



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
АГРОНОМСКИ ФАКУЛТЕТ У ЧАЧКУ

Александар С. Чукић

**УТИЦАЈ ТОПЛОТНОГ СТРЕСА,
СТАРОСТИ, РАСЕ, ПРОДУКТИВНОГ
СТАТУСА И НАЧИНА УЗГОЈА НА ТЕЛЕСНЕ
МЕРЕ, ТЕЛЕСНУ ТЕМПЕРАТУРУ И
МЕТАБОЛИЧКУ АДАПТАЦИЈУ ОВАЦА**

докторска дисертација

Чачак, 2025



UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC
FACULTY OF AGRONOMY IN ČAČAK

Aleksandar S. Čukić

**INFLUENCE OF HEAT STRESS, AGE,
BREED, PRODUCTIVE STATUS AND
BREEDING METHOD ON BODY
MEASUREMENTS, BODY TEMPERATURE
AND METABOLIC ADAPTATION OF SHEEP**

Doctoral Dissertation

Čačak, 2025

Идентификациона страница докторске дисертације

Аутор
Име и презиме: Александар Чукић
Датум и место рођења: 23.11.1994. године, Косовска Митровица, Република Србија
Садашње запослење: Пољопривредни факултет у Лешку, Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици
Докторска дисертација
Наслов: Утицај топлотног стреса, старости, расе, продуктивног статуса и начина узгоја на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца
Број страница: 146
Број табела: 11
Број слика: 5
Број графикона: 158
Број библиографских података: 420
Установа и место где је рад израђен: Агрономски факултет у Чачку
Научна област (УДК): Биотехничке науке/Сточарство
Ментор: Проф. др Милун Петровић, редовни професор Агрономског факултета у Чачку, Универзитета у Крагујевцу
Оцена и одбрана
Датум пријаве теме: 18.9.2024.
Број и датум одлуке Већа универзитета о прихватању теме докторске дисертације: IV-04-69/8 од 19.02.2025. године
Комисија за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата: 1. Др Радојица Ђоковић, редовни професор, Агрономски факултет у Чачку, ужа научна област: Ветерина/Морфологија, физиологија и здравствена заштита домаћих животиња; 2. Др Симеон Ракоњац, ванредни професор, Агрономски факултет у Чачку, ужа научна област: Биотехничке науке/Сточарство; 3. Др Марко Цинцовић, редовни професор, Пољопривредни факултет Нови Сад, ужа научна област: Ветерина/Патологија
Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације: 1. Др Радојица Ђоковић, редовни професор, Агрономски факултет у Чачку, ужа научна област: Ветерина/Морфологија, физиологија и здравствена заштита домаћих животиња; 2. Др Марко Цинцовић, редовни професор, Пољопривредни факултет Нови Сад, ужа научна област: Ветерина/Патологија; 3. Др Божидар Милошевић, редовни професор, Пољопривредни факултет у Лешку, ужа научна област: Биотехничке науке/Сточарство; 4. Др Симеон Ракоњац, ванредни професор, Агрономски факултет у Чачку, ужа научна област: Биотехничке науке/Сточарство; 5. Др Владимир Досковић, ванредни професор, Агрономски факултет у Чачку, ужа научна област: Биотехничке науке/Исхрана домаћих животиња и технологија производње хране за животиње
Датум одбране докторске дисертације:

Захвалница

Ову докторску дисертацију не бих могао да завршим без подршке, помоћи и разумевања многих људи, којима овде дугујем искрену захвалност.

Најпре желим да се захвалим колективу Пољопривредног факултета Универзитета у Приштини, а посебно проф. др Божидару Милошевићу, на пруженој прилици да останем на факултету и учествујем у научноистраживачком раду.

Захваљујем се свом ментору, проф. др Милуну Петровићу, као и проф. др Симеону Ракоњицу, проф. др Владимиру Досковићу и доц. др Милошу Петровићу, који су пратили израду овог рада, пружали драгоцене савете и својим вредним сугестијама допринели квалитету ове докторске дисертације.

Велику захвалност дугујем проф. др Радојици Ђоковићу, који ме је од првог дана уписа на докторске студије упутио на праве адресе, охрабрио и пружио неизмерну подршку, која је била кључна за успех овог рада.

Посебна захвалност иде проф. др Марку Цинцовићу, без чије идеје и максималне посвећености током читавог процеса истраживања успех овог рада не би био могућ.

Захваљујем се домаћинима Љубиши Радоњићу и Бобану Јеленићу, на чијим газдинствима је обављен целокупан оглед.

Драгом пријатељу, доктору ветеринарске медицине Ђорђу Краговићу, који је помогао у реализацији читавог огледа, као и ветеринарским техничарима Немањи Спасићу и Митру Живковићу, који су ми несегично помагали у раду.

Господину Предрагу Јосиповићу дугујем захвалност на уступљеној лабораторији и помоћи у сакупљању, чувању и транспорту узорака до Пољопривредног факултета у Новом Саду.

Највећу захвалност дугујем својој породици — оцу Славиши, мајци Данијели и брату Марку — на непроцењивој подршци, разумевању и помоћи у савладавању свих препрека које су претиле да онемогуће реализацију ове докторске дисертације. Без њихове безрезервне љубави не бих могао све ово постићи и бити овде где јесам.

На крају, желим да се захвалим свим пријатељима, родбини и свима који су на било који начин допринели да овај рад буде остварен.

Ову дисертацију посвећујем човеку који би данас био најпоноснији на мене — мом покојном деди, господину Петру Чукићу.

Александар Чукић

УТИЦАЈ ТОПЛОТНОГ СТРЕСА, СТАРОСТИ, РАСЕ, ПРОДУКТИВНОГ СТАТУСА И НАЧИНА УЗГОЈА НА ТЕЛЕСНЕ МЕРЕ, ТЕЛЕСНУ ТЕМПЕРАТУРУ И МЕТАБОЛИЧКУ АДАПТАЦИЈУ ОВАЦА

Резиме

Економска одрживост система производње оваца широм света угрожена је због разорних ефеката климатских промена. Међу вишеструким климатским стресовима са којима се суочавају овце, изгледа да топлотни стрес (ТС) у великој мери дестабилизује ефикасност производње оваца. ТС угрожава раст, производњу вуне, меса и млека код оваца. Истраживање је спроведено са циљем утврђивања утицаја ТС на телесне мере, телесну температуру мерену ректално (РТ) или инфрацрвеном термографијом (ИРТ) носа, ока, ногу и абдомена као и на метаболичку адаптацију код оваца различите старости, расе, продуктивног статуса и начина узгоја, као и да се открије корелација између телесне температуре и метаболичког одговора код оваца. Испитиване су укупно 33 овце расе Ил де Франс и мелеза Виртемберг x Сјеничка праменка, од чега 17 из отвореног и 16 из затвореног система узгоја током три експериментална периода (термонеутрални период, тешки ТС и умерени ТС). Топлотни стрес је утицао на већину испитиваних параметара. Старост и раса су утицали на телесне мере оваца, док на остале параметре ови фактори нису имали утицај, осим расе на вредности холестерола (које су веће код Ил де Франс), и кортизола (које су веће код мелеза). Гравидност је утицала на вредности ширине карлице и температуру очију и предњих ногу, док је лактација утицала на температуру абдомена и предњих ногу, Т4, неестерификоване масне киселине (NEFA), укупне протеине и GGT. На остале параметре гравидност и лактација нису имали утицај. Начин узгоја је утицао на већину мера телесне развијености оваца као и на телесну температуру и одређене метаболичке параметре. Овце под ТС су имале већу телесну температуру, а температура мерена ИРТ била је већа од РТ. Температуре предње ноге (НТ) и абдомена (АТ) су показале позитивну линеарну корелацију са индексом температуре и влажности (ТНІ), док други начини мерења температуре нису дали статистички значајне корелације. Овце под ТС су имале више кортизола, инсулина, укупних протеина, албумина, урее, креатинина, билирубина, аспартат аминотрансферазе, аланин аминотрансферазе, гама-глутамил трансферазе, алкалне фосфатазе, лактат дехидрогеназе, креатин киназе и индекса инсулинске резистенције, а ниже вредности тријодтиронина (Т3), тироксина (Т4), NEFA, бета-хидроксибутирата (ВНВ), глукозе, калцијума, неорганског фосфора, магнезијума и свих холестерола. Телесна температура и метаболички одговор били су различити у функцији начина узгоја оваца. НТ и АТ су показале значајну корелацију са скоро свим крвним параметрима, а најјаче везе остварене су са Т3, Т4, ВНВ и ревидираним квантитативним индексом инсулинске осетљивости за проверу инсулинске резистенције. Абдомен и ноге су добри термални прозори јер су НТ и АТ добри сумативни одговори на спољашњи амбијентални ТНІ и унутрашње метаболичке промене код оваца под топлотним стресом.

Кључне речи: Овце, топлотни стрес, ТНІ, терморегулација, адаптација

INFLUENCE OF HEAT STRESS, AGE, BREED, PRODUCTIVE STATUS AND BREEDING METHOD ON BODY MEASUREMENTS, BODY TEMPERATURE AND METABOLIC ADAPTATION OF SHEEP

Abstract

Economic viability of sheep production systems around the world is threatened by the devastating effects of climate change. Among the multiple climatic stresses faced by sheep, heat stress (HS) appears to greatly destabilize sheep production efficiency. HS threatens the growth, production of wool, meat and milk in sheep. This research was conducted with the aim of determining the effect of HS on body measurements, body temperature measured rectally (RT) or infrared thermography (IRT) of the nose, eye, legs and abdomen, as well as on metabolic adaptation in sheep of different ages, breeds, productive status and breeding methods and to reveal the correlation between body temperature and metabolic response in sheep. A total of 33 sheep of the Ile de France breed and crossbred Württemberg x Sjenicka pramenka were examined, of which 17 ewes were from outdoors and 16 were from indoorhousing systems during three experimental periods (thermoneutral period, severe HS and moderate HS). Heat stress affects most of the examined parameters. Age and breed affect the body measurements of sheep, while these factors had no effect on the other parameters, except for the breed on cholesterol values, which were higher in Ile de France, and cortisol, which were higher in crossbreeds. Pregnancy affects the values of pelvic width and the temperature of the eyes and front leg, while lactation on the temperature of the abdomen and front leg, T4, non-esterified fatty acid (NEFA), total proteins and GGT, pregnancy and lactation had no effect on the other parameters. Breeding method affects most body measurements of sheep, as well as body temperature and certain metabolic parameters. Sheep under HS have a higher body temperature, and the temperature measured by IRT was higher than RT. Front leg (LT) and abdomen (AT) showed a positive linear correlation with the temperature and humidity index (THI), while other methods of temperature measurement did not show statistically significant correlations. Sheep under HS showed higher cortisol, insulin, total protein, albumin, urea, creatinine, bilirubin, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, gamma-glutamyl transferase, alkaline phosphatase, lactate dehydrogenase, creatine kinase and insulin resistance index, with lower values of triiodothyronine (T3), thyroxine (T4), NEFA, beta-hydroxybutyrate (BHB), glucose, calcium, inorganic phosphorus, magnesium and all cholesterol. Body temperature and metabolic response were different in the function of breeding method of sheep. LT and AT showed a significant correlation with almost all blood parameters, and the strongest connections were made with T3, T4, BHB and the revised quantitative insulin sensitivity check index of insulin resistance. The abdomen and legs are good thermal windows because LT and AT are good summative responses to external ambient THI and internal metabolic changes in sheep under heat stress.

Keywords: sheep, heat stress, THI, thermoregulation, adaptation

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ.....	3
2.1. Феномен климатске промене и топлотни стрес.....	3
2.2. Узгој оваца у променљивом климатском сценарију.....	5
2.3. Терморегулација.....	7
2.4. Мерење топлотног стреса код оваца.....	10
2.5. Различити механизми адаптације оваца.....	14
2.6. Стратегије управљања за сузбијање топлотног стреса код оваца.....	25
3. ЦИЉЕВИ И ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА.....	31
4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА.....	33
4.1. Овце и менаџмент.....	33
4.2. Мерење телесне температуре и индекс температуре и влажности околине.....	35
4.3. Узимање крви и анализа метаболичких параметара.....	36
4.4. Статистичка обрада података.....	38
5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА.....	40
5.1. Температура и влажност ваздуха и вредности ТНІ индекса током експерименталног периода.....	40
5.2. Дескриптивна статистика за телесне и метаболичке особине оваца.....	43
5.3. Утицај топлотног стреса на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца у различитим периодима огледа.....	49
5.4. Утицај старости и расе на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца.....	57
5.5. Утицај продуктивног статуса на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца.....	61
5.6. Утицај начина узгоја на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца.....	65
5.7. Утицај топлотног стреса и начина узгоја на адаптацију оваца и значај термовизијског мерења телесне температуре.....	69
5.8. Корелација између биохемијских параметара крви и телесне температуре измерене ректално и инфрацрвеном термографијом.....	74

6. ДИСКУСИЈА.....	76
6.1. ТНІ индекс и вредности испитиваних параметара код оваца.....	76
6.2. Утицај топлотног стреса на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца.....	80
6.3. Утицај старости и расе на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца.....	93
6.4. Утицај продуктивног статуса на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца.....	98
6.5. Утицај начина узгоја на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца.....	103
6.6. Утицај топлотног стреса и начина узгоја на адаптацију оваца и значај термовизијског мерења телесне температуре.....	105
7. ЗАКЉУЧАК.....	110
8. ЛИТЕРАТУРА.....	113

1. УВОД

Климатске промене могу имати значајан утицај на животиње. Повећање температуре, промене у падавинама и други фактори могу утицати на њихову исхрану, репродукцију, миграције и опстанак. Животиње се морају прилагођавати новим условима како би преживеле. Главни фактор који чини производњу животиња изазовним у читавом свету јесте топлотни стрес, који има озбиљне последице на сточарску производњу. Иако предвиђања будуће климе, посебно на регионалном и локалном нивоу, имају одређени степен неизвесности, фармери морају да буду информисани о променама које се већ примећују и прилагођавањима у управљању које се врше како би се одржала продуктивност и профитабилност. Системи производње преживара ће морати да се прилагоде како клима наставља да се мења, и то у складу са очекивањима да ће они такође допринети циљевима смањења емисије гасова стаклене баште и минимизирању других негативних утицаја на животну средину. Међутим, мали преживари су се успешно прилагодили овом екстремном окружењу и поседују неке јединствене адаптивне особине због бихејвиоралних, морфолошких, физиолошких и углавном генетских основа. Због тога, истраживања утицаја топлотног стреса на преживаре су се углавном односила на говеда, при чему су овце остале запостављене и још увек је недовољно истражен утицај топлотног стреса на овчарску производњу. Поред одређене толерантности на топлотни стрес, високе температуре могу негативно утицати на овце, што најчешће доводи до дехидрације, смањеног апетита, смањења производње млека, повећања ризика од болести итд. Глобално, број оваца се највише повећава у односу на остале прживаре, с обзиром на проблем глобалног загревања и климатских промена, овце могу бити кључне за одржавање производње животињских протеина, чиме ће човечанству обезбедити лакшу егзистенцију. Дакле, топлотни стрес има негативан утицај на овце, температуре ће из године у годину све више расти и зато је неопходно на време истражити односе између овчарске производње и топлотног стреса, унапредити овчарство и олакшати живот у данима који долазе, што је и главни предмет истраживања ове докторске дисертације.

Овце су хомеотермне животиње, при чему је њихова температура стална, 38,5-39,9 °C измерена *per recti*. Овце ефикасно функционишу у својој термонеутралној зони. Зона изнад или испод критичне температуре ограничава продуктивност оваца. То значи да под прекомерним топлотним оптерећењем овце не могу да одрже телесну температуру, при чему она почиње да расте. Зато истраживачи мере температуру животне средине и како би помогли у процени оптерећења животиња истом, а индекс температуре и влажности (ТНІ) се показао као далеко најбољи термални индекс за процену штетног утицаја топлотног стреса на продуктивне перформансе животиња. У европским земљама још увек није јасно утврђено при којим ТНІ вредностима топлотни стрес утиче на овце, па су потребна даља истраживања како би се утврдила оптерећеност оваца топлотним стресом. За мерење температуре оваца се још увек користи ректална температура као најједноставнији и најпоузданији метод. Међутим, ова метода доводи до додатног узнемиравања животиња, због чега мерење топлоте које тело емитује постаје све популарније, а термовизијска камера је нашла своју широку примену, па је тако и један од предмета овог истраживања испитивање њене ефикасности код оваца. Већа примена ове методе би омогућила брзо откривање топлотног стреса и на тај начин олакшала менаџмент управљања којим би се могли спречити губици и побољшала продуктивност фарме.

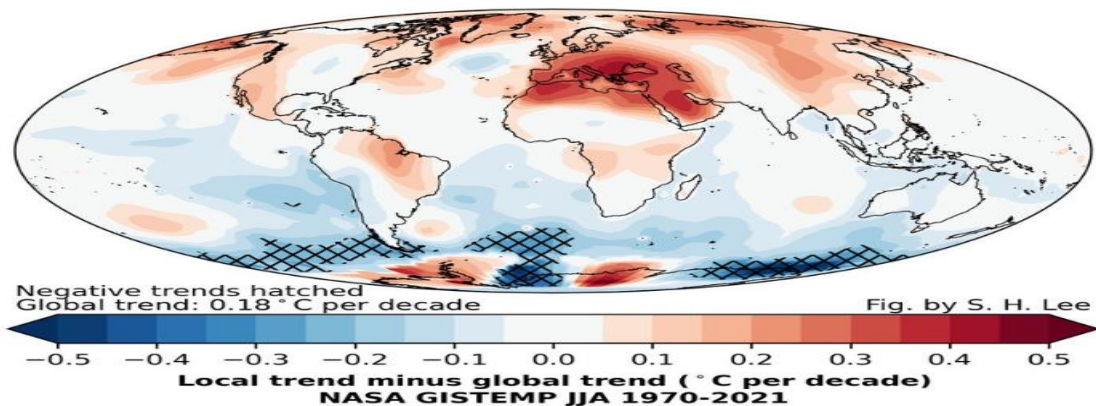
Адаптација представља скуп физиолошких процеса и промена организма које смањују физиолошко оптерећење настало под утицајем стресогених фактора из окружења. Овце поседују различите механизме адаптације, од којих највећу пажњу истраживачима привлачи метаболичка адаптација, промене у вредностима различитих параметара биохемије крви, односно како топлотни стрес утиче на енергетски, протеински и минерални статус, као и на параметре показатеља функционалног стања јетре итд. Међутим, ови одговори још увек нису довољно истражени и разјашњени код оваца, те ће резултати ове дисертације допринети бољем разумевању физиолошких последица топлотног стреса како би се развили протоколи лечења и стратегије за ублажавање болести повезаних са топлотним стресом. Потребно је испитати утицај различитих фактора на механизме адаптације оваца, односно испитати какви су морфолошки, физиолошки и метаболички одговори оваца под утицајем различите старости или расе, продуктивног статуса и начина узгоја.

На основу свега изнетог, ова докторска дисертација има за циљ да пружи увид у стање овчарске производње у условима топлотног стреса, сагледа различите механизме адаптације оваца у затвореном и отвореном простору, под утицајем вишеструких стресора, да се открије корелација између телесне температуре и метаболичког одговора код оваца и тестира ефикасност термовизијске камере при процени топлотног стреса код оваца. Резултати ће допринети унапређењу овчарске производње како би се успешно изборила са глобалним проблемом званом топлотни стрес.

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

2.1. Феномен климатске промене и топлотни стрес

Климатске промене су термин који се користи да опише промене у стању климе које се могу идентификовати променама у просеку и/или варијабилности њених својстава и које трају током дужег периода, обично деценијама или дуже. Клима се у геолошкој прошлости планете више пута мењала, на шта су утицали различити фактори, од састава атмосфере, преко вулканских ерупција, реакција на Сунцу итд. Међутим од аграрне револуције пре 10 000 година, климатски услови се нису много мењали. Ипак, у другој половини прошлог века постало је јасно да климатски услови почињу да се мењају пребрзо. Од почетка индустријске револуције, за 150 година, просечна температура на Земљи је порасла за 1 °C, што изазива бројне промене у клими. У 21. веку скоро свака друга година обара климатске рекорде, па је тако 2011-2020. била најтоплија деценија у историји, док је 2023. година забележена као најтоплија година у историји мерења температуре, а јул месец исте године као најтоплији месец свих времена са просечном глобалном температуром од 16,95 °C, надмашивши претходни најтоплији јул месец 2019. године за 0,33 °C (World meteorological organisation, 2023). Научници сматрају да се ово не дешава само од себе, већ да су за пораст температуре заслужни људи. У земљиној атмосфери поред N₂ и O₂, присутни су и гасови са ефектом стаклене баште, као што су CO₂, CH₄ и водена пара. Када сунчево зрачење стигне до земље, загрејана површина полако емитује енергију у виду топлоте која загрева атмосферу, а све захваљујући гасовима са ефектом стаклене баште који могу да упијају енергију коју емитује површина. Умерен ефекат ових гасова јесте користан, али уколико се овај ефекат појача, на Земљи би могле да настану паклене врућине. Да се ово не би десило, мора да смањити количина гасова са ефектом стаклене баште, што није лак процес, пошто многе људске активности утичу на емитовање ових гасова. Чак 80% гасова са ефектом стаклене баште долази од сагоревања фосилних горива, угља, нафте и гаса ради производње струје, индустрије, грејања и транспорта. Сточарство доприноси са скоро 18% од укупних антропогених емисија гасова стаклене баште (Thornton, 2010). Ако не престану да се сагоревају фосилна горива, планета Земља ће наставити да се загрева, што ће у будућности изазвати чешће и снажне топлотне таласе, чешће суше, топљење поларних капа и глечера, затим пораст нивоа мора, снажније и разорније олује и чешће поплаве.



Слика 1. Тренд пораста температуре по декади (Преузето са <https://twitter.com/SimonLeeWx/status/1553420797208829960/photo/1>).

На слици 1. приказан је тренд пораста температуре у °C по декади, где цела Европа, па тако и Србија, припада региону који се најбрже загрева, што значи да ће овај регион осетити и већ осећа све новине које се тичу климатских промена. Промене у температури, падавинама, атмосферским нивоима CO₂ и доступности воде које произилазе из климатских промена у великој мери утичу на пољопривреду и продуктивност животиња (NASA Earth Observatory, 2010). Утицаје климатских промена на пољопривреду и сточарство описују сведоци широм света (Renaudeau et al., 2012; Sejian, 2013; Henry et al., 2018). Утицај емисије гасова стаклене баште условљеним антропогеним активностима на климатске промене подстакло је глобалне истраживачке напоре да испитају утицај домаћих животиња на глобално загревање. Даље су потребни напори да се свеобухватно процене вишеструки утицаји климатских промена на различите компоненте екосистема како би се стекло темељно разумевање ове теме (Naqvi and Sejian, 2011; Shinde and Sejian, 2013).

Сточарство игра важну улогу у глобалној економији. Ефекти климатских промена нису ограничени само на производњу усева, већ утичу и на сточарску производњу. Ови утицаји могу бити позитивни или негативни, и варираће у зависности од географских региона, животињских врста и капацитета прилагођавања (Henry et al., 2018). Климатске промене утичу на сточарски сектор на много начина мењајући цену и доступност житарица за сточну храну, квалитет пашњака, квалитет и доступност воде и појаву штеточина и болести, утичући директно на производњу, репродукцију и здравље животиња (IPCC, 2013). Стога је сигурност производње хране која се заснива на сточарству угрожена у многим деловима света. Стока реагује на промену окружења мењајући своје фенотипске и физиолошке карактеристике. Зато преживљавање животиња често зависи од њихове способности да се носе са постојећим условима или да се прилагоде њима. Дакле, да би се одржала сточарска производња у окружењу које је изазвано климатским променама, животиње морају бити генетски погодне и имати способност да преживе у разноврсним срединама (Sejian et al., 2018). Утицај климатских промена на сточарску производњу зависиће од величине и природе промена и може се одразити кроз директне ефекте на животиње и индиректне утицаје на њихову животну средину; на пример, кроз количину и квалитет хране. Међу варијаблима животне средине које утичу на животиње, топлотни стрес је главни фактор који чини производњу животиња изазовном у многим деловима света (El-Tagabany et al., 2017). Повећана температура околине је један од најзначајнијих фактора који има озбиљне последице на сточарску производњу. Животиње под топлотним стресом смањују унос хране и воде. Ово може променити ендокрини профил и на тај начин повећати енергетске потребе за одржавање живота, што доводи до негативног утицаја на њихове производне перформансе (Gaughan and Cavdell-Smith, 2015; Sejian et al., 2016). Иако предвиђања будуће климе, посебно на регионалном и локалном нивоу, имају одређени степен неизвесности, фармери морају да буду информисани о променама које се већ примећују и прилагођавањима у управљању која се врше како би се одржала продуктивност и профитабилност. Системи гајења преживара ће морати да се прилагођавају како клима наставља да се мења, и то у складу са очекивањима да ће они такође допринети смањењу емисије гасова стаклене баште и минимизирању других негативних утицаја на животну средину (Čukić et al., 2024a).

Топлотни стрес се дефинише као стање у коме је организам изложен амбијенталним температурама, које су изван биолошког оптимума, што доводи до тога да

количина произведене топлоте у телу буде већа од утрошене. У стању топлотног стреса енергија се троши на расхлађивање, односно одржавање хомеотермије, уместо на производњу. Последице топлотног стреса се огледају у смањеном уносу СМ хране, повећању телесне температуре, смањеној производњи млека и појави маститиса, повећању броја соматских ћелија, повећању броја респирација, појави субакутне руминалне ацидозе итд. (Мајкић, 2019). На појаву топлотног стреса могу утицати бројни фактори: врста, раса, претходна изложеност, здравствено стање, ниво перформанси, старост, боја длаке, фаза лактације, стање тела итд. (Dunshea et al., 2013; Das et al., 2016). Интензитет и трајање изложености врућим и влажним условима такође је фактор топлотног стреса (Dunshea et al., 2013). Иако постоје опсежна истраживања о утицају краткотрајног акутног топлотног стреса на животиње, истраживање продужене изложености топлотном стресу и његових кумулативних ефеката у условима фарме је ограничено и непотпуно.

Топлотни стрес је један од најштетнијих фактора који доприноси смањеном расту, производњи, репродукцији, количини и квалитету млека, као и природном имунитету, чинећи животиње осетљивијим на болести, доводећи чак и до смрти. Међутим, мали преживари су се успешно прилагодили овом екстремном окружењу и поседују неке јединствене адаптивне особине због бихејвиоралних, морфолошких, физиолошких и углавном генетских условњих особина. С обзиром на проблем глобалног загревања и климатских промена, мали преживари могу бити кључни за одржавање производње животињских протеина јер су толерантнији на топлотни стрес од већине других домаћих животиња (Pérez et al., 2020). Међутим, недостају потпуне информације о томе како се ове животиње могу прилагодити и преживети у новом и трансформишућем окружењу (Berihulay et al., 2019). С обзиром да се предвиђа да ће се светско становништво повећати са садашњег новоа од 8 милијарди у 2023. на 10 милијарди до 2050, што је прилично алармантно (FAO, 2023), доћи ће до повећане потражње за анималним производима и до повећања броја домаћих животиња. У већини светских земаља, од свих домаћих животиња, забележен је најбржи и највиши пораст броја оваца. У Србији је познат феномен смањења броја домаћих животиња, међутим једино се бележи повећање броја оваца, на годишњем нивоу просечно 10 000 (Републички завод за статистику, 2023). Како бројност оваца расте, претпоставља се да ће у будућности постати главни извор анималних протеина, а с обзиром да се клима брзо мења, неопходно је детаљно испитати утицај климатских промена и конкретно топлотног стреса на овчарску производњу.

2.2. Узгој оваца у променљивом климатском сценарију

Бројни су стресори везани за поступке и методе узгоја оваца у шталама и пашњацима. Најзначајнији стресори на газдинствима и пашњацима потичу од неповољних услова смештаја, неправилног руковања, ветеринарских и зоотехничких мера и поступака (лечење, вакцинације, анализе крви, операције, обележавање, одбијање, груписање, шишање, скраћивање репа, нега папака), неадекватних климатских услова (екстремне врућине и хладноће) и исхране (Hristov et al., 2012). Дејство ових стресора се манифестује у свим животним периодима оваца, али постоје периоди када су подвргнуте додатним оптерећењима и животиње су подложније овим стресорима, као што су порођај, убрзо након рођења, јувенилни период, пубертет, еструс, поодмакла бременитост и пуерперални период. Неки стресори могу бити физичке природе, као што је клима, док други укључују одређене процедуре у поступцима руковања, као што су манипулација животињама, увођење нове исхране, нове средине или нових животиња у стаду, итд. (Hristov et al., 2012).

Компоненте које могу изазвати стрес код оваца су температура околине, влажност, струјање ваздуха, сунчево зрачење итд., међу којима је најважнија температура околине (Marai et al., 2007). У окружењу за узгој животиња, температура околине је најважнија варијабли јер се њен ефекат погоршава у случају високе влажности ваздуха.

Економска одрживост система производње оваца широм света угрожена је због разорних ефеката климатских промена. Међу вишеструким климатским стресовима са којима се суочавају овце, изгледа да топлотни стрес у највећој мери дестабилизује ефикасност овчарске производње. Топлотни стрес угрожава раст, производњу вуне, меса и млека код оваца. Даље, климатске промене доводе до неколико векторских болести код оваца компромитујући имуни статус животиња (Sejian et al., 2017). Климатске промене утичу директно и индиректно на производњу оваца. Губици у производњи због климатских промена код оваца могу се приписати нископриносним пашњацима, малој доступности воде и појави болести (Sejian et al., 2014). Генерално, овце имају добру способност прилагођавања и отпорне су на лоше услове животне средине. Ипак, физиолошке промене и промене понашања као одговор на високе амбијенталне температуре највише утичу на њихову производњу (Li et al., 2018). Иако овце показују већу адаптацију на сурову животну средину, клима која се брзо мења може утицати на одрживу производњу кроз низак унос хране, варијације у енергетском и минералном метаболизму, промене у равнотежи воде и протеина итд. (Finocchiaro et al., 2005; Marai et al., 2007). Кључна ограничења као што су топлотни, нутритивни и стресови повезани са недостатком воде смањују продуктивност оваца у топлим и сувим регионима (Kandemir et al., 2013; Sejian, 2013). Поред тога, индиректни ефекти повећане инциденције болести и инфекције паразитима и смањене доступности пашњака такође доприносе додатном стресу и смањују производњу вуне, млека и меса код оваца (Singh et al., 2012). Овце такође значајно доприносе климатским променама кроз ентеричку емисију метана и управљање стајњаком. Даље, климатске промене могу променити функцију бурага и сварљивост хране код оваца. Стога је ублажавање утицаја ентеричког метана од највеће важности да би се спречиле и климатске промене и губитак енергије у исхрани који може да омогући бољу економичност ове производње (Sejian et al., 2017). На основу наведеног, међу различитим климатским факторима, чини се да је топлотни стрес главни интригантни фактор који омета савремену овчарску производњу.

Током летњих врућина, у многим земљама, укључујући већину европских задела, може доћи до краткотрајног топлотног стреса. Топлотни стрес утиче на перформансе и продуктивност оваца у свим фазама производње. Степен до којег овај стрес утиче на продуктивност ће се разликовати између агроколошких региона и између производних система (Shekhawat and Pareek, 2015). Будући да је већина популације оваца у власништву сиромашних слојева друштва, губитак производње може довести до озбиљног сиромаштва у руралним подручјима (Iniguez, 2005). Гајење оваца, које осигурава егзистенцију и економско издржавање сиромашних фармера, практикује се у скоро свим климатским условима, од хладних преко топлих и сувих до топлих и влажних климатских подручја (Sejian et al., 2017). Системи узгоја оваца су широко категорисани у екстензивне, полуинтензивне и интензивне системе узгоја. Интензивни систем подразумева храњење у стаји без извођења оваца на испашу; док полуинтензивни и екстензивни системи омогућавају овцама да дуго пасу у отвореном окружењу. Дуг период испаше под великим соларним оптерећењем може изазвати топлотни стрес, а њихово гајење при ниском нивоу

исхране изазива нутритивни стрес. Треба узети у обзир утицај вишеструких стресора на овце на испашаи, јер је мало вероватно да ће овце бити изложене једном стресору (Lees et al., 2019). Студије Karthik et al. (2021a,b) описују утицај пољопривредних система у односу на годишње доба на резултате телесне кондиције и адаптивни профил (физиолошки, хемато-биохемијски, хормонски, ензимски и репродуктивни параметри) оваца.

Екстензивни и полуинтензивни системи узгоја оваца су рањивији на разорне ефекте климатских промена од интензивних производних система (Nardone et al., 2010). У већини земаља Балканског полуострва, укључујући Србију, овце се узгајају у екстензивним системима гајења, са малим процентом интензивног овчарства. Велики део производње је на екстензивним пашњацима где су инпути мали, а производња сточне хране и водоснабдевање варирају у зависности од сезонске климе. Утицај топлотног стреса на добробит и здравље много је израженији код високопродуктивних преживара, како у интензивном тако и у екстензивном узгоју (Henry et al., 2018). Интензивна производња преживара је подложнија утицајима климатских промена на добробит и здравље услед топлотног стреса. Микроклимат као део окружења у коме животиња борави, представља веома битан фактор од кога зависе здравствено стање и продуктивне особине. Један од циљева савремене сточарске производње представља одржавање адекватних микроклиматских услова (температуре, влажности ваздуха, брзине струјања ваздуха, минимум контаминације ваздуха микроорганизама и штетним гасовима). Оптималан микроклимат доприноси побољшању добробити животиња, што се одражава на боље здравствено-продуктивне особине (Мајкић, 2019). Адаптивни профили оваца су проучавани у различитим системима узгоја (Kochewad et al., 2018a,b) или годишњим добима (Banerjee et al., 2015; Ribeiro et al., 2016; Rathva et al., 2017) појединачно. Међутим, потребно је детаљније испитати различите начине прилагођавања како у екстензивним тако и у интензивним системима производње оваца, као и опције управљања које могу ублажити штетне утицаје климатских промена на количину и квалитет сточне хране и на животиње, као и недостатке у знању потребном за планирање, ефикасније краткорочне и дугорочне стратегије. Предвиђене климатске промене у будућности могу проузроковати пресељење оваца из једног региона у други, промену расног састава, промену начина гајења и исхране, појаву новијих болести итд. Због тога су потребни напори да се развију базе података на светском нивоу који ће сабирати резултате истраживања из различитих делова света који се односе на овчарску производњу која се прилагођава климатским променама. Ово би могло помоћи истраживачима да се боре против негативних последица климатских промена у овчарској производњи и оптимизују економске резултате код сиромашних и фармера са маргиналних подручја широм света.

2.3. Терморегулација

Терморегулација је способност организма да одржава телесну температуру у оптималним границама. Овце су хомеотерме и одржавају скоро константну телесну температуру у широком спектру услова околине. Телесна температура оваца измерена *recti* износи 38,5-39,9 °С. Одржавање телесне температуре одвија се помоћу центра у хипоталамусу. Животиња покушава да контролише телесну температуру помоћу система за унос и излаз топлоте где је топлота произведена из ћелијских процеса или добијена из околине једнака оној ослобођеној у околини. Ако тело унесе више топлоте него што може да је ослободи, телесна температура животиње ће расти све док се на крају не прегреје и умре (Yousef and Johnson, 1985). У одређеним границама, овце су у стању да регулишу и

количину произведене и изгубљене топлоте. У хладном окружењу, хомеотерме могу изгубити више топлоте него што би иначе произвеле, и стога им је потребно да генеришу топлоту да би се загрејале. У врућем окружењу, животиња има додатне потешкоће да покуша да ослободи телесну топлоту у окружење које је већ вруће и у неким случајевима веома влажно (Stockman, 2006). Организам троши енергију приликом било ког рада, па тако и за процесе хлађења и грејања. Највећи проблем топлотног стреса је што се део продуктивне енергије (енергије која би служила за производњу) троши на хладну терморегулацију, када се животиње налазе изван термонеутралне зоне (Cincović, 2016).

Термонеутрална зона је концепт за разумевање међуодноса између животиња и њиховог окружења. Термонеутрална зона животиње се дефинише као опсег температуре околине у којем је њен метаболизам на минимуму и унутар којег се регулација температуре постиже само физичким процесима без испаравања (Bligh and Johnson, 1973). Термонеутрална зона се налази између доње и горње критичне амбијенталне температуре. Термонеутрална зона за овце доста варира у зависности од поменутих фактора, међутим у многим студијама је дефинисана између 12 и 27 °C (Marai et al., 2007; Sejian et al., 2017). Дефиниција горње критичне температуре је мање јасна. Silanikove (2000a) дефинише то као тачку када се брзина метаболизма повећава, када се повећава губитак топлоте испаравањем или када је топлотна изолација ткива минимална. Тачка када се губитак топлоте испаравањем повећава је најчешће коришћена дефиниција јер ју је најлакше измерити. Silanikove (2000a) је дефинише као тачку у којој се прво јавља дахтање као облик губитка топлоте испаравањем. Hahn (1985) је навео да се горња критична температура креће од 25 °C за јагње које расте, до 31 °C за одраслу овцу, при чему ошишана овца има горњу критичну температуру од 29 °C. То значи да, прихватљиви температурни опсег и горња и доња критична температура ће варирати у зависности од варијација животиње, укључујући врсту, расу, старост, ниво исхране, претходно стање температурне аклиматизације, физиолошко стање, изолацију унутрашњим телесним ткивом као што је нпр. масноћа, карактеристике објекта и понашање (Hahn, 1985; Yousef and Johnson, 1985).

Основни физички принципи одавања топлоте одвијају се путем кондукције, конвекције, радијације и евапорације, док се топлота добија метаболичким процесима, такође и кондукцијом, конвекцијом и радијацијом. Хомеотермија захтева да количина произведене или добијене топлоте из околине мора бити једнака губитку топлоте у околину, као што показује једначина:

$$M = \pm K \pm C \pm R \pm E$$

где је **M** - метаболичка производња топлоте, **K** - размена топлоте кондукцијом, **C** - размена топлоте конвекцијом, **R** - размена топлоте радијацијом и **E** - размена топлоте испаравањем зноја или респираторним испаравањем (Robertshaw, 1985). Формула која показује телесну температуру животиња изгледа овако: Телесна Температура = Метаболичка топлота ± Кондукција ± Конвекција ± Радиација + Евапорација. Топлотни стрес би се могао дефинисати као ситуација у којој је сума произведене топлоте у телу и температуре амбијента већа од изгубљене топлоте (Cincović, 2016).

Тело производи топлоту у значајној количини због метаболичке активности. Базални метаболизам је брзина енергетског метаболизма код животиња које се одмарају, посте и под минималним су стресом. Базални метаболизам ће варирати у зависности од

величине животиње, старости, пола и репродуктивног стања, статуса ухрањености, сезоне и расе (Yousef and Johnson, 1985). Базални метаболизам се креће од 2,62 до 3,12 W/kg^{0.75} за британске расе оваца, 2,78 ±0,09 W/kg^{0.75} за овце Аваси расе и 2,92 ±0,08W/kg^{0.75} за немачке Мерино овце (Degen and Shkolnik 1978). Производња топлоте се такође повећава физичком активношћу. Међутим, овце нису веома активне животиње, основна природна активност је потрага за храном и водом. Потреба за кретањем је чак и мања од нормалног када се овце налазе у затвореном простору, јер нема потребе да прелазе велике удаљености да би пронашле храну или воду. Топлота се такође може добити кроз термо-компензациону производњу топлоте. У хладним условима, брзина метаболизма се повећава да би се одржала топлотна равнотежа дрхтањем. У врућим условима, производња топлоте такође може да се повећа пошто животиња постаје изложена топлотном стресу. Студије су већ одавно откриле да постоји повећање брзине метаболизма као одговор на топлотни стрес (Blaxter et al., 1959; Graham et al., 1959), због појачаног дахтања (Kibler, 1957), откуцаја срца (Whittow, 1965), активности знојних жлезда (Macfarlane, 1964) и калоригеног ефекта хормона (Whittow and Findlay, 1968).

Брзина протока топлоте кондукцијом зависи од површине контакта, топлотне проводљивости укључених материјала, удаљености на којој топлота треба да тече и температурног градијента. Директна проводна размена топлоте настаје ако је животиња у контакту са чврстим површинама на температури која је другачија од површине животиње. Када животиња лежи, проводљиви пренос топлоте ће бити већи него када стоји, али то зависи од топлотне проводљивости подлоге, температурног градијента и величине површине контакта у односу на укупну површину животиње (Robertshaw, 1985). Ако је температура ваздуха или температура земље на којој животиња лежи већа од температуре коже, животиња ће добити топлоту кондукцијом (Silanikove, 2000a). Када је температура ваздуха већа од температуре коже, долази до кретања топлоте ка животињи док температура ваздуха не буде једнака температури коже, када престаје пренос топлоте и овце ће добити топлоту конвекцијом. Радијација природног окружења углавном долази директно од сунца и као топлотна радијација из земље, дрвећа, облака и околине. Постоји много различитих таласних дужина зрачења; међутим, ултраљубичасто зрачење, видљива светлост и инфрацрвено зрачење су најважнији у утицају на термичку физиологију (Yousef and Johnson, 1985). Сунчево зрачење је важна компонента термалног окружења и најинтензивније је у Аустралији, Блиском Истоку, Африци, Сједињеним Америчким Државама и Јужној Америци. Када су овце изложене топлотном зрачењу, могу тражити сенку да би се расхладиле.

Да би регулисала телесну температуру, животиња има различите температурне сензоре на различитим местима у телу, као што су кожа, слузокоже букалне шупљине и у пределима кичмене мождине (Bligh, 1985). Сензори преносе информације у хипоталамус, који затим покреће механизме за повећање или смањење губитка или производње топлоте. Излагање хомеотерма повећаном топлотном оптерећењу доводи до тога да механизми губитка топлоте ступају у игру на секвенцијални начин. Почетни одговор је вазодилатација, која повећава проток крви у кожи и удовима резултирајући повећање температуре коже при чему повећава температурни градијент између коже и околине, што резултира већим губитком топлоте путем зрачења и конвекције. Ако сама вазодилатација није ефикасна у одржавању нормалне температуре, хлађење испаравањем се повећава знојењем или дахтањем или обоје. Хлађење испаравањем је једина доступна метода

губитка топлоте када температура околине пређе температуру коже (Ames et al., 1971). Вазодилатација захтева мало енергије, док респираторна активност захтева највише.

Сви чврсти објекти емитују невидљиво електромагнетно зрачење у инфрацрвеном опсегу. Топлота се може изгубити у околину зрачењем са површине тела на хладнији предмет. Међутим, код оваца слој вуне ће ометати зрачење са површине коже. Топлота која зрачи из коже загреваће суседна влакна вуне, која затим зраче топлоту назад. Због овога, мало је вероватно да ће зрачење бити значајан механизам губитка топлоте за овце (Stockman, 2006). Топлота се може изгубити из тела животиње у околину превођењем на хладније површине са којима је животиња у контакту. Механизам је исти као и за добијање топлоте са топлије површине који је претходно објашњен. Осим у посебним околностима, кондукција није важан облик губитка топлоте за овце. Топлота се може изгубити из тела животиње у околину конвекцијом док тело загрева околни ваздух или воду. Природна конвекција је процес загрејаног ваздуха који се диже са површине животиње, јер је мање густ од хладнијег ваздуха. У присилној конвекцији, хладнији ваздух се помера преко површине коже поветарцем или једноставно зато што се животиња креће. Присилна конвекција је ефикаснија као метода губитка топлоте од природне конвекције јер постоји одржавање топлотног градијента сталним обнављањем хладнијег ваздуха. Респираторна конвекција је важна код животиња као што су овце које се ослањају на дахтање као главни механизам губитка топлоте (Stockman, 2006). Топлота се може изгубити из тела животиње у околину испаравањем респираторног секрета, зноја или пљувачке. Утврђено је да се губитак воде испаравањем код оваца повећава са 1 1/24 сата на 2,9 1/24 сата како се температура сувог термометра повећава са 28 - 38 °C (Blaxter et al., 1959). Испаравање воде на површини доводи до хлађења крви која тече непосредно испод ткива. Ефикасност губитка топлоте испаравањем зависи од ефективне површине испаравања, брзине ваздуха и разлике између равнотежног притиска паре на температури коже животиње и преовлађујућег притиска паре у околном ваздуху. Међутим, повећано кретање ваздуха побољшава ефикасност губитка топлоте испаравањем, заменом ваздуха оптерећеног паром у близини површине коже сувљим ваздухом, што доводи до повећаног испаравања са површине (Mount, 1979).

Ако су овце под прекомерним топлотним оптерећењем и не могу да одрже телесну температуру користећи горе описане механизме губитка топлоте или одговарајућим смањењем производње топлоте, телесна температура ће почети да расте.

2.4. Мерење топлотног стреса код оваца

Овце ефикасно функционишу у својој термонеутралној зони. Зона изнад или испод критичне температуре ограничава продуктивност оваца јер су под стресом. Изложеност животиња топлотном стресу захтева од метаболичког система тела да распрши вишак топлоте повећањем брзине дисања, знојења, ректалне температуре и пулса (Sejian et al., 2017). Дакле, температура околине је кључни фактор за добробит животиња. Отуда су истраживачи начинили успешне покушаје да измере температуру животне средине и помогну у процени оптерећења животиња истом. Различити термални индекси као што су индекс температуре и влажности (temperature-humidity index THI), индекс влажности црне кугле (black globe humidity index BGHI), индекс еквивалентне температуре (equivalent temperature index ETI), индекс стреса околине (environmental stress index ESI), индекс топлотног оптерећења (heat load index HLI) и предиктор брзине дисања (respiratory rate

predictor RRP) су процењивани за домаће животиње с обзиром на локалне временске услове укључујући све кардиналне временске параметре на основу физиолошке прилагодљивости (Hahn et al., 2003).

Термални индекси су корисни за процену утицаја временских параметара на одређеном агроколошком подручју. Међутим, од свих поменутих, THI се показао као далеко најбољи термални индекс за процену штетног утицаја топлотног стреса на продуктивне перформансе животиња (Ravagnolo et al., 2000; Hahn et al., 2003; Silva et al., 2007; Dikmen and Hansen, 2009). Индекс температуре и влажности (THI) је најједноставнији приступ, који комбинује температуру околине и релативну влажност да би се проценио одговор продуктивности домаћих животиња у функцији климе (Lallo et al., 2018). Заснован је на температури ваздуха и релативној влажности (RH) са различитим параметрима за различите врсте (Hahn et al., 2009) и индикативна је мера збира спољних утицаја који делују на померање телесне температуре животиње са њене задате тачке (Dikmen and Hansen, 2009). Како се подаци о температури и влажности обично лако прикупљају, минимални инпути чине THI лаким алатом за ретроспективне студије у већини региона (Lewis Baida et al., 2021). У већини истраживања утицаја топлотног стреса на овце, коришћене су следеће вредности топлотног стреса засноване на THI (Marai et al., 2001):

- <22,2= одсуство топлотног стреса,
- 22,2 до 23,3 = умерен топлотни стрес,
- 23,3 до 25,6 = јак топлотни стрес,
- 25,6 и више = веома јак топлотни стрес.

Табела 1. Вредности THI индекса у односу на температуру и релативну влажност ваздуха (Преузето са https://www.nfacc.ca/resources/codes-of-practice/sheep/appendix_a.pdf).

Ambient air		Relative Humidity (%)					
Temp. °F	Temp. °C	20	30	40	50	60	70
100	37.8	26	29	30	31	33	34
98	36.7	26	28	29	31	32	33
96	35.6	26	27	28	30	31	32
94	34.4	26	27	28	29	31	32
92	33.3	25	26	27	28	29	30
90	32.2	25	26	26	27	28	29
88	31.1	24	24	26	27	27	28
86	30	23	24	25	26	27	27
84	28.9	22	23	24	25	26	27
82	27.8	22	23	23	24	25	26
80	26.7	21	22	23	23	24	24
78	25.6	20	21	22	23	23	24
76	24.4	19	21	21	22	22	23
Livestock Safety Index (°C)		Normal <23	Alert 24-25.5	Danger 26-28	Emergency >29		

Као параметри за израчунавање THI индекса узимају се температура ваздуха измерена термометром и релативна или апсолутна влажност измерена хигрометром. Уместо релативне влажности ваздуха као параметар за процену може се узети и температура кондензације (ваздух који је презасићен воденом паром). Однос између температуре и релативне влажности ваздуха могу се видети у табели 1. Иако термални индекси могу послужити као водич за процену озбиљности топлотног стреса на добробит домаћих животиња, они носе низ ограничења. Како наводе Wijffels et al. (2020), једно од главних ограничења термалних индекса је недостатак везе са температуром и респираторном динамиком животиња које доживљавају прекомерно топлотно оптерећење. Поред тога, горе поменути индекси су засновани на мерењима у једној временској тачки и не укључују трајање и интензитет излагања топлоти. Даље, најважнији аспект коришћења термалних индекса као предиктивних модела за топлотни стрес је прикупљање тачних и репрезентативних метеоролошких података. Иако постављање метеоролошких станица може бити у релативној близини угрожених животиња, неке од њих можда неће тачно приказати услове посматраног обора или ограђеног дела где се животиње налазе (Gaughan et al., 2019a). Што се тиче мерења топлотног стреса код оваца, истраживања о индексима топлотног оптерећења која се користе у екстензивним системима гајења оваца су ограничена у поређењу са истраживањима спроведеним у интензивним системима. Без обзира на доступне информације, термални индекси би увек требало да се узимају у обзир као водич у процени добробити и продуктивности домаћих животиња под повећаним топлотним оптерећењем. Ови алати могу добро да раде са подацима одговарајућих метеоролошких станица које пружају податке оператерима који онда интегришу ове алате са сопственим искуством и знањем о одређеним факторима (старост, раса, исхрана) и локалним условима. Међутим, мерење и праћење физиолошких реакција самих животиња обећава да ће бити далеко тачније и информативније.

Биоклиматски термални индекси су најшире схваћено и примењено средство за процену или предвиђање високих топлотних оптерећења у већини сектора сточарске производње. Ипак, са новим материјалима, технологијама и рачунарском опремом, способност праћења и предвиђања стварних физиолошких одговора као што су брзина дисања, температура коже или температура тела животиња се брзо развија (Wijffels et al., 2020). Температура тела је вековима препозната као средство за праћење инфекције, фазе овулације и хипертермије, било да је изазвана физичким активностима и/или условима околине. У модерној ери, неколико места у телу коришћено је за праћење температуре тела код преживара, а то укључује ректум, бубну опну, вагину и од недавно, ретикулорумен. Не постоји идеално место за одређивање температуре тела. Температуре на сваком месту одражавају јединствену комбинацију утицаја локалног метаболизма и протока крви, структуре ткива и близине другим органима или ткивима који су метаболички активни или могу деловати као хладњаци, посебно са променама начина држања и физичким активностима (Taylor et al., 2014). У науци и сточарској производњи уложено је много напора да би се помоћу мерења основне телесне температуре открила овулација, инфекција и топлотни стрес (Koltjes et al., 2018; Goduń et al., 2019).

Ректална температура се дуго користила за процену основне температуре и за квантификацију реакције на топлотни стрес код домаћих животиња (Alhidary et al., 2012). Ректална температура се најчешће мери помоћу дигиталних термометара, али ова техника има мане при самом извођењу (дубина сонде, прецизно снимање) и обично захтева

ограничење животиње што може да подстакне термални одговор. Дефекација, уобичајена реакција животиња када се убаци сонда, ће изазвати пролазно повећање ректалне температуре (Bewley et al., 2008). Упркос релативном степену инвазивности, ректалне сонде и дигитални термометри најдоследније бележе температуру тела (Koltes et al., 2018). Још једна уобичајена локација за мерење унутрашње температуре је вагина, која је добро изолована и коју карактеришу топлотни градијенти (Tayloret al., 2014). У раду Vickers et al. (2010) мерење вагиналне температуре је показало високу корелацију са мерењима ректалне температуре, при чему су разлике између ова два начина занемарљиве када се користе идентични уређаји за мерење. Бубна опна је још једно доступно место за мерење унутрашње температуре и има предности близине хипоталамуса и заједничког снабдевања крвљу (Bryant et al., 2010). Односи температуре бубне опне са ректалним и/или вагиналним температурама били су у фокусу многих студија. Guidri and McDowell (1966) су показали да је температура бубне опне константно 0,5 °C нижа од ректалне температуре. Исто тако, Nahn et al. (1990) су утврдили веома високу корелацију током 48 h између бубне опне и ректалне температуре, при чему је прва дала 0,5 °C нижа читавања. Davis et al. (2003) су известили да у константним амбијенталним условима (30 °C), корелација између температуре бубне опне и ректалне температуре била је 0,75, а виша ($r = 0,97$) када се упореде максималне дневне температуре. Током протекле деценије, интаруминално уметање температурних сензора се појавило као неинвазивна алтернатива хируршкој имплантацији уређаја (Godun et al., 2019), али истраживања показују потенцијални утицај хипертермије на функцију бурага код оваца (Hyder et al., 2017). Такође се развија низ поткожних микрочипова и других имплантабилних уређаја за континуирано мерење телесне температуре код домаћих животиња (Lee et al., 2016; Torrao et al., 2011). Међутим, сви захтевају хируршке процедуре за имплантацију. Поред њихове инвазивне природе, на поткожну температуру утичу услови околине и физиолошко стање, јер то директно утиче на проток крви у кожу (Kellogg, 2006). Потребно је спровести још многа истраживања како би се пронашло идеално место и идеалан начин за праћење температуре тела. На основу изнетог, за мерење унутрашње температуре, ректална температура остаје и даље најједноставнији и најпоузданији метод.

Посматрање температуре коже и очију дуго се сматрало мање инвазивним средством за откривање промена телесне температуре код животиња. Мерење топлоте, које тело емитује постаје све популарније, а термовизијска камера је нашла своју широку примену. Термално снимање, такође познато као инфрацрвена термографија (infrared thermography IRT), је неинвазивна, бесконтактна техника која мери расподелу површинске температуре у реалном времену. Термовизиска камера представља модерну и неинвазивну процену термалног статуса. Принцип рада инфрацрвене камере заснива се на томе да се мери емисија зрачења у објекту или на одређеном делу тела животиње, и да се измерена температура бележи у виду слике (Knížková et al., 2007). Примена IRT камере за праћење температуре површине тела има све већу примену. Обично се бира једно или неколико места на телу са којих ће IRT камера снимити инфрацрвене слике на одређеној удаљености и углом од субјекта. И субјект и камера треба да буду постављени тако да буду заштићени од ветра и директне и индиректне сунчеве светлости. Животињски субјект треба да буде миран и да одржава положај који је погодан за добијање слика локације (а). Сlike одабране за анализу се обрађују софтвером да би се одредиле „врुће тачке“ унутар слике или унутар мање дефинисаног региона слике, који се обично назива регион од интереса (РОИ) (Wijffels et al., 2020). Најчешће се приказује средња вредност ових пиксела

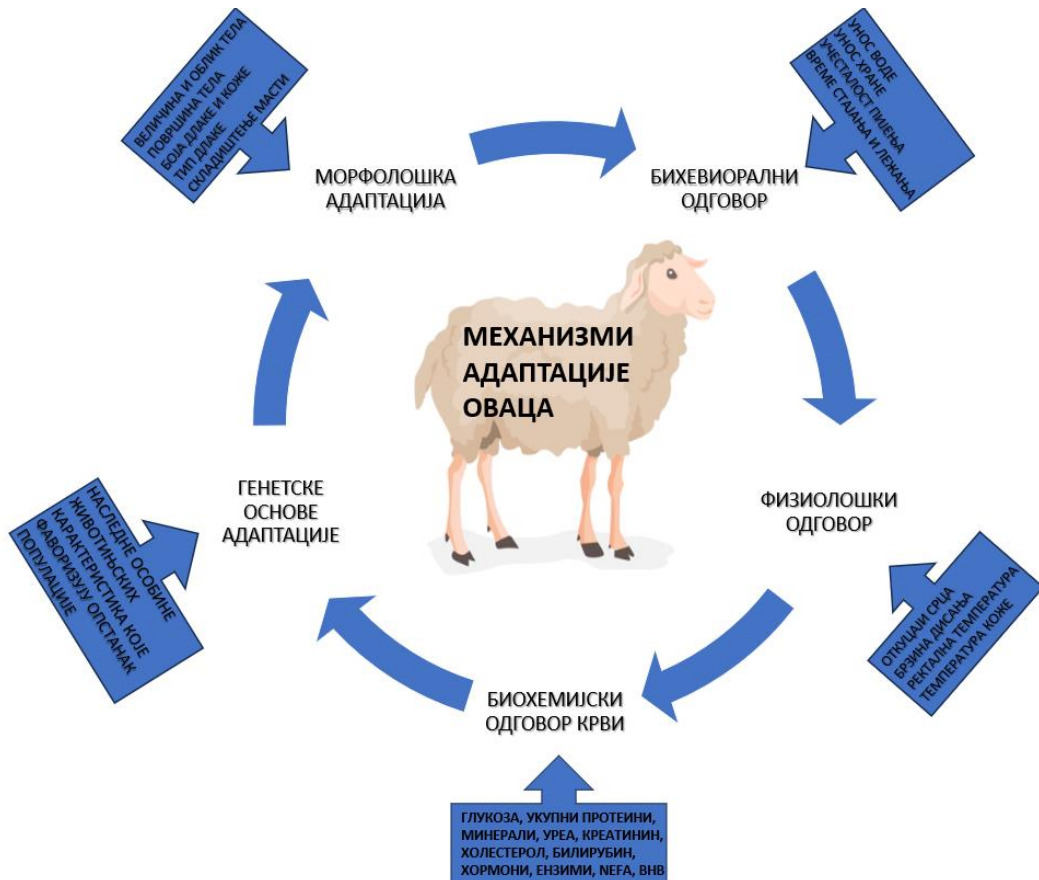
максималне температуре у „врућој тачки“ или РОИ, иако неки истраживачи сматрају да је просечна температура РОИ кориснија (Peng et al., 2019). Док је температура ока уобичајен избор у многим студијама, прикладност других места за ИРТ се још увек активно истражује. Термографске слике се могу користити за праћење повећања телесне температуре и промена у протоку крви у вези са стресним условима околине као што је високо топлотно оптерећење (McManus et al., 2016). Због неопструктивне природе, ова технологија је веома погодна за процену стреса и благостања (Soerensen and Pedersen, 2015) и коришћена је као дијагностички алат за предвиђање топлотног стреса (Unruh et al., 2017). ИРТ се обично користи у ветеринарским наукама за идентификацију инфекције (Schaefer et al., 2004; De Diego et al., 2013), хромости коња (Turner, 1991), маститиса и код оваца (Martins et al., 2013) и говеда (Colak et al., 2008), као и за процену скроталне температуре код бивола (Ahirwar et al., 2018). Поред тога, студије су процениле употребу ИРТ-а у сточарству за одређивање топлотне толеранције (Brown-Brandl et al., 2012; McManus et al., 2015), топлотних прагова (Menchetti et al., 2021) и за предвиђање ефеката топлотног стреса на репродуктивни учинак (Stelletta et al., 2013).

Што се тиче коришћења ИРТ-а за прецизно мерење телесне температуре, различити делови тела имају различите степене корелације са ректалном температуром као и повезаност са температуром околине и физиолошким одговорима животиње, што је потребно детаљније истражити. Треба поставити важно питање: какав је однос између температуре површине тела и поменутих параметара? Што се тиче добро изолованих животиња као што су овце, познато је да на размену топлоте у околини снажно утиче дужина руна (Beatty et al., 2008), што би имало и утицаја на резултате термовизирања. Упркос томе што овце са руном имају изолацију од топлоте околине (Thwaites, 1966), ошишане овце боље подносе вруће и влажне услове од оваца са руном (Beatty et al., 2008). Иако једноставан у концепту, недостатак конзистентних резултата добијених од стране оних који су тестирали ИРТ за праћење телесне температуре код оваца одражава многе аспекте који утичу на тачност мерења. Термовизијска камера се може користити као вредан алат на фарми за управљање топлотним стресом. Међутим, потребна су даља истраживања како би се тестирали њена ефикасност код оваца. Телесна температура је најважнији параметар за процену топлотног стреса код домаћих животиња и повезана је са здрављем, благостањем и репродуктивним успехом. Технологија аутоматизованог сензора температуре има потенцијал да обезбеди континуирана мерења телесне температуре у реалном времену за лонгитудинално представљање термичког статуса стада. Ово би омогућило откривање топлотног стреса и на тај начин олакшало брзу интервенцију која би могла спречити губитке повезане са овим феноменом и побољшати продуктивност фарме.

2.5. Различити механизми адаптације оваца

Адаптација представља скуп физиолошких процеса и промена организма које смањују физиолошко оптерећење настало под утицајем стресогених фактора из окружења. Овај скуп промена се може јавити током живота организма (у виду фенотипских измена) или као последица генетске селекције неке врсте односно расе (генетска адаптација) (Cincović, 2016). Међу врстама, овце и козе се сматрају мање осетљивим на топлотни стрес од говеда (Silanikove, 2000b; Khalifa et al., 2005). Укратко, адаптација је ниво толеранције за преживљавање и репродукцију у екстремним животним условима (Nejad and Sung, 2017). Овце су веома рустикалне животиње које могу да се носе

са таквим окружењем. Међутим, недостају потпуне информације о томе како ове животиње могу да се прилагоде и преживе у новом и трансформишућем окружењу. Адаптација раса оваца на различите локације/климатске услове зависи од температуре, влажности, вегетације и вуненог покривача и отпорности/подложности према разним болестима. Различите расе оваца могу толерисати широк спектар климатских услова и претворити лошу сточну храну у квалитетне животињске протеине. Ове особине фаворизују њихово гајење у екстензивном систему међу сиромашним сеоским становништвом у оштрој клими (Shinde and Sejian, 2013). Плодне расе оваца у топлом и влажном приморском региону, расе оваца за производњу крзна у топлим и сувим пределима, расе fine вуне у хладној и сувој умереној клими и товне расе у топлим и влажним равницама еволуирале су кроз процес адаптације. Постоји неколико фенотипских и генотипских карактеристика које животињи дају адаптивни потенцијал, омогућавајући јој да се носи са тешким климатским условима. У основи, адаптација подразумева морфолошки, бихевиорални и генетски капацитет животиње за промену (Sejian et al., 2018). Процес адаптације се може проширити на: 1) морфолошке, 2) бихевиоралне, 3) физиолошке, 4) биохемијске и 5) генетске основе адаптације (Графикон 1). Ови механизми помажу овцама да преживе изазове топлотног стреса.



Графикон 1. Различити механизми прилагођавања оваца на топлотни стрес.

Морфолошке адаптације су физичке промене које се дешавају током многих генерација животиња које побољшавају њихову способност у датом окружењу. Величина и облик тела, боја длаке и коже, тип длаке и складиштење масти су међу главним

морфолошким адаптацијама код оваца (Chedid et al., 2014). Величина и облик тела су најдоминантније морфолошке карактеристике које утичу на механизме терморегулације домаћих животиња у екстремно врућим срединама. Аутори су навели да животиње веће величине тела имају спорији метаболизам од мањих животиња и да добијају топлоту спорије (Silanikove, 2000b; Cain et al., 2006). Приликом процене осетљивости на топлотни стрес значајно је израчунавање површине тела као и мерење метаболизма и енергетског стања организма израчунавањем метаболичке величине тела. Површина тела је значајна у формирању осетљивости на топлотни стрес. Мање животиње, тј. животиње са мањом површином тела боље подnose високе спољашње температуре. Ова појава се може објаснити чињеницом да се жива бића рађају са фиксним бројем знојних жлезда у кожи, тако да пораст површине тела доводи до релативног пада броја знојних жлезда по јединици површине коже (Синковић, 2016). Карактеристике длаке и боје коже оваца које су еволуирале у тропским и пустињским подручјима разликују се од оних које су еволуирале у умереној клими. На пример, Gootwine (2011) је закључио да распуштено, отворено руно длаке и вуне Аvasи оваца повећава губитак топлоте путем конвекције. Вуна је природни показатељ краткотрајне изложености стресу у природном окружењу оваца. Влакнима вуне се смањују дебљина на месту стреса изазваног појединачним догађајима или комбинацијом фактора (исхрана, болест или бременитост)(Sawyer i Narayan, 2019). Отворено руно у топлом и влажном региону олакшава дисипацију телесне топлоте, док затворено руно у умереном региону помаже у очувању телесне топлоте, а карактер флиса игра важну улогу у балансирању динамике топлоте (Sejian et al., 2017). Масни репови и сало у пределу седњачиних кврга и корена репа се сматрају адаптивним одговором животиња на екстремна окружења и користе се као вредна резерва енергије за животињу током миграције и зиме. Око 25% светске популације оваца чине маснорепе расе (Moradi et al., 2012).

Адаптација понашања је препозната као први и најважнији одговор који усвајају животиње да смање топлотно оптерећење (Shilja et al., 2016). Промене понашања које су пријављене код оваца током високе температуре околине укључују тражење сенке, дахтање отворених уста, повећано лучење пљувачке и унос воде (Stockman, 2006). Једна од најбржих промена понашања уочених код животиња под топлотним стресом је тражење сенке. Животиње под стресом покушавају да ублаже негативне ефекте директног топлотног оптерећења коришћењем сенке кад год јој могу приступити (Sejian et al., 2018). Када су животиње изложене високим температурама, доћи ће до смањења уноса хране. Смањење уноса хране је метод прилагођавања за смањење производње топлоте у топлој средини, јер је повећање топлоте приликом варења хране важан извор производње топлоте код преживара (Attia, 2016). Дакле, висока температура директно утиче на центар ситости и узрокује смањени унос хране како би се потиснула унутрашња метаболичка производња топлоте. Животиње под топлотним стресом имају тенденцију да проводе више времена стојећи да би се могле преоријентисати у различитим правцима како би избегле директно сунчево зрачење и зрачење тла. Поред тога, стојећи положај такође омета проводни пренос топлоте у тело животиње због присуства слоја ваздуха поред коже, а такође олакшава дисипацију топлотног оптерећења тела на околину повећањем површине коже изложене струјању ваздуха или ветру (Sejian et al., 2018). Већа учесталост пијења и повећан унос воде забележени су за различите врсте домаћих животиња током лета (Shilja et al., 2016). Расе прилагођене пустињским регионима компензују већи губитак воде током периода високог топлотног оптерећења концентрисањем урина (Chedid et al., 2014). Понашање у

условима топлотног стреса ће се разликовати и између полова. Li et al. (2018) пријављују значајне разлике у понашању између оваца и овнова Хан расе, у стајању, лежању, потрази за храном и водом.

Животиње поседују различите физиолошке механизме адаптације у циљу смањења топлотног оптерећења. Промена срчане фреквенције, брзине дисања, температуре коже и ректалне температуре су кључни параметри који указују на механизам физиолошке адаптације код оваца. У окружењима са топлотним стресом, брзина дисања је први механизам терморегулације који користе овце да би одржале телесну температуру (Berihulay et al., 2019). Ректална температура је добар индекс телесне температуре иако постоје значајне варијације у температури неких делова тела у различито доба дана. Излагање оваца топлој средини такође повећава температуру коже. Ова виша температура коже може се директно приписати вазодилатацији капиларног слоја коже како би се побољшао проток крви до периферије коже ради лакшег преноса топлоте у околину (Shilja et al., 2016). Када физиолошки механизам не успе да ублажи ефекат топлотног оптерећења, телесна температура се може повећати до тачке у којој је добробит животиња угрожена. Телесна температура је добра мера топлотне толеранције код животиња, јер представља резултат свих процеса добијања и губитка топлоте у телу (Berihulay et al., 2019).

Адаптација у смислу генетике се односи на наследне особине код животиња које фаворизују опстанак популација (Abdul Niyas et al., 2015). Адаптивна способност оваца је одређена њиховим генетским потенцијалом, па резултати истраживања једне расе оваца можда неће нужно бити применљиви на другу расу оваца. Генетска основа топлотне адаптације је до сада мало истраживана. Још једно ограничење је да је већина студија била краткорочна и спроведена у лабораторијама које се налазе у умереној зони на Британским/Мерино расама (Sejian et al., 2017). Докази различитих истраживача показују да је улога генетике у одређивању способности јединки да се прилагоде стресном окружењу веома компликована. Као резултат тога, у ћелијској енергији, митохондрије играју централну улогу као фацилитатор енергетског метаболизма (Xu et al., 2007). Геномске студије помажу у истраживању гена термо-толеранције и геномских региона који играју значајну улогу у регулацији телесне температуре код малих преживара (Kim et al., 2016).

Највећу пажњу истраживачима привлачи метаболичка адаптација, промене у вредностима различитих параметара биохемије крви, односно како топлотни стрес утиче на енергетски, протеински и минерални статус, као и на параметре показатеља функционалног стања јетре итд. Изложеност повишеној температури околине изазива низ драстичних промена у биолошким функцијама оваца које укључују депресију ефикасности и искоришћења хране, поремећаје у метаболизму воде, протеина, енергије и минерала, ензимске реакције, хормонске секреције и метаболите у крви (Marai et al., 2008). Перформансе на које високе температуре значајно утичу укључују низ неуроендокринолошких, физиолошких и бихејвиоралних одговора, који делују на равнотежу функција животиња (Marai et al., 2007). Такви одговори могу подстаћи промене у нивоу метаболита у крви и метаболичких хормона (Marai et al., 2008; Sejian et al., 2010a; Macias-Cruz et al., 2013). Биохемијски показатељи крви утврђују се из крвне плазме или серума, док се анализа крви и статистичка обрада података обрађује уз помоћ савремене лабораторијске опреме и рачунарских програма. На метаболички профил крви оваца утиче низ фактора, који се деле у две групе и то: негенетски (годишње доба, узраст, исхрана,

репродуктивни статус, начин држања, транспорт и складиштење узорка крви) и генетски фактори (пол и генотип). За одређивање енергетског статуса користи се концентрација глукозе (GLU), неестерификованих масних киселина (NEFA), бета-хидроксибутирата (BHB), холестерола (CHOL) и триглицерида (TGC). За одређивање протеинског статуса анализира се концентрација урее, креатинина (CR), укупних протеина (TPROT), албумина (ALB), глобулина (GLB) као и активност ензима креатин киназе (CK). За минерални статус најчешће се одређује концентрација калцијума (Ca), фосфора (P) и магнезијума (Mg). За одређивање показатеља функционалног стања јетре испитује се концентрација билирубина и ензима као што су аспартат аминокиселин-трансфераза (AST), аланин аминокиселин-трансфераза (ALT), гама-глутамил трансфераза (GGT), лактат дехидрогеназа (LDH) и алкална фосфатаза (ALP). Хормони важни у процесу адаптације на топлотни стрес су: кортизол, тријодтиронин Т3, тетрајодтиронин или тироксин Т4 и инсулин.

Енергија се у организму ослобађа у виду хемијске енергије (АТФ) и топлотне енергије. У организму се свакодневно врши претварање енергије из једног облика у други и то: из хемијске у топлотну (оксидација масти, глукозе или аминокиселина), претварање хемијске у механичку енергију (мишићни рад) и претварање хемијске енергије у електричну (невни импулс) (Cincović, 2016). Глукоза је најраспрострањенији моносахарид у природи. Њеном разградњом се ослобађа велика количина енергије која је неопходна за одвијање основних животних функција, тако да глукоза представља најважнији извор енергије у свим организмима. Концентрација глукозе у крви једна је од најважнијих метаболичких показатеља у организму. Концентрација глукозе у крви преживара зависи од ресорбованих количина из дигестивног тракта, резерви глукозе, које су у виду гликогена депоноване у јетри и мишићима, као и од количине новостворене глукозе у процесу гликонеогенезе. Механизам регулације нивоа глукозе у организму назива се гликемија. Повишена концентрација глукозе у крви назива се хипергликемија. То је стање које настаје при повећаном конзумирању шећера, или при обољењима јетре и поремећају рада ендокриних жлезда. Супротно том стању, пад концентрације глукозе испод физиолошких вредности назива се хипогликемија. Појављује се током дужег гладовања и/или повећаним потребама за глукозом. Пример је кетоза код музних крава када су количине резерве глукозе и гликогена недовољне због повећане производње млека након телења (Đoković et al., 2014). Тако да су потребе у глукози различите у зависности од физиолошког стања организма. Промене нивоа глукозе у крви такође потврђују метаболичке промене у организму и при топлотном стресу. Топлотни стрес на метаболизам угљених хидрата делује тако што доводи до смањења концентрације глукозе, услед њеног повећаног искоришћавања као извора енергије. Током топлотног стреса долази до повећане апсорпције глукозе преко дигестивног тракта и бубрега, а истовремено је повећана гликогенолиза у јетри. Са друге стране, коришћењем глукозе као извора енергије добија се мања количина произведене топлоте, јер је калоригени ефекат мањи у односу на количину енергије, која се добија разградњом масти (Мајкић, 2019). У топлотном стресу долази до смањења нивоа глукозе, што се слаже са моделима топлотног стреса код више врста животиња (глодари, Mitev et al., 2005; живина, Rahimi, 2005; овце, Achmadi et al., 1993; јунице, Itoh et al., 1998; и краве, Abeni et al., 1993; Marai et al., 1995; Settivari et al., 2007). Koubkova et al. (2002) су установили значајан пораст нивоа глукозе у крви крава у раној фази топлотног стреса, што је у вези са хемоконцентрацијом на почетку топлотног стреса. У даљем току настаје значајан пад гликемије. Смањење концентрације глукозе је запажено и при расхлађивању крава у топлотном стресу, за разлику од гликемије у оптималним амбијенталним условима.

У условима топлотног стреса гликемија осцилира у зависности од времена изложености топлотном стресу. Вредности у раној фази изложености су веће него када су животиње изложене повишеној спољашњој температури кроз дужи временски период. Код оваца, резултати бројних истраживања утицаја високе температуре околине на садржај глукозе у крви су контрадикторне, при чему су потребна даља истраживања да би се у потпуности разјаснио метаболизам глукозе у условима топлотног стреса код оваца.

Главни показатељи липомобилизације у крви код преживара су ВНВ, најважније и најзаступљеније кетонско тело, и NEFA, чија се концентрација у случају стреса и узбуђења повећава. NEFA у крви настају као последица липидне мобилизације и састоје се од слободних масних киселина (палмитинска, стеаринска, олеинска, линолеинска), а у највећем проценту се метаболишу у јетри. Вредности NEFA могу указати на степен липидне мобилизације и стога концентрација NEFA може бити показатељ метаболичке адаптације организма на стрес (Cincović, 2016). Липомобилизација NEFA представља алтернативни вид добијања енергије у различитим ткивима. Вишак NEFA се може негативно одразити на производне способности животиња. Током хроничног топлотног стреса долази и до повећане осетљивости на инсулин, услед чега се смањује концентрација NEFA и глукозе. Ниске концентрације NEFA су углавном пријављене код млечних крава под топлотним стресом (Rhoads et al., 2009). Топлотни стрес редукује липолитичку и истовремено повећава липогену ензимску активност, чиме се смањује способност мобилизације липида и смањује концентрација NEFA у плазми (Мајкић, 2019). Повећана концентрација NEFA доводи до повећаног ослобађања кетонских тела (интермедијарни продукти током метаболизма масних киселина). Кетони се ослобађају у крвоток, у коме се користе као извор енергије у мишићима и нервном ткиву, а најбројнији тип кетонских тела, који се ослобађа током липидне мобилизације је бета-хидрокси бутират (ВНВ). Сходно томе, метаболички показатељи лошег енергетског статуса су: снижена концентрација глукозе, повишена концентрација NEFA и повишена концентрација ВНВ (Cincović, 2016).

Масно ткиво служи као депо енергије, одакле се она ослобађа у зависности од потреба организма. Резерве угљених хидрата у организму преживара су ограничене у енергетском погледу и могу да обезбеде енергију само за неколико сати. Како би организм искористио масти из хране или масних резерви, триглицериди се прво разграђују уз помоћ ензима на глицерол и масне киселине. Триглицериди представљају један од облика масти у организму. Након оброка, сав вишак енергије се претвара у триглицериде и депонује у масно ткиво. Наиме, повишен ниво триглицерида јавља се код повећаног уноса храном, оштећења функција јетре и стреса. У топлотном стресу изостаје мобилизација липида из масног ткива, што је запажено код више врста животиња (свиња, Hall et al., 1980; глодара, Torlinska et al., 1987; живине, Vobek et al., 1997 и преживара, Itoh et al., 1998), што указује на то да је оксидација масних киселина смањена у топлотном стресу, што потврђују и налази код атлетичара у топлотном стресу (Febbraio, 2001). У хипертермији оксидација глукозе је повољнија и пре се одвија од мобилизације и оксидације масних киселина (Horvat, 2012). Wheelock et al. (2010) закључују да смањење мобилизације триглицерида из масног ткива у топлотном стресу омогућава повећање искористљивости глукозе као и повећање синтезе глукозе у јетри процесима глуконеогенезе. Снижавање концентрације триглицерида у крви нарочито је изражено код крава које после партуса оболевају од кетозе, као и код јединки код којих је у већем

степену изражена masna инфилтрација и дегенерација ћелија јетре (Ђoković et al., 2007). Већим делом је висок ниво триглицерида повезан са порастом LDL холестерола и смањењем HDL холестерола. Најчешће се уз триглицериде, холестерол, HDL холестерол и LDL холестерол одређују у склопу тзв. липидног профила. Холестерол је непходан саставни део организма, потребан за нормално функционисање сваке ћелије. Структурни је елемент свих ћелијских и интраћелијских мембрана, а у одређеним органима има и посебне, специфичне улоге као што су: синтеза холних киселина у хепатоцитима, синтеза стероидних хормона у кори надбубрежних и полних жлезда, транспорт липосолубилних витамина. Пошто је као и остали липиди нерастворљив у води, у крви се холестерол транспортује тако што се веже за протеине градећи липопротеине. Постоји више врста ових липопротеина. Подељени су према густини на: VLDL (Very Low Density Lipoprotein), липопротеини врло мале густине; LDL (Low Density Lipoprotein), липопротеини мале густине; HDL (High Density Lipoprotein), липопротеини велике густине. Његова концентрација у крви је уско повезана са метаболизмом масти у организму, а зависи и од низа других фактора: пре свега, начина исхране, наслеђа, хормона, функције и интегритета виталних органа попут јетре и бубрега. Од укупног холестерола у серуму око 20% отпада на HDL холестерол који има протективну улогу. Што су више вредности HDL холестерола, то је боље, јер овај холестерол "чисти" крвне судове. Са друге стране, повишене вредности LDL холестерола или "лошег холестерола" обично су повезане са неправилном исхраном и стресом. Пошто се холестерол синтетише у јетри, свако акутно инфламаторно, као и дегенеративно обољење јетре доводи до снижавања концентрације холестерола у крви (Јovanović et al., 1993). Топлотни стрес доводи до смањења концентрације холестерола, па је и забележено значајно опадање концентрације холестерола код преживара са повећањем температуре животне средине (Shaffer et al., 1981; Marai et al., 1995; Habeeb et al., 1996).

Као показатељи протеинског статуса користе се концентрација урее, креатинина, укупних протеина, албумина, глобулина као и активност ензима креатин киназе. Протеини крви се мењају у различитим физиолошким и патолошким стањима и на основу тих промена оцењује се метаболички статус животиња и дијагностикују поједина обољења (Horvat, 2012). Уреа представља једињење преко кога организам одстрањује штетно дејство амонијака ослобођеног катаболизмом аминокиселина. Концентрација урее у крви је добар показатељ биланса азота и поуздан показатељ екскреторне функције бубрега и синтетске функције јетре. На концентрацију урее највећи утицај има исхрана. Повећање концентрације урее у крви је знак суфицита протеина у храни и дефицита у енергији. Такође, начин држања може да утиче на концентрацију урее у крви. Peterson and Waldern (1981) су установили да су вредности урее више код пашног, него код стајског начина држања крва. О сезонским варијацијама концентрације урее у крви истраживали су многи аутори (Peterson and Waldern, 1981; Koubkova et al., 2002; Rasooli et al., 2004). Сви се слажу да је концентрација урее у крви виша лети него зими, вероватно због утицаја пашне исхране лети али и утицаја повишене амбијенталне температуре која доводи до губитка екстрацелуларне течности услед изложености топлоти. Рад бубрега се прати помоћу концентрације креатинина. Креатинин настаје од креатина који је од великог значаја за продукцију енергије у мишићима. Креатинин је метаболички производ који мора да се излучи, а његова количина не зависи од исхране већ од мишићне масе. Концентрација креатинина у крви се повећава због смањене филтрације у гломерулима и због повећаног ослобађања из мишића. Креатинин показује степен разградње протеина у

мишићима и његова се концентрација повећава највише после партуса (Cincović, 2016). Ензим креатин киназа (СК) се користи за дијагностику и праћење миопатија и оштећења мишића. Fang et al. (2007) пријављују повећање нивоа ензима креатинин киназе у крви код млечних крава које су претрпеле топлотни стрес. При топлотном стресу услед недовољне исхране лоше је снабдевање мишића енергијом што узрокује повећање СК у крви. Активност СК је осетљива на стрес који узрокује снажна физичка активност (Kannan i sar., 2000). Укупни протеини су тест којим се одређује количина свих протеина у серуму/плазми. Укупни протеини се користе као помоћ у дијагностици низа обољења укључујући и обољења јетре, обољења бубрега, метаболичка обољења као и за процену нутритивног статуса. Две најбројније класе протеина у крви су албумин и глобулини. Албумин је количински најзаступљенији протеин у крви. Синтетише се у јетри и има вишеструку улогу у организму. Албумин се користи као помоћ у дијагностици обољења јетре и обољења бубрега, као и за процену нутритивног статуса. Глобулини имају веома важну улогу у функционисању јетре, згрушавању крви и борби против различитих инфекција. Метаболички профил који указује на негативан метаболизам протеина говори у прилог смањеном уносу хране и повећаној глуконеогенези, као и смањеном капацитету јетре да произведе протеине. Због тога је код крава у раној лактацији концентрација протеина, албумина и урее значајно нижа у односу на осму недељу лактације (Cincović, 2016). Salem et al. (1998) код оваца и Rasooli et al. (2004) код крава су у току летње сезоне установили значајно веће концентрације укупних протеина него у зимском периоду, при чему су установили и значајно веће концентрације албумина у серуму. До сличних резултата су дошли El- Nouti and Hasan (1983), Koubkova et al. (2002) и Ferreira et al. (2009). Ови аутори су установили да температура околине има значајну позитивну корелацију са концентрацијом укупних протеина у серуму. Повећање концентрације протеина у серуму указује на губитак екстрацелуларне течности услед изложености топлотном стресу (Horvat, 2012). Уколико деловање високе спољашње температуре траје дуже услед промена у метаболизму, због смањеног уноса хране и појачаног катаболизма протеина, долази до смањења укупних протеина и непротеинског азота у серуму свеже отелених крава (Brouček et al., 1985). Недостатком протеина у храни (сварљивог азота) најпре се смањује концентрација албумина у крви. Koubkova et al. (2002) су установили пад концентрације укупних протеина код крава у условима високе амбијенталне температуре које су расхлађиване помоћу вентилатора и прскалица.

Минерали су хемијски елементи есенцијални за нормално функционисање сваког организма. Потребна количина минералних елемената у храни за животиње је врло мала, али је обавезна њихова правилна и довољна снабдевеност за нормално функционисање организма. Удео појединих минерала у телу животиње врло је различит па су стога различите и потребе у храни за одређеним минералима. Калцијум и фосфор у организму животиња имају важне физиолошке функције. Калцијум учествује у стабилизацији неких ензима, активирању бројних ензимских система, преношењу нервних надражаја, контракцији мишића, нормалном раду срчаног мишића, коагулацији крви и одржавању ацидо базне равнотеже. Поред улоге у формирању костију, фосфор је значајан за метаболизам угљених хидрата и масти. У промету енергије фосфор има најважнију улогу. Саставни је део фосфопротеина, фосфолипида, нуклеинских киселина фосфатаза, ADP и ADT. Калцијум, фосфор и витамин D имају одређене међуодnose и испреплетане физиолошке и метаболичке улоге, па се проучавају заједно (Stojković, 2013). Као оптималан однос калцијума и фосфора узима се однос 2:1, који постоји у костима. Код

непреживара је више изражен недостатак калцијума, док је код преживара чешћи недостатак фосфора. Магнезијум у костима везан је за калцијум и фосфор, док је део везан за протеине (Stojković, 2013). Магнезијум је есенцијални елемент који у организму има вишеструке улоге. Магнезијум је есенцијалан за продукцију енергије у ћелијама, за нормалну функцију костију, нерава и мишића. Физиолошке вредности поменутих минерала варирају у зависности од исхране, годишњег доба, гравидитета и лактације, као и од старости грла, што закључују и многи аутори. О утицају годишњег доба на вредности Са, Р и Mg истраживали су Bostedt et al. (1979) код говеда и Nazifi et al. (2003) код оваца, при чему су установили ниже вредности ових минерала у летњем у односу на зимски период, што аутори закључују да је последица могућег смањеног уноса хране повезаног са топлотним стресом. Насупрот овоме, More et al. (1980) су утврдили веће концентрације ових минерала код оваца у условима топлотног стреса. Веће концентрације калцијума, неорганског фосфора и магнезијума вероватно су резултат веће потрошње хране.

Показатељи функционалног стања јетре су концентрација укупног билирубина и активности ензима у крви. Одређивање концентрације укупног билирубина у крвном серуму је значајан тест за испитивање функционалног стања јетре. Од укупног билирубина у крви 75% отпада на индиректни (слободни) и 25% на директни (везани) билирубин. И директни и индиректни билирубин се користе као помоћ у дијагностици и праћењу обољења јетре. Између нивоа билирубина у крви и различитих патолошких стања у јетри утврђене су корелативне везе (Krdžalić et al., 1982), тако да одређивање билирубинемije представља значајан параметар у оцени метаболичког профила. Незнатан број аутора се бавио питањем концентрације укупног билирубина код животиња у условима топлотног стреса, што свакако не умањује његов значај у таквим условима. Већина студија показује да се активности серумских трансминаза мењају са променом температуре околине. Аспартат аминотрансфераза (AST) се користи за дијагностику и праћење болести јетре, нарочито оштећења ћелија јетре (хепатоцита). Промене активности аспартат аминотрансфераза (AST) изнад референтних вредности могу указати на одређене болести. Заједно са AST може се одређивати и аланин аминотрансфераза (ALT), алкална фосфатаза (ALP), гамаглутамил трансфераза (GGT) и лактат дехидрогеназа (LDH). Аланин аминотрансфераза (ALT) је ензим који припада групи аминотрансфераза, а његова улога је значајна у метаболизму аминокиселина. Као индикатор обољења паренхима јетре служе повећане активности ALT у крвном серуму. На основу односа ALT и AST може се посумњати на одређено оштећење јетре или других органа. ALT и AST су добри показатељи недостатка протеина у серуму који је резултат промена функција у одређеним органима. У јетри AST, ALT и GGT показују високу активност и најчешће се одређују ако постоји сумња на акутну и хроничну болест јетре. Одређивање активности AST и GGT код млечних крава најчешће је повезано са синдромом масне јетре. LDH и GGT су такође уобичајени индикатори за дијагнозу обољења јетре (Stojević et al., 2008). Флукуација вредности AST, ALT, ALP, GGT и LDH код оваца може указивати на интензивирање метаболичких процеса, односно метаболичке поремећаје (Hrkovic-Porobija et al., 2017). Према литературним подацима, активност ензима у крви је у условима топлотног стреса значајно повећана, као и концентрација билирубина (More et al., 1980; Kataria et al., 1991; Srikandakumar et al., 2003; Banerjee et al., 2015; Badakhshan and Mirmahmoudi, 2016; Rathwa et al., 2017), а разлог овоме може бити штетни ефекат топлотног стреса на активност јетре. Повећање концентрације или активности ових показатеља не мора значити негативну функцију јетре, већ да се у јетри догађа неки неспецифични процес, болест или повреда.

Добијене вредности се из тог разлога тумаче заједно с концентрацијом холестерола и NEFA у крви животиња. Концентрација NEFA у крви утиче на повећану концентрацију кетонских тела и масти у јетри. Ако се маст задржи у јетри изазива замашћење, односно масну инфилтрацију и уз помоћ протеина ствара липопротеине мале густине (LDL) који се излучују из јетре. Мерењем концентрације холестерола може се проценити количина произведеног LDL-а и сама способност јетре за његову производњу. Активност ових ензима као и укупног билирубина зависи и од физиолошког стања животиње.

Хормони важни у процесу адаптације на топлотни стрес су: кортизол, тријодтиронин Т3, тетрајодтиронин или тироксин Т4 и инсулин. Глукокортикоиди су важни у регулацији свих аспеката метаболизма. Ослобађање глукокортикоида, посебно кортизола, је најистакнутији одговор животиње на стресне ситуације. Кортизол делује на метаболизам масти, угљених хидрата и протеина у организму животиње. На метаболизам протеина делује тако што стимулише катаболитичке процесе и повећава ниво аминокиселина у крви. Високе дозе кортизола у крви изазивају и повећање нивоа глукозе у крви, јер спречава везивање инсулина за ћелије и самим тим транспорт глукозе. На метаболизам масти, кортизол делује липолитички. Reid and Mills (1962) и Fell et al. (1985) су открили да постоји значајно повећање концентрације кортизола у плазми код оваца као одговор на стресне ситуације као што је транспорт. Лучење кортизола такође стимулише физиолошка прилагођавања која помажу животињи да толерише стрес изазван врућим окружењем (Christison and Johnson, 1972). Под јаким топлотним стресом који је узроковао пораст дубоке телесне температуре за 2,4 °C, откривено је да се крв у надбубрежним жлездама повећала, што вероватно одражава повећану метаболичку активност жлезде за повећање производње катехоламина и/или кортикостероида у таквим условима (Hales, 1973). Међутим, почетни пораст концентрације кортизола као одговор на топлотно оптерећење може бити резултат реакције на стрес, која није специфична само за излагање топлоти (Christison and Johnson, 1972). Kamal et al. (1989) су утврдили да се нивои кортизола смањују код полигастричних врста изложених високој температури. Друге студије су показале да се ниво хормона кортизола значајно повећава на високој температури околине (Yousef et al., 1997). Marai et al. (2009) потврдили су да је ниво кортизола у крвној плазми Осими x Сафолк овнова у Египту био значајно виши ($P < 0,05$) лети него у зиму и јесен. Међутим, Abdel Samee (1991) је показао да ниво хормона кортизола није у корелацији ни са температуром околине ни са индексом температуре и влажности (ТН1) код мелеза Хемпшир x Сафолк расе оваца. Код Беетал коза, ниво кортизола у крвној плазми је био значајно виши током топлних и влажних него врућих и сувих услова (Koushish et al., 1997). Lowe et al. (2002) су известили да су јагњад Ромни марш мелеза подвргнута контролисаним условима животне средине показала да су концентрације кортизола у плазми порасле код јагњади под топлотним стресом након што је ректална температура достигла приближно 40,7 °C. Катехоламини у плазми су били повишени само код јагњади када је ректална температура била већа од 40 °C. Студије на говедима су откриле да иако се кортизол у плазми повећава током краткотрајног излагања топлоти, дуготрајно излагање топлоти узрокује смањење нивоа и концентрације кортизола у плазми (Yousef, 1979). Yousef and Johnson (1967) су сугерисали да су смањене концентрације глукокортикоида у плазми које се јављају током аклиматизације на топлоту, користан регулаторни механизам за смањење производње топлоте животиње. Даља истраживања морају бити обављена како би се утврдили механизми помоћу којих је кортизол укључен током прекомерног топлотног оптерећења код оваца.

Штитна жлезда је важна за метаболичку регулацију и једна од примарних детерминанти базалног метаболизма (Collins and Veiner, 1968). Хормони штитне жлезде су од највеће важности у процесу прилагођавања топлоти, омогућавајући прилагођавање брзине метаболизма у корист биланса топлоте тела (Pereira et al., 2008). Одређени фактори физичког стреса имају тенденцију да инхибирају лучење штитне жлезде. Утврђено је да топлотни стрес ремети хипоталамус-хипофизну осовину и смањује производњу хормона који стимулише штитну жлезду, узрокујући нижу производњу метаболичких хормона као што су Т3 и Т4 код оваца што представља метаболичку адаптацију за контролу производње топлоте током стања топлотног стреса (Sejian et al., 2010a; E-Silva et al., 2016). Конкретно, излагање оваца екстремно високим температурама доводи до смањења лучења штитне жлезде, а активност штитне жлезде је смањена (Hoersch et al., 1961; Collins and Veiner, 1968; Hafez, 1968). Смањење активности штитне жлезде при излагању оваца и говеда високим температурама потврђују и други аутори (Collins and Veiner, 1968). Смањење активности штитне жлезде у врућим условима игра улогу у одржавању топлотне равнотеже тако што доводи до смањења брзине метаболизма, а самим тим и топлотне енергије. Хормони штитне жлезде тријодтиронин (Т3) и тироксин (Т4) повећавају метаболичку активност већине ткива, повећавајући брзину потрошње кисеоника и производњу топлоте у ћелијама тела. Животиње изложене условима топлотног стреса могу смањити производњу ових хормона када се температура ваздуха нагло повећа (Todini et al., 2007). Тироидни хормони стога утичу на термогенезу, а варијације у секрецији ових хормона могу се сматрати физиолошким начином адаптације животне средине. Генерално, животиње изложене високим температурама треба да смање активност штитне жлезде и, последично, брзину метаболизма и ендогену производњу топлоте. Међутим, ово смањење метаболичких процеса може утицати на продуктивне перформансе, као што су раст и тов (West, 2003). Смањена активност тиреоидне жлезде указује на одговор организма у процесу прилагођавања на амбијенталне услове, док повишена концентрација кортизола у крви указује на снажно стресогено деловање топлотног стреса (Horvat, 2012). Дакле, на основу изнетих чињеница, може се закључити да животиње са повишеном концентрацијом кортизола у крви се налазе под снажним утицајем топлотног стреса ако истовремено имају и смањену активност штитне жлезде. Међутим, студије су откриле да излагање високом топлотном оптерећењу треба да буде најмање три дана пре него што дође до значајног смањења активности штитне жлезде (Yousef and Johnson, 1965). Потребне су даље студије како би се истражило деловање тиреоидних хормона током топлотног стреса код оваца.

У условима топлотног стреса, један од најважнијих метаболичких хормона у регулацији енергетског метаболизма јесте инсулин. Инсулин је хормон који се синтетише у панкреасу и који је један од главних регулатора концентрације глукозе у крвотоку. Основна улога инсулина је да снижава ниво шећера у крви. Ниво инсулина се повећава као одговор на топлотни стрес, производећи хиперинсулинемију (Baumgard and Rhoads, 2013). Хиперинсулинемија изазвана топлотним стресом помаже у одржавању телесне масе, телесне кондиције и барем минималног прираста, јер чак и када је унос хране смањен, инсулин спречава коришћење телесних резерви (Morigny et al., 2016). Преживари изложени високим температурама имају повећано лучење базалног инсулина и инсулинску осетљивост целог тела, а обе варијабле вероватно спречавају мобилизацију масног ткива и повећавају липогенезу (Baumgard and Rhoads, 2007). Инсулинска резистенција је метаболичко стање које укључује повишени ниво инсулина у крви и

ћелијску отпорност на инсулин. Отпорност на инсулин је присутна када ћелије у телу не реагују правилно на овај хормон. Методе за мерење инсулинске резистенције могу се поделити на: директне (хиперинсулинемијски еугликемијски кламп, златни стандард), индиректне (интравенски глукоза толеранс тест) и сурогат методе (индекси добијени из базалне концентрације инсулина, глукозе, NEFA и BHB - HOMA, QUICKI, RQUICKI i RQUICKI_{BHB}). Повезаност базалног и динамичког одговора NEFA, BHB, инсулина, глукозе и неорганичног фосфора значајно је детерминисана вредностима RQUICKI_{BHB} индекса код крва у кетози. RQUICKI индекс инсулинске резистенције значајно је детерминисан вредностима NEFA у раној лактацији и вредностима инсулина и глукозе у периоду засушења (De Koster and Opsomer, 2013). Незнатан број аутора се бавио механизмима инсулинске резистенције код животиња у условима топлотног стреса. Извођење таквих студија пружило би увид у инсулински одговор различитих метаболичких путева у различитим ткивима осетљивим на инсулин и могло би помоћи да се идентификује основна патогенеза инсулинске резистенције.

На основу доступне литературе, овце користе неколико адаптивних механизма за одржавање хомеостазе кроз бихејвиоралне, физиолошке, морфолошке, генетске, метаболичке и ендокрине процесе како би се избориле са постојећим климатским условима. Претпоставља се да топлотни стрес доводи до промена у вредностима различитих параметара биохемије крви. Међутим ови одговори још увек нису довољно истражени и разјашњени код оваца.

2.6. Стратегије управљања за сузбијање топлотног стреса код оваца

Топлотни стрес може имати негативан утицај на овчарску производњу, стварајући бројне проблеме и онемогућавајући нормално функционисање оваца. Међутим, претње које топлотни стрес представља могу се ублажити правилним поступцима управљања на фарми, научним планирањем и извршењем. Значајно повећање продуктивности оваца прилагођавањем различитих стратегија управљања укључујући смештај и управљање животињама и праћење климе може повећати производни капацитет стада, па се стога од оваца може очекивати бољи учинак у смислу производње меса, вуне, млека и броја потомака (Sejian et al., 2017). Истовремено су потребни и напори да се идентификују најприкладније стратегије за одређену локацију и други фактори који утичу на генетске вредности животиња (Kosgey and Okeyo, 2007). Стратегије управљања се могу категоризовати као: управљање смештајем, модификације исхране, генетика и узгој и здравствени менаџмент (Графикон 2).



Графикон 2. Стратегије управљања за побољшање производње оваца у топлотном стресу

Основни принцип сваког смештаја за животиње је да промени микроклиму и обезбеди идеално окружење за исказивање нормалног понашања животиње. Смештај мора смањити количину стреса током неповољних услова животне средине и обезбедити погодно окружење за животиње да живе и оптимално производе. У оквиру управљања смештајем, тип склоништа, доступност сенке, вентилација и доступност светлости унутар штале се сматрају главним факторима који утичу на продуктивност животиње. У временима топлотног стреса током лета, доступност воде и сенке око штале су кључни фактори (Sejian et al., 2017). Боља вентилација унутар штале уклања влагу, лош мирис и одржава под сувим (Hassanin et al., 1996). Висока температура и релативна влажност су главни фактори који утичу на производњу оваца. Због тога, дизајн смештаја мора узети у обзир све кардиналне временске параметре како би се пројектовао најприкладнији смештај за овце. Даље, трошкови повезани са смештајем за животиње треба да буду минимални, укључујући домаће доступне материјале да би фармери лако усвојили такав образац изградње. Како смештај за животиње у већој мери утиче на продуктивност животиња, његов одговарајући дизајн је предуслов за обезбеђивање оптималне производње на фармама оваца. Доступни су различити дизајни смештаја, а избори зависе од расе, локалних временских услова, доступности материјала за смештај итд. Такође су потребни напори да се обезбеде идеални захтеви за шталама који се састоје од одговарајуће вентилације, сенке, дренаже и осветљења у њима, како би се обезбедила оптимална производња на фармама оваца. Изградња штала које су отворене на оба краја корисна је за одвођење топлоте и хлађење штале за животиње. Сенку од директног сунчевог зрачења могу да обезбеде дрвеће или надстрешница од сламе, сламнати кров и други локално

доступни расхладни материјали. Увек је очигледно да је животињама које се држе напољу током лета удобно под сенком дрвећа током најтоплијих сати у току дана (Buffington et al., 1983). Из тог разлога засађивање дрвећа је неопходно, и то не само да би се обезбедила сенка и храна у смислу сече дрвећа, већ и да послужи као најбоља опција за преокретање негативног утицаја климатских промена (Gowane et al., 2017). Тип смештаја за обезбеђивање добробити оваца је важнији у екстензивним и полуинтензивним производним системима у поређењу са интензивним системима, пошто су ови производни системи под већим утицајем климатског чинилаца (Nardone et al., 2010). Систем смештаја утиче на унос хране, брзину раста и понашање јагњади у периоду после одлучивања (Villeneuve et al., 2009). За различите производне системе потребни су различити дизајни у зависности од специфичних потреба таквих система узгоја. Дизајн конструкције и материјали који се користе за овчарник треба да буду одабрани на такав начин да ове структуре трају довољно дуго и да приме неколико стада како би се обезбедио оптималан економски повраћај са ових фарми на дужи рок. Приликом разматрања материјала пода, простирка треба да буде сува и добро дренирана. Осветљење и вентилација су два фактора која у великој мери утичу на производне параметре. Отворени зидови су пожељнији од свих бочних затворених зидова како би се обезбедила одговарајућа вентилација за животиње. Такође треба предвидети изолационе торове приликом пројектовања објекта за овце, за смештај оболелих животиња у карантин далеко од главног стада (Sejian et al., 2017). Различити типови штала су углавном категорисани као отворени, полуотворени и затворени тип. Смештај за овце треба да буде изграђен у складу са агроеколошким условима датог подручја. У брдским пределима, штала треба да буде изграђена са подигнутим подовима како би се заштитила од јаке кише. У влажним подручјима на средњој надморској висини, пожељни су подови са прорезима, док се у сушнијим подручјима преферира земљани или бетонски под. У низијама се номадска стада узгајају на отвореним површинама при чему дрвеће пружа заштиту од директног сунчевог зрачења. Ноћу се грла чувају у ограђеном простору (Sejian et al., 2017). Прави изазов за истраживаче из ове области је да у наредним годинама идентификују одговарајуће мере за карактеризацију климе специфичне за дати регион и да се обезбеди одговарајућа микроклима за овце како би нормално живеle и оптимално производиле (Naas and Moura, 2006).

Главни циљ узгоја оваца је задовољавање растуће потражње за овчијим месом, вуном, млеком и другим нуспроизводима. Главни производни параметар код оваца је репродукција и то је биолошки скуп процес који укључује огромну потражњу за енергијом. Дакле, да би се обезбедило редовно јагњење, овцама треба обезбедити правилну и уравнотежену исхрану (Sejian et al., 2017). Драстичан пораст животињске популације у комбинацији са климатским променама у последње две деценије довео је до честе несташице хране. Овце често зависе од некавалитетних жетвених остатака за своју исхрану у тропским регионима, што најчешће није довољно да подмири хранидбне потребе стада, што резултује ниском производњом (Nakqvi et al., 2013). Мало је интервенција у исхрани које спровести да би се одржала производња оваца у измењеним климатским условима. Специфични захтеви за хранљивим материјама се генерално разликују у условима термонеутралног и топлотног стреса код оваца. Повећано конзумирање хране код оваца може се постићи повећањем учесталости храњења и стављањем хране у хладовину. За ефикасно сузбијање утицаја жарких лета на производњу сточне хране могу се користити поступци силирања. Храњење са малом количином

vlakana и високим садржајем протеина је корисна када је исхрана уравнотежена (Bunting et al., 1987). Развој нових нутритивних технологија може понудити посебне предности у топлијим срединама (Duske et al., 2009). Закључено је да топлотни стрес негативно утиче на оксидативни статус оваца заједно са физиолошким одговорима и да се неки од ових утицаја могу ублажити суплементацијом антиоксиданса у исхрани у супранутритивним концентрацијама. Додатак у исхрани оваца витамина и минерала, посебно витамина Е и Се на супранутритивном нивоу, успешно је смањио оксидативни стрес изазван топлотом. Chauhan et al. (2014) сугеришу да су супранутритивни нивои антиоксиданата (посебно витамина Е и Се) потребни да би се ублажили негативни ефекти топлотног стреса на редокс хомеостазу код оваца. Такође, сезонско специфично храњење је један од фактора који треба узети у обзир у управљању исхраном. Интервенције у исхрани у зависности од специфичности сезоне а које укључују додатак микронутријената могу помоћи животињи да одржи производњу током деловања неповољних услова животне средине (Sejian et al., 2017). Током лета, ограничена доступност воде директно утиче на продуктивне и репродуктивне активности животиња. За оптималну сточарску производњу потребна је довољна количина воде. Током екстремних временских услова, домаће животиње у великој мери пате због недоступности воде. Климатске промене имају штетан утицај и на количину и на квалитет водних ресурса (Naqvi et al., 2015). Дакле, сточарска производња мора да претрпи многе промене да би се изборила са постојећим сушним условима. Постоје разлике између раса у погледу суочавања са недостатком воде. Животиње реагују на стање суше смањењем уноса хране, што се може одразити на смањење телесне тежине као резултат губитка и садржаја воде у телу. Недостатак воде може довести до смањене производње млека, репродуктивне неефикасности и смањене отпорности на болести (Jaber et al., 2013). Даље, овце се узгајају углавном у екстензивном систему у тропском окружењу где је вода неопходна за њихов опстанак. Због тога животиње у тропском окружењу морају да поседују супериорну способност прилагођавања да се би се носила са условима суше (Kalian De et al., 2015). Зато је веома важно ширити расе оваца које могу добро да напредују и прилагођене су сушним условима гајења (Naqvi et al., 2015).

Избору одговарајуће расе придаје се примарни значај јер је овчарство данас тржишно оријентисано. Дакле, одабир генетски супериорних раса за дату особину као што су месо, вуна, млеко и способност прилагођавања је неопходна како би се добио жељни економски ефекат (Alhidary et al., 2012). Кључна компонента адаптације је генетска способност организма да преживи у стресним условима. Генетска селекција према толеранцији на топлоту би обезбедила одрживо средство за повећање модификације храњења и/или смештаја (Friggens et al., 2017). У прегледу таквих стратегија, Gaughan et al. (2019b) предлажу да се идентификују постојеће локалне расе које су већ прилагођене производњи под стресним условима и да се гени који су одговорни за њихову прилагођеност сачувају. То омогућава да се продуктивне расе, укрштањем са аутохтоним и аклиматизованим расама, успешно гаје на тим подручјима са стресним условима (Osei-Amponsah et al., 2019). У 2050. години биће велика потражња за храном из постојећих ресурса за исхрану око 10 милијарди људи, а овце ће играти главну улогу са напредном геномском селекцијом (Gowane i sar., 2017). Код оваца важни производни критеријуми су особине раста и квалитет меса. Дакле, потребан је избор раса оваца које су високопродуктивне и такође толерантне на штетне ефекте климатских промена. Предност треба дати аутохтоним расама које су еволуирале кроз процес природне селекције праћене

напорима човека за опстанак и производњу у оштрој клими. Селективно гајење таквих раса може бити погодна опција за управљање температурним стресом. Према Nabeebu et al. (1997), морфолошке карактеристике које се преферирају за расе погодне за гајење у врућој клими су велика површина тела, заштићене очи, пигментирана кожа и очни капци, светли или бели покривач тела, способност ходања на велике удаљености, прилагођеност малом уносу воде и великом уносу соли било у воду за пиће или у сточној храни као и способност одупирања крпељима и другим штеточинама. Природна селекција је фаворизовала расе са већом толеранцијом на топлоту које су способније да се носе са топлотним варијацијама и стресом у тропским и суптропским регионима. Ове тропски прилагођене расе такође имају већи капацитет раста и размножавања током неповољних сезонских услова са лошом исхраном и већим притисцима болести и паразита од раса високих перформанси (Renaudeau et al., 2012). Производније расе оваца из климатски умерених и субумерених земаља су мање толерантне на топлоту у поређењу са аутохтоним домаћим расама (Singh, 1980). More and Sahni (1975) су упоредили овце расе Рамбује fine вуне са аутохтоним овцама расе Чокла грубље вуне на прилагођеност условима гајења са високим температурама. Показали су да су овце Рамбује расе лошије прилагођене врућим условима у поређењу са расом Чокла. Diwivedi (1976) је такође установио да производније расе оваца показују више физиолошке параметре када су се гајиле у условима са високим температуром. Karim et al. (1985) установили су разлику у одговорима на стрес између аутохтоних и укрштених оваца које су гајене током лета. Dang et al. (1998) су такође установили разлику у физиолошким одговорима између домаћих и укрштених оваца у тропском окружењу. Они су приметили бољи капацитет толеранције код аутохтоних раса на топлотни стрес у смислу физиолошке прилагодљивости. Дакле, домаће расе показују супериорну способност прилагођавања од производнијих раса у погледу физиолошких одговора. Маснорепе овце разликују се од мерино оваца јер имају грубу вуну или длакаву кожу и прилагођеније су врућој и сувој клими каква је на Блиском истоку. Студије су откриле да маснорепе овце, као што је Аваси раса, имају нижу брзину дисања и бољу терморегулацију од мерино оваца при повишеној влажности и температури (Eyal, 1963; MacFarlane, 1968a). Такође, постоји општа сагласност да су мерино овце отпорније на топлоту од европских раса (Johnson, 1971; Thwaites, 1985). Европске расе оваца су прилагођене климатски умереним регионима и имају компактна тела, кратке ноге и вратове и мале уши како би смањиле површину за одавање телесне топлоте и да огране подручје доступно за губитак топлоте из екстремитета и густу длаку за заштиту од хладноће (Gates, 1968). Студије Johnsona (1971) откриле су да су велшке планинске овце и овце Соаи расе имале већу ректалну температуру од мерино оваца у условима топлотног стреса. Стопа дисања код европских раса оваца је такође већа од мерино оваца при упоредивим температурама и влажности (Macfarlane, 1968b). Незнатан број аутора се бавио испитивањем утицаја топлотног стреса на европске расе овца, већином због умерене климе која влада у Европи. Међутим, климатске промене се увелико осећају на европском континенту, тако да је потребно испитати реакције различитих раса оваца у условима топлотног стреса на овом подручју.

Здравствено стање, као и статус болести, морају се редовно пратити. Током периода стреса, учесталост појаве болести је честа, што на крају кулминира смањењем производње код животиња. Прилагођавање рационалних приступа дијагностици болести и делу управљања унапређује здравље и продуктивност оваца. Више температуре и промене падавина, посебно промене у редоследу њиховог испољавања, могу или погодovati или

штетити развоју болести и паразитарних инвазија што доводи до промене њихове учесталости. Често штеточине и преносиоци болести захтевају специфичне климатске услове, као што су високе температуре и влажност, како би порасла њихова учесталост у популацији гајених животиња. Однос између патогена, вектора, домаћина и климе је сложен и тешко га је предвидети једноставним моделима (Kovats et al., 2001). Дакле, загревање умерених региона не значи нужно да ће се у овим регионима успоставити нове популације тропских штеточина, корова и болести. На пример, Thornton et al. (2009) су спровели истраживање које указује да климатске промене могу да модификују погодност станишта муве цеце и комараца, и да повећају број људи који су у опасности, али промена коришћења земљишта ће вероватно имати много већи утицај на будући пренос ових болести. Заједно са практичним изазовима као што су вакцинација и удаљеност у екстензивним производним системима, потребно је више интегрисаних и интердисциплинарних истраживања да би се разумели утицаји будућих климатских промена на штеточине и болести домаћих животиња (Henry et al., 2018). Стога је развој ефикасних стратегија за суочавање са новим претњама високи приоритет за прилагођавање сточарске производње. Поред тога, потребна су даља истраживања како би се утврдило које штеточине и болести ће се вероватно преселити у нове регионе због климатских промена. Иако аутохтоне расе оваца тропског и суптропског региона показују знаке еструса и размножавају се током целе године, више температуре околине праћене високом релативном влажношћу ометају сексуалну активност оваца. Слабије репродуктивне перформансе резултат су смањења телесне тежине, просечног дневног прираста и брзине раста код оваца након излагања повишеној температури (Bernabucci et al., 2010). Због тога се исхрана, здравље и појава болести морају редовно пратити. Одгајивачи оваца морају знати у каквом је стању њихово стадо у различитим фазама производње, као што су узгој подмлатка, гравидност и лактација, како би обезбедили правилну исхрану и одржали тело животиња у оптималној телесној кондицији (Maugra et al., 2010). Дакле, тежина се може сматрати најбољим показатељем за дату фазу производње. Бодовање телесне кондиције (Body Condition Scoring-BCS) је алатка која се лако користи за процену стања животиње на основу развијености мишићног и масног ткива (Sejian et al., 2010b). Најраспрострањенији BCS систем је заснован на скали од 1 до 5 и представља распон од мршавих до гојазних грла. Идеалан резултат је између 3,0 и 3,5 током различитих фаза производње код оваца (Russel, 1991). Само управљање животињама је још један важан фактор који треба узети у обзир. Начин поступања са животињом који укључује транспорт, шишање и сортирање има велики утицај на продуктивност животиња. Комуникација о климатским променама и систем раног упозоравања су две мере које могу предвидети појаву природних катастрофа и тиме помоћи у могућности минимизирања губитака и штетних ефеката (Basher, 2006; Luber and McGeehin, 2008).

Негативне последице климатских промена на производњу оваца могу се ублажити коришћењем различитих будућих стратегија које би могле отворити пут за смањење штетних ефеката ових промена. Међутим, да бисмо све претходно наведено у пракси и применили, потребно је детаљније испитати различите механизме адаптације оваца у условима топлотног стреса, пронаћи најадекватнији метод за утврђивање топлотног оптерећења и истражити повезаност ових параметара са различитим негенетским и генетским факторима, а све у условима различитих начина узгоја оваца.

3. ЦИЉЕВИ И ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА

Дефинисано је неколико циљева истраживања:

1. Утврдити и графички представити вредности ТНІ индекса у јутарњим, поподневним и вечерњим сатима за сваки дан током експерименталног периода.
2. Утврдити да ли постоји разлика у вредности ТНІ индекса када се он израчуна из података који потичу из Хидрометеоролошког завода Србије или ако потичу директно са фарме, као и у затвореном и отвореном систему узгоја.
3. Утврдити да ли топлотни стрес утиче на мере телесне развијености, телесну температуру мерену дигиталним термометром или инфрацрвеном термографијом и метаболичку адаптацију оваца.
4. Утврдити да ли старост и раса утичу на мере телесне развијености, телесну температуру мерену дигиталним термометром или инфрацрвеном термографијом и метаболичку адаптацију оваца.
5. Утврдити да ли продуктивни статус, односно лактација и гравидност утичу на мере телесне развијености, телесну температуру мерену дигиталним термометром или инфрацрвеном термографијом и метаболичку адаптацију оваца.
6. Утврдити да ли начин узгоја утиче на мере телесне развијености, телесну температуру мерену дигиталним термометром или инфрацрвеном термографијом и метаболичку адаптацију оваца.
7. Утврдити могућност процене топлотног оптерећења оваца уз примену неинвазивне методе која се изводи помоћу термовизијске камере и валидирати методу.
8. Утврдити метаболичку адаптацију оваца у функцији испитиваног периода, начина узгоја и њихове интеракције.
9. Утврдити везу између телесне температуре измерене дигиталним термометром или инфрацрвеном термографијом и биохемијских параметара крви.

Хипотезе истраживања су следеће:

1. Вредност ТНІ индекса расте током експерименталног периода, а посебно у току летњих месеци. Дневна вредност ТНІ индекса указује на топлотни стрес, док ТНІ у јутарњим и вечерњим сатима није ван термонеутралног опсега.
2. Постоји разлика између вредности ТНІ индекса када се он израчуна из података који потичу из Хидрометеоролошког завода Србије или директно са фарме. ТНІ се мења различито у зависности од система узгоја.
3. Топлотни стрес утиче на мере телесне развијености, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца, резултати ће помоћи бољем разумевању адаптације оваца на високо топлотно оптерећење.
4. Старост и раса утичу на мере телесне развијености оваца, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца.
5. Лактација и гравидност утичу на мере телесне развијености оваца, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца. Осетљивост оваца на топлотни стрес је већа током лактације него током гравидности.
6. Начин узгоја утиче на телесне мере оваца као и на телесну температуру, повећање телесне температуре је израженије код екстензивно гајених оваца. Метаболичка адаптација се разликује у зависности од начина узгоја.

7. Могуће је проценити топлотно оптерећење оваца помоћу термовизијске камере, без додатног узнемиравања животиња, уколико се одреде граничне температурне вредности измерене термовизијском камером на површини тела оваца.
8. Метаболичка адаптација оваца се разликује у функцији испитиваног периода, начина узгоја и њихове интеракције, што се може користити као важан индикатор топлотног стреса.
9. Телесна температура измерена дигиталним термометром или термовизијском камером корелира са свим испитиваним биохемијским параметрима крви, омогућавају примену инфрацрвене термографије као неинвазивне методологије за откривање промена унутар метаболизма животиња.

4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

4.1. Овце и менаџмент

Експеримент је спроведен у Србији, регион Косова и Метохије, локација Лешак (43°09'59.7"N 20°44'35.5"E, надморска висина 455 m), у априлу (Период 1), јуну (Период 2) и јулу (Период 3) 2022. године, на истој локацији на две различите фарме. Једна фарма се бави екстензивним а друга интензивним овчарством, односно пашњачким и стајским држањем оваца. Испитиване су укупно 33 случајно изабране овце. У оглед су улазиле женке старости од 2-8 година (19 оваца од 2-4, 7 од 4-6 и 7 од 6-8 година старости). Из екстензивног система узгоја одабрано је 17 оваца од укупно 110 мелеза Виртемберга и Сјеничке праменке. Са фарме за интензивни узгој изабрано је 16 од 37 оваца и то 9 расе Ил де Франс и 7 мелеза Виртемберга и Сјеничке праменке. Ил де Франс овце убрајају се међу главне расе за производњу меса у Европи због веома добрих перформанси, одличног нивоа генетске утемељености у свету и доказане способности да се прилагоде свим оплемењивачким системима и регионима са веома разноликом климом. Раса је позната по јединственом квалитету трупа, одличном прирасту, високој плодности и добрим материнским својствима. Ово је велика, снажна овца, која се природно пари и ван сезоне, што омогућава јагњење и у јесен и касно пролеће. Интервал јагњења може бити на сваких 7 - 8 месеци, чиме се добијају 3 јагњења у 2 године. Типичан примерак Ил де Франс је бела овца са руном без пигмента-беле боје. Раса је позната по својим одличним перформансама у полу-интензивним, интензивним и екстензивним условима. Просечна маса овце је 70 - 90 kg, док овнови теже око 110-150 kg. Висина гребена код оваца је 67 cm, док код овнова износи 77 cm. Облици тела су пуни, обли, широки и веома мускулозни. Грла се одлично тове, те су погодна за одгајивање у условима интензивне пољопривредне производње. Сјеничка праменка је једна од најзаступљенијих и најпознатијих домаћих раса оваца у Србији тројних производних особина. Висина гребена оваца износи око 65 cm, а овнова 70 cm. Маса тела оваца је у просеку 45 kg, а овнова 60 kg. Груди су јој доста дубоке, али је грудни кош узан. Добила је име по месту Сјеница, а називају је још и "пештерска" или "Сјеничко-пештерска" овца. Скромност у погледу исхране и неге као и велика отпорност на лоше услове гајења и болести велика су предност ове расе у односу на друге увозне племените расе, које се у последње време све више гаје код нас. Сурова клима, велика надморска висина, пространи пашњаци без довољно воде, као и оскудна зимска исхрана, створили су изузетну отпорност код ове овце, те се већином гаји у екстензивним условима. Како би се повећале товне особине и принос меса код Сјеничке праменке најчешће се укршта са Виртембергом. Раса оваца Виртемберг почела се све више увозити из Немачке у Србију током деведесетих година прошлог века. Поред гајења у чистој раси, почела је такође да се користи за укрштање са локалним популацијама. У многим научним истраживањима потврђено је мишљење да се ова раса користи само у програмима индустријског укрштања неких локалних популација у циљу повећања прираста јагњади (Ћукић et al., 2024b). Због постојања раса меснатог типа, са израженијим товним карактеристикама, а пре свега већим квалитетом јагњећих трупова и бољим физичко хемијским и сензорним својствима меса, гајење Виртембершке овце у чистој раси није од интереса. Према подацима селекцијске службе, а и новијим истраживањима маса тела одраслих оваца креће се од 70-75 kg, а овнова 100-120 kg, висина гребена код оваца просечно износи око 70 cm, а овнова 80 cm. Због изванредне грађе тела, добре производње, доброг здравља и веома добре аклиматизационе способности, ова раса је

извожена, а и данас се извози у многе земље света. Ова раса имала је посебно велики значај за унапређење овчарске производње у нашој земљи јер је, пре свега, учествовала у стварању Пиротске оплемењене овце. Осим тога, последњих година била је главни мелиоратор и многих других сојева праменке у нашој земљи при чему су постигнути врло добри резултати (Institute of Animal Husbandry, 2023). У последњих 20 година Сјеничка праменка је укрштана са увезеним овновима Виртембершке расе, тако да су на терену данас у великом проценту пристуни и гаје се мелези добијени овим укрштањем, знатно наглашених производних особина (повећана меснатост и велика количина вуне доброг квалитета).

У екстензивном узгоју овце већи део године проводе на паши, осим у периоду од децембра до марта када су у објектима. Дакле, животиње се крећу слободно по огромним просторима, мање-више прекривених травом (пашњаци од 3 до преко 7 cm висине), па се и исхрана базира искључиво на паши, док се у хладном периоду године исхрана заснива на сену и малим количинама концентрованих хранива, а напајање се врши 2-3 пута дневно. У интензивном узгоју овце су целе године у објекту, где им се доноси храна. Исхрана се базира на силажи по вољи и квалитетним концентратима у количини од 250-300 g по овци дневно, а напајање се врши по вољи аутоматским појилицама. Силажа је мешавина кукуруза и сена са 320–370 g/kg суве материје (СМ). Концентрат је на бази јечма, кукуруза, пулпе шећерне репе, сачме од уљане репице, сачме од соје, меласе и минерала са следећим хемијским карактеристикама: сува материја 860–880 g/kg, МЕ 12–13 (MJ/kg СМ), ефективни разградиви протеин бурага 112–125 (g/kg СМ) и сварљиви неразградиви протеини 31–37 (g/kg СМ). Вентилација у објекту се обавља природним путем, простор за овце је величине 60 m², по овци 1,6 m², што је у складу са стандардима који прописују 1-1,5 m² по овци (Hristov et al., 2007; Plavša, 2021). Штала је у облику једнонагибне конструкције где се цео кров спушта у једном правцу. Летња вентилација се остварује попречним струјањем ваздуха са једне бочне стране на другу, док се зимска вентилација остварује уласком и испуштањем ваздуха кроз отворе у највишем зиду. У експерименту су учествовале само здраве животиње са здравим папцима, уједначене структуре и дужине длаке и без знакова узнемиравања.

Овце су стрижене у априлу, пре првог периода огледа. Код оваца су узете основне телесне мере и то:

- Литиновим штапом:

- Висина гребена (Вертикално растојање од подлоге, иза папка предње ноге, до највише тачке на гребену (предео између 2. и 5. леђног пршљена))- (ВГ)
- Дужина трупа (Растојање од предње ивице рамено–лопатичног зглоба до задње тачке седњачне кверге)- (ДТ)
- Дубина груди (Вертикално растојање од доње ивице грудне кости до највише тачке на гребену)- (ДГ)
- Ширина груди (Растојање на најужем месту иза лопатица (мери се одозго))- (ШГ)
- Ширина карлице (Растојање између спољашњих тачака бедрених кверга) - (ШК)

- Пантљиком: обим груди (обим у грудном делу, непосредно иза лопатица) - (ОГ) и

- Сточном вагом: телесна маса (ТМ).

На основу телесне масе извршено је израчунавање површине и метаболичке величине тела формулама:

$$\text{Површина тела} = 0,0413 * \text{ТМ}^{0,5025}$$

$$\text{Метаболичка величина тела} = \text{ТМ}^{0,75}$$

Телесна маса оваца била је уједначена и износила је у просеку $59,5 \pm 2,1$ kg, нормалног телесног стања и без угојених или мршавих оваца. У првом периоду огледа било је 12 засушених оваца и 21 у лактацији, у другом периоду огледа 21 засушена и 12 у лактацији и трећем периоду 23 засушене и 11 у лактацији. Овце у лактацији не користе се за мужу, тако да нема података о производњи млека. Током три периода огледа обављена је и дијагностика gravidитета ултразвучним апаратом модел BMV FarmScan L60, при чему је у периоду 1 установљено 6 gravidних оваца, 9 у периоду 2 и 9 у периоду 3.

Фиксирање оваца је изведено помоћу ограде за фиксирање на јаслама, која обезбеђује ослонац и фиксирање главе и омогућава мирно стајање овце. Тело животиње такође треба да буде фиксирано. Глава је подигнута што омогућаје лако проналажење вене. Исти начин фиксирања спроведен је код свих огледних оваца. Електричне маказе су се користиле за бријање површине на врату у пределу вене ширине приближно 10 cm и дужине од 20 cm. Најлакши начин лоцирања вене је повлачење замишљене линије од средине ока животиње низ врат. Вена се налази притиском палцем или прстима испод половине обријаног подручја. Притисак доводи до искакања вене и њеног лаког лоцирања. Када се вена лоцира, подручје се правилно очистити и дезинфикује. Ово се постиже употребом алкохолног спреја на том подручју. Припремљено место за узимање узорака крви чисти се са три наизменична пилинга од 70% алкохола и бетадина. Телесне мере узете су дан пре узимања узорака крви. Инфрацрвено снимање, узимање узорака крви и ректална температура мерени су током једног хватања оваца. Цела процедура трајала је неколико минута по овци.

4.2. Мерење телесне температуре и индекс температуре и влажности околине

Термални комфор оваца одређен је израчунавањем индекса температуре и влажности (temperature-humidity index THI). За потребе израчунавања индекса температуре и влажности, мерене су температура и влажност ваздуха три пута дневно у три различита огледна периода, у 07:00 (THI јутро), 14:00 (THI дан) и 19:00 (THI ноћ). Индекс температуре и влажности израчунат је по стандардној формули (Lewis Baida et al., 2021), према подацима Републичког хидрометеоролошког завода Србије (РХМЗ) и подацима добијеним из метеоролошке станице (Sencor SWS 51 B). Уређај се састоји из главне јединице која се налазила у објекту и спољне јединице која се налазила ван објекта, обе на висини од 2 m од земље. Принцип рада је у томе што се измерена температура и влажност ваздуха са спољне јединице бежично преносе на главну која мери исте параметре у објекту, а вредности се приказују на екрану. На основу података из РХМЗ-а, израчунате су просечне месечне вредности THI за сваку годину у периоду 2020-2022. Метеоролошком станицом вредности THI мерене су у термонеутралном периоду 6. априла (Период 1), на почетку лета, 22. јуна (Период 2) и 8. јула (Период 3). У истим данима рађено је инфрацрвено снимање, мерење ректалне температуре и вађење крви.

Температура површине тела мерена је код свих оваца прикупљањем слика у различитим деловима топлотног прозора тела: температура очију (Eye temperature – ET), носа (Nose temperature – NT), предње ноге (Leg temperature – LT) и температура абдомена (Abdomen temperature – AT). Термографски снимци су добијени инфрацрвеном камером Testo 865 (Titisee-Neustadt, Немачка) са тачношћу од ± 2 °C стварне температуре, термичком осетљивошћу 120mK (0.12 Deg.C), инфрацрвеном резолуцијом од 160 × 120 пиксела и резолуцијом слике од 320 x 240 пиксела. Код сваке овце снимљени су термограми са коефицијентом емисивности од 0,95. Термичке слике очију и носа добијене су на удаљености од приближно 20 cm, а предње ноге и снимци абдомена на удаљености мањој од 1 m. Термовизирање је обављено у три различита експериментална периода, у временском интервалу од 12:00 – 16:00h, упоредо са вађењем крви и мерењем ректалне температуре. Ректална температура мерена је стандардним дигиталним термометром.

4.3. Узимање крви и анализа метаболичких параметара

Узорци крви сакупљани су путем пункцире југуларне вене коришћењем епрувета за одвајање серума од 10 ml. Да би се серум боље издвојио додатно је центрифугиран у трајању од 15 минута на 3000 xg. Узорци серума су затим сакупљени и стављени у бочице, замрзнути на -20 °C и лабораторијским фрижидерима транспортовани у Лабораторију за Патолофизиологију, Катедре за Ветеринарску Медицину, Пољопривредног факултета Универзитета у Новом Саду. Анализа је урађена за следеће биохемијске параметре: кортизол (CORT), тријодтиронин Т3, тетрајодтиронин или тироксин Т4, инсулин (INS), неестерификоване масне киселине (NEFA), бета-хидроксибутират (BHB), глукозу (GLU), калцијум (Ca), неоргански фосфор (P), магнезијум (Mg), укупне протеине (TPROT), албумине (ALB), глобулине (GLB), уреу, триглицериде (TGC), холестерол (CHOL), липопротеине мале густине (LDL), липопротеине велике густине (HDL), липопротеине врло мале густине (VLDL), укупни билирубин (TBIL), директни билирубин (DBIL), индиректни билирубин (IBIL), креатинин (CR), аспартат аминокиселин-трансферазу (AST), аланин аминокиселин-трансферазу (ALT), гама-глутамил трансферазу (GGT), лактат дехидрогеназу (LDH), алкалну фосфатазу (ALP) и креатин киназу (CK). За процену инсулинске осетљивости коришћен је модел процене хомеостазе (НОМА), квантитативни индекс провере инсулинске осетљивости (QUICKI), ревидирани квантитативни индекс провере инсулинске осетљивости (RQUICKI) и његова модификована верзија (RQUICKI_{BHB}). Стандардна опрема компаније Рендокс (Крумлин, Уједињено Краљевство) за NEFA и Биосистем (Барселона, Шпанија) за остале параметре коришћени су на спектрофотометру Rayto Chemray 120 (Rayto Life and Analytical Sciences, Шензен, Кина). Аутоматски имунолошки анализатор TOSOH AIA-360 (Tosoh Bioscience, Токио, Јапан) је коришћен за ендокринолошке анализе.

NEFA – Концентрација NEFA одређивана је колориметријском реакцијом која се заснива на ацилацији коензима А од стране масних киселина у присуству додане acil-CoA синтетазе као катализатора. Acil-CoA се оксидише под дејством додате acil-CoA оксидазе уз производњу водоник пероксида. Водоник пероксид у присуству пероксидазе дозвољава оксидативну кондензацију 3-methi-N-etil-N(β -hidroksietil)-anilina (MEFA) са 4-аминоантипирином, што даје љубичасту боју.

ВНВ – Одређивање ВНВ се базира на његовој оксидацији до ацетоацетата помоћу ензима 3-хидроксибутират дехидрогеназе. Истовремено са овим процесом, кофактор NAD^+ се редукује до NADH , што доводи до појаве боје.

Глукоза – Одређивање глукозе врши се после њене ензиматске оксидације у присуству глукоза-оксидазе. Добијени водоник-пероксид у овој реакцији даље реагује са 4-аминофеназоном и фенолом у присуству пероксидазе као катализатора. Добија се црвено-љубичаста боја чији се интензитет мери.

Укупни протеини – Протеини у серуму реагују са бакарним јоном и у алкалном раствору дају љубичасти бојени комплекс. Интензитет љубичасте боје је пропорционалан концентрацији протеина.

Албумини – Албумини везани за бромкрезол зелено дају интензивно зелено бојење пропорционално концентрацији албумина.

Глобулини – Добијају се као разлика укупних протеина и албумина.

Уреа – Уреа у води под дејством уреазе даје амонијум јон и угљеник-четири оксид. Амонијум јон реагује са салицилатом и хипохлоритом дајући комплекс зелене боје.

Холестерол – Холестерол се одређује после ензиматске хидролизе холестерол естера под дејством холестерол естеразе, када се добија холестерол и масне киселине. Издвојени холестерол се оксидише под дејством додате холестерол-оксидазе, када се формира водоник-пероксид. Водоник пероксид реагује са фенолом и 4-аминоантипирином под дејством пероксидазе дајући обојени квинонеимин. Сличним колориметријским методама добијају се и друге фракције холестерола као што су LDL, HDL и VLDL.

Триглицериди – Триглицериди се одређују ензиматском реакцијом. Триглицериди под дејством липаза дају глицерол и масне киселине. Добијени глицерол са АТФ-ом под утицајем глицерол киназе даје глицерол-3-фосфат, који даље оксидише под дејством додате глицерол-3-фосфат оксидазе. Продукт ове реакције је водоник пероксид који са 4-аминофеназоном и 4-хлорофенолом под дејством пероксидазе даје обојени квинонеимин.

Укупни билирубин – Билирубин везан за протеине се најпре одвоји под деловањем детерџената. Укупни билирубин реагује са 2,4-дихлороанилином у присуству хидрохлорне киселине, дајући обојени азобилирубин.

AST – AST је ензим који катализује трансфер амино-групе са L-аспартата на α -кетоглутарат, када се добија L-глутамат и оксалацетат. Оксалацетат са NADH и H^+ под дејством малат-дехидрогеназе као катализатора даје обојени L-малат и NAD^+ .

ALT – ALT је ензим који катализује трансфер амино-групе са L-аланина на α -оксоглутарат, када се добија L-глутамат и пируват. Пируват са NADH и H^+ под дејством лактат-дехидрогеназе као катализатора даје обојени L-лактат и NAD^+ .

GGT – Гама-глутамилтрансфераза је ензим који катализује реакцију између L- γ -глутамил-3-карбокси-4-нитроанилидин-а и глицилглицина, када се добија обојени 5-амино-2-нитробензоат.

ALP – Алкална фосфатаза катализује хидролизу п-нитрофенил фосфата, када се добија фосфат и п-нитрофенол, који даје бојену реакцију.

LDH - Лактат дехидрогеназа катализује реакцију редукције пирувата од стране NADH, при чему настаје лактат и NAD^+ . Каталитичка концентрација се одређује на основу степена смањења NADH који се мери на 340 nm.

СК - Креатин киназа катализује фосфорилацију ADP, у присуству креатин фосфата, при чему настаје АТФ и креатин. Каталитичка концентрација се одређује путем стопе формирања NADPH, измерене на 340 nm, помоћу хексокиназе (HK) и глукоза-6-фосфат дехидрогеназе (G6P-DH) реакцијом купловања.

Креатинин из узорка реагује са пикратом у алкалној средини при чему настаје обојени комплекс - Jaffé метод. Брзина формирања комплекса одређује се у кратком временском периоду да би се избегле интерференце.

Калцијум (Ca) – Калцијумов јон даје љубичасти комплекс са О-крезолфталеин комплексом у алкалној средини, на чему се заснива реакција.

Фосфор (P) – Неоргански фосфор реагује са амонијум молибдатом у присуству сулфуричне киселине и формира обојени фосфомолибдат комплекс, када се мери колориметријска реакција.

Магнезијум (Mg) – Магнезијумов јон реагује са ксилидин-плавим у алкалној средини и формира пурпурно црвени хелат. Треба напоменути да се калцијум из реакције искључује деловањем EGTA са којим ствара комплекс.

Инсулин, Т3, Т4, кортизол – имунофлуоресцентна TOSOH метода.

Индекси инсулинске резистенције – Испитивање инсулинске резистенције одређено је помоћу три индикатора инсулинске резистенције, а то су HOMA, QUICKI, RQUICKI и RQUICKI_{BHB}. Коришћене су следеће формуле (Guyot i sar., 2017) за израчунавање ових индикатора:

$$\text{HOMA} = \text{glukoza (mmol/L)} \times \text{insulin } (\mu\text{U/mL}) / 22,5$$

$$\text{QUICKI} = 1 / [\log(\text{glukoza mg/dL}) + \log(\text{insulin } \mu\text{U/mL})]$$

$$\text{RQUICKI} = 1 / [\log(\text{glukoza mg/dL}) + \log(\text{insulin } \mu\text{U/mL}) + \log(\text{NEFA mmol/L})]$$

$$\text{RQUICKI}_{\text{BHB}} = 1 / [\log(\text{glukoza mg/dL}) + \log(\text{insulin } \mu\text{U/mL}) + \log(\text{NEFA mmol/L}) + \log(\text{BHB mmol/L})].$$

4.4. Статистичка обрада података

Статистичком анализом одређена је варијабилност и мере централне тенденције за све телесне и метаболичке параметре оваца израчунавањем следећих параметара дескриптивне статистике:

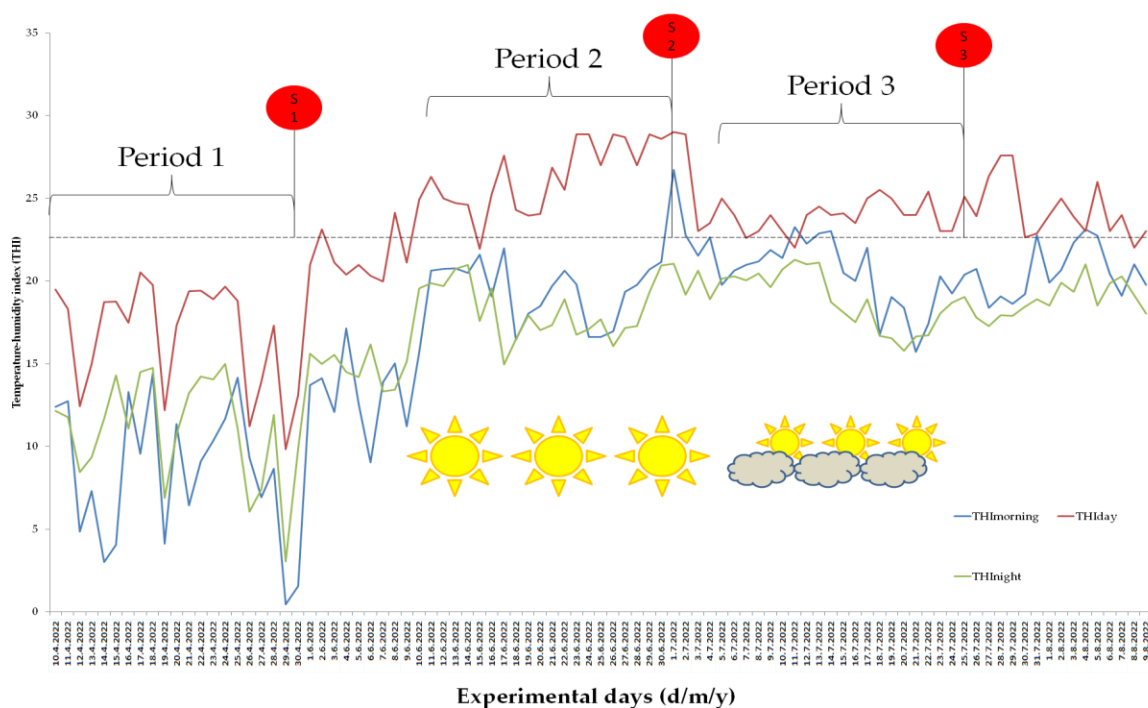
- Аритиметичка средина – \bar{X} ,
- Стандардна девијација – SD,
- Интервал варијације – мин.-макс,

Статистичка анализа је обављена применом одговарајућег GLM односно ANOVA модела како би се испитао утицај периода мерења, методе узгоја, гравидности, лактације, расе и старости на вредности испитиваних параметара. Графички су приказани главни налази током термографије ока, носа, предње ноге и абдомена у интензивном и екстензивном узгоју у сва три мерна периода. Међузависност термографије и THI индекса, као и термографије и метаболичких параметара процењена је Пирсоновим коефицијентом корелације. Коришћен је SPSS софтвер за статистику (IBM, Armonk, Њујорк, САД).

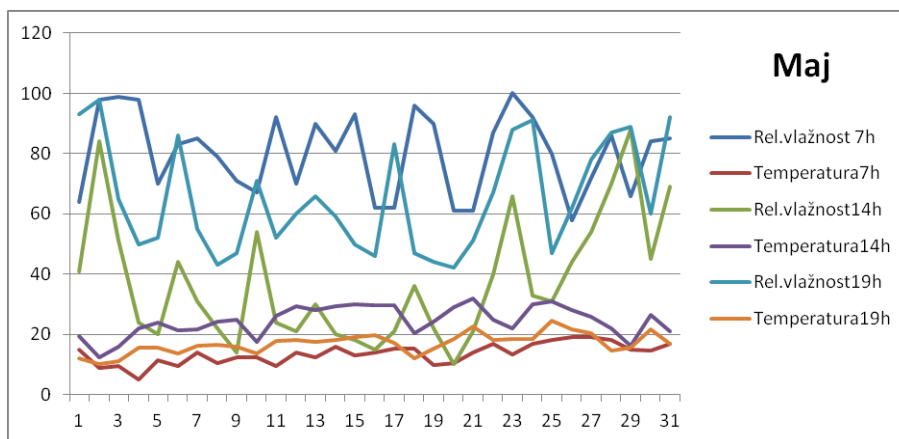
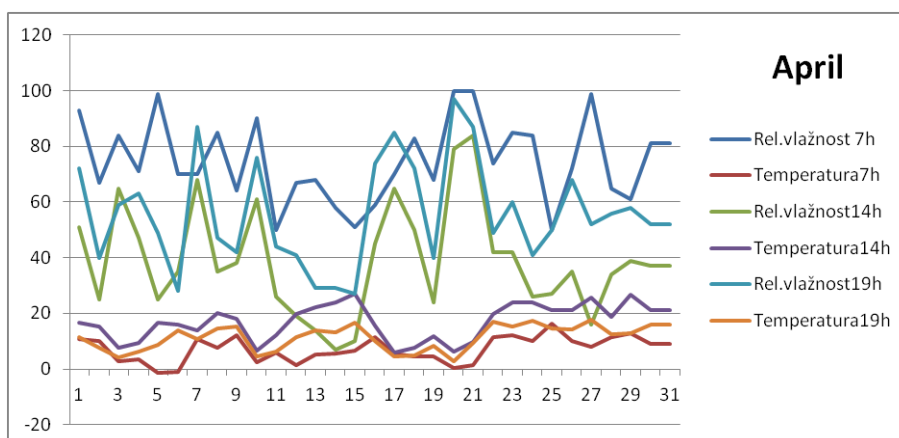
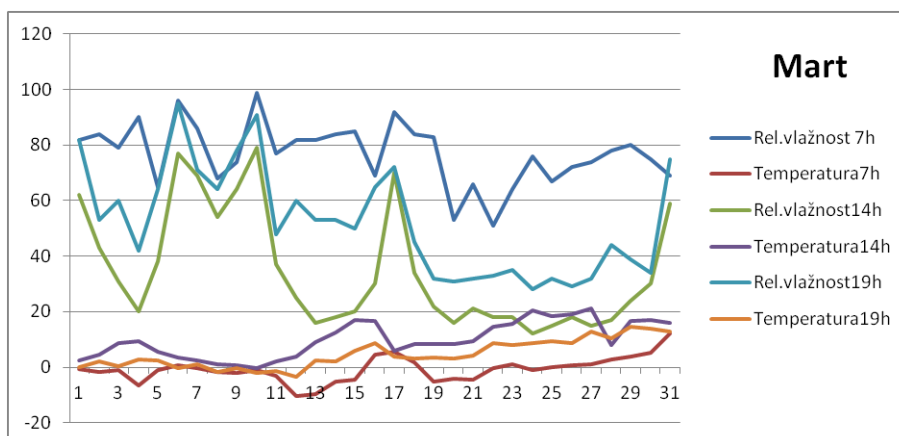
5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

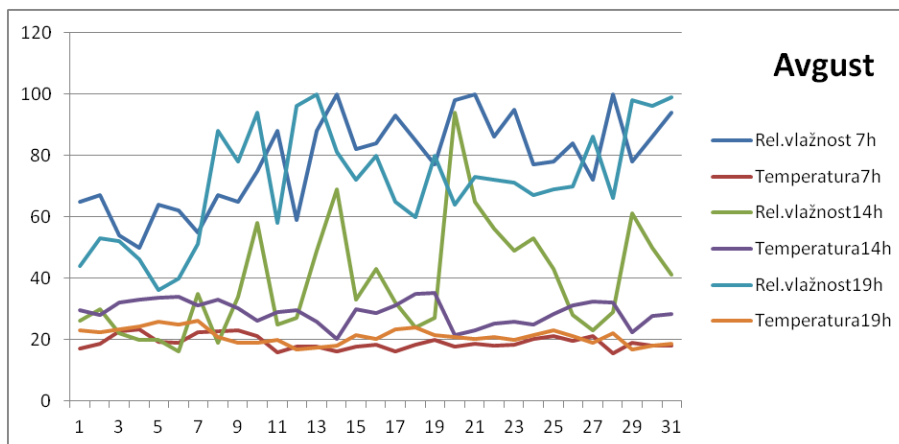
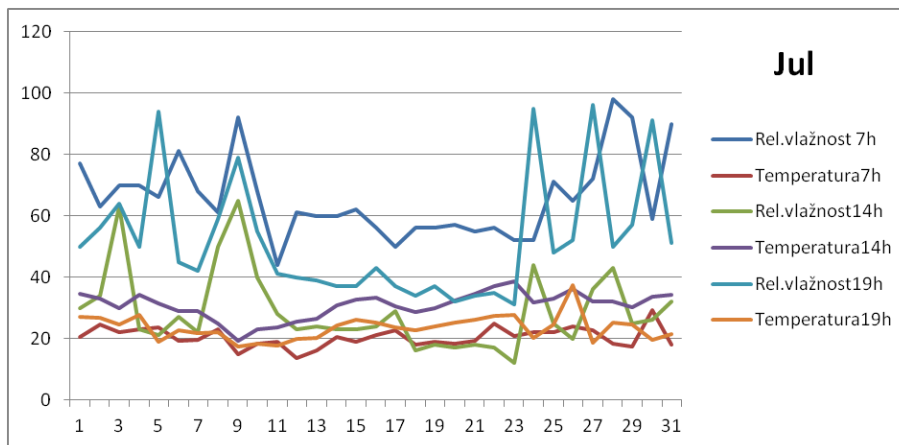
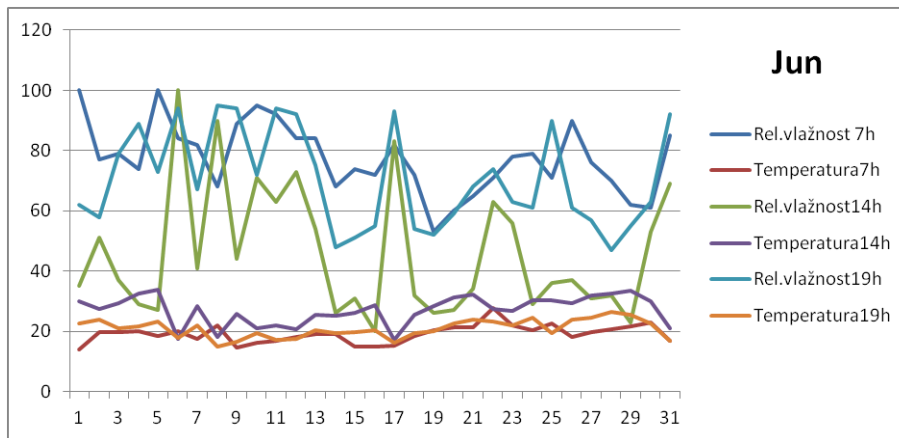
5.1. Температура и влажност ваздуха и вредности ТНІ индекса током експерименталног периода

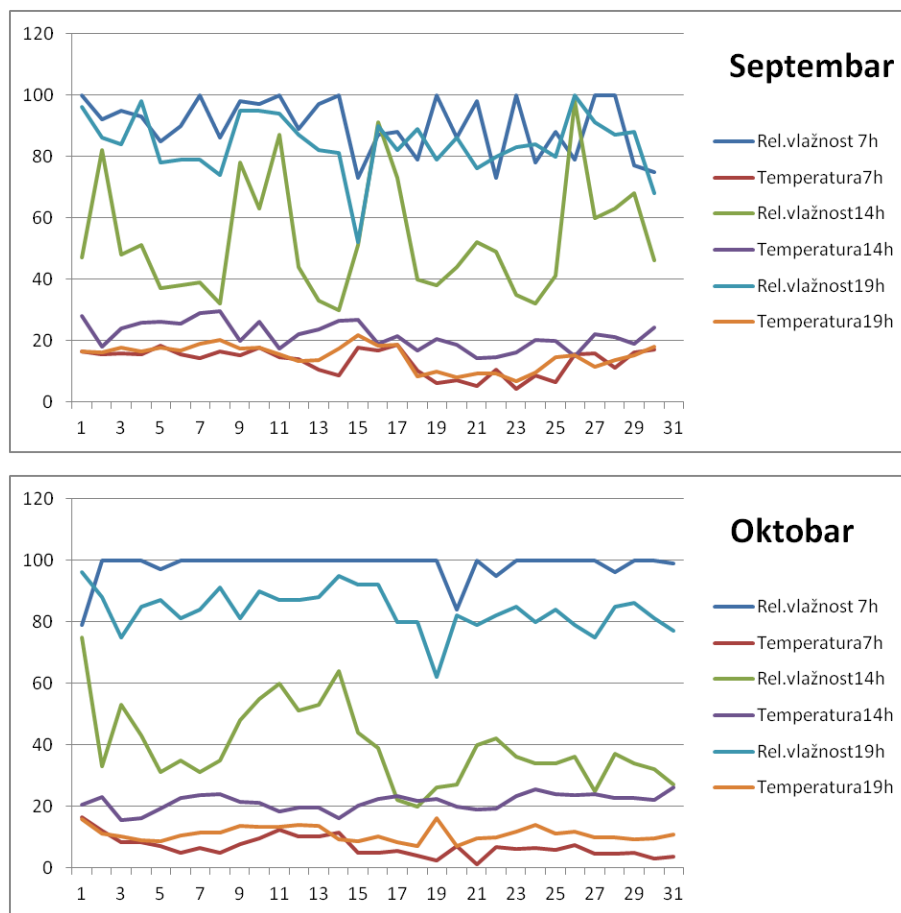
Резултати истраживања показују да је просечна вредност ТНІ измерена током дана указивала да нема топлотног стреса у периоду 1. У периоду 2, постојао је умерен до јак топлотни стрес, док је у периоду 3 постојао слаб до умерен топлотни стрес. Разлог за овакав налаз је почетак кишног периода који је смањио амбијенталну температуру у периоду 3. Просечна дневна вредност ТНІ указује на топлотни стрес, док ТНІ у вечерњим и јутарњим сатима није ван термонеутралног опсега. Када се погледа вредност ТНІ закључује се је топлотни стрес током дана постојао готово 10 дана пре вађења крви код оваца у периоду 2, док је у периоду 3 дневни ТНІ био у стресном опсегу само два дана пре вађења крви. У периоду дневног мерења (08 до 18h), овце су биле изложене топлотном стресу у трајању од 6-8 часова (60-80% времена). Вредност ТНІ се током времена мењао на идентичан начин у затвореном и отвореном систему узгоја, с тим што је у интензивном узгоју у просеку био већи за 0,22 јединице. Ова разлика не утиче на оптерећење стресом и интерпретацију топлотног стреса, па је извршена просечна презентација. Добијени резултати су приказани на графикону 3. Такође, вредности температуре и влажности ваздуха измерени у 07, 14 и 19 часова за сваки дан током огледних месеци приказани су на графиконима 4-11, где су јасно уочљиве највише вредности влажности ваздуха у вечерњим и јутарњим сатима, односно у 07 и 19 h, док је највећа дневна вредност температуре била при дневном мерењу, односно у 14 h. Приказане вредности указују на постојање топлотног стреса за месеце мај, јун, јул и август.



Графикон 3. Вредност ТНІ индекса у експерименталном периоду.







Графикон 4-11. Температура и релативна влажност ваздуха измерени у 7, 14 и 19 часова за сваки дан током осам огледних месеци.

5.2. Дескриптивна статистичка анализа за телесне и метаболичке особине оваца

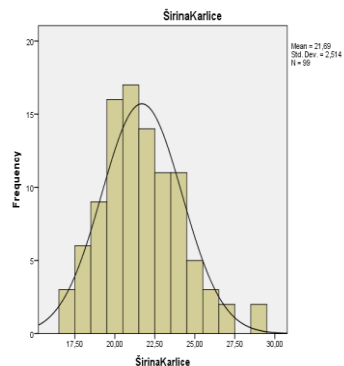
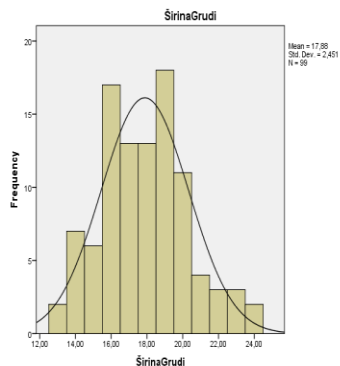
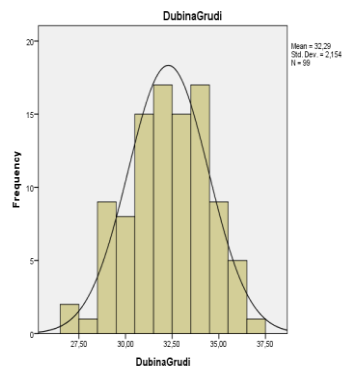
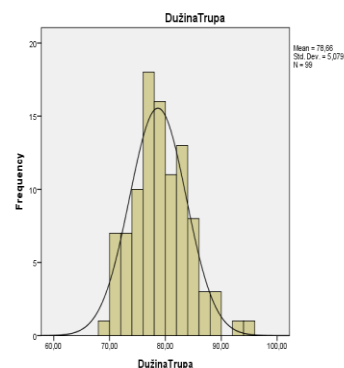
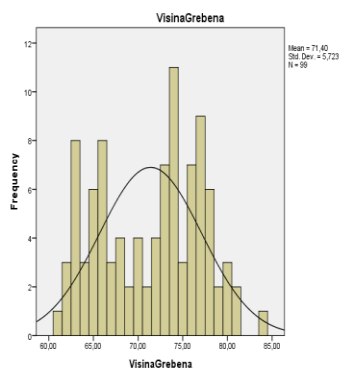
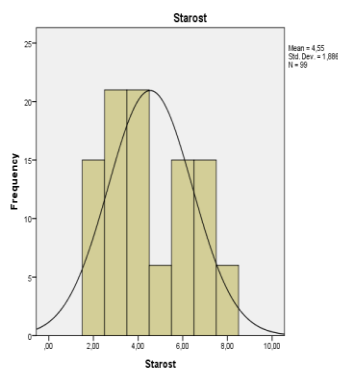
Резултати дескриптивне статистике за телесне и метаболичке особине оваца током целог огледа приказани су у табели 2. Нађене су следеће средње вредности и стандардне девијације за телесне мере: висина гребена $71,4 \pm 5,72$ cm; дужина трупа $78,65 \pm 5,08$ cm; дубина груди $32,29 \pm 2,15$ cm; ширина груди $17,88 \pm 2,45$ cm; обим груди $93,15 \pm 6,45$ cm; ширина карлице $21,69 \pm 2,51$ cm; телесна маса $61,99 \pm 10,12$ kg; површина тела $0,96 \pm 0,12$ m²; метаболичка величина тела $22,04 \pm 2,7$. Средње вредности и стандардне девијације за телесну температуру износиле су: ректална температура $39,44 \pm 0,35$ °C; температура носа $33,75 \pm 3,15$ °C; температура очију $38,42 \pm 1,43$ °C; температура предње ноге $28,05 \pm 5,92$ °C; температура абдомена $27,55 \pm 7,08$ °C. За метаболичке параметре средње вредности и стандардне девијације биле су: кортизол (CORT) $86,12 \pm 27,64$ nmol/L; тријодтиронин (T3) $0,95 \pm 0,44$ nmol/L; тироксин (T4) $30,41 \pm 10,04$ nmol/L; инсулин (INS) $264,59 \pm 41,37$ mU/L; неестерификоване масне киселине (NEFA) $0,37 \pm 0,08$ mmol/L; бета-хидроксибутират (BHB) $0,43 \pm 0,17$ mmol/L; глукоза (GLU) $2,87 \pm 0,49$ mmol/L; калцијум (Ca) $2,68 \pm 0,29$ mmol/L; неоргански фосфор (P) $1,95 \pm 0,24$ mmol/L; магнезијум (Mg) $1,23 \pm 0,1$ mmol/L; укупни протеини (TPROT) $69,42 \pm 4,3$ g/L; албумини (ALB) $36,19 \pm 4,36$ g/L; глобулини (GLB) $33,22 \pm 4,56$ g/L; уреа $4,73 \pm 0,75$ mmol/L; триглицериди (TGC) $0,12 \pm 0,04$ mmol/L; холестерол

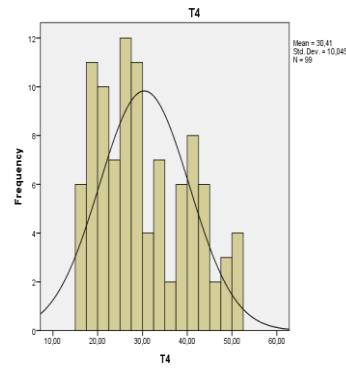
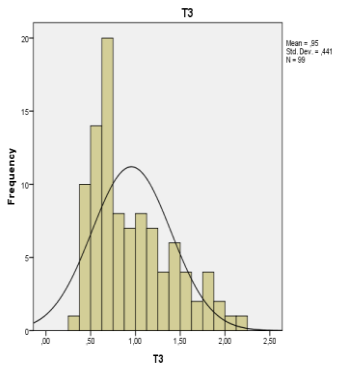
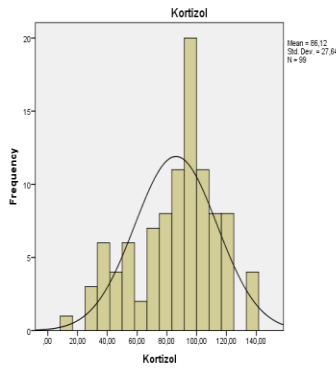
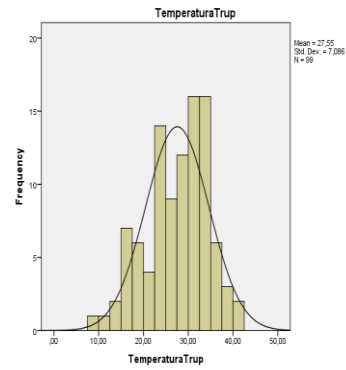
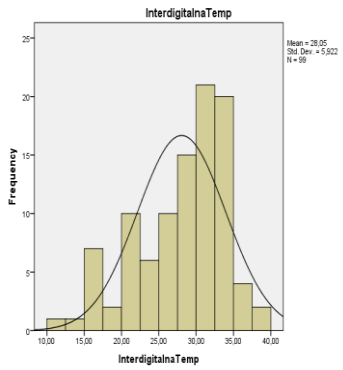
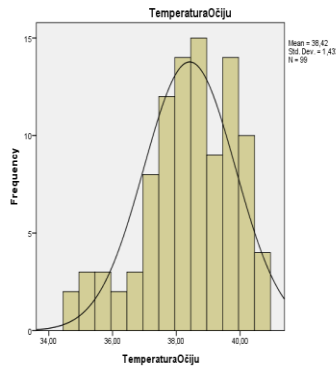
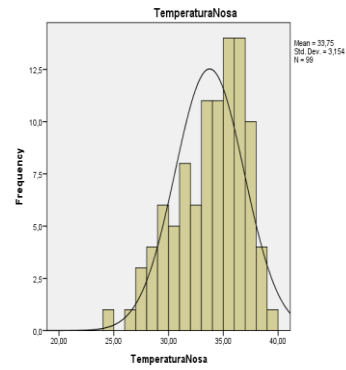
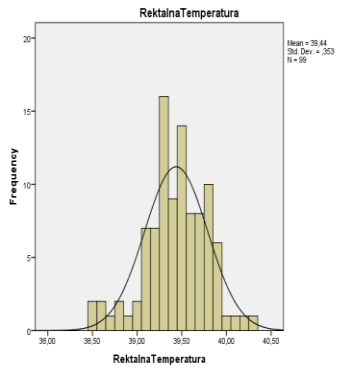
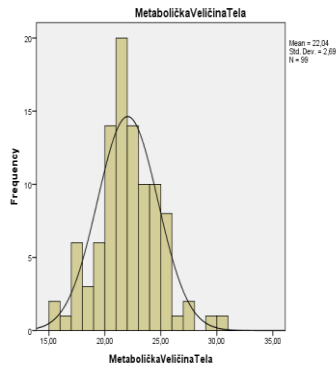
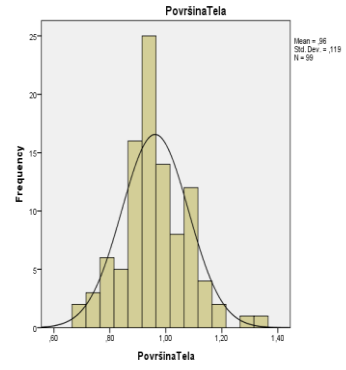
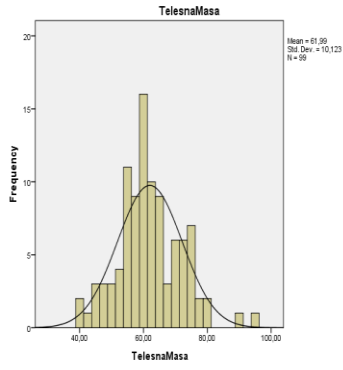
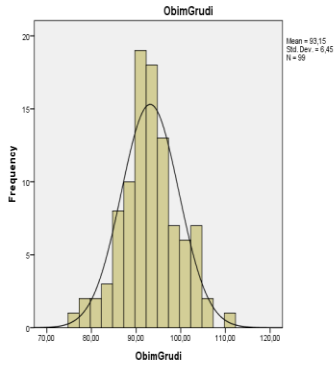
(CHOL) $1,32 \pm 0,36$ mmol/L; липопротеини мале густине (LDL) $0,59 \pm 0,16$ mmol/L; липопротеини велике густине (HDL) $0,76 \pm 0,23$ mmol/L; липопротеини врло мале густине (VLDL) $0,13 \pm 0,03$ mmol/L; укупни билирубин (TBIL) $3,6 \pm 0,83$ μ mol/L; директни билирубин (DBIL) $1,48 \pm 0,49$ μ mol/L; индиректни билирубин (IBIL) $2,12 \pm 0,62$ μ mol/L; креатинин (CR) $100,49 \pm 12,31$ U/L; аспартат аминок-трансфераза (AST) $57,4 \pm 12,98$ U/L; аланин аминок-трансфераза (ALT) $38,41 \pm 3,8$ U/L; гама-глутамил трансфераза (GGT) $61,25 \pm 16,41$ U/L; лактат дехидрогеназа (LDH) $141,46 \pm 18,93$ U/L; алкална фосфатаза (ALP) $132,2 \pm 23,65$ U/L; креатин киназа (CK) $173,1 \pm 32,4$ U/L; Т3:Т4 $0,03 \pm 0,007$; GLU:INS $0,01 \pm 0,002$. За процену инсулинске осетљивости средње вредности и стандардне девијације износиле су: модел хомеостазе (НОМА) $4,83 \pm 0,93$; квантитативни индекс провере инсулинске осетљивости (QUICKI) $0,3 \pm 0,008$; ревидирани квантитативни индекс провере инсулинске осетљивости (RQUICKI) $0,35 \pm 0,02$; модификована верзија ревидираног квантитативног индекса провере инсулинске осетљивости (RQUICKI_{ВНВ}) $0,41 \pm 0,05$; просечан дневни ТНI: $17,36 \pm 5,47$. Висока варијанса код појединих вредности се објашњава тиме што су овце припадале различитим расама. Графички прикази дистрибуције фреквенције показују облик дистрибуције и одступање добијене дистрибуције од теоријске нормалне дистрибуције (Графикон 12-61).

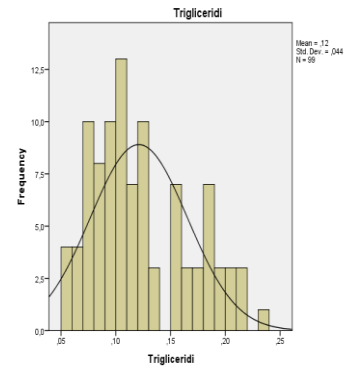
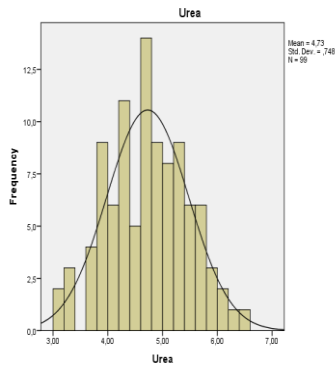
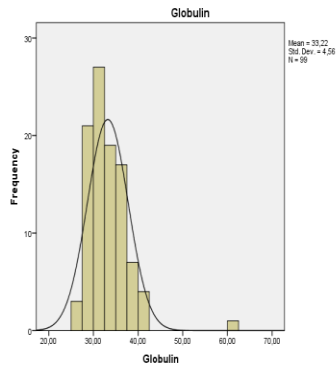
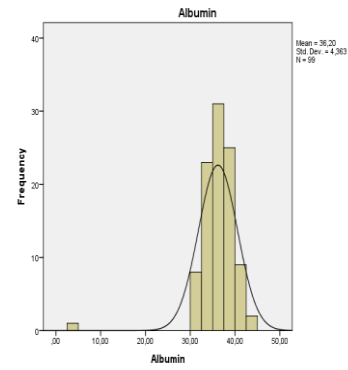
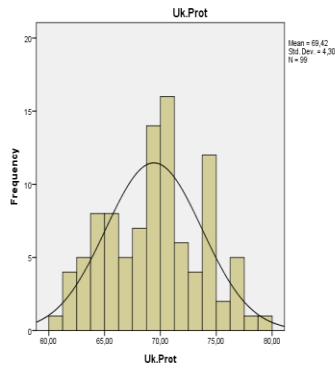
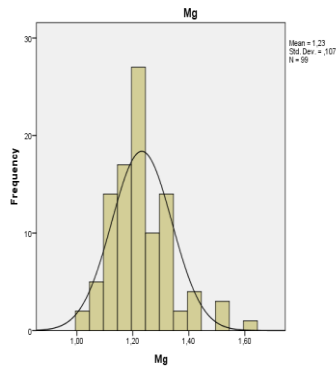
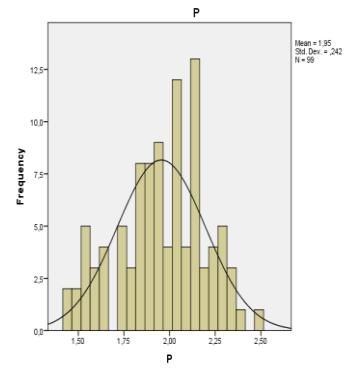
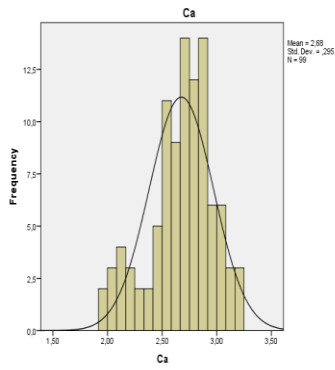
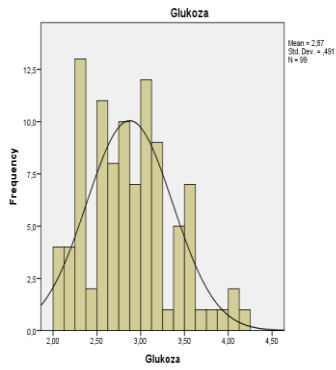
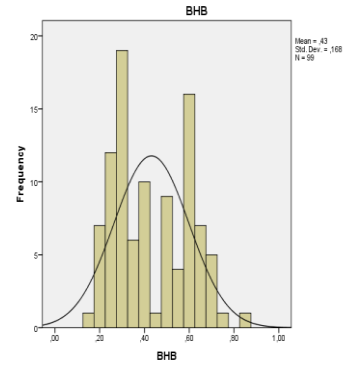
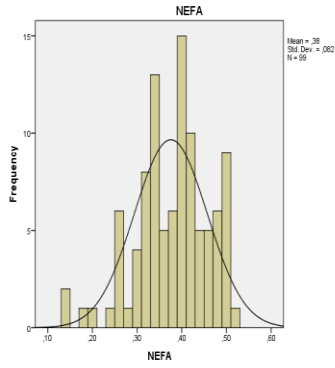
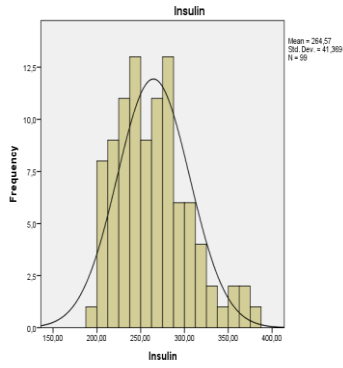
Табела 2. Дескриптивна статистика испитиваних особина код оваца у огледу.

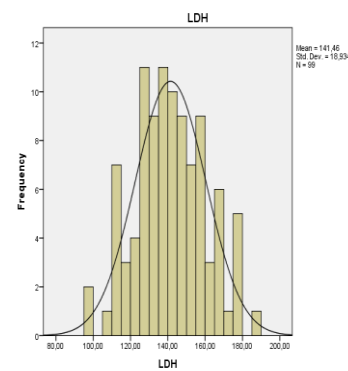
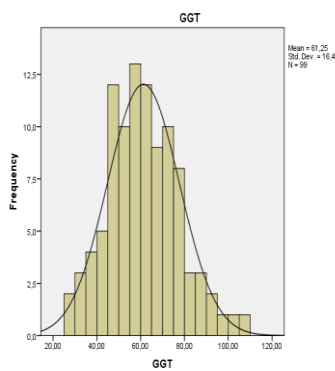
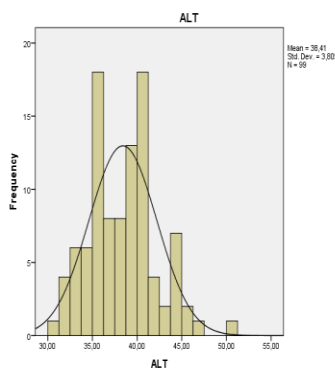
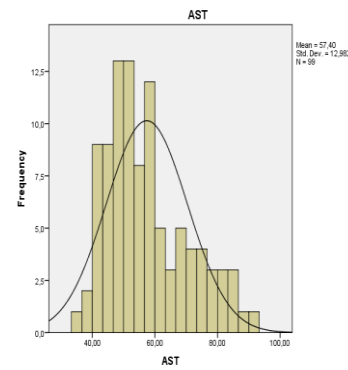
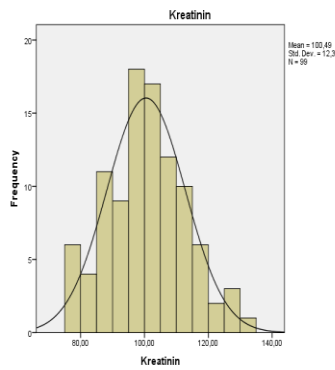
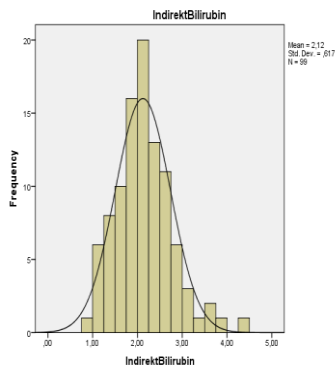
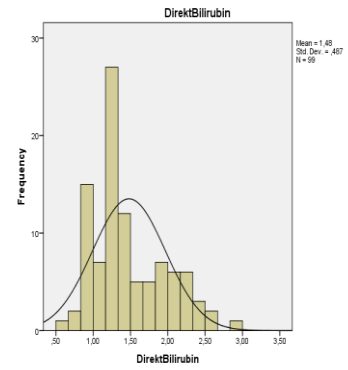
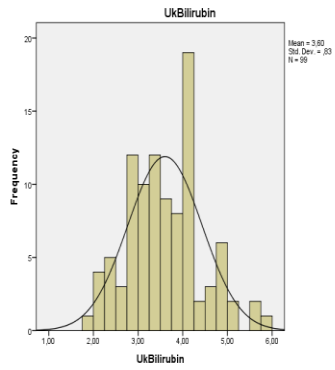
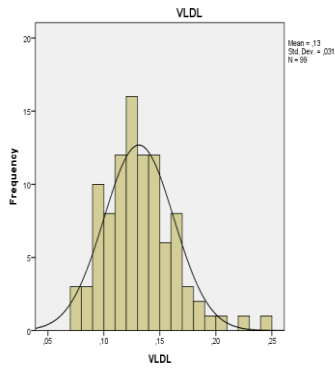
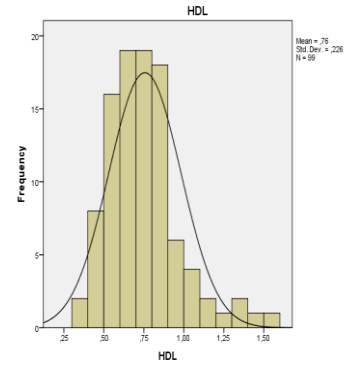
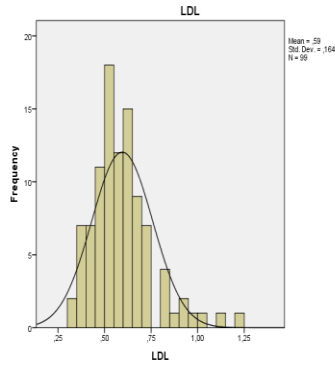
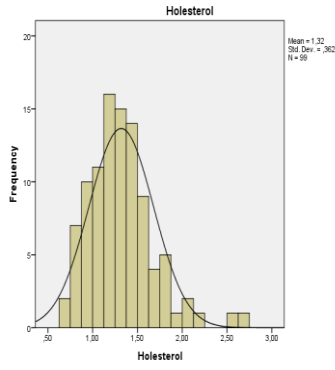
ПАРАМЕТРИ	Минимум	Максимум	Аритметичка средина	Стд. Девијација
Старост (године)	2	8	4,5	1,9
Висина Гребена (cm)	61	84	71,4	5,72
Дужина Трупа (cm)	69	94	78,65	5,08
Дубина Груди (cm)	27	37	32,29	2,15
Ширина Груди(cm)	13	24	17,88	2,45
Обим Груди(cm)	76	112	93,15	6,45
Ширина Карлице(cm)	17	29	21,69	2,51
Телесна Маса (kg)	40	94	61,99	10,12
Површина Тела (m ²)	0,69	1,32	0,96	0,12
Метаболичка Величина Тела	15,91	30,19	22,04	2,7
Ректална Температура (°C)	38,5	40,3	39,44	0,35
Температура Носа(°C)	24,3	39	33,75	3,15
Температура Очију(°C)	34,7	40,9	38,42	1,43
Температура Предње Ноге(°C)	10,5	38	28,05	5,92
Температура Абдомена(°C)	9,2	41,1	27,55	7,08
CORT (nmol/L)	15,4	141,6	86,12	27,64
T3(nmol/L)	0,35	2,2	0,95	0,44
T4(nmol/L)	15,3	52,1	30,41	10,04
INS (mU/L)	199	386,22	264,59	41,37
NEFA(mmol/L)	0,14	0,52	0,37	0,08
BHB(mmol/L)	0,15	0,85	0,43	0,17
GLU (mmol/L)	2	4,2	2,87	0,49
Ca(mmol/L)	1,92	3,21	2,68	0,29
P(mmol/L)	1,44	2,5	1,95	0,24
Mg(mmol/L)	1,02	1,6	1,23	0,1
TPROT (g/L)	60,78	79,42	69,42	4,3
ALB (g/L)	3,56	43,68	36,19	4,36
GLB (g/L)	26,66	61,27	33,22	4,56
Urea(mmol/L)	3	6,46	4,73	0,75

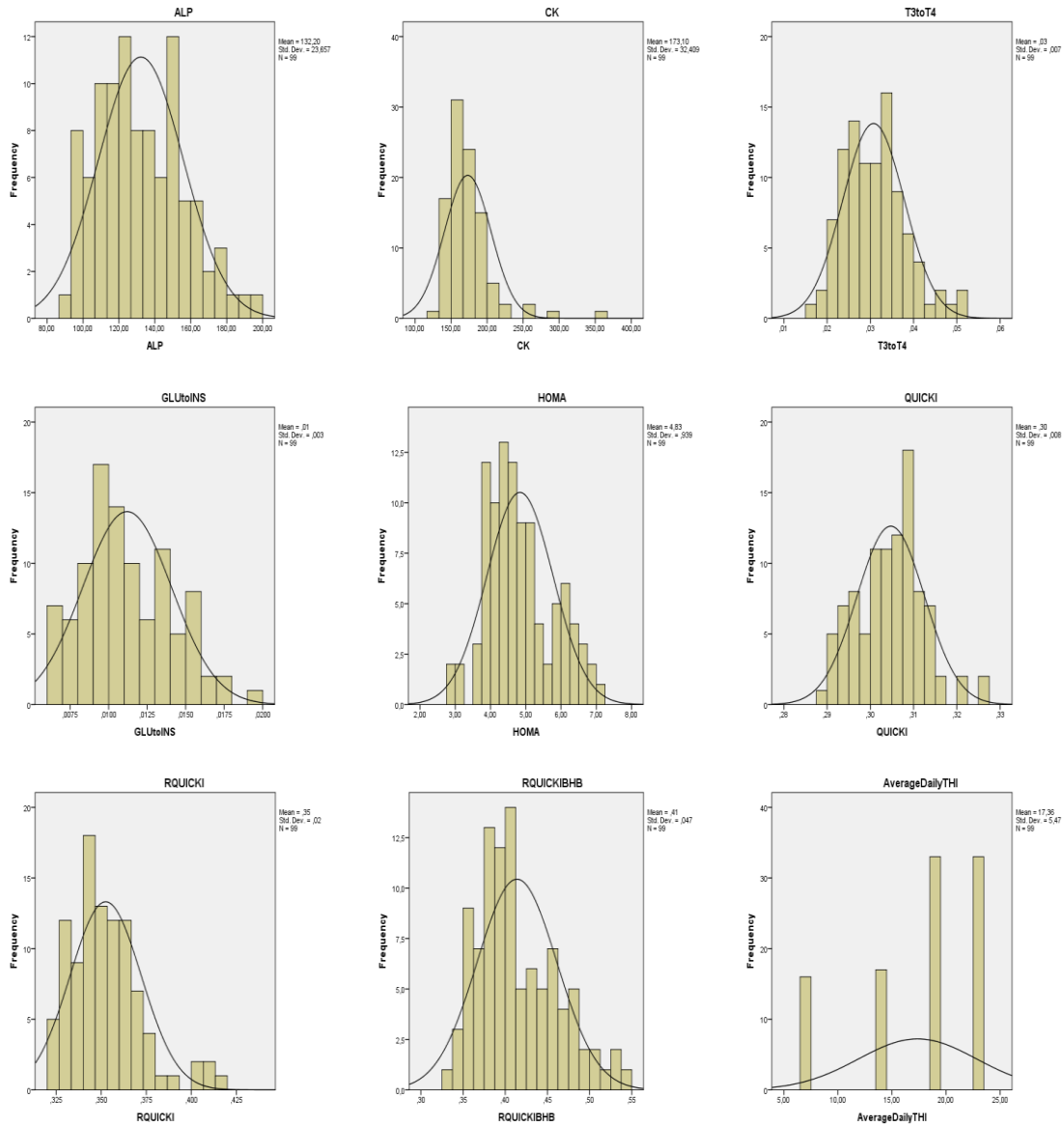
TGC (mmol/L)	0,06	0,23	0,12	0,04
CHOL (mmol/L)	0,69	2,68	1,32	0,36
LDL(mmol/L)	0,31	1,21	0,59	0,16
HDL(mmol/L)	0,38	1,58	0,76	0,23
VLDL(mmol/L)	0,08	0,24	0,13	0,03
TBIL (µmol/L)	1,9	5,76	3,6	0,83
DBIL (µmol/L)	0,65	3	1,48	0,49
IBIL (µmol/L)	0,99	4,32	2,12	0,62
CR (U/L)	75,48	131,33	100,49	12,31
AST(U/L)	36,5	90,91	57,4	12,98
ALT(U/L)	30,9	50,13	38,41	3,8
GGT(U/L)	25,7	105,25	61,25	16,41
LDH(U/L)	98	187,5	141,46	18,93
ALP(U/L)	88	195	132,2	23,65
CK(U/L)	130	358	173,1	32,4
T3toT4	0,02	0,05	0,03	0,007
GLUtoINS	0,01	0,02	0,01	0,002
HOMA	2,82	7,24	4,83	0,93
QUICKI	0,29	0,33	0,3	0,008
RQUICKI	0,32	0,42	0,35	0,02
RQUICKIbHB	0,33	0,54	0,41	0,05
Просечан дневни THI	7	23	17,36	5,47











Графикон 12-61. Дистрибуције фреквенције испитиваних особина код оваца у огледу.

5.3. Утицај топлотног стреса на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца у различитим периодима мерења

Употребом ANOVA анализе испитан је утицај топлотног стреса на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца. ANOVA анализа је показала да већина испитиваних параметара испољава статистички значајну разлику у функцији периода топлотног стреса ($p < 0,05$). Што се тиче телесних мера, топлотни стрес је утицао значајно на вредности дужине трупа, ширине груди, обима груди и ширине карлице ($p < 0,05$), док његов утицај на вредности висине гребена, дубине груди, телесне масе, површине и метаболичке величине тела није био значајан ($p > 0,05$). Топлотни стрес је на нивоу значајности $p < 0,05$ имао утицај на мере телесне температуре оваца, односно на вредности ректалне температуре и температуре површине тела измерене термовизијском

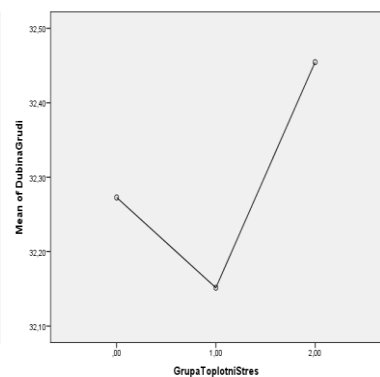
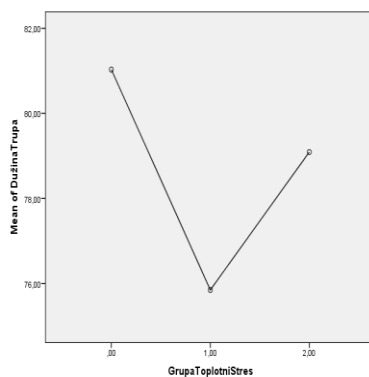
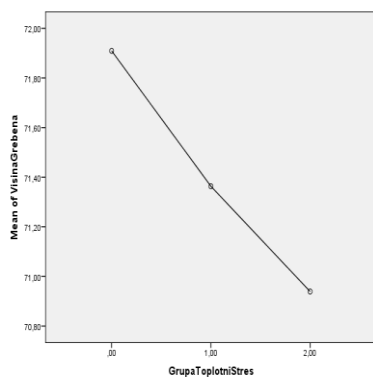
камером. Анализом резултата метаболичких параметара оваца утврђен је статистички значајан утицај топлотног стреса на већину испитиваних особина ($p < 0,05$), осим на вредности глобулина, триглицерида, НОМА и QUICKI индекса инсулинске резистенције, где утицај није био сигнификантан ($p > 0,05$). На графиконима 62-110 приказано је кретање средњих вредности испитиваних особина под утицајем топлотног стреса, односно динамика промене ових вредности у три различита периода огледа.

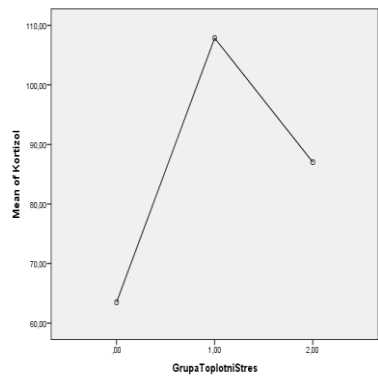
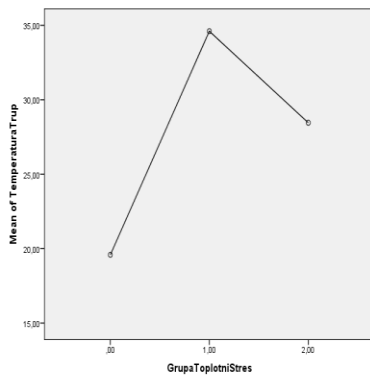
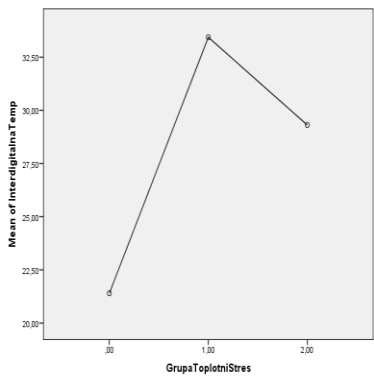
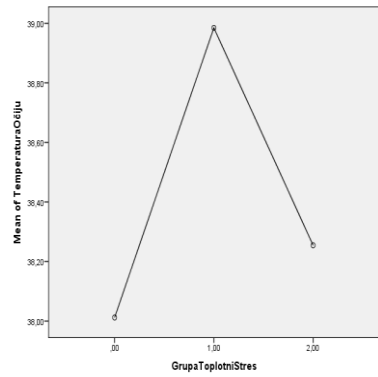
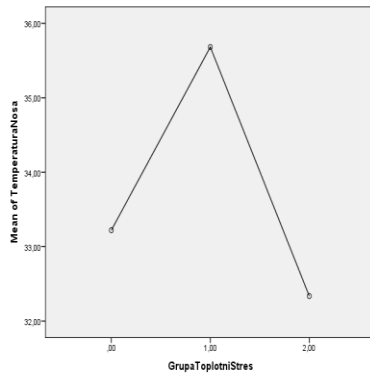
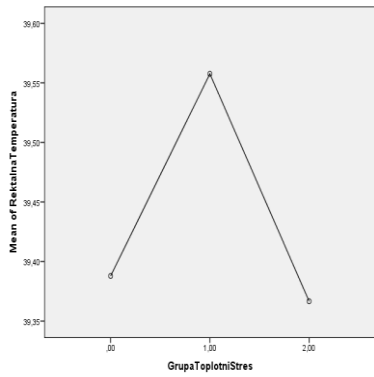
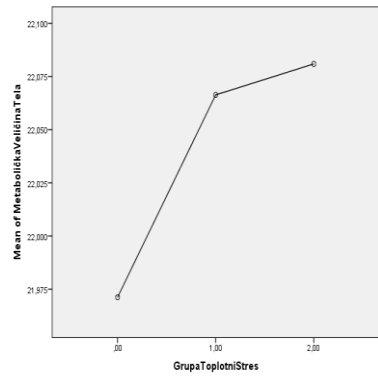
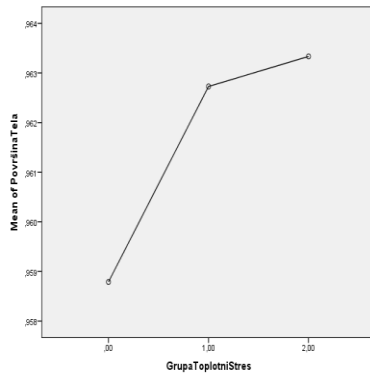
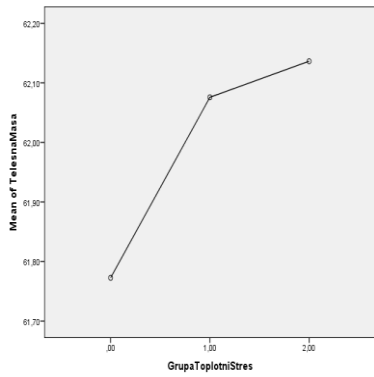
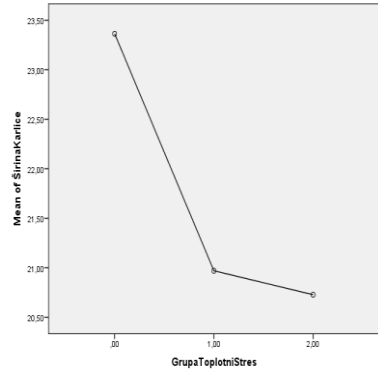
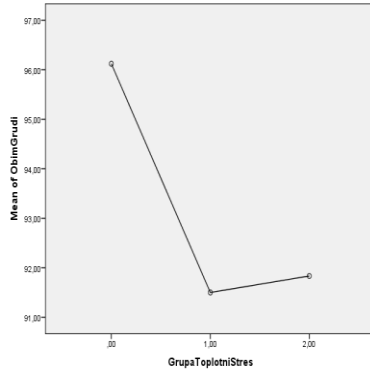
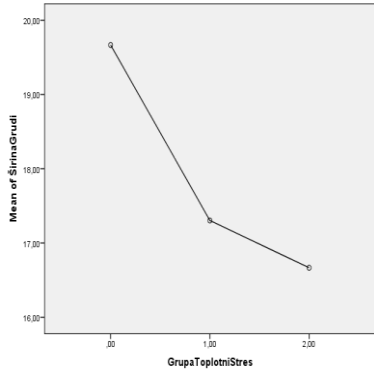
Табела 3. Анализа варијансе телесних мера, телесне температуре и метаболичких параметара у различитим периодима мерења.

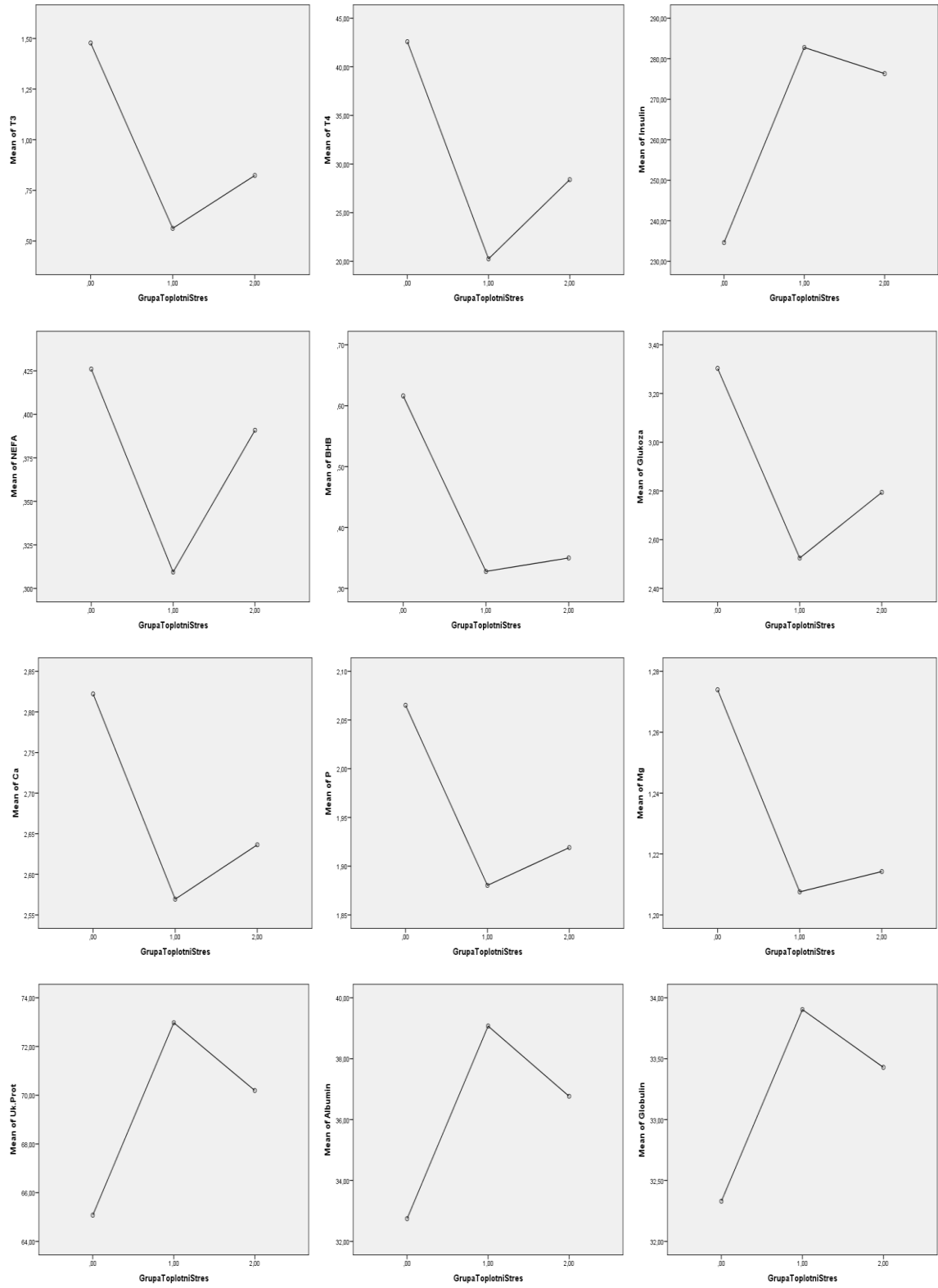
ПАРАМЕТРИ		df	Сума квадрата	Средина квадрата	F вредност	p
Висина Гребена	Између периода	2	15,596	7,798	0,234	0,792
	У оквиру периода	96	3194,242	33,273		
Дужина Трупа	Између периода	2	452,384	226,192	10,460	0,000
	У оквиру периода	96	2075,939	21,624		
Дубина Груди	Између периода	2	1,535	0,768	0,163	0,850
	У оквиру периода	96	452,970	4,718		
Ширина Груди	Између периода	2	164,909	82,455	18,685	0,000
	У оквиру периода	96	423,636	4,413		
Обим Груди	Између периода	2	438,379	219,189	5,783	0,004
	У оквиру периода	96	3638,348	37,899		
Ширина Карлице	Између периода	2	140,141	70,071	14,039	0,000
	У оквиру периода	96	479,152	4,991		
Телесна Маса	Између периода	2	2,505	1,253	0,012	0,988
	У оквиру периода	96	10040,742	104,591		
Површина Тела	Између периода	2	0,000	0,000	0,014	0,986
	У оквиру периода	96	1,393	0,015		
Метаболичка Величина Тела	Између периода	2	0,234	0,117	0,016	0,984
	У оквиру периода	96	713,875	7,436		
Ректална Температура	Између периода	2	0,723	0,361	3,024	0,017
	У оквиру периода	96	11,469	0,119		
Температура Носа	Између периода	2	198,326	99,163	12,259	0,000
	У оквиру периода	96	776,521	8,089		
Температура Очију	Између периода	2	16,921	8,461	4,403	0,015
	У оквиру периода	96	184,459	1,921		
Температура Предње Ноге	Између периода	2	2469,084	1234,542	122,469	0,000
	У оквиру периода	96	967,724	10,080		
Температура Абдомена	Између периода	2	3763,644	1881,822	156,200	0,000
	У оквиру периода	96	1156,563	12,048		
CORT	Између периода	2	32514,187	16257,093	36,840	0,000
	У оквиру периода	96	42364,124	441,293		
T3	Између периода	2	14,678	7,339	161,066	0,000

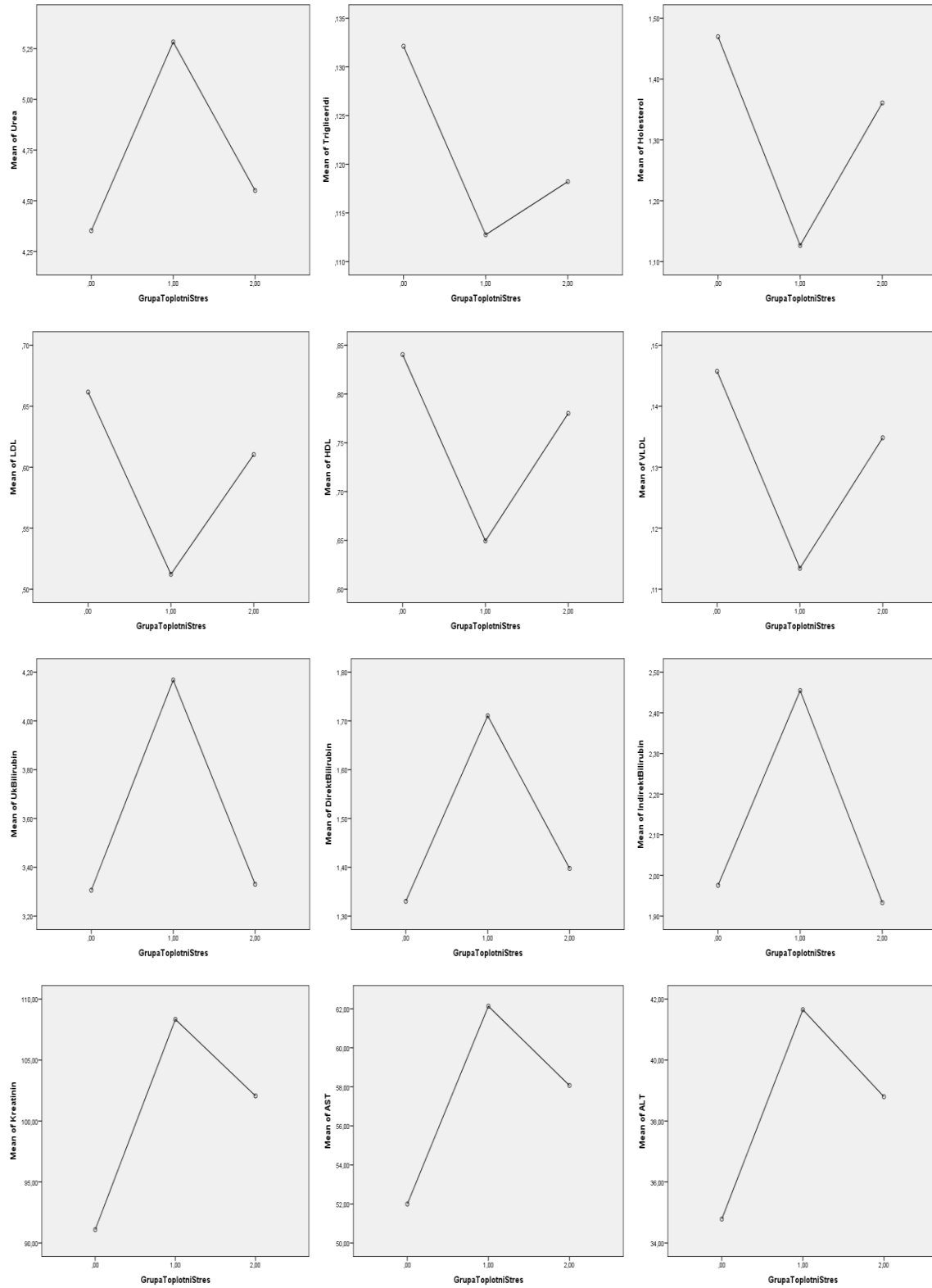
	У оквиру периода	96	4,374	0,046		
T4	Између периода	2	8436,812	4218,406	278,888	0,000
	У оквиру периода	96	1452,077	15,126		
INS	Између периода	2	45125,197	22562,598	17,668	0,000
	У оквиру периода	96	2363,012	1277,011		
NEFA	Између периода	2	0,236	0,118	27,131	0,000
	У оквиру периода	96	0,418	0,004		
BHB	Између периода	2	1,698	0,849	77,109	0,000
	У оквиру периода	96	1,057	0,011		
GLU	Између периода	2	10,323	5,161	37,132	0,000
	У оквиру периода	96	13,344	0,139		
Ca	Између периода	2	1,131	0,566	7,369	0,001
	У оквиру периода	96	7,371	0,077		
P	Између периода	2	0,627	0,314	5,895	0,004
	У оквиру периода	96	5,106	0,053		
Mg	Између периода	2	0,088	0,044	4,058	0,020
	У оквиру периода	96	1,042	0,011		
TPROT	Између периода	2	1059,022	529,511	67,188	0,000
	У оквиру периода	96	756,582	7,881		
ALB	Између периода	2	676,160	338,080	27,298	0,000
	У оквиру периода	96	1188,936	12,385		
GLB	Између периода	2	42,969	21,485	1,034	0,360
	У оквиру периода	96	1994,841	20,780		
Urea	Између периода	2	15,870	7,935	19,538	0,000
	У оквиру периода	96	38,989	0,406		
TGC	Између периода	2	0,007	0,003	1,695	0,189
	У оквиру периода	96	0,186	0,002		
CHOL	Између периода	2	2,030	1,015	9,041	0,000
	У оквиру периода	96	10,778	0,112		
LDL	Између периода	2	0,380	0,190	8,092	0,001
	У оквиру периода	96	2,256	0,024		
HDL	Између периода	2	0,629	0,314	6,899	0,002
	У оквиру периода	96	4,375	0,046		
VLDL	Између периода	2	0,018	0,009	11,077	0,000
	У оквиру периода	96	0,077	0,001		
TBIL	Између периода	2	15,878	7,939	14,774	0,000
	У оквиру периода	96	51,587	0,537		
DBIL	Између периода	2	2,718	1,359	6,349	0,003
	У оквиру периода	96	20,546	0,214		
IBIL	Између периода	2	5,535	2,767	8,364	0,000

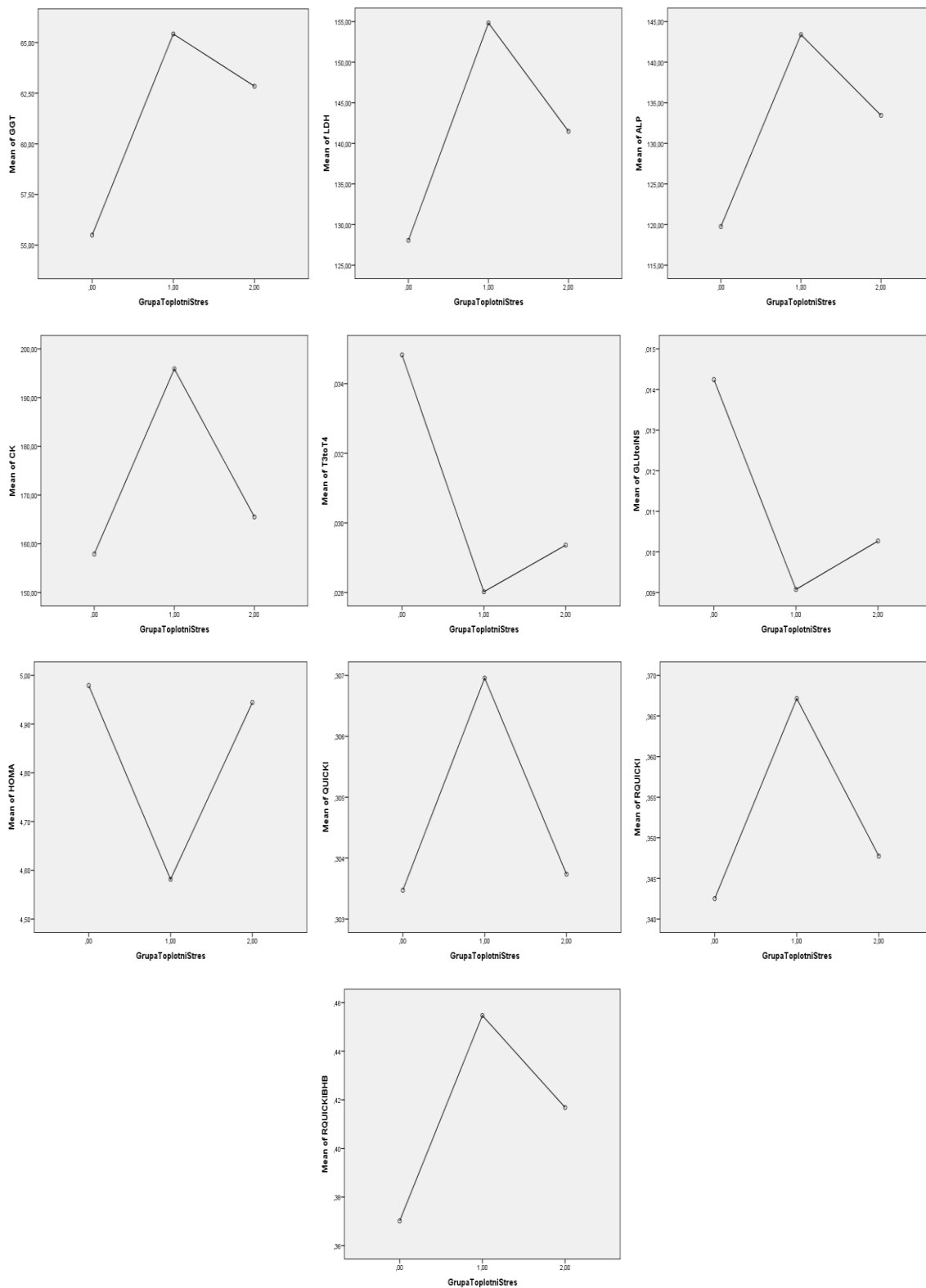
	У оквиру периода	96	31,761	0,331		
CR	Између периода	2	5027,812	2513,906	24,552	0,000
	У оквиру периода	96	9829,676	102,392		
AST	Између периода	2	1717,398	858,699	5,571	0,005
	У оквиру периода	96	14798,368	154,150		
ALT	Између периода	2	785,363	392,682	59,506	0,000
	У оквиру периода	96	633,504	6,599		
GGT	Између периода	2	1752,269	876,134	3,411	0,037
	У оквиру периода	96	24661,721	256,893		
LDH	Између периода	2	11823,672	5911,836	24,348	0,000
	У оквиру периода	96	23309,550	242,808		
ALP	Између периода	2	9291,733	4645,866	9,791	0,000
	У оквиру периода	96	45553,871	474,519		
CK	Између периода	2	26662,629	13331,314	16,780	0,000
	У оквиру периода	96	76270,218	794,481		
T3toT4	Између периода	2	0,001	0,001	9,961	0,000
	У оквиру периода	96	0,004	0,001		
GLUtoINS	Између периода	2	0,001	0,001	68,987	0,000
	У оквиру периода	96	0,001	0,001		
HOMA	Између периода	2	3,201	1,601	1,846	0,163
	У оквиру периода	96	83,236	0,867		
QUICKI	Између периода	2	0,001	0,001	2,076	0,131
	У оквиру периода	96	0,006	0,001		
RQUICKI	Између периода	2	0,011	0,006	19,611	0,000
	У оквиру периода	96	0,027	0,001		
RQUICKIBHB	Између периода	2	0,118	0,059	56,375	0,000
	У оквиру периода	96	0,101	0,001		











Графикон 62-110. Средње вредности испитиваних особина које се значајно разликују у различитим периодима мерења.

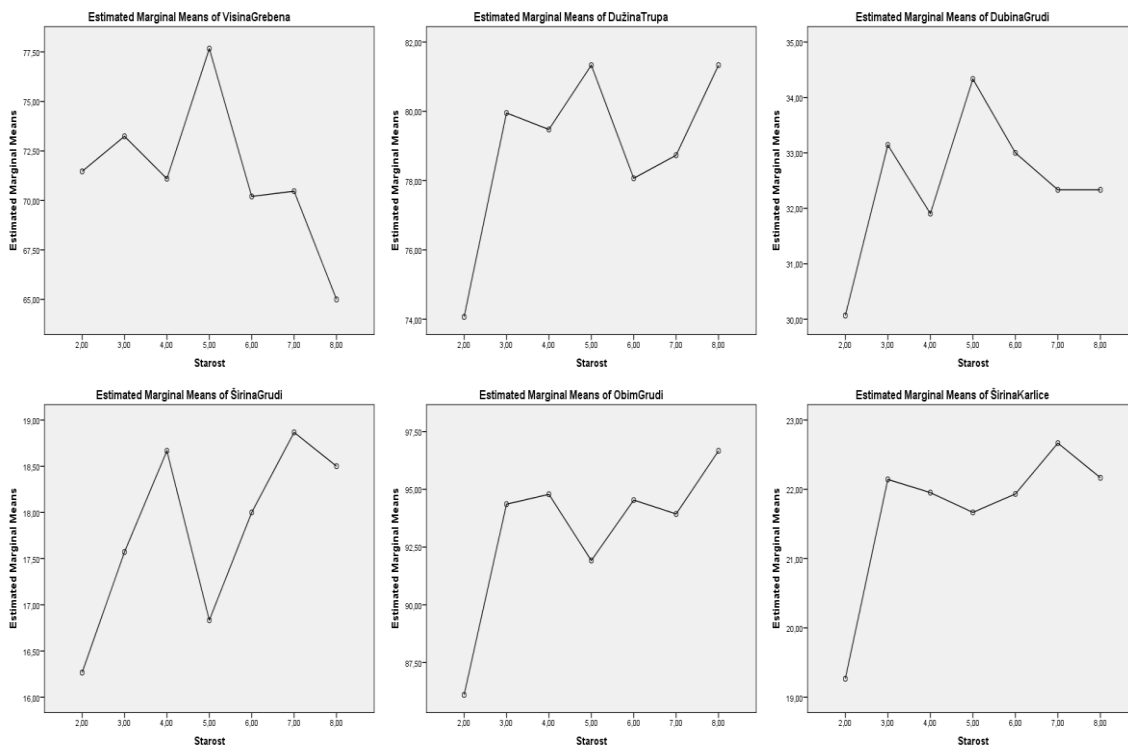
5.4. Утицај старости и расе на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца

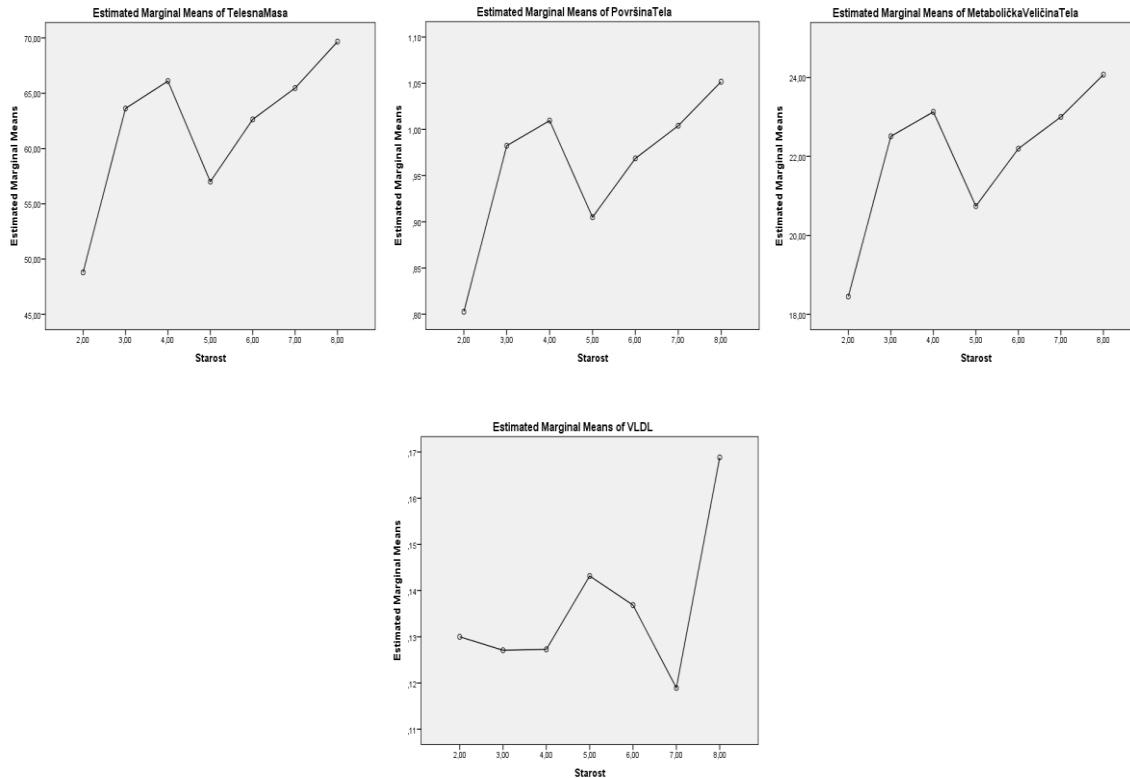
Просечна старост оваца била је 4,5 године (табела 2) и кретала се од 2-8 година. На основу резултата анализе варијансе ANOVA, старост је имала статистички значајан утицај на телесне мере оваца ($p < 0,05$), док на вредности температуре и метаболичке параметре, осим VLDL холестерола, њен утицај није био сигнификантан ($p > 0,05$). Ови резултати су приказани у табели 4. На графиконима 111-120 приказано је како су се кретале средње вредности испитиваних телесних мера у складу са старошћу оваца, као и вредности VLDL холестерола на које старост утиче значајно. Вредности ових особина су доста осцилирале у складу са старошћу оваца, висина гребена је до 5. године расла, потом опадала, док су остале вредности до 4. или 5. године расле, да би опадале и поново расле.

Табела 4. Анализа варијансе телесних мера, телесне температуре и метаболичких параметара код оваца различите старости (2-8 година).

ПАРАМЕТРИ	df	Сума квадрата	Средина квадрата	F вредност	p
Висина Гребена	6	589,019	98,170	3,446	0,004
Дужина Трупа	6	456,666	76,111	3,380	0,005
Дубина Груди	6	125,191	20,865	5,829	0,000
Ширина Груди	6	77,736	12,956	2,333	0,038
Обим Груди	6	953,562	158,927	4,682	0,000
Ширина Карлице	6	110,402	18,400	3,327	0,005
Телесна Маса	6	3709,786	618,298	8,981	0,000
Површина Тела	6	0,532	0,089	9,460	0,000
Метаболичка Величина Тела	6	271,718	45,286	9,418	0,000
Ректална Температура	6	0,959	0,160	1,308	0,261
Температура Носа	6	23,272	3,879	0,375	0,893
Температура Очију	6	3,228	0,538	0,250	0,958
Температура Предње Ноге	6	30,011	5,002	0,135	0,991
Температура Абдомена	6	41,692	6,949	0,131	0,992
CORT	6	2033,006	338,834	0,428	0,859
T3	6	,408	,068	0,336	0,916
T4	6	192,646	32,108	0,305	0,933
INS	6	7516,237	1252,706	0,719	0,635
NEFA	6	0,025	0,004	0,619	0,715
BHB	6	0,242	0,040	1,476	0,195
GLU	6	0,668	0,111	0,445	0,847
Ca	6	0,233	0,039	0,432	0,856
P	6	0,366	0,061	1,045	0,402
Mg	6	,031	0,005	0,430	0,857
TPROT	6	35,618	5,936	0,307	0,932
ALB	6	74,325	12,387	0,636	0,701
GLB	6	131,599	21,933	1,059	0,393
Urea	6	2,170	0,362	0,632	0,705
TGC	6	0,008	0,001	0,641	0,697
CHOL	6	0,325	0,054	0,399	0,878
LDL	6	0,082	0,014	0,495	0,811

HDL	6	0,205	0,034	0,656	0,685
VLDL	6	0,013	0,002	2,384	0,035
TBIL	6	3,825	0,638	0,922	0,483
DBIL	6	2,864	0,477	2,152	0,055
IBIL	6	0,457	0,076	0,190	0,979
CR	6	990,511	165,085	1,095	0,371
AST	6	784,138	130,690	0,764	0,600
ALT	6	13,632	2,272	0,149	0,989
GGT	6	1665,311	277,552	1,032	0,410
LDH	6	1199,582	199,930	0,542	0,775
ALP	6	1291,643	215,274	0,370	0,896
CK	6	2583,379	430,563	0,395	0,881
T3toT4	6	0,001	$6,122 \times 10^{-5}$	1,218	0,304
GLUtoINS	6	$1,081 \times 10^{-5}$	$1,802 \times 10^{-5}$	0,205	0,974
HOMA	6	5,898	0,983	1,123	0,355
QUICKI	6	0,001	$6,601 \times 10^{-5}$	1,086	0,377
RQUICKI	6	0,002	$3,512 \times 10^{-4}$	0,892	0,504
RQUICKIBHB	6	0,014	0,002	1,071	0,386



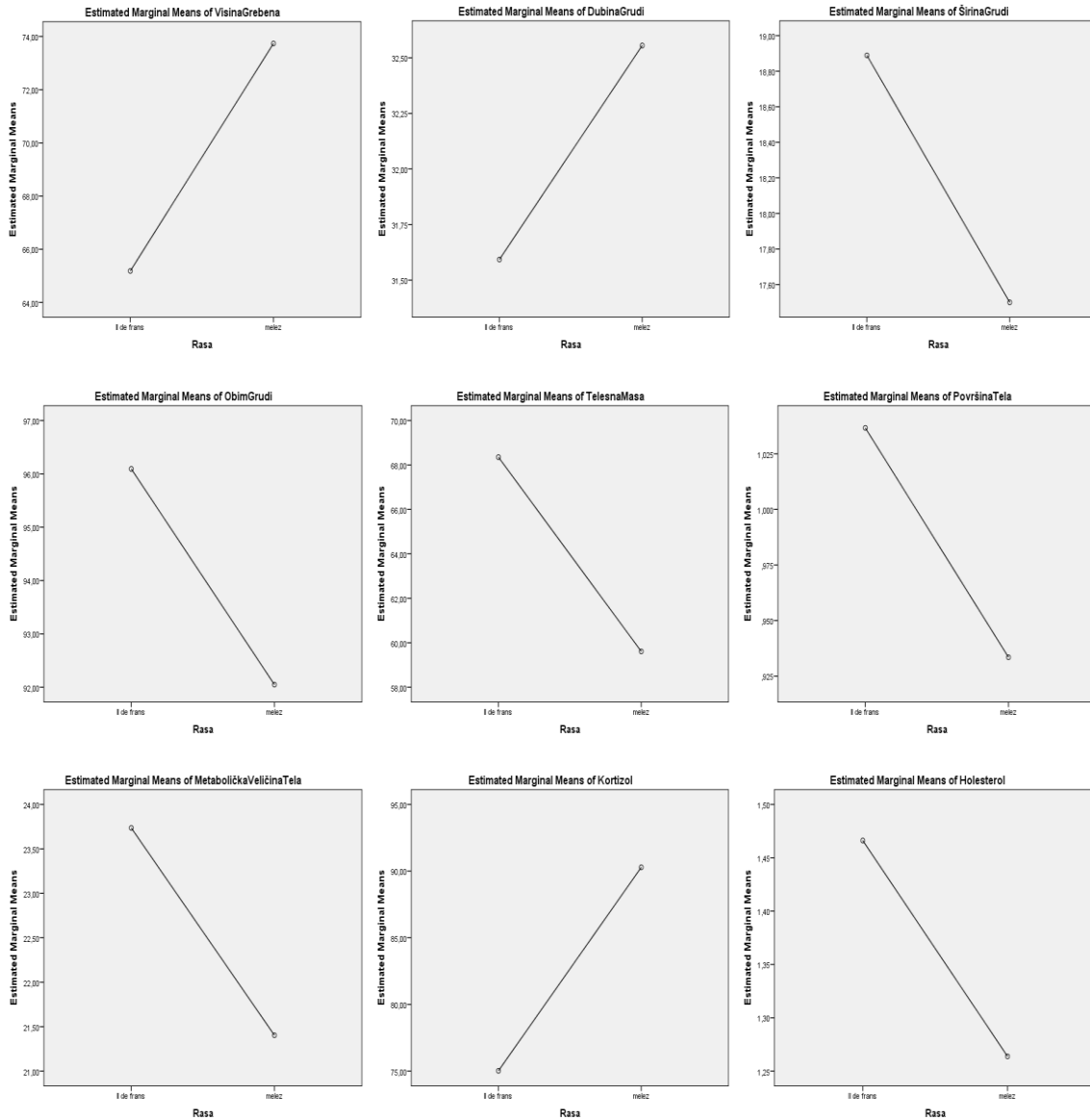


Графикон 111-120. Средње вредности испитиваних особина које се значајно разликују код оваца различите старости.

Раса оваца је имала значајан утицај на већину телесних мера оваца, што је и очекивано с обзиром да су телесне димензије расна карактеристика. Вредности висине гребена, дубине груди, ширине груди, обима груди, телесне масе, површине и метаболичке величине тела су испољиле статистички значајну разлику под утицајем расе ($p < 0,05$), док се вредности дужине трупа и ширине карлице нису значајно разликовале у зависности од расне припадности ($p > 0,05$). На вредности температуре измерене ректално или термовизијском камером раса није имала значајан утицај ($p > 0,05$). Што се тиче метаболичких особина раса је значајно утицала на вредности кортизола и холестерола ($p < 0,05$), док на вредности осталих метаболичких особина није имала значајан утицај ($p > 0,05$). Вредности ширине груди, обима груди, телесне масе, површине и метаболичке величине тела су биле више код Ил де Франс расе оваца, док су вредности висине гребена и дубине груди биле више код мелеза Виртемберга и Сјеничке праменке. Веће вредности холестерола утврђене су код Ил де Франс расе оваца, док кортизола код мелеза Виртемберга и Сјеничке праменке. Кретање средњих вредности ових особина приказане су на графиконима 121-129.

Табела 5. Анализа варијансе телесних мера, телесне температуре и метаболичких параметара код оваца различите расне припадности.

ПАРАМЕТРИ	df	Сума квадрата	Средина квадрата	F вредност	p
Висина Гребена	1	1435,778	1435,778	78,504	0,000
Дужина Група	1	45,004	45,004	1,758	0,188
Дубина Грудн	1	18,209	18,209	4,048	0,047
Ширина Грудн	1	37,879	37,879	6,672	0,011
Обим Грудн	1	321,129	321,129	8,294	0,005
Ширина Карлице	1	9,219	9,219	1,466	0,229
Телесна Маса	1	1500,229	1500,229	17,034	0,000
Површина Тела	1	0,209	0,209	17,122	0,000
Метаболичка Величина Тела	1	106,795	106,795	17,057	0,000
Ректална Температура	1	0,426	0,426	3,509	0,064
Температура Носа	1	0,677	0,677	0,067	0,796
Температура Очију	1	1,241	1,241	0,601	0,440
Температура Предње Ноге	1	33,138	33,138	0,944	0,334
Температура Абдомена	1	18,756	18,756	0,371	0,544
CORT	1	4571,119	4571,119	6,307	0,014
T3	1	0,050	0,050	0,257	0,613
T4	1	30,768	30,768	0,303	0,583
INS	1	3849,542	3849,542	2,279	0,134
NEFA	1	0,001	1.138×10 ⁻⁴	0,017	0,897
BHB	1	0,003	0,003	0,091	0,764
GLU	1	0,178	0,178	0,736	0,393
Ca	1	0,113	0,113	1,309	0,255
P	1	0,167	0,167	2,910	0,091
Mg	1	0,036	0,036	3,199	0,077
TPROT	1	0,788	0,788	0,042	0,838
ALB	1	0,609	0,609	0,032	0,859
GLB	1	0,011	0,011	0,001	0,982
Urea	1	0,151	0,151	0,267	0,607
TGC	1	0,004	0,004	2,159	0,145
CHOL	1	0,804	0,804	6,495	0,012
LDL	1	0,015	0,015	0,565	0,454
HDL	1	0,099	0,099	1,954	0,165
VLDL	1	0,001	0,001	0,547	0,461
TBIL	1	0,689	0,689	1,002	0,319
DBIL	1	0,014	0,014	0,058	0,811
IBIL	1	0,515	0,515	1,359	0,247
CR	1	13,095	13,095	0,086	0,771
AST	1	94,369	94,369	0,557	0,457
ALT	1	7,970	7,970	0,548	0,461
GGT	1	14,262	14,262	0,052	0,819
LDH	1	118,046	118,046	0,327	0,569
ALP	1	63,370	63,370	0,112	0,738
CK	1	47,920	47,920	0,045	0,832
T3toT4	1	3,490×10 ⁻⁶	3.490×10 ⁻⁶	0,068	0,795
GLUtoINS	1	1,168×10 ⁻⁵	1.168×10 ⁻⁵	1,402	0,239
HOMA	1	0,102	0,102	0,114	0,736
QUICKI	1	9,072×10 ⁻⁶	9,072×10 ⁻⁶	0,147	0,702
RQUICKI	1	1,400×10 ⁻⁴	1.400×10 ⁻⁴	0,356	0,552
RQUICKIBHB	1	2,661×10 ⁻⁴	2.661×10 ⁻⁴	0,118	0,732



Графикон 121-129. Средње вредности испитиваних особина које се значајно разликују у зависности од расне припадности.

5.5. Утицај продуктивног статуса на телесне мере, телесну температуру и метаболушку адаптацију оваца

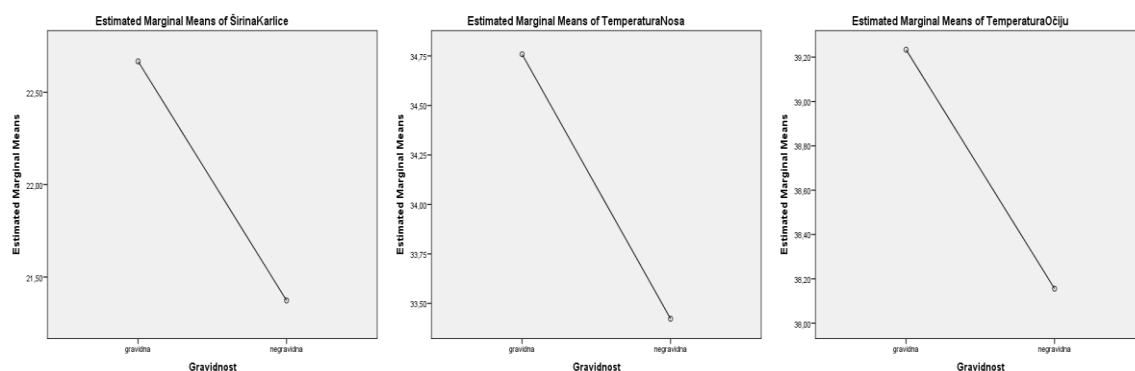
Анализом варијансе ANOVA испитан је утицај продуктивног статуса, односно лактације и гравидности, на особине телесних мера, телесну температуру и метаболушку адаптацију оваца. Утврђен је статистички значајан утицај гравидности на вредности ширине карлице и температуре очију и предње ноге ($p < 0,05$). Гравидност није имала утицај на остале телесне мере, као и на остале мере температуре тела ($p > 0,05$). Такође, у спроведеном огледу, гравидност није показала статистички значајан утицај на метаболушке параметре код оваца ($p > 0,05$). Ови резултати су приказани у табели 6. Све вредности на које гравидност утиче значајно, односно вредности ширине карлице,

температуре очију и предње ноге, биле су повишене код гравидних оваца у односу на негравидне, што се може видети из графикона 130-132 где су приказане средње вредности ових особина на које гравидност утиче значајно.

Табела 6. Анализа варијансе телесних мера, телесне температуре и метаболичких параметара код оваца различитог статуса гравидности.

ПАРАМЕТРИ	df	Сума квадрата	Средина квадрата	F Вредност	p
Висина Гребена	1	44,058	44,058	1,350	0,248
Дужина Трупа	1	0,032	0,032	0,001	0,972
Дубина Груди	1	9,252	9,252	2,016	0,159
Ширина Груди	1	0,045	0,045	0,007	0,931
Обим Груди	1	55,841	55,841	1,347	0,249
Ширина Карлице	1	30,413	30,413	5,010	0,027
Телесна Маса	1	375,445	375,445	3,767	0,055
Површина Тела	1	0,052	0,052	3,750	0,056
Метаболичка Величина Тела	1	26,360	26,360	3,718	0,057
Ректална Температура	1	0,345	0,345	2,821	0,096
Температура Носа	1	32,436	32,436	3,339	0,071
Температура Очију	1	21,103	21,103	11,354	0,001
Температура Предње Ноге	1	143,412	143,412	4,224	0,043
Температура Абдомена	1	70,633	70,633	1,413	0,237
CORT	1	881,052	881,052	1,155	0,285
T3	1	0,051	0,051	0,260	0,612
T4	1	7,929	7,929	0,078	0,781
INS	1	5823,543	5823,543	3,489	0,065
NEFA	1	0,002	0,002	0,298	0,586
BHB	1	3,379x10 ⁻⁴	3,379x10 ⁻⁴	0,012	0,913
GLU	1	0,001	0,001	0,003	0,954
Ca	1	0,031	0,031	0,357	0,551
P	1	0,075	0,075	1,283	0,260
Mg	1	0,004	0,004	0,305	0,582
TPROT	1	5,986	5,986	0,321	0,572
ALB	1	7,744	7,744	0,404	0,526
GLB	1	27,411	27,411	1,323	0,253
Urea	1	0,038	0,038	0,068	0,795
TGC	1	0,002	0,002	0,847	0,360
CHOL	1	0,004	0,004	0,030	0,863
LDL	1	0,043	0,043	1,618	0,206
HDL	1	0,005	0,005	0,097	0,756
VLDL	1	2,270x10 ⁻⁴	2,270x10 ⁻⁴	0,232	0,631
TBIL	1	0,075	0,075	0,108	0,743
DBIL	1	0,001	0,001	0,006	0,940
IBIL	1	0,100	0,100	0,260	0,611
CR	1	183,017	183,017	1,210	0,274
AST	1	410,913	410,913	2,475	0,119
ALT	1	18,668	18,668	1,293	0,258
GGT	1	7,544	7,544	0,028	0,868
LDH	1	7,865	7,865	0,022	0,883

ALP	1	33,914	33,914	0,060	0,807
CK	1	59,925	59,925	0,057	0,813
T3toT4	1	1,295x10 ⁻⁴	1,295x10 ⁻⁴	2,583	0,111
GLUtoINS	1	4,842x10 ⁻⁶	4,842x10 ⁻⁶	0,577	0,449
HOMA	1	1,487	1,487	1,698	0,196
QUICKI	1	1,157x10 ⁻⁴	1,157x10 ⁻⁴	1,911	0,170
RQUICKI	1	4,920x10 ⁻⁵	4,920x10 ⁻⁵	0,125	0,725
RQUICKIBHB	1	3,445x10 ⁻⁴	3,445x10 ⁻⁴	0,153	0,697



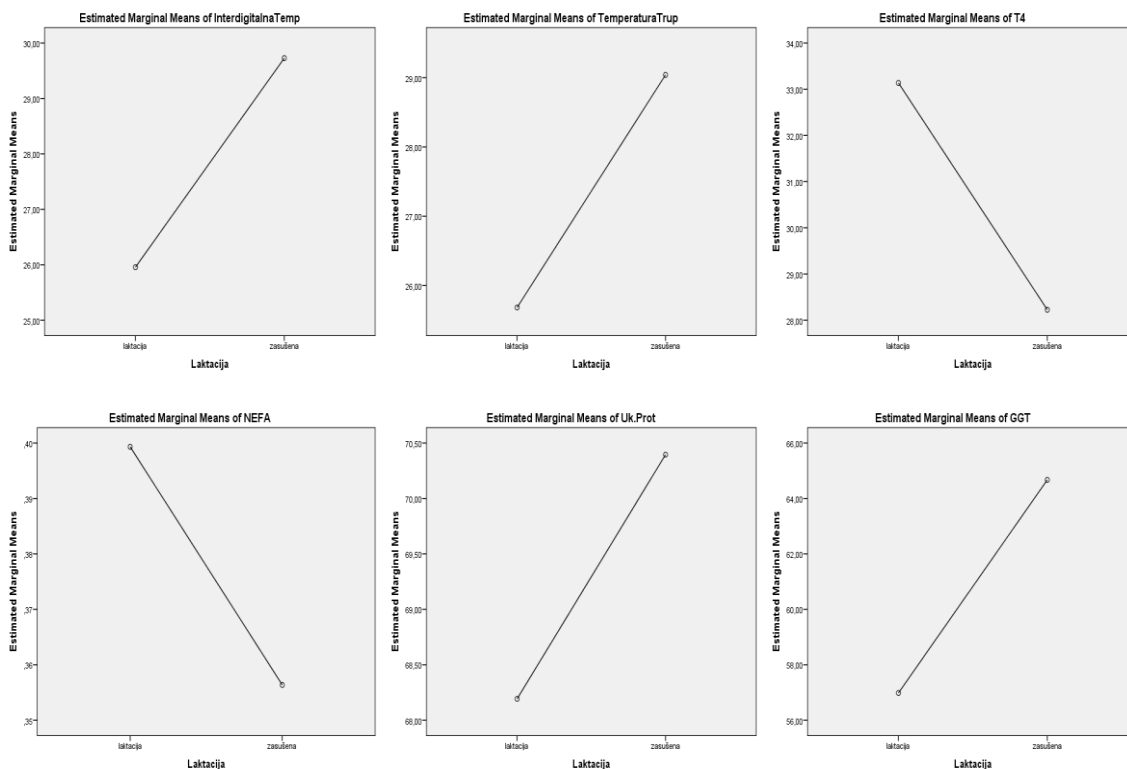
Графикон 130-132. Средње вредности испитиваних особина које се значајно разликују у зависности од статуса gravidности.

У табели 7. приказани су резултати утицаја лактације на испитиване особине. Лактација није имала значајан утицај на телесне мере оваца ($p > 0,05$). На основу приказаних резултата утврђен је статистички значајан утицај лактације на температуру абдомена и предње ноге оваца ($p < 0,05$), док на остале мере телесне температуре лактација није имала значајан утицај ($p > 0,05$). Што се тиче метаболичких параметара, лактација је утицала на вредности T4, NEFA, укупних протеина и вредности гама-глутамил трансферазе ($p < 0,05$), док на остале вредности метаболичких параметара није имала сигнификантан утицај ($p > 0,05$). Код оваца у лактацији утврђене су ниже вредности температуре абдомена и предње ноге. Вредности T4 и NEFA биле су повишене код оваца у лактацији, док су вредности укупних протеина и гама-глутамил трансферазе биле повишене код засушених оваца. Средње вредности ових особина приказане су у графиконима 133-138.

Табела 7. Анализа варијансе телесних мера, телесне температуре и метаболичких параметара код оваца различитог статуса лактације.

ПАРАМЕТРИ	df	Сума квадрата	Средина Квадрата	F Вредност	p
Висина Гребена	1	43,952	43,952	1,347	0,249
Дужина Трупа	1	25,796	25,796	1,000	0,320
Дубина Груди	1	0,146	0,146	0,031	0,860
Ширина Груди	1	18,618	18,618	3,169	0,078
Обим Груди	1	23,238	23,238	0,556	0,458
Ширина Карлице	1	14,425	14,425	2,313	0,132
Телесна Маса	1	89,516	89,516	0,872	0,353
Површина Тела	1	0,012	0,012	0,810	0,370
Метаболичка	1	6,227	6,227	0,853	0,358

Величина Тела					
Ректална Температура	1	0,029	0,029	0,233	0,631
Температура Носа	1	2,781	2,781	0,277	0,600
Температура Очију	1	1,087	1,087	0,527	0,470
Температура Предње Ноге	1	347,510	347,510	10,911	0,001
Температура Абдомена	1	275,296	275,296	5,749	0,018
CORT	1	778,822	778,822	1,020	0,315
T3	1	0,384	0,384	1,998	0,161
T4	1	588,982	588,982	6,143	0,015
INS	1	2236,106	2236,106	1,311	0,255
NEFA	1	0,045	0,045	7,177	0,009
BHB	1	2,020x10 ⁻⁷	2,020x10 ⁻⁷	0,000	0,998
GLU	1	0,011	0,011	0,044	0,834
Ca	1	0,207	0,207	2,417	0,123
P	1	0,001	0,001	0,012	0,912
Mg	1	0,005	0,005	0,446	0,506
TPROT	1	118,546	118,546	6,776	0,011
ALB	1	30,715	30,715	1,624	0,206
GLB	1	28,628	28,628	1,382	0,243
Urea	1	1,335	1,335	2,420	0,123
TGC	1	0,002	0,002	1,153	0,286
CHOL	1	0,137	0,137	1,048	0,309
LDL	1	0,019	0,019	0,715	0,400
HDL	1	0,009	0,009	0,183	0,670
VLDL	1	0,001	0,001	0,553	0,459
TBIL	1	0,108	0,108	0,156	0,694
DBIL	1	0,162	0,162	0,680	0,412
IBIL	1	0,007	0,007	0,017	0,897
CR	1	554,900	554,900	3,763	0,055
AST	1	107,973	107,973	0,638	0,426
ALT	1	11,204	11,204	0,772	0,382
GGT	1	1444,609	1444,609	5,612	0,020
LDH	1	161,899	161,899	0,449	0,504
ALP	1	2110,977	2110,977	3,883	0,052
CK	1	105,253	105,253	0,099	0,753
T3toT4	1	5,229x10 ⁻⁶	5,229x10 ⁻⁶	0,102	0,750
GLUtoINS	1	3,761x10 ⁻⁶	3,761x10 ⁻⁶	0,447	0,505
HOMA	1	0,290	0,290	0,327	0,569
QUICKI	1	1,608x10 ⁻⁵	1,608x10 ⁻⁵	0,261	0,611
RQUICKI	1	0,001	0,001	1,921	0,169
RQUICKIBHB	1	0,001	0,001	0,240	0,626



Графикон 133-138. Средње вредности испитиваних особина које се значајно разликују у зависности од статуса лактације.

5.6. Утицај начина узгоја на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца

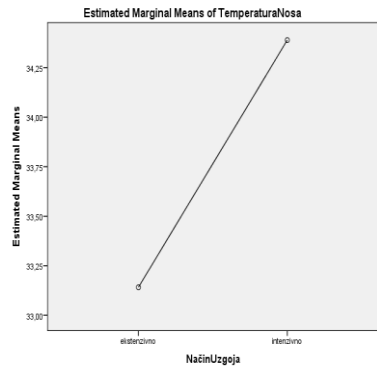
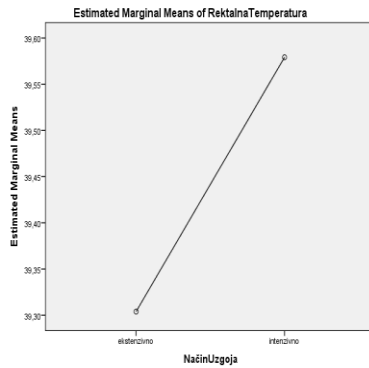
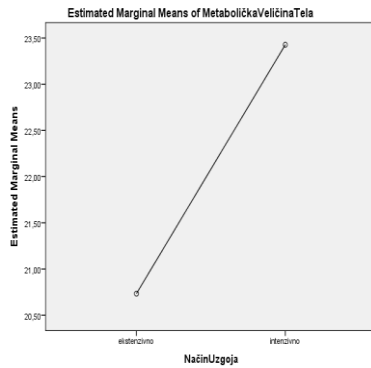
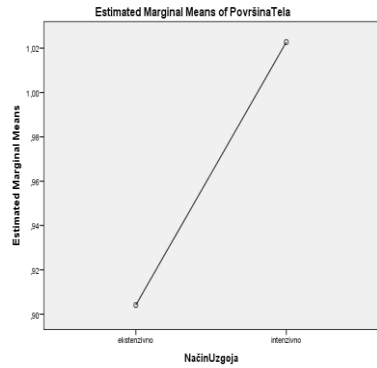
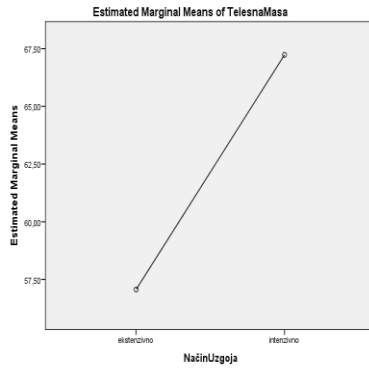
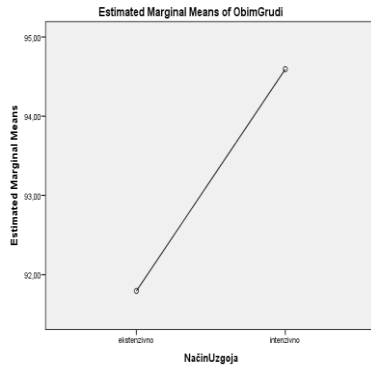
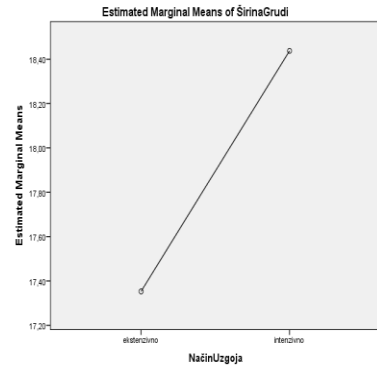
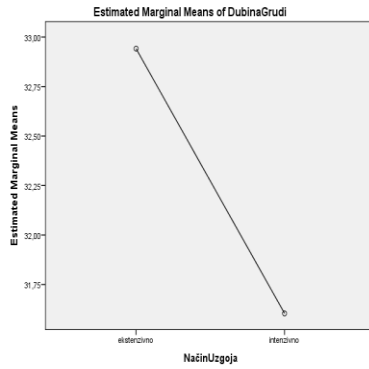
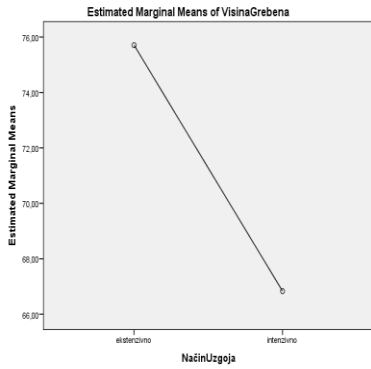
Да ли начин узгоја утиче на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца испитано је ANOVA анализом. Ови резултати су приказани у табели 8. Утврђен је статистички значајан утицај начина узгоја на већину мера телесне развијености оваца, односно на висину гребена, дубину груди, ширину груди, обим груди, телесну масу, површину и метаболичку величину тела ($p < 0,05$), док на преостале особине (дужина трупа и ширина карлице), начин узгоја није имао значајан утицај ($p > 0,05$). Начин узгоја је утицао на вредности ректалне температуре, температуре носа и предње ноге ($p < 0,05$), док на вредности температуре очију и абдомена утицај није био значајан ($p > 0,05$). Што се тиче метаболичких особина, начин узгоја је имао значајан утицај на вредности кортизола, глукозе, калцијума, магнезијума, урее, триглицерида, холестерола, LDL, HDL, VLDL и на вредности односа глукоза : инсулин. На остале метаболичке особине начин узгоја није имао значајан утицај ($p > 0,05$). У графиконима 139-159 приказане су средње вредности особина на које утиче начин узгоја. Од телесних мера, висина гребена и дубина груди су биле веће код оваца гајених екстензивно, док су ширина груди, обим груди, телесна маса, површина и метаболичка величина тела биле веће код оваца гајених интензивно. Вредности ректалне температуре као и температуре носа и предње ноге су биле веће код оваца у интензивном систему узгоја. Код оваца у екстензивном систему узгоја утврђене су веће вредности кортизола, калцијума, магнезијума и урее, док су веће вредности глукозе,

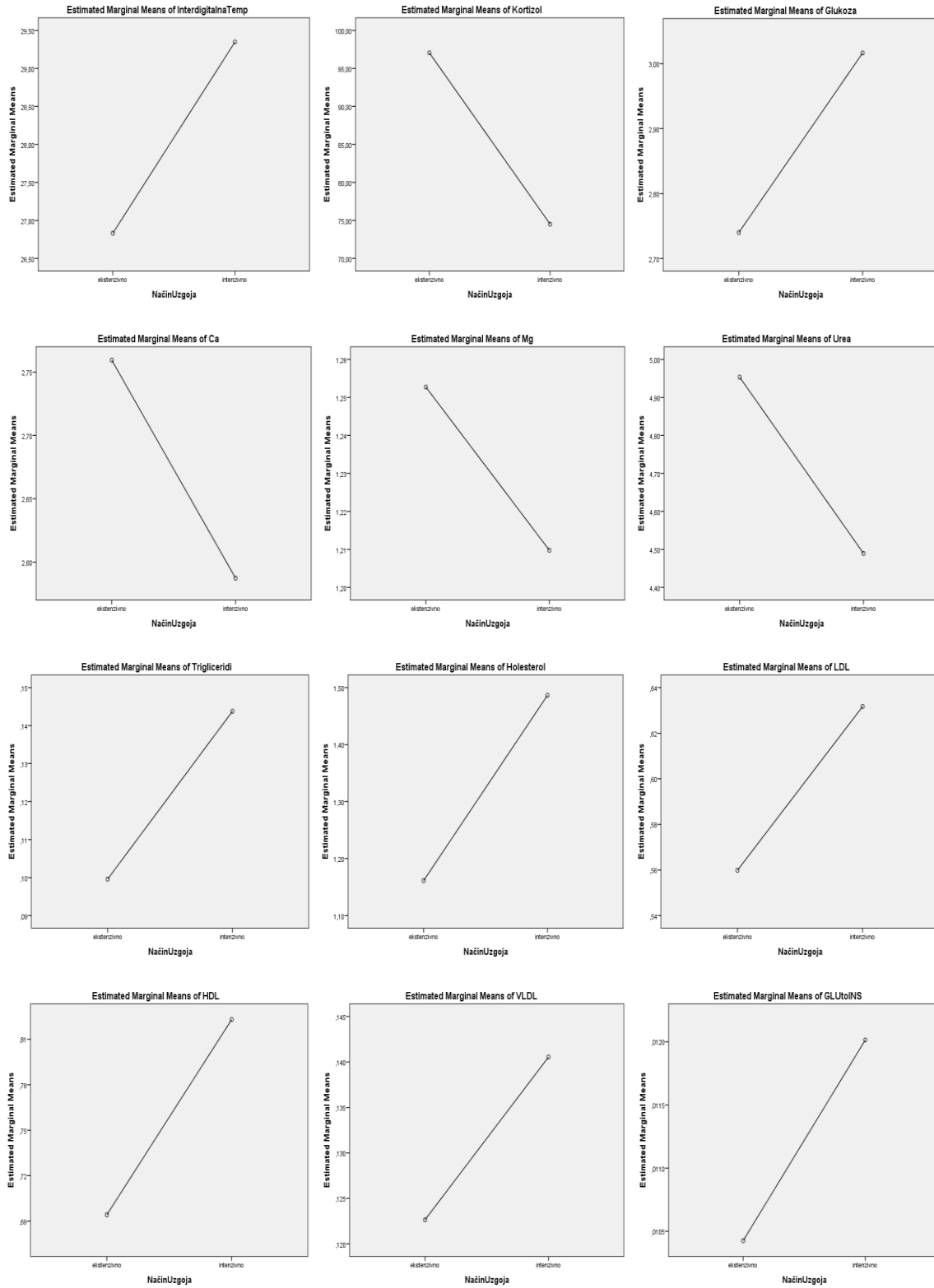
триглицерида, холестерола, LDL, HDL, VLDL и односа глюкоза : инсулин утврђене код оваца гајених интензивно.

Табела 8. Анализа варијансе телесних мера, телесне температуре и метаболичких параметара код оваца у различитом начину узгоја.

ПАРАМЕТРИ	df	Сума Квардата	Средина Квадрата	F Вредност	p
Висина Гребена	1	1946,583	1946,583	149,470	0,000
Дужина Група	1	24,305	24,305	0,942	0,334
Дубина Груди	1	44,202	44,202	10,450	0,002
Ширина Груди	1	29,086	29,086	5,043	0,027
Обим Груди	1	193,811	193,811	4,842	0,030
Ширина Карлице	1	14,646	14,646	2,350	0,129
Телесна Маса	1	2552,759	2552,759	33,058	0,000
Површина Тела	1	0,348	0,348	32,250	0,000
Метаболичка Величина Тела	1	179,402	179,402	32,545	0,000
Ректална Температура	1	1,873	1,873	17,611	0,000
Температура Носа	1	38,538	38,538	3,992	0,049
Температура Очију	1	7,235	7,235	3,615	0,060
Температура Предње Ноге	1	156,598	156,598	4,631	0,034
Температура Абдомена	1	133,582	133,582	2,707	0,103
CORT	1	12576,887	12576,887	19,582	0,000
T3	1	0,285	0,285	1,476	0,227
T4	1	223,636	223,636	2,244	0,137
INS	1	6136,219	6136,219	3,684	0,058
NEFA	1	0,007	0,007	1,009	0,318
BHB	1	0,012	0,012	0,428	0,515
GLU	1	1,890	1,890	8,418	0,005
Ca	1	0,733	0,733	9,146	0,003
P	1	0,010	0,010	0,173	0,678
Mg	1	0,046	0,046	4,079	0,046
TPORT	1	1,527	1,527	0,082	0,776
ALB	1	53,031	53,031	2,839	0,095
GLB	1	72,464	72,464	3,576	0,062
Urea	1	5,318	5,318	10,412	0,002
TGC	1	0,048	0,048	32,368	0,000
CHOL	1	2,614	2,614	24,866	0,000
LDL	1	0,128	0,128	4,935	0,029
HDL	1	0,410	0,410	8,658	0,004
VLDL	1	0,008	0,008	8,815	0,004
TBIL	1	0,701	0,701	1,018	0,315
DBIL	1	0,248	0,248	1,046	0,309
IBIL	1	0,120	0,120	0,314	0,577
CR	1	89,981	89,981	0,591	0,444
AST	1	81,681	81,681	0,482	0,489
ALT	1	2,822	2,822	0,193	0,661
GGT	1	27,478	27,478	0,101	0,751
LDH	1	282,595	282,595	0,787	0,377

ALP	1	59,644	59,644	0,106	0,746
CK	1	1733,595	1733,595	1,662	0,200
T3toT4	1	$1,561 \times 10^{-5}$	$1,561 \times 10^{-5}$	0,304	0,582
GLUtoINS	1	$6,241 \times 10^{-5}$	$6,241 \times 10^{-5}$	8,000	0,006
HOMA	1	1,128	1,128	1,283	0,260
QUICKI	1	$4,861 \times 10^{-5}$	$4,861 \times 10^{-5}$	0,794	0,375
RQUICKI	1	$3,922 \times 10^{-4}$	$3,922 \times 10^{-4}$	1,003	0,319
RQUICKIBHB	1	0,002	0,002	0,961	0,329





Графикон 138-158. Средње вредности испитиваних особина које се значајно разликују у зависности од начина узгоја.

5.7. Утицај топлотног стреса и начина узгоја на адаптацију оваца и значај термовизијског мерења телесне температуре

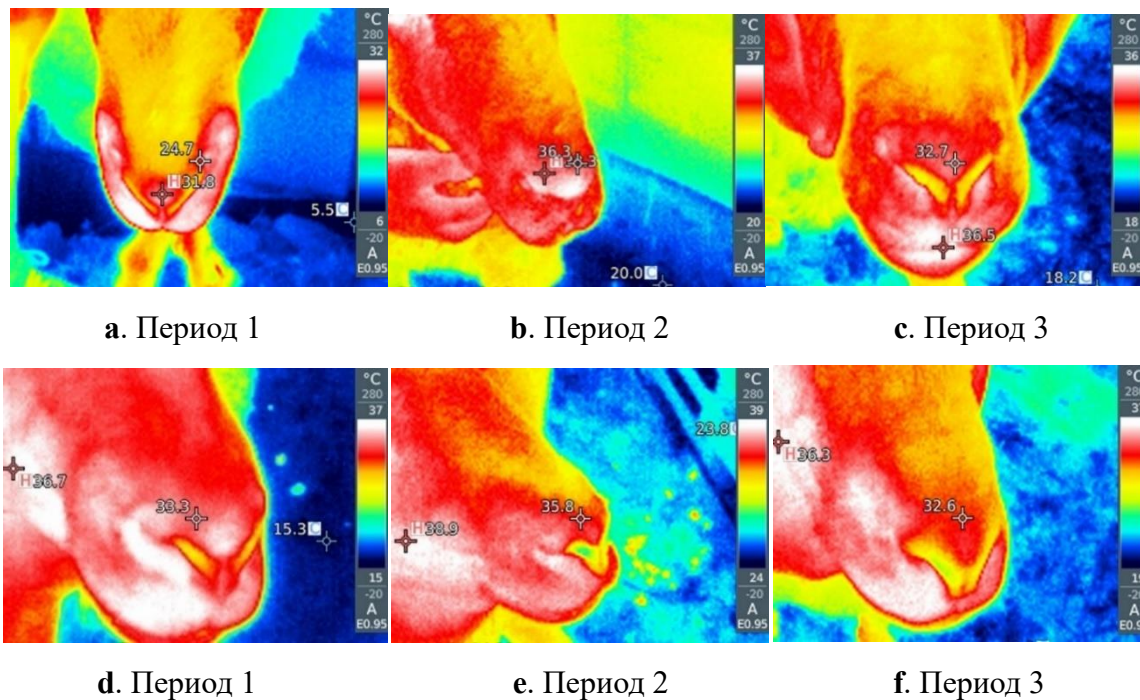
Телесна температура измерена ректалним путем или термографијом носа, ока, ногу или абдоминалног региона значајно се разликовала у функцији испитиваног периода, начина узгоја и њихове интеракције ($p < 0,05$). Измерена је значајно виша температура (ректалном и инфрацрвеном методом) у периоду јаког топлотног стреса (период 2) у поређењу са другим периодима (значајан ефекат периода) ($p < 0,05$), посебно код оваца које су држане екстензивно. Већа ректална температура је утврђена код оваца у интензивном узгоју, али је температура добијена инфрацрвеним снимањем била значајно виша код оваца у екстензивном систему узгоја (значајан ефекат узгоја) ($p < 0,05$). Промена телесне температуре код оваца у екстензивном узгоју током топлотног стреса била је много интензивнија него код оваца у интензивном узгоју, тако да је интеракција период×начин узгоја била значајна ($p < 0,05$). Овце држане интензивно у периоду 2 су имале сличну температуру као овце у периоду 3, где је постојао слаб до умерен топлотни стрес. Када се ради о овцама у периоду 1, који се показао као термонеутрални период, нађена је значајно нижа температура тела у односу на остале периоде, а посебно је занимљиво да су овце држане интензивно имале вишу температуру у односу на овце које су држане екстензивно у термонеутралном периоду. Резултати су приказани у табели 9.

Табела 9. Средње вредности ректалне и термографских температура у зависности од периода мерења и начина узгоја.

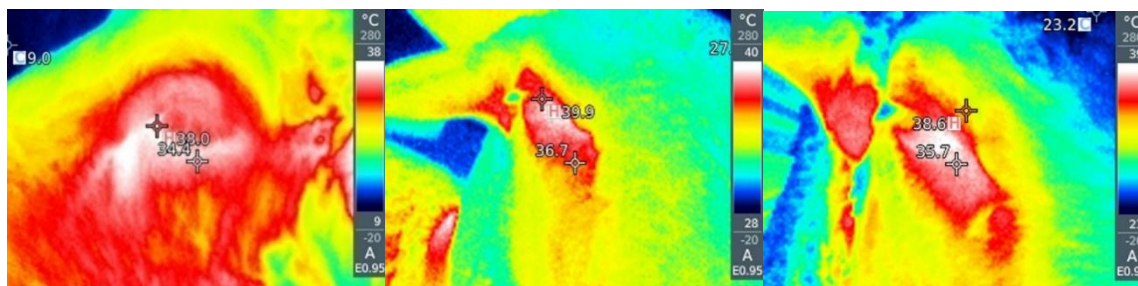
Параметри	Период 1		Период 2		Период 3		P		
	Екс	Инт	Екс	Инт	Екс	Инт	Период	Начин узгоја	Период × Начин узгоја
Ректална температура	39,1±0,35	39,7±0,35	39,6±0,21	39,5±0,21	39,2±0,26	39,5±0,23	0,017	0,000	0,000
Температура Носа	31,3±3,32	35,3±2,5	36,5±1,71	34,8±2,46	31,6±2,42	33,1±2,6	0,000	0,017	0,000
Температура Очију	36,8±1,3	39,3±0,91	39,8±1	38,1±0,71	37,8±1,19	38,7±1,18	0,002	0,014	0,000
Температура Предње Ноге	18,3±3,26	24,7±2,61	34,2±2,33	32,7±2	28,1±2,44	30,6±2,26	0,000	0,000	0,000
Температура Абдомена	16,01±3	23,4±1,84	36,4±2,21	32,7±1,09	26,9±3	30,1±2,19	0,000	0,000	0,000

Визуелном анализом инфрацрвеног термографа закључује се да су термографске методе много осетљивије на промене услова околине у односу на ректалну температуру. Ректална температура даје мала одступања вредности између група у функцији периода и начина узгоја оваца (за 0,1-0,6 °C). Нешто већа одступања даје температура носа и температура очију између различитих група (за око 2-5 °C). Температура предње ноге и температура абдомена дају највећа одступања између оваца у термонеутралном периоду и током топлотног стреса (за 16-20 °C). У оквиру термографских метода најосетљивије су

температура предње ноге и температура абдомена, што је веома важно и за визуелну процену добијеног термографа, при чему је битно да разлике буду уочљивије. Добијени резултати за све четири термографске методе приказани су на сликама 2-5. Утврђена је значајна позитивна корелација између ТНІ индекса и температуре предње ноге и абдомена ($p < 0,05$) (Сл. 6а), али не постоји значајна линеарна корелација ТНІ са ректалном температуром, температуром носа и очију ($p > 0,05$) (Сл. 6б), што потврђује њихову мању осетљивост на спољашње амбијенталне услове, у односу на статистички значајну позитивну корелацију између ТНІ и температуре ногу и абдомена ($p < 0,05$).



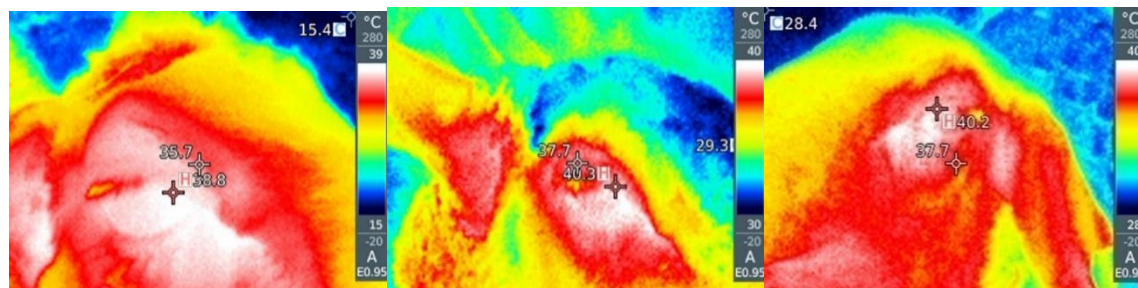
Слика 2. а-ф: Инфрацрвена термографија носа: а-с на паши, d-f у штали, у три експериментална периода.



a. Период 1

b. Период 2

с. Период 3

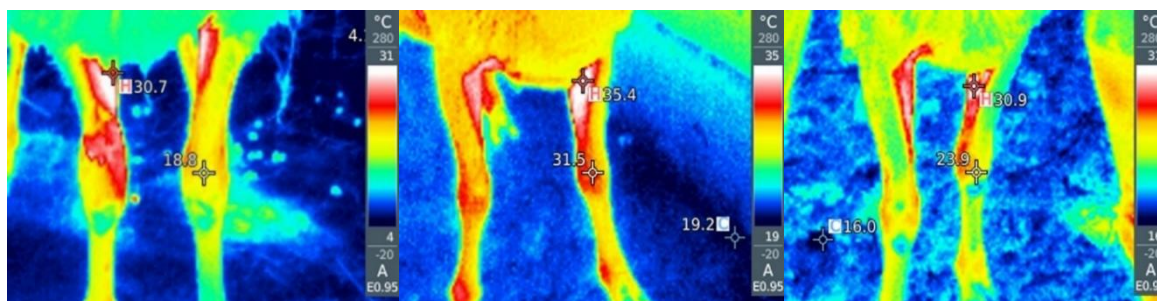


d. Период 1

e. Период 2

f. Период 3

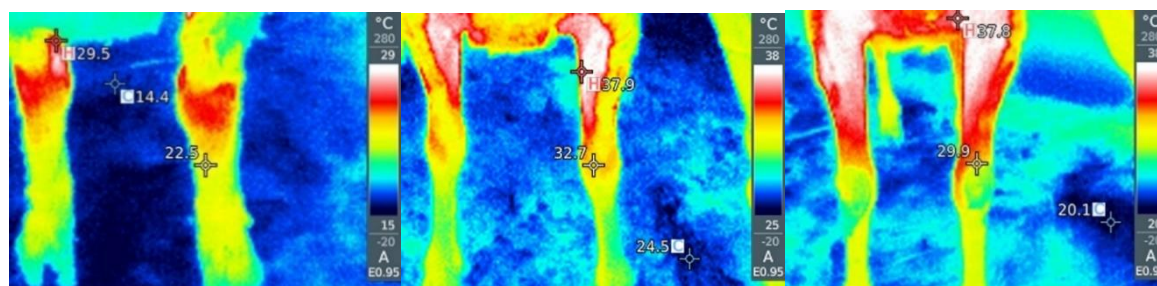
Слика 3. а-ф: Инфрацрвена термографија ока: а-с на паши, d-f у штали, у три експериментална периода.



a. Период 1

b. Период 2

с. Период 3

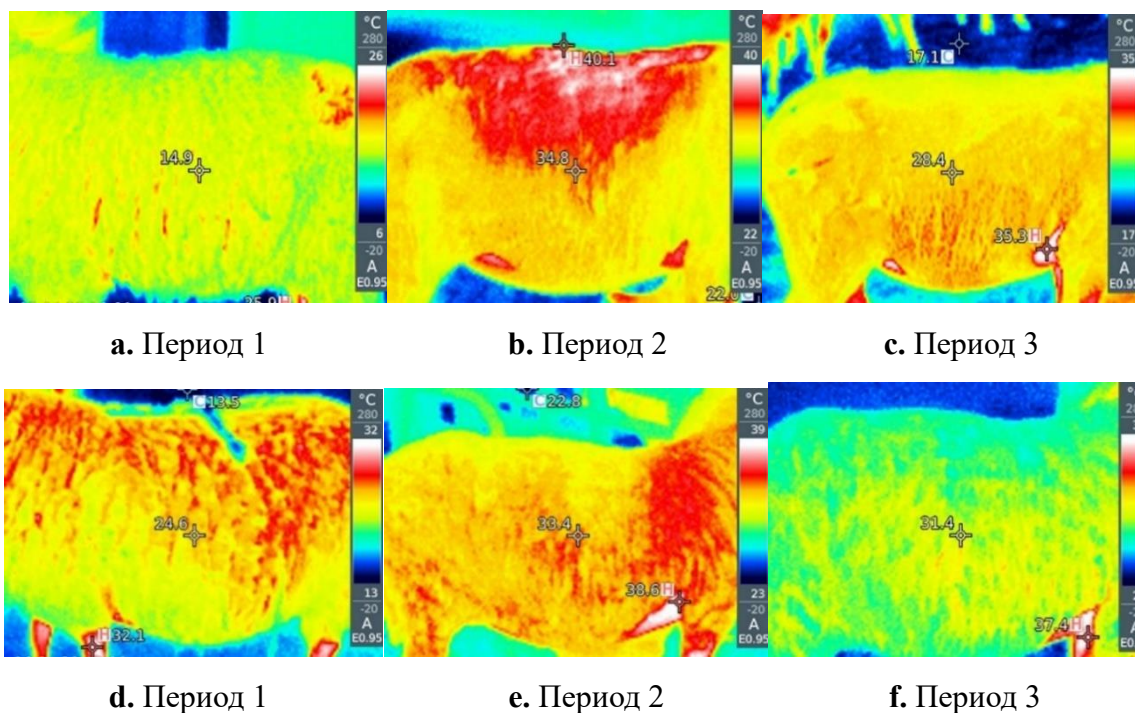


d. Период 1

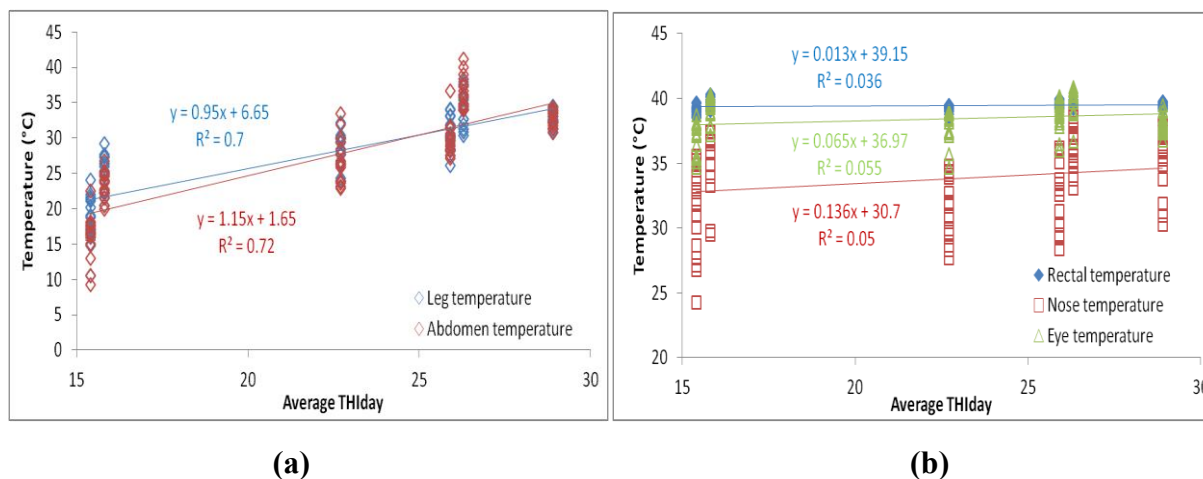
e. Период 2

f. Период 3

Слика 4. а-ф: Инфрацрвена термографија предње ноге: а-с на паши, d-f у штали, у три експериментална периода.



Слика 5. а-ф: Инфрацрвена термографија абдомена: а-с на паши, д-ф у штали, у три различита периода експеримента.



Слика 6. Линеарна корелација и регресија између просечног дневног ТНІ и (а) - температуре ногу и абдомена, (б) - ректалне, носне, очне температуре.

Топлотни стрес (период) је значајно утицао на вредности свих испитиваних биохемијских параметара ($p < 0,05$), осим триглицерида, глобулина, НОМА и QUICKI индекса инсулинске резистенције. Топлотни стрес код оваца довео је до значајних метаболичких промена које се карактеришу: повећаном вредности кортизола, инсулина, укупних протеина, албумина, урее, креатинина, свих билирубина, AST, ALT, GGT, ALP, LDH, СК, RQUICKI и RQUICKI_{ВНВ} индекса, док је нађено опадање вредности Т3, Т4, NEFA, ВНВ, глукозе, Са, Р, Mg и свих холестерола. Начин узгоја је имао значајан утицај ($p < 0,05$) на вредности кортизола, инсулина, Са, Mg, албумина и урее које су веће у

екстензивном, T3, T4, глюкозе, триглицерида и свих холестерола које су ниже у екстензивној групи. Интеракција периода и начина узгоја није статистички значајно утицала на метаболичке параметре ($p>0,05$), осим за вредности креатинина и HDL холестерола на које је њен утицај био значајан ($p<0,05$). Резултати су приказани у табели 10.

Табела 10. Средње вредности метаболичких параметара у зависности периода мерења и начина узгоја.

Параметри	Период 1		Период 2		Период 3		p		
	Екс	Инт	Екс	Инт	Екс	Инт	Период	Начин узгоја	Период× Начин узгоја
CORT (nmol/L)	77,9±25,1	48,14±17	117,5±14	97,6±11,8	95,8±22,1	77,7±11,2	0,000	0,000	0,352
T3 (nmol/L)	1,43±0,32	1,53±0,3	0,51±0,1	0,62±0,1	0,76±0,2	0,89±0,2	0,000	0,012	0,957
T4 (nmol/L)	41±4,13	44,27±5,5	18,47±1,9	22,13±2,7	27,38±2,8	29,47±3,7	0,000	0,000	0,660
INS (mU/L)	237,9±33	231,1±28	299,2±40	265,4±33	279,6±39	272,9±33	0,000	0,027	0,194
NEFA(mmol/L)	0,43±0,1	0,43±0,06	0,3±0,07	0,32±0,1	0,37±0,05	0,41±0,07	0,000	0,217	0,509
BHB (mmol/L)	0,58±0,1	0,65±0,1	0,32±0,13	0,33±0,1	0,36±0,12	0,34±0,09	0,000	0,295	0,245
GLU (mmol/L)	3,12±0,3	3,5±0,43	2,37±0,18	2,69±0,37	2,73±0,4	2,87±0,4	0,000	0,000	0,366
Ca (mmol/L)	2,95±0,12	2,68±0,37	2,66±0,14	2,47±0,31	2,66±0,26	2,61±0,3	0,001	0,002	0,250
P (mmol/L)	2,08±0,24	2,04±0,26	1,86±0,24	1,9±0,2	1,95±0,22	1,89±0,24	0,004	0,665	0,596
Mg (mmol/L)	1,29±0,11	1,26±0,1	1,22±0,07	1,2±0,12	1,25±0,11	1,17±0,1	0,017	0,040	0,375
TProt (g/L)	64,77±2,6	65,4±2,7	72,95±3,4	73,01±2,6	70,17±2,7	70,22±3	0,000	0,665	0,895
ALB (g/L)	33,34±1,6	32,12±1,8	40,01±1,8	38,08±1,9	37,37±1,7	36,12±1,3	0,000	0,040	0,894
GLB (g/L)	31,44±3,1	33,28±2,1	32,94±4	34,93±3,9	32,8±2,9	34,1±3,5	0,358	0,064	0,948
Urea (mmol/L)	4,58±0,4	4,11±0,67	5,41±0,53	5,15±0,7	4,87±0,6	4,21±0,6	0,000	0,000	0,410
TGC (mmol/L)	0,11±0,03	0,16±0,05	0,09±0,03	0,13±0,04	0,1±0,03	0,14±0,05	0,111	0,000	0,895
CHOL (mmol/L)	1,30±0,2	1,65±0,4	0,97±0,2	1,3±0,31	1,21±0,21	1,52±0,4	0,000	0,000	0,968
TBIL (μmol/L)	3,15±0,8	3,48±0,6	4,1±0,83	4,24±0,75	3,31±0,81	3,35±0,54	0,000	0,259	0,719
DBIL (μmol/L)	1,24±0,44	1,43±0,36	1,69±0,6	1,73±0,44	1,36±0,51	1,43±0,4	0,003	0,288	0,793
IBIL (μmol/L)	1,91±0,65	2,05±0,5	2,4±0,45	2,51±0,8	1,95±0,63	1,92±0,36	0,001	0,553	0,814
CR (U/L)	88±10,4	94,4±6,66	110±13	106,6±7,6	106,3±9,1	97,6±10,1	0,000	0,332	0,008
AST (U/L)	50,42±9,7	53,7±12,8	61±10,2	63,3±16,5	58,12±11	58±14,2	0,006	0,474	0,857
ALT (U/L)	34,51±2,3	35,1±2,07	42,65±3,1	40,6±2,7	38,56±2,5	39,05±2,4	0,000	0,508	0,061
GGT (U/L)	53,9±13,3	57,23±16	66±18,6	64,9±16,2	62,41±17	63,31±16	0,042	0,748	0,856
LDH (U/L)	129±10,6	126,3±17	160,5±14	148,8±18	139,1±16	144,1±16	0,000	0,276	0,092

ALP (U/L)	118±23,9	121,4±14	144,8±28	141,9±19	131,4±24	135,7±20	0,000	0,727	0,771
CK (U/L)	165,4±51	149,9±11	198,4±20	193,3±37	167,7±14	163,2±9,3	0,000	0,143	0,676
HOMA	4,77±0,85	5,2±1,1	4,55±0,75	4,62±1,07	4,87±0,9	5,02±1,02	0,162	0,260	0,723
QUICKI	0,31±0,01	0,3±0,01	0,31±0,01	0,31±0,01	0,3±0,01	0,3±0,01	0,130	0,373	0,694
RQUICKI	0,34±0,01	0,34±0,01	0,37±0,02	0,37±0,03	0,35±0,01	0,34±0,01	0,000	0,246	0,906
RQUICKIВНВ	0,38±0,01	0,36±0,02	0,46±0,05	0,45±0,05	0,42±0,03	0,41±0,03	0,000	0,158	0,937

5.8. Корелација између биохемијских параметара крви и телесне температуре измерене ректално и инфрацрвеном термографијом

Корелација биохемијских параметара крви и ректалне температуре није била статистички значајна ($p > 0,05$), осим за Са ($p < 0,01$) и триглицериде ($p < 0,05$). Температура носа и очију су показали статистички значајну, али слабу линеарну корелацију са одређеним биохемијским параметрима крви. Вредности температуре предње ноге и абдоминалне температуре су показале статистички значајну ($p < 0,05$) и врло значајну ($p < 0,01$) линеарну корелацију са готово свим параметрима крви, изузимајући њихову корелацију са GLB, TGC и HOMA и QUICKI индексима која је била несигнификантна ($p > 0,05$). Јачина корелације ове две методе термографије са биохемијским параметрима крви кретала се од слабе (сви холестероли и билирубини, P, AST, GGT), до умерене (кортизол, инсулин, NEFA, ВНВ, глукоза, Са, Mg, укупни протеини, албумини, уреа, креатинин, ALT, ALP, LDH, CK, RQUICKI, RQUICKIВНВ) и јаке (Т3, Т4). Резултати су приказани у табели 11.

Табела 11. Коефицијенти корелације између метаболичких параметара крви и телесне температуре током експерименталног периода.

	Ректална температура	Температура носа	Температура очију	Температура предње ноге	Температура абдомена
COR	-0,109	-0,005	0,040	0,448**	0,474**
T3	-0,082	-0,196	-0,247*	-0,698**	-0,723**
T4	-0,091	-0,229*	-0,224*	-0,760**	-0,776**
INS	0,096	0,153	0,099	0,445**	0,427**
NEFA	-0,104	-0,143	-0,226*	-0,451**	-0,468**
ВНВ	-0,046	-0,055	-0,107	-0,627**	-0,632**
GLU	-0,026	-0,208*	-0,259**	-0,516**	-0,547**
Са	-0,260**	-0,195	-0,254*	-0,447**	-0,416**
P	-0,028	-0,105	-0,156	-0,269**	-0,216*
Mg	-0,051	-0,022	-0,072	-0,315**	-0,259**
TPROT	0,005	0,152	0,123	0,651**	0,656**
ALB	0,037	0,153	0,172	0,449**	0,492**
GLB	-0,032	-0,003	-0,049	0,185	0,149
Urea	-0,051	0,055	0,033	0,319**	0,321**
TGC	0,225*	0,125	0,080	-0,058	-0,024
CHOL	0,105	0,010	-0,062	-0,233*	-0,225*
TBIL	0,074	0,331**	0,140	0,321**	0,372**

DBIL	0,183	0,328**	0,092	0,268**	0,325**
IBIL	-0,045	0,183	0,114	0,218*	0,242*
CR	0,196	0,317**	0,183	0,550**	0,572**
AST	0,036	0,149	0,178	0,232*	0,324**
ALT	0,111	0,355**	0,269**	0,666**	0,693**
GGT	0,103	0,090	0,145	0,283**	0,292**
LDH	0,101	0,214*	0,212*	0,471**	0,554**
ALP	-0,041	0,044	0,207*	0,366**	0,350**
CK	0,126	0,305**	0,177	0,290**	0,384**
HOMA	0,048	-0,072	-0,170	-0,089	-0,134
QUICKI	-0,029	0,089	0,160	0,105	0,139
RQUICKI	0,078	0,183	0,270**	0,386**	0,403**
RQUICKIBHB	0,126	0,183	0,277**	0,625**	0,639**
** -Корелација је значајна на нивоу $p < 0,01$; * -Корелација је значајна на нивоу $p < 0,05$.					

6. ДИСКУСИЈА

6.1. THI индекс и вредности испитиваних параметара код оваца

За процену штетног утицаја топлотног стреса на продуктивне перформансе животиња индекс температуре и влажности се показао као најкориснији, при чему је у бројним истраживањима најзаступљенији термални индекс. Преовлађујући индекс укључује температуру ваздуха и релативну влажност, отуда се назива индекс температуре и влажности или THI (temperature-humidity index). THI и његове варијанте су дуготрајан и широко примењен индикатор(и) топлотног комфора за домаће животиње (Wijffels i sar., 2020). Данас се спроводе обимна истраживања о примени и процени THI и његових варијанти. У већини истраживања утицаја топлотног стреса на овце, где је температура изражена у °C, добијене вредности указују или на одсуство топлотног стреса (THI <22,2), умерени топлотни стрес (THI 22,2 до 23,3), јак топлотни стрес (THI 23,3 до 25,6) или веома јак топлотни стрес (THI 25,6 и више) (Marai et al., 2001). За разумевање топлотног оптерећења оваца у Србији потребно је размотрити годишње извештаје Републичког хидрометеоролошког завода Србије (РХМЗ), институције која прати климу Србије од краја 19. века. Према мерењима РХМЗ-а, тринаест од петнаест најтоплијих година у Србији регистровано је после 2000. године, при чему су 2022. (период огледа) и 2023. година забележене као најтоплије године до сада, како у Србији тако и глобално (Republički hidrometeorološki zavod, 2023; World meteorological organisation, 2023). Климатски подаци за Србију и регион показују да су након 2000. године наступила одређена климатска одступања која су створила услове за топлотни стрес. Vranić and Milutinović (2016) су закључили да ће Србија највероватније доживети пораст просечне температуре до 4°C уз смањење летњих падавина до 50%. Линеарне промене и одступања указују на то да би ове промене могле бити још драматичније у будућности. Поред пораста просечних температура, максимална измерена температура и повећање температурних одступања указују на значајан проблем са топлотним стресом. Веома важан проблем који изазива топлотни стрес је развој топлотних таласа. Топлотни таласи представљају велике аномалије у температури околине тако да температура одступа за више од 5 у односу на вишедеценијски просек (стандард је дефинисала свака држава за себе према географским карактеристикама). Ови топлотни таласи се јављају у најтоплијем делу године (јул и август), мада се таласи одступања могу јавити и у другим годишњим добима (Cincović et al., 2023). Током топлотних таласа долази до високе влажности, дани и ноћи постају тропски, а стварају се укупни услови за развој великог топлотног стреса код животиња и људи. Број и трајање топлотних таласа се повећава са глобалним загревањем (Guo et al., 2017). Уколико се не предузму мере заштите животне средине и не смањи загревање, имаћемо око четири топлотна таласа више него данас, који ће бити знатно дужи, а и поједине екстремне године могу постати један скоро непрекидан топлотни талас. У овом случају нас очекују лета током којих се максималне дневне температуре неће спуштати испод 35°C (Cincović et al., 2023).

THI је коришћен за процену нивоа топлотног стреса, и резултати су показали повећање THI у току летњих месеци, при чему добијене вредности указују на постојање топлотног стреса за месеце мај, јун, јул и август, што је у складу са налазима многих претходних студија. Cincović et al. (2017) и Majkić et al. (2017, 2020) су истраживали вредности THI индекса у десетогодишњем периоду од 2005. до 2016. године,

вредности ТНІ добијене са различитих мерних места у Војводини као и тренд промене вредности ТНІ индекса. Резултати су показали да је просечна максимална вредност ТНІ у периоду од 2005. до 2016. године указивала на постојање топлотног стреса током маја, јуна, јула и августа, а септембар је током одређеног броја дана достигао критичну вредност. У периоду од 2005. до 2016. године забележен је позитиван линеарни тренд вредности ТНІ, измерен у најтоплијем делу дана, као и статистички значајан позитиван линеарни тренд повећања вредности ТНІ током сваког месеца, осим јануара, октобра и новембра. У истраживању Hossein-Zadeh (2013) је нађено да су највише вредности ТНІ индекса забележене у јуну, јулу, августу и септембру. Слични подаци забележени су и у другим земљама (Beniston, 2004; Broucek et al. 2007; Novak et al., 2009; Könyves et al., 2017). Период 1 се показао као термонеутрални период, у којем је узак опсег температуре околине које су повољне за нормалну производњу и добробит, што је при вредности ТНІ испод 22,2. Већ са почетком лета резултати су показали да ТНІ вредности прелазе горњу критичну тачку, у којој топлотни стрес почиње штетно да утиче на животиње, што је изнад 22,2 ТНІ вредности (период 2 и 3). На основу ТНІ вредности, топлотни стрес у периодима 2 и 3 је постојао током дана, што је и очекивано, док током вечерњих и јутарњих часова није. Слично овој студији, у истраживању McManus et al. (2015) код јагњади, забележене су највеће вредности ТНІ у поподневним сатима. У истраживањима Neves et al. (2009) код оваца и Paím et al. (2012) код јагњади показало се да су животиње претрпеле највиши термички стрес у 12:00 h. Finocchiaro et al. (2005) су установили да топлотни стрес утиче на производњу медитеранских млечних оваца на $TNI \geq 23$, код бразилских оваца на $TNI \geq 24$ (McManus et al., 2009), док Sevi et al. (2001) су известили да топлотни стрес утиче на овце Комисана расе када је $TNI \geq 27$. Иако су овце отпорније на топлотни стрес од већих преживара, на основу налаза закључујемо да ТНІ већ од 23 утиче штетно на овце.

ТНІ је израчунат према подацима републичког хидрометеоролошког завода Србије (РХМЗ) и подацима добијеним из метеоролошке станице (Sencor SWS 51 B). Један од најкритичнијих аспеката коришћења биоклиматских индекса је прикупљање метеоролошких података. У идеалном случају, метеоролошке станице треба да буду постављене у непосредној близини угрожених животиња (Wijffels et al., 2020). Метеоролошка станица Sencor састојала се из две јединице и обе су биле постављене у непосредној близини животиња, једна унутар објекта где су се овце држале интензивно, док друга споља у близини испаше за овце држане екстензивно. Резултати су показали да се вредност ТНІ током времена мења на идентичан начин у затвореном и отвореном систему узгоја, с тим што је у интензивном узгоју у просеку већа за 0,22 јединице, што не утиче на оптерећење топлотним стресом. Gaughan et al. (2010) су истражили разлике метеоролошких података прикупљених од стране две аутоматизоване метеоролошке станице постављене на различитим локацијама, једна близу товилишта, а друга унутар товилишта. Метеоролошка станица унутар товилишта је забележила вишу температуру и влажност ваздуха од станице ван товилишта, па су тако и вредности ТНІ у товилишту биле више. Температура и влажност ваздуха у објекту зависе од много фактора као што су број грла, вентилација, простирка, стајњак итд. Ако микроклиматски услови у објекту нису задовољавајући, доћи ће до оптерећења животиња топлотним стресом.

Подаци о температури и влажности ваздуха добијени уз помоћ метеоролошке станице Sencor, у поређењу са подацима о температури и влажности ваздуха републичког хидрометеоролошког завода Србије, не показују значајне разлике, што значи да се на

газдинствима може користити кућна метеоролошка станица за процену временских услова. Међутим, у појединим истраживањима је пријављено другачије. Schülleret al. (2013) и Shock et al. (2016) истраживали су разлике температуре околине, релативне влажности и индекса температуре и влажности између мерења на фарми кућним метеоролошким станицама и званичних метеоролошких података које су забележиле најближе државне метеоролошке станице. Резултати су показали да су вредности ТНІ индекса добијене уз помоћ података кућних метеоролошких станица имале значајно већи дневни максимум и средњи ТНІ, и већи број дана изнад ТНІ прагова у односу на резултате ТНІ индекса добијене уз помоћ података са државних метеоролошких станица. Штавише, није било доследних односа између услова у шталаи и званичних метеоролошких података за већину поређења. Schülleret al. (2013) су открили вишеструке и значајно различите микроклиме у шталама у односу на државне метеоролошке станице. На основу добијених резултата и истражене литературе, може се закључити да су кућне метеоролошке станице свакако поузданије за израчунавање ТНІ вредности од државних метеоролошких станица, посебно ако су постављене у непосредној близини животиња.

Линеарна мерења тела на живим животињама су широко распрострањена и користе се у истраживачком раду као једноставно средство за бележење одређених аспеката животињског раста и облика (Salako, 2006). Линеарна мерења се могу користити за процену брзине раста, телесне масе, искоришћења хране и карактеристика трупа, за праћење односа између производних перформанси, визуелне процене и физичких мерења (Lawrence and Fowler, 1998; Fourie et al., 2002). Од свих оваца коришћених у огледу узете су телесне мере и извршена је анализа добијених података израчунавањем основних параметара дескриптивне статистике (аритметичка средина, стандардна девијација, интервал варијације и варијанса).

Проучавање преноса топлоте између животиње и њеног окружења често захтева познавање површине и метаболичке величине тела, што се може предвидети из телесне масе и телесних мера. Размена топлоте између животиње и околине је главна компонента метаболичке производње топлоте, поред компоненти раста, производње млека, бременитости и физичке активности. Површина тела животиње је међуфаза за конвективне, радиационе и евапоративне губитке топлоте коже, допуњене конвективним и евапоративним губитком топлоте преко респираторног система (Berman, 2003). Површина тела је компонента модела топлотне размене (McGovern and Bruce, 2000; Turnpenny et al., 2000; Gebremehdinand Wu, 2001) и користи се у моделима енергетских захтева (ARC, NRC, CNCPS) за израчунавање енергетских потреба у условима хладног и топлотног стреса. Процена површине тела је драгоцене за процену енергетских потреба на хладноћи, као и за процену топлотног стреса на вишим температурама околине. Капацитет за контролу животињског окружења значајно се повећао последњих деценија. Развој метода за ублажавање топлотног стреса принудном вентилацијом и појачаним испаравањем ствара могућност коришћења аутоматизованих система за ублажавање топлотног стреса. Имплементација ових система захтева процену доње и горње критичне температуре (доња граница опсега топлотног комфора), као и стопе развоја хладног и топлотног стреса на температурама околине које одступају од доње критичне температуре. Једначине које дају ове процене садрже као кључне елементе вредности површине тела, топлотне изолације и метаболичке производње топлоте (Berman, 2003). Зато је важно израчунавање површине и метаболичке величине тела, што је и представљено у резултатима, где је површина тела

оваца износила просечно $0,96 \pm 0,12 \text{ m}^2$ а метаболичка величина тела $22,04 \pm 2,7$. Поређење резултата површине и метаболичке величине тела добијених у овом експерименту са објављеним подацима је компликовано због малог броја оваца у неким студијама и разликама у исхрани и стрижењу.

Ректална температура као метод који се највише користи у процени топлотног оптерећења животиња, измерена је код оваца и кретала се од $38,5-40,3^\circ\text{C}$ у току целог огледа, са мањим одступањем од нормалне вредности, која за овце износи $38,5-39,9^\circ\text{C}$. Међутим, за откривање промена телесне температуре код животиња поузданије су неинвазивне методе, међу којима је најпознатија инфрацрвена термографија. Овом методом измерена је температура очију, носа, предње ноге и абдомена оваца на различитим локацијама. Мали број студија се бавио мерењем телесне температуре инфрацрвеном термографијом код оваца, па ће тако вредности ових параметара које су приказане у резултатима, послужити у будућим истраживањима.

Метаболичка адаптација, односно промене у вредностима различитих параметара биохемије крви, привлачи највећу пажњу истраживача. У резултатима су приказане вредности метаболичких параметара оваца у току целог огледа. Добијене вредности се пореде са референтним вредностима, дистрибуцијом, лимитом или интервалом. Одређивање референтног интервала у лабораторији је од велике важности, узимајући у обзир да је циљ одређивања референтног интервала, који одговара здравим јединкама, квалитетна детерминација здравих и оболелих јединки, а њиховим поређењем се утврђују сличности и разлике код различитих врста и сојева животиња (Cincović and Belić, 2020). За одређивање енергетског статуса коришћена је концентрација глукозе (GLU), неестерификованих масних киселина (NEFA), бета-хидроксибутирата (BHB), холестерола (CHOL) и триглицерида (TGC). Код малих преживара, као и код крава, постоји метаболичка адаптација на негативни енергетски биланс, па је познавање ових параметара и њихових референтних опсега од велике важности (Mohammadi et al., 2016; Milošević-Stanković et al., 2020). Вредности ових параметара у току целог огледа кретале су се у зависности од периода и осталих фактора и износиле су: GLU $2-4,2 \text{ mmol/L}$, NEFA $0,14-0,52 \text{ mmol/L}$, BHB $0,15-0,85 \text{ mmol/L}$, CHOL $0,69-2,68 \text{ mmol/L}$ и TGC $0,06-0,23 \text{ mmol/L}$. Протеини крви се мењају у различитим физиолошким и патолошким стањима и на основу тих промена оцењује се метаболички статус животиња и дијагностикују поједина обољења (Horvat, 2012). За одређивање протеинског статуса коришћена је концентрација уреје, креатинина (CR), укупних протеина (TPROT), албумина (ALB), глобулина (GLB) као и активност ензима креатин киназе (СК), а вредности су се кретале: уреа $3-6,46 \text{ mmol/L}$, CR $75,48-131,33 \text{ U/L}$, TPROT $60,78-79,42 \text{ g/L}$, ALB $3,56-43,68 \text{ g/L}$, GLB $26,66-61,27 \text{ g/L}$ и СК $130-358 \text{ U/L}$. Потребна количина минералних елемената у храни за животиње је врло мала, али је обавезна њихова правилна и довољна снабдевеност за нормално функционисање организма. Одређивање минералног статуса обављено је концентрацијом калцијума (Ca), фосфора (P) и магнезијума (Mg), чије су су се вредности кретале: Ca $1,92-3,21 \text{ mmol/L}$, P $1,44-2,5 \text{ mmol/L}$ и Mg $1,02-1,6 \text{ mmol/L}$. За одређивање показатеља функционалног стања јетре испитивана је концентрација билирубина и ензима аспартат аминокиселин-трансфераза (AST), аланин аминокиселин-трансфераза (ALT), гама-глутамил трансфераза (GGT), лактат дехидрогеназа (LDH) и алкална фосфатаза (ALP). Вредности ових параметара биле су: билирубин $1,9-5,76 \text{ }\mu\text{mol/L}$, AST $36,5-90,91 \text{ U/L}$, ALT $30,9-50,13 \text{ U/L}$, GGT $25,7-105,25 \text{ U/L}$, LDH $98-187,5 \text{ U/L}$ и ALP $88-195 \text{ U/L}$. Хормони важни у процесу

адаптације на топлотни стрес су кортизол, тријодтиронин T3, тетрајодтиронин или тироксин T4 и инсулин, чије су вредности испитане и кретале су се: кортизол 15,4-141,6 nmol/L, T3 0,35-2,2 nmol/L, T4 15,3-52,1 nmol/L и инсулин 199-386,22 mU/L. Графички су приказани облик дистрибуције и одступање добијене дистрибуције фреквенција. Одређивање облика дистрибуције фреквенција помаже у адекватној статистичкој интерпретацији добијених података. Добијени резултати показују да велики број параметара код испитиваних оваца показује нормалну дистрибуцију фреквенција. У студији Sincović et al. (2020), чији је циљ био да се утврде референтни опсези за хематолошке и одабране биохемијске параметре у крви овнова босанске праменке, добијене су следеће референтне вредности одређених биохемијских параметара: GLU 2,41-6,93 mmol/L; CHOL 0,93-1,91 mmol/L; BHB 0,18-0,54 mmol/L; TPROT 56,53-70,51 g/L; ALB 29,81-40,05 g/L; GLB 22,13-35,05 g/L; уреа 2,25-9,57 mmol/L; билирубин 2,21-11,35 μ mol/L; AST 58-244 IU/L; LDH 172-455 IU/L. Слично резултатима у овој студији, велики број параметара код испитиваних овнова не показује нормалну дистрибуцију фреквенција. Код личке праменке, Vugrovecić et al. (2017) пронашли су следеће референтне вредности за биохемијске параметре крви: TPROT 66,7-91 g/L; ALB 35,4-47,5 g/L; уреа 6-10,9 mmol/L; билирубин 5-11 μ mol/L; GLU 1,4-3,7 mmol/L; CHOL 0,74-2,7 mmol/L; AST 110-241 IU/L. У једној студији у Хрватској, Šimpraga et al. (2013) су утврдили следеће вредности биохемијских параметара крви код органски гајених оваца: TPROT 66,8-87,4 g/L; ALB 28,5-44,7 g/L; уреа 3,5-7,8 mmol/L; GLU 2,9-4,3 mmol/L; AST 66,2-129,3 IU/L. Проучавајући биохемијске параметре крви код каракачанске овце Stevanović et al. (2015) наводе следеће вредности: TPROT 68,8-81 g/L; ALB 28,5-32,6 g/L; уреа 8,3-11,5 mmol/L; билирубин 2-3 μ mol/L; GLU 3,5-4,6 mmol/L; CHOL 1,2-2,0 mmol/L; AST 85-138 IU/L и LDH 373-509 IU/L. Сумирајући литерарне податке великог броја истраживача, Kaneko et al. (2008), су приказали следеће референтне вредности биохемијских параметара крви оваца: TPROT 60-79 g/L; ALB 24-30 g/L; уреа 2,86-7,14 mmol/L; билирубин 1,71-8,55 μ mol/L; GLU 2,78-4,44 mmol/L; CHOL 1,35-1,97 mmol/L; AST 60-280 IU/L. Добијене вредности у спроведеном истраживању могу се упоредити са вредностима добијеним на нашем географском подручју, као и са вредностима које се користе у светској литератури, међутим различити фактори могу утицати на вредности биохемијских параметара крви као што су лактација, гравидитет, паша, минерални састав хранива, топлотни стрес, начин узгоја итд., о чему ће бити дискутовано у наставку.

6.2. Утицај топлотног стреса на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца

Анализом резултата утицаја топлотног стреса на испитиване особине оваца применом општег линеарног модела, може се закључити да је топлотни стрес утицао на већину испитиваних особина. Што се тиче телесних мера, топлотни стрес је значајно утицао ($p < 0,05$) на вредности дужине трупа, ширине груди, обима груди и ширине карлице, док је његов утицај на висину гребена, дубину груди, телесну масу, површину и метаболичку величину тела био несигнификантан ($p > 0,05$). Незнатан број аутора се бавио питањем утицаја топлотног стреса на особине телесних мера, како код оваца тако и код осталих врста животиња. Међутим, карактеристике телесних мера се могу користити за процену адаптације животиња на топлоту (Marai et al., 2007). У екстремно врућим срединама, на механизме терморегулације утичу величина и облик тела, од којих директно зависи брзина метаболизма животиње. Животиње веће величине тела имају нижу брзину

метаболизма од мањих животиња и одају топлоту спорије (Silanikove, 2000b; Cain et al., 2006). Alfonzo et al. (2016) су истраживали повезаност карактеристика телесних мера са топлотним стресом код различитих генетских група млечних говеда. Резултати су показали да су Холштајн краве имале више просеке за све телесне параметре, што је показало да су ове животиње више патиле од топлотног стреса у поређењу са кравима Гироландо расе. Fitzhugh (1978) је навео да мања величина тела може имати важне биолошке предности и аспекте везане за адаптацију и отпорност. Међутим, тешко је установити идеалну величину животиње за све ситуације. McManus et al. (2011), у студији која процењује топлотну толеранцију говеда, закључују да од свих испитиваних телесних мера дубина и обим грудног коша су се показале као варијабле које највише утичу на топлотну толеранцију.

Раст животиња и повећање телесне масе је под утицајем генетских и спољашњих фактора. Доступни хранљиви састојци, хормони и ензими, као и повишене температуре околине сматрају се неким од фактора животне средине који могу утицати на дневни прираст (Kandemir et al., 2013). Топлотни стрес доводи до смањеног уноса хране и повећаног одавања топлоте чиме доприноси смањењу телесне масе код животиња. Ефекти повишене температуре околине на перформансе раста су производ смањења анаболичке активности и повећања катаболизма ткива. Ово смањење анаболизма је у суштини узроковано смањењем уноса есенцијалних хранљивих материја. Међутим, у спроведеном истраживању, топлотни стрес није утицао на телесну масу оваца. Студије које су се бавиле истраживањем утицаја топлотног стреса на телесну масу животиња доказују супротно, па је тако топлотни стрес смањио телесну масу у истраживању Kandemir et al. (2013) код оваца, говеда (O'Brien et al., 2010; Das et al., 2016), коза (Salama et al., 2014), живине (Lara and Rostagno, 2013) и свиња (Liu et al., 2022). Смањење или повећање телесне масе јесте под утицајем топлотног стреса, међутим не мора да значи да ће до тих промена и доћи јер постоји још значајан број спољашњих фактора који у корелацији са топлотним стресом утичу на телесну масу, па се тако и резултати у бројним истраживањима и разликују. Интеракција између стреса и исхране доводи до недостатка хранљивих материја јер је топлотни стрес повезан са значајним смањењем апетита, уноса хране, уноса суве материје (West, 1999) и брзине метаболизма, што утиче на способност животиње да се носи са топлотним стресом. Губитак телесне масе током топлотног стреса може се приписати повећању енергије која се троши на дисипацију топлоте кроз респираторно испаравање и смањењу количине воде доступне за складиштење (Osak et al., 2009; Okoruwa, 2014). Сходно томе, бројна истраживања су показала значајно смањење уноса хране и телесне масе животиња изложених топлотном стресу. Стога су потребне промене у исхрани током топлотног стреса (тј. употреба висококвалитетних влакана, додавање масти, повећање садржаја минерала и витамина) да би се одржао унос хране, повећала концентрација хранљивих материја и минимизирао негативан ефекат топлотног стреса.

Веће животиње показују отежано расипање топлоте и задржавају топлоту дуже од мањих животиња због веће површине тела изложене сунчевој светлости (Sousa Júnior et al., 2008). Ово је потврђено у анализи главне компоненте у поподневним сатима, где су животиње са највећим телесним мерењима имале највиши респираторни и срчани ритам (Alfonzo et al., 2016). У студији Bergman (2003), процењен је утицај топлотног стреса на површину тела говеда, где су резултати показали значајан утицај топлотног стреса на ову особину, док у нашим истраживањима топлотни стрес није имао утицај на површину тела

оваца. Гледано у целини, резултати ове анализе указују на то да је поређење површине и метаболичке величине тела компликовано између врста као и између различитих раса оваца због разлика у броју, исхрани, стрижењу итд. Свакако, површина тела се узима као важан фактор у процени адаптације на топлотни стрес, где је дефинитивно закључено да животиње са мањом површином тела боље подносе високе спољашње температуре.

Топлотни стрес је имао утицај на мере телесне температуре оваца, односно на вредности ректалне температуре и температуре површине тела измерене термовизијском камером. Да би смањиле топлотни стрес, животиње користе физиолошке адаптивне механизме да изгубе топлоту, избегавајући хипертермију. У том смислу, ректална температура и брзина дисања сматрају се најбољим физиолошким параметрима за процену топлотне толеранције (Morais et al., 2008; McManus et al., 2009). Слично нашим налазима, многи аутори пријављују утицај топлотног стреса на ректалну температуру, па тако Al-Haidary (2004) су утврдили значајно повећање ректалне температуре под утицајем топлотног стреса код Наимеј оваца у Саудиској Арабији, Srikandakumar et al. (2003) код Мерино и Оманских оваца у Аустралији, Rashid et al. (2013) код аутохтоних оваца у Бангладешу, Rathwa et al. (2017) код аутохтоних оваца у Индији, Pulido-Rodríguez et al. (2021) код Санта инес и Дорпер оваца у Бразилу, Mehabaet al. (2021) код млечних оваца у Шпанији итд. Andersson and Jónasson (2006) су закључили да ректална температура код оваца почиње да расте изнад нормалних вредности када температура околине достигне 32 °C. У спроведеном истраживању, топлотни стрес је имао мали али значајан утицај ($p < 0,05$) на ректалну температуру. Међутим, треба напоменути да мале промене ректалне температуре могу бити важне код животиња под термичким стресом (McManus et al., 2009). Према McDowell (1972), повећање ректалне температуре од 1°C или мање је довољно за смањење перформанси код већине домаћих животињских врста.

Нове технологије као што је инфрацрвена термографија (IRT) су одржива алтернатива у дефинисању утицаја фактора животне средине на производњу, здравље и добробит животиња (Paim et al., 2013). Сматра се, на експерименталном нивоу, да има релевантну улогу у производњи животиња као безбедна, неинвазивна техника која је корисна за неколико анализа као што је откривање маститиса (Martins et al., 2013), бола, болести и повреда (Schaefer et al., 2007; Steward et al., 2008), као и производње метана (Montanholiet al., 2008). Термографска мерења не захтевају директан физички контакт са животињом омогућавајући процену температуре животиња у њиховом природном окружењу, дајући информације о њиховом термичком стању без потребе за инвазивним и стресним процедурама, као што су хватање и задржавање. У говедарству се ефикасност инфрацрвене термографије у процени топлотног стреса дуги низ година испитивала при чему се дошло до закључка о израженом, утицају топлотног стреса на термографске податке код животиња (Knížková et al., 2007; Montanholi et al., 2008; Porcionato et al., 2009; Church et al., 2014; Martello et al., 2016; McManus et al., 2016; Daltro et al., 2017). Такође, на нашем географском подручју се одређени број научника бавио овим питањем, па је тако у студији Мајкић (2019), која се бавила утицајем високих температура на продуктивност и метаболичку адаптацију крава у Војводини, потврђен утицај топлотног стреса на термографске податке, и на тај начин се оправдава употреба термовизијске камере у процени термалног оптерећења крава на фармама. Такође, топлотни стрес је имао утицај на термографске податке код свиња у студији Loughmiller et al. (2005), коња (Valera et al., 2012) и живине (Abudaboset et al., 2013). Што се тиче мерења топлотног стреса код оваца,

употреба IRT је још увек недовољно истражена. Међутим, одређене студије наводе промене у површинским телесним температурама мереним термовизијском камером код оваца, као што су студија Paim et al. (2014) код јагњади, где је топлотни стрес повећао температуре свих проучаваних делова тела. McManuset al. (2015), пријављују сличне резултате такође код јагњади, а De Sousa et al. (2016) код оваца. Добијени резултати у спроведеном истраживању показују сагласност са претходним истраживањима, па је топлотни стрес имао утицај на све вредности температуре површине тела измерене термовизијском камером ($p < 0,05$), односно на температуру носа, очију, предње ноге и абдомена. Резултати мерења зависе од анатомског места где се мерење врши. Дакле, сваки регион животиње емитује различите количине инфрацрвеног зрачења. Добијене слике омогућавају директно посматрање дистрибуције температуре на површини тела (Knížková et al., 2007). Такве информације помажу у разумевању терморегулације услед промена површинске температуре и утицаја услова околине на добробит животиња. Чињеница да је зрачење у функцији температуре површине објекта, омогућава камери да израчуна и прикаже ову температуру. Међутим, зрачење које мери камера не зависи само од температуре објекта, већ је и у функција емисивности. Зрачење такође потиче из околине и рефлектује се од објекта. На зрачење објекта и рефлектовано зрачење такође утиче апсорпција атмосфере. За прецизно мерење температуре неопходно је компензовати ефекте бројних различитих извора зрачења. Камера то ради аутоматски на мрежи. Међутим, за камеру се морају доставити следећи параметри објекта: емисивност објекта, рефлектована температура, растојање између објекта и камере и релативна влажност (Knížková et al., 2007). Montanholi et al. (2008) су утврдили да постоје технолошки, биолошки и фактори средине, који утичу на вредности температуре, које ће бити приказане на термограму а који се огледају у следећем: постоји висока поновљивост вредности термограма уколико су они направљени у размаку од 10 секунди; измерена температура опада што је дистанца између камере и животиње већа; резултати су конзистентни чак и када снима више људи; ветар и дебрис (разни остаци) на кожи смањују температуру површине тела; излагање тела директном сунчевом зрачењу повећава површинску температуру тела, али се вредности враћају на почетни ниво после неколико минута проведених у сенци; физичка активност животиње повећава температуру тела, док давање седатива и анти-седатива утиче на температуру површине тела; импринт-отисак фетуса на површину тела гравидних крава даје веће температуре у термограму. Свакако, резултати многих истраживања доказују да IRT може да обезбеди важне информације тамо где су конвенционалне дијагностичке технике исцрпили своје могућности. Али постоје и нека ограничења и фактори које треба узети у обзир када се користи IRT. Тако, на пример, термограми се морају сакупљати ван директне сунчеве светлости и дувања ветра; вуна и длака треба да буду без прљавштине, влаге или страних материјала. Осим овога, на резултате термографије значајан утицај имају временски услови, циркадијални и ултрадијански ритмови, време храњења, муже, лежања, преживања итд. Све ове наведене факторе треба узети у обзир и даља истраживати као део валидације IRT. На тај начин се инфрацрвена термална мерења могу веома успешно користити у предвиђању, откривању и дијагностици бројних болести и топлотног стреса.

Биохемијски тестови су важан алат за процену физиолошког и здравственог стања домаћих животиња. Хематолошке, биохемијске и оксидативне анализе стреса код животиња на фарми су опширно разматране као суштински део клиничког прегледа који често указује на специфичну диференцијалну дијагнозу или сугерише прогнозу (Rathwa et

al., 2017). Добро је познато да на ове параметре утиче неколико фактора укључујући расу, старост, репродуктивни статус, смештај, гладовање, факторе животне средине, стрес и транспорт (Piccione et al., 2012; Piccione et al., 2013; Arfuso et al., 2016a; Arfuso et al., 2016b; Casella et al., 2016). Ови фактори изазивају разлике и упућују на потребу успостављања одговарајућих физиолошких основних вредности за домаће животиње које би се могле користити у реалној процени праксе газдовања, исхране и дијагностике здравственог стања, као и за утврђивање физиолошког статуса животиња. Метаболичка адаптација се сматра једним од важнијих средстава помоћу којих се животиње суочавају са изазовима топлотног стреса, путем смањења метаболичке производње топлоте (Pragna et al., 2018). Концентрације метаболита у крви су један од главних регулатора адаптације животиња на изазове топлотног стреса. Имајући ово у виду, у спроведеним истраживањима анализиран је утицај топлотног стреса на метаболичке параметре крви. Анализом резултата метаболичких параметара оваца утврђен је статистички значајан утицај топлотног стреса на већину испитиваних параметара ($p < 0,05$), осим на вредности глобулина, триглицерида, НОМА и QUICKI индекса инсулинске резистенције на које топлотни стрес није значајно утицао ($p > 0,05$). Топлотни стрес је утицао ($p < 0,05$) на вредности глукозе, NEFA, ВНВ, свих холестерола, урее, креатинина, укупних протеина, албумина, калцијума, фосфора, магнезијума, хормона кортизола, Т3, Т4 и инсулина као и на вредности свих билирубина испитиваних ензима, односно AST, ALT, GGT, LDH, ALP и СК.

Утицај топлотног стреса на садржај глукозе код оваца је још увек недовољно истражен. Sano et al. (1985) су открили да су промене, непосредно након излагања високој темеператури код оваца, биле мале у метаболизму глукозе у крви, док су Marai et al. (1992) открили код оваца Осими да је ниво глукозе у крви био значајно виши под утицајем топлотног стреса. Повећање нивоа глукозе у крви током топлотног стреса може бити последица смањења искоришћења глукозе, депресије и катаболичких и анаболичких ензима и накнадног смањења брзине метаболизма (Webster, 1976), или брзог дахтања које доводи до повећане разградње гликогена у слободну глукозу повећањем глюкокортикоидних хормона (Thompson, 1973). Неке друге студије су показале да се глукоза у крви значајно смањила са различитим процентима (код Хиос оваца, мелеза Хиосх Осими) (Salem et al., 1998) и незнатно код мелеза Осими x Сафолк (Marai et al., 2004) уз излагање високој температури околине. Смањење нивоа глукозе услед излагања високој температури околине процењено је на 24% у крви Фризијских крава (Shaffer et al., 1981), 13% код јуница Холштајн, Бровнсвис и Џерси расе (Kamal et al., 1962) или 8% код Фризијске телади (Nabeeb, 1987). Разлог за нижу концентрацију глукозе током трајања топлотног стреса може бити објашњен повећаним нивоом гликогенолизе и смањеном глуконеогенезом у јетри. Као последица ендокриних измена и последичних метаболичких промена на нивоу јетре глукоза се троши као главно метаболичко гориво, што потврђује повећани апсорптивни капацитет глукозе из црева као и повећана реапсорпција глукозе преко бубрега (Ikari et al., 2005; Shwartz et al., 2009). Губитак апетита, редукција конзумације суве материје хране и негативан енергетски биланс могу довести до пада у концентрацији глукозе. Смањење апетита настаје због постојања калоригеног ефекта хране приликом процеса варења, па се организам компензаторно брани додатним прегревањем (Ominski et al., 2002; Bernabucci et al., 2010). Други разлог (доминантан) је преусмеравање метаболизма на примарно искоришћавање глукозе. Метаболисањем глукозе добија се знатно мање енергије (13% мање) у поређењу са енергијом, која се добија метаболисањем масти (Bernabucci et al., 2010). Као разлог за смањење концентрације глукозе током

топотног стреса наводи се и мањи прилив пропионата у јетру. Истовремено, топлотни стрес редукује укупан садржај испарљивих масних киселина у румену као и специфични однос између њих. Пропионат је прекурзор за синтезу глукозе, па се смањење његове концентрације може довести у везу са нижом концентрацијом глукозе у крви (Tian et al., 2015). Међутим, студије Patelet et al. (1991) су показале да на ниво глукозе у крви оваца није утицало излагање директној сунчевој светлости од 8.30 (32.3 °C) до 14.30 h (37.7 °C) током три узастопна дана током последње недеље маја (код индијске Патанвадиј овце и мелеза Мерино x Рамбује). Топлотни стрес ипак утиче на ниво глукозе у крви, а у којој мери и на који начин, зависиће од многих спољашњих фактора који додатно мењају метаболизам глукозе, поред топлотног стреса.

Концентрација неестерификованих масних киселина (NEFA) у крви одражава степен мобилизације масног ткива (Pullen et al., 1989). Поред тога, NEFA и бетахидроксибутират (ВНВ) су најиндикативније супстанце енергетског статуса животиње. Као механизам прилагођавања условима топлотног стреса, животиње смањују брзину метаболизма кроз смањење потрошње хране, што повећава мобилизацију резерви телесне масти. Ronchi et al. (1999) и Morera et al. (2012) су истраживали о директном утицају топлотног стреса на метаболизам енергије и липида и ензимске активности јетре. Занимљиво је да животиње под топлотним стресом улазе у биоенергетско стање слично (али не у истој мери) негативном енергетском билансу уоченом у раној лактацији (Moore et al., 2005). Поред тога, негативни енергетски биланс је повезан са разним метаболичким и хормонским променама. Вредности NEFA у топлотном стресу могу остати непромењене или имати тенденцију смањења или повећања. Moore et al. (2005) наводе да краве под топлотним стресом улазе у стање негативног енергетског биланса, али то не доводи до повишене концентрације NEFA. Слично је примећено и у студији Al-Dawood (2017), где није било промене NEFA у крви коза због топлотног стреса. Сходно томе, ни краве ни козе нису биле у стању да мобилишу резерве телесне масти или су их делимично мобилисале, али је NEFA брзо очишћена и/или трансформисана у ВНВ. Други аутори су показали да је смањене концентрације NEFA под топлотним стресом типично код свиња (Pearce et al., 2011; Fernandez et al., 2015), крава (Abeni et al., 2007; Scharf et al., 2010; Colliet et al., 2012; Majkić, 2019) и оваца (Sano et al., 1983; Al-Mamunet et al., 2007). Разлог за смањење концентрације NEFA приликом излагања високим амбијенталним температурама може се објаснити на неколико начина. Као последица деловања високих температура, организам производи веће концентрације катехоламина (адреналин, норадреналин, кортизол). Наведени катехоламини представљају катаболичке сигнале, који стимулишу липолизу која настаје као резултат стимулације адренергичких рецептора – БАР (бета адренергички рецептори). Стимулацијом БАР активирају се адипоцити и стимулише липолитички ефекат (Faylon et al., 2015). Вредности NEFA током топлотног стреса могу бити и повећане, где повећање нивоа NEFA смањује осетљивост на инсулин, оксидацију глукозе и глуконеогенезу у јетри што се назива Randle-ефекат (Randle, 1998). У студији Sevi et al. (2001), изложеност сунчевом зрачењу је резултирала повећаном концентрацијом NEFA у плазми оваца како би се носиле са већим енергетским захтевима за терморегулацију (Amaral-Phillips et al., 1993). Међутим, недостатак NEFA одговора током топлотног стреса може омогућити повећање концентрације инсулина у циркулацији, јер прекомерна NEFA изазива апоптозу β -ћелија панкреаса (Roche et al., 2000). Повећана концентрација NEFA доводи и до повећаног ослобађања кетонских тела, која се ослобађају у крвоток, у коме се користе као извор енергије у мишићима и нервном ткиву, а најбројнији тип кетонских тела,

који се ослобађа током липидне мобилизације је бета-хидроксибутират (ВНВ). У овој студији, топлотни стрес је утицао на концентрацију ВНВ. Утицај топлотног стреса на вредности ВНВ наводе и Salama et al. (2014) код млечних коза и Fernandez et al. (2015) код свиња. Кетонска тела потичу од испарљивих масних киселина (углавном бутирата који се претвара у ВНВ преко епитела бурага) и мобилизације масти.

Резерве угљених хидрата (гликоген и глукоза) у организму преживара су ограничене и могу да обезбеде енергију само за неколико сати. Масно ткиво служи као депо енергије, одакле се она ослобађа у зависности од потреба организма. Масно ткиво је метаболички изузетно активно ткиво (Horvat, 2012). У склопу липидног профила се одређују концентрације триглицерида, холестерола, HDL, LDL и VLDL холестерола, те су вредности ових параметарау спроведеном истраживању опадале под утицајем топлотног стреса. У топлотном стресу изостаје мобилизација липида из масног ткива, што је запажено код више врста животиња (свиња, Hall et al. (1980); глодара, Torlinska et al. (1987); живине, Bobek et al. (1997) и преживара, Itoh et al. (1998)) и указује на то да је оксидација масних киселина смањена у топлотном стресу, а то потврђују и налази код атлетичара у топлотном стресу (Febbraio, 2001). Топлотни стрес је смањео, али није имао значајан утицај на вредности триглицерида, што је запажено и у студији Macías-Cruz et al. (2018) код оваца, док Wheelock et al. (2010) наводе значајно смањење концентрације триглицерида под утицајем топлотног стреса код крава, где објашњавају да ово смањење концентрације триглицерида у топлотном стресу омогућава повећање искористљивости глукозе као и повећање синтезе глукозе у јетри процесима глуконеогенезе. Холестерол се у крвном серуму налази слободан или естерификован са масним киселинама. Пошто се холестерол синтетише у јетри, свако акутно инфламаторно, као и дегенеративно обољење јетре доводи до снижавања концентрације холестерола у крви (Jovanović et al., 1993). Утврђене су значајно ниже концентрације холестерола у крви код крава где је установљена масна инфилтрација и дегенерација ћелија јетре, што је последица смањене синтезе холестерола у хепатоцитима (Reid et al., 1983; Gerloff et al., 1986; Gaal, 1993). Код крава са “масном” јетром долази до смањивања секреције липопротеина врло мале густине (VLDL) и мале густине (LDL) од стране јетре, што доводи до смањивања концентрације триглицерида и холестерола у циркулацију (Bertics et al., 1992). Резултати истраживања везаних за концентрације холестерола током топлог периода године се разликују. Li et al. (2018) пријављују веће концентрације холестерола код оваца као и Sinha et al. (1981) код говеда, док Rasooli et al. (2004) наводе нижу концентрацију холестерола лети код говеда. Једна студија је утврдила да је концентрација глукозе, холестерола и триглицерида у серуму код јагњаци Дорпер x Пелибуеи опала због хроничног топлотног стреса током лета у пустињском региону северозападног Мексика (Macías-Cruz et al., 2016). Такође, неки аутори извештавају да сезона није имала никаквог ефекта на концентрацију холестерола у серуму код новорођене телаци и говеда (Edfors - Lilja et al., 1978; Kweon et al., 1986; Chand and Georgije, 1989). Концентрација холестерола у крви код преживара је у директној зависности од узраста и начина исхране, ухрањености животиња, расе и физиолошког стања.

Протеини крви се мењају у различитим физиолошким и патолошким стањима и на основу тих промена оцењује се метаболички статус животиња и дијагностикују поједина обољења (Horvat, 2012). Протеини плазме обезбеђују ефикасан начин преношења топлоте из унутрашњости тела на спољашњу површину коже ради дисипације топлоте процесом

без испаравања током топлотног стреса, пошто задржавају адекватан проценат воде у интраваскуларним течностима и одржавају вискозитет крви (Kamal et al., 1962). Топлотни стрес је утицао на повећање вредности укупних протеина, значајно су се повећале вредности албумина, док су вредности глобулина такође биле повећане, ал не на значајном нивоу ($p > 0,05$). Повећање концентрације протеина у серуму указује на губитак екстрацелуларне течности услед изложености топлотном стресу (Horvat, 2012). Повећање концентрације укупних протеина под утицајем топлотног стреса пријављују Salem et al. (1998) код оваца и Rasooli et al. (2004) код крава. Patel et al. (1991) сматрају да је повећање протеина у серуму показатељ хемоконцентрације у топлотном стресу. Brouček et al. (1985) су утврдили да уколико деловање топлотног стреса траје дуже, долази до смањеног уноса хране и појачаног катаболизма протеина, где на крају долази до смањења укупних протеина у серуму. Поред утврђених виших вредности укупних протеина у топлотном стресу, неке студије наводе и смањење ових вредности. Baumgartner and Pernthaner (1994) су потврдили да је ниво укупних протеина у серуму био значајно нижи лети него зими код Каракул оваца. Чини се да је значајан пад серумских протеина са порастом температуре последица разблажења протеина плазме услед повећања садржаја воде у телу, смањења синтезе протеина као последица депресије анаболичке хормонске секреције (El-Masry and Nabeeb, 1989) и повећање катаболичких хормона као што су глукокортикоиди и катехоламини (Alvarez and Johnson, 1973). Смањење серумског протеина такође може бити последица смањења уноса азота и минерала у храни, што се дешава у условима топлотног стреса. Међутим, Marai et al. (2004) су открили да сезона није значајно утицала ($p > 0,05$) на нивое укупних протеина у плазми код Осими x Сафолк овнова. Од укупних протеина плазме 52-62% чине албумини и представљају резерву протеина у организму. Пошто албумини имају способност реверзибилног везивања многих органских једињења они представљају важан транспортни систем у крвној плазми (Horvat, 2012). Повећањем концентрације албумина код крава у току летње сезоне у условима повишене амбијенталне температуре су се бавили многи аутори (Payne et al., 1974; El-Nouti and Hasan, 1983; Rasooli et al., 2004; Ferreira et al., 2009), што се објашњава губитком екстрацелуларне течности у топлотном стресу. Baumgartner and Pernthaner (1994) и Marai et al. (2004) су утврдили да је ниво албумина у серуму значајно нижи лети него током зимске сезоне код оваца Каракул и мелеза Осими x Сафолк. Међутим, Salem et al., (1998) су приметили да је ниво албумина у серуму био већи лети него зими код Хиос расе оваца и мелеза Хиоса са Осими овцама. Концентрација албумина је поуздан показатељ функционалног стања јетре, али може да послужи и као показатељ степена дехидратације, што у летњем периоду има посебан дијагностички значај (Horvat, 2012). Слично налазима у спроведеном истраживању, ниво глобулина у крвној плазми био је безначајно промењен под утицајем годишњег доба код Осими x Сафолк овнова у климатским условима који владају у Египту (Marai et al., 2004). Неопходно је знати да промене концентрације укупних протеина у крви могу бити релативне. Релативна хипопротеинемија запажа се код хидремије, а код дехидратације говоримо о релативној хиперпротеинемији, па је неопходно одредити хематокрит ради разликовања апсолутних и релативних промена протеинемије. Ово је нарочито важно у летњем периоду када животиње пију много воде па се због тога у великој мери мења однос запремине крвне плазме и елемената (Horvat, 2012).

Поред укупних протеина, као показатељи протеинског статуса користе се и концентрација урее, креатинина као и активност ензима креатин киназе. Под утицајем топлотног стреса вредности концентрације урее су се повећале у спроведеном

истраживању. О сезонским варијацијама концентрације урее у крви код говеда су истраживали многи аутори (Payne et al., 1974; Rowlands et al., 1975; Peterson i Waldern 1981; Koubkova et al., 2002; Rasooli et al. 2004). Већина се слаже да је концентрација урее у крви крава виша лети него зими, вероватно због утицаја пашне исхране лети али и утицаја повишене амбијенталне температуре која доводи до губитка екстрацелуларне течности услед изложености музних крава топлоти. На концентрацију урее највећи утицај има исхрана. Повећање концентрације урее у крви је и знак суфицита протеина у храни и дефицита у енергији. Међутим, Dixon et al. (1999) су закључили да је врућа средина смањила равнотежу азота код оваца Мерино x Бордер Леичестер, вероватно због смањења укупног уноса СМ и повећања дахтања. Смањење нивоа урее у крви утврђено је и код фризијских бикова (El-Masry, 1987; Kamal et al., 1989) и телади (Habeeb, 1987), у условима топлотног стреса. Депресија урее у крви повезана са излагањем животиња топлотном стресу може бити последица веће ресорпције урее из крви у бурагу да би се надокнадило смањење амонијака у румену као резултат смањеног уноса хране (El-Fouly et al., 1978; Yousef et al., 1996) и/или повећања излучивања азота у урину под тешким условима топлотног стреса на шта указује негативна равнотежа азота (Kamal et al., 1962). Рад бубрега се прати помоћу концентрације креатинина. Креатин се синтетише у бубрезима, јетри и панкреасу уз помоћ две ензимски регулисане реакције. Креатин се затим у крви транспортује до других органа као што су мишићи и мозак, где се фосфорилише у високоенергетско једињење фосфокреатин. Међусобна конверзија фосфокреатина је посебна карактеристика метаболичког процеса мишићне контракције. Део слободног креатина у мишићима спонтано се претвара у свој инхидрид, креатинин. Дневно се између 1 и 2% мишићног креатина претвара у креатинин (Буртис и Асхвоод, 1996). Под утицајем топлотног стреса концентрација креатинина се повећала у спроведеном истраживању. Утврђено је да се ниво креатинина значајно више повећава током лета него зими, код оваца Каракул расе и мелеза Осими x Сафолк (Baumgartner and Pernthaner, 1994; Marai et al., 2004). Друге студије су показале или благи пораст (код овнова Рамбује, Чокола, Малпура и Рамбује x Малпура) (More et al., 1980), или смањење за различите проценте (код говеда) излагањем високој температури околине. Смањење концентрација креатинина је процењено на 19% и код Фризијских телади (Marai et al., 1995; Marai and Habeeb, 1997). Креатин киназа (СК) се налази у скелетним мишићима животиња и одговорна је за одржавање енергетске хомеостазе на местима високог аденозин трифосфата (АТР) (Dieni and Storey, 2009). Повећана употреба АТР-а доводи до активности ензима креатин киназе (Allen et al., 1995). Активност СК која се налази у плазми или серуму користи се за дијагнозу оштећења мишића код многих врста (Hamburg et al., 1991; Hornikova et al., 2009). Стога, присуство креатин киназе у крви указује на напрезање мишића услед неповољних услова и лоше добробити оваца. Тако је топлотни стрес у спроведеном истраживању повећао активност креатин киназе, што указује на оштећење мишића. Постоје ограничене информације у вези са активностима СК у условима топлотног стреса. Сличне резултате наводе и Kannan et al. (2000), Miranda-de la Lama et al. (2010) и Miranda-de la Lama et al. (2012), који износе да је већа активност СК била последица стреса повезаног са транспортом током летње сезоне код коза и јагњаци. У истраживању Chulayo and Muchenje (2013) код оваца, примећена је значајно већа активност СК лети него у зимској сезони. Током летње сезоне, производња СК се повећала као резултат брзог дисања животиње. Поред тога, повећани нивои СК могу бити резултат физичке активности на високим

температурама која доводи до оштећења мишића, укључујући умор услед продужене и интензивне мишићне активности.

Мобилизација минерала и витамина из ткива и њихово излучивање се повећава у условима стреса, и последично, стрес може да погорша маргинални недостатак витамина и минерала или да доведе до повећаних потреба за минералима и витаминима (Khare et al., 2018). За одређивање минералног статуса код оваца у спроведеним истраживањима коришћена је концентрација Ca, P и Mg, чије су вредности опадале под утицајем топлотног стреса, што је потврђено и у истраживањима Bostedt et al. (1979) и Rasooli et al. (2004) код говеда и Nazifi et al. (2003) код оваца, што аутори закључују да је последица могућег смањеног уноса хране повезаног са топлотним стресом. Међутим, More et al. (1980) наводе веће концентрације Ca, P и Mg под утицајем топлотног стреса, што је вероватно резултат веће потрошње хране. Kume et al. (1987) су закључили да потребе у овим минералима расту код преживара са порастом температуре изнад 27 °C. Поред опадања или пораста концентрације ових минерала у крви, одређене студије, као што је Badakhshan and Mirmahmoudi (2016), наводе да на концентрације ових минерала није утицао топлотни стрес. Утицај топлотног стреса на баланс минерала у организму може се смањити правилним храњењем, одржавањем енергетских потреба, као и одговарајућим минералним додатком. Правилан минерални баланс је кључан, зато што поред тога што одржава нормално здравствено стање, такође побољшава раст и продуктивност животиња.

За испитивање функционалног стања јетре коришћене су концентрације билирубина и ензима аспартат аминокиселин-трансфераза (AST), аланин аминокиселин-трансфераза (ALT), гама-глутамил трансфераза (GGT), лактат дехидрогеназа (LDH) и алкалне фосфатазе (ALP). Све вредности ових параметара биле су повећане у условима топлотног стреса, што указује на оштећење јетре. Одређени број студија се бавио питањем концентрације билирубина у крви животиња под утицајем топлотног стреса, где већина наводи повећане вредности овог параметра, слично налазима у овом испитивању. У истраживању Badakhshan and Mirmahmoudi (2016), осетљивост оваца на топлотни стрес манифестовала се повећањем вредности укупног билирубина. Овај метаболит се производи процесом хем пигмента старих црвених крвних зрнаца и многи фактори утичу на његову концентрацију у крвном серуму као што су дисфункција јетре, тешка хемолиза и иктерус. Према томе, већа концентрација билирубина у серуму код оваца – као и већа концентрација ензима у крви - могу бити повезани са руптуром еритроцита услед топлотног стреса. Од поменутих ензима, фокус већине истраживања био је усмерен на флукутацију вредности серумских трансaminaза. Већина студија показује да се активности серумских трансaminaза мењају са променом температуре околине. Нека истраживања су показала да су укупне средње вредности AST у серуму биле веће лети него зими, док се серумски ALT није значајно променио под утицајем годишњег доба код оваца Барки и Рахмани (Okab et al., 1993). Друге студије су показале да је ниво ALT био значајно већи лети него у зимској сезони код Хиос оваца и мелеза Хиос x Осими (Salem et al., 1998), а ниво AST је значајно смањен током летње сезоне код Каракулских оваца (Baumgartner and Pernthaner, 1994). Marai et al. (2004) открили су да на нивое AST и ALT није значајно утицала сезона (лето, јесен и зима). Повећање активности серумских AST и ALT код животиња под топлотним стресом може бити последица повећања стимулације глуконеогенезе кортикоидима (повећање кортизола, кортизона или аденокортикотропног хормона) (Thompson, 1973; Nabeeb, 1987; Marai et al., 1995). GGT, LDH и ALP су такође

често коришћени индикатори за дијагнозу болести јетре. GGT је ензим који катализује трансфер хидролизом ослобођеним остацима глутаминске киселине до неке аминокиселине или пептида. Повишење GGT у серуму је специфично за интрахепатичну или екстрахепатичну холестазу. Специфичност GGT као маркера за епителну пролиферацију жучног канала изражена је интензивним повећањем GGT у овчијем серуму са екцемом лица, након излагања хепатотоксину споридесмину (Clark et al., 1998). Повећана вредност GGT може бити индикатор дисфункције јетре. Изоловани пораст GGT је осетљив индикатор микрозомалних ензима у ћелијама јетре. Активност GGT у плазми може индиректно да укаже на одређене нутритивне недостатке, што коначно може утицати на принос млека код оваца (Hrkovic-Porobija et al., 2017). Одређивање вредности LDH се користи у дијагностици промена у јетри и крви, где активност овог ензима може указивати на појачану телесну активност (покретни-мишићни напор). Такође, као и вредности осталих поменутих ензима тако су и испитивање вредности ALP од интереса у случају поремећаја рада јетре или мишића, те бројне студије и наводе повећање вредности ових ензима под утицајем топлотног стреса (More et al., 1980; Kataria et al., 1991; Srikandakumar et al., 2003; Banerjee et al., 2015; Badakhshan and Mirmahmoudi, 2016; Rathwa et al., 2017; Hrkovic-Porobija et al., 2017), што је и доказано у спроведеном истраживању, те закључујемо да топлотни стрес има штетан ефекат на активност јетре.

Аклиматизација на топлотни стрес је хомеоретски процес, који укључује промене у уносу хранљивих материја и у метаболизму, као и одговоре циљних ткива на хормонске стимулусе, и на промене ацидобазне равнотеже код животиња. Промена хормонског статуса је резултат прилагођавања, а огледа се у промени концентрације појединих хормона, као и промењеној осетљивости циљних ткива на деловање истих (Horvat, 2012). Праћењем промена у хормоналном статусу и метаболичком профилу оваца може да се утврди степен стресогене реакције у организму. Дакле, у регулисању адаптације метаболизма кључну функцију има ендокрини систем, при чему су испитане вредности најважнијих хормона у процесу адаптације на топлотни стрес и то кортизола, тријодтиронина Т3, тетрајодтиронина или тироксина Т4 и инсулина.

Концентрације кортизола биле су повишене под утицајем топлотног стреса, што представља одговор животиње на стресну ситуацију, с обзиром да је хормон кортизол познат као хормон стреса. Повећање концентрације кортизола у крви представља један од најважнијих заштитних механизма на деловање стресогених фактора, међу којима је можда, најзначајнији топлотни стрес. Кортизол покреће механизме физиолошког прилагођавања који омогућавају животињама да боље поднесу стрес настао услед повишене спољне температуре (Horvat, 2012). Овај глукокортикоид је посредник хепатичне глуконеогенезе, важне функције јер је доступност глукозе у организму неопходна током стања аларма или стреса и представља извор енергије са брзом ћелијском доступношћу (Matteri et al., 2000; Tsigos and Chrousos, 2002; Sejian et al., 2013). Дакле, у условима топлотног стреса концентрације кортизола су повишене, што је и потврђено у обављеним истраживањима. Неколико студија код различитих врста преживара је јасно утврдило виши ниво кортизола у плазми у условима топлотног стреса (Abilay et al., 1975; Wise et al., 1988; Kaushish et al., 1997; Polsky and von Keyserlingk, 2017; Archana et al., 2018). Повишени нивои кортизола под утицајем топлотног стреса су утврђени код иранских оваца (Nazifi et al., 2003), код мелеза Осими x Сафолк (Marai et al., 2009), код расе Малпура (Sejian et al., 2010a), код Мерино оваца (Wojtas et al., 2013; Wojtas et al., 2014)

и у истраживању Rathwa et al. (2017) код аутохтоних индијских оваца. С друге стране, Chauhan et al. (2014) су проучавали одговор на топлотни стрес код аустралијских Мерино укрштених оваца које су биле изложене температурама од 40 °C током једне недеље и нису приметили повећање нивоа кортизола. У истраживању Sejian et al. (2016), ниво кортизола је био значајно нижи под утицајем топлотног стреса код Малпура овнова. Ови налази сугеришу да су овце биле способне да се носе са топлотним стресом. Дакле, само кортизол није поуздан показатељ топлотног стреса, пошто све студије на малим преживарама не показују повишење нивоа кортизола у плазми. Нивои кортизола су стога повезани са вишим нивоима глукозе у крви услед активације метаболизма ћелија јетре, као и са повећаним ослобађањем холестерола, крвног метаболита који се ензимским деловањем у надбубрежној жлезди претвара у кортизол. Због свега овога ови параметри се и проучавају заједно.

У условима топлотног стреса уобичајено је да се примети смањење нивоа тиреоидних хормона Т3 и Т4, оба одговорна за посредовање у метаболизму животиња, што се и десило у обављеном истраживању. Такви налази указују на одговор организма у процесу прилагођавања на амбијенталне услове. Депресивна активност штитне жлезде је још једна карактеристика топлотног стреса код малих преживара (Macías-Cruz et al., 2016; Pragna et al., 2018), што објашњава нижу метаболичку активност и смањену покретљивост бурага. Концентрације периферних тиреоидних хормона (Т3 и Т4) су ниже код преживара током лета него зими (Macías-Cruz et al., 2016), што би могао бити адаптивни механизам за смањење метаболичке производње топлоте током топлијих месеци (Pragna et al., 2018). Утврђене су смањене концентрације циркулишућих Т3 и Т4, што указује на покушај смањења брзине метаболизма, а тиме и метаболичке производње топлоте код јуница (Pereira et al., 2008), оваца (Nazifi et al., 2003; Indu et al., 2015; Rathwa et al., 2017) и коза (Todini, 2007). Смањена активност тиреоидне жлезде указује на одговор организма у процесу прилагођавања на амбијенталне услове, док повишена концентрација кортизола у крви указује на снажно стресогено деловање топлотног стреса. Одговор тиреоидне жлезде на топлотни стрес је спорији у односу на одговор коре надбубрега, због чега је потребно неколико дана да се концентрација Т4 и Т3 у крви устали на новом, нижем нивоу (Hogvat, 2012). Смањењем концентрације тиреоидних хормона смањује се ниво целокупног метаболизма и производња топлоте у ћелијама, међутим одговор Т3 и Т4 током топлотног стреса је доста спор и развија се током неколико дана (Silanikove, 2000a). Yousef and Johnson (1965) су открили да излагање високом топлотном оптерећењу треба да буде најмање три дана пре него што дође до значајног смањења активности штитне жлезде. За поновно успостављање тиреоидне активности потребан је дужи временски период. Ниво тиреоидних хормона у организму је од пресудног значаја у регулацији метаболизма угљених хидрата, масти и протеина, зато је веома значајно испитивање њихове концентрације. Узимајући у обзир наведене чињенице, може се закључити да овце са повишеном концентрацијом кортизола у крви се налазе под снажним утицајем топлотног стреса ако истовремено имају смањену активност тиреоидне жлезде.

Под утицајем топлотног стреса концентрација инсулина у крви оваца била је повишена. Инсулин је метаболички хормон важан у регулацији енергетског метаболизма у условима топлотног стреса код оваца (Mahjoubi et al., 2014). Нивои инсулина се повећавају као одговор на топлотни стрес, производећи хиперинсулинемију, што може бити стратегија за заштиту исправног функционисања панкреаса и промовисање веће производње

протеина топлотног шока (heat shock protein-HSP) (Baumgard and Rhoads, 2013). Дакле, док топлотни стрес смањује унос хране, хиперинсулинемија спречава липолизу и повећане концентрације неестерификованих масних киселина NEFA, чији вишак може изазвати апоптозу β ћелија панкреаса (Nelson et al., 2002). Хиперинсулинемија изазвана топлотним стресом такође помаже у одржавању живе масе, телесне кондиције и барем минималног прираста, јер чак и када је унос хране смањен, инсулин спречава коришћење телесних резерви (Morigny et al., 2016). Студија спроведена коришћењем расе оваца Афсхари прилагођене топлоти је открила смањење потреба за одржавањем тела у тешким условима топлотног стреса, пошто су овце наставиле да добијају на маси чак и након смањења уноса хране за 17,5% (Mahjoubiet al., 2014). Овај позитиван ефекат топлотног стреса код адаптираних раса може бити повезан са променама у постапсорптивном метаболизму изазваном повећањем концентрације инсулина у крви (Mahjoubi et al., 2014; Baumgard and Rhoads, 2013). Међутим, ефекти топлотног стреса на лучење инсулина код оваца се нису посебно проучавани, али неке студије сугеришу да може доћи до сличног метаболичког прилагођавања (Macías-Cruz et al., 2013, 2015, 2018). Ово би делимично објаснило зашто расе оваца настављају да расту или одржавају телесну масу под топлотним стресом. Свакако, разлози за хиперинсулинемију током топлотног стреса нису потпуно јасни, али претпостављају кључну улогу инсулина у активирању и регулацији протеина топлотног шока. Што се тиче индекса инсулинске резистенције, изложеност топлотном стресу је значајно повећала вредности QUICKI, RQUICKI и RQUICKI_{ВНВ}, док је смањила вредности НОМА индекса инсулинске резистенције, али не значајно ($p > 0,05$). Инсулинска резистенција је метаболичко стање које укључује повишени ниво инсулина у крви и ћелијску отпорност на инсулин. Промене у метаболизму инсулина су важан фактор ризика за многе поремећаје код преживара као што су кетоза говеда, синдром дебелих крава (Hayirli, 2006), дислокација сиришта (Pravettoni et al., 2004) и токсемија у току бременитости оваца (Duehlmeier et al., 2013). Међутим, тачна улога током топлотног стреса није разјашњена. Индекси инсулинске резистенције подразумевају процену енергетске равнотеже и базирају се на концентрацији глукозе, инсулина и слободних масних киселина у плазми. Sincović et al. (2014) су утврдили да је RQUICKI индекс као показатељ инсулинске резистенције био највећи код крава, које су биле изложене топлотном стресу, и да је највише зависио од односа инсулин–глукоза и инсулин–NEFA. Такође, у истраживању Hung et al. (2023) високе амбијенталне температуре су повећале RQUICKI индекс инсулинске резистенције код оваца. Hung et al. (2023) сугеришу да би повећана осетљивост на инсулин обезбедила да овце смањују мобилизацију липида масног ткива и да користе NEFA као преферирани енергетски супстрат упркос смањењу уноса хране током топлотног стреса. Уместо тога, глукоза би постала преферирани енергетски супстрат за периферна ткива. Резултати спроведеног истраживања јасно су показали да овце под утицајем топлотног стреса имају већу осетљивост на инсулин. Међутим, остаје нејасно како топлотни стрес мења хомеостазу глукозе и инсулина. Добијени резултати у даљим истраживањима свакако ће допринети бољем разумевању ових невероватно важних аспеката поделе хранљивих материја, те ће и пружити увид у развој стратегија за ублажавање сезонских губитака у продуктивности.

Занимљива је тенденција промене већине вредности на које топлотни стрес утиче значајно. Вредности већине параметара на које је топлотни стрес утицао биле су смањене или повишене у току периода 2, где је постојао умерен до јак топлотни стрес, међутим већ у периоду 3 где је топлотни стрес био слаб до умерен (због почетка кишног периода),

вредности испитиваних параметара су се враћале на скоро идентичне или приближне оним вредностима које су биле у току термонеутралног периода, односно периода 1. Сходно томе, овце су отпорније на топлотни стрес кад се појави у слабијем облику, док са даљим повећањем THI индекса као и дужом изложеношћу јаком топлотном стресу, што се и десило у периоду 2, код оваца се дешавају све претходно наведене промене. По свему судећи у летњем периоду када су овце изложене деловању високе спољашње температуре настају значајне морфолошке и физиолошке промене, као и промене у промету воде и електролита па самим тим и у концентрацији биохемијских састојака крви. Резултати овог истраживања могли би се користити за утврђивање здравственог стања оваца. Добијене вредности могу бити показатељи метаболичког профила за овце, узимајући у обзир број животиња и узорковање у дужем временском периоду. Боље разумевање физиолошких последица топлотног стреса је критично како би се развили протоколи лечења и стратегије за ублажавање болести повезаних са топлотним стресом.

6.3. Утицај старости и расе на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца

Старост животиње такође утиче на њен ниво толеранције на топлоту. Новорођена јагњад су много мање толерантна на вруће услове од њихових мајки, а верује се да овце не постижу пуну толеранцију на топлоту до око једне године живота (Thwaites, 1967). Јагње које расте такође има нижу горњу критичну температуру (25 °C) од одрасле овце (29 °C) (Hahn, 1985), и утврђено је да имају већу максималну брзину дисања од одраслих оваца (Bianca 1968). Symington (1960) је открио да су одрасли овнови мање штетно погођени високим температурама ваздуха него млади овнови. Нижа толеранција на топлоту код јагњади у односу на одрасле овце може бити повезана са чињеницом да јагњад имају вишу стопу базалног метаболизма од одраслих оваца. Студије су откриле да производња топлоте у мировању по јединици телесне масе оваца експоненцијално опада са повећањем старости (Blaxter, 1962; Graham et al., 1974; Mount, 1979). Blaxter (1962) је известио да је базални метаболизам опадао за 3% годишње код оваца од 1. до 6. године живота. Промена у производњи топлоте са годинама повезана је са многим факторима, укључујући одлучење, пубертет, промене у стопи раста и стабилизацији неуроендокрино-хомеотермног система. У спроведеном истраживању, овце су биле старости од 2-8 година и утврђено је да старост није утицала на вредности телесне температуре (како ректалне тако и IRT) и метаболичке параметре овца ($p > 0,05$), док је њен утицај на особине телесних мера био значајан ($p < 0,05$).

Познато је да се телесне мере оваца мењају са старошћу (Aksakal et al., 2009; Hussain et al., 2013; Ibrahim et al., 2020), међутим мали је број истраживачких радова везаних за испитивање утицаја старости на вредности телесне температуре и метаболичке параметре животиња, поготово код оваца. У истраживању Arfuso et al. (2016b) спроведеном на козама старости од 2-5 година и јарића старости од 3 месеца, старост је утицала на вредности ректалне температуре, где је ректална температура била виша код јарића као и код млађих коза у односу на старије. Такође, Sipos et al. (2013) пријављују да ректална температура код свиња у великој мери зависи од старости и била је нижа код старијих у односу на млађе свиње. Macías-Cruz et al. (2018) су испитивали терморегулационе одговоре код оваца под утицајем топлотног стреса, различитог физиолошког стања и старости од 3 месеца до 4 године. Резултати су показали да су млађе овце имале вишу телесну температуру у односу на старије. Чини се да, на основу

истражене литературе, старост утиче на вредности ректалне температуре, где се показало да су млађе животиње имале вишу ректалну температуру од старијих, што није потврђено у спроведеним истраживањима. При рођењу, терморегулациони центар код јагњаци је потпуно незрео, тако да показују температуру тела изнад нормалног опсега. Како недеље и месеци пролазе, долази до смањења унутрашње температуре као резултат постепеног сазревања терморегулационог центра (Thwaites, 1967). MacFarlane (1958) код оваца и Arfuso et al. (2016b) код коза су открили да су ови мали преживари остварили стабилност телесне температуре отприлике годину дана након рођења. С обзиром да су овце у обављеном истраживању биле старости од 2-8 година, и да им се терморегулациони центар у потпуности развио, то је и вероватно разлог зашто старост није утицала на вредности ректалне температуре. Тако и Thwaites (1967) закључује да је већа ректална температура код јагњаци у односу на одрасле овце повезана са недостатком сазревања њиховог терморегулационог система. Што се тиче термографских података, старост такође није утицала на вредности ових параметара, односно на вредности температуре очију, носа, предње ноге и абдомена. Супротно томе, у истраживању Macías-Cruz et al. (2018) температуре добијене термографијом сугеришу да јагњаци као и млађе овце расипају већу количину телесне топлоте преко површине тела од старијих оваца. Ово може бити због веће површине за одвођење топлотног оптерећења код јагњаци и млађих оваца, јер су имале за око 40% мање живе масе од старијих оваца. Претходне студије су показале важност односа масе тела и његове површине у губитку телесне топлоте код животиња. Наиме, мање животиње одају већу количину топлоте због веће површине тела у односу на масу (Lenis et al., 2015). Међутим, није пронађена ниједна студија која би упоређивала температуре различитих делова површине тела, измерених термовизијском камером, између оваца различитих старости у термонеутралним и условима топлотног стреса.

Однос старости оваца са метаболичким параметрима је испитана и утврђено је да старост није утицала ($p > 0,05$) на промену ових вредности. Резултати бројних истраживања ипак приказују утицај старости на одређене биохемијске параметре крви, што се у овом истраживању није десило. Shaffer et al. (1981) су испитивали утицај старост на вредности биохемијских параметара крви код крава, и резултати су показали да је старост утицала на већину вредности испитиваних параметара, осим албумина. 17 различитих параметара било је укључено у оглед и израчунат њихов линеарни однос са годинама. Резултати су показали повећање средње вредност укупног протеина, глобулина, урее и холестерола у серуму и смањење активности за глукозу, албумин:глобулин однос и серумску алкалну фосфатазу са старењем животиња. Такође је потврђено смањење концентрације калцијума и неорганиског фосфора са резултирајућим повећаним односом истих. Промене калцијума са старењем могу бити повезане са променама у производњи хормона. На концентрацију фосфора могу утицати потребе у бременитости и лактацији. Стопе метаболизма имају тенденцију да опадају са годинама. Високе стопе метаболизма млађих животиња резултат су високе стопе ћелијских реакција, али делимично и брзе синтезе ћелијских материјала и раста тела, који захтевају умерене количине енергије. На циркулацију холестерола утиче степен стреса. Због тога се може очекивати виши ниво холестерола са годинама због стреса током бременитости и лактације код говеда (Shaffer et al., 1981). Baumgartner and Pernthaner (1994) су испитивали утицај старости на вредности биохемијских параметара крви код 70 Каракул оваца, и то на вредности укупних протеина, албумина, урее, креатин киназе, билирубина, холестерола, креатинина, Са, Р, Mg, AST, ALT, ALP и GGT. Старост је имала утицај на све испитиване параметре. Резултати су показали да су млађе овце имале

значајно веће вредности скоро свих претходно набројаних параметара у односу на старије овце. Више вредности биохемијских параметара код млађих оваца аутори приписују већој метаболичкој активности. Antunović et al. (2004) су испитивали утицај старости на биохемијске параметре код Мерино расе оваца, и то 15 оваца старости од 3 и више година и 15 оваца старих годину дана. У крвном серуму утврђене су концентрације глукозе, укупних протеина, албумина, билирубина, холестерола, урее, ензима AST, GGT, LDH, креатин киназе, алфа амилазе и алкалин фосфатазе као и минерала Ca, P, K, Na, Cl, Fe и Se. Код оваца старијих од 3 године утврђене су статистички значајно веће концентрације холестерола и укупних протеина, док су концентрације глукозе, P, Na, Fe, GGT и СК биле веће код млађих оваца. На остале параметре старост није имала утицај ($p > 0,05$). У истраживању Carlos et al. (2015) код 75 Морада Нова оваца испитиван је утицај старости на вредности глукозе, холестерола, триглицерида, урее, креатинина, укупних протеина, албумина, глобулина, хормона T3 и T4, као и на активности ензима AST и ALT. Утврђено је да старост оваца значајно утиче ($p < 0,05$) на концентрације холестерола, триглицерида, урее, креатинина, укупних протеина, глобулина, односа албумина/глобулина, AST и ALT. Међутим, старост није утицала ($p > 0,05$) на вредности концентрација глукозе, албумина, T3 и T4 хормона. За одређивање утицаја старости на биохемијске параметре код Хиос оваца, у истраживању Roubies et al. (2006), 150 оваца је распоређено у три групе. Група А се састојала од 50 јагњади узраста 2-6 месеци, група В од 50 оваца старости од 1-3 године и група С од 50 оваца старијих од 3 године. Резултати су показали да од 14 биохемијских параметара утврђених у серуму, на шест је старост значајно утицала. Средње серумске концентрације укупних протеина, албумина и глобулина биле су значајно ниже ($p < 0,05$), док су концентрације глукозе, P и СК биле значајно више ($p < 0,05$) код јагњади (група А) у поређењу са групама В и С. Надаље, СК у серуму био је значајно већи ($p < 0,05$) код оваца групе В него у групи С. Просечне серумске вредности укупног Са су биле значајно веће ($p < 0,05$) код јагњади (група А) у поређењу са овцама групе С. Средње серумске концентрације урее, K, Na, Mg, креатинина и просечне серумске активности GGT и LDH нису се значајно разликовале међу старосним групама ($p > 0,05$). У истраживању Macías-Cruz et al. (2018) код мелеза Дорпер x Пелибеј (старости од 3 месеца до 4 године) испитан је утицај старости на вредности глукозе, холестерола, триглицерида, урее, укупних протеина, Na, K, Cl и тиреоидних хормона. Јагњад су имала ниже концентрације глукозе и холестерола у серуму, али веће концентрације урее од старијих оваца. Ниједна друга компонента крви није варијирала између ових старосних група.

За утврђивање метаболичког профила оваца потребно је познавати утицај старости на вредност биохемијских параметара. Чињеница је да се из раније наведене литературе не могу извући коначни закључци. Спроведена истраживања о утицају старости на различите крвне параметре немају једнообразан закључак. Разноврсност резултата о утицају старости на ове параметре не може се лако објаснити. Могуће је да је то повезано са расом тестираних животиња као и са условима узгоја. Бројна истраживања су се бавила овим проблемом, међутим, треба напоменути да није пронађена ниједна студија о концентрацији метаболита у серуму код младих и старих женки оваца подвргнутих условима топлотног стреса. Неопходно је проширити сазнања у вези са физиолошким и метаболичким прилагођавањима које користе овце прилагођене топлотном стресу, у зависности од узраста и физиолошког стања, за одржавање нормотермије у високотемпературним срединама. Са овим информацијама, стратегије за ублажавање топлотног стреса могу бити практичне за различите системе гајења оваца.

Широм света постоји више од 1 000 раса оваца, а капацитет прилагођавања топлотном изазову се разликује између раса. Раса се разликују по многим карактеристикама, укључујући величину, конформацију, грађу тела, отпорност на уобичајене факторе стреса, раст, репродукцију и брзину и образац сазревања. Штетни утицаји топлотног стреса на производне функције зависе од разлика у расама, а величина овог утицаја одређује адаптивни потенцијал животиња. Међутим, резултати су показали значајан утицај расе ($p < 0,05$) на вредности већине телесних мера, кортизола и холестерола, док на вредност осталих параметара њен утицај није био значајан ($p > 0,05$). У спроведеним истраживањима у којима су коришћене овце чисте Ил де Франс расе и мелези Виртемберга и Сјеничке праменке очекиван је утицај расе на телесне мере, које су расна карактеристика, и на основу којих се расе међусобно разликују. Облици тела Ил де Франса су пуни, обли, широки и веома мускулозни, па су и вредности ширине груди, обима груди, телесне масе, површине и метаболичке величине тела биле више у односу на мелезе, док су вредности висине гребена и дубине груди биле више код мелеза Виртемберга и Сјеничке праменке. Виртемберг и Сјеничка праменка су доста високе овце, па је и ова разлика у резултатима очекивана. На вредности температуре измерене ректално или термовизијском камером раса није имала значајан утицај ($p > 0,05$). Познато је да је нормална ректална температура код оваца $38,5-39,9^{\circ}\text{C}$, што је већином карактеристично за све расе. Топлотни стрес је утицао на промену ректалне температуре, и та промена се није разликовала између раса ($p > 0,05$). Разлике у расама су утврђене код оваца на основу физиолошке адаптације. У студији Joy et al. (2020), јагњад Дорпер су имала нижу ректалну температуру и температуру површине тела измерену термовизијском камером од других укрштених Мерино (Пол Дорсет \times Мерино/Бордер Леичестер) јагњади изложених третману топлотног стреса. Исто тако, према Srikanthakumar et al. (2003), Оманске овце показују нижу ректалну температуру од аустралијских Мерино оваца и у хладном и у врућем окружењу. Нижа ректална температура указује на то да су и Дорпер и Омани расе економичније у смислу преусмеравања енергије на продуктивне особине, а не на прилагођавање. Тропске расе оваца које се гаје у полусушним регионима Индије могу да одрже нижу ректалну температуру у односу на европске и Мерино овце под топлотним стресом (Wojtas et al., 2013; Rathwa et al., 2017). Сличне варијације у ректалној као и температури измереној термовизијском камером су пријављене за различите расе коза (Rout et al., 2017; Aleena et al., 2018) и говеда (Alfonzo et al., 2016). Дакле, нижу ректалну и IRT температуру чак и под термонеутралним условима идентификују термотолерантне расе, што значи да су тропске расе оваца више прилагођене аридним и полусушним регионима и имају ефикасније механизме терморегулације у односу на европске расе. С обзиром да су у спроведеном истраживању коришћене европске расе и мелези који имају сличан физиолошки одговори у условима топлотног стреса, раса није значајно утицала на ове температурне параметре ($p > 0,05$).

Резултати су показали да раса није имала утицај на већину биохемијских параметара крви ($p > 0,05$), осим на вредности кортизола и холестерола ($p < 0,05$). Утицај расе на концентрацију различитих параметара у крви је добро описан код здравих оваца у истраживању Vinev et al. (2007). Урађена су хематолошка и биохемијска испитивања на 48 клинички здравих оваца различитих раса – бугарске млечне овце, Тракиа мерино, Ил де Франс и Мутон Шароле, подељених у 4 групе од по 12 оваца. Крв је узета за хематолошко одређивање броја црвених крвних зрнаца, укупног броја белих крвних зрнаца, садржаја хемоглобина, хематокрита, средњег корпускуларног волумена, глукозе, укупног протеина,

AST, ALT, триглицерида, Ca, P и Mg. Експерименти су изведени два пута, у интервалу од 2 недеље. Резултати су показали да су код оваца Ил де Франс број црвених крвних зрнаца, хематокрит, глукоза, ALT, триглицериди и укупни протеини били највиши од одговарајућих вредности код друге три расе. Код оваца Мутон Шароле, средња запремина корпускула, концентрације хемоглобина, активности AST, P и Mg су биле са највишим вредностима. Број белих крвних зрнаца и концентрација Ca у крви били су највиши код оваца млечне расе. Дакле, вредности крвних параметара се ипак разликују код оваца различитих раса, међутим већина истраживања је спроведено у термонеутралним условима. У истраживању спроведеном у Хрватској, Šimpraga et al. (2013) су испитивали разлике у хематолошким и биохемијским параметрима крви код различитих раса аутохтоних оваца у термонеутралним и условима топлотног стреса. Истраживање је спроведено на 270 оваца подељених у 9 стада, са око 30 животиња (26-35) узоркованих из сваког стада, и резултати су показали незнатан утицај расе на поменуте параметре. У условима топлотног стреса, кад се упоређује метаболичка адаптација тропских и европских раса, разлике би сигурно биле утврђене, док се ови параметри не разликују значајно између европских раса.

Раса је утицала значајно на вредности кортизола и холестерола у овом истраживању ($p < 0,05$). Веће вредности холестерола утврђене су код Ил де Франс расе оваца, у односу на мелезе Виртемберга и Сјеничке праменке. Током летње сезоне, концентрације кортизола значајно варирају између различитих раса, што потврђују и многа истраживања. Archana et al. (2018) су забележили повећану концентрацију кортизола у плазми код коза Османабади током лета, док код Салем Блек коза није примећен ефекат топлотног стреса. Ниже концентрације кортизола у плазми код коза Салем Блек указују на њихову супериорну прилагодљивост стресним условима. Ashutosh et al. (2001) су испитивали утицај климе на сезонски ендокрини профил аутохтоних и мележених оваца у полусушним условима, где су концентрације кортизола биле повећане код мелеза, што указује на бољу адаптацију аутохтоних оваца на тропске услове. У Грчкој, Arsenos et al. (2000) су испитивали концентрације холестерола код различитих аутохтоних и егзотичних раса оваца и показали да се вредности холестерола значајно разликују између раса ($p < 0,05$). Аутори су испитивали утицај сезоне, расе, пола, живе масе и исхране на концентрацију холестерола. Међу посматраним факторима, чини се да је раса најважнија у погледу утицаја на масноћу трупа и садржај холестерола. Резултати ове студије подржавају уверење да аутохтоне расе оваца производе трупове бољег квалитета за исхрану. Слично овим налазима, већина студија полазује значајан утицај расе на концентрацију холестерола код оваца (Zygoiannis et al., 1992; Nurnberg et al., 1998; Matthes et al., 1998; Gündoğan and Serteser, 2005; Oramariet al., 2014), што је доказано и у овом истраживању. Треба узети у обзир да и ако раса остаје један од главних фактора који одређује садржај холестерола у крви оваца, са променом исхране, услова држања као и климатских фактора, вредности холестерола се свакако мењају.

Слично спроведеним истраживањима, Tadesse et al. (2022) испитивали су утицај услова високог топлотног оптерећења на концентрације састојака у крви различитих раса оваца. У оглед су биле укључене три различите расе, и резултати су показали да је раса имала утицај на вредности кортизола и холестерола ($p < 0,05$), док на вредности осталих параметара крви њен утицај није био значајан ($p > 0,05$). Ови резултати указују на сличне метаболичке одговоре код различитих раса оваца у условима топлотног стреса. Свакако,

идентификација толерантних раса за већу способност прилагођавања у екстремним условима животне средине (високе температуре, недостатак хране, недостатак воде) је погодна стратегија за ублажавање утицаја климатских промена на производњу малих преживара. Релативни адаптивни капацитет различитих раса у смислу производње и репродукције је обећавајућа област истраживања. Домаће расе оваца сушних и семиаридних региона имају већу прилагодљивост на оштре услове животне средине у поређењу са егзотичним расама. Стога је одговарајући одабир расе ефикасан алат за одржавање производње у променљивим климатским условима.

6.4. Утицај продуктивног статуса на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца

Овце су у току целог огледа биле различитог продуктивног статуса и испитиван је утицај гравидности и лактације на посматране особине. Гравидност је имала утицај на вредности ширине карлице, температуре очију и предње ноге ($p < 0,05$), док на остале особине утицај гравидности није био значајан ($p > 0,05$). Што се тиче телесних мера, очекиван је утицај гравидности на ширину карлице, која се значајно шири у току гравидности, највише пред сам партус у чему учествује хормон релаксин који опушта везивна ткива у мишићима и лигаментима и омогућавају ширење карлице, те се растежу и мишићи трбуха и дна карлице. Међутим, интересантна је чињеница да гравидност није утицала на телесну масу оваца, која се иначе значајно мења под утицајем гравидности. Такође, гравидност није утицала на остале телесне мере, док неке студије пријављују другачије. У раду Tozlu Celiket al. (2021), утврђено је да су обим грудног коша, висина гребена, обим предње потколенице и дужина тела били већи код негравидних оваца. Свакако, под утицајем гравидности утврђено је да се највише мења ширина карлице.

Вредности ректалне температуре биле су повећане под утицајем топлотног стреса, међутим, гравидност није утицала на ову особину ($p > 0,05$), па се вредности ректалне температуре под утицајем топлотног стреса мењају независно од гравидитета. Гравидност није утицала на вредности температуре носа и абдомена ($p > 0,05$), док јесте на вредности температуре очију и предње ноге ($p < 0,05$), при чему су ови параметри били већи код гравидних оваца у односу на негравидне. У доступној литератури, неколико истраживања се бавило утицајем гравидности на промену ректалне температуре, међутим, не постоји довољно информација о повезаности гравидности и инфрацрвене термографије. Студија Yaqub et al. (2017) је истраживала истовремени ефекат гравидности и високе температуре околине у тропском окружењу на ректалну температуру код Јанкаса оваца у Нигерији, где су пронашли веће вредности ректалне температуре код гравидних у односу на негравидне овце. Значајно повећање ректалне температуре забележено код гравидних оваца у односу на негравидне током топлотног стреса је у складу са резултатима других студија спроведених на овцама (Elnageebet al., 2008; Macías-Cruz et al., 2013) и може бити делом због повећања брзине метаболизма, као резултат гравидности. Фетус у развоју губи топлоту кроз феталну циркулацију и зид материце, а производња топлоте фетуса представља екстра-термално оптерећење. Овај налаз може објаснити вишу ректалну температуру код гравидних у односу на овце које нису гравидне. Процењено је да се 86% топлоте створене метаболичким процесом у фето-плаценталној јединици губи преко плаценте, а 14% пролази кроз кожу фетуса у амнионску течност (Walker et al., 1995). У студији De Andrade Pantoja et al. (2023) код гравидних и негравидних Санта Инес оваца, чак и током узастопних топлотних таласа, ректална температура је ипак била већа код

негравидних оваца, што је супротно студији Yaqub et al. (2017). Слично налазима у спроведеним истраживањима, Abdalla et al. (1993) и E-Silva et al. (2016) су утврдили повећање ректалне температуре под утицајем топлотног стреса, али без утицаја гравидности на њену вредност. Ипак, већина истраживања је утврдила значајан утицај гравидности на вредности ректалне температуре код оваца, док је у обављеном истраживању закључено да гравидност није утицала на ректалну температуру, што се можда десило на рачун повећане температуре очију и предње ноге. Не постоји ни једна студија која повезује гравидност са променом површинске телесне температуре измерене инфрацрвеном термографијом код оваца. Гравидност је утицала на промене вредности температуре очију и предње ноге ($p < 0,05$), при чему ови региони могу послужити за предвиђање гравидитета код оваца. Међутим, Hellebrand et al. (2003) су закључили да се гравидност јуница у њиховом уобичајеном окружењу (пашњаку или штали) не може утврдити једноставним праћењем помоћу термовизира, али су открили да спољна температура прати температуру тела, па се стога инфрацрвена термографија може користити за одређивање еструса. Свакако, потребна су даља истраживања како би се потврдило да ли је могуће откривање гравидитета код животиња уз помоћ термовизијске камере.

Процена серумских концентрација метаболита са терморегулационим одговорима даје информације о способности прилагођавања животиња неповољном окружењу, али, у спроведеном истраживању, овце нису имале значајне варијације код свих метаболита под утицајем гравидности ($p > 0,05$). Промене у нивоу метаболита у крви и метаболичких хормона приликом изложености високим температурама су исте и код гравидних и негравидних оваца. Дакле, гравидност као значајни стресор код оваца, ипак не утиче на метаболичку адаптацију. E-Silva et al. (2016) потврђују исто, наиме гравидност у њиховом истраживању није значајно утицала на серумске метаболите оваца ($p > 0,05$). Међутим, потребе за енергијом током гравидности су огромне и значајан број аутора описује минералне и биохемијске показатеље у крви гравидних оваца. У истраживању Antunović et al. (2004), утврђене су значајне варијације минералних индикатора у крви оваца у зависности од репродуктивног статуса, што је повезано са поремећајима метаболизма који се могу јавити на крају гравидности. Такође, знатно веће концентрације албумина и холестерола су откривене у крви гравидних оваца у односу на негравидне, док је супротно примећено код концентрације укупних протеина. Смањење укупних протеина током гравидности може се објаснити брзим издвајањем имуноглобулина из плазме током последњих неколико месеци гравидитета када се формира колострум у млечној жлезди, као и повећаним потребама у протеинима за развој фетуса. Нижи нивои глукозе у крви гравидних оваца су такође забележени, што показује да фетус има повећану потребу за глукозом због појачаног развоја у последњој фази гравидности. Активност ензима је такође зависила од репродуктивног статуса, СК је био већи код негравидних, ALT код гравидних, док гравидност не утиче на вредности AST и LDH. Утврђена је и повећана концентрација билирубина, што све може бити разлог појачаног метаболизма у јетри у току гравидности. Код Каракул оваца, у раду Baumgartner and Perntner (1994), гравидност је утицала на вредности укупних протеина, албумина, урее, AST и GGT, а није на вредности холестерола, креатинина, креатин киназе, билирубина, ALT, ALP, Ca, P и Mg, што аутори приписују различитим метаболичким активностима и сезонским факторима. Roubies et al. (2006) су упоређивали метаболичку адаптацију гравидних, негравидних лактирајућих и засушених Хиос оваца у врућим условима, и установили значајан утицај

продуктивног статуса на средње серумске вредности већине параметара ($p < 0,05$). Концентрације Ca, P, Mg, LDH, креатин киназе су биле веће код негравидних оваца у лактацији у поређењу са засушеним и гравидним овцама. Средња концентрација креатинина у серуму је била највећа код засушених оваца. Насупрот томе, средње серумске концентрације укупних протеина, албумина, глобулина, глукозе, K и Na нису се значајно разликовале ($p > 0,05$) међу групама. Иако је већином утврђен значајан утицај гравидности на биохемијске параметре крви, не мора до тога и доћи, као што се и десило у овом истраживању. Гравидност јесте велики стресор за овце, али, ипак не доводи до посебних метаболичких промена, као што се десило под утицајем топлотног стреса.

Студије које се односе на утврђивање утицаја топлоте и нутритивног стреса током гравидности код оваца су малобројне. Ово је веома важна тема за проучавање, јер је код малих преживара, посебно код оваца, од највеће важности добијање јагњаци у редовним интервалима. Због тога су потребни усаглашени истраживачки напори да би се обезбедиле основне информације везане за утврђивање утицаја топлоте и стреса у исхрани код гравидних оваца. Ово може отворити пут за развој одговарајућих стратегија побољшања за супротстављање топлотном стресу помоћу исхране током периода гравидитета код оваца. Излагање гравидних оваца током средње и касне гестације високим температурама околине у великој мери смањује укупан број ћелија ембриона и величину плацентума. Поред тога, порођајна маса јагњаци, повећање живе телесне масе или стопа раста, као и укупна телесна маса и дневни прираст су умањени излагањем повишеним температурама. Другим речима, може се констатовати да изложеност топлотном стресу штетно утиче на прираст јагњаци и то узрокује економски губитак. Овакве појаве захтевају или да се овце заштите од излагања високим температурама околине током сезоне парења или да се парење оваца у топлим климатским зонама обавља у периодима године са повољнијом спољашном температуром.

Осетљивост оваца на топлотни стрес је већа током лактације него током гравидности, што одражава високо метаболичко оптерећење при производњи млека које узрокује већу производњу топлоте (Abdalla et al., 1993). Међутим, подаци који описују утицај повишене температуре и влажности на лактацију су ретки за расе оваца које се баве производњом вуне и меса, иако топлотни стрес током лактације смањује производњу млека код говеда (Тао et al., 2018) и млечних оваца (Sevi and Caroprese, 2012). Млечне краве изложене благом топлотном стресу током лактације дају 25 до 40% мање млека, првенствено због смањеног уноса хране изазване топлотом, промена у метаболизму и поремећеног развоја млечне жлезде (Тао et al., 2018). Код млечних оваца, Ramón et al. (2016) су утврдили да су оптималне дневне температуре за производњу млека од 10 до 22 °C и да су мале варијације температуре ван овог опсега биле довољне да смање принос млека. Количина млека се смањује за 15% када максималне температуре пређу 21 до 24°C, и за 20% при температурама од 30 и више степени (Sevi and Caroprese, 2012). Млечне козе у лактацији су такође погођене топлотним стресом, једу 29% мање хране, пију 41% више воде и производе 8% мање млека када су изложени температурном стресу током 32 дана (Contreras-Jodaret et al., 2018). Имајући све ово у виду, пораст температуре већ током пролећа може угрозити лактацију оваца, нарушавајући одбијање њихових јагњаци. Током спроведеног огледа, већина испитиваних параметара се није мењала под утицајем лактације. Лактација је утицала на вредности температуре предње ноге и абдомена, на вредности T4, NEFA, укупних протеина и ензима GGT ($p < 0,05$), док вредности осталих

параметара се нису разликовале између засушених и оваца у лактацији ($p > 0,05$). Што се тиче телесних мера, утврђен је значајан утицај лактације на вредности телесне масе код крава (Koenenand Groen, 1998), оваца (Mavrogenis et al., 1980) и коза (Adenuga et al., 1991), док су ретки радови који су се бавили питањем утицаја лактације на остале телесне мере. Такође је забележено смањење телесне масе на почетку лактације, што је и уобичајено зато што је конзумирање хране после партуса смањено, као и у првим данима лактације, где је губитак телесне масе изван на рачун производње млека, али већ после постизања максималне производње, количина млека у лактацији се смањује, исхрана повећава а с тим и телесна маса. У обављеном истраживању лактација није утицала на промену вредности телесне масе, као ни на вредности осталих телесних мера ($p > 0,05$). Овце у огледу биле су старости од 2-8 година, а најчешћи је утицај прве лактације на телесне мере код оваца, већ од друге лактације се ретко примећује промена у вредностима телесних мера услед утицаја лактације, што је и потврђено у спроведеном истраживању.

Како и гравидитет, тако и лактација није утицала на промену вредности ректалне температуре ($p > 0,05$). Што се тиче термовизијских мерења, температура предње ноге и абдомена биле су под утицајем лактације ($p < 0,05$), док носа и очију нису ($p > 0,05$). Вредности ових параметара биле су веће код засушених оваца, које су већином биле гравидне. Abdalla et al. (1993) су испитивали различите физиолошке одговоре на топлотни стрес код гравидних, засушених и лактирајућих оваца. Као и у спроведеном истраживању, топлотни стрес је утицао на терморегулаторне одговоре оваца, међутим, за разлику од налаза, ректална температура је била под утицајем и гравидности и лактације. На основу ректалне температуре, овце у лактацији биле су осетљивије на топлоту од засушених и гравидних оваца. Такође, површинска телесна температура била је већа код оваца у лактацији у односу на засушене и гравидне овце. Генерално, и ректална и површинска температура су биле веће код оваца током лактације од оних током гравидности, вероватно због повећаног уноса хране и повећане метаболичке активности за синтезу млека и секрецију после партуса. Чини се да је производња млека јачи стресни стимулус од гравидитета. Испитивање терморегулационог одговора на топлотни стрес оваца у различитом физиолошком стању проучаван је у студији Macías-Cruz et al. (2018). Ујутру (од 06-08h) и после подне (17-19h) мерене су ректална температура дигиталним термометром, као и температура ока, носа, уха, слабине, десног бока, абдомена, задњице, рамена и ноге узимањем појединачних термалних снимака инфрацрвеном термографском камером. Ректална температура је била слична између засушених и оваца у лактацији ујутру, док је после подне била већа код оваца у лактацији. Са изузетком температуре ушију и слабине забележених ујутру које се нису разликовале између ових оваца, све остале температуре површине тела добијене инфрацрвеном термографском камером биле су веће код оваца у лактацији него код оних које нису у лактацији у било ком времену посматрања. Ови резултати сугеришу да лактација повећава метаболичку производњу топлоте и смањује толеранцију на топлотни стрес код оваца. Губици топлоте кроз кожу, могу представљати механизме терморегулације који одржавају топлотну равнотежу код оваца у лактацији под топлотним стресом. Међутим, у овом истраживању се показало да су температуре површине тела биле веће код засушених и гравидних оваца у односу на овце у лактацији, што значи да су засушене и гравидне овце распршиле више топлоте кроз кожу, при чему су вероватно регулисале своју телесну температуру комбиновањем губитка топлоте кроз механизме испаравања и неиспаравања, док су овце у лактацији користиле углавном механизме испаравања. На основу резултат спроведених истраживања, ректална

температура није добар показатељ терморегулације, с обзиром да су сви испитивани фактори утицали на вредности температуре измерене термовизијском камером, док већина њих није утицала на ректалну температуру. Инфрацрвена термографија се показала као бољи метод за откривање стреса код оваца.

Метаболичке болести су најважнији узрок измењене продуктивности оваца, које се најчешће дешавају у току лактације, па је зато потребно познавати физиолошке концентрације и опсеге нивоа метаболита који су у основи процене метаболичког профила оваца. Производња млека је процес који захтева високу доступност хранљивих материја и ћелијску активност у млечној жлезди, посебно током периода после јагњења. Метаболичка активност је на највишем нивоу током лактације код животиња. Дакле, ослобађање тиреоидних хормона се повећава и погодује порасту метаболичке активности сисара у лактацији (Polsky, and Keyserlingk, 2017), што је и потврђено у спроведеном истраживању повећањем хормона Т4. Међутим, овај метаболички сценарио промовише интензивирање метаболичке производње топлоте која, у комбинацији са природним окружењем топлотног стреса, може угрозити способност оваца у лактацији да одрже нормотермију, ситуацију уочену у спроведеној студији. Вредности осталих испитиваних хормона се нису мењале под утицајем лактације. Негативни енергетски биланс код преживара резултира брзим развојем липолизе уз пораст концентрације NEFA у крви (Ђокović et al., 2015; Ђокović et al., 2019), што је и примећено у спроведеном истраживању. Концентрација NEFA је обично виша у раној лактацији у односу на период касније и стабилне лактације, док у самом пику лактације вредности NEFA могу варирати у зависности од тога како оваца толерише метаболичко оптерећење које носи производња млека. Повећана липолиза са доласком NEFA у јетру, повећава њихово метаболичко искоришћавање када расте кетогенеза и концентрација ВНВ. ВНВ је значајан индикатор негативног енергетског биланса и склоности ка декомпензацији негативног енергетског биланса када може настати субклиничка или клиничка кетоза (Krnjajić, 2022). У спроведеном огледу концентрације ВНВ не указују да постоји развијен услов за настанак овог метаболичког поремећаја, јер вредности ВНВ нису биле значајно повећане, нити под утицајем лактације. Лактација ипак није довела до негативног енергетског биланса код оваца у спроведеном огледу, што доказује и чињеница да није утицала на вредности глукозе, док јесте на вредности укупних протеина, али су те вредности биле веће код засушених оваца. El-Sherif and Assad (2001) спровели су истраживање о промени биохемијских параметара крви током гравидности и лактације код оваца. Од биохемијских параметара у крви испитиване су концентрације глукозе, укупних протеина, албумина, глобулина, односа албумина и глобулина (А/Г), урее и креатинина, те активности ALT и AST. Сви показатељи су се током гравидности почели повећавати, достижући максималну вредност код јагњења и на почетку лактације. Аутори доказују да се храњиве материје из тела троше током гравидности и лактације. Резултати указују на потребу праћења храњивих материја, посебно протеина током лактације и гравидности. Ензим GGT је изразито осетљив индикатор обољења етре, те је пораст његове активности један од најосетљивијих показатеља оштећења јетре, који је био под утицајем лактације у спроведеном огледу, где су вредности овог параметра биле на нижем нивоу код оваца у лактацији у односу на засушене. Antunović et al. (2004) наводе супротно, односно веће вредности овог ензима код оваца у лактацији. Већина аутора је утврдила значајан утицај лактације на концентрацију биохемијских параметара крви, при чему закључују да је лактација код оваца снажнији стресни стимуланс у односу на гравидност у термонеутралним или хипертермним условима. Лактација се није показала као значајан

стресни стимуланс у спроведеном огледу. Метаболичка прилагођавања примећена код оваца могу бити повезана са способношћу ових раса да одрже принос млека упркос високим температурама, што се такође приписује уравнотеженој исхрани и доброј телесној кондицији.

Потребе за енергијом током периода гравидности и лактације за овце су огромне. Даље, у променљивом климатском сценарију, вишеструки стресови који се јављају, а посебно топлотни и нутритивни стрес, могу имати штетне ефекте током периода гравидности и лактације. Када су изложене једном по једном стресу, овце се могу ефикасно супротставити на основу својих ускладиштених телесних резерви и без промене производних функција. Међутим, ако су истовремено изложене већем броју стресова, збирни ефекти различитих стресора могу се показати штетним за ове животиње. Такав одговор се приписује неспособности животиње да се носи са комбинованим ефектима различитих стресора истовремено. Чини се да су овце у спроведеном огледу ипак успеле да се носе са вишеструким стресовима, осим топлотног стреса, јер ни гравидност као ни лактација нису значајно утицали на већину испитиваних параметера у току целог огледа.

6.5. Утицај начина узгоја на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца

Овце се узгајају на различите начине што првенствено зависи од циља производње као и развијености и заступљености овчарства у укупној сточарској производњи земље. Тако се овце узгајају на екстензивни, полуинтензивни и интензивни начин. Екстензивни системи узгоја и даље преовлађују у нашој земљи, мада се велики број фармера окреће интензивном систему узгоја, при чему се и аутохтоне расе замењују увозним расама које су погодне за овакав начин узгоја. Слична је ситуација и у целом свету, а с обзиром на неизбежан утицај климатских промена на сточарску производњу, неопходно је испитивање утицаја високог топлотног оптерећења и разлике у адаптацији код различитог начина узгоја. Доказано је да топлотни стрес утиче на овце, међутим адаптивни одговори нису били исти у оба система узгоја код оваца. Телесне мере су се разликовале под утицајем начина узгоја, логично, јер су се и различите расе оваца гајиле у два различита система. У екстензивном начину узгоја испитивани су мелези Виртемберга x Сјеничка праменка, па су висина гребена и дубина груди биле веће код ових оваца ($p < 0,05$), док су у интензивном начину узгоја биле већином Ил де Франс овце као и мањи број мелеза, где су ширина груди, обим груди, телесна маса, површина и метаболичка величина тела биле веће код ових оваца ($p < 0,05$). Свакако, у интензивном начину узгоја оваца због високог нивоа исхране и уноса хранљивих материја, прираст телесне масе и телесна развијеност је већау односу на екстензивни узгој и при упоређивању оваца исте расе, што је и потврђено у истраживању Karthik et al. (2021a, b) код Нелоре оваца. Kochewad et al. (2018a, b) су проучавали утицај различитих система узгоја на продуктивне особине и телесну кондицију индијских оваца, где су закључили да су продуктивне особине и оцена телесне кондиције били виши у интензивном систему у поређењу са другим системима, јер се у систему интензивног узгоја може обезбедити брига о животним фазама кроз обезбеђивање концентроване хране, уз минималан губитак телесне енергије.

Терморегулација се разликује код оваца у односу на начин узгоја, па су ректална температура као и температура носа и предње ноге биле веће код оваца држаних интензивно ($p < 0,05$), док начин узгоја није утицао на вредности температуре очију и

абдомена ($p > 0,05$). Приказани резултати се односе на просечне вредности у току целог огледа, међутим у условима јаког топлотног стреса, овце држане екстензивно су имале већу телесну температуру у односу на овце држане интензивно. Ови резултати су потврђени у појединим истраживањима, где је такође закључено да се терморегулација разликује у зависности од начина узгоја. Утицај различитих система узгоја на ректалну температуру оваца проучаван је током 4 године у истраживању *Voet et al. (1991)*. Резултати су показали значајан утицај начина узгоја на вредности ректалне температуре, која је била већа код оваца држаних екстензивно. Ови резултати су установљени пре шишања оваца, међутим након шишања, ректална температура је била на истом нивоу без обзира на начин држања, што значи да вуна има веома значајан утицај на овај параметар. Потврђено је и да су различити начини исхране у два различита система узгоја утицали на вредности ректалне температуре. Ректална температура је била већа код оваца држаних екстензивно и у истраживању *Karthik et al. (2021a)* у односу на овце држане интензивно, и у термонеутралним и у условима топлотног стреса. Аутори закључују да су повећана брзина пулса као и дисања код оваца држаних екстензивно били разлози веће ректалне температуре. *Kochewad et al. (2017)* су такође утврдили већу ректалну температуру код оваца држаних у екстензивном систему узгоја у односу на овце из интензивног узгоја, што је примећено у поподневним мерењима, док су у јутарњим часовима вредности ректалне температуре биле на истом нивоу. Начин узгоја је утицао на термографске податке, што је у сагласности са многим ауторима (*Neves et al., 2009; Paim et al., 2013; Paim et al., 2014*). Дакле, инфрацрвена термографија је обећавајућа техника за процену терморегулације и у различитим окружењима.

Поред терморегулације, метаболичка адаптација оваца се такође разликује у односу на начин узгоја, па је овај фактор имао утицај на одређене биохемијске параметаре крви. Ово је у сагласности са резултатима чије су објавили *Kochewad et al. (2017)* и *Karthik et al. (2021a)*, који су такође испитивали утицај начина узгоја на метаболичку адаптацију оваца. Што се тиче енергетског статуса, код оваца узгајаних у екстензивном систему откривена је смањена концентрација глукозе у серуму ($p < 0,05$). Слично добијеним резултатима у овом истраживању, неколико аутора је открило смањену концентрацију глукозе код оваца гајених екстензивно у односу на овце у интензивном систему узгоја (*Kulkarni et al., 2010; Kochewad et al., 2018a; Karthik et al., 2021a*). Резултати указују да осиромашена исхрана, али и топлотно оптерећење, утичу на концентрацију глукозе. У екстензивном систему, адаптивни механизам ферментативног метаболизма оваца је можда повећао искоришћеност глукозе за телесне функције, и на крају смањио њихов ниво у серуму (*Hyder et al., 2017*). Вредности укупних протеина су обично повећане код оваца које се интензивно узгајају, што може бити резултат веће ефикасности претварања непротеинских азотних супстанци у аминокиселине и протеине. Овце које се интензивно узгајају могу имати већи број микроорганизама у бурагу које синтетизују протеине из доступног непротеинског азота, пошто храна садржи уреу (*Karthik et al., 2021a*). Вредности триглицерида и холестерола су биле веће код оваца у интензивном узгоју ($p < 0,05$), док је у истраживању *Rajuet et al. (2015)* ниво холестерола у плазми био значајно мањи, а триглицерида значајно виши код оваца у интензивном системом узгоја у поређењу са екстензивним и полуинтензивним системом узгоја. Међутим, утврђено је да је повећање нивоа холестерола максимално код животиња које се гаје у интензивном систему, што се може приписати вишим нивоима слободних масних киселина, узрокованим већим нивоом стреса током експерименталног периода. Утврђен је већи садржај уреје у серуму код оваца

у екстензивном систему ($p < 0,05$), што је у сагласности са студијом Rajuet et al. (2015). Хормонални профил се разликује код оваца гајених у два различита система узгоја, при чему је начин узгоја имао највећи утицај на концентрације кортизола ($p < 0,05$). Значајна интеракција између система узгоја и сезоне за нивое кортизола у серуму јасно указује да утицај топлотног стреса није био исти у два различита система узгоја током летњих периода, при чему су вредности кортизола биле веће у екстензивном систему. Већи садржај калцијума и магнезијума ($p < 0,05$) у овчијем серуму екстензивног узгоја могао би бити директно повезан са различитим нивоом исхране. Начин узгоја није утицао на концентрације билирубина и свих испитиваних ензима ($p > 0,05$), док је супротно објављено у студијама Nejad and Sung (2017) и Karthik et al. (2021a), такође код оваца. Утврђено је да интензивни систем гајења има повољан ефекат на удобност и продуктивне перформансе. У екстензивном систему, стрес треба смањити допуном вишег нивоа исхране, суплементацијом електролита током екстремног лета и инсталирањем појилишта на путу испаше, као и обезбеђивањем хлада и склоништа за стада оваца током дугих сати на испашама.

6.6. Утицај топлотног стреса и начина узгоја на адаптацију оваца и значај термовизијског мерења телесне температуре

Када је животиња под стресом, активира се хипоталамусно-хипофизарна-аденокортикална осовина и топлота се производи као резултат повећане концентрације катехоламина и кортизола, што доводи до промена у производњи топлоте и губитку топлоте од животиње (Schaefer et al., 2002; Sutherland et al., 2020). Термографске слике могу указивати на промене у протоку крви које су резултат повећане телесне температуре повезане са стресним условима околине (Paim et al., 2012). Важно је да се IRT изводи на различитим местима јер је употреба једне површинске температуре за идентификацију термалних зона упитна због разлика у вазоконстрикционој/вазодилационој активности између различитих делова тела (Montanholi et al., 2008). Различити делови тела, познатији као термални прозори, показују директну везу са аутономним нервним системом, тако да се инфрацрвена топлота тамо расипа (Martello et al., 2016; Verduzco-Mendoza et al., 2021). То су региони коју су такође коришћени у спроведеном експерименту, као што су орбитални регион и регион носа. Поред овога, одређиване су и температуре абдомена и екстремитета јер су под додатним утицајем амбијенталне средине (сунчева светлост и под).

Што се тиче ректалне температуре, она је означена као параметар који се широко користи за одређивање степена прилагодљивости животиња јер повећање ове варијабле указује на то да животиња акумулира топлоту тако да се може испољити термички стрес. Нормална ректална температура код оваца варира од 38,5 до 39,9 °C (Macías-Cruz et al., 2013). Ректална температура се значајно мењала под утицајем периода мерења, начина узгоја као и њихове интеракције ($p < 0,05$), а била је већа од IRT, што је у сагласности са резултатима које су објавили McManus et al. (2015) код јагњади, Martello et al. (2016) код товних јединки и Berry et al. (2003) код млечних говеда. За одређивање топлотног стреса код оваца, Starling et al. (2002) су открили да је процена одговора на топлотни стрес коришћењем ректалне температуре била недовољна. Резултати су показали да на температуру површине тела утичу како период и начин узгоја оваца, тако и њихова интеракција ($p < 0,05$). Међу проучаваним деловима тела, у овом истраживању, IRT абдомена и предњих ногу показују највећа одступања између периода и начина узгоја, па

се показало да постоји значајна позитивна корелација између ових делова тела и ТНІ, где су температура абдомена и температура предње ноге биле доста веће у односу на температуру носа и очију под високим и умереним ТНІ условима, што указује да ови делови тела могу бити најпогоднија локација за предвиђање топлотног стреса помоћу термографије. Занимљиво је да у термонеутралном периоду овце држане интензивно показују вишу температуру у односу на овце које су држане екстензивно, што значи да када су температуре пријатне, овце на пашњаку су у повољнијим амбијенталним условима од оваца у штали, док у периоду 2, у којем је измерен највећи ТНІ, интензивно држане овце имају ниже температуре, а све због заклона од директне сунчеве светлости, које овце на испашама немају. У студији Raim et al. (2014) четрдесет јагњади је било изложено трима различитим климатским условима: спољашњем, у објекту и вештачком грејању, где се показало да су површинске телесне температуре имале тенденцију повећања са повећањем индекса топлотног комфора, па су се температуре свих проучаваних делова тела разликовале у зависности од начин узгоја. Температуре носа и очију су имале другачији образац у поређењу са другим температурним тачкама, док у овој студији температура носа и очију нису показале значајну корелацију са ТНІ. Код млечних говеда, у истраживањима Salles et al. (2016) и Peng et al. (2019), није било значајних корелација између ТНІ и ректалне температуре и температуре очију, док је било између ТНІ и температуре абдомена и екстремитета, што је слично резултатима из овог истраживања. Такође, Peng et al. (2019) закључују да сви проучавани делови тела имају већу корелацију са ТНІ него ректална температура, што сугерише да су површинске телесне температуре осетљивије на термичко окружење од ректалне температуре. Чињеница да је корелација између ТНІ и температуре абдомена и предње ноге много већа од других делова тела, указује на то да ови региони имају потенцијал да укажу на могуће утицаје климатског окружења на терморегулаторне одговоре оваца.

Ефекти топлотног стреса на концентрације метаболита у крви увелико варирају у различитим студијама, што отежава објашњење метаболичког одговора оваца да би преживеле и прилагодиле се врућим климатским условима. Приликом тумачења резултата морају се узети у обзир фактори као што су начин узгоја, период, раса, исхрана, физиолошки статус и други. Концентрације кортизола, инсулина, укупних протеина, албумина, урее, креатинина, свих билирубина, свих ензима, RQUICKI и RQUICKI_{ВНВ} индекса у условима топлотног стреса биле су веће него у термонеутралном периоду ($p < 0,05$). Насупрот томе, активности Т3, Т4, NEFA, ВНВ, глукозе, Са, Р, Mg и свих холестерола биле су ниже у условима топлотног стреса ($p < 0,05$). Топлотни стрес није утицао на вредности триглицерида, НОМА и QUICKI индекса ($p > 0,05$). Ендокрини одговори су један од главних регулатора адаптације животиња на изазове топлотног стреса. Кортизол, главни глукокортикоид, се углавном производи у кори надбубрежне жлезде, сматра се важним маркером стреса и учествује у различитим телесним функцијама, укључујући имуне одговоре и метаболизам протеина, угљених хидрата и масти (Tadesse et al., 2022). Виша температура и ТНІ током лета изазивају топлотни стрес, а као одговор, ниво кортизола се може повећати (Sejian et al., 2012; Indu et al., 2014), тако да концентрација кортизола у крви код животиња може пружити информацију о њиховом стресном статусу. У условима топлотног стреса, уобичајено је приметити смањење нивоа тироидних хормона Т3 и Т4, оба одговорна за посредовање у метаболизму животиња, као механизам за смањење метаболичке производње топлоте (III et al., 2006). Забележене су смањене концентрације циркулишућих Т3 и Т4, што указује на покушај смањења брзине

метаболизма, а тиме и производње метаболичке топлоте код оваца (Nazifi et al., 2003; Indu et al., 2015; Rathwa et al., 2017). Инсулин је метаболички хормон важан у регулацији енергетског метаболизма у условима топлотног стреса код оваца (Mahjoubi et al., 2014). Нивои инсулина се повећавају као одговор на топлотни стрес, производећи хиперинсулинемију, што може бити стратегија за заштиту исправног функционисања панкреаса и промовисање веће производње протеина топлотног шока (heat shock protein-HSP) (Baumgard and Rhoads, 2013). Дакле, док топлотни стрес смањује унос хране, хиперинсулинемија спречава липолизу и повећање концентрације неестерификованих масних киселина NEFA, чији вишак може изазвати апоптозу β ћелија панкреаса (Nelson et al., 2002). Главни показатељи липомобилизације у крви код преживара су ВНВ, најважније и најзаступљеније кетонско тело, и NEFA, чије су активности у обављеном истраживању смањене у условима топлотног стреса. Ниске концентрације NEFA су углавном пријављене код музних крава под топлотним стресом. Сматра се да је ово покушај да се повећа искоришћеност глукозе што ће резултирати мањом производњом метаболичке топлоте (Rhoads et al., 2009; Baumgard and Rhoads, 2012). Што се тиче индекса инсулинске резистенције, топлотни стрес није утицао на вредности НОМА и QUICKI индекса ($p>0,05$), док је повећавао вредности RQUICKI и RQUICKI_{ВНВ} индекса ($p<0,05$).

У условима топлотног стреса се повећава концентрација укупних протеина. Слично налазима у спроведеном истраживању, Salem et al.(1998) су приметили да су нивои укупних протеина у серуму били виши током врелог лета него зиме код Хиос јагњаци и мелеза Хиос x Осими у горњем Египту, а нивои албумина су били виши у поређењу са глобулином. Нивои глобулина су се незнатно мењали под утицајем годишњег доба (зима, лето, јесен) код овнова Осими x Сафолк у климатским условима Египта (Marai et al., 1992). Познато је да топлотни стрес изазива периферну вазодилатацију како би се редуковала телесна температура и смањио проток крви у унутрашње органе (Srikandakumar et al., 2003). Повећање урее и креатинина у серуму код оваца због топлотног стреса може указивати на то да њихови бубрези доживљавају смањен проток крви током стања топлотног стреса. Индикатори функционалног стања јетре су концентрација билирубина и активност ензима у крви, који такође могу указати и на метаболички стрес. У условима топлотног стреса биле су повећане вредности билирубина и свих ензима. У истраживању Badakhshan and Mirmahmoudi (2016), осетљивост оваца на топлотни стрес се манифестовала повећањем вредности укупног билирубина, што указује на знаке руптуре црвених крвних зрнаца или оштећења јетре. AST и ALT су два важна метаболичка ензима која се повећавају током излагања топлотном стресу код оваца (Nazifi et al., 2003). Повећање ALT и AST у врућем периоду је у складу са налазима Srikandakumar et al.(2003) и Rathwa et al.(2017). Повећање ALT и AST може бити због повећања глуконеогенезе или због неког штетног ефекта топлотног стреса на активност јетре (Wojtas et al., 2014; Rathwa et al., 2017). У истраживању Hrkovic-Pogobija et al. (2017) спроведеним на 117 оваца праменке током лета, испитивани су нивои серумских ензима ALT, AST, GGT, ALP и LDH. Уочено је повећање свих испитиваних ензима, где су аутори закључили да ово повећање може указивати на интензивне метаболичке процесе као одговор јетре на негативан енергетски биланс. Ови налази су у складу са добијеним резултатима у спроведеном истраживању, а такође је у овој студији уочена већа активност креатинин киназе, што указује на оштећење мишића, умор и подложност топлотном стресу.

Топлотни стрес значајно мења хомеостазу глукозе код животиња. Резултати утицаја високе температуре околине на садржај глукозе у крви оваца су контрадикторни. У овој студији, ефекат топлотног стреса је смањио вредност глукозе у крви. Marai et al. (1992) су открили код оваца Осими расе да су нивои глукозе у крви знатно виши лети него зими. Неке друге студије су показале да се глукоза у крви значајно смањила са различитим процентима (код Хиос оваца и мелеза Хиос x Осими) (Salem et al., 1998). Srikandakumar et al. (2003) су испитивали ефекат топлотног стреса на метаболизам Оманских и Мерино оваца, где су приметили да топлотни стрес повећава глукозу код Мерино, али смањује код Оманских оваца, што значи да различите варијабле могу утицати на метаболизам глукозе, укључујући расу, старост, начин узгоја, хормоне, физиолошко стање (тј. gravidност, лактацију, неухрањеност и болест), па и нутритивне утицаје. Топлотни стрес негативно утиче на равнотежу минерала у крви, па је у спроведеној студији смањио нивое Са, Р и Mg. Srikandakumar et al. (2003) су утврдили смањење Са у крви код Оманских и Мерино оваца, а Baumgarther and Pertnhaner (1994) су приметили да је ниво неорганичког фосфора био знатно нижи лети него зими код оваца Каракул расе. Концентрације Са, Р и Mg биле су ниже у условима топлотног стреса код иранских маснорепих оваца (Nazifi et al., 2003), због чега су аутори закључили да је последица могућег смањеног уноса хране повезаног са топлотним стресом. Концентрација укупних липида у серуму значајно опада код преживара при продуженом излагању високој температури околине, посебно вредности холестерола (Marai et al., 1995; Habeeb et al., 1996). Ова појава може бити резултат повећања садржаја воде у организму или употребе масних киселина за производњу енергије као последица смањења концентрације глукозе. Значајно повећање нивоа кортизола код животиња под топлотним стресом може бити још један фактор који узрокује смањење нивоа холестерола у крви (Marai et al., 2008). Слично добијеним налазима, студија Macías-Cruz et al. (2018) је открила да топлотни стрес мења концентрацију холестерола али не и триглицерида код оваца.

Начин узгоја је утицао на вредности многих параметара, где су концентрације кортизола, инсулина, Са, Mg, албумина и урее биле веће код оваца које су се екстензивно гајиле, док су вредности Т3, Т4, глукозе, триглицерида и свих холестерола биле веће код оваца у интензивном систему узгоја ($p < 0,05$ или $p < 0,01$ за све параметре). Многи аутори потврђују да начин узгоја утиче на биохемијске параметре крви у условима топлотног стреса, па се тако у скорашњем истраживању Karthik et al. (2021) код оваца Нелоре расе у различитим системима узгоја показао виши ниво глукозе, укупних протеина, албумина, холестерола, Т3, Т4, Са и Р у интензивном систему; међутим, глобулин, креатинин, AST, ALT, глутатион пероксидазе и каталазе су биле више у екстензивним и полу-интензивним системима. Показало се да топлотни стрес утиче на вредност скоро свих испитиваних параметара биохемије крви, односно енергетског, протеинског и минералног статуса, као и на параметре индикатора функционалног стања јетре, који се сви могу користити као важан индикатор топлотног стреса.

Корелација испитиваних параметара крви и телесне температуре мерене дигиталним термометром и термографијом значајно се разликује између различитих делова тела ($p < 0,05$). Ректална температура није корелирала са биохемијским параметрима крви, осим са Са и триглицеридима. Температуре носа и очију су показале слабу корелацију са одређеним биохемијским параметрима крви, док су температуре абдомена и предњих ногу показале значајну корелацију са скоро свим параметрима крви. Ово је била

прва студија која је пратила корелације између биохемијских параметара крви и инфрацрвене термографије у условима топлотног стреса код оваца. Неке студије повезују температуру очију мерену термовизијском камером са нивоима кортизола код говеда и свиња као резултат измењеног крвотока изазваног у овом региону као одговор на стресне услове (Stevart et al., 2007; Tan et al., 2009), што се изгледа није догодило у овој студији. Инфрацрвена термографија је добар показатељ метаболичког статуса код мишева (Meuer et al., 2017). Поред тога, инфрацрвена термографија је добар метод за предвиђање ректалне температуре код оваца (Joy et al., 2022), а ако томе додамо и везу са метаболичким одговором, можемо уочити предност коришћења ове методе у свакодневној пракси. Значајне корелације између температуре абдомена и предње ноге са биохемијским параметрима омогућавају примену инфрацрвене термографије као неинвазивне методологије за откривање промена унутар метаболизма животиња. Ова студија предлаже да би неинвазивна процена биохемијских параметара крви из термографа ових делова тела могла побољшати дијагностичку ефикасност, а такође, може превазићи нелагодност животиња у тренуцима када је вађење крви неопходно да би се спровела накнадна испитивања. Резултати се могу добити за кратко време, технологија је релативно исплатива, а поступак снимања могао би се поновити више пута при чему не захтева екстракцију узорака крви, чиме се могу избећи додатни стресови. С обзиром да су температуре абдомена и предњих ногу показале значајну корелацију и са ТН1 и са биохемијским параметрима крви то доказује да ови делови тела могу бити најприкладнија локација за предвиђање топлотног стреса термографијом.

Под утицајем топлотног стреса, телесна температура се повећава код оваца, а то повећање је израженије код екстензивно гајених животиња. Метаболичке промене изазване топлотним стресом подједнако су изражене код оваца у интензивном и екстензивном узгоју. Употреба термовизијске камере у процени топлотног оптерећења код оваца показује велике предности у односу на ректално мерење температуре због њене осетљивости на услове околине. Температура абдомена и предњих ногу значајно корелира са ТН1 вредношћу, али и са вредностима метаболичких параметара, па би могла бити погодна метода у неинвазивној процени стресног оптерећења код оваца. Ово би могло наћи своју примену, посебно у екстензивном овчарству. Температуре абдомена и предњих ногу су добри сумативни одговори на спољашњи амбијентални ТН1 и унутрашње метаболичке процесе код оваца под топлотним стресом (Čukić et al., 2023).

7. ЗАКЉУЧАК

На основу резултата истраживања утицаја топлотног стреса, старости, расе, продуктивног статуса и начина узгоја на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца, може се закључити:

1. Вредности ТНІ индекса у току летњих месеци указују на топлотни стрес, поред тога постоји опасност од топлотног стреса и у мају и септембру. На основу вредности ТНІ индекса, топлотни стрес постоји у току дана, док у јутарњим и вечерњим сатима не постоји опасност од топлотног стреса. Не постоји разлика између ТНІ вредности када се он израчуна из података који потичу из Хидрометеоролошког завода Србије или ако потичу директно са фарме, при чему фармер може израчунати реално топлотно оптерећење на фарми. Вредност ТНІ се током времена мења на идентичан начин у затвореном и отвореном систему узгоја, с тим што је у интензивном узгоју у просеку већа за 0,22 јединице. Ова разлика не утиче на оптерећење стресом и интерпретацију топлотног стреса. Иако су овце отпорније на топлотни стрес од већих преживара, на основу налаза може се закључити да ТНІ већи од 23 утиче штетно на овце.
2. Топлотни стрес је утицао на већину испитиваних параметара. Што се тиче телесних мера, топлотни стрес је значајно утицао на вредности дужине трупа, ширине груди, обима груди и ширине карлице ($p < 0,05$), док на вредности висине гребена, дубине груди, телесне масе, површине и метаболичке величине тела није значајно утицао ($p > 0,05$). Топлотни стрес је имао утицај на мере телесне температуре оваца, односно на вредности ректалне температуре и температуре површине тела измерене термовизијском камером. Анализом резултата метаболичких параметара оваца утврђен је статистички значајан утицај топлотног стреса на већину испитиваних параметара ($p < 0,05$, $p < 0,01$), осим на вредности глобулина, триглицерида, НОМА и QUICKI индекса инсулинске резистенције ($p > 0,05$). Вредности већине параметара на које је топлотни стрес утицао биле су смањене или повишене у току периода 2, где је постојао умерен до јак топлотни стрес, међутим већ у периоду 3 где је топлотни стрес био слаб до умерен (због почетка кишног периода), вредности испитиваних параметара су се враћале на скоро идентичне или приближне оним вредностима које су биле у току термонеутралног периода, односно периода 1. Сходно томе, овце су отпорније на топлотни стрес кад се појави у слабијем облику, док са већим повећањем ТНІ индекса као и дужем излагању јаком топлотном стресу, што се и десило у периоду 2, код оваца се дешавају све претходно наведене промене. По свему судећи у летњем периоду када су овце изложене деловању високе спољашње температуре настају значајне морфолошке и физиолошке промене, као и промене у промету воде и електролита па самим тим и у концентрацији биохемијских састојака крви. Резултати овог истраживања могли би се користити за утврђивање здравственог стања оваца. Добијене вредности могу бити показатељи метаболичког профила за овце, узимајући у обзир број животиња и узорковање у дужем временском периоду. Боље разумевање физиолошких последица топлотног стреса је важно како би се развили протоколи лечења и стратегије за ублажавање болести повезаних са топлотним стресом.

3. Старост оваца није утицала на вредности телесне температуре ($p > 0,05$) (како ректалне тако и IRT) и метаболичке параметре оваца, док је њен утицај на особине телесних мера био значајан ($p < 0,05$).
4. Раса оваца је имала значајан утицај на већину телесних мера ($p < 0,05$), што је и нормално с обзиром да су телесне мере расна карактеристика. На вредности температуре измерене ректално или термовизијском камером раса није имала значајан утицај ($p > 0,05$). Што се тиче метаболичких параметара раса је утицала на вредности кортизола и холестерола ($p < 0,05$), док на остале параметре није ($p > 0,05$). Вредности ширине груди, обима груди, телесне масе, површине и метаболичке величине тела су биле више код Ил де Франс расе оваца, док су вредности висине гребена и дубине груди биле више код мелеза Виртемберга и Сјеничке праменке. Веће вредности холестерола утврђене су код Ил де Франс расе оваца, док кортизола код мелеза Виртемберга и Сјеничке праменке. Ови резултати указују на сличне метаболичке одговоре код различитих раса оваца у условима топлотног стреса. Свакако, идентификација толерантних раса за већу способност прилагођавања у екстремним условима животне средине (високе температуре, недостатак хране, недостатак воде) је погодна стратегија за ублажавање утицаја климатских промена на производњу малих преживара. Стога је одговарајући одабир расе ефикасан алат за одржавање производње у променљивим климатским условима.
5. Гравидност је имала утицај на вредности ширине карлице, температуре очију и предње ноге ($p < 0,05$), при чему су ови параметри били већи код гравидних оваца у односу на негравидне. Ово отвара могућност откривања гравидности једноставним праћењем помоћу термовизира, те је потребно даље испитати повезаност гравидности и инфрацрвене термографије. Гравидност није показала статистички значајан утицај на метаболичке параметре код оваца у спроведеном огледу ($p > 0,05$). Лактација је утицала на вредности температуре предње ноге и абдомена, T4, NEFA, укупних протеина и ензима GGT ($p < 0,05$). Вредности осталих параметара се нису разликовале између засушених и оваца у лактацији ($p > 0,05$). Код оваца у лактацији утврђене су ниже вредности температуре абдомена и предње ноге. Вредности T4 и NEFA биле су повишене код оваца у лактацији, док су вредности укупних протеина и GGT биле повишене код засушених оваца. Потребе за енергијом током периода гравидности и лактације за овце су огромне. Даље, у променљивом климатском сценарију, вишеструки стресови који се јављају, а посебно топлотни и нутритивни стрес, могу имати штетне ефекте током периода гравидности и лактације. Чини се да су овце у спроведеном огледу ипак успеле да се носе са вишеструким стресовима, осим топлотног стреса, гравидност као ни лактација нису значајно утицали на већину испитиваних параметара у току целог огледа.
6. Начин узгоја је имао утицај на већину мера телесне развијености оваца, односно на висину гребена, дубину груди, ширину груди, обим груди, телесну масу, површину и метаболичку величину тела ($p < 0,05$), док на вредности дужине трупа и ширине карлице начин узгоја није утицао значајно ($p > 0,05$). Терморегулација се разликује код оваца у односу на начин узгоја ($p < 0,05$), па су ректална температура као и температура носа и предње ноге биле веће код оваца држаних интензивно, док начин узгоја није утицао на вредности температуре очију и абдомена. Приказани

результати се односе на просечне вредности у току целог огледа, међутим у условима јаког топлотног стреса, овце држане екстензивно показују већу телесну температуру у односу на овце држане интензивно. Метаболичка адаптација оваца се такође разликује у односу на начин узгоја, па је овај фактор имао утицај на одређене биохемијске параметаре крви ($p < 0,05$). Код оваца у екстензивном систему узгоја утврђене су значајно веће вредности кортизола, калцијума, магнезијума и урее, док су веће вредности глукозе, триглицерида, холестерола, LDL, HDL, VLDL и односа глукоза : инсулин утврђене код оваца гајених интензивно. На остале метаболичке параметре начин узгоја није имао утицај ($p > 0,05$).

7. Овце под топлотним стресом имају већу телесну температуру, а величина телесне температуре мерена инфрацрвеном термографијом била је већа од ректалне температуре. Температуре предње ноге и абдомена су показале позитивне линеарне корелације са ТНІ, док други начини мерења телесне температуре нису дали статистички значајне корелације. Овце под топлотним стресом су показале више вредности кортизола, инсулина, укупних протеина, албумина, урее, креатинина, билирубина, аспартат аминотрансферазе, аланин аминотрансферазе, гама-глутамил трансферазе, алкалне фосфатазе, лактат дехидрогеназе, креатин киназе и индекса инсулинске резистенције, и ниже вредности тријодотинина (Т3), тироксина (Т4), неестерификованих масних киселина, бета-хидроксибутирата, глукозе, калцијума, неорганског фосфора, магнезијума и холестерола. Температура тела и метаболички одговор били су различити у функцији начина узгоја оваца. Температуре предње ноге и абдомена су показале значајну корелацију са скоро свим крвним параметрима, а најјаче везе остварене су са Т3, Т4, ВНВ и ревидираним квантитативним индексом инсулинске осетљивости за проверу инсулинске резистенције. Абдомен и ноге су добри термални прозори јер су и добри сумативни одговори на спољашњи амбијентални ТНІ и унутрашње метаболичке промене код оваца под топлотним стресом. Метаболичка адаптација оваца се разликује у функцији испитиваног периода, начина узгоја и њихове интеракције. Показало се да топлотни стрес утиче на вредност скоро свих испитиваних параметара биохемије крви, односно енергетског, протеинског и минералног статуса, као и на параметре индикатора функционалног стања јетре, који се сви могу користити као важан индикатор топлотног стреса. Употреба термовизијске камере у процени топлотног оптерећења код оваца показује велике предности у односу на ректално мерење температуре због њене осетљивости на услове околине. Ово би могло наћи своју примену, посебно у екстензивном овчарству.

Неопходно је проширити сазнања у вези са физиолошким и метаболичким прилагођавањима које користе овце прилагођене топлотном стресу, према свом узрасту и физиолошком стању, за одржавање услова нормотермије у високотемпературним срединама. Са овим информацијама, стратегије за ублажавање топлотног стреса могу бити прикладније за системе производње у овчарству. Резултати ове дисертације ће истраживачима пружити основу за предвиђање топлотног стреса код оваца. Међутим, последице климатских промена се увелико осећају, па је потребно обавити додатна истраживања како бисмо допринели бољем разумевању утицаја ових промена на пољопривреду и човечанство. Одређени услови које су савремени људи до сада познавали, мењају се и те промене су на најинтензивнијем нивоу до сада. Оно што радимо сада и у наредних неколико година ће дубоко утицати на наредних неколико хиљада година.

8. ЛИТЕРАТУРА

1. Abdalla, E.B., Kotby, E.A., Johnson, H.D. (1993). Physiological responses to heat-induced hyperthermia of pregnant and lactating ewes. *Small Ruminant Research*, 11(2), 125-134.
2. Abdel-Samee, A.M. (1991). Detection of heat adaptability of growing lambs in subtropics. *Zagazig Veterinary Journal*, 19, 719-731.
3. Abdul Niyas, P.A., Chaidanya, K., Shaji, S., Sejian, V., Bhfatta, R., Bagath, M., Rao, G.S.L.H.V.P., Kurien, E.K., Girish, V. (2015). Adaptation of Livestock to Environmental Challenges. *Journal of Veterinary Science & Medical Diagnosis*, 4, 1-7.
4. Abeni, F., Maianti, M.G., Calamari, L., Cappa, V., Stefanini, L. (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.
5. Abeni, F., Calamari, L., Stefanini, L. (2007). Metabolic conditions of lactating Friesian cows during the hot season in the Po valley. Blood indicators of heat stress. *International Journal of Biometeorology*, 52(2), 87-96.
6. Abilay, T.A., Mitra, R., Johnson, H.D. (1975). Plasma cortisol and total progesterin levels in Holstein steers during acute exposure to high environmental temperature (42 C) conditions. *Journal of Animal Science*, 41(1), 113-117.
7. Abudabos, A.M., Samara, E.M., Hussein, E.O.S., Al-Ghadi, M.Q., Al-Atiyat, R.M. (2013). Impacts of stocking density on the performance and welfare of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 12(11), 66-71.
8. Achmadi, J., Yanagisawa, T., Sano, H., Terashima, Y. (1993). Pancreatic insulin secretory response and insulin action in heatexposed sheep given a concentrate or roughage diet. *Domestic Animal Endocrinology*, 10, 279-287.
9. Adenuga, M.K., Tolcamp, B.J., Ademosun, A.A., Montsma, G., Brouwer, B.O. (1991). Effect of pregnancy and lactation on liveweight, feed intake and feeding behavior in West African Dwarf (WAD) goats. *Small Ruminant Research*, 4(3), 245-255.
10. Ahirwar, M.K., Kataktalware, M.A., Pushpadass, H.A., Jeyakumar, S., Jash, S., Nazar, S., Kastelic, J.P., Ramesha, K.P. (2018). Scrotal infrared digital thermography predicts effects of thermal stress on buffalo (*bubalus bubalis*) semen. *Journal of Thermal Biology*. 78, 51-57.
11. Aksakal, V., Macit, M., Esenbuga, N. (2009). Effects of various ages of weaning on growth characteristics, survival rate and some body measurements of Awassi lambs. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(8), 1624-1630.
12. Al-Dawood, A. (2017). Effect of heat stress on adipokines and some blood metabolites in goats from Jordan. *Animal Science Journal*, 88(2), 356-363.
13. Aleena, J., Sejian, V., Bagath, M., Krishnan, G., Beena, V., Bhatta, R. (2018). Resilience of three indigenous goat breeds to heat stress based on phenotypic traits and PBMC HSP70 expression. *International Journal of Biometeorology*, 62, 1995-2005.
14. Allen, D.G., Lannergren, J., Westerblad, H. (1995). Muscle cell function during prolonged activity: cellular mechanisms of fatigue. *Experimental Physiology: Translation and Integration*, 80(4), 497-527.
15. Al-Haidary, A.A. (2004). Physiological responses of Naimey sheep to heat stress challenge under semi-arid environments. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2(6), 307-309.

16. Alhidary, I., Shini, S., Al Jassim, R., Gaughan, J. (2012). Physiological responses of australian merino wethers exposed to high heat load. *Journal of Animal Science*, 90, 212-220.
17. Alfonzo, E.P.M., Barbosa da Silva, M.V.G., dos Santos Daltro, D., Stumpf, M.T., Dalcin, V.C., Kolling, G., McManus, C.M. (2016). Relationship between physical attributes and heat stress in dairy cattle from different genetic groups. *International Journal of Biometeorology*, 60, 245-253.
18. Al-Mamun, M., Tanaka, C., Hanai, Y., Tamura, Y., Sano, H. (2007). Effects of plantain (*Plantago lanceolata* L.) herb and heat exposure on plasma glucose metabolism in sheep. *AsianAustralasian Journal of Animal Sciences*, 20, 894-899.
19. Alvarez, M.B., Johnson, H.D. (1973). Environmental heat exposure on cattle plasma catecholamine and glucocorticoids. *Journal of Dairy Science*, 56(2), 189-194.
20. Amaral-Phillips, D.M., McGilliarg, A.D., Lindberg, G.L., Veenhuizen, J.J., Yang, J.W. (1993). Effects of decreased availability of glucose for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 76, 752-761.
21. Ames, D.R., Nellor, J.E., Adams, T. (1971). Energy balance during heat stress in sheep. *Journal of Animal Science*, 32, 784-788.
22. Andersson, B.E., Jónasson, H. (2006). Regulação da temperatura e fisiologia ambiental. In: M.J. Swenson and W.O. Reece (eds), *Dukes – Fisiologia dos Animais Domésticos*, 12th ed, (Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro), 805-813.
23. Antunović, Z., Šperanda, M., Steiner, Z. (2004). The influence of age and the reproductive status to the blood indicators of the ewes. *Archives Animal Breeding*, 47(3), 265-273.
24. Archana, P.R., Sejian, V., Ruban, W., Bagath, M., Krishnan, G., Aleena, J., Bhatta, R. (2018). Comparative assessment of heat stress induced changes in carcass traits, plasma leptin profile and skeletal muscle myostatin and HSP70 gene expression patterns between indigenous Osmanabadi and Salem Black goat breeds. *Meat Science*, 141, 66-80.
25. Arfuso, F., Fazio, F., Rizzo, M., Marafioti, S., Zanghi, E., Piccione, G. (2016a). Factors affecting the hematological parameters in different goat breeds from Italy. *Annals of Animal Science*, 16(3), 743-757.
26. Arfuso, F., Rizzo, M., Giannetto, C., Giudice, E., Fazio, F., Piccione, G. (2016b). Age-related changes of serum mitochondrial uncoupling 1, rumen and rectal temperature in goats. *Journal of Thermal Biology*, 59, 47-51.
27. Arsenos, G., Zygoyannis, D., Kufidis, D., Katsaounis, N., Stamataris, C. (2000). The effect of breed slaughter weight and nutritional management on cholesterol content of lamb carcasses. *Small Ruminant Research*, 36(3), 275-283.
28. Ashutosh, Dhanda, O.P., Kundu, R.L. (2001). Effect of climate on the seasonal endocrine profile of native and crossbred sheep under semi-arid conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 33, 241-252.
29. Attia, N.E.-S. (2016). Physiological, Hematological and Biochemical Alterations in Heat Stressed Goats. *Benha Veterinary Medical Journal*, 31, 56-62.
30. Badakhshan, Y., Mirmahmoudi, R. (2016). Blood metabolites of one-humped camel (*Camelus dromedarius*) versus sheep during summer heat stress. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 10, 65-71.

31. Banerjee, D., Upadhyay, R.C., Chaudhary, U.B., Kumar, R., Singh, S., Ashutosh, D.T.K. De, S. (2015). Seasonal variations in physio-biochemical profiles of Indian goats in the paradigm of hot and cold climate. *Biological Rhythm Research*, 46(2), 221-236.
32. Basher, R. (2006). Global early warning systems for natural hazards: systematic and people-centred. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 364(1845), 2167-2182.
33. Baumgartner, W., Pernthaner, A. (1994). Influence of age, season, and pregnancy upon blood parameters in Austrian Karakul sheep. *Small Ruminant Research*, 13(2), 147-151.
34. Baumgard, L.H., Rhoads, R.P. (2007). The effects of hyperthermia on nutrient partitioning. In *Proceedings of Cornell Nutritional Conference For Feed Manufacturers* (ed. T Overton), pp. 93-104. Cornell University, New York, NY, USA.
35. Baumgard, L.H., Rhoads, R.P. (2013). Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual Review of Animal Biosciences*, 1(1), 311-337.
36. Beatty, D.T., Barnes, A., Fleming, P.A., Taylor, E., Maloney, S.K. (2008). The effect of fleece on core and rumen temperature in sheep. *Journal of Thermal Biology*, 33, 437-443.
37. Beniston, M. (2004). The 2003 heat wave in Europe: a shape of things to come. An analysis based on Swiss climatological data and model simulations. *Geophysical Research Letters*, 31, L02202.
38. Berihulay, H., Abied, A., He, X., Jiang, L., Ma, Y. (2019). Adaptation Mechanisms of Small Ruminants to Environmental Heat Stress. *Animals*, 9, 75.
39. Berman, A. (2003). Effects of body surface area estimates on predicted energy requirements and heat stress. *Journal of Dairy Science*, 86(11), 3605-3610.
40. Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Ronchi, B., Nardone, A. (2010). Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, 4(7), 1167-1183.
41. Berry, R.J., Kennedy, A.D., Scott, S.L., Kyle, B.L., Schaefer, A.L. (2003). Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Canadian Journal of Animal Science*, 83(4), 687-693.
42. Bertics, S.J., Grummer, R.R., Cadorniga-Valino, C., Stoddard, E.E. (1992). Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *Journal of Dairy Science*, 75(7), 1914-1922.
43. Bewley, J.M., Einstein, M.E., Grott, M.W., Schutz, M.M. (2008). Impact of intake water temperatures on reticular temperatures of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91, 3880-3887.
44. Bianca, W. (1968). Thermoregulation. In *Adaptation of Domestic animals*, ed. E.S.E. Hafez, 97-118. Lea and Febiger: Philadelphia.
45. Binev, R., Russenov, A., Slavova, P., Lalova, S. (2007). Studies on some paraclinical indices in lambs of various breeds. *Trakia Journal of Sciences*, 5(2), 79-83.
46. Blaxter, K.L., Graham, F.W., Wainman, M.C., Armstrong, D.G. (1959). Environmental temperature, energy metabolism and heat regulation in sheep – The partition of heat losses in closely clipped sheep. *Journal of Agricultural Science*, 52, 25-39.
47. Blaxter, K.L. (1962). The fasting metabolism of adult wether sheep. *British Journal of Nutrition*, 16(1), 615-626.
48. Bligh, J.A., Johnson K.G. (1973). Glossary of terms for thermal physiology. *Journal of Applied Physiology*, 35, 941.

49. Bligh, J.A. (1985). Temperature Regulation. In *Stress physiology in livestock volume 1 Basic Principles*, ed. M. K. Yousef, 75 – 97. CRC Press: Florida.
50. Bobek, S., Sechman, A., Wieczorek, E., Wronska-Fortuna, D., Koziec, K., Niezgoda, J. (1997). Reverse 3,3',5'-triiodothyronine (rT3) enhances hyperglycemia and lipemic effects of heat-stress in chickens. *Hormone and Metabolic Research*, 29, 252-254.
51. Bostedt, H., Wendt, V., Prinzen, R. (1979). Zum festliegen fes milchrinders im peripartalen zeitraum -klinische und biochemische aspekte. *Prakt Tierarzt, Hannover*. 60, 1, 23- 28.
52. Bøe, K., Nedkvitne, J.J., Austbø, D. (1991). The effect of different housing systems and feeding regimes on the performance and rectal temperature of sheep. *Animal Science*, 53(3), 331-337.
53. Brouček, J., Kovalčíková, M., Kovalčík, K., Flak, P. (1985). Action of high temperature on the biochemical parameters of cows (in Slovak). *Živ Výt*, 30, 33-42.
54. Broucek, J., Ryba, S., Mihina, S., Uhrincat, M., Kisac, P. (2007). Impact of thermal humidity index on milk yield under conditions of different dairy management. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 16(3), 329.
55. Brown-Brandl, T.M., Eigenberg, R.A., Purswell, J.L. (2012). Determining heattolerance in finishing pigs using thermal imaging. IX International Livestock Environment Symposium; 2012: American Society of Agriculturaland Biological Engineers.
56. Bryant, J.R. Matthews, L.R., Davys, J. (2010). Development and application of a thermalstress model, *Proceedings of the 4th Australasian Dairy Science Symposium*, 31st August-2nd September, Lincoln University, Christchurch, NZ, 2010.
57. Buffington, D.E., Collier, R.J., Canton, G.H. (1983), Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Trans ASAE*, 26, 1798-1802.
58. Bunting, L.D., Howard, M.D., Muntifering, R.B., Dawson, K.A., Boling, J.A. (1987). Effect of feeding frequency on forage fiber and nitrogen utilization in sheep. *Journal of Animal Science*, 64(4), 1170-1177.
59. Cain, J.W., III, Krausman, P.R., Rosenstock, S.S., Turner, J.C. (2006). Mechanisms of Thermoregulation and Water Balance in Desert Ungulates. *Wildlife Society Bulletin*, 34, 570-581.
60. Carlos, M.M.L., Leite, J.H.G.M., Chaves, D.F., Vale, A.M., Façanha, D.A.E., Melo, M.M., Soto-Blanco, B. (2015). Blood parameters in the Morada Nova sheep: influence of age, sex and body condition score. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 25(4), 950-955.
61. Casella, S., Giudice, E., Passantino, A., Zumbo, A., Pietro, S. D., Piccione, G. (2016). Shearing induces secondary biomarkers responses of thermal stress in sheep. *Animal Science Papers and Reports*, (34)1, 73-80.
62. Chand, D., Georgie, G.C. (1989). Influence of season and genetic group on the blood plasma cholesterol in neonate calves. *Indian Journal of Animal Science*, 59, 149-153.
63. Chauhan, S.S., Celi, P., Leury, B.J., Clarke, I.J. Dunshea, F.R. (2014). Dietary antioxidants at supranutritional doses improve oxidative status and reduce the negative effects of heat stress in sheep. *Journal of Animal Science*, 92(8), 3364-3374.
64. Chedid, M., Jaber, L.S., Giger-Reverdin, S., Duvaux-Ponter, C., Hamadeh, S.K. (2014). Water Stress in Sheep Raised under Arid Conditions. *Canadian Journal of Animal Science*, 94, 243-257.
65. Christison, G.I., Johnson, H.D.(1972). Cortisol turnover in heat stressed cows. *Journal of Animal Science*, 53, 1005-1010.

66. Chulayo, A.Y., Muchenje, V. (2013). The effects of pre-slaughter stress and season on the activity of plasma creatine kinase and mutton quality from different sheep breeds slaughtered at a smallholder abattoir. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(12), 1762.
67. Church, J.S., Hegadoren, P.R., Paetkau, M.J., Miller, C.C., Regev-Shoshani, G., Schaefer, A.L., Schwartzkopf-Genswein, K.S. (2014). Influence of environmental factors on infrared eye temperature measurements in cattle. *Research in Veterinary Science*, 96(1), 220-226.
68. Cincović, M.R., Belić, B., Stančić, I., Došenović, M., Stojanac, N., Stevančević, O. (2014). Relationship between metabolic and endocrine status in dairy cows during early lactation and interval of service period: Days open. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 38(1), 181-189.
69. Cincović, M. (2016). *Metabolički stres krava*. Monografija. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 182-201.
70. Cincović, M., Majkić, M., Belić, B., Plavša, N., Lakić, I., Radinović, M. (2017). Thermal comfort of cows and temperature humidity index in period of 2005-2016 in Vojvodina region (Serbia). *Acta Agriculturae Serbica*, 22(44), 133-145.
71. Cincović, M., Belić, B. (2020). *Referentne vrednosti laboratorijskih parametara u krvi životinja*. Monografija. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet. Novi Sad.
72. Cincović, M.R., Belić, B., Lakić, I., Majkić, M. (2020). Reference values of blood parameters in rams of the Bosnian Pramenka breed. *Acta Agriculturae Serbica*, 25(49), 37-43.
73. Cincović, M., Majkić, M., Spasojević, J., Hristov, S., Stanković, B., Nakov, D., Nikolić, S., Stanojević, J. (2023). Heat stress of dairy cows in Serbia. *Acta Agriculturae Serbica*, 28(56), 107-125.
74. Colak, A., Polat, B., Okumus, Z., Kaya, M., Yanmaz, L.E., Hayirli, A. (2008). Early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91, 4244-4248.
75. Collier, R.J., Hall, L.W., Rungruang, S., Zimbleman, R.B. (2012). Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. *Department of Animal Sciences University of Arizona*, 68.
76. Collins, K.J., Weiner, J.S. (1968). Endocrinological aspects of exposure to high environmental temperature. *Physiological Reviews* 48, 785-839.
77. Contreras-Jodar, A., Salama, A.A., Hamzaoui, S., Vailati-Riboni, M., Caja, G., Llor, J.J. (2018). Effects of chronic heat stress on lactational performance and the transcriptomic profile of blood cells in lactating dairy goats. *Journal of Dairy Research*, 85(4), 423-430.
78. Čukić, A., Rakonjac, S., Djoković, R., Cincović, M., Bogosavljević-Bošković, S., Petrović, M., Savić, Ž., Andjušić, L., Andjelić, B. (2023). Influence of heat stress on body temperatures measured by infrared thermography, blood metabolic parameters and its correlation in sheep. *Metabolites*, 13(8), 957.
79. Čukić, A., Cincović, M., Đoković, R., Rakonjac, S., Petrović, M., Petrović, M. Ž. (2024a). Heat stress impact on sheep production. *Zbornik radova 26. međunarodni kongres Mediteranske federacije za zdravlje i produkciju preživara - FeMeSPRum*, Novi Sad, Srbija, 20-23 jun 2024, pp 41-51.
80. Čukić, A., Milošević, B., Savić, Ž., Anđušić, L. (2024b). Variability of morphological and growth characteristics of the Wurttemberg sheep breed. *Zbornik radova 26.*

- međunarodni kongres Mediteranske federacije za zdravlje i produkciju preživara - FeMeSPRum, Novi Sad, Srbija, 20-23 jun 2024, pp 52-60.
81. Daltro, D.D.S., Fischer, V., Alfonso, E.P.M., Dalcin, V.C., Stumpf, M.T., Kolling, G.J. McManus, C. (2017). Infrared thermography as a method for evaluating the heat tolerance in dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(5), 374-383.
 82. Dang, A.K., Naqvi, S.M.K., Mittal, J.P. (1998). Comparative physiological response of native and crossbred lambs under semi-arid conditions. *Indian Veterinary Journal*, 75, 546-547.
 83. Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P., Saikia, J., Imtiwati, Kumar, R. (2016). Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: a review. *Veterinary World*, 9, 260-268.
 84. Davis, J.D., Vanzant, E.S., Purswell, J.L, Green, A.R., Bicudo, J.R., Gates, R.R., Holloway, L.E., Smith, W.T. (2003). Methods of remote, continuous temperature detection in beef cattle, ASAE Meeting Paper Number: 034008, Am. Soc. Agric. Eng. St. Joseph. MI
 85. De Andrade Pantoja, M.H., Campos, J.C.D., de Almeida, D.H.S., Negrao, J.A., Mourao, G.B., Pereira, A.M.F., Titto, C.G. (2023). Influence of successive heat waves on the thermoregulatory responses of pregnant and non-pregnant ewes. *Journal of Thermal Biology*, 111, 103420.
 86. Degen, A. A., A. Shkolnik. (1978). Thermoregulation in fat tailed Awassi, a desert sheep, and in German mutton merino, a Mesic sheep. *Physiology Zoology*, 51, 333- 339.
 87. De Diego, A.C.P., Sánchez-Cordón, P.J., Pedrera, M., Martínez-López, B., Gómez-Villamandos, J.C., Sánchez-Vizcaíno, J.M. (2013). The use of infrared thermography as a non-invasive method for fever detection in sheep infected with bluetongue virus. *Veterinary Journal*, 198, 182-186.
 88. De Koster, J.D., Opsomer, G. (2013). Insulin Resistance in Dairy Cows. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 29(2), 299-322.
 89. De Sousa, M.A.P., Do Amaral Junior, J.M., Lima, A., Nunes, M.D.M., Araujo, J., Monteiro, S.D.N., Silva, A. (2016). Infrared thermography to estimate thermal comfort in meat sheep. In: *International symposium on greenhouse gases in agriculture*, 2, 2016, Campo Grande, MS. *Proceedings...* Brasília, DF: Embrapa.
 90. Dieni, C.A., Storey, K.B. (2009). Creatine kinase regulation by reversible phosphorylation in frog muscle. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 152(4), 405-412.
 91. Dikmen, S., Hansen, P.J. (2009). Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*, 92, 109-116.
 92. Diwivedi, I.S.D. (1976). Studies on the adaptability of exotic breeds of sheep and their crosses with indigenous breeds I. Fluctuation in body temperature, pulse rate and respiration. *Indian Veterinary Journal*, 53, 938-942.
 93. Dixon, R.M., Thomas, R., Holmes, J.H.G. (1999). Interactions between heat stress and nutrition in sheep fed roughage diets. *The Journal of Agricultural Science*, 132(3), 351-359.
 94. Duehlmeier, R., Noldt, S., Ganter, M. (2013). Pancreatic insulin release and peripheral insulin sensitivity in German black headed mutton and Finish Landrace ewes: evaluation

- of the role of insulin resistance in the susceptibility to ovine pregnancy toxemia. *Domestic Animal Endocrinology*, 44(4), 213-221.
95. Dunshea, F.R., Leury, B.J., Fahri, F., DiGiacomo, K., Hung, A., Chauhan, S. Gaughan, J.B. (2013). Amelioration of thermal stress impacts in dairy cows. *Animal Production Science*, 53, 965-975.
 96. Duske, K., Hammon, H.M., Langhof, A.K., Bellmann, O., Losand, B., Nürnberg, K., Nürnberg, G., Sauerwein, H., Seyfert, H.M., Metges, C.C. (2009). Metabolism and lactation performance in dairy cows fed a diet containing rumen-protected fat during the last twelve weeks of gestation. *Journal of Dairy Science*, 92(4), 1670-1684.
 97. Đoković, R., Šamanc, H., Jovanović, M., Nikolić, Z. (2007). Blood concentrations of thyroid hormones and lipids and content of lipids in the liver of dairy cows in transitional period. *Acta Veterinaria Brno*, 76, 525-532.
 98. Đoković, R., Cincović, M., Belić, B. (2014). Fiziologija i patofiziologija metabolizma krava u peripartalnom periodu. Udzbenik. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet. Novi Sad.
 99. Đoković, R., Cincović, M., Belić, B., Toholj, B., Davidov, I., Hristovska, T. (2015). Relationship between blood metabolic hormones, metabolites and energy balance in Simmental dairy cows during peripartum period and lactation. *Pakistan Veterinary Journal*, 35, 163-167.
 100. Đokovic, R., Cincovic, M., Ilic, Z., Kurcubic, V., Andjelic, B., Petrovic, M., ... & Jasovic, B. (2019). Relationships between contents of biochemical metabolites in blood and milk in dairy cows during transition and mid lactation. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*, 17(2), 1-9.
 101. Edfors-Lilja, I., Gahne, B., Lundstrom, K., Derelius, K., Edqvist, L.E. (1978). Repeatability and genetic variation of cholesterol concentration in bovine blood plasma. Correlation with growth rate, carcass quality and milk production. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 8, 113-122.
 102. El-Fouly, H.A., Kamal, T.H., Abou-Akkada, A.R., Abou-Raya, A. C. (1978). Protein catabolism in heat-stressed sheep. *Isotope and Radiation Research*, 10, 145.
 103. El-Masry, K.A. (1987). The role of thyroxine in improving productivity of heat-stressed animals with different techniques. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Zagazig University, Zagazig, Egypt.
 104. El-Masry, K.A., Habeeb, A.A.M. (1989). Thyroid function in lactating Friesian cows and water buffaloes under winter and summer Egyptian conditions. *Proceedings of 3rd Egyptian- British Conference on Animal, Fish and Poultry Production*, Alexandria, Egypt.
 105. Elnageeb, M.E., Abdelatif, A.M., Makawi, S.E. (2008). Thermoregulation and reproductive performance of grazing desert ewes (*Ovis aries*) as influenced by concentrate supplementation. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, 11(18), 2209-2216.
 106. El-Nouty, F.D., Hassan, G.A. (1983). Thyroid hormone status and water metabolism in Herford cows exposed to high ambient temperature and water deprivation. *Indian Journal of Animal Science*, 53, 807-812.
 107. El-Tarabany, M.S., El-Tarabany, A.A., Atta, M.A. (2017). Physiological and lactation responses of Egyptian dairy Baladi goats to natural thermal stress under sub-tropical environmental conditions. *International Journal of Biometeorology*, 61, 61-68.

108. E-Silva, T.P.D., Torreao, J.N.C., Marques, C.A.T., Araujo, M.J., Bezerra, L.R., Dhanasekaran, D.K., Sejian, V. (2016). Effect of multiple stress factors (thermal, nutritional and pregnancy type) on adaptive capability of native ewes under semi-arid environment. *Journal of Thermal Biology*, 59, 39-46.
109. Eyal, E. (1963). Shorn and Unshorn Awassi sheep. I. Body temperature. *Journal of Agriculture Science*, 60, 159-168.
110. Fang, H., Fang, L., Wang, F., Zhang, S.A. (2007). Effects of heat stress on blood biochemical indicators of lactating cows. *China Animal Husbandry and Veterinary Medicine* 34, 45-46.
111. Faylon, M.P., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Spurlock, D.M. (2015). Effects of acute heat stress on lipid metabolism of bovine primary adipocytes. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8732-8740.
112. Febbraio, M.A. (2001). Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. *Sports Medicine*, 31, 47-59.
113. Fell, L. R., Shutt, D.A., Bentley, C.J. (1985). Development of a salivary cortisol method for detecting change in plasma 'free' cortisol arising from acute stress in sheep. *Australian Veterinary Journal*, 62, 403-405.
114. Ferreira, F., Campos, W.E., Carvalho, A.U., Pires, M.F.A., Martinez, M.L., Silva, M.V.G.B., Verneque, R.S., Silva, P.F. (2009). Clinical, hematological, biochemical, and hormonal parameters of cattle submitted to heat stress. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61, 769- 776.
115. Fernandez, M.V.S., Johnson, J.S., Abuajamieh, M., Stoakes, S.K., Seibert, J.T., Cox, L., Kahl, S., Elsasser, T., Ross, J., Isom, S.C., Rhoads, R.P., Baumgard, L.H. (2015). Effects of heat stress on carbohydrate and lipid metabolism in growing pigs. *Physiological Reports*, 3(2), e12315.
116. Finocchiaro, R., Van Kaam, J.B.C.H.M., Portolano B., Misztal I. (2005). Effect of heat stress on production of Mediterranean dairy sheep. *Journal of Dairy Science*, 88(5), 1855-1864.
117. Food and Agriculture Organization (FAO) (2023). Population estimates and projections, faostat data. Preuzeto sa <https://www.fao.org/faostat/en/#data/OA>
118. Fourie, P.J, Nesor, F.W.C., Olivier, J.J., Der Westhuizen, C.V. (2002). Relationship between production performance, visual appraisal and body measurements of young Dorper rams. *South African Journal of Animal Science*, 32, 256-262.
119. Friggens, N.C., Blanc, F., Berry, D.P., Puillet, L. (2017). Review: Deciphering animal robustness. A synthesis to facilitate its use in livestock breeding and management. *Animal*, 11, 2237-225.
120. Fitzhugh, H.A. (1978). Animal size and efficiency, with special reference to the breeding female. *Animal Production*, 27, 393-401.
121. Gaal, T. (1993). Sindrom masne jetre u mlečnih krava. *Veterinarski Glasnik*, 47(4-5), 311-317.
122. Gates, D.M. (1968). Physical environment. In *Adaptation of Domestic animals*, ed. E. S. E. Hafez, 46-60. Lea and Febiger: Philadelphia.
123. Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Sullivan, M.L., Hahn, G.L. (2010). Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes. *International Journal of Biometeorology*, 54, 617-627.

124. Gaughan, J., Cawdell-Smith, A.J. (2015). Impact of climate change on livestock production and reproduction. In: *Climate change impact on livestock: adaptation and mitigation*. Springer, New Delhi, pp 51-60.
125. Gaughan, J.B., Perkins, N., Woldeyohannes, S. (2019a). Evaluation of a heat load model for feedlot cattle. North Sydney.
126. Gaughan, J.B., Sejian, V., Mader, T.L., Dunshea, F.R. (2019b). Adaptation strategies: ruminants. *Animal Frontiers*, 9, 47-53.
127. Gebremehdin, K.G., Wu, B. (2001). A model of evaporative cooling of wet skin surface and fur layer. *Journal of Thermal Biology*, 26, 537-545.
128. Gerloff, B.J., Herdt, T., Emery, R.S. (1986). Relationship of hepatic lipidosis to health and performance in dairy cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 188(8), 845-850.
129. Godyń, D., Herbut, P., Angrecka, S. (2019). Measurements of peripheral and deep body temperature in cattle - A review. *Journal of Thermal Biology*, 79, 42-49.
130. Gootwine, E. (2011). Mini Review: Breeding Awassi and Assaf Sheep for Diverse Management Conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 43, 1289-1296.
131. Gowane, G.R., Gadekar, Y.P., Prakash, V., Kadam, V., Chopra, A., Prince, L.L.L. (2017). Climate change impact on sheep production: Growth, milk, wool, and meat. *Sheep Production Adapting to Climate Change*, 31-69.
132. Graham, N. McC., Wainman, F.W., Blaxter, K.L., & Armstrong, D.G. (1959). Environmental temperature, energy metabolism and heat regulation in sheep - Energy metabolism in closely clipped sheep. *Journal of Agricultural Science*, 52, 13-24.
133. Graham, N.M.C.C., Searle, T. W., Griffiths, D.A. (1974). Basal metabolic rate in lambs and young sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 25(6), 957-971.
134. Guidry, A.J., McDowell, R.E. (1966). Tympanic membrane temperature for indication rapid changes in body temperature. *Journal of Dairy Science*, 49, 74-77.
135. Guo, X., Huang, J., Luo, Y., Zhao, Z., Xu, Y. (2017). Projection of heat waves over China for eight different global warming targets using 12 CMIP5 models. *Theoretical and Applied Climatology*, 128, 507-522.
136. Guyot, H., Detilleux, J., Lebreton, P., Garnier, C., Bonvoisin, M., Rollin, F., Sandersen, C. (2017). Comparison of Various Indices of Energy Metabolism in Recumbent and Healthy Dairy Cows. *PLoS ONE*, 12, e0169716.
137. Gündoğan, M., Serteser, M. (2005). Some reproductive parameters and biochemical properties in Akkaraman and Awassi rams. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 29(3), 595-599.
138. Habeeb, A.A. (1987). The role of insulin in improving productivity of heat-stressed farm animals with different techniques. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Zagazig University, Zagazig, Egypt.
139. Habeeb, A.A., El-Masry, K.A., Aboul-Naga, A.I. and Kamal, T.H. (1996). The effect of hot summer climate and level of milk yield on blood biochemistry and circulating thyroid and progesterone hormones in Friesian cows. *Arab Journal of Nuclear Science Applications*, 29, 161-173.
140. Habeeb, A.A., Marai, I.F.M., Kamal, T.H., Owen, J.B. (1997). Genetic improvement of livestock for heat adaptation in hot climates. In: *Proceedings of*

- international conference on animal, poultry and rabbit production & health, Dokki, Cairo, Egypt. pp 11–16.
141. Hafez, E.S.E. (1968). Environmental effects on animal productivity. In *Adaptation of Domestic animals*, ed. E. S. E. Hafez, 74-93. Lea and Febiger: Philadelphia.
 142. Hahn, G.L. (1985). Management and housing of farm animals in hot environments. In *Stress Physiology in Livestock vol. 2*, ed. M. K. Yousef, 152 -171. CRC Press: Florida.
 143. Hahn, G.L., Eigenberg, R.A., Nienaber, J.A., Littledike, E.T. (1990). Measuring physiological responses of animals to environmental stressors using a microcomputer-based portable datalogger. *Journal of Animal Science*, 68, 2658-2665.
 144. Hahn, G.L., Mader, T.L., Eigenberg, R.A (2003). Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. *European Federation Of Animal Science Technic Series Books*, 7, 31-44.
 145. Hahn, G.L., Gaughan, J.B., Mader, T.L., Eigenberg, R.A. (2009). Chapter 5: thermal indices and their applications for livestock environments. In: DeShazer JA (ed) *Livestock energetics and thermal environmental management*. ASABE, MI, USA, pp 113-130.
 146. Hales, J.R.S. (1973). Effects of exposure to hot environments on the regional distribution of blood flow and on cardio respiratory function in sheep. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*, 344, 133-148.
 147. Hall G.M., Lucke, J.N., Lovell, R., Lister, D. (1980). Porcine malignant hyperthermia, VII: Hepatic metabolism. *British Journal of Anaesthesia*, 52, 11-17.
 148. Hamburg, R.J., Friedman, D.L., Perryman, M.B. (1991). Metabolic and diagnostic significance of creatine kinase isoenzymes. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 1(5), 195-200.
 149. Hassanin, S.H., Abdalla, E.B., Kotby, E.A., Abd-Elaziz, A.M.S., El-Fouly, M.A. (1996). Efficiency of asbestos shading for growth of Barki rams during hot summer. *Small Ruminant Research*, 20, 199-203.
 150. Hayirli, A. (2006). The role of exogenous insulin in the complex of hepatic lipidosis and ketosis associated with insulin resistance phenomenon in postpartum dairy cattle. *Veterinary Research Communications*, 30, 749-774.
 151. Hellebrand, H.J., Brehme, U., Beuche, H., Stollberg, U., Jacobs, H. (2003). Application of thermal imaging for cattle management. In *Proc., 1st European Conference on Precision Livestock Farming*, Berlin, Germany (pp. 761-763).
 152. Henry, B. K., Eckard, R. J., Beauchemin, K. A. (2018). Review: Adaptation of ruminant livestock production systems to climate changes. *Animal*, 12, s445-s456.
 153. Hoersch, T.M., Henderson, H.E., Reineke, E.P., Henneman, H.A. (1961). Comparative indexes of thyroid function in sheep. *American Journal of Physiology*, 201, 819-822.
 154. Hornikova, D., Herman, P., Mejsnar, J., Vecer, J., Zurmanova, J. (2009). Creatine kinase structural changes induced by substrates. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics*, 1794(2), 270-274.
 155. Horvat, J. (2012). Uticaj toplotnog stresa na hormonalni status krava u periodu laktacije. *Doktorska disertacija*. Univerzitet u Beogradu, fakultet Veterinarske Medicine, Beograd.

156. Hossein-Zadeh, N.G. (2013). Effects of main reproductive and health problems on the performance of dairy cows: a review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, (3), 718-735.
157. Hristov, S., Joksimovic-Todorovic, M., Milanov, S., Trenic, V. (2007). Minimum standards of sheep and goat housing conditions and welfare. In *Proceedings of the International Conference on Animal Welfare and Biosecurity on Farms in Serbia, Zemun, Serbia, 14–15 November 2007*; pp. 149–157.
158. Hristov, S., Maksimović, N., Stanković, B., Žujović, M., Pantelić, V., Stanišić, N., Zlatanović, Z. (2012). The most significant stressors in intensive sheep production. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28(4), 649-658.
159. Hrkovic-Porobija, A., Hodzic, A., Hadzimusic, N. (2017). Functional liver stress in dairy sheep. *Indian Journal of Small Ruminants*, 23(2), 194-197.
160. Hung, A.T., Leury, B.J., Sabin, M.A., Fahri, F., DiGiacomo, K., Lien, T.F., Dunshea, F.R. (2023). Nano-chromium picolinate and heat stress enhance insulin sensitivity in cross-bred sheep. *Animal Nutrition*, 13, 173-184.
161. Hussain, A., Akhtar, P., Ali, S., Younas, M., Yaqoob, M., Babar, M.E., Javed, A., Shakoor, A. (2013). Factors influencing body weights at different ages in Thalli sheep. *JAPS, Journal of Animal and Plant Sciences*, 23, (1), 1-6.
162. Hyder, I., Ravi Kanth Reddy, P., Raju, J., Manjari, P., Srinivasa Prasad, C., Aswani Kumar, K., Sejian, V. (2017). Alteration in rumen functions and diet digestibility during heat stress in sheep. In: Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J., Malik, P.K., Naqvi, S.M.K., Lal, R., eds. *Sheep production adapting to climate change Singapore: Springer Nature*; 2017. p. 235–65.
163. Ibrahim, A., Budisatria, I.G.S., Widayanti, R., Atmoko, B.A., Yuniawan, R., Artama, W.T. (2020). On-farm body measurements and evaluation of batur sheep on different age and sex in Banjarnegara regency, Indonesia. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 8(10), 1028-1033.
164. III, J.W.C., Krausman, P.R., Rosenstock, S.S., Turner, J.C. (2006). Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. *Wildlife Society Bulletin*, 34(3), 570-581.
165. Ikari, A., Nakano, M., Suketa, Y., Harada, H., Takagi, K. (2005). Reorganization of ZO-1 by sodium-dependent glucose transporter activation after heat stress in LLC-PK1 cells. *Journal of cellular physiology*, 203(3), 471-478.
166. Indu, S., Sejian, V., Naqvi, S.M.K. (2014). Impact of simulated heat stress on growth, physiological adaptability, blood metabolites and endocrine responses in Malpura ewes under semiarid tropical environment. *Animal Production Science*, 55(6), 766-776.
167. Indu, S., Sejian, V., Kumar, D., Pareek, A., Naqvi, S.M.K. (2015). Ideal proportion of roughage and concentrate for Malpura ewes to adapt and reproduce in a semi-arid tropical environment. *Tropical animal health and production*, 47, 1487-1495.
168. Iniguez, L. (2005). *Characterization of small ruminant breeds in West Asia and North Africa*, vol 1. ICARDA, Aleppo.
169. IPCC (2013). Summary for policymakers. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (eds). *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I*

- to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge/New York.
170. Itoh, F., Obara, Y., Rose, M.T., Fuse, H., Hashimoto, H. (1998). Insulin and glucagon secretion in lactating cows during heat exposure. *Journal of Animal Science*, 76, 2182-2189.
 171. Jaber, L., Chedi, M., Hamadeh, S. (2013). Water stress in small ruminants. In Akinci S (ed) Responses of organisms to water stress, INTECH open science. pp 115–149.
 172. Johnson, K.G. (1971). Body temperature lability in sheep and goats during short – term exposures to heat and cold. *Journal of Agricultural Science*, 77, 267-272.
 173. Jovanović, M.J., Šamanc, H., Damnjanović, Z., Marković, S., Đoković, R. (1993). Funkcionalno stanje jetre krava u visokom graviditetu i ranoj laktaciji. *Veterinarski glasnik*, 47(4-5), 295-310.
 174. Joy, A., Dunshea, F.R., Leury, B.J., DiGiacomo, K., Clarke, I.J., Zhang, M., Chauhan, S.S. (2020). Differences in thermoregulatory responses between dorper and second cross lambs to heat stress challenges. In Proceedings (Vol. 36, No. 1, p. 155). MDPI AG.
 175. Joy, A., Taheri, S., Dunshea, F.R., Leury, B.J., DiGiacomo, K., Osei-Amponsah, R., Brodie, G., Chauhan, S.S. (2022). Non-invasive measure of heat stress in sheep using machine learning techniques and infrared thermography. *Small Ruminant Research*, 207, 106592.
 176. Kalyan, De., Kumar, D., Singh, A.K., Kumar, K., Sahoo, A., Naqvi, S.M.K. (2015). Resilience of Malpura ewes on water restriction and rehydration during summer under semi-arid tropical climatic conditions. *Small Ruminant Research*, 133, 123-127.
 177. Kamal, T.H., Johnson, H.D., Ragsdale, R.C. (1962). Metabolic reactions during thermal stress (35 to 95°F) in dairy animal acclimated at 50 and 80°F. *Missouri Agricultural Experimental Station, Research Bulletin No. 785*.
 178. Kamal, T.H., Habeeb, A.A.M., Abdel-Samee, A., Marai, I.F.M. (1989). Milk production of heat stressed Friesian cows and its improvement in the subtropics. *International Symposium on the Constraints and Possibilities of Ruminant Production in the Dry Subtropics, Cairo, Egypt, EAAP Publication No. 38 p. 156-158*.
 179. Kannan, G., Terrill, T.H., Kouakou, B., Gazal, O.S., Gelaye, S., Amoah, E.A., Samake, S. (2000). Transportation of goats: effects on physiological stress responses and live weight loss. *Journal of Animal Science*, 78(6), 1450-1457.
 180. Kandemir, C., Kosum, N., Taskin, T. (2013). Effects of heat stress on physiological traits in sheep. *Macedonian Journal of Animal Science*, 3, 25-29.
 181. Kaneko, J.J., Harvey, J.W., Bruss, M.L. (2008). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6th ed., Academic Press, Inc., San Diego, London, Boston, New York, Sydney, Tokyo, Toronto. 2008: 882-888.
 182. Karim, S.A., Rai, A.K., More, T., Singh, M. (1985). Responses of native and half-breed sheep watered on alternate day during summer in semi-arid region. *Indian Journal of Animal Health*. 24, 109-111.
 183. Karthik, D., Suresh, J., Reddy, Y.R., Sharma, G.R.K., Ramana, J.V., Gangaraju, G., Reddy, P.R.K. (2021). Adaptive profiles of Nellore sheep with reference to farming system and season: physiological, hemato-biochemical, hormonal, oxidative-enzymatic and reproductive standpoint. *Heliyon*, 7(5), e07117.

184. Kataria, N., Sareen, M., Bhatia, J.S. (1991). Effect of climatic conditions, sex and age on serum AST and ALT levels in dromedary camel. *Ind. Vet. J.* 68:596–598.
185. Kaushish, S.K., Sengupta, B.P., Georgie, G.C. (1997). Effect of thermal stress and water restriction on cortisol level of Beetal and Black Bengal goats. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 67(12), 1104-1115.
186. Kellogg, D.L. (2006). In vivo mechanisms of cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans during thermoregulatory challenges. *Journal of Applied Physiology*, 100, 1709-1718.
187. Khare, A., Thorat, G., Yadav, V., Bhimte, A., Purwar, V. (2018). Role of mineral and vitamin in heat stress. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 229-231.
188. Khalifa, H.H., Shalaby, T., Abdel-Khalek, T.M.M. (2005). An approach to develop a biometeorological thermal discomfort index for sheep and goats under Egyptian conditions. In: *Proceeding of the 17th International Congress of Biometeorology (International Society of Biometeorology)*. Garmisch-Partenkirchen, Germany: Offenbach am Main; 2005. pp. 118-122.
189. Kibler, H.H. (1957). Environmental physiology and shelter engineering with special reference to domestic animals. XLIII. Energy metabolism and cardio-respiratory activities in Shorthorn, Santa Gertrudes, and Brahman heifers during growth at 50 and 80°F. temperatures. *Missouri Agricultural Experimental Station*, 643.
190. Kim, E., Elbeltagy, A.R., Aboul-naga, A.M., Rischkowsky, B., Sayre, B., Mwacharo, J.M., Rothschild, M.F. (2016). Multiple Genomic Signatures of Selection in Goats and Sheep Indigenous to a Hot Arid Environment. *Heredity*, 116, 255-264.
191. Knížková, I., Kunc, P., Alp, G., Gürdil, K., Kemal, Y.P., Omu, C.S. (2007). Applications of infrared thermography in animal production. *Journal of the Faculty of Agriculture*, 22, 329-336.
192. Kochewad, S.A., Raghunandan, T., Sarjan, Rao, K., Reddy, Kondal, K., Kumari, N., Nalini, Ramana, D.B.V., Balamurgan, T.C., Kankarne, Y., Kumar, S., Meena, L.R. (2017). Effect of different farming system on physiological response, blood parameters and endocrinological profiles in Deccani sheep. *Indian Journal of Animal Sciences*, 87(7), 856-858.
193. Kochewad, S.A., Traghunandan, K.R., Reddy, K.K., Kumari, N., Ramana, D., Kumar, S., Meena, L.R., Singh, S.P. (2018a). Reproductive Performance and Body Condition Score of Deccani Sheep during Various Physiological Stages in Different Farming Systems. *Indian Journal of Animal Science*, 88, 1379-1382.
194. Kochewad, S.A., Raghunandan, T., Sarjan Rao, K., Kondal Reddy, K., Nalini Kumari, N., Ramana, D.B.V., Singh, M. (2018b). Productive Performance, Body Condition Score and Carcass Characteristics of Deccani Lambs Reared under Different Farming Systems. *Indian Journal of Animal Research*, 52, 444-448.
195. Koenen, E.P.C., Groen, A.F. (1998). Genetic evaluation of body weight of lactating Holstein heifers using body measurements and conformation traits. *Journal of Dairy Science*, 81(6), 1709-1713.
196. Koltés, J.E., Koltés, D.A., Mote, B.E., Tucker, J., Hubbell III, D.S. (2018). Automated collection of heat stress data in livestock: new technologies and opportunities. *Translational Animal Science*, 2, 319-323.

197. Kosgey I.S., Okeyo, A.M. (2007). Genetic improvement of small ruminants in low-input, smallholder production systems: technical and infrastructural issues. *Small Rumin Research* 70(1), 76-88.
198. Koubkova, M., Knížková, I., Kunc, P., Härtlová, H., Flusser, J., doležal O. (2002). Influence of high environmental temperatures and evaporative cooling on some physiological, hematological and biochemical parameters in high-yielding dairy cows. *Czech Journal of Animal Science*, 47, (8), 309-318.
199. Koushish, S.K., Sengupta, B.P., Georgie, G.C. (1997). Effect of thermal stress and water restriction on cortisol level of Beetal and Black Bengal goats. *Indian Journal of Animal Science*, 67, 1104-1105.
200. Kovats, R.S., Campbell-Lendrum, D.H., McMichael, A.J., Woodward, A., Cox, J.S.H. (2001). Early effects of climate change: do they include changes in vector-borne disease? *Philosophical Transactions of the Royal Society, London, Series B.* 356, 1058-1068.
201. Könyves, T., Zlatković, N., Memisi, N., Lukač, D., Puvača, N., Stojšin, M., Mišćević, B. (2017). Relationship of temperature-humidity index with milk production and feed intake of holstein-frisian cows in different year seasons. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 47(1), 15.
202. Krdžalić, P., Milanka, M., Jovanović M., Sofrenović, Đ., Milčić, D., Vujović, M. (1982). Ispitivanje korelativnih odnosa između patoloških promena u jetri krava i biohemijskih parametara u krvi. *Veterinarski Glasnik*, 11, 947.
203. Krnjajić S. (2022). Metabolička adaptacija krava na lipolizu i ketogenezu u različitim periodima laktacije kod primene trokratne muže. *Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.*
204. Kume, S., Kurihara, M., Takahashi, S., Shibata, M., Aii, T. (1987). Effect of hot environmental temperature on major mineral balance in lactating cows. *Japanese journal of zootechnical science*, 58(9), 764-770.
205. Kweon, O.K., Ono, H., Osasa, K., Onda, M., Oboshi, K., Uchisugi, H., Kurosawa, S., Yamashina, H., Kanagawa, H. (1986). Factors affecting serum total cholesterol level of lactating Holstein cows. *Japanese Journal of Veterinary Research*, 48, 481-486.
206. Lallo, C., Cohen, J., Rankine, D., Taylor, M., Cambell, J., Stephenson, T. (2018). Characterizing heat stress on livestock using the temperature humidity index (thi)—Prospects for a warmer caribbean. *Regional Environmental Change*, 18, 2329-2340.
207. Lara, L.J., Rostagno, M.H. (2013). Impact of heat stress on poultry production. *Animals*, 3(2), 356-369.
208. Lawrence, T.I.J., Fowler, V.R. (1998). Growth on farm animals. *CAB international* pp. 271-283.
209. Lee, Y., Bok, J.D., Lee, H.J., Lee, H.G., Kim, D., Lee, I., Kang, S.K., Choi, Y.J. (2016). Body temperature monitoring using subcutaneously implanted thermo-loggers from holstein steers. *Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. Report No.: 1011-2367 Contract No. 2.*
210. Lees, A.M., Sejian, V., Wallage, A.L., Steel, C.C., Mader, T.L., Lees, J.C., Gaughan, J.B., (2019). The impact of heat load on cattle. *Animals*, 9(6), 1-20.
211. Lenis, S.Y., Zuluaga, C.A.M., Tarazona, M.A.M. (2016). Adaptive responses to thermal stress in mammals. *Revista de Medicina Veterinaria*, (31), 121-135.

212. Lewis Baida, B. E., Swinbourne, A.M., Barwick, J., Leu, S.T., van Wettere, W.H. (2021). Technologies for the automated collection of heat stress data in sheep. *Animal Biotelemetry*, 9(1), 1-15.
213. Li, F.K., Yang, Y., Jenna, K., Xia, C.H., Lv, S.J., Wei, W.H. (2018). Effect of Heat Stress on the Behavioral and Physiological Patterns of Small-Tail Han Sheep Housed Indoors. *Tropical Animal Health and Production*, 50, 1893-1901.
214. Liu, F., Zhao, W., Le, H.H., Cottrell, J.J., Green, M.P., Leury, B.J., Dunshea, F.R., Bell, A.W.(2022). What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry? *Animal*, 16, 100349.
215. Loughmiller, J.A., Spire, M.F., Tokach, M.D., Dritz, S.S., Nelssen, J.L., Goodband, R.D., Hogge, S.B. (2005). An evaluation of differences in mean body surface temperature with infrared thermography in growing pigs fed different dietary energy intake and concentration. *Journal of Applied Animal Research*, 28(2), 73-80.
216. Lowe, T.E., Gregory, N.G., Fisher, A.D., Payne, S.R. (2002). The effects of temperature elevation and water deprivation on lamb physiology, welfare, and meat quality. *Australian Journal of Agricultural Research*. 53(6), 707-714.
217. Luber, G., McGeehin, M. (2008). Climate change and extreme heat events. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(5), 429-435.
218. MacFarlane, W.V. (1958). Experimental approaches to the functions of tropical livestock. *Arid Zone Res (UNESCO)*, 11, 227-234.
219. Macfarlane, W.V. (1964). Terrestrial animals in dry heat: ungulates. In *Handbook of Physiology*, Sec. 4, Adaption to the Environment, 509, Amer. Physiol. Soc.: Washington DC.
220. Macfarlane, W.V. (1968a). Adaptation of ruminants to tropics and deserts. In *Adaptation of Domestic animals*, ed. E. S. E. Hafez, 164-182. Lea and Febiger: Philadelphia.
221. Macfarlane, W.V. (1968b). Comparative functions of ruminants in hot environments. In *Adaptation of Domestic animals*, ed. E. S. E. Hafez, 164-182. Lea and Febiger: Philadelphia.
222. Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F.D., Correa-Calderón, A., Díaz-Molina, R., Mellado, M., Meza-Herrera, C., Avendaño-Reyes, L. (2013). Thermoregulation of nutrient-restricted hair ewes subjected to heat stress during late pregnancy. *Journal of Thermal Biology*, 38(1), 1-9.
223. Macías-Cruz, U., Alvarez-Valenzuela, F.D., Correa-Calderon, A., Diaz-Molina, R., Mellado, M., Meza-Herrera, C.A. (2013). Thermoregulation of nutrient-restricted hair ewes subjected to heat stress during late pregnancy. *Journal of Thermal Biology*, 38, 1-9.
224. Macías-Cruz, U., Sánchez-Estrada, T.J., Gastélum-Delgado, M.Á., Avendaño-Reyes, L., Correa-Calderón, A., Álvarez-Valenzuela, F.D., Díaz Molina, R., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M. (2015). Seasonal reproductive activity of Pelibuey ewes under arid conditions of México. *Archivos de medicina veterinaria*, 47(3), 381-386.
225. Macías-Cruz, U., López-Baca, M. A., Vicente, R., Mejía, A., Álvarez, F. D., Correa-Calderón, A., Meza-Herera, C.A., Mellado, M., Guerra-Liera, J.E., Avendaño-Reyes, L. (2016). Effects of seasonal ambient heat stress (spring vs. summer) on physiological and metabolic variables in hair sheep located in an arid region. *International Journal of Biometeorology*. 60, 1279-1286.

226. Macías-Cruz, U., Correa-Calderón, A., Mellado, M., Meza-Herrera, C.A., Aréchiga, C.F., & Avendaño-Reyes, L. (2018). Thermoregulatory response to outdoor heat stress of hair sheep females at different physiological state. *International Journal of Biometeorology*, 62, 2151-2160.
227. Mahjoubi, E., Amanlou, H., Mirzaei-Alamouti, H.R., Aghaziarati, N., Yazdi, M.H., Noori, G.R., Yuan, K., Baumgard, L.H. (2014). The effect of cyclical and mild heat stress on productivity and metabolism in Afshari lambs. *Journal of Animal Science*, 92(3), 1007-1014.
228. Main breeding program in animal husbandry (2023). *Statistical Yearbook*, Institute of Animal Husbandry, Belgrade.
229. Majkić, M., Cincović, M.R., Belić, B., Plavša, N. (2017). Indeks termalnog komfora (THI) krava u letnjim mesecima od 2005 do 2016 godine na teritoriji AP Vojvodine. *Zbornik radova XXII Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem*, Čačak 10-11.03., 737-742.
230. Majkić M. (2019). Visoke ambijentalne temperature i njihov uticaj na zoohigijenske parametre farme, produktivnost i metaboličku adaptaciju krava. *Doktorska disertacija*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni Fakultet, Novi Sad.
231. Majkić, M., Plavša, N., Cincović, M.R., Belić, B., Lakić, I. (2020). Vrednosti indeksa temperature i vlažnosti vazduha (THI) u sedam mernih stanica i procena toplotnog stresa krava na teritoriji Vojvodine. *Veterinarski pregled*, 1, 83-89.
232. Marai, I.F.M., Daader, A.H., Makkawy, M.Y., Gabr, H.A., Ibrahim, H. (1992). Effect of housing system, season of year and age on some physiological parameters and blood constituents of Ossimi sheep. *Journal of Arid Environment*, 22, 277- 285.
233. Marai, I.F.M., Habeeb, A.A., Daader, A.H., Yousef, H.M. (1995). Effects of Egyptian subtropical summer conditions and the heat-stress alleviation technique of water spray and a diaphoretic on the growth and physiological functions of Friesian calves. *Journal of Arid Environment*, 30, 219-225.
234. Marai, I.F.M. and Habeeb, A.A.M. (1997). Managerial practices to ameliorate heat stress. *Proceedings of International Conference on Animal Production and Health*, Dokki, Cairo, Egypt.
235. Marai, I.F.M., Ayyat, M., Abd El-Monem, U. (2001). Growth Performance and Reproductive Traits at First Parity of New Zealand White Female Rabbits as Affected by Heat Stress and Its Alleviation under Egyptian Conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 33, 451-462.
236. Marai, I.F.M., El-Darawany, A.A., Abou-Fandoud, E.I., Abdel-Hafez, M.A.M. (2004). Reproductive traits and the physiological background of the seasonal variations in Egyptian Suffolk ewes under the conditions of Egypt. *Annals of Arid Zone*, 42, 1-9.
237. Marai, I.F.M., El-Darawany, A.A., Fadiel, A., & Abdel-Hafez, M.A.M. (2007). Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. *Small Ruminant Research*, 71, 1-12.
238. Marai, I.F.M., El-Darawany, A.A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M.A.M. (2008). Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.8(3), 209-234.
239. Marai, I.F.M., El-Darawany, A.H., Ismail, E.S.F., Abdel-Hafez, M.A.M. (2009). Reproductive and physiological traits of Egyptian Suffolk rams as affected by selenium

- dietary supplementation and housing heat radiation effects during winter of the subtropical environment of Egypt. *Archives Animal Breeding*, 52(4), 402-409.
240. Martello, L.S., e Silva, S.D.L., da Costa Gomes, R., Da Silva Corte, R., Leme, P.R. (2016). Infrared thermography as a tool to evaluate body surface temperature and its relationship with feed efficiency in *Bos indicus* cattle in tropical conditions. *International Journal of Biometeorology*, 60(1), 173-181.
 241. Martins, R.F.S., do Paim, P.T., de Cardoso, A.C., Dallago, B.S.L., de Melo, C.B., Louvandini, H., McManus, C. (2013). Mastitis detection in sheep by infrared thermography. *Research in Veterinary Science*, 94, 722-724.
 242. Matteri, R.L., Carroll, J.A., Dyer, C.J. (2000). Neuroendocrine responses to stress. *The Biology of Animal Stress*, 43-76.
 243. Maurya, V.P., Sejian, V., Kumar, D., Naqvi, S.M.K. (2010). Effect of induced body condition score differences on sexual behavior, scrotal measurements, semen attributes, and endocrine responses in Malpura rams under hot semi-arid environment. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94, e308–e317.
 244. Mavrogenis, A.P., Hancock, J., Louca, A. (1980). The effect of body-weight changes during pregnancy and lactation on the performance of three breeds of sheep. *The Journal of Agricultural Science*, 95(2), 357-363.
 245. McDowell, R.G. (1972). *Improvement of livestock production in warm climates*. Freeman, San Francisco.
 246. McGovern, R.R., Bruce, J.M. (2000). A model of the thermal balance for cattle in hot conditions. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77, 81-92.
 247. McManus, C., Paludo, G.R., Louvandini, H., Gugel, R., Sasaki, L.C.B., Paiva, S.R. (2009). Heat tolerance in Brazilian sheep: physiological and blood parameters. *Tropical Animal Health and Production*, 41, 95-101.
 248. McManus, C., Castanheira, M., Paiva, S.R., Louvandini, H., Fioravanti, M.C.S., Paludo, G. R., Corrêa, P.S. (2011). Use of multivariate analyses for determining heat tolerance in Brazilian cattle. *Tropical Animal Health and Production*, 43, 623-630.
 249. McManus, C., Bianchini, E., Do, T., Paim, P., Gontijo De Lima, F., Neto, J.B., Castanheira, M., Ferreira Esteves, G.I., Cardoso, C.C., Dalcin, V.C. (2015). Infrared Thermography to Evaluate Heat Tolerance in Different Genetic Groups of Lambs. *Sensors*. 15, 17258-17273.
 250. McManus, C., Tanure, C.B., Peripolli, V., Seixas, L., Fischer, V., Gabbi, A.M., Costa, J.B.G. (2016). Infrared thermography in animal production: An overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 10-16.
 251. Mehaba, N., Coloma-Garcia, W., Such, X., Caja, G., Salama, A.A. (2021). Heat stress affects some physiological and productive variables and alters metabolism in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 104(1), 1099-1110.
 252. Menchetti, L., Nanni Costa, L., Zappaterra, M., Padalino, B. (2021). Effects of Reduced Space Allowance and Heat Stress on Behavior and Eye Temperature in Unweaned Lambs: A Pilot Study. *Animals*, 11, 3464.
 253. Meyer, C.W., Ootsuka, Y., Romanovsky, A.A. (2017). Body temperature measurements for metabolic phenotyping in mice. *Frontiers in Physiology*, 8, 281936.
 254. Milošević-Stanković, I., Hristov, S., Maksimović, N., Popović, B., Davidović, V., Mekić, C., Dimitrijević, B., Cincović, M., Stanković, B. (2020). Energy metabolism

- indicators and body condition in peripartal period of Alpine goats. *Large Animal Review*, 26(1), 13-18.
255. Miranda-de la Lama, G.C., Rivero, L., Chacón, G., Garcia-Belenguer, S., Villarroel, M., Maria, G.A. (2010). Effect of the pre-slaughter logistic chain on some indicators of welfare in lambs. *Livestock Science*, 128(1-3), 52-59.
 256. Miranda-de La Lama, G.C., Villarroel, M., María, G.A. (2012). Behavioural and physiological profiles following exposure to novel environment and social mixing in lambs. *Small Ruminant Research*, 103(2-3), 158-163.
 257. Mitev, S., Dinevska-Kovkarovska, S., Miova, B. (2005). Effect of the acclimation to high environmental temperature on the activity of hepatic glycogen phosphorylase (a + b and a), liver glycogen content and blood glucose level in rat. *Journal of Thermal Biology*, 30, 563- 568.
 258. Mohammadi, V., Anassori, E., Jafari, S. (2016). Measure of energy related biochemical metabolites changes during peri-partum period in Makouei breed sheep. In *Veterinary Research Forum Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran*, 2016, 7(1), 35.
 259. Montanholi, Y.R., Odongo, N.E., Swanson, K.C., Schenkel, F.S., McBride, B.W., Miller, S.P. (2008). Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos Taurus*). *Journal of Thermal Biology*, 33(8), 468-475.
 260. Moradi, M.H., Nejati-javaremi, A., Moradi-shahrbabak, M., Dodds, K.G. (2012). Genomic Scan of Selective Sweeps in Thin and Fat Tail Sheep Breeds for Identifying of Candidate Regions Associated with Fat Deposition. *BMC Genetics*, 13, 10.
 261. Morais, D.A.E.F., Maia, A.S.C., Silva, R.G.D., Vasconcelos, A.M.D., Lima, P.D. O., Guilhermino, M.M. (2008). Variação anual de hormônios tireoideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 538-545.
 262. More, T., Sahni, K.L. (1975). The blood potassium level, certain haematological and wool characteristics of Rambouillet sheep under semi-arid conditions. *Indian Veterinary Journal*, 52, 181-185.
 263. More, T., Rai, A.K., Singh, M. (1980). Note on the effect of thermal exposure on body fluid composition of different breeds and breedcrosses of sheep. *Indian Journal of Animal Science*, 50, 207-209.
 264. Moore, C.E., Kay, J.K., Collier, R.J., Van Baale, M.J., Baumgard, L.H. (2005). Effect of supplemental conjugated linoleic acids on heat-stressed brown Swiss and Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 88, 1732-1740
 265. Morera, P., Basirico, L., Hosoda, K., Bernabucci, U. (2012). Chronic heat stress up-regulates leptin and adiponectin secretion and expression and improves leptin, adiponectin and insulin sensitivity in mice. *Journal of Molecular Endocrinology*, 48, 129-138.
 266. Morigny, P., Houssier, M., Mouisel, E., Langin, D. (2016). Adipocyte lipolysis and insulin resistance. *Biochimie*, 125, 259-266.
 267. Mount, L. E. (1979). *Adaptation to thermal environment - man and his productive animals*. Edward Arnold: London.

268. Naqvi, S.M.K., Sejian, V. (2011). Global climate change: role of livestock. *Asian Journal of Agricultural Science*, 3(1),19-25.
269. Naqvi, S.M.K., Sejian, V., Karim, S.A. (2013). Effect of feed flushing during summer season on growth, reproductive performance and blood metabolites in Malpura ewes under semi-arid tropical environment. *Tropical Animal Health and Production*, 45, 143-148.
270. Naqvi, S.M.K., Kumar, D., Kalyan, D., Sejian, V. (2015). Climate change and water availability for livestock: impact on both quality and quantity. In: Sejian, V., Gaughan, J., Baumgard, L., Prasad, C.S. (eds) *Climate change impact on livestock: adaptation and mitigation*. Springer/GmbH Publisher, New Delhi, pp 81-96.
271. Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130(1), 57-69.
272. NASA Earth Observatory (2010). Global Warming.. Preuzeto sa <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/GlobalWarming/page2.php>
273. Naas, I.A., Moura, D.J. (2006). *Animal housing in hot climate: a multidisciplinary view*. Published by Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences, Schüttesvej 17, 8700, Horsens, Denmark.
274. Nazifi, S., Saeb, M., Rowghani, E., Kaveh, K. (2003). The influences of thermal stress on serum biochemical parameters of Iranian fat-tailed sheep and their correlation with triiodothyronine (T3), thyroxine (T4) and cortisol concentrations. *Comparative Clinical Pathology*, 12, 135-139.
275. Nelson, E.A.S., Wong, Y., Yu, L.M., Fok, T.F., Li, K. (2002). Effects of hyperthermia and muramyl dipeptide on IL-1 β , IL-6, and mortality in a neonatal rat model. *Pediatric Research*, 52(6), 886-891.
276. Nejad, J.G., Sung, K.-I. (2017). Behavioral and Physiological Changes during Heat Stress in Corriedale Ewes Exposed to Water Deprivation. *Journal of Animal Science and Technology*, 59, 13.
277. Neves, M.L.M.W., Azevedo, M.D., Guim, A., Leite, A.M., Chagas, J.C. (2009). Critical levels of the thermal comfort index for Santa Ines sheep under grazing at the agreste region of Pernambuco State. *Acta Scientiarum-Animal Sciences*, 31(2), 169-175.
278. Novak, P., Vokralova, J., Broucek, J. (2009). Effects of the stage and number of lactation on milk yield of dairy cows kept in open barn during high temperatures in summer months. *Archives Animal Breeding*, 52(6), 574-586.
279. O'brien, M.D., Rhoads, R.P., Sanders, S.R., Duff, G.C., Baumgard, L.H. (2010). Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. *Domestic Animal Endocrinology*, 38(2), 86-94.
280. Ocak, S., Darcan, N., Cankaya, S., Inal, T.C. (2009). Physiological and biochemical responses in German fawn kids subjected to cooling treatments under Mediterranean climatic conditions. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 33, 455-461.
281. Okab, A.B., Elebanna, I.M., Mekkawy, M.Y., Hassan, G.A., Elnouty, F.D.El., Salem M.H. (1993). Seasonal-changes in plasma thyroid-hormones, total lipids, cholesterol and serum transaminases during pregnancy and at parturition in barki and rahmani ewes. *Indian Journal of Animal Sciences*, 63(9), 946-951.

282. Okoruwa, M.I. (2014). Effect of heat stress on thermoregulatory, live body weight and physiological responses of dwarf goats in southern Nigeria. *European Science Journal*, 10, 255-264.
283. Ominski, K.H., Kennedy, A.D., Wittenberg, K.M., Nia, S.M. (2002). Physiological and production responses to feeding schedule in lactating dairy cows exposed to short-term, moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*, 85(4), 730-737.
284. Oramari, R.A., Bamerny, A.O., Zebari, H.M. (2014). Factors affecting some hematology and serum biochemical parameters in three indigenous sheep breeds. *Advances in Life Science and Technology*, 21(12), 56-62.
285. Osei-Amponsah, R., Chauhan, S.S., Leury, B.J., Cheng, L., Cullen, B., Clarke, I.J., Dunshea, F.R. (2019). Genetic Selection for Thermotolerance in Ruminants, 9, 948.
286. Paim, T.P., Borges, B.O., Lima, P.M.T. (2012). Relation between thermographic temperatures of lambs and thermal comfort indices. *International Journal of Applied Animal Sciences*, 1, 108-115.
287. Paim, T., Borges, B.O., de Mello Tavares Lima, P., Gomes, E.F., Dallago, B.S.L., Fadel, R., McManus, C. (2013). Thermographic evaluation of climatic conditions on lambs from different genetic groups. *International Journal of Biometeorology*, 57, 59-66.
288. Paim, T.D.P., Martins, R.F.S., Cardoso, C., Dallago, B., Louvandini, H., McManus, C. (2014). Thermal comfort index and infrared temperatures for lambs subjected to different environmental conditions. *Scientia Agricola*, 71, 356-361.
289. Patel, J.S., Jajane, K.R., Vadqaria, V.P., Kullarni, V.V. and Radadia, N.S. (1991). Effect of temperature on certain blood constituents in Patanwadi and its crosses with Merino and Rambouillet. *Indian Veterinary Journal*, 68, 1134-1138.
290. Payne, J.M., Rowlands, G.J., Manston, R., Dew, S.M., Parker, W.H. (1974). A statistical appraisal of the results of the metabolic profile tests on 191 herds in the BVA/ADAS joint exercise in animal health and productivity. *British Veterinary Journal*, 130(1), 34-44.
291. Pearce, S.C., Upah, N.C., Harris, A., Gabler, N.K., Ross, J.W., Rhoads, R.P., Baumgard, L.H. (2011). Effects of heat stress on energetic metabolism in growing pigs. *The Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 25, 1052-1055.
292. Peng, D., Chen, S., Li, G., Chen, J., Wang, J., Gu, X. (2019). Infrared thermography measured body surface temperature and its relationship with rectal temperature in dairy cows under different temperature-humidity indexes. *International Journal of Biometeorology*, 63, 327-336.
293. Pereira, A.M.F., Baccari, F., Titto, E.A.L., Almeida, J.A.A. (2008). Effect of thermal stress on physiological parameters, feed intake and plasma thyroid hormones concentration in Alentejana, Mertolenga, Frisian and Limousine cattle breeds. *International Journal of Biometeorology*, 52, 199-208.
294. Peterson, R.G., Waldern, D.E. (1981). Repeatabilities of serum Constituents in Holstein-Frisians Affected by Feeding, Age, Lactation, and Pregnancy. *Journal of dairy Science*, 64, 5, 822-831.
295. Pérez, R.V., Macías Cruz, U., Avendaño Reyes, L., Correa-Calderón, A., López Baca, M.D.L.Á., Lara Rivera, A.L. (2020). Heat stress impacts in hair sheep production. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1), 205-222.

296. Piccione, G., Messina, V., Vazzana, I., Dara, S., Giannetto, C., Assenza, A. (2012). Seasonal variations of some serum electrolyte concentrations in sheep and goats. *Comparative Clinical Pathology*, 21, 911-915.
297. Piccione, G., Giancesella, M., Morgante, M., Refinetti, R. (2013). Daily rhythmicity of core and surface temperatures of sheep kept under thermoneutrality or in the cold. *Research in Veterinary Science*, 95(1), 261-265.
298. Plavša, N. (2021). *Zoohigijena. Udzbenik. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad*, 150-151.
299. Polsky, L., von Keyserlingk, M.A. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 8645-8657.
300. Porcionato, M.A.F., Canata, T.F., De Oliveira, C.E., Dos Santos, M.V. (2009). Udder Thermography Of Gyr Cows For Subclinical Mastitis Detection/Termografia Do Úbere De Vacas Gir Para Detecção De Mastite Subclínica. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 3(3), 251-257.
301. Pragna, P., Sejian, V., Soren, N.M., Bagath, M., Krishnan, G., Beena, V., Indira Devi, P., Bhatta, R. (2018). Summer season induced rhythmic alterations in metabolic activities to adapt to heat stress in three indigenous (Osmanabadi, Malabari and Salem Black) goat breeds. *Biological Rhythm Research*, 49(4), 551-565.
302. Pravettoni, D., Doll, K., Hummel, M., Cavallone, E., Re, M., Belloli, A.G. (2004). Insulinresistance associated to abomasal motility disorders detected by post-surgical abomaso-duodenal electromyography in cows with left abomasal displacement. *American Journal of Veterinary Research*, 65, 1319-1324.
303. Pullen, D.L., Palmquist, D.L., Emery, R.S. (1989). Effect on days of lactation and methionine hydroxyl analog on incorporation of plasma fatty acids into plasma triglycerides. *Journal of Dairy Science*, 72, 49-58.
304. Pulido-Rodríguez, L.F., Titto, C.G., de Andrade Bruni, G., Froge, G.A., Fuloni, M.F., Payan-Carrera, R., Henrique, F.L., de Mira Gelardo, A.C.A.P., Pereira, A.M.F. (2021). Effect of solar radiation on thermoregulatory responses of Santa Inês sheep and their crosses with wool and hair Dorper sheep. *Small Ruminant Research*, 202, 106470.
305. Rahimi, G. (2005). Effect of heat shock at early growth phase on glucose and calcium regulating axis in broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 4, 790-794.
306. Ramón, M., Díaz, C., Pérez-Guzman, M.D., Carabaño, M.J. (2016). Effect of exposure to adverse climatic conditions on production in Manchega dairy sheep. *Journal of Dairy Science*, 99(7), 5764-5779.
307. Randle, P.J. (1998). Regulatory interactions between lipids and carbohydrates: The glucose fatty acid cycle after 35 years. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 14, 263-283.
308. Raju, N.V., Pankaj, P.K., Ramana, D.B.V., Kavitha, V. (2015). Intensification in deccani sheep: haematological and biochemical influences. *European journal of molecular biology and biochemistry*, 2, 251-256.
309. Rasooli, A., Nouri, M., Khadjeh, G.H., Rasekh, A. (2004). The influences of seasonal variations on thyroid activity and some biochemical parameters of cattle. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 5(2), 1Q 1383.

310. Rashid, M.M., Hossain, M.M., Azad, M.A.K., Hashem, M.A. (2013). Long term cyclic heat stress influences physiological responses and blood characteristics in indigenous sheep. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 42(2), 96-100.
311. Rathwa, S.D., Vasava, A.A., Pathan, M.M., Madhira, S.P., Patel, Y.G., Pande, A.M. (2017). Effect of season on physiological, biochemical, hormonal, and oxidative stress parameters of indigenous sheep. *Veterinary World*, 10(6), 650.
312. Ravagnolo, O., Misztal, I., Hoogenboom, G. (2000). Genetic component of heat stress in cattle, development of heat index function. *Journal of Dairy Science*, 83, 2120-2125.
313. Reid, R.L., Mills, S.C. (1962). Studies on the carbohydrate metabolism of sheep XIV. The adrenal response to psychological stress. *Australian Journal of Agricultural Research*, 13, 282.
314. Reid, I.M., Rowlands, G.J., Dew, A.M., Collins, R.A., Roberts, C.J., Manston, R. (1983). The relationship between post-parturient fatty liver and blood composition in dairy cows. *Journal of Agricultural Science (Camb.)*, 101, 473-480.
315. Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., De Basilio, V., Gourdine, J. L., Collier, R. J. (2012). Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, 6(5), 707-728.
316. Republički hidrometeorološki zavod (2023). Klimatske analize i prognoze. Preuzeto sa https://www.hidmet.gov.rs/latin/meteorologija/klimatologija_produkti.php
317. Republički zavod za statistiku Srbije (2023). Poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo. Stočarstvo, broj stoke i stočarska proizvodnja, broj ovaca (Baza podataka). Preuzeto sa <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/130202010204?languageCode=sr-Cyrl>
318. Rhoads, M.L., Rhoads, R.P., VanBaale, M.J., Collier, R.J., Sanders, S.R., Weber, W.J., Crooker, B.A., Baumgard, L.H. (2009). Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science*, 92 (5), 1986-1997.
319. Ribeiro, N.L., Costa, R.G., Pimenta Filho, E.C., Ribeiro, M.N., Crovetti, A., Saraiva, E.P., Bozzi, R. (2016). Adaptive profile of Garfagnina goat breed assessed through physiological, haematological, biochemical and hormonal parameters. *Small Ruminant Research*, 144, 236-241.
320. Robertshaw, D. (1985). Heat loss in cattle. In *Stress physiology in livestock volume 1 Basic Principals*, ed. M. K. Yousef, 55-67. Florida: CRC Press.
321. Roche, E., Maestre, I., Martin, F., Fuentes, E., Casero, J., Reig, J.A., Soria, B. (2000). Nutrient toxicity in pancreatic beta-cell dysfunction. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 56, 119-128.
322. Ronchi, B., Bernabucci, U., Lacetera, N., Supplizi, V., Nardone A. (1999). Distinct and common effects of heat stress and restricted feeding on metabolic status of Holstein heifers. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, 25, 11-20.
323. Roubies, N., Panousis, N., Fytianou, A., Katsoulos, P.D., Giadinis, N., Karatzias, H. (2006). Effects of age and reproductive stage on certain serum biochemical parameters of Chios sheep under Greek rearing conditions. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 53(6), 277-281.
324. Rout, P.K., Kaushik, R., Ramachandran, N., Jindal, S.K. (2017). Identification of heat stress-susceptible and-tolerant phenotypes in goats in semiarid tropics. *Animal Production Science*, 58(7), 1349-1357.

325. Rowlands, G.J., Manston, R., Pocock, R.M., Dew, S.M. (1975). Relationships between stage of lactation and pregnancy and blood composition in a herd of dairy cows and the influences of seasonal changes in management on these relationships. *Journal of Dairy Research*, 42(3), 349-362.
326. Russel, A. (1991). Body condition scoring of sheep. In: Boden E (ed) *Sheep and goat practice*. Bailliere Tindall, Philadelphia, p 3.
327. Salako, A.E. (2006). Application of morphological indices in the assessment of type and Function in sheep. *International Journal of Morphology*, 24, 13-8.
328. Salama, A.A.K., Caja, G., Hamzaoui, S., Badaoui, B., Castro-Costa, A., Façanha, D. A. E., Guilhermino, M.M., Bozzi, R. (2014). Different levels of response to heat stress in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 121(1), 73-79.
329. Salem, J.A., Kobeisy, M.A., Zenhom, M., Hayder, M. (1998). Effect of season and ascorbic acid supplementation on some blood constituents of suckling Chois lambs and its crosses with Ossimi sheep in Upper Egypt. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 29, 87-100.
330. Salles, M.S.V., da Silva, S.C., Salles, F.A., Roma Jr, L.C., El Faro, L., Mac Lean, P.A.B., de Oliveira, C.E.L., Martello, L.S. (2016). Mapping the body surface temperature of cattle by infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*, 62, 63-69.
331. Sano, H., Takahashi, K., Ambo, K., Tsuda, T. (1983). Turnover and oxidation rates of blood glucose and heat production in sheep exposed to heat. *Journal of Dairy Science*, 66, 856-861.
332. Sawyer, G., Narayan, E. J. (2019). A review on the influence of climate change on sheep reproduction. *Comparative endocrinology of animals*, 10.
333. Schaefer, A.L., Matthews, L.R., Cook, N.J., Webster, J., Scott, S.L. (2002). Novel non-invasive measures of animal welfare. In *Animal Welfare and Behaviour*. Science Solution, Joint NAWAC/ISAE Conference, June 2002 (pp. 27-28).
334. Schaefer, A.L., Cook, N., Tessaro, S.V., Deregt, D., Desroches, G., Dubeski, P.L., Thong, A.K.W., Godson, D.L. (2004). Early detection and prediction of infection using infrared thermography. *Canadian Journal of Animal Science*, 84, 73-80.
335. Schaefer, A.L., Cook, N.J., Church, J.S., Basarab, J., Perry, B., Miller, C., Tong, A.K.W. (2007). The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. *Research in Veterinary Science*, 83(3), 376-384.
336. Scharf, B., Carroll, J.A., Riley, D.G., Chase Jr, C.C., Coleman, S.W., Keisler, D.H., Spiers, D.E. (2010). Evaluation of physiological and blood serum differences in heat-tolerant (Romosinuano) and heat-susceptible (Angus) *Bos taurus* cattle during controlled heat challenge. *Journal of Animal Science*, 88(7), 2321-2336.
337. Schüller, L.K., Burfeind, O., Heuwieser, W. (2013). Comparison of ambient temperature, relative humidity, and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. *Journal of Dairy Science*, 96(12), 7731-7738.
338. Sejian, V., Maurya, V.P., Naqvi, S.M. (2010a). Adaptive capability as indicated by endocrine and biochemical responses of Malpura ewes subjected to combined stresses (thermal and nutritional) in a semi-arid tropical environment. *International Journal of Biometeorology*, 54(6), 653-661.
339. Sejian, V., Maurya, V.P., Naqvi, S.M.K., Kumar, D., Joshi, A. (2010b). Effect of induced body condition score differences on physiological response, productive and

- reproductive performance of Malpura ewes kept in a hot, semi-arid environment. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94(2),154-161.
340. Sejian, V., Maurya, V.P., Kumar, K., Naqvi, S.M.K. (2012). Effect of multiple stresses on growth and adaptive capability of Malpura ewes under semi-arid tropical environment. *Tropical Animal Health and Production*, 45, 107-116.
 341. Sejian, V. (2013). Climate change: Impact on production and reproduction, adaptation mechanisms and mitigation strategies in small ruminants: A review. *The Indian Journal of Small Ruminants*, 19(1), 1-21.
 342. Sejian, V., Bahadur, S., Naqvi, S.M.K. (2014). Effect of nutritional restriction on growth, adaptation physiology and estrous responses in Malpura ewes. *Animal Biology*, 64, 189-205.
 343. Sejian, V., Kumar, D., Gaughan, J.B., Naqvi, S.M.K. (2016). Effect of multiple environmental stressors on the adaptive capability of Malpura rams based on physiological responses in a semi-arid tropical environment. *Journal of Veterinary Behavior*, 17, 6-13.
 344. Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J., Malik, P. K., Naqvi, S. M. K., Lal, R. (2017). Adapting sheep production to climate change. In: *Sheep production adapting to climate change*, 1 ed.; Singapore: Springer Singapore, 1-29.
 345. Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J.B., Dunshea, F.R., Lacetera, N. (2018). Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, 12(2), 431-444.
 346. Settivari, R.S., Spain, J.N., Eilersieck, M.R., Byatt, J.C., Collier, R.J., Spiers, D.E. (2007). Relationship of thermal status to productivity in heat-stressed dairy cows given recombinant bovine somatotropin. *Journal of Dairy Science*, 90, 1265-1280.
 347. Sevi, A., Annicchiarico, G., Albenzio, M., Taibi, L., Muscio, A., Dell'Aquila, S. (2001). Effects of solar radiation and feeding time on behavior immune response and production of lactating ewes under high ambient temperature. *Journal of Dairy Science*, 84, 629-640.
 348. Sevi, A., Caroprese, M. (2012). Impact of heat stress on milk production, immunity and udder health in sheep: A critical review. *Small Ruminant Research*, 107(1), 1-7.
 349. Shaffer, L., Roussel, J.D., Koonce, K.L. (1981). Effect of age, temperature, season and breed on blood characteristics of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 64, 62-70.
 350. Shek Vugrovečki, A., Vojta, A., Šimpraga, M. (2017). Establishing reference intervals for haematological and biochemical blood variables in Lika pramenka sheep. *Veterinarski Arhiv*, 87(4), 487-499.
 351. Shekhawat, I., Pareek, A. (2015). A Review: Growth and Physiological Adaptability of Sheep to Heat Stress under Semi-Arid Environment. *International journal of emerging trends in science and technology*, 02(09), 3188-3198.
 352. Shilja, S., Sejian, V., Bagath, M., Mech, A., David, C.G., Kurien, E.K., Varma, G., Bhatta, R. (2016). Adaptive capability as indicated by behavioural and physiological responses, plasma HSP70 level, and PBMC HSP70 mRNA expression in Osmanabadi goats subjected to combined (heat and nutritional) stressors. *International Journal of Biometeorology*, 60, 1311-1323.
 353. Shinde, A.K., Sejian, V. (2013). Sheep husbandry under changing climate scenario in India: an overview. *Indian Journal of Animal Science*, 83(10), 998-1008.

354. Shock, D.A., LeBlanc, S.J., Leslie, K.E., Hand, K., Godkin, M.A., Coe, J.B., Kelton, D.F. (2016). Studying the relationship between on-farm environmental conditions and local meteorological station data during the summer. *Journal of Dairy Science*, 99(3), 2169-2179.
355. Shwartz, G., Rhoads, M.L., VanBaale, M.J., Rhoads, R.P., Baumgard, L.H. (2009). Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 92(3), 935-942.
356. Silanikove, N. (2000a). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67, 1-18.
357. Silanikove, N. (2000b). The physiological basis of adaptation of goats to scarcity of food and water in harsh environments. *Small Ruminant Research*, 35, 181-193.
358. Singh, M. (1980). Problems of adaptation by sheep to hot arid conditions. *Annals of Arid Zone*, 19, 301-306.
359. Singh, S.K., Meena, H.R., Kolekar, D.V., Singh Y.P. (2012). Climate change impacts on livestock and adaptation strategies to sustain livestock production. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 2(7), 407-412.
360. Sinha, R.K., Thakuria, B.N., Baruah, R.N., Sarma, B.C. (1981). Effect of breed, age, sex, and season on total serum cholesterol level in cattle. *Indian Veterinary Journal*, 58, 529-533.
361. Silva, R.G.D., Morais, D.A.E.F., Guilhermino, M.M. (2007). Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *The Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 1192-1198.
362. Sipos, W., Wiener, S., Entenfellner, F., Sipos, S. (2013). Physiological changes of rectal temperature, pulse rate and respiratory rate of pigs at different ages including the critical periparturient period. *Veterinary Medicine Austria*, 100(3), 96.
363. Soerensen, D.D., Pedersen, L.J. (2015). Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: A review. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 57, 1-11.
364. Sousa Júnior, S.C., Morais, D.A.E.F., VASCONCELOS, A.D., Nery, K.M., Morais, J.H.G., Guilhermino, M.M. (2008). Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em região semi-árida. *Revista Científica de Produção Animal*, 10(2), 127-137.
365. Srikandakumar, A., Johnson, E.H., Mahgoub, O. (2003). Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian merino sheep. *Small Ruminant Research*, 49, 193-198.
366. Stanojević, Z., Filipović, N., Božić, P., Tuček, Z., Daud, J. (2008). The metabolic profile of Simmental service bulls. *Veterinarski Arhiv*, 78, 123-129.
367. Starling, J.M.C., Silva, R.G.D., Cerón-Muñoz, M., Barbosa, G.S.S.C., Costa, M.J.R.P.D. (2002). Analysis of some physiological variables for the evaluation of the degree of adaptation in sheep submitted to heat stress. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 2070-2077.
368. Stelletta, C., Vencato, J., Fiore, E., Gianesella, M. (2013). Infrared thermography in reproduction. In *Thermography Current Status and Advances in Livestock Animals and in Veterinary Medicine; Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche: Brescia, Italy, 2013*, pp. 113–125.

369. Stevanović, O., Stojilković, M., Nedić, D., Radoja, D., Nikolić, V., Prodanović, R., Ivanov, S., Vujanac, I. (2015). Variability of blood serum biochemical parameters in Karakachan sheep. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 31(1), 55-62.
370. Stewart, M., Webster, J.R., Verkerk, G.A., Schaefer, A.L., Colyn, J.J., Stafford, K.J. (2007). Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. *Physiology & Behavior*, 92(3), 520-525.
371. Stewart, M., Stafford, K.J., Dowling, S.K., Schaefer, A.L., Webster, J.R. (2008). Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiology & Behavior*, 93(4-5), 789-797.
372. Stockman, C.A. (2006). The physiological and behavioural responses of sheep exposed to heat load within intensive sheep industries. *Doktorska disertacija*. Murdoch University.
373. Stojković, J. (2013). Osnovi ishrane domaćih životinja. *Udzbenik*. Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet, Lešak, 68-80.
374. Sutherland, M.A., Worth, G.M., Dowling, S.K., Lowe, G.L., Cave, V.M., Stewart, M. (2020). Evaluation of infrared thermography as a non-invasive method of measuring the autonomic nervous response in sheep. *PLoS One*, 15(5), e0233558.
375. Symington, R.B. (1960). Studies on the adaptability of three breeds of sheep to a tropical environment modified by altitude III. The response of mature and young rams to a thermal burden induced by exercise. *The Journal of Agricultural Science*, 55(3), 303-310.
376. Šimpraga, M., Šmuc, T., Matanović, K., Radin, L., Shek-Vugrovečki, A., Ljubičić, I., Vojta, A. (2013). Reference intervals for organically raised sheep: Effects of breed, location and season on hematological and biochemical parameters. *Small Ruminant Research*, 112(1-3), 1-6.
377. Tadesse, D., Patra, A.K., Puchala, R., Goetsch, A.L. (2022). Effects of high heat load conditions on blood constituent concentrations in Dorper, Katahdin, and St. Croix Sheep from different regions of the USA. *Animals*, 12(17), 2273.
378. Tan, J.H., Ng, E.Y.K., Acharya, U.R., Chee, C. (2009). Infrared thermography on ocular surface temperature: a review. *Infrared Physics & Technology*, 52(4), 97-108.
379. Tao, S., Dahl, G., Laporta, J., Bernard, J. (2018). 140 Effects of heat stress during late gestation on the dam and its calf. *Journal of Animal Science*, 96(suppl_3), 351-351.
380. Taylor, N.A.S., Tipton, M.J., Kenny, G.P. (2014). Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 46, 72-101.
381. Thompson, G.E. (1973). Review of the progress of dairy science. Climatic physiology of cattle. *Journal of Dairy Research*, 40, 441-473.
382. Thornton, P.K., van de Steeg, J., Notenbaert, A., Herrero, M. (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, 101, 113-127.
383. Thornton, P.K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365, 2853-2867.
384. Thwaites, C.J. (1966). Fleece length and the reactions of sheep to wet and dryheat. *Nature (London)*, 211, 997-998.

385. Thwaites, C.J. (1967). Fleece length and the reactions of sheep to elevated humidity and radiant heating at high ambient temperatures. *Research in Veterinary Science*, 8(4), 463-466.
386. Thwaites, C.J. (1985). Physiological responses and productivity in sheep. In *Stress physiology in livestock volume 1 Basic Principals*, eds. M. K. Yousef, 47-55. CRC Press: Florida.
387. Tian, H., Wang, W., Zheng, N., Cheng, J., Li, S., Zhang, Y., Wang, J. (2015). Identification of diagnostic biomarkers and metabolic pathway shifts of heat-stressed lactating dairy cows. *Journal of Proteomics*, 125, 17-28.
388. Todini, L., Malfatti, A., Valbonesi, A., Trabalza-Marinucci, M., Debenedetti, A. (2007). Plasma total T3 and T4 concentrations in goats at different physiological stages, as affected by the energy intake. *Small Ruminant Research*, 68(3), 285e90.
389. Torlinska, T., Banach, R., Paluszak, J., Gryczka-Dziadecka, A. (1987). Hyperthermia effect on lipolytic processes in rat blood and adipose tissue. *Acta Physiologica*, 38, 361-366.
390. Torrao, N.A., Hetem, R.S., Meyer, L.C., Fick, L.G. (2011). Assessment of the use of temperature-sensitive microchips to determine core body temperature in goats. *Veterinary Record*, 168, 328-334.
391. Tozlu Celik, H., Aslan, F.A., Kasko Arıcı, Y., Kahveci, M.E., Kiper, I. (2021). Determining the factors affecting the gestational length in sheep. *Archives Animal Breeding*, 64(1), 83-89.
392. Tsigos, C., Chrousos, G.P. (2002). Hypothalamic–pituitary–adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of Psychosomatic Research*, 53(4), 865-871.
393. Turner, T.A. (1991). Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 7, 311-338.
394. Turnpenny, J.R., McArthur, J.A., Clark, J.A., Wathes, C.M. (2000). Thermal balance of livestock: 1. A parsimonious model. *Agricultural and Forest Meteorology*, 101, 15-27.
395. Unruh, E.M., Theurer, M.E., White, B.J., Larson, R.L., Drouillard, J.S., Schrag, N. (2017). Evaluation of infrared thermography as a diagnostic tool to predict heat stress events in feedlot cattle. *American Journal of Veterinary Research*, 78, 771-777.
396. Valera, M., Bartolomé, E., Sánchez, M.J., Molina, A., Cook, N., Schaefer, A. (2012). Changes in eye temperature and estresse assessment in horses during show jumping competitions. *Journal of Equine Veterinary Science*, 32(12), 827-830.
397. Verduzco-Mendoza, A., Bueno-Nava, A., Wang, D., Martínez-Burnes, J., Olmos-Hernández, A., Casas, A., Dominguez A., Mota-Rojas, D. (2021). Experimental applications and factors involved in validating thermal windows using infrared thermography to assess the health and thermostability of laboratory animals. *Animals*, 11(12), 3448.
398. Vickers, L.A., Burfeind, O., von Keyserlingk, M.A., Veira, D.M., Weary, D.M., Heuwieser, W. (2010). Technical note: comparison of rectal and vaginal temperatures in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93, 5246-5251.
399. Villeneuve, L., Méthot, H., Cinq-Mars, D., Bergeron, R. (2009). Effect of individual or paired housing during post-weaning on feed intake, growth rate and behaviour of lambs. *Small Rumin Research*, 85(2), 99-104.

400. Vranić, P., Milutinović, S. (2016). From local sustainable development towards climate change adaptation: a case study of Serbia. *International Journal of Sustainable Development World Ecology*, 23, 71-82.
401. Walker, D.W., Hale JR, Fawcett, A.A., Pratt, N.M. (1995). Cardiovascular responses to heat stress in late gestation fetal sheep. *Experimental Physiology: Translation and Integration*, 80(5), 755-766.
402. Webster, A.J.F. (1976). The influence of the climatic environment on metabolism in cattle. In *Principles of Cattle Production*, edited by H. Swan and W.H. Broster. Butterworth, London.
403. West, J.W. (1999). Nutritional strategies for managing the heat stressed dairy cow. *Journal of Animal Science*, 77, 21-35.
404. West, J.W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 86(6), 2131e44.
405. Wheelock, J.B., Rhoads, R.P., VanBaale, M.J., Sanders, S.R., Baumgard, L.H. (2010). Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal Dairy Science*, 93, 644-655.
406. Whittow, G.C. (1965). The effect of hyperthermia on the systemic and pulmonary circulation of the ox (*Bos taurus*). *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 50, 300.
407. Whittow, G. C., Findlay, J.D. (1968). Oxygen cost of thermal panting. *American Journal of Physiology*, 214, 94.
408. Wijffels, G., Sullivan, M., Gaughan, J. (2020). Methods to quantify heat stress in ruminants: Current status and future prospects. *Methods*, 186, 3-13.
409. Wise, M. E., Armstrong, D. V., Huber, J. T., Hunter, R., Wiersma, F. (1988). Hormonal alterations in the lactating dairy cow in response to thermal stress. *Journal of Dairy Science*, 71(9), 2480-2485.
410. Wojtas, K., Cwynar, P., Kolacz, R., Kupczynski, R. (2013). Effect of heat stress on acid-base balance in Polish Merino sheep. *Archives Animal Breeding*, 56(1), 917-923.
411. Wojtas, K., Cwynar, P., Kolacz, R. (2014). Effect of thermal stress on physiological and blood parameters in merino sheep. *Journal of Veterinary Research*, 58(2), 283-288.
412. World meteorological organisation (2023). Climate change. Preuzeto sa <https://wmo.int/topics/climate-change>
413. Xu, S., Luosang, J., Hua, S., He, J., Ciren, A., Wang, W., Tong, X., Liang, Y., Wang, J., Zheng, X. (2007). High Altitude Adaptation and Phylogenetic Analysis of Tibetan Horse Based on the Mitochondrial Genome. *Journal of Genetics and Genomics*, 34, 720-729.
414. Yaqub, L.S., Ayo, J.O., Kawu, M.U., Rekwot, P.I. (2017). Diurnal thermoregulatory responses in pregnant Yankasa ewes to the dry season in a tropical Savannah. *Tropical Animal Health and Production*, 49, 1243-1252.
415. Yousef, M.K., Johnson, H.D. (1965). Time course of thyroxine disappearance rates in cattle during exposure to hot and cold environments. *Life Science*, 4, 1531.
416. Yousef, M.K., Johnson, H.D. (1967). A rapid estimation of thyroxine secretion rate of cattle. *Journal of Animal Science*, 26, 1108.
417. Yousef, M.K. (1979). Adaptive responses of ungulates to the environment, In *Biometeorological Survey – Volume 1*. ed. S. W. Tromp and J. J. Bouma, 90. Heyden and Son: London.

418. Yousef, M.K., Johnson H.D. (1985). Body fluids and thermal environment. In Stress Physiology in Livestock Vol1 basic Principles ed. M.K.Yousef, CRC Press: Florida.
419. Yousef, H.M., Habeeb, A.A.M., Fawzy, S.A., Zahed, S.M. (1996). Effect of direct solar radiation of hot summer season and using two types of sheds on milk yield and composition and some physiological changes in lactating Friesian Cows. Proceedings of 7th Scientific Congress, Faculty of Veterinary Medicine, Assiut University, Assiut, Egypt, pp. 63-75.
420. Yousef, H.M., Habeeb, A.A., El-Kousey, H. (1997). Body weight gain and some physiological changes in Friesian calves protected with wood or reinforced concrete sheds during hot summer season of Egypt. Egyptian Journal of Animal Production, 34(2), 89-101.

БИОГРАФИЈА

Александар С. Чукић, рођен у Косовској Митровици 23.11.1994. Основну и средњу пољопривредну школу, смер ветеринарски техничар, завршава у Лешку, након чега наставља школовање на Пољопривредном факултету, Универзитета у Приштини. По завршетку основних академских студија 2020 године, и стицању звања *Дипломирани инжењер пољопривреде – за сточарство*, запошљава се као сарадник у настави на истом факултету. На истом факултету уписује мастер академске студије, а мастер рад под називом „Варијабилност морфолошких и особина пораста Виртемберг расе оваца“ брани 2021 године (са просечном оценом 10) и стиче звање *Мастер инжењер пољопривреде*. Од јануара 2022 године радно је ангажован као асистент за ужу научну област Сточарство и исхрана домаћих животиња. Школске 2021/22 год. уписује докторске академске студије, студијски програм агрономија, на Агрономском факултету у Чачку и у року полаже све предвиђене испите. Добитник је више признања и награда: Признање и награда „заслужни студент“ за изузетне резултате, успехе и доприносе током студирања, поводом обележавања дана студената Универзитета у Приштини (22.04.2019); Октобарско признање, за остварен допринос у области образовања, поводом обележавања дана општине Лепосавић (19.10.2020); Диплома „истакнути студент“ поводом обележавања 50 година Универзитета у Приштини (27.06.2020). Признање и награда за најбољи рад и најбољег младог истраживача на 26том међународном конгресу медитеранске федерације за здравље и продукцију преживара, одржаном у Новом Саду (20-23.06.2024). Више пута је освајао прва и друга места на престижним студентским такмичењима. Говори и служи се енглеским језиком. Аутор или коаутор више радова међународног карактера.

ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Изјављујем да докторска дисертација под насловом:

„Утицај топлотног стреса, старости, расе, продуктивног статуса и начина узгоја на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца“

представља *оригинално ауторско дело* настало као резултат *сопственог истраживачког рада*.

Овом Изјавом такође потврђујем:

- да сам *једини аутор* наведене докторске дисертације,
- да у наведеној докторској дисертацији *нисам извршио/ла посреду* ауторског нити другог права интелектуалне својине других лица,

У Чачку, 09.06.2025. године,



потпис аутора

**ИЗЈАВА АУТОРА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Изјављујем да су штампана и електронска верзија докторске дисертације под насловом:
„Утицај топлотног стреса, старости, расе, продуктивног статуса и начина узгоја на
телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца“
истоветне.

У Чачку, 09.06.2025. године,



потпис аутора

ИЗЈАВА АУТОРА О ИСКОРИШЋАВАЊУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ја, Александар С. Чукић,

дозвољавам

не дозвољавам

Универзитетској библиотеци у Крагујевцу да начини два трајна умножена примерка у електронској форми докторске дисертације под насловом:

„Утицај топлотног стреса, старости, расе, продуктивног статуса и начина узгоја на телесне мере, телесну температуру и метаболичку адаптацију оваца“

и то у целини, као и да по један примерак тако умножене докторске дисертације учини трајно доступним јавности путем дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу и централног репозиторијума надлежног министарства, тако да припадници јавности могу начинити трајне умножене примерке у електронској форми наведене докторске дисертације путем *преузимања*.

Овом Изјавом такође

дозвољавам

не дозвољавам¹

припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од следећих *Creative Commons* лиценци:

1) Ауторство

¹ Уколико аутор изабере да не дозволи припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци, то не искључује право припадника јавности да наведену докторску дисертацију користе у складу са одредбама Закона о ауторском и сродним правима.

- 2) Ауторство - делити под истим условима
- 3) Ауторство - без прерада
- 4) Ауторство - некомерцијално
- 5) Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима
- 6) Ауторство - некомерцијално - без прерада²

У Чачку, 09.06.2025. године,



потпис аутора

¹ Молимо ауторе који су изабрали да дозволе припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци да заокруже једну од понуђених лиценци. Детаљан садржај наведених лиценци доступан је на: <http://creativecommons.org.rs/>