüo arengut. On välja toodud, et ootsüüdi mitokondriaalne düsfunktsioon võib edasi kanduda embrüole ja mõjutada loote ja platsenta edasist arengut. Lõhustumise käigus tekib veistel teatud mitokondrite lagunemine, mis võib mõjutada embrüo arengut, samas kui ülejäänud mitokondrid satuvad kuumastressi mõju alla. Embrüod, mis on kokku puutunud kuumastressiga, näitavad apoptoosi iseloomulikke DNA-fragmentatsiooni tunnuseid (Mietkiewska *et al.* 2022).

Hilisemad uuringud on näidanud, et temperatuur mõjutab embrüote epigenoomi. Epigenoom võib avaldada negatiivset mõju embrüo arengule ning see võib avalduda järgmistes põlvkondades (Mietkiewska *et al.* 2022).

## 5. KUUMASTRESSI MÕJU TERVISELE, POEGIMISELE JA TIINUSELE

Veised, kes on tiined ning poegivad, võivad kuumastressi ajal suurema tõenäosusega haigestuda mastiiti ja metriiti. Kuumastressi tõttu väheneb immuunsüsteemi tsütokiinide tootmine, immuunrakkude proliferatsioon, lümfotsüütide migratsioon udarasse ja rakkude elujõulisus (Becker *et al.* 2020). Veised, kes viibivad kuumastressi all, võivad omada suuremat arvu valgeid vereliblesid - nende arv võib suureneda 21-26% (Becker *et al.* 2020). Valgevereliblede arv võib muutuda ka niiskusedeksi tõttu. Teadlane Munoz *et al.* (2014) avastas, et suvekuudel suureneb neutrofiilide ja lümfotsüütide suhe, mis on põletiku ja infektsiooni marker.

Kuna veiste organism on suvekuudel kuumastressi tõttu nõrgenenud, võivad teatud haiguste esinemine nagu maksa lipidoos, lonkamine, metriit ja mastiit sel perioodil sageda (Becker *et al.* 2020). Kõrge temperatuuri mõjul võivad veiste udaras olevad piimnäärme epiteelrakud väheneda (Becker *et al.* 2020). Selle tulemusena võib piimatoodang suvel langeda, eriti kuumastressi all olevatel lakteerivatel lehmadel (Becker *et al.* 2020). Samuti võib kuumastressiga kaasneda suurem risk haigestuda mastiiti, mis omakorda võib vähendada piimatoodangut (Becker *et al.* 2020). Peamine põhjus somaatiliste rakkude arvu suurenemisel on põletikuperiood, mil valgevereliblede arv suureneb. Somaatiliste rakkude arv muutub hooajaliselt, suvel võib see suureneda ja talvel väheneda (Becker *et al.* 2020). Üks Kanadas läbi viidud uuring näitas, et lehmadel suurenes somaatiliste rakkude arv juunist oktoobrini 48-71% (Becker *et al.* 2020).

Veiste haigestumine kuumastressi ajal võib olla seletatav nõrgenenud immuunsüsteemiga. Kui aktiivsuse indeks suureneb või kui temperatuur on kõrge, suureneb ka mastiidi risk. Kuupal perioodil arenevad kõige paremini kaks bakterit: *Escherichia coli*, mis suudab areneda temperatuurivahemikus 19,3-44,5 kraadi, ja *Klebsiella pneumoniae*, mis suudab areneda temperatuurivahemikus 22,7-41,0 kraadi (Becker *et al.* 2020). Need bakterid suudavad kõrge temperatuuri juures ellu jääda, kuid ei suuda ellu jääda külmematel kuudel (Becker *et al.* 2020).

Mõned uuringud on näidanud, et suvel esines suurim arv *Escherichia coli* baktereid, kuid talvel oli nende arv madalam (Becker *et al.* 2020). Veised, kes suvel karjamaal viibisid,

olid suurema riskiga mastiidi tekkeks, mille põhjustas *Streptococcus uberis* bakter (Becker *et al.* 2020).

On märgatud, et suvekuudel suureneb lonkamise sagedus, kuna lehmad peavad seisma pikemalt kuumastressi all kannatades (Becker *et al.* 2020). Lisaks võib lonkamist põhjustada õhuke talla nahk, valge joone haigus, tallahaavandid ja tallatorked (Becker *et al.* 2020). See võib kaasa tuua varajase karjast välja praakimise (Becker *et al.* 2020).

Kuumastress võib mõjutada ka tiinete ja just poeginud lehmade tervist (Becker *et al.* 2020). Veistel, kellel tekivad emakahaigused nagu metriit, väheneb viljastumisvõime ning suureneb embrüo varajase arengu ja tiinuse katkemise oht. (Becker *et al.* 2020).

Veised, kes on tiined ning põevad kuumastressi, on negatiivselt mõjutatud. Ühes analüüsis osalesid seitse piimafarmi, kus uuriti 20 606 lehma tiinust statistilise analüüsiga (Liu *et al.* 2019). Analüüs näitas, et tiinuse määr oli 39,4%, kui niiskuse indeks oli 72,0 (Liu *et al.* 2019). Kuid kui niiskuse indeks tõusis, siis tiinuse määr langes. Kui niiskuse indeks oli suurem kui 72,0, siis tiinuse määr langes 1,03% niiskuse indeksi ühiku kasvu kohta (Liu *et al.* 2019).

## 6. LEHMADE TOITMINE KUUMASTRESSI AJAL

Ühes uuringus leiti, et piimaveiste söötmissaega muutes on võimalik vähendada kuumastressis loomadel hingamissagedust ja rektaalset temperatuuri (Perez- Negron *et al.* 2019). Söötmissaega muutes väheneb ka rektaalne temperatuur ja hingamissagedus ning see võib potentsiaalselt parandada ka viljakust. Kahjuks osalesid selles uuringus piimaveiseid, keda peeti välitingimustes, mistõttu ei saa kindlalt väita, kas söötmissaega muutes paraneb ka viljakus (Perez- Negron *et al.* 2019).

Kui söödale lisada teatud vitamiine, mineraale, antioksüdante ja muid toitaineid, võib see parandada füsioloogilisi reaktsioone teatud aspektides (Perez- Negron *et al.* 2019). Kahjuks ei uurita paljudes söötmissaega seotud uuringutes, kuidas see mõjutab piimaveiste viljakust (Perez- Negron *et al.* 2019). Söödalisandite abil saab siiski kindlaks teha, kas need parandavad füsioloogilist seisundit ja võib-olla ka viljakust. Uuringud on näidanud, et piimaveistel, kes viibivad kuumastressi all ja saavad sööta, millele on lisatud küllastunud rasvhappeid, glutamiini, kroomi ja otsesöödavaid mikroobe, suureneb piimatoodang (Perez- Negron *et al.* 2019).

Siiani on testitud ainult kahte lisandit, mis aitavad kuumastressis olevate piimaveiste viljakust parandada - need on melatoniin ja kroom (Perez- Negron *et al.* 2019).

### 6.1 Melatoniin

Melatoniinil on palju erinevaid omadusi ja üks nendest on antioksüdantne toime (Perez- Negron *et al.* 2019). See omadus on hea lakteeritavate lehmade viljakusele. Kuna on teada, et kuumastress suurendab reaktiivsete hapnikuliikide hulka, eriti munarakkudel ja embrüol, siis melatoniini manustamine parandas reproduktiivparameetreid kuumastressi tingimustes (Perez- Negron *et al.* 2019). Piimaveised, kes said melatoniini, esines vähem tiinuse katkemisi esimesel semestril. In vitro tulemused näitasid, et melatoniin on hea antioksüdant ja suudab vähendada reaktiivsete hapnikuliikide hulka sügootis. Siiski ei paranda see viljakust kuumastressi ajal. Jätakuvalt uuritakse melatoniini võimalikku mõju emaka verevoolule (Perez- Negron *et al.* 2019). Ühes uuringus leiti, et kui suurendada melatoniini sisaldust veiste söödas, siis emaka verevool paranes 25% (Perez- Negron *et al.* 2019). Kui emaka verevool on parem, võib see suurendada viljakust kuumastressi

perioodil, aidates hormoonidel paremini liikuda reproduktiivtraktis ja sealt välja (Perez-Negron *et al.* 2019).

## **6.2 Kroom**

Kroom on mikroelement koos antioksidantsete omadustega (Perez- Negron *et al.* 2019). Teadaolevalt tugevdab see immuunsüsteemi, vähendab temperatuuri ja parandab insuliinitundlikkust (Perez- Negron *et al.* 2019). Kui manustada kroomi veistele, kes poegivad ning viibivad kuumastressis tingimustes, siis see suurendab piimatoodangut ja tiinete lehmade protsenti esimese 28 päeva jooksul sigimisperioodil (Perez- Negron *et al.* 2019). Arvatakse, et kroom mõjub ka põletikuvastase aina (Perez- Negron *et al.* 2019). Kroomi lisamine võib aidata parandada kuumastressis olevate lehmade viljakust. Seda seetõttu, et kroomil on põletikuvastane toime (Perez- Negron *et al.* 2019). Kuumastressi perioodil on piimakarjal sageli hüperinsulineemia ehk suurenenud insuliinitase, mis võib avaldada positiivset mõju folliikulitele pärast poegimist (Perez- Negron *et al.* 2019). Kuumastress võib halvasti mõjutada munarakkude kvaliteeti. Seega võib kroom aidata reguleerida tsirkuleeriva insuliini kontsentratsiooni ning parandada ootsüütide kvaliteeti kuumastressi perioodil (Perez- Negron *et al.* 2019).



## **7. KUUMASTRESSI ENNETAMINE JA KUUMASTRESSI MÕJUDE VÄHENDAMINE**

Teadlased on viimase 40 aasta jooksul uurinud erinevaid viise kuumastressi ennetamiseks. Uuringud on peamiselt keskendunud piimaveistele, kes viibivad lautades (Becker *et al.* 2020). Eesmärgiks on vähendada kuumastressi negatiivseid tagajärgi laktatsiooniga lehmadel. Piimatootjate jaoks on väga olulised jahutussüsteemid, kuna need vähendavad kuumastressi ning sellega ei kaasne suurt majanduslikku kahju. Jahutamissüsteemid, mida kasutatakse, on peamiselt ventilaatorid, varjud, loomulik ventilatsioon ja vesijahutussüsteemid. Piimalehmad, kes viibivad suvel karjamaal, peab hoidma kuumematel päevadel laudas. Loomad saata karjamaale ainult siis, kui seal on olemas kohad, kus loomad saavad varjuna kasutada näiteks puid (Becker *et al.* 2020; JKK 2016). Kuumaperioodil vajab ka söödaratsioon muutmist (JKK 2016). Kuumal perioodil peab loomapidaja kindlasti jälgima, et jooturites oleks kogu aeg vesi (JKK 2016).

2021. aastal oli kaks kuumalainet, kus õhutemperatuur tõusis kuni +27 kraadini (DeLaval s.a). Lautades, kus olid jahutussüsteemid, jäi piimatoodang ühtlaselt samaks, aga farmides, kus puudus jahutussüsteem, langes piimatoodang. Lisaks piimatoodangu langusele ei hakanud loomad ka kuumastressi tõttu indlema ning seetõttu ei tiinestunud (DeLaval s.a). Kuumastressi leevendamiseks ja negatiivsete tagajärgede vältimiseks saab lisaks joogivee tagamisele ja söödaratsiooni muutmisele kasutama mitmeid teisi meetodeid nagu näiteks jahutussüsteemid (DeLaval s.a).

### **7.1 Jahutussüsteemid**

Sõltumata kliimast ja kuumastressist on välja töötatud erinevad jahutusstrateegiad. Kõige tuntum viis, kuidas hoida looma otsese päikesekiirguse eest, on varju loomine, ventilatsioonisüsteemi kasutamine ja vesijahutussüsteemi kasutamine (Roth, 2020). Sõltumata piirkonnast kasutatakse jahutamiseks kolme meetodit, mis hõlmavad suure mahuga ventilaatoreid, väikese helitegevusega kiireid ventilaatoreid ja tunnelventilatsiooni (Roth, 2020). Ameerika Ühendriikides kasutatakse farmides tunnelventilatsiooni, mis nõuab külgeinte sulgemist, et õhk liiguks kogu hoone ulatuses. Lehmalauda ümbritseva

õhu jahutamiseks võib kasutada aurustuspatjadega tunnel- või ristventilatsiooni (Roth, 2020). Sellised jahutussüsteemid sobivad kõige paremini kuiva kliimaga piirkondades. Teine jahutussüsteem, mida saab kasutada, on madala profiiliga ristventilatsioon. Selline jahutussüsteem toimib siis, kui ühel küljel on jahutuspadjad ja teisel pool asuvad ventilaatorid (Roth, 2020). Selline meetod tagab parema kontrolli lehma keskkonna üle ja võimaldab hoida looma sisetemperatuuri stabiilsena (Roth, 2020).

22 aastat tagasi paigaldati Iisraelis aurustusjahutussüsteem (Roth, 2020). See süsteem põhines veepritsmetele ja ventilatsioonile, mis oli paigaldatud puhkamis- ja söötmisaladele. See süsteem põhines üksikutel 30-45 minutistel jahutusperioodidel päevas (Roth, 2020). Eesmärgiks oli maksimeerida märgade ja kuivade tsüklite arvu tunnis. Selline jahutussüsteem põhines kolmel jahutusperioodil grupis ning võimaldas hoida veistel, kes toodavad päevas 30 kg piima normaalset kehatemperatuuri 39,0 kraadi (Roth, 2020). Sellist jahutussüsteemi kasutades, oli tiinestumine samasugune nagu talvel. Piimaveiste, kelle toodang on päevas 45-50 kg, jaoks oli vaja intensiivsemat jahutamist, mis koosnes 10 perioodist kokku 5-7 kumulatiivset tundi päevas (Roth, 2020).

Kui lautades on paigaldatud jahutussüsteemid siis suureneb märgatavalt piimatoodang kui ka paraneb viljakus.

## KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöös käsitletakse veiste kuumastressi ning selle mõju veiste tervisele, tootlikkusele ja söömisaktiivsusele. Veised taluvad paremini jahedamaid kraade kui kuumemaid ning tunnevad ennast kõige paremini temperatuurivahemikus 4-21°C. Kuumastressiga suureneb veiste veevajadus ja tekivad mitmed negatiivsed mõjud, sealhulgas söögiisu langus, veepuudus, elektrolüütide tasakaaluhäired, toodangu langus ja viljakusprobleemid. Kuumastress mõjub ka piimaveise tervisele, näiteks veistel peale poegimist on suurem tõenäosus haigestuda mastiiti ja metriiti.

Kuumastress on eriti oluline teema kariloomakasvatuses, kuna see võib põhjustada suuri majanduslikke kahjusid. Kuumastressi peamised keskkonnategurid on välitemperatuur, suhteline õhuniiskus ja päikesekiirgus. Veised hakkavad kõrge õhutemperatuuriga harjuma alles paar päeva pärast kokkupuudet, kuid pikaajaline kokkupuude võib põhjustada kehatemperatuuri tõusu ja tootlikkuse langust.

Seetõttu on oluline tagada veistele sobivad tingimused, et vältida kuumastressi negatiivseid mõjusid. Lahendused hõlmavad veiste varjutamist päikese eest, ventilatsiooni parandamist, veekvaliteedi tagamist ning sobiva sööda ja vee kättesaadavuse tagamist. Veiste kehatemperatuuri jälgimine on oluline, et tuvastada varakult kuumastressi esimesed tunnused ja võtta tarvitusele vajalikke meetmeid.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Abeni, F., M. G. Maianti, L. Calamari, V. Cappa, and L. Stefanini. (1993).** Effects of heat stress on lactating dairy cows and feeding strategy to reduce its impact on milk yield and quality. *Annali della Facolta di Agraria Universita Milano*. 33:151–170. (18.05.23)
- Allen. J. D., Hall. L. W., Collier. R. J., Smith. J. F. (2015).** Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*. 98:118-127. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7704> (19.03.2023)
- Anderson. D. S., Bradford. J. B., Harner. P. J., Tucker., B. C., Choi. Y. C., Allen. D. J., Hall. W. L., Rungruang. S., Collier. J. R., Smith. F. J. (2013).** Effects of adjustable and stationary fans with misters on core body temperature and lying behavior of lactating dairy cows in a semiarid climate. *Journal of Dairy Science*. 96:4738-4750. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6401> (19.03.2023)
- Becker. A. C., Collier. J. R., Stone. E. A. (2020).** Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 103:6751-6770. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17929> (05.03.2023)
- Becker. A. C., Stone. E. A. (2020).** Graduate Student Literature Review: Heat abatement strategies used to reduce negative effects of heat stress in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 103:9667-9675. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18536> (25.03.2023)
- Becker. A. C., Woolums. R. A., Stone. E. A. (2020).** Recognizing Heat Stress in Dairy Cattle: How to Visually Record Respiration Rate. Mississippi State University. Publication 3465[veebileht] [http://extension.msstate.edu/sites/default/files/publications/publications/P3465\\_web.pdf](http://extension.msstate.edu/sites/default/files/publications/publications/P3465_web.pdf) (19.03.2023)

- Bernabucci, U., L. Basiricò, P. Morera, D. Dipasquale, A. Vitali, F. Piccioli Cappelli, and L. Calamari. (2015).** Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 98:1815–1827. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8788> (08.03.2023)
- Bouraoui, R., M. Lahmar, A. Majdoub, M. Djemali, and R. Belyea. (2002).** The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Animal Research*. 51:479–491. DOI: 10.1051/animres:2002036 (08.03.2023)
- Bridges. J. P., Brusie. A. M., Fortune. E. J. (2005).** Elevated temperature (heat stress) in vitro reduces androstenedione and estradiol and increases progesterone secretion by follicular cells from bovine dominant follicles. *Domestic Animal Endocrinology*. 29:508-522. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2005.02.017>. (18.05.23)
- Cook. B. N., Nordlund. K. (2004).** An update on dairy cow freestall design. Preconvention Seminar 7, Dairy herd problem investigation strategies. American Association of Bovine Practitioners 37th Annual Convention, Fort Worth, Texas, Sept. 20-22 [veebileht] [https://www.vetmed.wisc.edu/fapm/wpcontent/uploads/2020/01/Update\\_to\\_Stall\\_designABP.pdf](https://www.vetmed.wisc.edu/fapm/wpcontent/uploads/2020/01/Update_to_Stall_designABP.pdf) . (18.05.23)
- Cook. N. B., Mentink. R. L., Bennett. T. B., Burgi. K. (2007).** The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90:1674-1682. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2006-634> (19.03.2023)
- Das. R., Sailo. L., Verma. N., Bhart. P., Saikia. J., Kumar. I., Kumar. R. (2016).** Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*. 9(3):260-268 [veebileht] <http://www.veterinaryworld.org/Vol.9/March-2016/7.pdf> . (18.05.23)
- DeLaval. (s.a) Lehmade jahutamisest. [veebileht] <https://store.delaval.com/globalassets/estonia/artiklid/lehmade-jahutamine-ventilaatorid.pdf> (25.03.2023)
- Friedman. E., Roth. Z., Voet. H., Lavon. Y., Wolfenson. D. (2012).** Progesterone supplementation postinsemination improves fertility of cooled dairy cows during the summer. *Journal of Dairy Science*. 95:3092-3099. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5017> (18.05.23)

- Gao. S. T., Guo. J., Quan. Y. S., Nan. M. X., Sanz Fernandez. V. M., Baumgard. H. L., Bu. P. D. (2017).** The effects of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 100:5040–5049. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11913> (08.03.2023)
- Gilad. E., Meidan. R., Berman. A., Graber. Y., Wolfenson. D.(1993).** Effect of heat stress on tonic and GnRH-induced gonadotrophin secretion in relation to concentration of oestradiol in plasma of cyclic cows. *Journal of Reproduction and Fertility*. 99:315-321. DOI: <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0990315> (18.05.23)
- Hammami, H., J. Vandenplas, M.-L. Vanrobays, B. Rekik, C. Bastin, and N. Gengler. (2015).** Genetic analysis of heat stress effects on yield traits, udder health, and fatty acids of Walloon Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 98:4956–4968. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9148> (08.03.2023)
- Idris. M., Uddin. J., Sullivan. M., McNeill. M.D., Philips. C. J. Clive. (2021).** Non-Invasive Physiological Indicators of Heat Stress in Cattle. *Animals (Basel)*. 11:71 doi: 10.3390/ani11010071 (05.03.2023)
- JKK- Eesti Põllumajandusloomade Jõudluskontroll AS. (2010).** Kuumastress. Tartu. [veebileht] [https://www.epj.ee/assets/tekstid/piimaveised/il\\_kuumastress\\_2010.pdf](https://www.epj.ee/assets/tekstid/piimaveised/il_kuumastress_2010.pdf) (18.05.23)
- Jordan. R. E. (2003).** Effects of Heat Stress on Reproduction. *Journal of Dairy Science*. 86:104-114. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74043-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74043-0) (21.03.2023)
- Liu. J., Li. L., Chen. X., Lu. Y., Wang. D. (2019).** Effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows: a novel idea for monitoring and evaluation of heat stress- A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 32:1332-1339. DOI: 10.5713/ajas.18.0743 (05.03.2023)
- Mattachini. G., Riva. E., Bisaglia. C., Pompe. M. A. C. J., Provolo. G. (2013).** Methodology for quantifying the behavioral activity of dairy cows in freestall barns. *Journal of Animal Science*. 91:4899-4907. DOI: 10.2527/jas.2012-5554 (19.03.2023)
- Maust, L. E., R. E. McDowell, and N. W. Hooven. (1972).** Effect of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. *Journal of Dairy Science* 55:1133–1139. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(72\)85635-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(72)85635-2) ( 08.03.2023)

- Mietkiwska. K., Kordowitzki. P., Pareek. S. C. (2022).** Effects of Heat Stress on Bovine Oocytes and Early Embryonic Development- An Update. (Cells). DOI: 10.3390/cells11244073 11:4073 (23.03.2023)
- Munoz. G., Rondelli. F., Maiztegui. L., Gherardi. S., Tolini. F., Amelong. J., Fernández. G., Coronel. A. (2014).** Effects of heat waves on lactating Argentinian Holstein cows in the Dairy Module. Repositorio Digital de Acceso Abierto. 16:113-127 [veebileht] <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/4398> (18.05.23)
- Orihuela, A. (2000).** Some factors affecting the behavioral manifestation of oestrus in cattle: A review. Applied Animal Behaviour Science. 70:1–16. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00139-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00139-8) (09.03.2023)
- Perez- Negron. M. V., Fausnacht. W. D., Rhoads. L. M. (2019).** Invited review: Management strategies capable of improving the reproductive performance of heat-stressed dairy cattle. Journal of Dairy Science. 102:10695-10710. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16718> (01.04.2023)
- Pierre - St. R. N., Cobanov. B., Schnitkey. G. (2003).** Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. Journal of Dairy Science. 86:52-77 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74040-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5) (05.03.2023)
- Polsky. L., Keyserlingk. von. G. A. M. (2017).** Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. Journal of Dairy Science. 100:8645-8657. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651> (05.03.2023)
- Putney. D. J., Malayer. J. R., Gross. T. S., Thatcher. W. W., Hansen. J. P., Drost. M. (1988).** Heat Stress-Induced Alterations in the Synthesis and Secretion of Proteins and Prostaglandins by Cultured Bovine Conceptuses and Uterine Endometrium. Biology of Reproduction, 39:717-728. DOI: <https://doi.org/10.1095/biolreprod39.3.717> (12.03.2023)
- Rensis. D. F., Saleri. R., Isperto- G. I., Scaramuzzi. R., Gatius-L. F. (2021).** Effects of Heat Stress on Follicular Physiology in Dairy Cows. Department of Veterinary Sciences, University of Parma. 11:12.DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11123406> (23.03.2023)
- Roth. Z. (2020).** Influence of heat stress on reproduction in dairy cows—physiological and practical aspects. Journal of Animal Science 98:80-87. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skaa139> (25.03.2023)

- Roth. Z. (2020).** Theriogenology: Reproductive physiology and endocrinology responses of cows exposed to environmental heat stress – Experiences from the past and lessons for the present. *Theriogenology*. 155:150-156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.040> (05.03.2023)
- Roth. Z., Meidan. R., Tal- Braw. R., Wolfenson. D. (2000).** Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *National Library of Medicine*. 120:83-90 [veebileht] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11006149/>(18.05.23)
- Rushen. J., Munksgaard. L., Marnet. G.P., DePassille. M. A. (2001).** Human contact and the effects of acute stress on cows at milking. *Applied Animal Behaviour Science*. 73:1-14. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(01\)00105-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(01)00105-8) (05.03.2023)
- Smith, D. L., T. Smith, B. Rude, and S. Ward. (2013).** Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Science*. 96:3028–3033. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5737> (08.03.2023)
- Tao. S., Orellana. M. R., Weng. X., Marins. N. T., Dahl. E. G., Bernard. K. J. (2018).** Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. *Journal of Dairy Science*. 101:5642-5654. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13727> (05.03.2023)
- Wechsler. B., Schaub. J., Friedli. K., Hauser. R. (2000).** Behaviour and leg injuries in dairy cows kept in cubicle systems with straw bedding or soft lying mats. *Applied Animal Behaviour Science*. 69:187197. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00134-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00134-9) (19.03.2023)
- West. J. W. (2003).** Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 86:2131-2144. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X) (19.03.2023)
- Wilson. J. S., Marion. S. R., Spain. N. J., Spiers. E. D., Keisler. H. D., Lucy. C. M. (1998).** Effects of Controlled Heat Stress on Ovarian Function of Dairy Cattle. *National Library of Medicine*. 81:2124-31. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75788-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75788-1) (23.03.2023)
- Wolfenson. D., Roth. Z. (2019).** Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. *Animal Frontiers*. 9:32-38. DOI: [10.1093/af/vfy027](https://doi.org/10.1093/af/vfy027) (18.05.23)



- Wolfenson. D., Thatcher. W. W., Badinga L., Savio. D. J., Meidan. R., Lew. J. B., Tal -Braw. R., Berman. A (1995).** Effect of heat stress on follicular development during the estrous cycle in lactating dairy cattle. *Biology of reproduction*. 52:1106-13. DOI: 10.1095/biolreprod52.5.1106 (12.03.2023)
- Ülper. S. (2014).** Piimakarja tervise mõju ettevõtte majandustulemustele. Magistritöö. Eesti Maaülikoo ökonomika ja ettevõtluse eriala. Tartu 97 lk
- Xue. B., Wang. Z. S., Li. S. L., Wang. L. Z., Wang. Z. X (2010).** Temperature-humidity index on performance of cows. *China Animal Husbandry and Veterinary Medicine*. 37:153–7. [veebileht]  
[https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?journal=China+Anim+Husb+Vet+Med&title=Temperaturehumidity+index+on+performance+of+cows&author=B+Xue&author=ZS+Wang&author=SL+Li&author=LZ+Wang&author=ZX+Wang&volume=37&publication\\_year=2010&pages=153-7&](https://scholar.google.com/scholar_lookup?journal=China+Anim+Husb+Vet+Med&title=Temperaturehumidity+index+on+performance+of+cows&author=B+Xue&author=ZS+Wang&author=SL+Li&author=LZ+Wang&author=ZX+Wang&volume=37&publication_year=2010&pages=153-7&) (18.05.23)
- EPJ – Eesti Põllumajandusloomade jõudluskontroll. (2022).** Eesti Jõudluskontrolli aastaraamat 2022. [veebileht] [https://www.epj.ee/assets/tekstid/aastaraamatud/aastaraamat\\_2022.pdf](https://www.epj.ee/assets/tekstid/aastaraamatud/aastaraamat_2022.pdf) (23.05.2023)

**LISA**

## **Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Kersti Petrov

Sünniaeg, 16.10.2000,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö Kuumastressi mõju lehmade sigivusele, piimatoodangule ja tervisele,

mille juhendaja on Andres Valdmann

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor (allkiri)

Tartu, 28.05.2024

---

### **Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele