



UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET
DEPARTMAN ZA VETERINARSKU MEDICINU

**VISOKE AMBIJENTALNE TEMPERATURE I NJIHOV UTICAJ
NA ZOOHIGIJENSKE PARAMETRE FARME,
PRODUKTIVNOST I METABOLIČKU ADAPTACIJU KRAVA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

**Mentor: Prof.dr Nada Plavša
Prof.dr Marko R.Cincović**

Kandidat: Mira Majkić

Novi Sad, 2019. godine

UNIVERZITET U NOVOM SADU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

| | |
|--|---|
| Redni broj: RBR | |
| Identifikacioni broj: IBR | |
| Tip dokumentacije: TD | Monografska dokumentacija |
| Tip zapisa: TZ | Tekstualni štampani materijal |
| Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR | Doktorska disertacija |
| Ime i prezime autora: AU | Mira Majkić |
| Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN | Prof.dr Nada Plavša, redovni profesor Prof.dr Marko R.Cincović, vanredni profesor |
| Naslov rada: NR | VISOKE AMBIJENTALNE TEMPERATURE I NJIHOV UTICAJ NA ZOOHIGIJENSKE PARAMETRE FARME, PRODUKTIVNOST I METABOLIČKU ADAPTACIJU KRAVA |

| | |
|--|---|
| Jezik publikacije: JP | Srpski jezik |
| Jezik izvoda: JI | srp. / eng. |
| Zemlja publikovanja: ZP | Srbija |
| Uže geografsko područje: UGP | Vojvodina |
| Godina: GO | 2019. |
| Izdavač: IZ | Autorski reprint |
| Mesto i adresa: MA | 21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8 |
| Fizički opis rada: FO | 124 strana, 28 grafikona, 4 slike, 1 kartogram, 20 tabela, 214 citiranih referenci |
| Naučna oblast: NO | Medicina – Veterinarska medicina |
| Naučna disciplina: ND | Bolesti životinja i higijena animalnih proizvoda i Patološka fiziologija |
| Predmetna odrednica, ključne reči: PO | Toplotni stres, krave, zoohigijenski parametri, produktivnost, metabolička adaptacija |
| UDK | 636.09 |
| Čuva se: ČU | Biblioteka Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu |

| | |
|---|---|
| <p>Važna napomena:</p> <p>VN</p> | <p>/</p> |
| <p>Izvod:</p> <p>IZ</p> | <p>Biološka adaptacija krava na visoke ambijentalne temperature podrazumeva smanjenu proizvodnju mleka i porast temperature površine kože. THI indeks je značajan pokazatelj opterećenja krava toplotnim stresom. Prosečna maskimalna vrednost THI u periodu 2005-2016 pokazuje trend porasta u svim mesecima osim u januaru oktobru i novembru. Topla leta u Srbiji sa izuzetno visokim temperaturama, nastaju svake pete godine, kada su krave posebno pogođene. Ovakve promene dovode do globalnog zagrevanja i klimatskih promena koje utiču na biološku adaptaciju krava. Nisu postojale značajane razlike u vrednosti THI u funkciji regije u Vojvodini u kojoj je vršeno merenje THI, pa se Vojvodina može posmatrati kao jedinstvena celina u proceni toplotnog stresa krava. Sezona pokazuje uticaj na vrednosti ocena dobrobiti krava na farmama prema <i>Welfare Quality® scoring</i> sistemu. Odstupanja u vrednosti skorova za pojedine kriterijume ne dovode do značajnih promena u oceni ukupne dobrobiti krava na farmi i na klasifikaciju farme prema oceni dobrobiti. Potrebno je izvršiti dodatna istraživanja da bi se ispitalo uticaj sezone na ocenu dobrobiti na farmama. Upotreba termovizijske kamere u proceni termalnog opterećenja krava na farmama bazira se na fiziološkim principima termoregulacije kod goveda. površine tela krava bila je u rasponu od 34,1 do 38,5°C. Najviša temperature površine tela izmerena je u avgustu, a najniža u zimskom periodu. Nađena je značajna pozitivna korelacija THI i temperature površine tela. Korelacione i regresione analize pokazuju da postoji značajna negativna linearna korelacija između THI i proizvodnje mleka, odnosno pozitivna korelacija između THI i temperature vimena kože i očne regije izmerene termovizijskom kamerom. Predikcija servis perioda je mnogo kvalitetnija ako se koristi kvadratna jednačina, jer dužina servis perioda nije zavisna od THI sve do momenta dok se ne pređe stresni prag za toplotni stres kada je korelacija THI i dužine servis perioda pozitivna. Pokazalo se da kvadratne jednačine daju bolju povezanost od linearnih, tako da je koncentracija amonijaka blago rasla kada je THI 40-60, a potom opadala u toplotnom stresu. Koncentracija H₂S se ponašala drugačije u odnosu na amonijak, njena vrednost je bila najviša kod najviših i najnižih vrednosti THI. Dinamičke promene metabolita i index insulinske rezistencije značajno koreliraju sa količinom proizvedenog mleka kod krava izloženih toplotnom stresu. Varijacije u proizvodnji mleka tokom trajanja toplotnog stresa mnogo je bolje prevedeti kada se THI index koristi zajedno sa vrednostima glukoze i TNF-α kao metaboličkih prediktora.</p> |
| <p>Datum prihvatanja teme od strane NN veća:</p> <p>DP</p> | <p>27.12.2016.</p> |
| <p>Datum odbrane:</p> <p>DO</p> | |
| <p>Članovi komisije:</p> <p>(ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status)</p> | <p>Predsednik komisije:</p> <p>Prof.dr Branislava Belić, red.prof., Poljoprivredni fakultet Novi Sad</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>Član1:</p> <p>Prof.dr Nada Plavša, red.prof., Poljoprivredni fakultet Novi Sad, mentor</p> <p>Član2:</p> <p>Prof.dr Marko Cincović, vanr.prof., Poljoprivredni fakultet Novi Sad, mentor</p> <p>Član3:</p> <p>Prof.dr Slavča Hristov, red.prof., Poljoprivredni fakultet, Zemun</p> <p>Član4:</p> <p>Prof.dr Branislav Stanković, vanr.prof., Poljoprivredni fakultet, Zemun</p> |
|--|---|

University of Novi Sad

Faculty

Key word documentation

| | |
|-------------------------------|--|
| Accession number: ANO | |
| Identification number: INO | |
| Document type: DT | Monograph documentation |
| Type of record: TR | Textual printed material |
| Contents code: CC | PhD Thesis |
| Author: AU | Mira Majkić |
| Mentor: MN | Prof.dr Nada Plavša, DVM, PhD, Full prof. Prof.dr Marko Cincović, DVM, PhD, Assoc.prof. |
| Title: TI | HIGH ENVIRONMENTAL TEMPERATURE AND THEIR IMPACT ON THE ZOOHYGIENE PARAMETERS OF FARMS, PRODUCTIVITY AND METABOLIC ADAPTATION OF COW |
| Language of text: LT | Serbian |
| Language of abstract: LA | eng. / srp. |
| Country of publication: | Serbia |

| | |
|--------------------------------|--|
| CP | |
| Locality of publication: LP | Vojvodina |
| Publication year: PY | 2019 |
| Publisher: PU | Authors reprint |
| Publication place: PP | 21000 Novi Sad, Dositej Obradović sq. 8 |
| Physical description: PD | 124 pages, 28 graphs, 4 pictures, 1 cartogram, 20 tables, 214 cited references |
| Scientific field SF | Medicine – Veterinary medicine |
| Scientific discipline SD | Animals disease and hygiene, Pathophysiology |
| Subject, Key words SKW | Heat stress, Cow, Zoohygiene parameters, Productivity, Metabolic adaptation |
| UC | 636.09 |
| Holding data: HD | Library at Faculty of Agriculture Novi Sad |
| Note: N | / |
| Abstract: AB | Biological adaptation of cows to high ambient temperatures implies reduced production of milk and increase of surface temperature of the skin. The THI index is a significant indication of the burden of cows with heat stress. The average masculine value of THI in the period 2005-2016 shows a trend of increase in all months, except in January of October and November. Extreme warm years in Serbia are created every five years, when cows are particularly affected. These data support the global warming and climatic changes that affect the biological adaptation of cows. There were no significant differences in the value of THI in the |

| | |
|--|---|
| | <p>function of the region in Vojvodina where the THI was measured, so that Vojvodina can be considered as a single entity in the assessment of the heat stress of cows. The season shows the impact on the value of the cow welfare on farms according to the Welfare Quality® scoring system. Deviations in the value of the scores for certain criteria do not lead to significant changes in the estimation of the total welfare of cows on the farm and on the classification of the farm according to the welfare assessment. Further research needs to be carried out to examine the impact of the season on the welfare assessment on farms. The use of a thermovision camera in the assessment of the thermal load of cows on farms is based on the physiological principles of thermoregulation in cattle. the surface of the cow's body ranged from 34.1 to 38.5 ° C. The highest surface temperature of the body was measured in August and the lowest in the winter period. Significant positive THI correlation and body surface temperature were found. Correlation and regression analysis show that there is a significant negative linear correlation between THI and milk production, that is, a positive correlation between THI and skin and skin temperature and eye region measured by a thermionic camera. The service period prediction is much better if a square equation is used since the length of the service period is not dependent on the THI until the heat stress stress threshold is exceeded when the THI correlation and the service period of the period are positive. When it comes to air quality, it has also been shown that square equations provide a better connection to linear ones, so the ammonia concentration is slightly increased when THI is 40-60, and then decreases in heat stress. The concentration of H₂S behaved differently in relation to ammonia, its value being highest at the highest and lowest values of THI. Dynamic changes in the metabolite and index of insulin resistance significantly correlate with the amount of milk produced in cows exposed to heat stress. Variations in milk production during the duration of heat stress is much better overlooked when the THI index is used together with the glucose and TNF-α values as metabolic predictors.</p> |
| <p>Accepted on Scientific Board on: AS</p> | <p>27.12.2016.</p> |
| <p>Defended: DE</p> | |
| <p>Thesis Defend Board: DB</p> | <p>President: Dr Branislava Belić, full prof., Faculty of Agriculture, Novi Sad</p> <p>Member1: Dr Nada Plavša, full prof., Faculty of Agriculture, Novi Sad</p> |

Member2:

Dr Marko Cincović, assoc. prof., Faculty of Agriculture,
Novi Sad

Member3:

Dr Slavča Hristov, full prof., Faculty of Agriculture,
Zemun.

Member4:

Dr Branislav Stanković, assoc. prof., Faculty of
Agriculture, Zemun.

Sadržaj

| | |
|--|------------|
| 1.UVOD..... | 11 |
| 2.PREGLED LITERATURE..... | 12 |
| 2.1.Definicija i merenje toplotnog stresa kod krava..... | 12 |
| 2.2.Biološki parametri u proceni toplotnog stresa..... | 20 |
| 2.3.Zoohigijenski parametri farme tokom toplotnog stresa..... | 24 |
| 2.4. Ocena dobrobiti životinja na farmi..... | 26 |
| 2.5.Uticaj toplotnog stresa na proizvodne osobine..... | 30 |
| 2.6.Uticaj toplotnog stresa na metaboličku adaptaciju krava..... | 34 |
| 3.CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA..... | 46 |
| 4.MATERIJAL I METODE..... | 48 |
| 4.1.THİ indeks i njegove vrednosti na teritoriji Vojvodine za period 2006-2016..... | 48 |
| 4.2.Povezanost THİ indeksa dobijenog iz podataka Hđrometeorološkog zavoda i izmerenih u objektu tokom letnjih meseci..... | 48 |
| 4.3.Uticaj toplotnog stresa na produktivne i zoohigijenske parametre na farmi..... | 48 |
| 4.4.Ispitivanje povezanosti proizvodnje mleka i metaboličke adaptacije krava u toplotnom stresu..... | 50 |
| 4.5.Povezanost THİ indeksa i metaboličkih parametara sa proizvodnjom mleka kod krava u toplotnom stresu (interakcija faktora)..... | 50 |
| 5.REZULTATI ISTRAŽIVANJA..... | 52 |
| 5.1.THİ indeks i njegove vrednosti na teritoriji Vojvodine za period 2005-2016..... | 52 |
| 5.1a Klimatski uslovi i THİ u ođlednoj 2017.godini..... | 63 |
| 5.2.Povezanost THİ indeksa dobijenog iz podataka Hđrometeorološkog zavoda i izmerenih u objektu tokom letnjih meseci..... | 64 |
| 5.3.Povezanost THİ sa parametrima produktivnosti i zdravlja krava..... | 65 |
| 5.4.Ispitivanje povezanosti proizvodnje mleka i metaboličke adaptacije krava u toplotnom stresu..... | 70 |
| 5.5.Povezanost THİ indeksa i metaboličkih parametara sa proizvodnjom mleka kod krava u toplotnom stresu (interakcija faktora)..... | 72 |
| 6.DISKUSIJA..... | 75 |
| 6.1.THİ indeks i toplotni stres krava..... | 75 |
| 6.2.Zoohigijenski parametri na farmi..... | 81 |
| 6.3.Upotreba termovizijske kamere u oceni toplotnog stresa..... | 84 |
| 6.4.Toplotni stres i dobrobit krava na farmama..... | 88 |
| 6.5.Metabolička adaptacija krava na toplotni stres..... | 91 |
| 7.ZAKLJUČCI..... | 101 |
| 8.LITERATURA..... | 103 |
| 9.BIOGRAFIJA AUTORA..... | 124 |

1.UVOD

Goveda su homeotermne životinje, što znači da je njihova telesna temperatura stalna. Jedan od najvažnijih činilaca komfora i dobrobiti životinja je ambijentalna temperatura. Prosečna telesna temperatura krava izmerena *per recti* iznosi 38,0-39,0°C, ali se smatra da biološki opseg krava može ići od 37,5 do 39,5°C. Održavanje telesne temperature odvija se pomoću centra u hipotalamusu. Termoneutralna zona se nalazi između donje i gornje kritične ambijentalne temperature. Smatra se da donja kritična temperatura kod mlečnih krava, koje proizvode 30 kg mleka dnevno iznosi od -16°C do -37°C. Gornja kritična temperatura iznad koje se može razviti hipertermija iznosi 25-26°C. Stresogenost temperature ambijenta se procenjuje uporednim merenjem temperature vazduha i vlažnosti vazduha (eng. Temperature-Humidity Index, THI). Retrospektivne analize su pokazale da je kritična vrednost THI indeksa iznad, koje se javljaju fiziološke adaptacije, pad produktivnosti i patofiziološke izmene na nivou 72. Glavne posledice toplotnog stresa kod krava su smanjen unos suve materije hrane, povećanje telesne temperature, smanjenu proizvodnju mleka, mastitis i porast broja somatskih ćelija u mleku, tihe ili u potpunosti izostale estruse, smanjenu koncepciju, ubrzana respiracija kod krava u cilju gubitka toplote, nastanak subakutne ruminalne acidoze. Smanjen unos hrane dovoljan je razlog za pad u proizvodnji mleka krava, ali i krave koje su izložene toplotnom stresu proizvode mnogo manje mleka u odnosu na krave, koje su u termoneutralnoj zoni. Predmet istraživanja je utvrđivanje opterećenosti krava na teritoriji AP Vojvodine visokim ambijentalnim temperaturama u periodu 2006-2016; uticaj visokih ambijentalnih temperatura na zoohigijenske parametre na farmi (kvalitet vazduha, parametri dobrobiti, kvalitet hrane) u cilju detekcije ostalih faktora, koji nastaju usled delovanja visokih temperatura a koji doprinose težem savladavanju toplotnog stresa; uticaj visokih ambijentalnih temperatura na metaboličku adaptaciju krava u cilju detektovanja krava, koje su najosetljivije na toplotni stres; uticaj visokih ambijentalnih temperatura na proizvodnju mleka krava.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Definicija i merenje toplotnog stresa kod krava

Toplotni stres se definiše kao stanje u kome je organizam izložen ambijentalnim temperaturama, koje su izvan biološkog optimuma, što dovodi do toga da količina proizvedene toplote u telu bude veća od utrošene. U stanju toplotnog stresa energija se troši na rashlađivanje, odnosno održavanje homeotermije, umesto na održavanje proizvodnih osobina. Toplotni stres dovodi do značajnog pada u produkciji mleka i predmet je brojnih istraživanja. *Black global humidity index* (BGHI) se odnosi na dnevne temperature, relativnu vlažnost vazduha, stepenu radijacije i brzinu strujanja vetra. BGHI se izražava kao ukupna sunčeva radijacija u funkciji direktnih sunčevih zraka i ugla pod kojim padaju na određenu površinu.¹

Pored BGHI za procenu toplotnog stresa koristi se i Temperature Humidity Index. (THI indeks)² Ovaj indeks je prvi put opisan sredinom prošlog veka i predstavlja odnos između ambijentalne temperature i relativne vlažnosti vazduha. Smatra se da vrednosti THI indeksa koje su ≥ 72 doprinose pojavi toplotnog stresa. Vrednost THI indeksa od 72, odgovara temperaturi od 22°C pri vlažnosti od 100%, odnosno 25 °C na 50 % vlažnosti ili, 28 °C na 20 % vlažnosti. Ukoliko vrednost THI indeksa prelazi 78, dolazi do značajnog smanjenja produkcije mleka, a kod vrednosti od 82 može doći i do uginuća.^{3,4}

Na osnovu vrednosti THI indeksa, toplotni stres se može definisati kao:

- Blag, vrednosti THI 72- 78,
- umeren, vrednosti THI 79 – 88,
- jak, vrednosti THI 89 – 98,
- veoma jak, vrednosti THI iznad 98.⁵

Kao parametri za izračunavanje THI indeksa uzimaju se temperatura vazduha izmerena termometrom i relativna ili apsolutna vlažnost izmerena higrometrom. Umesto relativne vlažnosti vazduha kao parametar za procenu može se uzeti temperatura kondenzacije (vazduh koji je prezasićen vodenom parom). Formula za izračunavanje THI indeksa je: $THI = Tdb - [0.55 - (0.55 \times RH/100)] \times (Tdb - 58)$, gde je Tdb temperatura u Farenhajtima, a RH je relativna vlažnost. Odnos između temperature i relativne vlažnosti vazduha može se očitati iz tabele 1.⁶ THI index se može izračunati i prema formuli: $THI = tdb + 0,36 tdp + 41,2$, gde je tdb - maksimalno izmerena temperatura vazduha u 14 časova, a tdp - tzv. temperatura rose. Temperatura rose podrazumeva temperaturu na kojoj se formiraju kapljice rose, odnosno prelazak vodene pare u tečno stanje pri određenoj temperaturi i stalnom spoljašnjem pritisku.⁷

Tabela 1: Vrednosti THI indeksa u odnosu na temperaturu i relativnu vlažnost vazduha

| | | Relativna vlažnost vazduha % | | | | | | | | | |
|----------------|----|------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|------------------|
| | | C | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Temperatura °C | 22 | 66 | 66 | 67 | 68 | 69 | 69 | 70 | 71 | 72 | Umeren stres |
| | 24 | 68 | 69 | 70 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | |
| | 26 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 77 | 78 | 79 | |
| | 28 | 72 | 73 | 74 | 76 | 77 | 78 | 80 | 81 | 82 | Jak stres |
| | 30 | 74 | 75 | 77 | 78 | 80 | 81 | 83 | 84 | 86 | |
| | 32 | 76 | 77 | 79 | 81 | 83 | 84 | 86 | 88 | 90 | |
| | 34 | 78 | 80 | 82 | 84 | 85 | 87 | 89 | 91 | 93 | |
| | 36 | 80 | 82 | 84 | 86 | 88 | 90 | 93 | 95 | 97 | Smrtonosan stres |
| | 38 | 82 | 84 | 86 | 89 | 91 | 93 | 96 | 98 | 100 | |
| | 40 | 84 | 86 | 89 | 91 | 94 | 96 | 99 | 101 | 104 | |

Najveće vrednosti THI indeksa zabeležene su tokom letnjih meseci (jun, jul i avgust). U istraživanju (Bohmanova i sar., 2007)⁸ je prikazano, koja vrednost THI indeksa dovodi do gubitka u proizvodnji mleka u dve oblasti u Americi (Arizona i Georgija) Na području Arizone najtopliji period godine je bio tokom jula i avgusta, dok je na drugoj lokaciji (Georgija) najtopliji period godine bio od juna do septembra. Najveći pad u proizvodnji mleka zabeležen je pri vrednosti THI indeksa od 76 do 81.

U ogledu Bouraoui i sar. (2012)⁹ srednje vrednosti temperature tokom proleća su iznosile 21,6 stepeni, a tokom leta 29,8. Srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha tokom proleća su iznosile 55,7 %, a tokom leta 45,9%. Srednje vrednosti THI indeksa tokom proleća su iznosile 68, dok su tokom leta iznosile 78. Broj dana, gde je vrednost THI >72 tokom proleća iznosio je 2, dok se tokom leta taj broj popeo na 24. Studija Herbut i sar. (2010)¹⁰ je imala za cilj da determiniše vrednosti THI indeksa kod krava sa različitom produkcijom mleka, tokom jula, avgusta i septembra. Vrednosti THI indeksa tokom ispitivanog perioda su se kretale u intervalu od 76-82, a najveća vrednost je zabeležena u avgustu i iznosila je 80.

Goveda su homeotermne životinje, što znači da njihov organizam teži da održi stalnu telesnu temperaturu. Jedan od najvažnijih činilaca komfora i dobrobiti životinja je stalna ambijentalna temperatura. Prosečna telesna temperatura krava izmerena *per recti* iznosi 38,0-39,0°C, ali se smatra da biološki opseg telesne temperature kod krava može biti u rasponu od 37,5 do 39,5°C. Održavanje telesne temperature odvija se pomoću centra u hipotalamusu. Preoptička regija hipotalamusa sadrži veliki broj neurona osetljivih na toplotu, dok se u drugim delovima hipotalamusa, nalaze neuroni osetljivi na hladnoću, čiji je broj mali u poređenju sa brojem koji se nalazi na periferiji tela. CNS ima razvijeniji sistem za osećaj toplote, a periferija tela ima razvijeniji osećaj za hladnoću (receptori kože). U zadnji hipotalamusa (*corporu mammilariu*) dolaze signali iz preoptičke regije, kao i signali sa periferije tela, pa oni zajedno podstiču reakcije za stvaranje toplote ili za njeno odavanje. Ovaj sistem se zove hipotalamusni termostat.¹¹ Termoneutralna zona se nalazi između donje i gornje kritične ambijentalne temperature. Smatra se da donja kritična temperatura kod mlečnih krava, koje proizvode 30 kg mleka dnevno iznosi od -16°C do -37°C. Gornja kritična temperatura iznad koje se može razviti hipertermija iznosi 25-26°C.¹² Različite vrednosti mogu se objasniti različitim potrebama, koje su u vezi sa stanjem u kojem se životinja nalazi (graviditet ili stadijum laktacije).

Osnovni fizički principi odavanja toplote odvijaju se putem kondukcije, konvekcije, radijacije i evaporacije.

Kondukcija se može definisati kao razmena toplote između dva medijuma direktnim kontaktom. Efikasnost kondukcije zavisi od razlike u temperaturi između dva medijuma. Schmidt-Nielsen (1964)¹³ su utvrdili proporcionalnu vezu između zapreminske gustine materijala i njihove provodljivosti, pri čemu gušći materijal ima veću provodljivost i time je manje otporan na količinu toplote koja ga opterećuje. U vezu sa ovom pojavom se može dovesti i stepen telesne kondicije krava, pri čemu su krave sa boljom telesnom kondicijom osetljivije na toplotni stres. Krave sa boljom telesnom kondicijom imaju veću površinu tela i manji broj znojnih žlezda. Dobra telesna kondicija dovodi i do nakupljanja masnog tkiva oko unutrašnjih organa između ostalog i oko pluća, čime se dodatno opterećuje njihov rad, i smanjuje efekat respiracije i mogućnost odavanja viška toplote. Kod gojaznih krava porast telesne temperature je veći u odnosu na porast kod krava slabije telesne kondicije.¹⁴

Kod mlečnih krava, konduktivno odavanje toplote zavisi i od osobina materijala sa kojim površina tela krava dolazi u kontakt. U praksi se, pre svega, misli na material, koji služi za prostirku na kome krave leže. Krave koje su u stojećem položaju inimalno odaju toplotu kondukcijom. Duboka prostirka, koja se može primetiti na pojedinim farmama, može otežati kondukciju, jer i duboka prostirka proizvodi toplotu, ali je i lako apsorbuje i sporo se hladi. Ležanje krave na dubokoj prostirci u periodu od 60 minuta tokom leta dovodi do porasta temperature prostirke ispod krave na nivou od 35°C. Sa druge strane, krava koja leži na golom betonu gubi oko 570 kcal/čas, a krava koja leži na takvom istom podu ali sa prostirkom od slame gubi svega 120 kcal/čas. Ova energija se uzima od produktivne energije za proizvodnju mleka i reprodukciju, pa ovu pojavu treba imati u vidu.

Konvekcija predstavlja prenošenje toplote molekulima sa toplog na hladniji objekat. Kod prirodne konvekcije zagrevaju se molekuli vazduha, koji su blizu toplotnog tela. Postoji i forsirana konvekcija vetrom, ili ventilatorima, kada vazduh koji struji rashlađuje toplotnu površinu. Izmjena toplote putem respiratornog trakta predstavlja oblik konvektivnog transfera toplote.¹⁵ U normalnim okolnostima krave uglavnom dišu zatvorenih usta, međutim u stanju toplotnog stresa respiracija se odvija otvorenih usta. Topao vazduh iz spoljašnje sredine dolazi do krvnih sudova (gde dolazi do razmene toplote između vazduha i krvi) preko sluznice gornjih

partija respiratornog trakta. Odatle se krv usmerava ka venskom sinusu baze lobanje, odakle se krv drenira u područje oko ušiju i rogova. Ovo područje je okruženo sa tzv. *rete mirabile* (splet malih arterija koje dovode krv u bazu mozga). Uloga ovog područja ogleda se u izmeni toplote, odnosno preko te mreže rashlađena krv, koja potiče iz sluznice gornjih partija respiratornog trakta, ušiju i rogova dospeva do mozga.¹⁶

Radijacija predstavlja protok toplote zračenjem, koji zavisi od temperature i prirode radijacionih površina. Stepenn radijacije zavisi od temperature tela, ali takođe zavisi i od stukture, boje kože i dlačnog pokrivača, životinje sa tamnijim dlačnim pokrivačem brže dehidriraju i brže im raste telesna temperatura. Krave sa crnim pokrivačem imaju nivo apsorpcije 1, dok crno-bele krave imaju taj indeks na nivou 0,37 a krave sa crvenim dlačnim pokrivačem na nivou 0,65. Transfer toplote radijacijom vrši se putem energije elektromagnetnih talasa, prolaska ovih talasa bez materijalnog medijuma i njihove transformacije u toplotnu energiju u apsorberu. U jednom ogledu gde je korišćena veštačka radijacija krave nisu reagovalje na radijaciju kada je ambijentalna temperatura bila oko 7°C. Sa druge strane produkcija toplote kod mlečnih krava, koje su izložene maksimalnoj radijaciji je gotovo za četvrtinu manja ako je ambijentalna temperatura preko 21°C.¹⁷

Efikasnost radijacije takođe, zavisi i od rase goveda, a Cena i Monteith (1975)¹⁸ su zaključili da su najosetljivije krave Holštajn-friziske rase. U ogleđima Stewart i Brody (1954)²¹ primećeno je da krave nisu reagovalje na vrednosti ambijentalne temperature od 7,2°C. Međutim, na temperature od 21,1-26,7°C goveda rase Džerzej su imala za 12-14% manji stepen radijacije od maksimalnog, dok su goveda Holštajn rase imala za 26% manji stepen radijacije. Bitno je napomenuti da je brzina strujanja vazduha u objektu važan parameter, koji utiče na efikasnost rashlađivanja. Sa povećanjem brzine strujanja vazduha, smanjuje se temeperatura i relativna vlažnost u objektu, čime je efekat rashlađivanja veći.¹⁹

Evaporacija predstavlja efikasan način gubitka energije. Pri temperaturi od 25°C sa svakim gramom isparene vode se gubi oko 0,6 kalorija toplote. Kod goveda, evaporacija kao metod gubitka toplote postaje dominantan, kada je ambijetalna temperatura 16-18°C, a njen značaj pri višim temperaturama je nezaobilazan. Evaporacija se može odigravati preko kože ili preko respiratornih organa. Zbog svega navedenog, termoneutralna zona komfora, se definiše kao opseg

temperatura sredine u okviru kojeg je stopa metabolizma na minimumu, a regulacija telesne temperature se ostvaruje samo neevaporativnim fizičkim procesima.

Temperatura u organizmu se pored apsorpcije ambijentalne temperature proizvodi i prilikom metaboličke aktivnosti, mišićne aktivnosti, zatim putem hrane (kalorigenim efektom hrane), aktivnošću hormona, kao i prilikom proizvodnje mleka. Uporedo sa produkcijom toplote, određena količina se troši za održavanje termoregulacije. Najveći problem toplotnog stresa leži u činjenici da je količina proizvedene toplote veća od utrošene.²⁰

Znojenje kod mlečnih krava se javlja u dve forme, kao neosetno znojenje (rerspiracija, koja se konstantno dešava) i kao vidno znojenje, kada ambijetalna temperatura značajno poraste. Temperatura potrebna da se voda protvori u vodenu paru naziva se latentna temperatura vaporizacije, a u ovom postupku se troši energija. Vazodilatacija povećava priliv krvi na periferiju tela, u potkožno tkivo i znojne žlezde, kada se znojenje značajno povećava. Kod mlečnih krava maksimum isparavanja sa površine kože u količini od 150g/m²/h javlja se ako je ambijentalna temperatura 40°C, dok isparavanje preko respiratornog trakta iznosi oko 30% u odnosu na kožu. Merenje obima znojenja je praktično teško izvodljivo, pa se za određivanje stresogenosti određuje telesna temperatura na sledeće načine: rektalno merenje, merenjem timpanične temperature, merenjem temperature krvi u karotidi, infracrvenom termografijom ili potkožnom implantacijom telemetara povezanih sa softverom.²¹

Kada je u pitanju genetička pripadnost, goveda *Bos indicus* tipa su mnogo više osetljiva na toplotni stres od goveda tipa *Bos taurus*. Razlika leži u činjenici da goveda tipa *Bos Indicus* imaju veću stopu bazalnog metabolizma.²² Drugi razlog može biti razlika u gustini tzv. arterio-venskih anastomoza, koja je veća kod *Bos indicus* tipa. Ove strukture imaju manji otpor protoku od kapilarne mreže, i time olakšavaju protok krvi do kože tokom toplotnog stresa.²³ Goveda tipa *Bos Taurus* imaju veću gustinu znojnih žlezda, koje su većih dimenzija i smeštene su bliže površini kože, dok je stepen evaporacije veći kod ovog tipa goveda, a takođe i znojenje raste u skladu sa porastom telesne i ambijentalne temperature, te su iz tih razloga manje osetljiva na toplotni stres. Stepem evaporacije je veći kod ove vrste goveda i znojenje se povećava sa porastom telesne temperature.²⁴ Čeliska adaptacija na visoke temperature je bolja kod goveda tipa *bos indicus*. Razlika se može objasniti genetičkom adaptacijom na čelisku rezustenciju u stanju endotermije.²⁵

Krave Holštajn-Frizijske rase su osjetljivije na toplotni stres od goveda rase Džerzej ili Simentalske rase. Kod goveda Holštajn-Frizijske rase gubici u proizvodnji mleka su prisutni na temperaturi iznad 21°C, dok su kod ostalih rasa gubici prisutni na temperaturi iznad 24°C. Boja dlake takođe utiče na osjetljivost na toplotni stres. Životinje koje imaju tamniju boju dlake brže dehidriraju i njihova telesna temperatura raste brže. Telesna kondicija se takođe smatra bitnim faktorom. Životinje koje imaju manju telesnu masu se bolje prilagođavaju visokim temperaturama. Ovo se može objasniti da se živa bića rađaju sa fiksnim brojem znojnih žlezda, pa veća količina masnog tkiva smanjuje njihov broj po jedinici površine kože, i time postaju osjetljivija kategorija.²⁶ Način ishrane takođe može uticati na osjetljivost na toplotni stres. Naime, ukoliko se životinja hrani nekvalitetnim hranivima, prilikom sagorevanja hranljivih materija oslobađa se veća količina toplote, u odnosu na toplotu koja se oslobađa kod visokokvalitetnih svarljivih hraniva.

Infracrveno zračenje predstavlja elektromagnetne talase, čija je dužina veća od talasne dužine vidljivog dela spektra. Korišćenjem aparature koja detektuju emisiju infracrvenih talasa moguće je dijagnostikovati različita patološka stanja.²⁷ Podaci dobijeni termografskim skeniranjem se obrađuju i prikazuju u vidu temperaturnih mapa. Infracrvena kamera može detektovati emisiju zračenja i u objektu i prikazati je u formi slike. Temperatura u objektu zavisi od emisije toplote od strane medijuma prisutnih u objektu. Kada se procenjuje stepen radijacije u objektu neophodno je uzeti u obzir osobine medijuma, koji odaje toplotu kao i rastojanje između objekta i kamere.

Temperatura tela predstavlja značajan pokazatelj zdravstvenog statusa krava. U praksi se koriste različite metode merenja temperature. Merenje toplote, koje telo emituje postaje sve popularnije, a termovizijska kamera je našla svoju široku primenu.

Termovizijska kamera predstavlja modernu i neinvazivnu procenu termalnog statusa. Princip rada infracrvene kamere zasniva se na tome da se meri emisija zračenja u objektu ili na određenom delu tela životinje, i da se izmerena temperatura beleži u vidu slike.²⁸

Postoje brojna istraživanja u pogledu dijagnostike oboljenja koristeći termovizisku kameru. Hurnik i sar. (1984)²⁹ je proučavao sposobnost detekcije poremećaja zdravstvenog stanja goveda koristeći termovizisku kameru. Cockroft i sar. (2000)³⁰ su opisali upotrebu termoviziske kamere kao pomoćne dijagnostičke metode kod septičkog artritisa metatarzofalangealnog zgloba.

Kamera je bila u mogućnosti da locira mesto zapaljenja, s obzirom da je kod zapaljenskog procesa povećana lokalna temperatura. Schaefer i sar. (2003)³¹ su koristili infracrvenu kameru za dijagnostiku virusne dijareje goveda. Pronašli su da je temperiranost infraorbitalne regije veća u poređenju sa ostalim anatomskim regijama. Primećeno je takođe da je temperiranost infraorbitalne regije bila prisutna pre ispoljavanja ostalih kliničkih simptoma. Hurnik i sar. (1985)³² su ispitivali vezu između različite temperature tela kod krava u estrusu i mogućnosti detekcije početka estrusa pomoću termovizijske kamere. Rezultati su pokazali da termovizijska kamera nije precizna prilikom ranog otkrivanja estrusa. Kozumplik i sar. (1989)³³ su koristili infracrvenu kameru u dijagnostici inflamatornih procesa na polnim organima bikova. Cilj je bio da se dobije ukupni termogram gonada bikova. Rezultati su pokazali da su najtoplije zone lokalizovane na glavi epididimisa, kao i na delu testis, koji se spaja sa repom epididimisa. Preporuka je da se termovizijska kamera koristi kao pomoćna metoda ranog otkrivanja inflamatornih procesa na polnim organima. Gerken i sar. (1998)³⁴ je ispitivao efikasnost upotrebe termovizijske kamere kod procene stepena zagrejanosti tela goveda na paši, te se kamera pokazala kao veoma korisna. Termovizijska kamera se može koristiti i za procenu stepena zagrejanosti tela kod životinja namenjenih za klanje prilikom transporta. Primećeno je da je termalni stres izraženiji na dužim putnim relacijama, što se negativno odražava na kvalitet mesa (pojava tzv TFT mesa).³⁵

Upotrebom termovizijske kamere moguće je utvrditi prisustvo toplotnog stresa, povećanjem temperature određenih regija tela. U istraživanju Poikalainen i sar. (2012)³⁶ je nađeno da je najveća temperatura izmerena u regiji očiju i vimena, dok je temperatura distalnih delova nogu bila nešto niža. Kožne lezije se takođe mogu dijagnostikovati korišćenjem termovizijske kamere. Temperatura zdrave kože je 27.4–28.2 °C, dok kod kože sa lezijama ona iznosi 32.8 °C.

Upotreba termovizijske kamere može biti korisna prilikom sumnje na dijagnozu različitih bolesti infektivne etiologije. Kod tuberkulizacije npr. upotrebom termovizijske kamere moguće je izvršiti skrining životinja, koje su pozitivno odgovorile na aplikaciju tuberkulina, zato što se 72 sata nakon aplikacije razvija lokalni inflamatorni odgovor, te je mesto aplikacije temperirano, što je moguće registrovati infracrvenom kamerom. Kod mastitisa dolazi do lokalnog povećanja temperature vimena, a interval povećanja od 0,22 – 0,46 stepeni se smatra signifikantnim. Kod

bolesti plavog jezika, primećeno je da je temperatura oka bila u korelaciji sa visinom rektalne temperature, ali ovaj podatak treba uzeti sa rezervom, s obzirom da su u pitanju kontrolisani laboratorijski uslovi (veštački izazvana infekcija). Povišena temperatura oka, takođe je signifikantna i prvi je znak prisustva bolesti respiratornog kompleksa goveda (*Bovine respiratory disease complex*). Kod krava eksperimentalno inficiranih sa BVDV, infracrvena kamera je u mogućnosti da detektuje zaražene životinje i može se koristiti kao skrining metod rane detekcije, jedan dan nakon inokulacije virusa, a povišena temperatura orbitalne regije predstavlja signifikantan znak. S obzirom da je hipertermija jedan od reakcija organizma na stres, termovizijska kamera se može koristiti i u te svrhe, a pošto stres izaziva simpastikusnu, sistemsku vazokonstrikciju, koja preusmerava krv izvan lakrimalnog područja, povećanje temperature ove regije smatra nesignifikantnim znakom da je životinja izložena stresogenom faktoru.³⁷

2.2. Biološki parametri u proceni toplotnog stresa

Toplotni stres se može identifikovati direktnim merenjem THI indeksa u objektima za smeštaj životinja, ili se može odrediti indirektno, preko izmenjenih parametara, koji su karakteristični za životinju, koja je izložena visokim ambijentalnim uslovima. Jedan od tih parametara je unos hrane preko skora punjenosti jaslala.

U ovom sistemu posmatra se i ocenjuje hrana, koju krave ne pojedu u toku dana, odnosno onaj deo hrane, koji ostane u jaslama. Taj ostatak može da se odnosi na količinu sastav obroka, zdravstveno stanje životinja i uslove proizvodnje.

Ocena se odnosi na ostatak hrane, odnosno na onaj deo koji nije pojeden između dva obroka. Analizira se onaj deo što ostane, i to poslednjeg sata, pred naredno hranjenje. Ocenjivanje može da se sprovodi individualno ili za grupu krava, gde je ujednačena proizvodnja mleka. Kod slobodnog držanja životinja, analiziraju se sva mesta gde se drži hrana, dok se kod vezanog sistema držanja analizira zaostala hrana ispod svake životinje, kao i hrana rasuta sa strane. Za ovakav vid ocenjivanja koristi se skala od 0-5. Ocene se daju prema količini hrane zaostale u jaslama, dok se ostatak izražava u procentima, u odnosu na ukupnu količinu hrane u obroku.

- Ocena 0- Nema ostataka hrane
- Ocena 1- malo razbacane hrane, odnosno ostatak je 5% od ukupne količine obroka

Ocena 0 i 1 ukazuju da kvantitativno nema dovoljno hrane. Krave imaju osobinu da pojedju sastojke, koji su najsvarljiviji, a da tzv. lošu hranu ostave. Ukoliko se desi da prilikom procene sva hrana bude pojedena, znači da je nema u dovoljnoj količini, i da se mora povećati dok se ne dostigne ocena 2.

- Ocena 2-ostatak je 5-10% obroka.
- Ocena 3-ostatak je 25% obroka (dubina manja od 7,5 cm)

Ova ocena može da ukaže ili na preveliku količinu hrane, ili na eventualne zdravstvene poremećaje, pa je potrebno kvalitativno analizirati ostatke hrane. Ukoliko su rezultati kvalitativne analize zadovoljavajući, radi se o prekomernoj količini, pa je potrebno količinu hrane smanjiti dok se ne dostigne ocena 2.

- Ocena 4-ostalo je više od 50% obroka (dubina veća od 7,5 cm)
- Ocena 5-hrana je netaknuta
- Ocene 4 i 5 ukazuju na neki vid poremećaja (zdravstveni, problemi vezani za sastav hrane ili ambijentalni). Potrebno je analizirati svaki od faktora, koji bi mogao da dovede do problema sa konzumiranjem i otkloniti ih ³⁸.

Prema istraživanjima Cincović (2016)³⁹ prilikom vrednosti THI indeksa <72, skor punjenosti jaslala bio je 2.20, dok je pri THI indeksu >72, skor bio 3,15. Odnos THI indeksa i skora punjenosti jaslala su u pozitivnoj korelaciji, odnosno, toplotni stres dovodi do smanjenog unosa hrane. Ispitivanja su pokazala da kod krava u toplotnom stresu opada iskorišćavanje suve materije hrane. Ova činjenica nastaje usled tzv. kalorigenog efekta hrane. Prilikom procesa varenja oslobađa se izvesna količina energije, pa dolazi do dodatnog zagrevanja organizma. Organizam se kompenzatorno brani smanjenjem apetita i slabijim iskorišćavanjem hranljivih materija.⁴⁰

Povećanje ambijentalne temperature povlači za sobom i bihevioralne promene goveda, u smislu da životinje traže povoljan mikroklimat, koji ima niže temperature i maksimalni kapacitet hlađenja. Sa povećanjem ambijentalne temperature i vlažnosti vazduha u objektu, povećava se dužina stajanja krava, što se može negativno odraziti na stanje lokomotornog sistema. Problemi

na nivou lokomotornog sistema nastaju ukoliko je period u kom životinja stoji tokom dana duži od 45%. Smanjen period odmaranja se može odraziti i na produkciju mleka. Naime, svaki sat produženog odmora dovodi do povećanja produkcije mleka za 1,6 kg.⁴¹

Rektalna temperatura je još jedan od pokazatelja toplotnog stresa kod goveda. Povećanje telesne temperature za 1°C može uticati na smanjenu produkciju mleka, a letalni ishod nastaje ukoliko telesna temperatura dostigne granice od 41,5-42,5°C. Održavanje telesne temperature je pod kontrolom termoregulacionog centra i ne zavisi od spoljašnjih uticaja. Međutim, ukoliko se drastično poveća ambijentalna temperatura i relativna vlažnost vazduha, dolazi do niza promena na nivou organizma, što dovodi do povećanja telesne temperature. Krave su životinje, koje su u poređenju sa manjim životinjskim vrstama osetljivije na dejstvo toplote. Ova pojava se može objasniti činjenicom da se živa bića rađaju sa određenim brojem znojnih žlezda, pa veća površina tela dovodi do pada njihovog broja. Prilikom toplotnog stresa, najveći deo toplote se odaje kondukcijom preko pluća. Coppock i sar. (1973) i Johnston i sar. (1959)^{42,43} su primetili da se broj respiracija povećava na 100, kada je temperatura vazduha 32°C. Berman i sar. (1985)⁴⁴ su primetili da je broj respiracija iznad 50-60/minuti, kada je temperatura vazduha viša od 25°C. Do sličnih rezultata su došli Rejebi sar. (2016).⁴⁵ Naime, oni su ispitivali uticaj spoljašnjih faktora na visinu rektalne temperature. Krave su posmatrali u dva vremenska intervala (februar-mart i jul-avgust). Merena je ambijentalna temperatura, relativna vlažnost vazduha i rektalna temperatura ispitivanih životinja, kao i broj respiracija. Rezultati su pokazali da se kod THI indeksa od 65,62 u periodu februar-mart, telesna temperatura iznosila 38,15°C, broj respiracija je iznosio 43,75, dok su parametri izmereni u julu i avgustu pri THI indeksu od 83,27 iznosili: rektalna temperatura 39,2 broj respiracija/minuti 79,4.

Slično su prikazali i Renaudeau i sar. (2012)⁴⁶ gde je pri vrednostima THI 68-71 broj respiracija bio veći od 60, rektalna temperatura je bila viša od 38,5°C. Pri vrednostima THI 72-79, broj respiracija je bio veći od 75, rektalna temperatura je bila viša od 39°C, dok je pri vrednostima THI 80-89, broj respiracija je bio veći od 85, a rektalna temperatura je bila viša od 40,2°C. Pri vrednostima THI od 90 – 99, broj respiracija je bio između 120-140, a rektalna temperatura je bila viša od 41°C.

Tahipnea nastaje usled opterećenosti organizma toplotom, pa se najveći deo toplote oslobađa kondukcijom preko pluća. Na ovaj način se preko pluća izbacuje vazduh, koji je zasićen

vodenom parom i na taj način se organizam oslobađa viška toplote. Ako je vazduh, koji se udiše zasićen vodenom parom usled visoke vlažnosti u objektu, dodatno se opterećuju respiratorni mišići, te se povećava broj respiracija ali se zato smanjuje respiratorni volumen, što može dovesti do pojave respiratorne alkaloze. Povećanom respiracijom se dodatno troši unutrašnja energija, pa i ako se životinja odbrani od toplotnog stresa, svakako će u tom periodu da trpe proizvodni rezultati. Stoga je prisustvo ubrzanog i plitkog disanja jedan od pokazatelja toplotnog stresa.⁴⁷

Kod toplotnog stresa opterećen je i kardiovaskularni sistem, na čijem nivou dolazi do ubrzanog srčanog rada, sa povećanjem minutnog volumena srca. Ubrzanim srčanim radom krv se šalje na periferiju tela, pri čemu se višak toplote odaje preko kože.

Posledice toplotnog stresa se ogledaju u:

- Smanjenom unosu SM hrane
- Povećanjem telesne temperature
- Smanjenom proizvodnjom mleka i pojavom mastitisa
- Povećanjem broja somatskih ćelija
- Povećanjem broja respiracija
- Pojava subakutne ruminalne acidoze

Toplotni stres se može dovesti i u vezu sa oboljenjima koja nisu direktna posledica dejstva infektivnih uzročnika na organizam. Jedna od posledica je i povećana učestalost mastitisa. Mastitis nastaje usled prisustva visokog nivoa cirkulišućih hormona vezanih za stres, čime se smanjuje sposobnost imunog sistema da uništi patogene mikroorganizme. Broj somatskih ćelija kao deo imunog odgovora u vimenu raste, ali se njihova funkcionalnost smanjuje usled depresivnog delovanja hormona, čime vime postaje podložnije dejstvu bakterija.⁴⁸

Subakutna ruminalna acidoza (SARA) nastaje usled negativnog energetskeg bilansa, koji je prisutan tokom toplotnog stresa. Kao posledica smanjenog unošenja hrane i smanjene konverzije hranljivih materija, dolazi do promena na nivou sluzokože i krvnih sudova buraga u smeru povećane propustljivosti za histamin i endotoksine, koji se smatraju medijatorima inflamacije. Za razvoj promena potrebno je duže vremena, pa su najosetljivije krave u kasnoj laktaciji. U vezi sa SARA može se dovesti i pojava aseptičnog pododermatitisa. Naime, kisela sredina buraga sa oštećenjem sluzokože doprinosi bržem raspadanju bakterija i resorpciji

endotoksina. Istovremeno se oslobađa veća količina histamina, što za posledicu ima ishemiju i inflamaciju akropodijuma.⁴⁹

2.3. Zoohigijenski parametri farme tokom toplotnog stresa

Mikroklimat kao deo okruženja u kome životinja boravi, predstavlja veoma bitan faktor od koga zavise zdravstveno stanje i produktivne osobine. Kvalitet vazduha u objektima utiče i na zdravstveno stanje osoblja, koje je zaposleno na farmama, pa svako eventualno širenje bioareosola predstavlja veliku opasnost po kontaminaciju životne sredine. Stepent kontaminacije zavisi od vrste mikroorganizama, njihovog broja, stepena patogenosti, kao i od atmosferskih karakteristika medijuma u kome se nalaze.

Jedan od ciljeva savremene stočarske proizvodnje predstavlja održavanje adekvatnih mikroklimatskih uslova (temperature, vlažnosti vazduha, brzine strujanja vazduha, minimum kontaminacije vazduha mikroorganizmima, i štetnim gasovima). Optimalan mikroklimat doprinosi poboljšanju dobrobiti životinja, što se odražava na bolje zdravstveno-produktivne osobine. Sastav vazduha u pogledu prisustva određenih vrsta mikroorganizama bitan je i sa aspekta kvaliteta proizvoda životinjskog porekla (mleka), jer sveže mleko može biti kontaminirano određenim patogenim bakterijama, koje su prisutne u objektu, i na taj način može ugroziti zdravlje ljudi.

Međusobna povezanost temperature i vlažnosti vazduha važna je sa aspekta dobrobiti i produktivnosti životinja. Ukoliko je niska ambijentalna temperatura, životinja povećava proizvodnju toplote (na račun zagrevanja), uz istovremenu povećanu potrošnju hrane da bi nadoknadila energetske gubitke nastale usled održavanja termoregulacije. Kada se životinja pregreje, visoka vlažnost u objektu može dovesti do infekcija respiratornog trakta i vimena. Sa druge strane, visoka temperatura i niska relativna vlažnost mogu dovesti do dehidracije sluznica, čime se povećava osetljivost na virusne i bakterijske bolesti.

Studija koju su uradili Matković i sar. (2007)⁵⁰ je imala za cilj da ispita mikrobiološki sastav vazduha u objektima za smeštaj muznih krava. Životinje su držane prema standardnim

normativima preporučenim za smeštaj muznih krava. Uzorkovanje je vršeno tri puta u toku dana: ujutro u 7:30h, u podne u 12:00h i uveče u 18:30h tokom jedne nedelje. Materijal za bakteriološku dijagnostiku zasejan je na Columbia agar, na 37°C tokom 24h. Materijal za dijagnostiku gljivica inokulisan je na Sabouro agar 5 dana na 22°C.

Rezultati su pokazali da su u najvećem procentu prisutne gram pozitivne bakterije iz roda *Staphylococcus* i *Streptococcus* (79%), dok su od gram negativnih bakterija dominantne bakterije iz roda *Proteus* i ostale enterobakterije roda *Alcaligenes*, *Moraxella* i *Pseudomonas*. Zastupljenost gram negativnih bakterija bila je znatno niža (0,2%), što se može objasniti rezistencijom bakterija na uslove okruženja, tačnije, njihova ćelijska struktura (fosfolipidna membrana) gubi termodinamičku stabilnost prilikom kontakta sa okruženjem u kome borave. Ispitivanje koje su radili Hoeksma i sar. (2016)⁵¹ je imalo za cilj da utvrdi prisustvo određenih vrsta bakterija prisutnih u vazduhu, pri različitim temperaturama i relativnoj vlažnosti vazduha. Rezultati su pokazali da visoka vlažnost vazduha inaktivise vrste *E. coli*, posebno pri vlažnosti vazduha od 80%, dok je vrsta *M. synoviae* se inaktivisu na višim temperaturama i na vlažnosti vazduha od 40%.

Popescu i Borda (2011)⁵² su zaključili da je u vazduhu u objektima za smeštaj životinja dominantna vrsta *Staphylococcus spp.* (60% u jutarnjim i večernjim časovima), na drugom mestu su vrsta *Streptococcus spp.* (25% u večernjim i 20 % u jutarnjim časovima), dok su najmanje prisutne gram negativne bakterije (5% u jutarnjim i večernjim časovima). U odnosu na prisustvo gljivica, istraživači su zaključili da se sa povećanjem vlažnosti vazduha, poveća broj gljivica prisutnih u vazduhu.

Na osnovu predstavljenih rezultata može se zaključiti da je opstanak mikroorganizama u vazduhu ograničen kod toplotnog stresa, usled visokih temperature koje inaktivisu mikroorganizme.

2.4. Ocena dobrobiti životinja na farmi

Dobrobit životinja se može definisati kao stepen prilagođavanja na uslove spoljašnje sredine. Okruženje treba da bude koncipirano na taj način da životinji u potpunosti omogući dobar kvalitet života, u smislu: nesmetane i kvalitetne ishrane, dovoljne količine higijenski ispravne vode za piće, adekvatan smeštaj u skladu sa potrebama, fizički, mentalni i zdravstveni komfor, nesmetano ispoljavanje osnovnih oblika ponašanja, kontakta sa drugim životinjama iste vrste, kao i odsustvo emocionalnog i fizičkog stresa. Dobrobit se može definisati kao:

- fiziološka odnosno funkcionalna dobrobit,
- bihevioralna dobrobit (ispunjenost fizioloških oblika ponašanja) i
- emocionalna dobrobit.

Obezbeđivanjem dobrobiti na farmama se u velikoj meri može uticati na zdravstvene i produktivne sposobnosti životinja, a konkretno se u govedarstvu može uticati na proizvodnju mleka i redovno uspostavljanje estrusnih ciklusa. Sa druge strane se obezbeđivanjem izbalansirane ishrane u velikoj meri može prevenirati peripartalni stress, koji je vrlo čest kod visoko mlečnih krava, te je stoga neophodno obratiti pažnju na biološke i zdravstvene osobine samih životinja, da bi se unapredila celokupna proizvodnja.⁵³

Prva istraživanja dobrobiti životinja, bila su bazirana na osnovu vrste, rase, pola, godina i proizvodne kategorije, dok su novija istraživanja obuhvatila ocenu dobrobiti koristeći tzv. Welfare Quality® scoring system. Ovaj sistem omogućava procenu dobrobiti na osnovu četiri principa: princip dobrog smeštaja, princip dobre ishrane, princip dobrog zdravlja i princip dobrog ponašanja⁵⁴ U prvom koraku moguće je dobiti 30-50 merenja, koja se vrednuju skalama od 0 (loše)-100 (najbolje) da bi se uskladilo stanje na farmi sa 12 kriterijuma dobrobiti. U drugom koraku, se kombinuju merenja sa osnovnim kriterijumima, npr odsustvo gladi i žeđi se povezuje sa principom dobre ishrane životinja na farmi. U trećem koraku se postavlja veza između 12 kriterijuma i četiri osnovna principa, da bi se u poslednjem koraku dobila konačna procena da li se na određenoj farmi poštuje dobrobit životinja, pri čemu u zavisnosti od dobijenih rezultata farma dobija dozvolu za rad.⁵⁵

Ocena poštovanja dobrobiti na farmama u velikoj meri doprinosi dobrom zdravstvenom stanju životinja i dobrim proizvodnim rezultatima. Istarživanje koje su radili Belić i sar. (2015)⁵⁶ je pokazalo da je na farmama gde se poštuje dobrobit životinja, značajno smanjen efekat stresa, koji se ogleda u boljim proizvodnim rezultatima.

Istraživanje je obuhvatilo krave, koje se nalaze u ranoj laktaciji, a dobrobit na farmama je ocenjena koristeći Welfare Quality® scoring system. Farme su klasifikovane na one gde vrednost skora bila ispod 50 i one gde je ova vrednost bila iznad 50. Kravama su mereni metabolički pokazatelji stresa (NEFA, glukoza, Ca). Životinje su klasifikovane na one sa lošim metaboličkim statusom, kod kojeg su se posmatrane vrednosti kretale: glukoza <2 mmol/L, NEFA >0,6 mmol/l, ukupni bilirubin >9 mmol/l i Ca <2 mmol/l. Rezultati su pokazali da na farmama gde je Welfare skor nizak krave imaju 1,9-2,8 puta veću šansu za nastanje metaboličkog stresa, u odnosu na farme kod kojih je skor bio viši. Uklanjanjem stersogenih faktora (preventivnom inspekcijom lokomotornog sistema, determinacijom metaboličkog statusa koristeći metabolički profil, dodavanjem suplemenata i antioksidanasa u hranu) značajno se povećava proizvodnja mleka, a poredeći cenu koštanja prilikom uvođenja ovakvog sistema kontrole u odnosu na benefite, može se zaključiti da je benefit dosta veći.

Do sličnih rezultata je došla Belić i sar. (2013)⁵⁷ gde je na osnovu 4 principa Welfare Score sistema izvršena klasifikacija farmi, a životinje su posmatrane u ranoj i srednjoj laktaciji. Mereni su: NEFA, glukoza, Ca, kortizol, urea i totalni bilirubin. Rezultatati su pokazali da je kod krava, koje su držane na farmama sa dobrim Welfare skorom u ranoj laktaciji parametri glukoze i kalcijuma imali tendenciju smanjenja. Kortizol je bio povećan tokom rane i srednje laktacije. Kod krava sa lošim skorom dobrobiti, parametri NEFA, bilirubin i kortizol su imali tendenciju povećanja. U drugoj trećini laktacije, glukoza i urea su bile snižene. Najvažniji princip koji se povezuje sa zdravstvenim statusom životinja, je princip dobrog zdravlja i dobre ishrane na farmi.

Loši smeštajni uslovi uz neadekvatnu ishranu životinja dovode do negativnog energetskog bilansa uz pad telesne kondicije i pojavu većeg broja mršavih krava. Istraživanje koje su radili Cincovic i sar. (2010)⁵⁸ pokazuje da negativni energetski bilans sa akumulacijom ketona direktno utiče na pad proizvodnih rezultata i lošu reproduktivnu efikasnost. Ispitivanje je obuhvatilo 40 krava Holštajn-friziske rase, kojima su merene koncentracija BHB postpartalno. Rezultati su pokazali da hiperketonemija u prvim nedeljama postpartalno utiče na proizvodnju mleka i

reproduktivne poremećaje, i da krave sa boljim energetske statusom imaju bolju reproduktivnu efikasnost.

Osim metaboličkih poremećaja, loši faktori sredine, loša higijena papaka, loši uslovi ishrane doprinose nastanku šepavosti kod krava. Istraživanje koje su radili Stevančević i sar. (2009)⁵⁹ je pokazalo da su loši higijenski uslovi u direktnoj vezi sa nastankom hromosti. Naime, istraživanje je obuhvatilo 64 krave, a prevalenca hromosti je iznosila 70% pri čemu je 51% krava ocenjeno sa ocenom 3, 4 ili 5. Uslovi držanja su bili loši, pod je betonski tako da su česta pokliznuća, a sistem za drenažu urina i fecesa je neadekvatan, tako da su donji delovi ekstremiteta u konstantnom kontaktu sa kontaminantima, što pogoduje nastanku oboljenja akropodijuma.

Obezbeđivanje visokog nivoa dobrobiti treba da bude imperativ u savremenoj stočarskoj proizvodnji, kako od strane uzgajivača tako i od strane veterinara, jer se poštovanjem dobrobiti doprinosi poboljšanju zdravstveno-produktivnih osobina životinja. Ogled koju su radili Hristov i sar. (2010)⁶⁰ na tri farme (A, B, C) različitog smeštajnog kapaciteta slobodnog sistema držanja je pokazao poštovanje principa dobrobiti na farmama. Kao parametre za ocenu bihevioralnih promena korišćen je protokol za ocenu dobrobiti Welfare Quality® scoring system. Rezultati su pokazali da je u dve farme (A i B) prisutno nezadovoljavajuće ponašanje životinja, kao i neadekvatna obezbeđenost hrane i vode na jednoj farmi (C).

Rezultati Cincović i sar. (2012)⁶¹ su pokazali značajan pad proizvodnje mleka, veliki procenat krava sa laminitisom, prisustvo subkliničkih mastitisa, kao i prisustvo krava sa distokijama. Istraživači su primetili da je najvažniji princip, koji se dovodi u vezu sa navedenim problemima princip očuvanja dobrog zdravlja. Sa druge strane, prisutne bihevioralne promene, koje su izražene u vidu agnostičnog ponašanja, slabog odgovora na prisustvo hrane i vode takođe se mogu dovesti u vezu sa prisutnim poremećajima zdravstvenog stanja. Veza između ispitivanih kriterijuma i principa dobrobiti je najveća sa principom dobrog zdravlja, zatim sa principom dobre ishrane i na kraju sa principom dobrog smeštaja.

Animal Need Indeks podrazumeva ocenu dobrobiti životinja koristeći 5 osnovnih parametara:

- mogućnost nesmetanog kretanja,
- mogućnost ispoljavanja osnovnih oblika ponašanja,

- kvalitet podova i prostirki koju životinje koriste, za ležanje, stajanje, šetanje,
- stanje mikroklimatskih uslova uključujući ventilaciju, svetlost i buku
- stepen brige o životinjama od strane radnika na farmi.

U okviru svakog parametra posmatra se 5 kriterijuma, nekoliko osobina, svaka od njih se boduje i na kraju se dobija ukupan skor na osnovu koga se procenjuje da li se na ispitivanoj farmi poštuje dobrobit ili ne. Maksimalan broj bodova za svaku posmatranu osobinu može biti 3.0 odnosno minimalan 0,5. Za svaki kriterijum raspon bodova se kreće od -9 do +46, odnosno maksimalan broj bodova može iznositi 54.

Na osnovu broja bodova procena dobrobiti može biti svrstana u šest kategorija:

1. <11 nije prihvatljivo, sa poštovanjem dobrobiti od 0-15%
2. 11< 16 jedva prihvatljivo sa poštovanjem dobrobiti od 16-30%
3. 16<21 osrednje prihvatljivo sa poštovanjem dobrobiti od 31-50%
4. 21-24 sasvim prihvatljivo sa poštovanjem dobrobiti od 51-60%
5. >24-28 prihvatljivo sa ocenom dobrobiti od 61-75%
6. >28 veoma prihvatljivo sa ocenom dobrobiti > 75% ⁶²

Istaživanje koje su radili Hristov i sar. (2014)⁶³ je imalo za cilj da na osnovu ANI indeksa oceni poštovanje dobrobiti na 5 različitih farmi sa različitim sistemom držanja goveda. Na dve farme je bio prisutan slobodni sistem držanja, na tri vezan sistem, a dve su imale kombinovani tip. ANI skor se kretao u intervalu od -9 do +45,5. Rezultati su pokazali da je sistem držanja u vezi sa količinom proizvedenog mleka kao i način držanja životinja utiče na sastav proizvedenog mleka.

Na osnovu pregleda literature može se zaključiti da Welfare Quality® scoring system nije kompletan metod koji se može koristiti za procenu stepena izloženosti krava tokom toplotnog stresa. Rezultati istraživača su pokazali da se samo određeni parametri menjaju tokom toplotnog stresa: pad mlečnosti (2,2kg/TM kod vrednosti THI 65-73)⁶⁴, broj somatskih ćelija povećan 1029 x 10³/ml tokom letnji meseci⁶⁵, povećana učestalost mastitisa (leti 6 %, zimi 1,1 %)⁶⁶, povećana učestalost laminitisa (21,7 % leti, 18 % zimi)⁶⁷, povećan broj krava koje stoje duže tokom dana (redukcija perioda ležanja u objektu za 3 sata/dan)⁶⁸, redukcija pojave estursa veća za 80 % tokom letnjih meseci, kao i koncepcija koja je redukovana za 20-27%⁶⁹, redukcija pojave stope

graviditeta za 62 % tokom leta, redukcija života oocita usled oksidativnog stesa, redukcije sekrecije interferona, koji su odgovorni za graviditet, kao i nastanak ćelijske apoptoze usled ekspresije specifičnih gena, smanjena vijabilnost spermatozoida za 50-70%, povećan broj distokija na 33,33 % tokom letnjih meseci u poređenju sa prolećem, gde je nađeno 14,28 % dystocia⁷⁰. Dijareje su uglavnom bile parazitarne etiologije. Prevalenca *Giardia spp.* i *Cryptosporidium spp.* veća tokom zime, poredeći je sa letnjom sezonom. Prevalenca *Escherichia coli* O157:H7, veća tokom letnjih meseci (10,5 %) u poređenju sa zimskim periodom.⁷¹ Dunn i sar. (2004) i Corazzin i sar. (2010)^{72,73} su zaključili da toplotni stres ne utiče na pojavu nosnog očnog i vaginalnog iscedka, kao i da je procenat životinja, koje kašlju niži tokom letnjih meseci (0,3 %) u poređenju sa periodom nakon letnje sezone (7,9 %).

2.5. Uticaj toplotnog stresa na proizvodne osobine

Biološke osobine krava predstavljaju značajan faktor u procesu prilagođavanja na toplotni stres. Metabolički stres uzrokovan visokim ambijentalnim temperaturama se odražava na celokupan organizam krava, a krave u laktaciji su posebno osetljive na ovaj fenomen. Gantner i sar. (2011)⁷⁴ su primetili da je dnevna proizvodnja kravljeg mleka konstantna, kada su ambijentalne temperature niske do srednje, dok se sa povećanjem temperature proizvodnja mleka smanjuje. Negativni ambijentalni faktori mogu dovesti do pada u proizvodnji mleka za 3-10%, Hristov i sar. (2007)⁷⁵ su utvrdili da se pri temperaturi od 35°C, mlečnost smanjuje za 33%, dok se pri temperaturi od 40°C mlečnost smanji za 50%.

Potrebno je naglasiti da se osetljivost goveda na veće vrednosti THI indeksa povećava sa povećanjem proizvodnje mleka, pa ukoliko se proizvodnja mleka poveća sa 35 na 45 kg/dan, osetljivost na toplotni stres se povećava za 5%. Kod krava u laktaciji, za svakih 0,45 kg mleka, krave telesme mase 450Kg, proizvede se 10 kcal metaboličke energije.³ Dužina trajanja ekspozicije toplotnom stresu negativno utiče na proizvodnju mleka. Svoj negativni efekat toplotni stres ostvaruje u prvih 24-48 sati po izloženosti toplotnom stresu. Ukoliko su vrednosti THI indeksa od 72-80 značajno se smanjuje proizvodnja mleka i to u prvih četiri dana po ekspoziciji.⁷⁶ U prilog navedenom ide i ispitivanje, koje su radili Johnson i sar. (1962)⁷⁷ gde je nađena linearna redukcija iskorišćavanja SM hrane (20,23 kg/dan) u odnosu na proizvodnju mleka (20,26 kg

/dan) pri vrednostima THI indeksa višim od 70. Posledice toplotnog stresa na proizvodnju mleka u odnosu na vrednosti THI indeksa prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2: Uticaj toplotnog stresa na proizvodnju mleka u odnosu na vrednosti THI indeksa.⁷⁸

| Nivo toplotnog stresa u odnosu na THI indeks | Vrednosti temperature i Relativne vlaznosti vazduha | Vreme ekspozicije sati/dani | Pad mlečnosti (kg/h; kg/cow/day) |
|--|---|-----------------------------|----------------------------------|
| Prag tolerancije THI (68-71) | 22°C (72°F); 50% | 4 | 0.283kg/h; - 1.1kg/krava/dani |
| Blag do umeren stres THI (72-79) | 25°C (77°F); 50% | 9 | -0.303kg/h;- 2.7kg/krava/dan |
| Umeren do jak stres THI (80-89) | 30°C (86°F); 75% | 12 | -0.322kg/h; - 3.9kg/krava/dan |
| Jak stres THI (90-99) | 34°C (93°F); 85% | - | Nemerljivo |

Toplotni stres u velikoj meri utiče i na smanjenu količinu proizvedenog mleka u zavisnosti od faze laktacije. Studija, koju su uradili Bernabucci i sar. (2010)⁷⁸ je pokazala da se sredinom laktacije proizvodnja mleka smanjuje za 35%, dok je na početku laktacije ona redukovana za 14%. Prinos mleka je opao za 0,88 kg po jedinici povećanja THI indeksa. Kod krava u ranoj laktaciji, potrebna je manja količina hrane, zato što organizam koristi sopstvene zalihe (a samim tim se oslodađa i manja količina energije kao posledica varenja), elementi za sintezu mleka se uglavnom dobijaju iz tkiva, dok su potrebe krava u sredini laktacije znatno veće (s obzirom da se tada proizvodi i mnogo veća količina mleka), te se proizvodi i veća količina toplote, što životinje čini osetljivijim na toplotni stres. Pored smanjene produkcije mleka, kod krava u toplotnom stresu izmenjen je i sastav mleka. Kao posledica povećanog korišćenja glukoze kao izvora energije, u mleku se nalazi manja količina laktoze. Smanjena je takođe, količina proteina, kazeina i mlečne masti, zato što se mlečna žlezda adaptira na smanjen dotok glukoze, povećanim korišćenjem NEFA kao izvora energije.

Cincović i sar. (2011)⁷⁹ su posmatrali krave u različitim fazama laktacije. Posmatrana je količina proizvedenog mleka i sastav, pri vrednosti THI indeksa <72 i >72. Rezultati su pokazali da u drugoj trećini laktacije dolazi do značajnijeg pada u proizvodnji i kvalitetu mleka. Procenat mlečne masti je na početku laktacije iznosio 4.526, na sredini laktacije je iznosio 3,588, dok je na kraju laktacije iznosio 3.634. Procenat proteina se kretao 3,4337 na početku laktacije, na sredini

laktacije 3,165, odnosno 3,131 na kraju laktacije pri vrednostima THI indeksa <72. Kada su vrednosti THI indeksa >72, procenat masti na početku laktacije je iznosio 4,365 na sredini laktacije 3,549 dok je na kraju laktacije iznosio 3,485, dok se procenat proteina kretao od 3,359 na početku laktacije preko 3,071 na sredini laktacije, do 3,029 na kraju laktacije.

Isto istraživanje obuhvatilo je 30 krava Holštajn-friziske rase različite telesne kondicije. Životinje su posmatrane u termoneutralnom periodu i tokom toplotnog stresa, a praćen je broj respiracija, rektalna temperatura, biohemijski parametri, kao i mlečnost. Rezultati su pokazali da kod gojaznih krava dolazi do značajnijeg porasta rektalne temperature na samom početku ekspozicije toplotnom stresu, takođe, se značajno povećava broj respiracija, a takođe se sa porastom temperature značajnije smanjuje i mlečnost.

Osim na proizvodnju mleka, toplotni stres negativno utiče i na reproduktivnu efikasnost. 01.12.2017., Gatius i sar. (2001, 2003)^{80,81} su dokazali da je tokom toplotnog stresa povećana disfunkcija jajnika. Procenat gravidnih krava je bio niži tokom letnje sezone (27,4 %) u odnosu na period pre termalnog stresa (44 %). Procenat inaktivnih jajnika kao i pojava cističnih jajnika bila je veća tokom letnjih meseci (12,9 %) u poređenju sa drugim mesecima u godini (1,2 %).

Kada je u pitanju izloženost toplotnom stresu, uspešnost graviditeta zavisi od mlečnosti za koju je životinja predisponirana, pa se kod visoko mlečnih krava, koje su izložene toplotnom stresu, smanjuje procenat onih, koje su gravidne. Tokom trajanja visokih ambijentalnih temperature, na 1000 kg produkcije mleka, procenat gravidnih krava se smanji za 3%. Visoke temperature mogu dovesti do smanjene aktivnosti folikula, produžene ovulacije, kao i smanjene mogućnosti preživljavanja oslobođenja jajne ćelije u izmenjenoj sredini. Toplotni stres utiče na smanjenu sintezu polnih hormona, kao i na koncentraciju estradiola u folikularnoj tečnosti. Ovakav nalaz prisutan je kod reakcije organizma na akutni toplotni stres, te se tokom jeseni folikularna funkcija popravljaja.⁸² Roth i sar. (2004)⁸² su primetili da je tokom letnjih meseci povećan procenat tzv. tihih estrusa (8,6 meseci/estrus) duži estrus. Procenat neotkrivenih estrusa je tokom letnjih meseci iznosio 76-82 %, dok je tokom jeseni i zime taj procenat iznosio 44-65 %.

Bilby i sar. (2006)⁸³ su zaključili da dodavanje hormona rasta u vidu suplemenata značajno poboljšava stanje reproduktivnog trakta, povećava koncentraciju faktora rasta, koji utiču

na koncepciju, kao da uporeba ovakvih suplemenata povećava procenat gravidnih krava. Upotreba navedenih suplemenata može se uspešno koristiti i tokom trajanja toplotnog stresa, a uz upotrebu zasićenih masnih kiselina može značajno unaprediti reproduktivnu efikasnost krava izloženih visokim ambijentalnim temperaturama.

Na osnovu iznetih činjenica neophodno je razviti sistem u kome će efekti visoke temperature biti svedeni na minimum, a temperature kože neće prelaziti 35°C. Izraelski istraživači⁸³ su dokumentovali da je veoma korisno izračunati broj veoma toplih dana u godini na osnovu dugogodišnjeg proseka, na osnovu dobijenih vrednosti planirati strategiju rashlađivanja. U strategiju zaštite od negativnog uticaja visoke temperature, pored direktnog uticaja visokih temperatura, potrebno je uzeti u obzir i vrstu, rasu kao i proizvodnu kategoriju životinje, koja se posmatra.

Fidler i sar. (2013)⁸⁴ su preporučili četiri koraka da bi se efekti toplotnog stresa sveli na minimum. Prvi korak je obezbediti dovoljnu količinu hladne higijenski ispravne vode. Kada je vlažnost vazduha iznad 80% potreba za količinom vode je povećana za 50 %. Osim zadovoljenja potreba u smislu kvantiteta, potrebno je voditi računa o tome da temperatura vode, koja se pije bude prilagođena. Osim toga, sistem za napajanje treba da se nalazi u neposrednoj blizini životinje, na hladnom mestu, ukoliko se životinja drži u slobodnom sistemu, odnosno na razdaljini od 15 metara kod vezanog sistema držanja. Kod grupnog držanja životinja, potrebno je obezbediti najmanje dva napajališta. Ako se npr. uzme grupa od 100 krava, potrebno je obezbediti napajalište na svakih 3 metra razdaljine. Protok vode bi trebalo da bude minimum 3-5 litara po minuti, minimalna dubina korita 0,08 m. Površina korita po kravi treba da iznosi najmanje 0,65 kvadratnih metara, i da bude odignuta od zemlje 1,2 metara.

Drugi korak podrazumeva postavljanje ventilatora u objektu, kao i postavljanje prskalice, koje izbacuju određenu količinu vode na određeni vremenski period. Međutim, sa prskalicama treba biti obazriv, jer prevelika količina vode u zagrejanom objektu može onemogućiti mehanizme za odavanje toplote. Takođe je potrebno voditi računa o poziciji ventilatora kod vezanog sistema držanja. Uloga ventilatora je u većem protoku hladnog vazduha, koji pospešuje procese rashlađivanja. Stoga je poželjno postaviti dva ventilator ispred mesta vezivanja, i dva odprilike na pola dužine veza. Kada su upitanju prskalice, da bi se životinja rashladila, potrebno je minimum 25 litara vode. Kod ovakvog načina rashlađivanja potrebno je voditi računa o tipu

poda (da nije klizav, i da se višak vode može eliminisati, zato što se veća količina vode pri kontaktu sa akropodijumom negativno odražava na njegovo zdravstveno stanje).

Treći korak podrazumeva postavljanje prskalica neposredno ispred hranilica. Kod ove procedure neophodno je da se hrana pokrije (kako bi se sprečio kvar). Ovaj sistem omogućava da životinja ima dostupnu rashlađenu hranu, koju će radije konzumirati.

Četvrti korak podrazumeva korekciju ishrane. Krave tokom letnjih meseci uzimaju manju količinu hrane zbog kalorigenog efekta, ali se smanjenjem suve materije hrane ovaj problem može prevazići. Ishrana sa manje, kao i ishrana visokokvalitetnim zrnastim hranivima doprinosi manjem opterećenju tokom letnjih meseci. Kod ovakvog režima ishrane neophodno je korigovati mineralni balans (kalijim 1,3-1,5 %, natrijum 0,5-0,6 %, magnezijum 0,3-0,4 %). Hlor treba da bude zastupljen u koncentraciji od 0,25%, a procenat razgradivih proteina ne bi trebalo da prelazi 65%.

2.6. Uticaj toplotnog stresa na metaboličku adaptaciju krava

Povećanje ambijentalne temperature i relativne vlažnosti vazduha iznad fiziološkog optimuma, odražava se na kompletan metabolizam hranljivih materija. U metabolizmu preživara ugljeni hidrati predstavljaju najvažniji put dobijanja energije, i čine od 50 do 70% organske materije. Glukoza, koja nastaje razgradnjom složenih ugljenih hidrata u buragu se zadržava kratko vreme, i brzo fermentiše u isparljive masne kiseline od kojih su najznačajnije pirogroždana i mlečna. Pirogroždana kiselina, kao najvažniji proizvod metabolizma ugljeih hidrata se dalje metaboliše u acetat, propionat i butirat. Acetat i propionat se putem krvotoka dopremaju u jetru, a butirat se preko ketogeneze metaboliše u ketonska tela. U toku metabolizma ugljenih hidrata dominantna isparljiva masna kiselina je acetat, koji se doprema mišićnom tkivu, masnom tkivu i mlečnoj žlezdi kao izvor energije. Glukoneogeneza kod preživara predstavlja najvažniji put dobijanja glukoze. Piruvat, koji se formira iz laktata, se transportuje u mitohondrije i transformiše u oksalacetat posredstvom piruvat dekarboksilaze. Sa druge strane, propionat se metaboliše kroz ciklus trikarbonskih kiselina do oksalacetata, a oksalacetat se može metabolisati

u fosfoenolpiruvat ili se može metabolisati u ciklusu trikarbonskih kiselina. Fosfoenolpiruvat se metaboliše do glukoze ili piruvata posredstvom piruvat kinase⁸⁵.

Izloženost krava toplotnom stresu podrazumeva metaboličke promene u smislu negativnog energetskeg bilansa, koji je praćen smanjenjem koncentracije NEFA (neesterifikovanih masnih kiselina) i glukoze. Ovakva metabolička adaptacija se razlikuje od one koja nastaje kod krava, koje su u peripartalnom periodu, kada dolazi do pada koncentracije glukoze i porasta koncentracije NEFA. Toplotni stres na metabolizam ugljenih hidrata deluje tako što dovodi do smanjenja koncentracije glukoze, usled njenog povećanog iskorišćavanja kao izvora energije. Tokom toplotnog stresa dolazi do povećane absorpcije glukoze preko digestivnog trakta i bubrega, a istovremeno je povećana glikogenoliza u jetri. Sa druge strane, korišćenjem glukoze kao izvora energije dobija se manja količina proizvedene toplote, jer je kalorigeni efekat manji u odnosu na količinu energije, koja se dobija razgradnjom masti

U istraživanju Abeni i sar. (2007)⁸⁶ su ispitane biohemijske promene krava, koje su bile izložene toplotnom stresu u periodu od juna do septembra. Rezultati su pokazali da sa povećanjem ambijentalnih temperatura, vrednosti glukoze imaju tendenciju smanjenja (3,72 na početku ispitivanja, 3,69 na sredini ispitivanja, i 3,49 na kraju ispitivanog perioda). Koubkova i sar., (2002)⁸⁷ su pronašli da se tokom toplotnog stresa nivo glukoze povećava sa 2,98 mmol/l na 3,35 mmol/l. Parametri krvne slike (povećanje koncentracije hematokrita 32,48 na 41,6, broj eritrocita na 8,81, povećanje ukupnih proteina na 76,5 g/l) ukazuju na prisutnu hemokonzentraciju koja je nastala usled dehidracije prisutne tokom toplotnog stresa. O'brien i sar. (2010)⁸⁸ su zaključili da je koncentracija glukoze kod krava u toplotnom stresu bila niža u odnosu na kontrolnu grupu, a Baumgard i sar. (2013)⁸⁹ su došli do istih rezultata.

Insulin predstavlja primarni anabolički endokrini signal, koji igra ključnu ulogu u metabolizmu ugljenih hidrata, masti i proteina. Insulin omogućava ulazak glukoze u ćeliju i njeno dalje iskorišćavanje, insulin stimuliše proizvodnju glikogena u jetri i mišićnom tkivu, a učestvuje i u sintezi triglicerida. Insulin u jetri stimuliše sintezu masnih kiselina iz glukoze. Kada se u jetri popune rezerve za skladištenje glukoze u obliku glikogena, višak glukoze se kataboliše do acetil koenzima A koji predstavlja prekursor za sintezu masnih kiselina. Novostvorene masne kiseline se transportuju u krvotok, a odatle do masnog tkiva, gde se deponuju. Istovremeno, insulin inhibira aktivnost antilipolitičkih hormona, čime se sprečava mobilizacija lipida iz masnog

tkiva. U masnim ćelijama se od masnih kiselina i glicerola sintetišu trigliceridi. Insulin je sintetisan od strane β -ćelija smeštenih u langerhansovim ostrvcima pankreasa, zajedno sa α i δ ćelijama koje su odgovorne za sekreciju glukagona i somatostatina. Sinteza insulina regulisana je od strane INS (Insulin gen), koji enkodira signalni lanac-preproinsulin (nezerela forma hormona), koja se sastoji od kiselog A i baznog B lanca i C peptida koji sadrži 97 aminokiselina. Osim ove postoji i druga nezrela forma insulina, tzv. proinsulin, koji se formira nakon odvajanja 23 ostatka od C peptidnog lanca i formiranjem veza između A i B lanca preproinsulina. Tokom dalje obrade molekuli proinsulina se transportuju u Goldži kompleks, gde se vrši uklanjanje C peptida iz sekretornih granula i vrši konačna sinteza u zrele formu insulina, koja se sastoji iz dva lanca A i B povezana međusobno disulfidnim vezama. Glavni stimulus za sekreciju insulina predstavlja glukoza, a pored nje mogu uticati i aminokiseline (glutamin, leucin), procesom oksidacije u β ćelijama. Po unošenju glukoze u ćelije, aktivira se GLUT-2 (facilitated glukose transporter), transmembranski protein (koji omogućava olakšano kretanje glukoze kroz ćelijsku membranu), on aktivira metabolizam glukoze, dovodeći do sinteze ATP, zatvaranja kanala za K^+ , depolarizaciju membrane, otvaranje kanala za Ca^{++} i unošenja novih količina Ca^{++} iz citosola. Ca^{++} dalje aktivira protein kinaze koje započinju lučenje insulina. Masne kiseline takođe mogu stimulisati sekreciju insulina, intracelularnom oksidacijom, ali i preko tzv. G protein membranskih receptora. Prevelika koncentracija glukoze ili masnih kiselina ima gluko ili lipo-toksičan efekat na β ćelije, na čijem nivou dolazi do poremećaja u funkciji i vijabilnosti. Dodatak dijetetskih nutrijenata takođe, može povećati sekreciju insulina preko povećane sekrecije inkretina. Inkretini (peptid sličan glukagonu, GLP-1, i gastrični inhibitorni peptid) su intestinalni hormoni sa insulintropnom aktivnošću, sekretovani kao posledica unošenja hrane, odnosno njihovo lučenje u crevima stimulišu glukoza i masti, a oni direktno stimulišu β ćelije da luče insulin. Drugi hormon, koji je sposoban da deluje na sekreciju insulina je prolaktin. Prolaktin stimuliše β ćelijsku proliferaciju i smanjuje GSIS (glukozo-stimulisana insulinska sekrecija), što čini ključni mehanizam adaptacije na insulinsku rezistenciju, koja je prisutna tokom graviditeta. Mehanizmi kojima prolaktin povećava sekreciju insulina ostvaruje se preko povećanog iskorišćavanja glukoze od strane β ćelija, kao i povećanjem GLUT-2 mRNA (proteinski molekuli, izoforma tzv. glukozo-transportera) i glukokinaza aktivnosti. Prolaktin stimuliše piruvat dehidrogenazu i time obezbeđuje potpunu oksidativnu fosforilaciju glukoze preko ciklusa trikarbonskih kiselina. Prisustvo bakreiskih endotoksina može uticati na povećanu sekreciju insulina. Smatra se da povećana sekrecija

insulina nastaje usled direktnog delovanja lipopolisaharida dram negativnih bakterija (LPS) na pankreas. Naime, LPS stimliše aktivnost HIF1 α (hipoksija inducibilni faktor 1-alfa), koji deluje na beta ćelije i stimliše sekreciju insulina. Kod krava u toplotnom stresu dolazi do povećane koncentracije insulina, a jedan od razloga za to može biti povećanje koncentracije prolaktina, koja je povećana kod toplotnog stresa. Istovremeno, prolaktin inhibira lipolizu u masnom tkivu, čime se smanjuje mobilizacija masti. Sa druge strane tokom toplotnog stresa povećana je intestinalna permeabilnost, čime se povećava količina bakterija i cirkulišućeg LPS-a, koji takođe, može povećati sekreciju insulina. Tokom hroničnog toplotnog stresa dolazi i do povećane osetljivosti na insulin, usled čega se smanjuje koncentracija NEFA i glukoze. Insulin ima antilipolitički efekat, čime se umanjuje sposobnost mobilizacije lipida i pospešuje iskorišćavanje glukoze u ćelijama.

Cincović i sar., (2012)⁹⁰ su pošli od pretpostavke da su krave, koje imaju očuvanu sposobnost da mobilišu lipide manje osetljive na insulin. Krave su podeljene u dve grupe, jedna sa sniženom koncentracijom NEFA i druga sa povećanom koncentracijom NEFA. Obe grupe su izložene toplotnom stresu, i merena je koncentracija glukoze i NEFA nakon intravenskog testa opterećenja glukoze. Zaključeno je da je koncentracija glukoze bila značajno viša kod krava sa očuvanom lipomobilizacijom. Koncentracija NEFA je takođe pokazivala tendenciju da bude viša kod krava sa očuvanom lipomobilizacijom.

Wheelock i sar. (2011)⁹¹ su zaključili da je koncentracija insulina imala tendenciju povećanja sa 0,58 na 0,78 mmol/L kod krava u toplotnom stresu. Povećanje koncentracije insulina povezano sa ekspresijom GLUT-4 mRNA gena koji stimlišu sintezu GLUT-4 proteina u skeletnim mišićima i masnom tkivu, što kao posledicu ima povećanje koncentracije cirkulišućeg insulina. Povećanje koncentracije insulina može nastati povećanom ekspresijom specifičnih gena u mišićima, a drugi razlog može biti povećanje koncentracije prolaktina koji stimliše β ćelijsku proliferaciju i smanjuje GSIS (glukozo – stimulisana insulinska sekrecija). Sa druge strane, povećana je iskoristljivost glukoze od strane β ćelija, a istovremeno, insulin pokazuje i antilipolitički efekat, čime se sprečava lipoliza masti, a energija preusmerava na metabolizam ugljenih hidrata

Delovanjem lipolitičkih enzima dolazi do hidrolize masti, pri čemu nastaju masne kiseline (više masne kiseline i niže masne kiseline) i glicerol, koji podleže fermentaciji, a kao metabolički

proizvod nastaje propionat. Više masne kiseline se ugrađuju u lipide mikroorganizama, a esencijalne masne kiseline (linolna, linoleinska, arahidonska) se ugrađuju u masti protozoa i dostupne su preživarima. Niže masne kiseline od kojih je najznačajnija pirogroždana, učestvuju u daljem metabolizmu ugljenih hidrata. Višak masti akumulira se u adipocitima, a odatle mobilise u stanjima kada postoji povećana potreba za energijom.

Toplotni stres redukuje lipolitičku i istovremeno povećava lipogenu enzimsku aktivnost, čime se smanjuje sposobnost mobilizacije lipida i smanjuje koncentracija NEFA u plazmi. Ekspresija tzv. adipoznog LPL gena (adipoze LPL gene expression) je povećana čime se povećava nakupljanje triglicerida u jetri.

NEFA u krvi nastaju kao posledica lipidne mobilizacije i sastoje se od slobodnih masnih kiselina (palmitinska, stearinska, oleinska, linoleinska), a u najvećem procentu se metabolišu u jetri. Vrednosti NEFA mogu ukazati na stepen lipidne mobilizacije i stoga koncentracija NEFA može biti pokazatelj metaboličke adaptacije organizma na stres.

Višak NEFA se može negativno odraziti na proizvodne sposobnosti životinja. Preuzete od hepatocita, NEFA se reesterifikuju u trigliceride kao izvor energije, a proces se odvija u mitohondrijama. Konstantan priliv NEFA u hepatocite dovodi do akumulacije triglicerida, što ima za posledicu smanjenu oksidaciju masnih kiselina, koja je ključna za glukoneogenezu. Redukovana glukoneogeneza povlači za sobom smanjenje slobodne glukoze, koju mlečna žlezda koristi za sintezu ugljenih hidrata mleka. Povećana koncentracija NEFA dovodi do povećanog oslobađanja ketonskih tela (intermedijarni produkti tokom metabolizma masnih kiselina). Ketoni se oslobađaju u krvotok, u kome se koriste kao izvor energije u mišićima i nervnom tkivu, a najbrojniji tip ketonskih tela, koji se oslobađa tokom lipidne mobilizacije je beta-hidroksi butirrat (BHB).

Lipomobilizacija NEFA predstavlja alternativni vid dobijanja energije u različitim tkivima. NEFA se nalazi i na površini leukocita i endotelih ćelija, a dospeva difuzijom ili posredstvom proteinskih receptora. Kada se jednom nađe u citoplazmi, može imati različite metaboličke puteve. Može biti korišćena kao energija za oksidativne procese u mitohondrijama i endoplazminom retikulumu ili za anaboličke procese, kada se koristi kao energetski supstrat.

Masne kiseline predstavljaju deo ćelijske membrane fosfolipidnog kompleksa, a u citosolu mogu biti vezane za proteine i time modifikovati funkciju ćelijske membrane. Jedan od primera je palmitoilacija. Molekul palmitinske kiseline je uključen u molekularnu strukturu pojedinih proteina. Kroz ovaj proces, proteini menjaju njihovu sposobnost da se vežu za lipidni dvosloj, i time omogućavaju promenu prometa materija kroz intracelularni prostor. Palmitoilacija je važna, jer aktivira i leukocitne receptore za vreme imunog odgovora.⁹²

Posmatrajući metabolički profil krava, koje se nalaze u peripartalnom periodu i krava izloženih toplotnom stresu, može se zaključiti da je odgovor organizma na stresogene faktore drugačiji. Ispitivanje koje su radili Cincović i sar. (2011)⁷⁹ pokazalo je da kod krava u toplotnom stresu opada koncentracija NEFA, glukoze. Ispitivanje je obuhvatilo dve grupe životinja u laktaciji. Jedna grupa je posmatrana u termoneutralnom periodu, dok je druga grupa bila izložena toplotnom stresu. Rezultati su pokazali da se kod krava koje su posmatrane u termoneutralnom periodu povećala koncentracija NEFA, a opala koncentracija glukoze. Nastale promene su u vezi sa negativnim energetske bilansom koji je prisutan kod krava u ranoj laktaciji, usled delovanja hormona (kortizol) i interleukina. Kod krava izloženih visokim ambijentalnim uslovima dolazi do pada koncentracije glukoze i NEFA, zbog povećane osetljivosti organizma na insulin. Kod toplotnog stresa je prisutno i smanjeno uzimanje hrane. Razlog za odbijanje hrane se može objasniti time da se prilikom procesa varenja oslobađa određena količina toplote, usled kalorogenog efekta hrane, čime se već zagrejani organizam dodatno opterećuje toplotom.

Određene studije su pokazale da lipidne supstance i neki neurotransmiteri mogu ublažiti negativne efekte toplotnog stresa i omogućiti održavanje homeostaze. Gama-aminobuterna kiselina (GABA) je inhibitorni neurotransmitter, koji reguliše telesnu temperaturu i apetit. Dokazano je da se dodavanjem GABA u hranu povećava resorpcija u rumenu, čime se smanjuje rektalna temperatura i povećava unos hrane. Povećan unos hrane nastaje na račun negativne povratne sprege oslobađanjem holecistokinin-oksitocin sistema, koji suprimira negativno dejstvo gastrina i digestivnih enzima na apetit. Na osnovu toga se povećava i proizvodnja mleka kao i koncentracija proteina mleka i laktoze.

Izmenjeni klimatski uslovi deluju na metabolizam proteina, jer stimulišu kataboličke reakcije, što se manifestuje smanjenjem mišićne mase. Toplotni stres inhibira sintezu DNK, RNK i sintezu proteina, a takođe dolazi i do povećanja markera u krvnoj plazmi, koji su specifični za

katabolizam proteina, koji se odvija u mišićima. Još specifičniji indikatori katabolizma proteina, koji su takođe povećani kod toplotnog stresa su 3-metil histidin i 3-metil kreatin, a njihova povećana koncentracija je primećena kod mlečnih krava, živine, zečeva i svinja izloženih toplotnom stresu⁹³

Tokom toplotnog stresa, usled povećanog katabolizma proteina raste koncentracija uree, sa tendencijom preraspodele azota sa proteina, koji se povećano troše na sintezu uree. Istovremeno se smanjuje sadržaj cisteina, čime je redukovana mogućnost sinteze proteina od strane mlečne žlezde. Tokom toplotnog stresa se menja koncentracija aminokiselina u plazmi, sa dominacijom fosfokretaina dobijenog mobilizacijom iz mišićnog tkiva. Nađena je i povećana koncentracija prolina, glicina, treonina, izoleucina i arginina.

Kao posledica povećanog katabolizma proteina tokom ekspozicije toplotnom stresu, dolazi i do povećanja koncentracije uree i kreatinina, a ovu činjenicu dokazali su i Mazzullo i sar. (2014)⁹⁴ Istraživači su utvrdili povećanje koncentracije uree (35,63 mg/dl) i kreatinina (2,19 mg/dl) tokom letnje sezone, a ispitivane vrednosti tokom proleća iznosile su 27,80 mg/dl za ureu i 2,09 mg/dl za kreatinin. Isti istraživači su utvrdili povećanje koncentracija ukupnih proteina i albumina (7,61g/dl ukupnih proteina i 3,19 g/dl albumina) tokom letnje sezone, dok su vrednosti posmatranih parametara tokom proleća iznosile (7,27 g/dl za ukupne protein i 3,08 g/dl za albumine).

Kod preživara toplotni stres može dovesti do ruminalne acidoze, a kao posledica se javljaju promene u morfologiji intestinuma (slepljivanje i skraćenje epitelijalnih vila) čime nastaju poremećaji u digestiji i apsorpciji hranljivih materija. Tokom toplotnog stresa dolazi do preusmeravanja protoka krvi. Na koži dolazi do vazodilatacije, sa posledičnim povećanim protokom krvi, da bi se ubrzali procesi rashlađivanja (u procese rashlađivanja uključena su pluća i srce koji pojačano rade), uz istovremenu vazokonstrikciju i smanjeni pritisak krvnih sudova, koji vaskularizuju digestivni trakt, te tako i u creva stiže manja količina krvi, što se negativno odražava na crevni permeabilitet. Na toplotni stres su posebno osetljivi eritrociti, gde kao posledica nedostatka kiseonika dolazi do hipoksije i oksidativnog stresa. Kao posledica promena na epitelijumu dolazi do inflamacije, povećanjem permeabiliteta, nakupljanjem bakterija i njihovih toksina, a u portalnu i sistemsku cirkulaciju dolazi veća količina LPS-a. LPS su potentni, imunogeni signali inflamatornog odgovora i mogu dovesti organizam u stanje endotoksemije.⁹⁵

Tokom endotoksemije LPS interaguju sa *toll-like receptorima* 4 (TLR-4), koji se nalaze na površini imunoloških ćelija, čime se aktivira tzv. NFkB put, koji rezultira sintezom i sekrecijom citokina. Kao posledica endotoksemije u skeletnim mišićima dolazi do preraspodele proteina. U jetri se nakupljene amino-kiseline koriste kao supstrat za sintezu proteina akutne faze i citokina, dok se u plazmi povećava koncentracija markera specifičnih za kataboličke procese u mišićnom tkivu. Endotoksemija takođe, može dovesti i do steatohepatitisa, na koji su posebno osetljive krave u peripartalnom periodu.⁹⁶ Endotoksemija može ugroziti funkcionalno stanje jetre, i može se dovesti u vezu sa akumulacijom masnoća i pojavom steatohepatitisa, kao i sa pojavom ketoze. Acidoza buraga i povećano oslobađanje endotoksina utiče na povećano vezivanje lipopolisaharida u plazmi koji stimuliše imuni odgovori doprinosi nastanku ketoze.

Tokom toplotnog stresa povećana je sinteza proteina akutne faze, serum amiloida A, haptoglobina, IBP (lipopolysaccharide binding protein) protein akutne faze, koji igra ključnu ulogu u modulaciji inflamatornog odgovora uzrokovnog LPS gram negativnih bakterija. LPS gram negativnih bakterija umanjuje sposobnost glukoneogeneze, umanjuju sposobnost oslobađanja VLDL, smanjuje sposobnost sekrecije anaboličkih hormona, stimuliše produkciju TNF α , IL-1, koji posledično smanjuju apetit, dovodeći do povišene temperature letargije i pada produktivnosti.

Visoki ambijentalni uslovi utiču na digestivni sistem preživara, jer dovode do smanjenja aktivnosti mikroorganizama u rumenu, koji sintetišu B vitamine, aminokiseline i masne kiseline, koje učestvuju u procesima varenja. Tokom toplotnog stresa smanjuje se količina krvi, koja protiče kroz digestivne organe, što dovodi do otežanog varenje. Hales i sar. (1984)⁹⁷ je uočila da se kod toplotnog stresa povećava kapacitet digestivnih organa da primi veću količinu vode, koja deluje kao neka vrsta kontrateže na motilitet digestivnih organa, koji je pogođen tokom toplotnog stresa.⁹⁸

Tokom toplotnog stresa smanjuje se pH rumena, čime sa ugrožava njegovo normalno funkcionisanje. Beede i sar. (1986)⁹⁹ su zaključili da smanjena funkcija rumena tokom toplotnog stresa nastaje kao efekat pituitarne žlezde na bazalni metabolizam redukovanom produkcijom somatotrofnog hormona i hormona tireoide. Tokom toplotnog stresa, takođe se, smanjuje količina isparljivih masnih kiselina usled čega je smanjena pasaža hrane kroz digestivni trakt, što

za posledicu ima smanjen broj kontrakcija buraga i broj perioda preživljanja, kao i broj žvakanja hrane kod preživljanja i dužinu preživljanja tokom dana.

TNF- α je proinflamatorni citokin, čija koncentracija može biti povećana kod različitih inflamatornih stanja. Sintetiše se kao transmembranski protein tipa II i formira stabilni tzv. homo-trimerni molekul (mTNF- α) sposoban za vršenje bioloških aktivnosti. Može se formirati proteolitičkim cepanjem preko TNF- α konvertujućeg enzima u monomerni protein, koji je biološki aktivan kao rastvorljivi homo-trimerni molekul. TNF- α indukuje različite ćelijske odgovore kroz interakciju sa dva transmembranska receptora (transmembranski receptor tip I- TNFR1 I transmembranski receptor tip II- TNFR2). TNFR1 se uglavnom eksprimira u različitim tipovima ćelija i tkiva, dok se TNFR2 pretežno eksprimira u imunološkim i endotelnim ćelijama. Aktivacija TNFR1 može biti indukovana bilo preko tzv sTNF- α (solubilni TNF- α) ili preko m TNF- α (transmembranski TNF- α). Aktivacija TNRF2 je uglavnom inicirana preko m TNF- α . Uloga TNF- α je da vrši preapoptotičku funkciju. Međutim, novija istraživanja pokazuju da TNF- α indukuje ćelijsku proliferaciju i preživljavanje u različitim fiziološki izmenjenim stanjima.¹⁰⁰

Toplotni stres utiče na biološke osobine i povećava nivo cirkulišućih citokina. Takođe ima uticaj na vrstu crevne mikroflore. Smatra se da je nivo cirkulišućih citokina (IL-6) vezan sa vrstom crevne mikroflore.¹⁰¹ Chen i sar. (2018)¹⁰¹ su utvrdili da je kod krava, koje su izložene toplotnom stresu veća koncentracija cirkulišućih citokina i TNF- α . Tokom ekspozicije visokim ambijentalnim temperaturama dolazi i do oksidativnog stresa. Oksidativni stres se može dovesti u vezu sa inflamacijom, a koncentracije TNF- α i IL-6 pokazuju tendenciju povećanja kod krava, koje su izložene toplotnom stresu. Povećanje koncentracije IL-6 modulira lokalni i sistemski inflamatorni odgovor kontrolišući nivo ostalih proinflamatornih citokina. IL-6 u jetri stimuliše proizvodnju anti-inflamatornih proteina akutne faze, koji inhibiraju oslobađanje reaktivnog kiseonika i stimulišu oslobađanje proteolitičkih enzima iz aktiviranih leukocita. Tokom toplotnog stresa dolazi do vazodilatacije krvnih sudova kože da bi se višak toplote odavao u spoljašnju sredinu. Lokalna vazodilatacija je udružena sa vazokonstrikcijom spleničnih krvnih sudova, što može dovesti do oksidativnog stresa. Molekuli, koji se oslobađaju tokom oksidativnog stresa mogu narušiti permeabilitet creva i dovesti do povećane produkcije endotoksina, koji prodiru u cirkulaciju i stimulišu sintezu interleukina i TNF- α .¹⁰²

Kod krava izloženih visokim ambijentalnim temperaturama postoji stanje oksidativnog stresa, sa smanjenom koncentracijom antioksidanasa u krvi. Pored navedenog, postoji mogućnost razvoja inflamacije. Novija istraživanja pokazuju da razvoj endotoksemije i povećana propustljivost creva kod životinja u hipertermiji može dovesti do povećanja koncentracije endotoksina (lipopolisaharida) u krvi zbog njihove povećane pasaže iz creva u portalni krvotok, što dalje pokreće inflamatorne i oksidativne poremećaje organizma.

Smatra se da su najvažniji metabolite, koji se oslobađaju prilikom ćelijskog disanja superoksidni anjonski radikal kiseonika ($O_2^{\circ -}$), vodonik peroksid (H_2O_2), kao i hidroksi radikali (HO°), veoma nestabilne forme, koje uzrokuju promene na nivou DNK, kao i promene na membrani lipida i proteina. U fiziološkim uslovima postoji kompleks antioksidativnih metabolita i enzima, koji preveniraju nastanak oksidativnih oštećenja.

Oksidativni stres nastaje usled poremećaja balansa između produkcije antioksidanasa i antioksidativne aktivnosti metabolita i enzimskih sistema. Jedan od najvažnijih enzima, koji učestvuju u neutralizaciji štetnih radikala je SOD (superoksid-dismutaza), koja katalizuje redukciju dva superoksidna anjona ($2O_2^{\circ -}$) koji se stvaraju u citosolu mitohondrija endoplazmatskog retikuluma u jedan manje toksičan molekul H_2O_2 . Kod sisara postoje tri izoforme ovog enzima:

- Cu/Zn SOD homodimer od 32 kDa, lokalizovan u citosolnom i mitohondrijalnom intermembranskom prostoru,
- Mn SOD homotetramer od 88 kDa, smešten u mitohondrijama (matriksu i unureašnjem prostoru) i
- Cu/Zn forma (EC-SOD) ekstracelularni tetrametrični glikoprotein od 135 kDa.

Pozitivni efekti SOD ogledaju se u zaštitnoj ulozi ćelija, sprečavanjem oštećenja DNK, preventivni efekat tokom inflamatornog odgovora organizma, pozitivan efekat tokom reparacionog procesa uzrokovanog ishemijom, pozitivan efekat tokom hronične inflamacije, pozitivan efekat kod bolesti kardiovaskularnog (sprečavanje nagomilavanja lipida na velikim arterijama), respiratornog i genitourinarnog sistema, kao i kod oštetećenja nervnog tkiva. Pozitivan efekat se ostvaruje i na metabolizam lipida i ugljenih hidrata, tako što se smanjuju vrednosti indikatora hiperlipidemije (holesterol, trigliceridi, leptin, insulin).¹⁰³

Povećani ambijentalni uslovi doprinose pojavi oksidativnog stresa, sa povećanjem koncentracije indikatora, odnosno SOD. U studiji koju su radili Pathan i sar. (2010)¹⁰⁴ je dokazana povećana koncentracija SOD kod mlečnih krava ispitivanih tokom letnjih meseci. Pathan i sar. (2008)¹⁰⁵ takođe, su ispitivali uticaj temeperature na nivo SOD. Ispitivali su životinje tokom letnjih i zimskih meseci i pokazali da je nivo SOD značajno viši tokom letnjih meseci. Chandra i sar. (2013)¹⁰⁶ su došli do istog zaključka, što govori o prihvatanju hipoteze da su visoke temperature u pozitivnoj korelaciji sa nastankom oksidativnog stresa.¹⁰⁷

Postojanje oksidativnog stresa može se uspešno kontrolisati dodavanjem suplemenata u vidu enzima SOD i selena. Pozitivno dejstvo antioksidanasa se ogleda u smanjenju broja somatskih ćelija i boljem kvalitetu mleka.¹⁰⁸

Literaturni podaci ispitivanja efekta toplotnog stresa na laboratorijske životinje pokazuju postojanje tzv. sistemskog inflamatornog sindroma (SIRS). Citokini predstavljaju važne regulatore akutne faze inflamatornog odgovora i predstavljaju medijatore SIRS-a. Postoji nekoliko tipova citokina, koji su odgovorni za manifestaciju SIRS: povećanje cirkulišućeg nivoa citokina odgovornih za reakciju završne faze termalnog stresa, povećanje koncentracije IL-1, TNF α , odgovornih za indukciju sindroma toplotnog šoka kao i povećanje citokina odgovornih za nastanak endotoksemijskog šoka.¹⁰⁹ Studija, koju su radili Morera i sar. (2012)¹¹⁰ je imala za cilj da ispita nivo cirkulišućih citokina kod laboratoriskih miševa izloženih visokim ambijentalnim temperaturama. Rezultati su pokazali da su citokini IL-1 β , IL-6, IL-10, IL-12p 40 značajno povećani tokom ekspozicije toplotnom stresu. Koncentracija kortikosterona (analog kortizolu kod mlečnih krava) bila je povećana tokom ekspozicije visokim ambijentalnim uslovima. Razlog povećanju koncentracije leži u činjenici da su kortikosteroidni hormoni prirodni inhibitori sekrecije proinflamatornih citokina, pa ostvaruju neku vrstu protektivne uloge na organizam.¹¹¹

Kada je u pitanju odgovor masnog tkiva na ekspoziciju toplotnom stresu Kuroshima i sar. (1979)¹¹² su zaključili da je masno tkivo veoma aktivno tokom trajanja toplotnog stresa. Istraživači su pronašli da je tokom toplotnog stresa nađeno 1 mg/ml adrenalina i glukagona, što predstavlja veoma visoke vrednosti, nastale kao posledica oslobađanja viška toplote usled aktivnosti masnog tkiva. Istraživači su zaključili da tokom ekspozicije visokim ambijentalnim uslovima dolazi do preraspodele krvi (vazokonstrikcija na krvnim sudovima unutrašnjih organa i vazodilatacija krvnih sudova periferije). Lokalna ishemija na nivou krvnih sudova creva

doprinosi povećanom permeabilitetu epitelne sluznice sa translokacijom endotoksina u cirkulaciju. Na osnovu patohistološkog nalaza primećeno je skraćenje crevnih resica epitela tankog creva, kao i promene na nivou mitohondrija.

Na osnovu iznetih činjenica i poređenja metaboličke aktivnosti organizma tokom trajanja toplotnog stresa kod laboratorijskih životinja i krava u laktaciji, može se zaključiti da su reakcije organizma veoma slične, te da su labaratorijske životinje dobar model za eksperimentalna istraživanja na ovom polju.

3.CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Definisano je nekoliko ciljeva istraživanja:

1. Utvrditi i grafički predstaviti minimalne, maksimalne i srednje vrednosti THI indeksa toplotnog stresa na teritoriji AP Vojvodine.
2. Utvrditi da li postoji razlika u vrednosti THI indeksa kada se on izračuna iz podataka koji potiču iz Hidrometeorološkog zavoda Srbije ili ako potiču direktno sa farme.
3. Utvrditi kako toplotni stres izražen kroz vrednost THI indeksa utiče na proizvodnju mleka i reproduktivne performanse krava.
4. Utvrditi da li postoji razlika u oceni dobrobiti krava na farmama izmerenih prema Welfare scoring sistemu tokom letnje sezone (izraženo delovanje toplotnog stesa) i termoneutralnog perioda.
5. Utvrditi da li visoke ambijentalne temperature utiču na kvalitet vazduha na farmi.
6. Utvrditi mogućnost procene toplotnog opterećenja krava uz primenu neinvazivne metodom koja se izvodi pomoću termovizijske kamere i validirati metodu.
7. Utvrditi metaboličku adaptaciju krava na kratkotrajno i prolongirano delovanje toplotnog stresa. Utvrditi adaptaciju krava u funkciji toplotnog opterećenja organizma izmerenog termovizijkom kamerom.
8. Utvrditi vezu između THI indeksa i metaboličkog statusa krava prilikom njihovog delovanja na proizvodnju mleka.

Hipoteze istraživanja su sledeće:

1. Vrednost THI indeksa raste u protekloj deceniji na teritoriji AP Vojvodine za sve mesece u godini, a posebno za mesece tokom leta i proleća. Moguće je utvrditi linearni trend i predvideti u kojoj godini se očekuje da prosečna dnevna vrednost THI indeksa bude veća od 72 za svaki mesec u godini

2. Pomoću regresione jednačine koja sadrži zvanične svima dostupne podatke o temperaturi i vlažnosti vazduha (Hidrometeorološkog zavoda ili kroz vremenske prognoze za neku oblast) farmer može izračunati realno toplotno opterećenje na svojoj farmi
3. Postoji negativna korelacija između vrednosti THI indeksa i proizvodnje mleka kao i THI indeksa i pokazatelja reproduktivne efikasnosti (period od teljenja do prvog estrusa, prvog vidljivog estrusa, fertilnog osemenjavanja).
4. Visoke ambijentalne temperature dovode do porasta koncentracije štetnih gasova, posebno u uslovima smanjene pokretljivosti vazduha u objektu, a rezultati će pokazati da li su te promene u okviru dozvoljenih granica vrednosti ili ih prevazilaze
5. Skor dobrobiti može biti niži kod krava izloženih ekstremno visokim ili niskim temperaturama
6. Moguće je proceniti toplotno opterećenje krava snimanjem termovizijom kamerom bez dodatnog uznemiravanja životinje ukoliko se odrede granične temperaturne vrednosti izmerene termovizijom kamerom na površini tela krave, koje ukazuju na rizik od smanjene produktivnosti
7. Krave izložene visokim ambijentalnim temperaturama pokazuju znake metaboličke adaptacije, koja se razlikuje u akutnom i hroničnom izlaganju toplotnom stresu i u funkciji telesne temperature odnosno adaptacije na toplotni stres.
8. Pad u proizvodnji mleka definisan je vrednostima THI i njenom interakcijom sa metaboličkim i inflamatornim medijatorima iz krvi.

4. MATERIJAL I METODE

4.1. THI indeks i njegove vrednosti na teritoriji Vojvodine za period 2006-2016 - Temperature-humidity index: Termalni komfor krava određen je izračunavanjem indeksa temperature i vlažnosti (THI indeks, eng.temperature humidity index) pomoću sledeće formule $THI=(1,8 \times \text{Temperatura})-(1-\text{Vlažnost}) \times (\text{Temperatura}-14,3)+32$. Podaci o temperaturi i vlažnosti dobijeni su iz zvaničnih izveštaja Hidrometeorološkog zavoda Srbije. Izračunate su prosečne mesečne vrednosti THI za svaku godinu od 2005-2016 za mesece i za merna mesta Vršac, Zrenjanin, Kikinda, Palić, Sombor, Rimski Šančevi i Sremska Mitrovica. U obzir su uzete temperature i vlažnosti izmerene u 14 časova, pa se u ovom ispitivanju radi o maksimalnim prosečnim vrednostima THI indeksa. Prikazan je trend vrednosti THI za svaki dan u okviru određenog meseca u godinama 2005-2016. Linearni trend promene vrednosti THI u periodu od 2005 do 2016 godine za svaki dan u svakom mesecu posebno ispitan je regresionom analizom (~360 merenja, 12 ponavljanja po 30 dana). Linearni trend je prikazan kroz Pearsonovu korelaciju i regresiju.

4.2. Povezanost THI indeksa dobijenog iz podataka Hidrometeorološkog zavoda i izmerenih u objektu tokom letnjih meseci – Za potrebe realizacije ovog zadatka korišćene su vrednosti THI indeksa, koji su izračunati u predhodnom zadatku i podaci dobijeni iz originalnih podataka sa farmi, koje su uključene u ogled. Ispitana je korelacija i regresija između THI indeksa dobijenog pomoću dva načina merenja. Testirana je i vrednost i varijabilnost regresionog parametra b u linearnoj jednačini ($THI_{\text{objekat}}=a+bTHI_{\text{zavoda}}$). Primenjena je Pearsonova korelacija.

4.3. Uticaj toplotnog stresa na produktivne i zoohigijenske parametre na farmi – THI je izmeren kao što je ranije rečeno, tokom 2017. godine. Vrednost THI je bila nezavisna varijabla. Ispitana je njena linearna povezanost sa mesečnim prosecima proizvodnje mleka, dužinom servis perioda kod krava oteljenih u različitim mesecima, kvalitetom vazduha izmerenog u različitim mesecima i temperaturom površine tela (vime i oko) dobijenih merenjem

termovizijskom kamerom. Korišćena je Spearmanova korelacija i regresiona analiza za prostu jednačinu u obliku $Y=a+bX$.

Merenje dobrobiti na farmi krava vršeno je prema protokolu *Welfare Quality® scoring system* u termoneutralnom periodu i tokom toplotnog stresa. Na farmi su uzete mere i pomoću softvera izračunati su skorovi za kriterijume i principe (Tabela 3) i prikazana je njihova razlika u termoneutralnom period i tokom delovanja toplotnog stresa u letnjoj sezoni. Razlike u vrednostima mera i kriterijuma prikazane su tabelarno. Vrednosti skorova četiri principa u termoneutralnom period i toplotnom stresu prikazane su kao pozicija na distribuciji frekvencije vrednosti skorova principa dobijenih merenjem na više stotina evropskih farmi u proteklim godinama. Distribucija se generiše iz baze podataka na sajtu na kom se vrši izračunavanje vrednosti dobrobiti prema *Welfare Quality® scoring* sistemu (<http://www1.clermont.inra.fr/wq/index.php?id=farms>), a cilj ovakvog predstavljanja je da se uvidi kako se menja ocena dobrobiti farme u funkciji letnjeg toplotnog stresa. Na osnovu vrednosti četiri principa ispitana je razlika u oceni ukupne dobrobiti farme dobijene na osnovu merenja u termoneutralnom periodu i tokom postojanja visokih ambijentalnih temperatura.

Tabela 3. Principi kriterijumi i mere dobrobiti koji se ocenjuju na farmama krava

| Princip | Kriterijumi | Mere koje se utvrđuju na farmi |
|---------------------|---|---|
| DOBRA ISHRANA | 1-Sloboda od gladi 2-Sloboda od žeđi | Ocena telesne kondicije Ocena vode, vodotoka i napajanje |
| DOBAR SMEŠTAJ | 3-Komfor tokom odmora 4-Termalni komfor 5-Lakoća kretanja | U kom delu objekta odmaraju, koliko ih leži, čistoća vimena... Prostor,dimenzije vrata, prostor za ustajanje... |
| DOBRO ZDRAVLJE | 6-Sloboda od povreda 7-Sloboda od bolesti 8-Sloboda od bola | Povrede kože i šepavost Distokija, Iscedak iz oka, iscedak iz nosa, otežana respiracija, dijareja, mastitis i SCC, mortalitet, ležeće krave... Dekornuacija, kastracija, sečenje repa, analgetici |
| ADEKVATNO PONAŠANJE | 9-Ispolj.soc.ponašanja 10-Ispolj.drugih obl.ponaš. 11-Dobri odnosi čovek-živ. 12-Pozitivni emocionalni stat. | Agonističko ponašanje Boravak na pašnjaku Distanca (avoidance test) Kvalitativna merenja (opuštena, aktivna, pasivna, apatična...) |

4.4. Ispitivanje povezanosti proizvodnje mleka i metaboličke adaptacije krava u toplotnom stresu – Meteorološki uslovi: Oglad je izvršen 2017.godine i opisani su hidrometeorološki uslovi za 2017.godinu, sa izračunatim THI indeksima. Životinje: U ogled je uključeno 30 krava Holštajn-frizijske rase. Krv je uzeta u termoneutralnom periodu (maj) i tokom

toplotnog stresa ($THI > 70$) (jul). Proizvodnja mleka (L/dan) je beležena svakodnevno, a podaci su dobijeni iz farmskog softvera.

Uzorkovanje i laboratorijska analiza: Krv je uzeta od svih krava venepunkcijom *v.coccigea*. Koncentracija insulina određena je standardnim ELISA kitom (Mercodia i Cusabio) na čitaču tipa (Rayto). Koncentracija NEFA i glukoze određena je spektrofotometrijskim metodama, pomoću standardnih kitova (Randox) i spektrofotometra proizvođača Rayto. Vrednost RQUICKI indeksa određena je prema formuli $RQUICKI = 1 / [\log (glukoza \text{ mg/dL}) + \log (insulin \text{ } \mu\text{U/mL}) + \log (NEFA \text{ mmol/l})]$. Određen je odnos insulin:NEFA i insulin:glukoza.

Statistika: Ispitana je statistika razlika u vrednosti koncentracije insulina, glukoze, NEFA i indeksa u termoneutralnom periodu i toplotnom stresu pomoću t-testa. Krave su potom klasifikovane na osnovu intenziteta u padu proizvodnje mleka na tri grupe: krave sa malim padom u proizvodnji mleka (ispod donjeg kvartila), krave sa velikim padom u proizvodnji mleka (iznad gornjeg kvartila) i krave sa umerenim padom u proizvodnji mleka (kvartili oko medijalnog). Deskriptivno je prikazano u kom procentu se menjaju vrednosti metabolita i indeksa u toplotnom stresu u odnosu na termoneutralni period u funkciji stepena opadanja proizvodnje mleka. Određena je korelacija između promena u proizvodnji mleka i promena u vrednosti metaboličkih parametara. Određena je granična vrednost metaboličkih promena kod krava, koje će sa približno 90% specifičnosti detektovati krave visokim padom u proizvodnji mleka (pad iznad gornjeg kvartila), što je urađeno pomoću 2×2 tabela za svaku od ispitivanih vrednosti.

4.5. Povezanost THI indeksa i metaboličkih parametara sa proizvodnjom mleka kod krava u toplotnom stresu (interakcija faktora) – Životinje: U ogled je uključeno 30 krava Holštajn-frizijske rase. Prosečna proizvodnja mleka je bila 7,995 L po kravi u poslednjoj laktaciji. Sve životinje su bile u srednjoj laktaciji i u optimalnom fizičkom stanju. Životinje su držane pod istim uslovima i hranjene istim mešovitim obrocima, koji sadrže: seno lucerke, kukuruznu silažu (30% suve materije, DM) i koncentrat (18% sirovog proteina, CP). Hemijski sastav korišćene TMR ishrane bio je u skladu sa zahtevima o ishrani visokomlečnih krava (Nutrient Requirements of Dairy cattle).

Merenje THI (temperature-humidity index): Toplotni stress ispitivanih životinja baziran je na vrednosti THI indexa koja je izračunata po formuli (Kibler, 1964): $THI = 1.8T_a - (1 - RH)(T_a - 14.3) + 32$; gde je izmerena ambijentalna temperatura izražena u $^{\circ}\text{C}$, i RH- relativna

vlažnost vazduha izražena u procentima. THI vrednost je merena 0 dana (termoneutralni period), 7 i 14 dana nakon izlaganja životinja toplotnom stresu.

Proizvodnja mleka: Merenje: Izmužište na farmi je po tipu riblje kosti sa automatskim uređajima za merenje količine mleka. Krave su izmuzane dva puta dnevno a količina mleka je izražena u formi kravi/litar/dan.

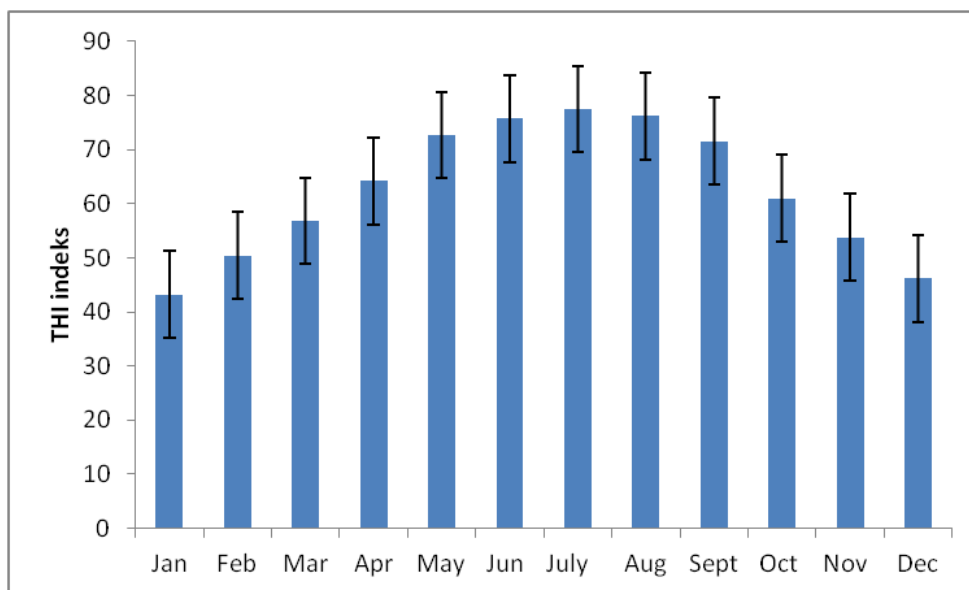
Uzorkovanje i laboratorijska analiza: Uzorci krvi su uzeti venepunkcijom iz repne vene 0 dana , 7 i 14 dana nakon izlaganja toplotnom stresu. Krv je uzeta pre jutarnjeg hranjenja da bi se izbegle postprandijalne metaboličke promene. Nakon laboratorijske analize utvrđene su sledeće vrednosti parametara: glukoza (kit Biosystem, Es), NEFA (kit Randox, UK), insulin (kit Cusabio, Ch) i TNF- α (kit Cloud-Clone Corp., US). Rezultati su mereni biohemijским i ELISA uređajem (Rayto, Ch). Vrednosti insulinske osetljivosti/rezistencije T je mereno preko RQUICKI indexa i odnosa glukoza/insulin (G:I) odnos. RQUICKI index je računat po formuli: $RQUICKI = 1 / [\log(\text{glukoza mg/dL}) + \log(\text{insulin } \mu\text{U/mL}) + \log(\text{NEFA mmol/l})]$.

Statistika: Efekti toplotnog stresa na produkciju mleka i metaboličku adaptaciju su izračunati koristeći ANOVA metodu i poredeći vrednosti parametara dobijenih 0 dana, 7 i 14 dana nakon izlaganja toplotnom stresu. Ispitivana je takođe, upotrebljivost više modela regresije za procenu proizvodnje mleka. Regresiona analiza je izvršena korišćenjem zbira uzoraka dobijenih 0, 7 i 14 dana merenja ($N = 30 \times 3 = 90$). Nezavisne varijable za regresionu analizu inicijalno su uključivale THI, dok je 6 tipova modela višestruke regresije kasnije uključilo sledeće metaboličke varijable: a) THI + glukoza, b) THI + NEFA, c) THI + insulin, d) THI + RQUICKI, e) THI + G: I, f) THI + TNF-a i g) THI + značajni metabolički parametri iz modela a-f. Utvrđena je ukupna statistička značajnost primenjenih modela, kao i svake varijable posebno kao i varijanse proizvodnje mleka. Značajnost razlike između dva koeficijenta korelacije izračunata je korišćenjem Fisher r-to-z transformacije. Rezultati višestruke regresije prikazani su pomoću dijagrama rasipanja, ukazujući na predviđene vrednosti proizvodnje mleka na k-osi i izmerene vrednosti proizvodnje mleka na i-osi. Uticaj metaboličkih parametara kao kontrolnog faktora na odnos proizvodnje mleka i THI određen je parcijalnom korelacijom. Scatter dijagrami pokazuju linearne linije regresije između vrednosti parametara pre i posle isključenja metaboličkih parametara kao kontrolnog faktora (kao rezidualna korelacija). Za statističku obradu korišćen je SPSS (IBM) softver.

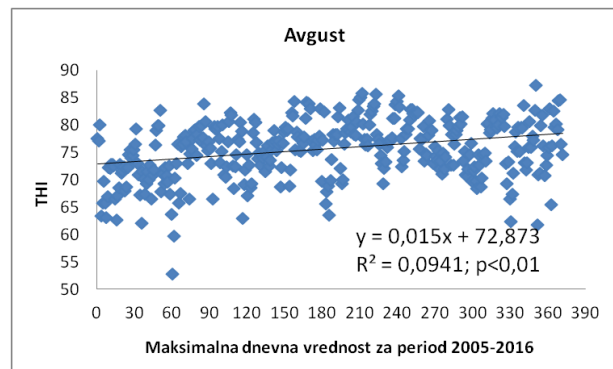
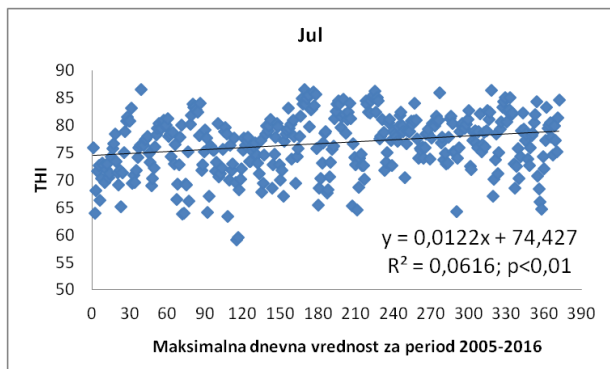
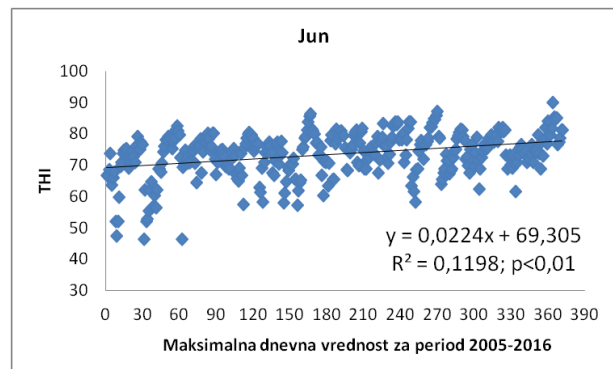
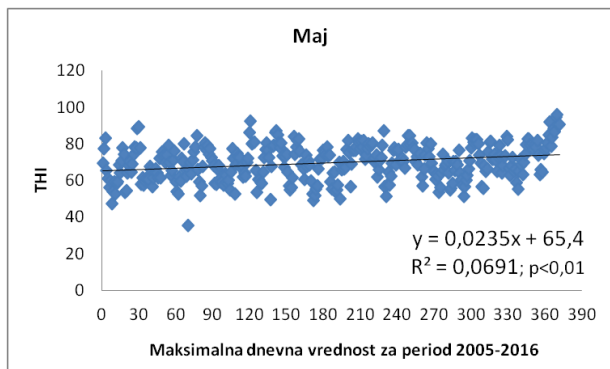
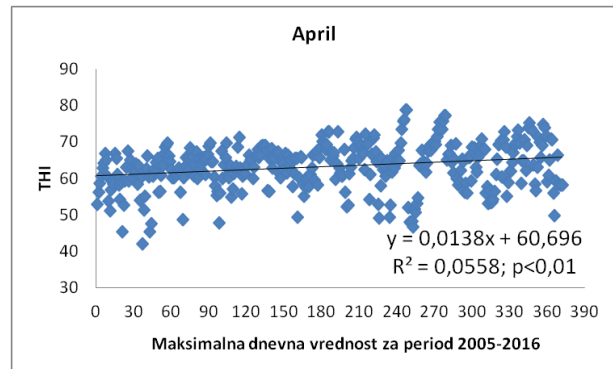
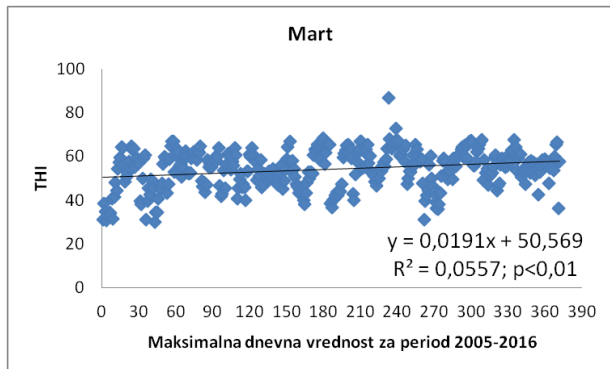
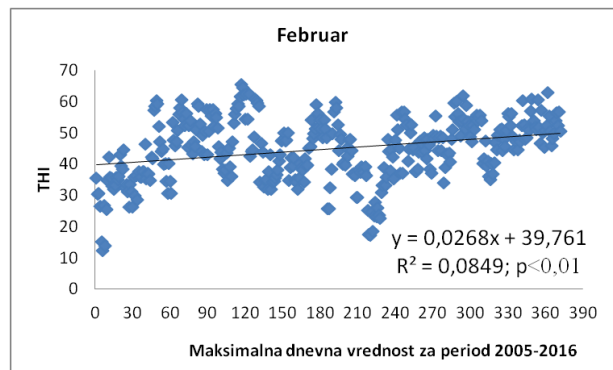
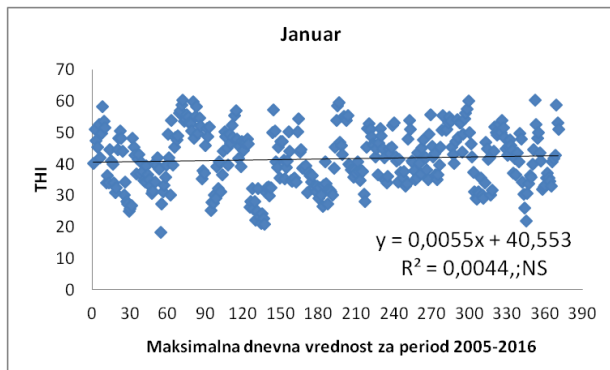
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

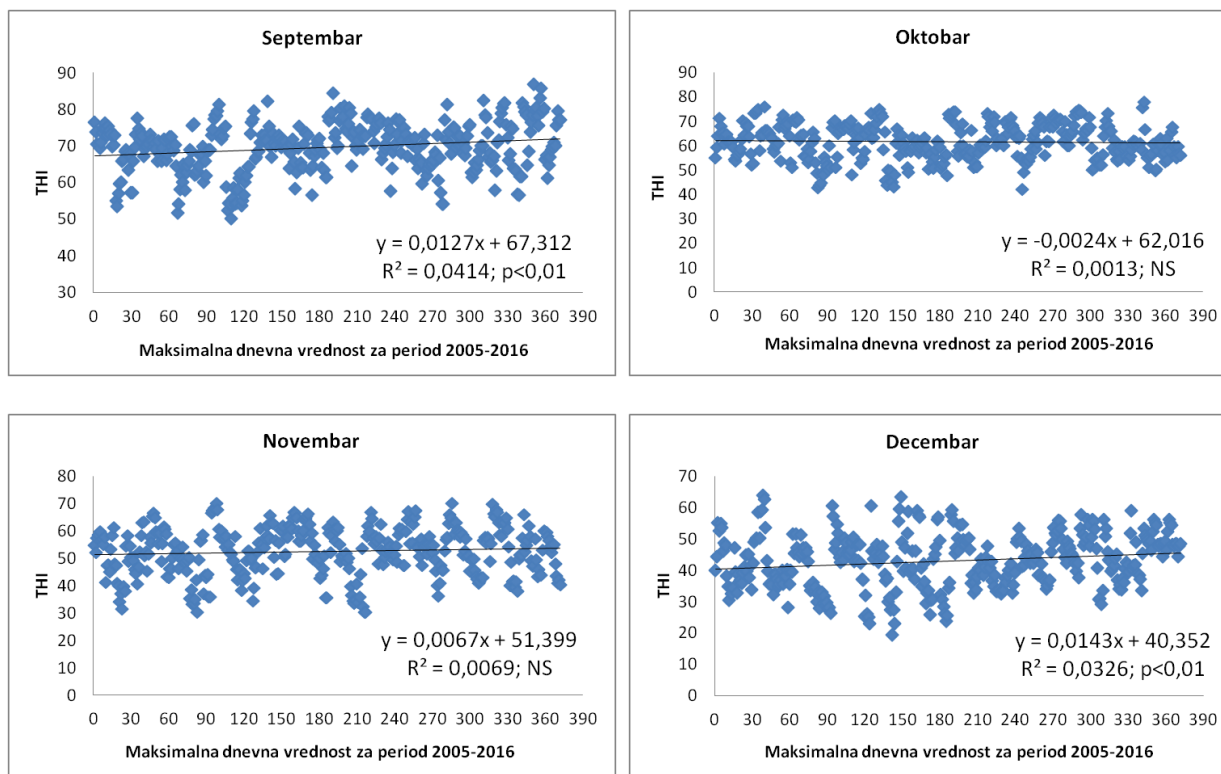
5.1. THI indeks i njegove vrednosti na teritoriji Vojvodine za period 2005-2016 –

Rezultati pokazuju da je vrednost THI bila u rasponu od 40,3 u januaru do 77,5 u julu mesecu. Prosečna maksimalna vrednost THI u periodu od 2005-2016 ukazuje na postojanje toplotnog stresa za mesece maj, jun, jul i avgust. U periodu od 2005-2016 godine, nađen je pozitivan linearni trend vrednosti THI izmerene u najtoplijem delu dana. U svakom mesecu postoji statistički značajan pozitivan linearan trend porasta vrednosti THI, osim u januaru, oktobru i novembru. Regresione linije, koeficijenti determinacije i regresione jednačine prikazane su na grafikonu 2-13.



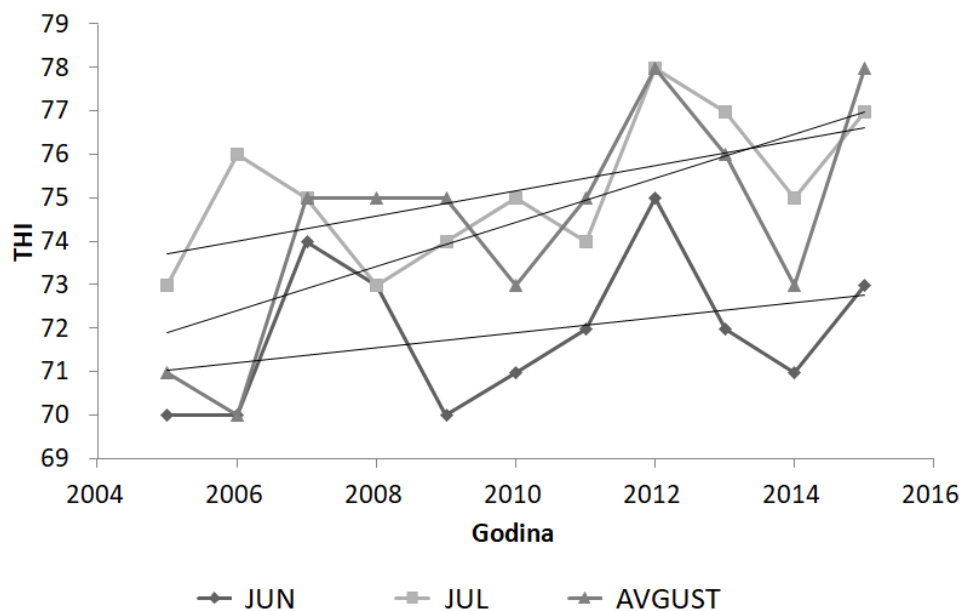
Grafikon 1: Kretanje THI indeksa kroz mesece





Grafikon 2-13: Trend promene vrednosti THI u periodu 2005-2016 za svaki mesec. U svakom mesecu postoji statistički značajan pozitivan linearan trend porasta vrednosti THI, osim u januaru, oktobru i novembru.

Rezultati istraživanja pokazuju da srednja vrednost THI indeksa izmerena u 14 časova u najtoplijem delu dana prevazilazi vrednost 72, koja se smatra gornjom granicom termalnog komfora kod krava. Linearna regresiona jednačina pokazuje da od 2005 do 2016 godine, postoji trend porasta srednjeg maksimalnog THI indeksa u sva tri letnja meseca: jun- $y = 0,17x - 275,27$ (porast za oko 0,17 godišnje), jul- $y = 0,29x - 509,55$ (porast za oko 0,29 godišnje) i avgust- $y = 0,51x - 948,82$ (porast za oko 0,51 godišnje) (Grafikon 14). Broj dana u kojima je THI indeks izvan termalnog komfora krava duže od 12 časova dnevno je u porastu od 2005 godine do danas (Tabela 4). U 2007. i 2012 godini postojale su izuzetno negativni uslovi u kojima je THI indeks bio iznad optimuma više od 12 sati dnevno.



Grafikon 14: Originalne vrednosti i trend srednje maksimalne vrednosti THI indeksa u periodu 2005-2016

Tabela 4: Broj dana sa THI>72 u trajanju >12časoVA/dan

| Godina | Jun | Jul | Av gust |
|--------|-----|-----|---------|
| 2005 | 1 | 10 | 2 |
| 2006 | 3 | 2 | 3 |
| 2007 | 20 | 2 | 11 |
| 2008 | 2 | 10 | 4 |
| 2009 | 5 | 12 | 5 |
| 2010 | 2 | 15 | 8 |
| 2011 | 6 | 16 | 12 |
| 2012 | 22 | 25 | 14 |
| 2013 | 4 | 24 | 15 |
| 2014 | 5 | 19 | 4 |
| 2015 | 2 | 19 | 16 |
| 2016 | 2 | 11 | 12 |

Ispitan je uticaj regije na vrednosti THI indeksa. Rezultati ispitivanja pokazuju da vrednost THI indeksa izmeren u 7, 14 i 21 čas u 7 regija Vojvodine (merna mesta Vršac, Zrenjanin, Kikinda, Palić, Sombor Rimski Šančevi i Sremska Mitrovica) ne pokazuje statistički značajnu razliku. To znači da se regija Vojvodine može posmatrati kao jedinstvena celina prilikom ispitivanja toplotnog stresa. Originalne vrednosti prikupljene za period 2005-2015. prikazane su na sledećim tabelama.

Tabela 5: Vrednosti temperature, vlažnosti vazduha, dužine insolacije i THI indeksa izmerenih u 7,14 i 21 čas u mernoj tački Vršac

| | | VRŠAC | | | | | | | | | | | |
|------|--------|-------------|------|------|----------|--------------------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|----------|
| | | Temperatura | | | | Relativna vlažnost | | | Insolacija | THI | | | |
| | | 7h | 14h | 21h | Maksimum | 7h | 14h | 21h | | 7h | 14h | 21h | Maksimum |
| 2005 | maj | 15,6 | 21,2 | 15,8 | 30,6 | 80 | 59 | 81 | 247,8 | <68 | <68 | <68 | 81 |
| 2005 | jun | 18 | 23,7 | 18 | 31,2 | 77 | 54 | 75 | 293,5 | <68 | 70 | <68 | 81 |
| 2005 | jul | 20,4 | 26,8 | 21 | 35,1 | 81 | 55 | 79 | 294,7 | <68 | 75 | <68 | 86 |
| 2005 | avgust | 18,6 | 24,2 | 19,3 | 34 | 89 | 65 | 86 | 214,9 | <68 | <68 | <68 | 86 |
| 2006 | maj | 15,3 | 21,5 | 15,2 | 31,1 | 73 | 48 | 71 | 251,5 | <68 | 68 | <68 | 80 |
| 2006 | jun | 18,4 | 24,5 | 18 | 35 | 78 | 54 | 81 | 264,1 | <68 | <68 | <68 | 86 |
| 2006 | jul | 21,9 | 28,8 | 21,5 | 34,6 | 70 | 42 | 70 | 337,6 | 70 | 75 | <68 | 87 |
| 2006 | avgust | 19,2 | 24,5 | 19,1 | 35 | 80 | 60 | 79 | 228,4 | <68 | 73 | <68 | 91 |
| 2007 | maj | 16,8 | 23,3 | 17,6 | 30,6 | 75 | 51 | 71 | 265,1 | <68 | 70 | <68 | 79 |
| 2007 | jun | 21 | 27,8 | 20,9 | 36,2 | 70 | 44 | 68 | 324,7 | 68 | 75 | 68 | 85 |
| 2007 | jul | 22,8 | 30,7 | 22,5 | 42,2 | 59 | 33 | 57 | 378,6 | 70 | 77 | 69 | 89 |
| 2007 | avgust | 21,1 | 29,1 | 22,2 | 39,2 | 74 | 43 | 65 | 292 | 68 | 75 | 69 | 89 |
| 2008 | maj | 16,5 | 23,3 | 16 | 34,4 | 79 | 49 | 78 | 296,9 | <68 | 70 | <68 | 84 |
| 2008 | jun | 20,1 | 27 | 19,9 | 34,9 | 79 | 49 | 80 | 303,6 | <68 | 75 | <68 | 85 |
| 2008 | jul | 20,6 | 27,4 | 20,5 | 36,2 | 74 | 46 | 73 | 323,6 | <68 | 75 | <68 | 85 |
| 2008 | avgust | 21,1 | 29,6 | 22 | 38,3 | 70 | 39 | 63 | 345,7 | 70 | 77 | 69 | 87 |
| 2009 | maj | 16,1 | 23,5 | 16,5 | 31,4 | 82 | 49 | 82 | 297,4 | <68 | 70 | <68 | 80 |
| 2009 | jun | 19,7 | 24,4 | 18,8 | 33,3 | 78 | 56 | 80 | 249,6 | <68 | 72 | <68 | 84 |
| 2009 | jul | 20,7 | 28,3 | 20,9 | 34,1 | 74 | 45 | 74 | 356,9 | <68 | 80 | <68 | 82 |
| 2009 | avgust | 20,6 | 28,8 | 21,3 | 34,8 | 75 | 43 | 69 | 289,6 | <68 | 75 | <68 | 83 |
| 2010 | maj | 16,1 | 20,9 | 15,9 | 28,5 | 78 | 60 | 81 | 189,8 | <68 | <68 | <68 | 78 |
| 2010 | jun | 19,4 | 25 | 19,1 | 34 | 82 | 58 | 85 | 231,6 | <68 | 73 | <68 | 84 |
| 2010 | jul | 21,4 | 27,8 | 21,1 | 34 | 80 | 53 | 81 | 298,4 | 70 | 76 | 79 | 84 |
| 2010 | avgust | 20,3 | 28,4 | 20,6 | 34,7 | 82 | 50 | 79 | 331 | 69 | 77 | <68 | 84 |
| 2011 | maj | 14,9 | 21,9 | 15,3 | 28,7 | 75 | 50 | 75 | 241,3 | <68 | 68 | <68 | 76 |
| 2011 | jun | 19,8 | 26,1 | 19,4 | 33 | 71 | 47 | 74 | 284 | <68 | 73 | <68 | 81 |
| 2011 | jul | 14,9 | 21,5 | 27,2 | 37 | 70 | 51 | 71 | 286,3 | <68 | 68 | 77 | 88 |
| 2011 | avgust | 13,6 | 23 | 29,1 | 37,5 | 71 | 41 | 67 | 340 | <68 | 68 | 80 | 85 |
| 2012 | maj | 15,5 | 22,2 | 16,5 | 31,6 | 92 | 52 | 76 | 259,7 | 68 | 68 | <68 | 80 |
| 2012 | jun | 22,1 | 28,7 | 22,7 | 34,9 | 64 | 42 | 64 | 364,5 | 69 | 75 | 70 | 84 |
| 2012 | jul | 23,7 | 31,4 | 24,4 | 36,7 | 64 | 39 | 59 | 380,9 | 71 | 79 | 72 | 85 |
| 2012 | avgust | 19,9 | 30,6 | 21,2 | 37,9 | 69 | 32 | 61 | 375,8 | <68 | 77 | <68 | 84 |
| 2013 | maj | 17,4 | 23,2 | 18 | 31,6 | 67 | 47 | 65 | 226,5 | <68 | 68 | <68 | 80 |
| 2013 | jun | 18,9 | 25,4 | 19,2 | 35,7 | 79 | 53 | 79 | 254,2 | <68 | 73 | <68 | 86 |
| 2013 | jul | 20,5 | 28,9 | 20,3 | 38,2 | 71 | 40 | 73 | 374,7 | <68 | 75 | <68 | 86 |
| 2013 | avgust | 21,5 | 30,2 | 22,6 | 37,5 | 69 | 39 | 64 | 328,3 | 69 | 77 | 70 | 85 |
| 2014 | maj | 15,6 | 20,8 | 15,4 | 29,1 | 78 | 58 | 78 | 230,4 | <68 | <68 | <68 | 78 |
| 2014 | jun | 18,7 | 25,2 | 18,1 | 33 | 76 | 50 | 79 | 263,4 | <68 | 71 | <68 | 82 |
| 2014 | jul | 20,5 | 27,1 | 21,2 | 33 | 82 | 54 | 79 | 279,9 | 69 | 75 | 69 | 83 |
| 2014 | avgust | 20 | 27 | 20,7 | 34,2 | 82 | 53 | 80 | 293,7 | <68 | 75 | <68 | 84 |
| 2015 | maj | 16,4 | 22,8 | 16,9 | 30,8 | 81 | 52 | 76 | 241,7 | <68 | 70 | <68 | 80 |
| 2015 | jun | 19,5 | 25,9 | 19,9 | 33,7 | 77 | 52 | 76 | 269,7 | <68 | 74 | <68 | 83 |
| 2015 | jul | 32,1 | 31,1 | 23,6 | 37,7 | 66 | 36 | 61 | 366,4 | 84 | 77 | 70 | 85 |
| 2015 | avgust | 22,7 | 31,5 | 24,7 | 37,2 | 64 | 36 | 57 | 281,4 | 70 | 78 | 72 | 84 |

Tabela 6: Vrednosti temperature, vlažnosti vazduha, dužine insolacije i THI indeksa izmerenih u 7,14 i 21 čas u mernoj tački Zrenjanin

| | | ZRENJANIN | | | | | | | | | | | |
|------|--------|-------------|------|------|----------|--------------------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|----------|
| | | Temperatura | | | | Relativna vlažnost | | | Insolacija | THI | | | |
| | | 7h | 14h | 21h | Maksimum | 7h | 14h | 21h | | 7h | 14h | 21h | Maksimum |
| 2005 | maj | 15,5 | 21,5 | 16,1 | 32,7 | 78 | 56 | 75 | 259,5 | <68 | <68 | <68 | 83 |
| 2005 | jun | 17,5 | 24,2 | 18,4 | 32,2 | 79 | 52 | 73 | 303 | <68 | 73 | <68 | 81 |
| 2005 | jul | 19,9 | 26,4 | 20,9 | 34,9 | 83 | 56 | 81 | 296,8 | <68 | 75 | <68 | 86 |
| 2005 | avgust | 17,9 | 24,2 | 18,7 | 32,6 | 90 | 63 | 90 | 197,2 | <68 | 72 | <68 | 84 |
| 2006 | maj | 14,5 | 21,4 | 15,3 | 31,7 | 80 | 53 | 77 | 248,1 | <68 | <68 | <68 | 81 |
| 2006 | jun | 18,1 | 23,7 | 18,8 | 34,4 | 85 | 61 | 85 | 249,5 | <68 | 72 | <68 | 83 |
| 2006 | jul | 22,4 | 29,3 | 22,1 | 34,5 | 77 | 45 | 75 | 338,3 | 70 | 77 | 70 | 83 |
| 2006 | avgust | 17,8 | 24,5 | 19,1 | 34,4 | 88 | 60 | 84 | 215,9 | <68 | 72 | <68 | 86 |
| 2007 | maj | 16,4 | 23,5 | 17,4 | 31 | 79 | 54 | 76 | 261,7 | <68 | 70 | <68 | 81 |
| 2007 | jun | 20,3 | 27,2 | 21,5 | 35,6 | 82 | 51 | 76 | 318,5 | <68 | 75 | 70 | 86 |
| 2007 | jul | 21,2 | 30,2 | 22,3 | 42,9 | 69 | 40 | 65 | 352,1 | <70 | 77 | 69 | 93 |
| 2007 | avgust | 19,8 | 29,3 | 22,4 | 38,8 | 82 | 45 | 70 | 282,6 | <68 | 76 | 70 | 89 |
| 2008 | maj | 15,7 | 23,9 | 16,9 | 35,2 | 78 | 47 | 73 | 299,8 | <68 | 70 | <68 | 85 |
| 2008 | jun | 20 | 26,9 | 21,2 | 35,1 | 79 | 51 | 77 | 285,2 | <68 | 75 | <68 | 85 |
| 2008 | jul | 19,8 | 27,2 | 21,5 | 35,6 | 78 | 50 | 70 | 300,8 | <68 | 75 | <69 | 86 |
| 2008 | avgust | 19,6 | 29,3 | 21,7 | 38,6 | 74 | 41 | 62 | 324 | <68 | 76 | <68 | 87 |
| 2009 | maj | 16,1 | 24,2 | 17,5 | 32 | 77 | 45 | 70 | 291,1 | <68 | 70 | <68 | 80 |
| 2009 | jun | 18 | 24,5 | 19,1 | 33,6 | 83 | 57 | 80 | 247,7 | <68 | 74 | <68 | 85 |
| 2009 | jul | 20,7 | 28,8 | 21,8 | 35,5 | 80 | 46 | 76 | 349,6 | <68 | 81 | 70 | 82 |
| 2009 | avgust | 20,1 | 29,2 | 21,7 | 35,5 | 79 | 44 | 71 | 306,7 | <68 | 76 | 70 | 85 |
| 2010 | maj | 15,2 | 20,9 | 16,1 | 28,4 | 86 | 61 | 84 | 180,7 | <68 | <68 | <68 | 78 |
| 2010 | jun | 18,8 | 24,8 | 19,8 | 34,5 | 85 | 62 | 85 | 244,2 | <68 | 73 | <68 | 86 |
| 2010 | jul | 21,3 | 28,4 | 22 | 34,2 | 84 | 54 | 82 | 314,6 | <68 | 77 | 70 | 85 |
| 2010 | avgust | 19,2 | 27,8 | 20,8 | 36,2 | 88 | 51 | 85 | 325,3 | <68 | 75 | <68 | 86 |
| 2011 | maj | 14,4 | 22 | 15,6 | 29,2 | 81 | 53 | 76 | 267,8 | <68 | 69 | <68 | 77 |
| 2011 | jun | 19,5 | 26,1 | 19,8 | 33 | 77 | 50 | 76 | 284 | <68 | 73 | <68 | 82 |
| 2011 | jul | 20,4 | 26,9 | 21,4 | 36,8 | 78 | 52 | 74 | 289,8 | <68 | 75 | 70 | 88 |
| 2011 | avgust | 19,9 | 29,4 | 21,8 | 38 | 78 | 44 | 69 | 338,4 | <68 | 77 | 70 | 87 |
| 2012 | maj | 15,2 | 21,6 | 15,9 | 30,7 | 80 | 51 | 74 | 251,5 | <68 | 68 | <68 | 79 |
| 2012 | jun | 21 | 28,5 | 21,8 | 35,6 | 69 | 40 | 63 | 354,4 | <68 | 75 | 69 | 83 |
| 2012 | jul | 22,4 | 30,9 | 24,4 | 36,9 | 69 | 40 | 59 | 350,1 | 70 | 77 | 72 | 85 |
| 2012 | avgust | 20,3 | 31,7 | 22,8 | 39,6 | 63 | 29 | 49 | 364,3 | <68 | 78 | 69 | 85 |
| 2013 | maj | 15,8 | 22,2 | 16,6 | 31,3 | 77 | 50 | 75 | 212,1 | <68 | 68 | <68 | 80 |
| 2013 | jun | 18,3 | 24,6 | 19,3 | 35,3 | 83 | 57 | 79 | 266,2 | <68 | 72 | <68 | 87 |
| 2013 | jul | 20 | 29 | 20,8 | 37,9 | 73 | 37 | 70 | 359,5 | <68 | 75 | <68 | 85 |
| 2013 | avgust | 20,2 | 29,9 | 21,9 | 37,3 | 73 | 40 | 65 | 302,8 | <68 | 77 | 69 | 85 |
| 2014 | maj | 14,3 | 20,6 | 15,5 | 29,4 | 86 | 60 | 83 | 224 | <68 | <68 | <68 | 80 |
| 2014 | jun | 18,5 | 25,2 | 19,2 | 34 | 80 | 52 | 77 | 273,1 | <68 | 72 | <68 | 84 |
| 2014 | jul | 19,9 | 27,2 | 21 | 33,1 | 90 | 56 | 84 | 292,1 | <68 | 75 | <68 | 83 |
| 2014 | avgust | 18,7 | 26,5 | 20,1 | 33,7 | 90 | 56 | 84 | 280,1 | <68 | 75 | <68 | 85 |
| 2015 | maj | 15,7 | 22,9 | 17,4 | 31,5 | 83 | 54 | 74 | 248,7 | <68 | 69 | <68 | 81 |
| 2015 | jun | 19 | 26,4 | 20,4 | 34,2 | 79 | 50 | 72 | 268,3 | <68 | 74 | <68 | 83 |
| 2015 | jul | 22,6 | 31,1 | 24,1 | 37,4 | 72 | 42 | 63 | 360,3 | 71 | 78 | 71 | 86 |
| 2015 | avgust | 21,2 | 31,2 | 24 | 38,4 | 76 | 40 | 63 | 288,7 | 68 | 78 | 71 | 87 |

Tabela 7: Vrednosti temperature, vlažnosti vazduha, dužine insolacije i THI indeksa izmerenih u 7,14 i 21 čas u mernoj tački Kikinda

| KIKINDA | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|-------------|------|-------|----------|--------------------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|----------|
| | | Temperatura | | | | Relativna vlažnost | | | Insolacija | THI | | | |
| | | 7h | 14h | 21h | Maksimum | 7h | 14h | 21h | | 7h | 14h | 21h | Maksimum |
| 2005 | maj | 15,1 | 21,4 | 16,3 | 32,2 | 78 | 55 | 72 | 272,7 | <68 | 68 | <68 | 82 |
| 2005 | jun | 17,7 | 24,3 | 19 | 32,7 | 76 | 48 | 78 | 307,4 | <68 | 71 | <68 | 82 |
| 2005 | jul | 19,8 | 26,7 | 21,1 | 34,9 | 82 | 51 | 77 | 294,7 | <68 | 75 | 70 | 85 |
| 2005 | avgust | 17,6 | 24,3 | 19,2 | 30,2 | 89 | 62 | 85 | 207,9 | <68 | 72 | <68 | 80 |
| 2006 | maj | 14,2 | 22,1 | 15,4 | 31,7 | 80 | 49 | 71 | 258,9 | <68 | 68 | <68 | 81 |
| 2006 | jun | 17,8 | 23,7 | 18,9 | 35,1 | 83 | 57 | 78 | 264,5 | <68 | 71 | <68 | 87 |
| 2006 | jul | 21,3 | 29,6 | 22,6 | 34,5 | 76 | 41 | 67 | 348,7 | 68 | 76 | 71 | 82 |
| 2006 | avgust | 17,4 | 24,1 | 19,1 | 33,9 | 87 | 58 | 81 | 220,5 | <68 | 71 | <68 | 85 |
| 2007 | maj | 16 | 23,2 | 17,5 | 30,3 | 75 | 51 | 71 | 282,5 | <68 | 69 | <68 | 79 |
| 2007 | jun | 20 | 27,6 | 21,3 | 34,5 | 80 | 45 | 73 | 316,5 | <68 | 74 | <70 | 83 |
| 2007 | jul | 20,5 | 29,6 | 22,5 | 40 | 71 | 37 | 62 | 350 | <68 | 76 | 70 | 89 |
| 2007 | avgust | 19,3 | 22,2 | 20,9 | 30 | 82 | 44 | 68 | 299,6 | <68 | 68 | <68 | 78 |
| 2008 | maj | 15,4 | 23,4 | 16,8 | 33,7 | 75 | 44 | 40 | 304,2 | <68 | 69 | <68 | 82 |
| 2008 | jun | 19,5 | 26,6 | 20,7 | 34,5 | 80 | 49 | 77 | 275,6 | <68 | 74 | <68 | 84 |
| 2008 | jul | 19,3 | 26,8 | 20,8 | 34,6 | 76 | 47 | 68 | 310,6 | <68 | 74 | <68 | 84 |
| 2008 | avgust | 19,9 | 29,1 | 21,5 | 38 | 75 | 37 | 60 | 339 | <68 | 75 | 69 | 86 |
| 2009 | maj | 15,7 | 23,9 | 17,3 | 32,1 | 71 | 41 | 62 | 301,6 | <68 | 69 | <68 | 79 |
| 2009 | jun | 18,2 | 24,6 | 18,7 | 32,8 | 77 | 51 | 74 | 262 | <68 | 71 | <68 | 82 |
| 2009 | jul | 20,6 | 28,9 | 22,,1 | 35,9 | 75 | 41 | 67 | 365,5 | <68 | 75 | 70 | 84 |
| 2009 | avgust | 19,6 | 28,9 | 21,4 | 34,6 | 78 | 42 | 68 | 316,3 | <68 | 75 | <70 | 82 |
| 2010 | maj | 15,3 | 20,5 | 15,8 | 28,1 | 84 | 61 | 81 | 191,5 | <68 | <68 | <68 | 77 |
| 2010 | jun | 18,7 | 24,3 | 19,5 | 34,3 | 82 | 61 | 82 | 245,5 | <68 | 72 | <68 | 86 |
| 2010 | jul | 21,3 | 28,3 | 22,1 | 34,6 | 81 | 52 | 79 | 307,9 | 68 | 76 | 70 | 85 |
| 2010 | avgust | 19,1 | 27,3 | 20,7 | 35,7 | 83 | 50 | 79 | 322,4 | <68 | 75 | <68 | 86 |
| 2011 | maj | 14,5 | 22 | 16 | 29,4 | 75 | 49 | 72 | 282,3 | <68 | 68 | <68 | 78 |
| 2011 | jun | 19,4 | 25,9 | 20,3 | 32,9 | 71 | 46 | 68 | 287,2 | <68 | 73 | <68 | 81 |
| 2011 | jul | 19,6 | 26,2 | 20,8 | 35,9 | 79 | 54 | 75 | 273,7 | <68 | 74 | <68 | 87 |
| 2011 | avgust | 19,4 | 28,7 | 21,5 | 36,4 | 77 | 44 | 68 | 344,5 | <68 | 76 | <70 | 86 |
| 2012 | maj | 15,3 | 21,4 | 16,4 | 30,4 | 77 | 53 | 71 | 261,3 | <68 | 68 | <68 | 79 |
| 2012 | jun | 20,8 | 28,4 | 21,5 | 35,1 | 69 | 41 | 65 | 342,3 | <68 | 75 | 69 | 83 |
| 2012 | jul | 22,2 | 30,5 | 24,2 | 37,1 | 69 | 41 | 58 | 345,9 | 69 | 77 | 71 | 85 |
| 2012 | avgust | 19,7 | 31 | 22,6 | 39,1 | 66 | 30 | 53 | 358,5 | <68 | 76 | 69 | 85 |
| 2013 | maj | 15,4 | 21,6 | 16,5 | 30,3 | 78 | 52 | 74 | 214,2 | <68 | 68 | <68 | 79 |
| 2013 | jun | 18,6 | 25 | 19,2 | 35 | 81 | 53 | 78 | 269 | <68 | 72 | <68 | 86 |
| 2013 | jul | 20,1 | 28,9 | 21,4 | 37,7 | 72 | 38 | 67 | 366,5 | <68 | 75 | <70 | 86 |
| 2013 | avgust | 20 | 29,3 | 22 | 36,5 | 73 | 40 | 63 | 301 | <68 | 75 | 69 | 85 |
| 2014 | maj | 14,2 | 20,5 | 15,1 | 28,5 | 82 | 54 | 77 | 230 | <68 | <68 | <68 | 77 |
| 2014 | jun | 18,4 | 25,3 | 18,9 | 33,9 | 73 | 44 | 68 | 284,7 | <68 | 71 | <68 | 82 |
| 2014 | jul | 19,9 | 27 | 21 | 33,3 | 83 | 51 | 77 | 297,8 | <68 | 75 | <68 | 83 |
| 2014 | avgust | 18,3 | 26,5 | 19,7 | 33,2 | 87 | 50 | 78 | 282,5 | <68 | 74 | <68 | 82 |
| 2015 | maj | 15 | 22,1 | 16,6 | 30,8 | 81 | 52 | 72 | 246,5 | <68 | 69 | <68 | 80 |
| 2015 | jun | 19,2 | 26,6 | 20 | 34,6 | 73 | 45 | 69 | 292,8 | <68 | 73 | <68 | 83 |
| 2015 | jul | 22,3 | 30,9 | 23,5 | 37,2 | 65 | 34 | 58 | 347,6 | 68 | 77 | 70 | 84 |
| 2015 | avgust | 20,8 | 30,6 | 23,4 | 37,7 | 73 | 40 | 64 | 279,1 | <68 | 77 | 71 | 86 |

Tabela 8: Vrednosti temperature, vlažnosti vazduha, dužine insolacije i THI indeksa izmerenih u 7,14 i 21 čas u mernoj tački Palić

| | | PALIĆ | | | | | | | | | | | |
|------|--------|-------------|------|------|----------|--------------------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|----------|
| | | Temperatura | | | | Relativna vlažnost | | | Insolacija | THI | | | |
| | | 7h | 14h | 21h | Maksimum | 7h | 14h | 21h | | 7h | 14h | 21h | Maksimum |
| 2005 | maj | 14,9 | 21,2 | 16,6 | 32,5 | 78 | 48 | 69 | 267,7 | <68 | 68 | <68 | 80 |
| 2005 | jun | 17,6 | 23,8 | 19 | 32 | 76 | 46 | 71 | 308,1 | <68 | 70 | <68 | 80 |
| 2005 | jul | 19,8 | 26,1 | 21,2 | 34 | 82 | 50 | 78 | 292 | <68 | 73 | 68 | 83 |
| 2005 | avgust | 17,5 | 23,5 | 19,4 | 31,3 | 89 | 60 | 84 | 203 | <68 | 70 | <68 | 81 |
| 2006 | maj | 14,3 | 20,6 | 15,1 | 31,1 | 80 | 47 | 75 | 238,7 | <68 | <68 | <68 | 79 |
| 2006 | jun | 18,2 | 23,5 | 19,4 | 34,2 | 79 | 52 | 75 | 265,2 | <68 | 70 | <68 | 84 |
| 2006 | jul | 21,6 | 28,9 | 22,7 | 34 | 76 | 41 | 71 | 337,2 | 70 | 75 | 71 | 81 |
| 2006 | avgust | 17,4 | 23,7 | 19,8 | 31,8 | 88 | 55 | 82 | 206,7 | <68 | 71 | <68 | 82 |
| 2007 | maj | 15,7 | 22,5 | 17,2 | 30,5 | 77 | 45 | 73 | 254,2 | <68 | 68 | <68 | 78 |
| 2007 | jun | 20,2 | 26,6 | 21,7 | 33 | 80 | 42 | 68 | 298,4 | <68 | 73 | 69 | 81 |
| 2007 | jul | 21,2 | 29,1 | 22,8 | 38,2 | 69 | 35 | 57 | 353,2 | 68 | 75 | 70 | 85 |
| 2007 | avgust | 19,3 | 28,8 | 22,3 | 36,6 | 81 | 36 | 63 | 300,8 | <68 | 75 | 69 | 84 |
| 2008 | maj | 15,1 | 23,1 | 17 | 32,5 | 76 | 37 | 65 | 294,9 | <68 | 68 | <68 | 79 |
| 2008 | jun | 19,8 | 25,9 | 20,8 | 33,8 | 78 | 44 | 71 | 281,8 | <68 | 73 | <68 | 82 |
| 2008 | jul | 19,6 | 26,2 | 21,1 | 33,5 | 77 | 42 | 64 | 304,7 | <68 | 72 | 68 | 81 |
| 2008 | avgust | 19 | 28,2 | 21,1 | 36,6 | 79 | 35 | 64 | 337,2 | <68 | 73 | 68 | 83 |
| 2009 | maj | 15,9 | 23,4 | 17,5 | 31,7 | 72 | 38 | 59 | 296,8 | <68 | 69 | <68 | 79 |
| 2009 | jun | 18,4 | 23,6 | 18,7 | 31,4 | 77 | 48 | 73 | 234,3 | <68 | 70 | <68 | 80 |
| 2009 | jul | 20,7 | 28,4 | 22,3 | 34 | 76 | 36 | 61 | 357,2 | <68 | 74 | 69 | 80 |
| 2009 | avgust | 19,6 | 28,2 | 21,6 | 34,3 | 80 | 39 | 65 | 302,7 | <68 | 74 | 69 | 82 |
| 2010 | maj | 15,2 | 19,9 | 16 | 27,6 | 86 | 58 | 83 | 176,3 | <68 | <68 | <68 | 76 |
| 2010 | jun | 18,7 | 24,2 | 19,6 | 33,8 | 84 | 56 | 82 | 241 | <68 | 71 | <68 | 85 |
| 2010 | jul | 21,5 | 27,5 | 22,3 | 34,6 | 84 | 49 | 78 | 316,2 | 70 | 75 | 70 | 84 |
| 2010 | avgust | 19,1 | 26,7 | 20,6 | 33 | 86 | 44 | 80 | 305,4 | <68 | 73 | <68 | 81 |
| 2011 | maj | 14,8 | 21,7 | 15,6 | 28,6 | 76 | 45 | 72 | 294,7 | <68 | 68 | <68 | 75 |
| 2011 | jun | 19,7 | 25,5 | 20,2 | 31,9 | 77 | 45 | 74 | 290,5 | <68 | 72 | <68 | 80 |
| 2011 | jul | 19,8 | 26,4 | 21,2 | 35,3 | 82 | 48 | 71 | 265 | <68 | 74 | 68 | 85 |
| 2011 | avgust | 19,9 | 29,4 | 22 | 37,6 | 81 | 34 | 66 | 349,5 | <68 | 75 | 69 | 85 |
| 2012 | maj | 15,4 | 21,9 | 16,3 | 30,8 | 78 | 44 | 71 | 262,1 | <68 | 68 | <68 | 79 |
| 2012 | jun | 20,8 | 27,6 | 21,6 | 35,6 | 70 | 39 | 62 | 336 | <68 | 74 | 69 | 83 |
| 2012 | jul | 21,9 | 30,1 | 24 | 37,5 | 70 | 36 | 55 | 354,9 | 70 | 76 | 71 | 85 |
| 2012 | avgust | 20,1 | 30,9 | 22,6 | 38,1 | 71 | 25 | 47 | 354,3 | <68 | 76 | 68 | 80 |
| 2013 | maj | 14,9 | 21 | 16,2 | 30,8 | 87 | 50 | 79 | 202,2 | <68 | <68 | <68 | 80 |
| 2013 | jun | 18,6 | 24,2 | 19,1 | 35,3 | 84 | 51 | 76 | 273 | <68 | 70 | <68 | 86 |
| 2013 | jul | 20,7 | 28,8 | 22,4 | 37 | 71 | 32 | 57 | 371,1 | <68 | 74 | 69 | 83 |
| 2013 | avgust | 19,8 | 29 | 22 | 37,5 | 78 | 37 | 65 | 308,2 | <68 | 75 | 69 | 84 |
| 2014 | maj | 14 | 20,1 | 15,1 | 28,2 | 87 | 49 | 80 | 228,5 | <68 | <68 | <68 | 75 |
| 2014 | jun | 18,6 | 24,5 | 19,5 | 34 | 71 | 42 | 62 | 289,4 | <68 | 70 | <68 | 81 |
| 2014 | jul | 20,3 | 26,7 | 21,3 | 31,6 | 85 | 45 | 75 | 302,2 | <68 | 73 | 70 | 80 |
| 2014 | avgust | 18,2 | 25,6 | 19,8 | 32,4 | 91 | 45 | 82 | 268,8 | <68 | 72 | <68 | 81 |
| 2015 | maj | 14,8 | 21,6 | 16,5 | 31,3 | 85 | 46 | 73 | 225,4 | <68 | 68 | <68 | 84 |
| 2015 | jun | 19,3 | 25,5 | 20,1 | 31,9 | 76 | 42 | 65 | 285,1 | <68 | 71 | <68 | 79 |
| 2015 | jul | 22,3 | 29,6 | 23,5 | 36,8 | 70 | 34 | 59 | 329,3 | 70 | 75 | 70 | 84 |
| 2015 | avgust | 20,8 | 29,4 | 22,5 | 36 | 84 | 38 | 71 | 270 | <68 | 76 | 71 | 84 |

Tabela 9: Vrednosti temperature, vlažnosti vazduha, dužine insolacije i THI indeksa izmerenih u 7,14 i 21 čas u mernoj tački Sombor

| | | SOMBOR | | | | | | | | | | | |
|------|--------|-------------|------|------|----------|--------------------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|----------|
| | | Temperatura | | | | Relativna vlažnost | | | Insolacija | THI | | | |
| | | 7h | 14h | 21h | Maksimum | 7h | 14h | 21h | | 7h | 14h | 21h | Maksimum |
| 2005 | maj | 14,9 | 21,6 | 15,9 | 33,2 | 75 | 46 | 66 | 261,6 | <68 | 68 | <68 | 81 |
| 2005 | jun | 17,6 | 24,1 | 18,6 | 32,4 | 70 | 44 | 64 | 295,4 | <68 | 70 | <68 | 80 |
| 2005 | jul | 19,3 | 25,8 | 20,1 | 34,7 | 80 | 49 | 76 | 272,3 | <68 | 73 | <68 | 85 |
| 2005 | avgust | 17,2 | 23,7 | 18,7 | 32,4 | 85 | 55 | 79 | 190 | <68 | 71 | <68 | 82 |
| 2006 | maj | 14,2 | 21,1 | 14,9 | 33 | 76 | 46 | 71 | 241,8 | <68 | <68 | <68 | 81 |
| 2006 | jun | 18,1 | 23,8 | 19 | 35,5 | 76 | 52 | 76 | 272,6 | <68 | 70 | <68 | 85 |
| 2006 | jul | 21,4 | 29,4 | 22 | 35 | 72 | 38 | 71 | 347,9 | 68 | 76 | 70 | 82 |
| 2006 | avgust | 17 | 24,1 | 18,4 | 33,8 | 82 | 50 | 78 | 204,5 | <68 | 70 | <68 | 83 |
| 2007 | maj | 16 | 24,2 | 17 | 32 | 71 | 41 | 70 | 260,2 | <68 | 69 | <68 | 79 |
| 2007 | jun | 20,5 | 27,4 | 20,6 | 34,9 | 70 | 39 | 70 | 297,2 | <68 | 74 | 68 | 83 |
| 2007 | jul | 21,4 | 30,2 | 21,4 | 40,3 | 57 | 29 | 58 | 347,2 | <68 | 75 | <68 | 87 |
| 2007 | avgust | 19 | 28,9 | 20,6 | 35,2 | 76 | 36 | 70 | 299,9 | <68 | 75 | 68 | 82 |
| 2008 | maj | 15,7 | 23,7 | 16,8 | 33,8 | 67 | 34 | 62 | 298,6 | <68 | 69 | <68 | 80 |
| 2008 | jun | 19,6 | 26,4 | 20,5 | 33,8 | 70 | 41 | 71 | 274,1 | <68 | 73 | <68 | 81 |
| 2008 | jul | 19,3 | 26,7 | 20,3 | 35,4 | 69 | 40 | 67 | 295,7 | <68 | 73 | <68 | 83 |
| 2008 | avgust | 18,5 | 28,4 | 20,1 | 37 | 75 | 34 | 66 | 338 | <68 | 75 | <68 | 84 |
| 2009 | maj | 16,1 | 23,4 | 17,1 | 32,1 | 66 | 37 | 59 | 291,2 | <68 | 68 | <68 | 79 |
| 2009 | jun | 17,7 | 24,3 | 17,8 | 33,2 | 71 | 43 | 73 | 245,4 | <68 | 70 | <68 | 81 |
| 2009 | jul | 20,5 | 28,6 | 21,3 | 36,6 | 68 | 33 | 60 | 361 | 67 | 74 | <68 | 83 |
| 2009 | avgust | 19,5 | 28,9 | 21,3 | 35,1 | 71 | 33 | 61 | 302,7 | <68 | 75 | <68 | 82 |
| 2010 | maj | 15 | 20,7 | 15,8 | 28,3 | 80 | 50 | 76 | 174,3 | <68 | <68 | <68 | 77 |
| 2010 | jun | 18,5 | 24,1 | 19,3 | 34,2 | 79 | 53 | 80 | 239,9 | <68 | 71 | <68 | 84 |
| 2010 | jul | 21 | 27 | 21,5 | 34,1 | 79 | 49 | 79 | 309 | 69 | 75 | 70 | 83 |
| 2010 | avgust | 18,5 | 26,9 | 19,5 | 34,2 | 85 | 43 | 83 | 305,5 | <68 | 73 | <68 | 82 |
| 2011 | maj | 14,5 | 21,4 | 15,5 | 30,3 | 81 | 52 | 73 | 270,6 | <68 | <68 | <68 | 79 |
| 2011 | jun | 19,2 | 25,2 | 19,6 | 33,3 | 81 | 50 | 76 | 288,6 | <68 | 72 | <68 | 83 |
| 2011 | jul | 19,6 | 26,5 | 20,4 | 36,1 | 83 | 52 | 76 | 277,4 | <68 | 74 | <68 | 86 |
| 2011 | avgust | 19,1 | 28,9 | 21 | 37 | 87 | 42 | 77 | 338,8 | <68 | 75 | 68 | 86 |
| 2012 | maj | 15,3 | 22,1 | 16,2 | 31,1 | 80 | 47 | 71 | 264,7 | <68 | 68 | <68 | 79 |
| 2012 | jun | 20,8 | 28 | 20,8 | 36,8 | 75 | 44 | 74 | 339,9 | 68 | 75 | 68 | 87 |
| 2012 | jul | 22,3 | 31 | 23,5 | 37,1 | 71 | 39 | 60 | 358,3 | 70 | 78 | 71 | 85 |
| 2012 | avgust | 20,2 | 31,9 | 22,1 | 39,9 | 69 | 28 | 50 | 372,2 | <68 | 78 | 68 | 86 |
| 2013 | maj | 14,9 | 21,3 | 15,4 | 31,6 | 90 | 57 | 86 | 224,4 | <68 | 68 | <68 | 82 |
| 2013 | jun | 18,6 | 24,9 | 19 | 35 | 86 | 53 | 81 | 286,2 | <68 | 72 | <68 | 86 |
| 2013 | jul | 20,9 | 29,2 | 21,6 | 38,7 | 74 | 37 | 68 | 371,7 | 68 | 77 | 69 | 88 |
| 2013 | avgust | 19,6 | 29,4 | 21,2 | 38,1 | 80 | 41 | 67 | 298 | <68 | 76 | 68 | 86 |
| 2014 | maj | 14,1 | 20,1 | 14,6 | 29 | 92 | 57 | 84 | 236,9 | <68 | 68 | <68 | 78 |
| 2014 | jun | 18,5 | 25,2 | 18,6 | 33,6 | 81 | 46 | 77 | 279,2 | <68 | 71 | <68 | 82 |
| 2014 | jul | 19,8 | 26,9 | 20,6 | 33,4 | 90 | 50 | 81 | 288,8 | 68 | 75 | 69 | 83 |
| 2014 | avgust | 18 | 26,1 | 18,9 | 32,8 | 93 | 47 | 84 | 266,8 | <68 | 73 | <68 | 82 |
| 2015 | maj | 15,3 | 22,3 | 16,4 | 31,4 | 85 | 53 | 76 | 237,2 | <68 | 68 | <68 | 81 |
| 2015 | jun | 19,2 | 25,8 | 19,2 | 33,3 | 79 | 47 | 73 | 275,6 | <68 | 73 | <68 | 82 |
| 2015 | jul | 21,9 | 30,1 | 22,2 | 36,6 | 79 | 41 | 71 | 325,6 | 70 | 77 | 70 | 85 |
| 2015 | avgust | 20,5 | 29,9 | 21,8 | 38,5 | 88 | 46 | 77 | 277,3 | 68 | 78 | 70 | 89 |

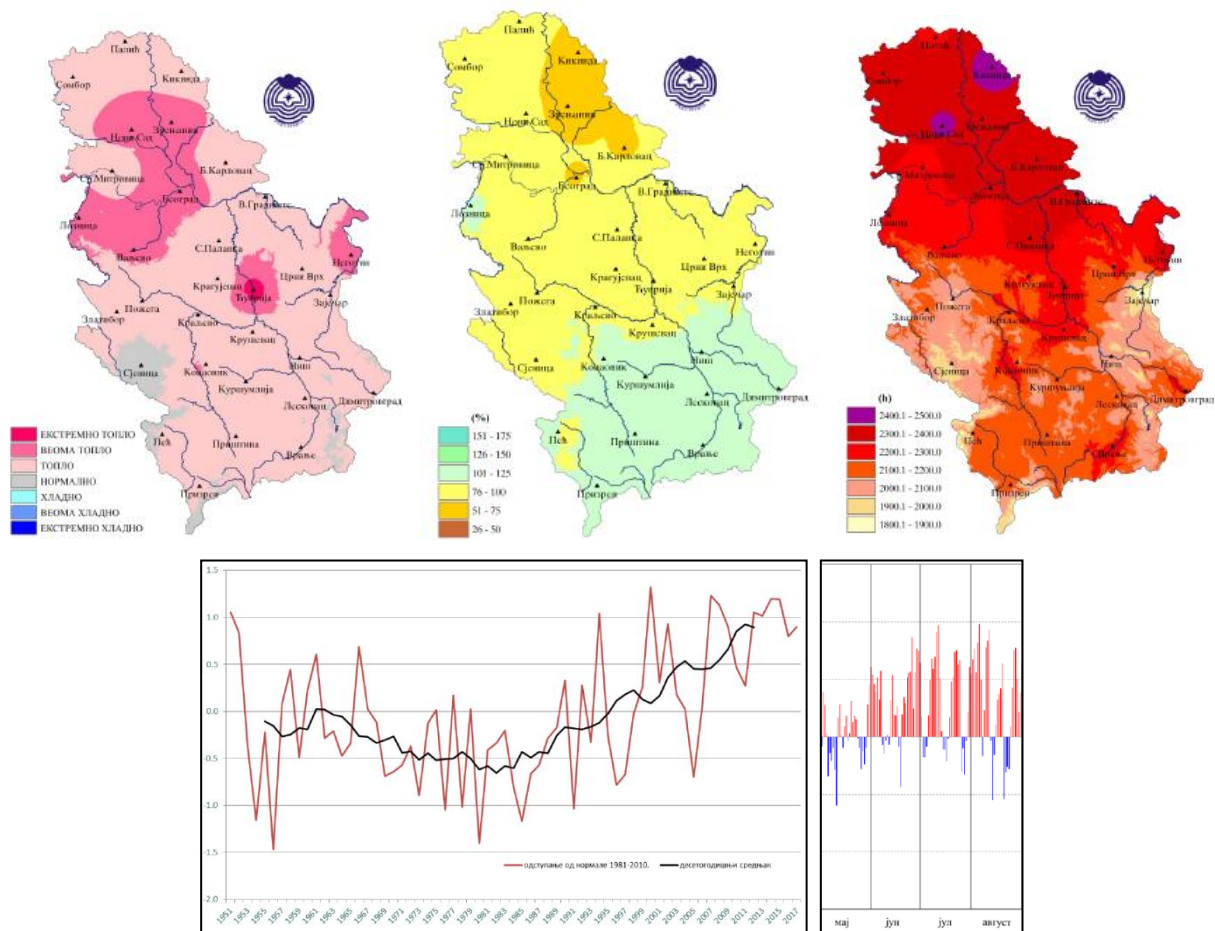
Tabela 10: Vrednosti temperature, vlažnosti vazduha, dužine insolacije i THI indeksa izmerenih u 7,14 i 21 čas u mernoj tački Rimski Šančevi

| RIMSKI ŠANČEVI | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|------|-------------|------|------|----------|--------------------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|----------|
| | | | Temperatura | | | | Relativna vlažnost | | | Insolacija | THI | | | |
| | | | 7h | 14h | 21h | Maksimum | 7h | 14h | 21h | | 7h | 14h | 21h | Maksimum |
| 2005 | maj | 15,1 | 21,4 | 16,1 | 32,4 | 29 | 78 | 52 | 74 | 276,8 | <68 | <68 | <68 | 82 |
| 2005 | jun | 17,3 | 23,7 | 18,3 | 31,6 | 26 | 77 | 53 | 75 | 311,2 | <68 | 71 | <68 | 81 |
| 2005 | jul | 19,5 | 25,8 | 20,1 | 34,4 | 31 | 86 | 60 | 87 | 291,7 | <68 | 74 | <68 | 86 |
| 2005 | avgust | 17,6 | 23,6 | 18,3 | 30,6 | 2 | 91 | 67 | 90 | 204,8 | <68 | 71 | 68 | 82 |
| 2006 | maj | 14,7 | 20,7 | 15,2 | 31,3 | 23 | 78 | 54 | 74 | 263,8 | <68 | <68 | <68 | 81 |
| 2006 | jun | 18 | 23,5 | 18,7 | 34,5 | 27 | 83 | 60 | 83 | 254,2 | <68 | 70 | <68 | 86 |
| 2006 | jul | 20,9 | 29,3 | 22,1 | 34,4 | 29 | 79 | 45 | 74 | 355,4 | 69 | 78 | 70 | 83 |
| 2006 | avgust | 17,4 | 23,9 | 18,6 | 33,8 | 1 | 89 | 62 | 85 | 216,4 | <68 | 71 | <68 | 86 |
| 2007 | maj | 16 | 23,2 | 17,3 | 30,5 | 15 | 77 | 52 | 75 | 264,9 | <68 | 69 | <68 | 79 |
| 2007 | jun | 20,2 | 26,6 | 20,7 | 36 | 25 | 81 | 54 | 79 | 311,7 | <68 | 75 | 69 | 87 |
| 2007 | jul | 20,8 | 29,6 | 21,4 | 41,6 | 24 | 72 | 42 | 72 | 352,7 | 68 | 77 | 68 | 91 |
| 2007 | avgust | 19 | 28,9 | 21,4 | 38 | 23 | 84 | 46 | 76 | 298,6 | <68 | 76 | 68 | 87 |
| 2008 | maj | 13,4 | 18,9 | 14,6 | 30,4 | 28 | 74 | 62 | 71 | 250 | <68 | <68 | <68 | 81 |
| 2008 | jun | 16,4 | 22,1 | 17,5 | 31,2 | 23 | 82 | 66 | 75 | 320 | <68 | 69 | <68 | 82 |
| 2008 | jul | 16,9 | 22 | 18,3 | 32,4 | 14 | 80 | 68 | 72 | 311 | <68 | 70 | <68 | 85 |
| 2008 | avgust | 17,7 | 23,7 | 19,7 | 32,7 | 15 | 74 | 61 | 65 | 240 | <68 | 71 | <68 | 84 |
| 2009 | maj | 15,8 | 23,3 | 17,6 | 32 | 22 | 75 | 47 | 68 | 304,4 | <68 | 69 | <68 | 80 |
| 2009 | jun | 17,9 | 23,6 | 18,5 | 32,4 | 16 | 83 | 60 | 81 | 248,8 | <68 | 70 | <68 | 84 |
| 2009 | jul | 20,3 | 28,3 | 21,3 | 36,2 | 23 | 80 | 47 | 75 | 369,8 | <68 | 75 | 68 | 81 |
| 2009 | avgust | 19,6 | 29 | 21,6 | 35,6 | 3 | 80 | 44 | 71 | 306,4 | <68 | 76 | 70 | 84 |
| 2010 | maj | 15,4 | 20,5 | 16,1 | 28,3 | 27 | 83 | 60 | 80 | 190,2 | <68 | <68 | <68 | 78 |
| 2010 | jun | 18,1 | 24,3 | 19,2 | 34 | 11 | 87 | 64 | 85 | 226,6 | <68 | 73 | <68 | 88 |
| 2010 | jul | 21 | 27,9 | 21,7 | 34,3 | 15 | 85 | 58 | 83 | 326,1 | 69 | 77 | 70 | 86 |
| 2010 | avgust | 19,1 | 27,2 | 20,6 | 36,1 | 27 | 86 | 53 | 84 | 338,4 | <68 | 75 | 69 | 87 |
| 2011 | maj | 14,5 | 21,2 | 15,7 | 29 | 25 | 80 | 56 | 76 | 268,5 | <68 | <68 | <68 | 78 |
| 2011 | jun | 19,1 | 25,7 | 19,5 | 33,7 | 22 | 79 | 51 | 78 | 284,5 | <68 | 73 | <68 | 83 |
| 2011 | jul | 19,7 | 26,8 | 21 | 36 | 10 | 80 | 54 | 76 | 293,3 | <68 | 75 | 68 | 87 |
| 2011 | avgust | 19,5 | 29,4 | 21,5 | 37,4 | 25 | 77 | 43 | 72 | 348,1 | <68 | 77 | 69 | 86 |
| 2012 | maj | 15 | 21,3 | 16,8 | 30 | 12 | 81 | 58 | 75 | 253,4 | <68 | <68 | <68 | 80 |
| 2012 | jun | 21 | 28,3 | 21,4 | 36 | 30 | 71 | 47 | 71 | 359,4 | 68 | 75 | 68 | 85 |
| 2012 | jul | 22 | 30,7 | 24,1 | 37,1 | 6 | 72 | 44 | 66 | 351,3 | 70 | 78 | 72 | 87 |
| 2012 | avgust | 19,9 | 31,4 | 23,5 | 39,7 | 24 | 66 | 33 | 54 | 358,5 | <68 | 78 | 70 | 87 |
| 2013 | maj | 15,3 | 21,7 | 16,3 | 31,6 | 2 | 80 | 55 | 79 | 206 | <68 | 69 | <68 | 81 |
| 2013 | jun | 18,1 | 24,2 | 19,1 | 34,8 | 21 | 84 | 60 | 81 | 266,9 | <68 | 71 | <68 | 87 |
| 2013 | jul | 19,9 | 28,2 | 20,5 | 37,5 | 29 | 78 | 45 | 77 | 365,6 | <68 | 75 | 68 | 87 |
| 2013 | avgust | 19,8 | 29,3 | 21,2 | 37 | 8 | 78 | 45 | 73 | 297,4 | <68 | 78 | 68 | 87 |
| 2014 | maj | 14,2 | 20,2 | 15,4 | 28 | 23 | 84 | 60 | 79 | 239,8 | <68 | <68 | <68 | 77 |
| 2014 | jun | 18,6 | 25 | 19,2 | 33,6 | 10 | 77 | 51 | 75 | 275,3 | <68 | 72 | <68 | 83 |
| 2014 | jul | 19,9 | 27 | 20,3 | 33,7 | 21 | 86 | 57 | 85 | 289,8 | <68 | 75 | <68 | 90 |
| 2014 | avgust | 18,4 | 26,2 | 19,6 | 33,6 | 13 | 89 | 56 | 84 | 280,4 | <68 | 74 | <68 | 84 |
| 2015 | maj | 15,5 | 22,5 | 16,9 | 30,6 | 6 | 81 | 55 | 76 | 250,6 | <68 | 69 | <68 | 80 |
| 2015 | jun | 18,8 | 25,3 | 19,3 | 33,3 | 14 | 79 | 55 | 78 | 300,9 | <68 | 73 | <68 | 84 |
| 2015 | jul | 22,5 | 30,9 | 23,1 | 37,9 | 23 | 70 | 41 | 69 | 368,2 | 70 | 78 | 71 | 86 |
| 2015 | avgust | 20,5 | 30,6 | 23,4 | 38,2 | 13 | 80 | 44 | 71 | 295,1 | 68 | 78 | 71 | 87 |

Tabela 11: Vrednosti temperature, vlažnosti vazduha, dužine insolacije i THI indeksa izmerenih u 7,14 i 21 čas u mernoj tački Sremska Mitrovica

| SREMSKA MITROVICA | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|-------------|------|------|----------|--------------------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|----------|
| | | Temperatura | | | | Relativna vlažnost | | | Insolacija | THI | | | |
| | | 7h | 14h | 21h | Maksimum | 7h | 14h | 21h | | 7h | 14h | 21h | Maksimum |
| 2005 | maj | 14,8 | 21,3 | 15,7 | 32,4 | 88 | 57 | 82 | 249,3 | <68 | <68 | <68 | 83 |
| 2005 | jun | 17,2 | 23,9 | 17,8 | 32,4 | 86 | 54 | 85 | 271,4 | <68 | 71 | <68 | 82 |
| 2005 | jul | 19,5 | 26,5 | 19,9 | 34,6 | 90 | 58 | 90 | 267 | 68 | 75 | 68 | 86 |
| 2005 | avgust | 17,5 | 24,5 | 18,3 | 32,5 | 93 | 60 | 92 | 180,6 | <68 | 72 | <68 | 84 |
| 2006 | maj | 14,1 | 22,4 | 15,1 | 32 | 83 | 52 | 76 | 255,3 | <68 | 69 | <68 | 81 |
| 2006 | jun | 17,8 | 23,9 | 18,2 | 34,9 | 86 | 59 | 89 | 231,6 | <68 | 71 | <68 | 87 |
| 2006 | jul | 20,5 | 28,9 | 20,9 | 34,4 | 81 | 42 | 80 | 327,9 | 68 | 75 | 69 | 82 |
| 2006 | avgust | 17,2 | 23,8 | 17,6 | 33,6 | 92 | 60 | 91 | 190,4 | <68 | 70 | 68 | 85 |
| 2007 | maj | 16,1 | 23,8 | 17 | 31,9 | 79 | 46 | 77 | 254,7 | <68 | 70 | <68 | 80 |
| 2007 | jun | 19,8 | 27,2 | 20,6 | 35,4 | 82 | 45 | 80 | 299,1 | <68 | 74 | 69 | 85 |
| 2007 | jul | 20,1 | 29,5 | 20,3 | 40,7 | 78 | 40 | 80 | 349,1 | <68 | 76 | <68 | 89 |
| 2007 | avgust | 19,8 | 28,9 | 20,7 | 38 | 90 | 45 | 94 | 296,2 | 68 | 76 | 69 | 87 |
| 2008 | maj | 15,7 | 23,6 | 16,9 | 34,8 | 76 | 41 | 70 | 289,5 | <68 | 69 | <68 | 83 |
| 2008 | jun | 19,6 | 26,9 | 20,1 | 35,8 | 76 | 43 | 77 | 254,5 | <68 | 74 | <68 | 85 |
| 2008 | jul | 19,6 | 27,1 | 20,1 | 36,8 | 77 | 46 | 77 | 285,6 | <68 | 74 | <68 | 87 |
| 2008 | avgust | 18,2 | 28,6 | 19,5 | 37 | 81 | 39 | 73 | 320,4 | <68 | 75 | <68 | 81 |
| 2009 | maj | 15,9 | 23,8 | 17,8 | 32 | 79 | 48 | 74 | 296,3 | <68 | 70 | <68 | 81 |
| 2009 | jun | 17,4 | 24,1 | 18,3 | 34,6 | 86 | 58 | 85 | 219,3 | <68 | 71 | <68 | 86 |
| 2009 | jul | 20,3 | 29 | 20,3 | 37,3 | 81 | 44 | 81 | 339,6 | <68 | 76 | <68 | 87 |
| 2009 | avgust | 19,3 | 29,2 | 20,3 | 35,5 | 85 | 44 | 79 | 278,5 | <68 | 76 | <68 | 85 |
| 2010 | maj | 15 | 21,1 | 16 | 29,4 | 85 | 60 | 63 | 187,5 | <68 | <68 | <68 | 80 |
| 2010 | jun | 18,5 | 24,6 | 19 | 35,2 | 87 | 64 | 87 | 200,5 | <68 | 73 | <68 | 88 |
| 2010 | jul | 20,9 | 27,9 | 21 | 34,6 | 86 | 57 | 87 | 303,5 | 69 | 76 | 69 | 86 |
| 2010 | avgust | 19,1 | 27,9 | 20 | 36,2 | 86 | 51 | 87 | 319,1 | <68 | 75 | <68 | 86 |
| 2011 | maj | 14,3 | 21,5 | 15,3 | 28,6 | 82 | 52 | 77 | 265,1 | <68 | 68 | <68 | 77 |
| 2011 | jun | 18,8 | 25,9 | 18,9 | 34 | 80 | 49 | 81 | 258,1 | <68 | 73 | <68 | 83 |
| 2011 | jul | 19,8 | 27,4 | 20,8 | 38 | 79 | 48 | 76 | 267,6 | <68 | 75 | 68 | 80 |
| 2011 | avgust | 19,3 | 29,5 | 20,4 | 37,6 | 78 | 42 | 75 | 338 | <68 | 76 | <68 | 86 |
| 2012 | maj | 14,7 | 21,5 | 16,1 | 30,6 | 80 | 53 | 76 | 239,1 | <68 | 68 | <68 | 80 |
| 2012 | jun | 20,6 | 28,6 | 20,7 | 36,2 | 74 | 44 | 74 | 319,8 | 68 | 75 | 68 | 85 |
| 2012 | jul | 22,1 | 31,1 | 23,2 | 37 | 79 | 40 | 65 | 345,4 | 70 | 78 | 71 | 85 |
| 2012 | avgust | 19,3 | 31,7 | 21,8 | 39,6 | 68 | 30 | 55 | 367,9 | <68 | 77 | 68 | 86 |
| 2013 | maj | 15,3 | 22,1 | 15,9 | 32,2 | 80 | 52 | 81 | 210 | <68 | 68 | <68 | 81 |
| 2013 | jun | 18,1 | 24,7 | 18,7 | 34,6 | 83 | 55 | 84 | 256 | <68 | 72 | <68 | 86 |
| 2013 | jul | 19,5 | 28,6 | 20,2 | 38 | 80 | 45 | 80 | 334,6 | <68 | 75 | <68 | 87 |
| 2013 | avgust | 19,9 | 29,7 | 20,9 | 37,6 | 76 | 43 | 72 | 304,8 | <68 | 78 | 68 | 87 |
| 2014 | maj | 13,9 | 20,2 | 15,1 | 28,5 | 85 | 58 | 80 | 235,9 | <68 | <68 | <68 | 78 |
| 2014 | jun | 18,5 | 25 | 18,7 | 33,1 | 80 | 50 | 79 | 256,1 | <68 | 72 | <68 | 82 |
| 2014 | jul | 19,6 | 26,9 | 19,6 | 32,6 | 84 | 55 | 87 | 269,6 | <68 | 75 | <68 | 82 |
| 2014 | avgust | 18,2 | 26,3 | 19 | 34 | 89 | 54 | 86 | 262,8 | <68 | 74 | <68 | 85 |
| 2015 | maj | 15,7 | 22,7 | 17,2 | 31,7 | 79 | 51 | 71 | 235,8 | <68 | 69 | <68 | 80 |
| 2015 | jun | 18,6 | 25,9 | 19,1 | 33,3 | 78 | 51 | 77 | 260,3 | <68 | 73 | <68 | 83 |
| 2015 | jul | 21,9 | 30,6 | 21,9 | 36,8 | 71 | 41 | 73 | 347,4 | 70 | 77 | 70 | 85 |
| 2015 | avgust | 20,3 | 30,1 | 21,4 | 37,1 | 80 | 45 | 78 | 277,8 | 69 | 78 | 68 | 87 |

5.1a Klimatski uslovi u oglednoj 2017.godini – Tokom ogledne godine vršeno je merenje THI indeksa dobijenih od RHMZS i izmerenih na farmama. Rezultati srednje temperature i apsolutnih maksimuma kao i THI indeksa prikazani su u tabeli 13. U 2017. godini u većem delu zemlje zabeleženo je od 17 do 25 tropskih dana više od prosečnog broja za referentni period 1981-2010. U većem delu Srbije je 2017. godina bila normalna i sušna. Veoma sušno je bila u Zrenjaninu, Kikindi, Banatskom Karlovcu. Tokom marta i juna zabeležena su četiri toplotna talasa. Tokom letnjih meseci maksimalne temperature su prelazile preko 35°C, dok je apsolutno maksimalna izmerena temperatura u mernoj stanici Novi Sad iznosila 40°C, u dnevne amplitude temperatura od 12 do nešto iznad 20°C.²¹⁴ Na kartogramima RHMZS dati su klimatološki podaci za 2017.godinu. Pozitivna odstupanja temperature u periodu jun-avgust bila su prisutna u 65 od 90 dana.

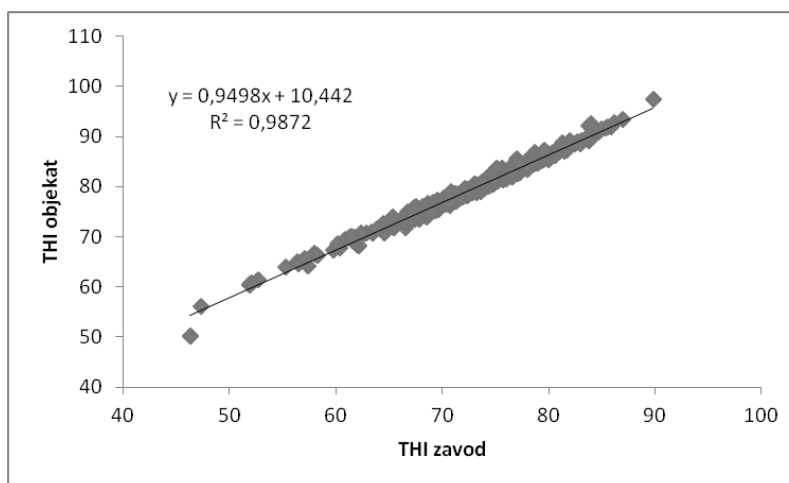


Kartogram 1: Raspodela srednje godišnje temperature, raspodela količine padavina i osunčanost u 2017.godini sa podacima o odstupanju temperature (RHMZS).²¹⁴

5.2. Povezanost THI indeksa dobijenog iz podataka Hidrometeorološkog zavoda i izmerenih u objektu tokom letnjih meseci – Rezultati istraživanja pokazuju da je temperatura u objektima bila prosečno 5°C viša u odnosu na podatke dobijene od zavoda, a podaci o vlažnosti su bili približno slični. Vrednost THI u objektu se dobija prema sledećoj regresionoj jednačini: $THI_{objekat} = 0,9498 \times THI_{zavod} + 10,442$. Regredioni parametar B je bio u rasponu od 9,627-11,258. Korelacija i regresija su statistički značajne na nivou $p < 0,0001$. Ukoliko je kombinacija vlažnosti i temperature dobijenih iz Hidrometeorološkog zavoda u 14 časova takva da daje THI indeks ≥ 63 možemo sa izuzetno visokom sigurnošću očekivati da je vrednost THI u objektu iznad termoneutralne zone, odnosno govori u prilog postojanju toplotnog stresa kod krava. Rezultati istraživanja su prikazani u tabeli 12. i grafikonu 15.

Tabela 12: Testiranje regresionog koeficijena povezanosti THI indeksa izmerenog iz podataka poreklom iz Zavoda i u objektu

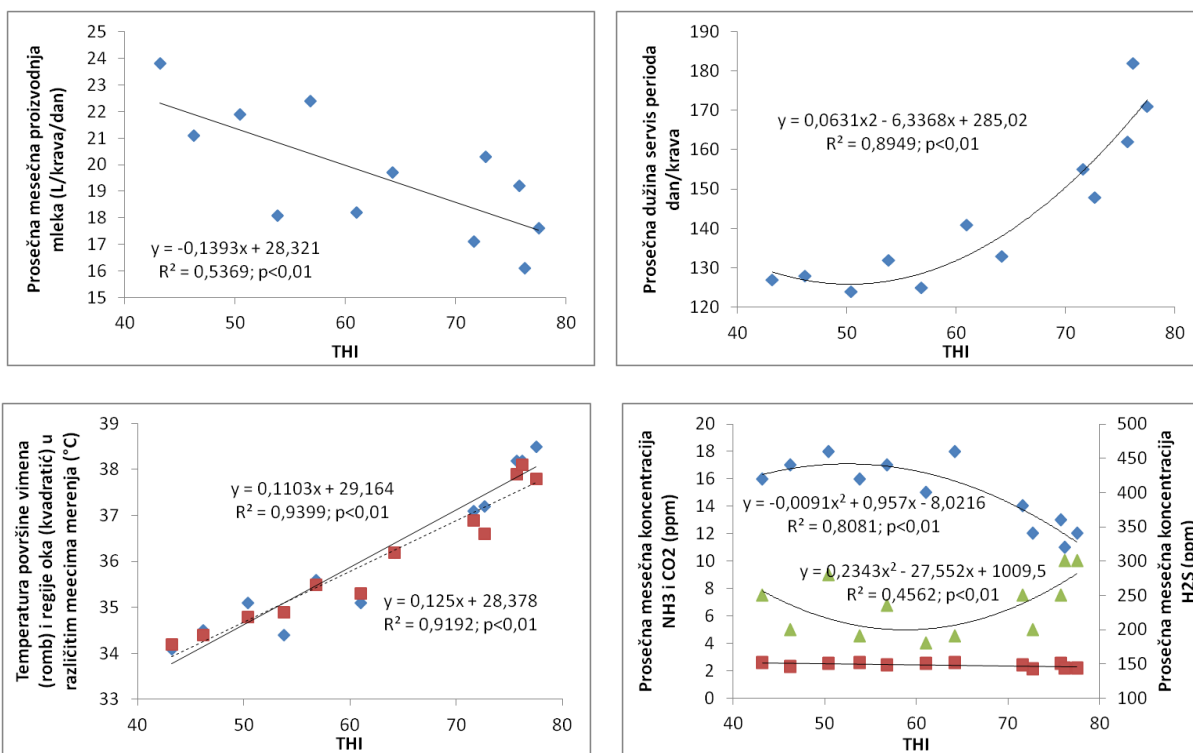
| Model | | Nestandardizovani koeficijenti | | Standardizovani koeficijenti | t | Sig. | 95,0% interval za B | |
|-------|-----------|--------------------------------|---------------|------------------------------|---------|---------|---------------------|-----------------|
| | | B | Stand. greška | | | | Donja vrednost | Gornja vrednost |
| 1 | Konstanta | 10,442 | ,415 | | 25,176 | <0,0001 | 9,627 | 11,258 |
| | Zavod | ,950 | ,006 | ,994 | 169,020 | <0,0001 | ,939 | ,961 |



Grafikon 15: Linearna regresija i korelacija između THI vrednosti izmerene u objektu I iz podataka Hidrometeorološkog zavoda Srbije

5.3. Povezanost THI sa parametrima produktivnosti i zdravlja krava – Vrednosti

THI indeksa značajno je viša u period jun-avgust. U istom periodu postoji značajno niža proizvodnja mleka, duži servis period krava oteljenih u navedenim mesecima, viša temperatura kože vimena i oka i niža koncentracija amonijaka (nivo značajnosti $p < 0,01$), dok koncentracija H₂S i CO₂ nije pokazala značajnije variranje. Korelacione i regresione analize pokazuju da postoji značajna negativna linearna korelacija između THI i proizvodnje mleka, odnosno pozitivna korelacija između THI i temperature vimena kože i očne regije izmerene termovizijskom kamerom. Predikcija servis perioda je mnogo kvalitetnija ako se koristi kvadratna jednačina, jer dužina servis perioda nije zavisna od THI sve do momenta dok se ne pređe stresni prag za toplotni stres kada je korelacija THI i dužine servis perioda pozitivna. Kada se radi o kvalitetu vazduha pokazano je takođe da kvadratne jednačine daju bolju povezanost od linearnih, tako da je koncentracija amonijaka blago rasla kada je THI 40-60, a potom opadala u toplotnom stresu. Koncentracija H₂S se ponašala drugačije u odnosu na amonijak, njena vrednost je bila najviša kod najviših i najnižih vrednosti THI. Rezultati su prikazani u tabeli 13. grafikonima 16-19 i slikama 1-6.



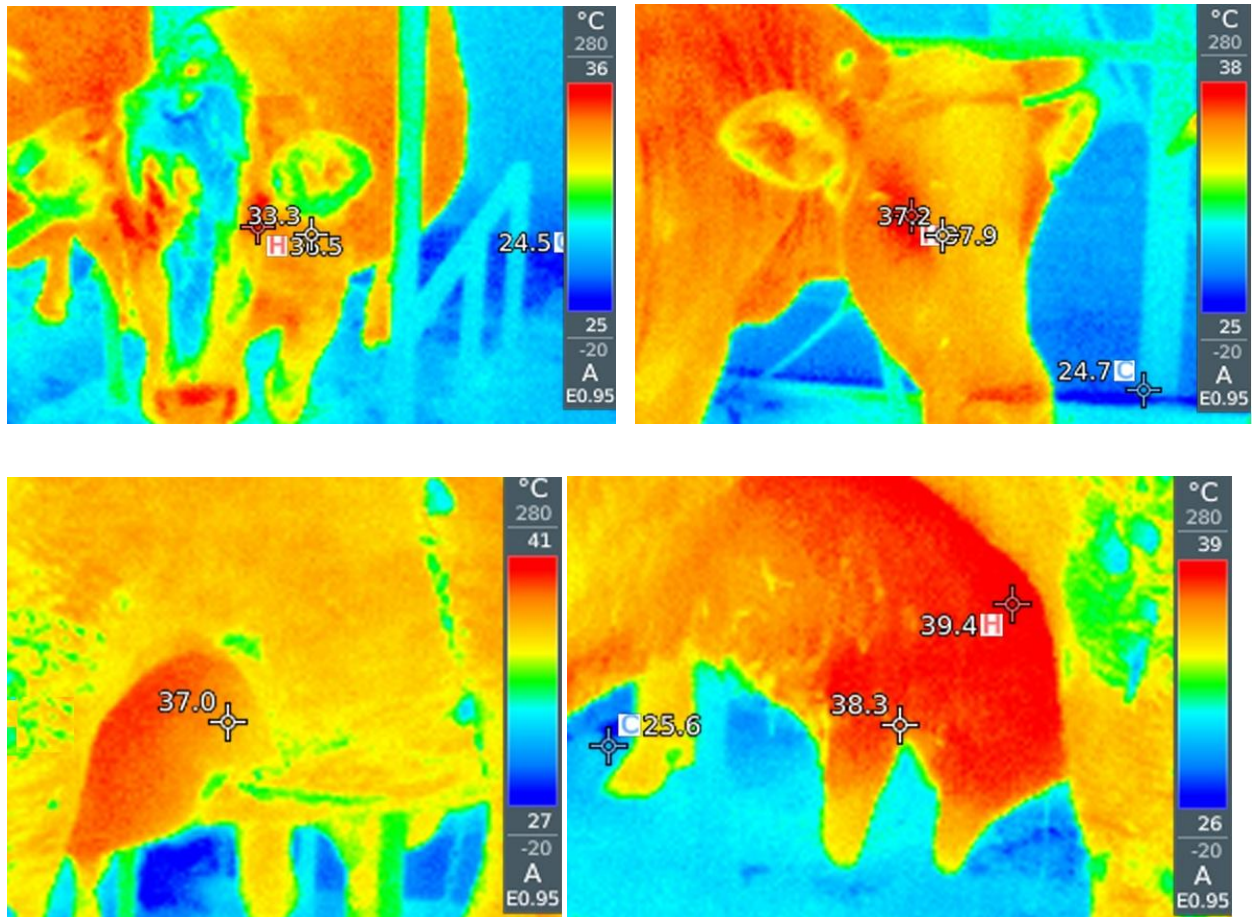
Grafikoni 16-19: Ispitivanje korelacije i regresije između vrednosti THI i odabranih zoohigijenskih, produktivnih i zdravstvenih karakteristika na farmi krava

Tabela 13: Vrednosti THI indeksa, proizvodnje mleka, dužine servis perioda, temperature izmerene termovizijskom kamerom i parametara kvaliteta vazduha izmerene tokom ogledne godine

| | Jan | Feb | Mar t | Apr | Maj | Jun | Jul | Avg | Sept | Okt | Nov | Dec | SE M |
|-----------------------------------|------|------|----------|------|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|------|------|---------|
| Srednje mesečne temperature | -4,9 | 4,2 | 9,9 | 11,4 | 17,6 | 23,2 * | 24,3 * | 24,8 * | 16,9 | 12,5 | 7,1 | 3,7 | 4,1 |
| Apsolutno maksimalne temp. | 9 | 22 | 26 | 26,5 | 30,5 | 36 | 37,5 | 40 | 34 | 26 | 18 | 19 | N/A |
| THI | 43,2 | 50,4 | 56,8 | 64,2 | 72,7 | 75,7 * | 77,5 * | 76,2 * | 71,6 | 61 | 53,8 | 46,2 | 2,1 |
| Mleko krava (L/krava/dan) | 23,8 | 21,9 | 22,4 | 19,7 | 20,3 | 19,2 * | 17,6 * | 16,1 * | 17,1 * | 18,2 | 18,1 | 21,1 | 0,9 |
| Dužina servis perioda (dan/krava) | 127 | 124 | 125 | 133 | 148 | 162 * | 171 * | 182 * | 155 * | 141 | 132 | 128 | 5,1 |
| Temperatura kože vimena (°C) | 34,1 | 35,1 | 35,6 | 36,2 | 37,2 | 38,2 * | 38,5 * | 38,2 * | 37,1 | 35,1 | 34,4 | 34,5 | 1,2 |
| Temperatura u očnoj regiji (°C) | 34,2 | 34,8 | 35,5 | 36,2 | 36,6 | 37,9 * | 37,8 * | 38,1 * | 36,9 | 35,3 | 34,9 | 34,4 | 0,99 |
| NH ₃ (ppm) | 16 | 18 | 17 | 18 | 12 | 13 * | 12 * | 11 * | 14 | 15 | 16 | 17 | 0,89 |
| CO ₂ (ppm) | 2,6 | 2,5 | 2,4 | 2,6 | 2,1 | 2,5 | 2,2 | 2,2 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,3 | 0,12 |
| H ₂ S (ppm) | 250 | 280 | 235 | 190 | 200 | 250 | 300 | 300 | 250 | 180 | 190 | 200 | 20 |

*- značajno odstupanje u toplotnom stresu u odnosu na termoneutralni period

Slika 1-4: Temperatura očne regije i regije vimena zabeležena termovizijskom kamerom tokom termoneutralnog perioda (levo) i toplotnog stresa (desno)

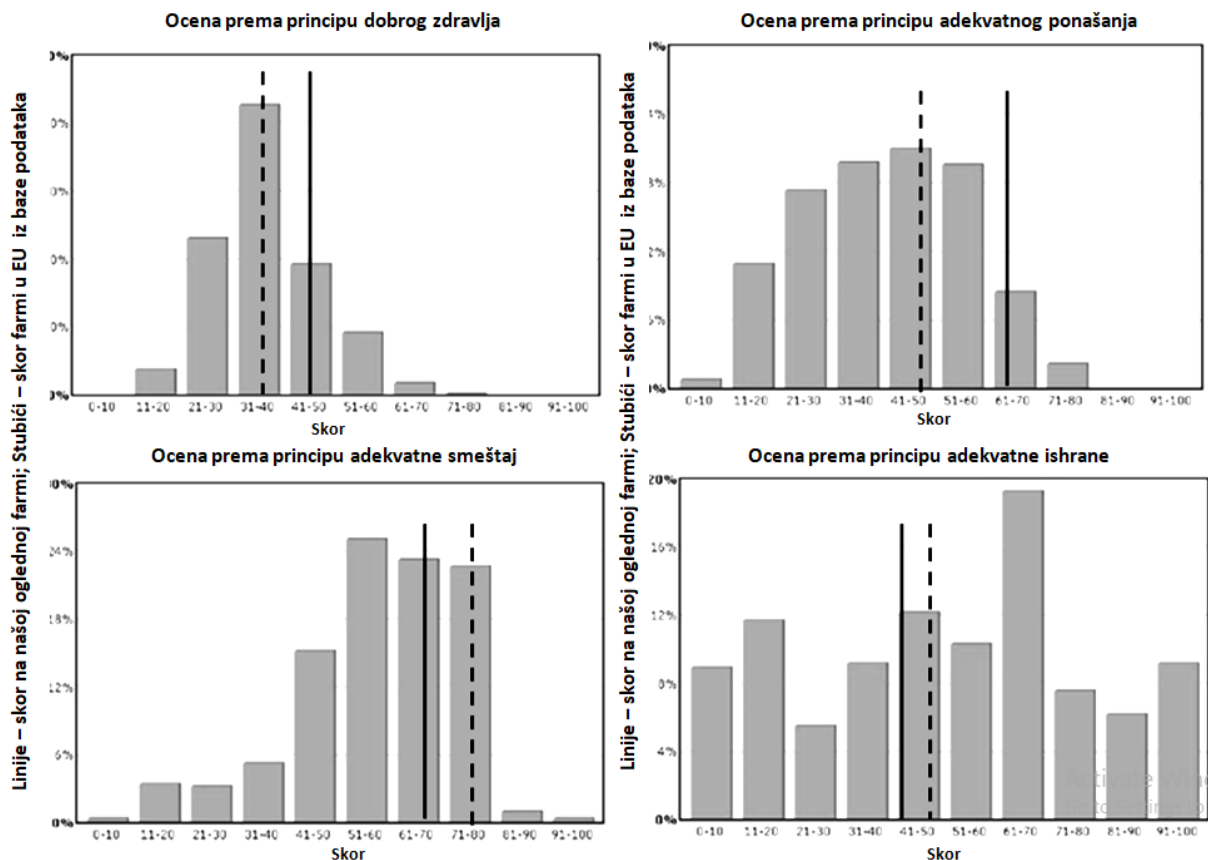


Ocena dobrobiti na farmi krava u funkciji toplotnog stresa razlikuje se u odnosu na principe, koji se ocenjuju. Ispitivanjem je utvrđeno da sezona ne utiče značajno skorove, koji se dobijaju ispitivanjem faktora, koji imaju veze sa menadžmentom farme (napajanje, sloboda kretanja, dehornucija). Utvrđeno je da kod krava u toplotnom stresu u odnosu na termoneutralni period postoji viši skor za kriterijum dobre ishrane (48:41; zbog smanjenog učešća izuzetno mršavih krava) i dobrog smeštaja (75:67; zbog smanjenog učešća krava sa povredama kože i sa zaprljanim ventralnim delovima tela i ekstremiteta) i niži skor za kriterijum dobrog zdravlja (36:45; zbog povećanog % krava sa otežanim disanjem, nazalnim iscetkom, dijarejom, distokijama i dr.) i adekvatnog ponašanja (49:62; zbog agonističkog ponašanja i testa dozvoljene distance) krava. Ne postoji značajno odstupanje vrednosti skorova kriterijuma izmerenih u

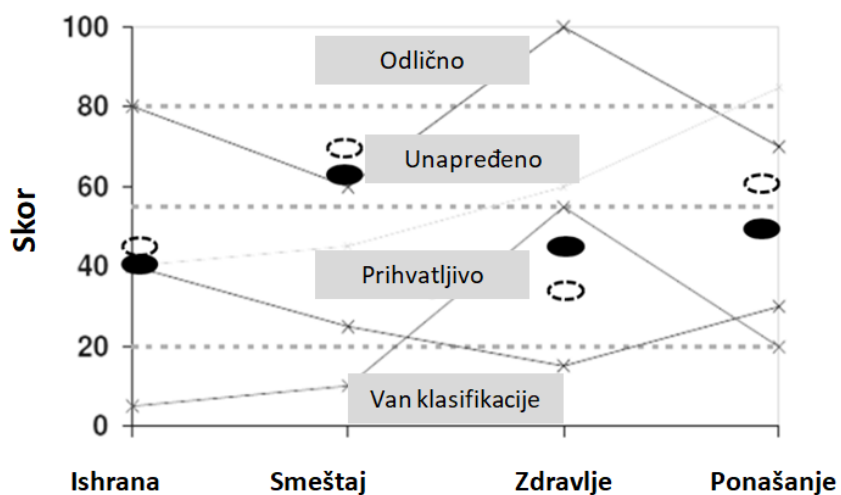
termoneutralnom i toplotnom periodu, kao ni ukupne ocene dobrobiti na farmi, jer promena u skoru kriteriju ne utiče na promenu ocene dobrobiti cele farme (prihvatljiva, zadovoljavajuća ili odlična). Rezultati su prikazani u tabeli 14. i grafikonima 20-24.

Tabela 14: Vrednost kriterijuma i mera na farmi izmereni tokom termoneutralnog i perioda sa toplotnim stresom

| Kriterijumi i mere dobrobiti | Merenje u termoneutralnom periodu | Merenje u toplotnom stresu | Razlika t-test parova |
|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Kriterijum napajanja | 60 | 60 | NS |
| Kriterijum sloboda kretanja | 95 | 95 | NS |
| Dehornuacija | 50 | 50 | NS |
| Komfor/vreme ustajanja, čistoća | 70 | 90 | p<0,05 |
| % krava sa nazalnim iscetkom | 1 | 2 | p<0,1 |
| % krava sa okularnim iscetkom | 2 | 1 | p<0,1 |
| % krava sa otežanom respiracijom | 2 | 5 | p<0,05 |
| % krava sa dijarejom | 1 | 2 | p<0,1 |
| % krava sa > 400.000 ćelija u mleku | 5 | 10 | p<0,05 |
| % distokije | 3 | 6 | p<0,05 |
| % vaginalni iscedak | 2 | 3 | p<0,1 |
| % mortaliteta | 1 | 2 | p<0,1 |
| Skor za promene na koži | 57 | 81 | p<0,05 |
| Skor za šepavost | 51 | 74 | p<0,05 |
| Skor za povrede | 55 | 72 | p<0,05 |
| Skor za agonističko ponašanje | 80 | 69 | p<0,05 |
| Skor za odnos životinja-čovjek | 50 | 39 | p<0,05 |
| Skor za % zaprljanih životinja | 75 | 93 | p<0,05 |



Grafikon 20-23: Promena vrednosti sva 4 principa dobrobiti u toplotnom stresu (isprekidane linije) u odnosu na termoneutralni period (puna linija)

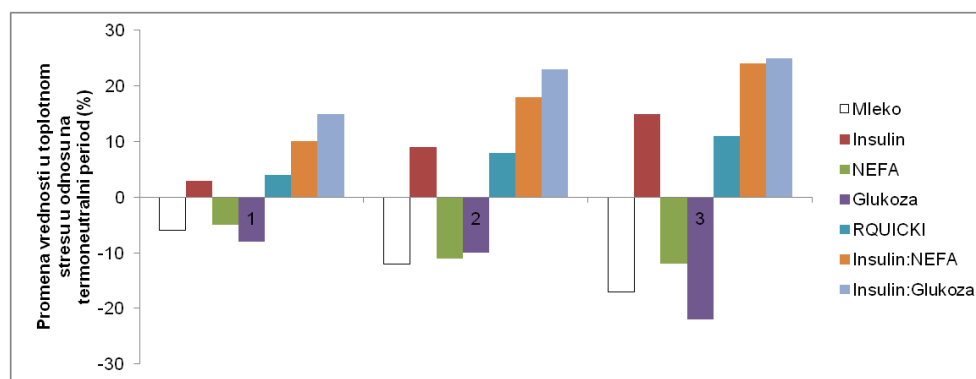


Grafikon 24: Ukupna ocena dobrobiti farme u termoneutralnom i toplotnom periodu

5.4. Ispitivanje povezanosti proizvodnje mleka i metaboličke adaptacije krava u toplotnom stresu-Krave izložene termalnom stresu u vidu visokog THI indeksa imaju nižu proizvodnju mleka, višu koncentraciju insulina i nižu koncentraciju glukoze i NEFA. Indeksi insulinske senzitivnosti RQUICKI, insulin:glukoza i insulin:NEFA odnos pokazuju više vrednosti kod krava izloženih toplotnom stresu. Rezultati su prikazani u tabeli 15. Kada se krave klasifikuju na osnovu intenziteta u padu proizvodnje mleka, rezultati pokazuju da trend procentualnog opadanja glukoze i NEFA i trend procentualnog porasta insulina, RQUICKI indeksa, insulin:glukoza i insulin:NEFA se zadržava i pojačava sa opadanjem proizvodnje mleka. Grafikon 25. Pored navedenog, nađena je značajna korelacija između navedenih parametara i proizvodnje mleka, kao i međusobna korelacija između navedenih parametara, što je prikazano u Tabeli 16.

Tabela 15: Uticaj toplotnog stresa na proizvodnju mleka i metaboličku adaptaciju

| Parametar | Termoneutralni period Me [95%CI] | Toplotni stres Me [95%CI] | p |
|------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------|
| Mleko (L/dan) | 27,6 [24,3-31,1] | 23,1 [21,2-26,5] | p<0,05 |
| Insulin (μU/mL) | 6,2 [4,9-7,3] | 7,3 [5,8-9] | p<0,1 |
| NEFA (mmol/l) | 0,27 [0,14-0,39] | 0,19 [0,1-0,28] | p<0,05 |
| Glukoza (mg/dL) | 47,2 [43,1-51] | 36,3 [33,2-39,1] | p<0,05 |
| RQUICKI | 0,52 [0,40-0,64] | 0,62[0,55-0,71] | p<0,1 |
| Insulin:NEFA | 22,85 [21-26] | 37,37 [35-41] | p<0,05 |
| Insulin: glukoza | 2,41[2,1-2,7] | 3,55 [3,1-4,6] | p<0,05 |



Grafikon 25: Promena vrednosti metabolita i proizvodnje mleka (1- mali pad proizvodnje mleka-ispod donjeg kvartila,2-pad proizvodnje mleka oko medijalnog kvartila,3-visoki pad proizvodnje mleka iznad gornjeg kvartila) u toplotnom stresu u odnosu na termoneutralni period

Tabela 16: Korelacija između promene u vrednosti metabolita i proizvodnje mleka (%)

| Promena vrednosti metabolita | Mleko (%) | Insulin (%) | NEFA (%) | Glukoza (%) | RQUICKI (%) | Insulin: NEFA (%) |
|------------------------------|-----------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------------|
| Mleko (%) | 1 | | | | | |
| Insulin (%) | -0,26 | 1 | | | | |
| NEFA (%) | 0,29 | -0,36* | 1 | | | |
| Glukoza (%) | 0,42* | -0,59** | 0,74** | 1 | | |
| RQUICKI (%) | -0,28 | 0,21 | 0,52** | 0,17 | 1 | |
| Insulin:NEFA (%) | -0,3 | 0,19 | -0,32 | 0,22 | 0,21 | 1 |
| Insulin: glukoza (%) | -0,44* | 0,16 | 0,51** | 0,31 | 0,17 | 0,13 |

Promena u vrednosti metabolita je od velikog značaja za predikciju krava kod kojih će doći do značajnog opadanja u proizvodnji mleka (preko 18%). Sa približno 90% specifičnosti možemo detektovati krave sa visokim opadanjem proizvodnje mleka. To su krave koje su imale sledeće relativne promene u vrednosti metabolita u toplotnom stresu u odnosu na termoneutralni period: porast vrednosti insulina za $\geq 12,5\%$, pad vrednosti NEFA i glukoze za $\leq 14,1\%$ odnosno $\leq 21,5\%$ i porast vrednosti RQUICKI indeksa, insulin:NEFA i insulin:glukoza odnosa za $\geq 9,6\%$, $\geq 20,1\%$ i $\geq 20,3\%$ (Tabela 17).

Tabela 17: Granične vrednosti metabolita gde se sa približno 90% specifičnosti izdvajaju krave kod kojih će postojati visok pad proizvodnje mleka tokom toplotnog stresa (preko 18%)

| | Vrednost | Specifičnost | Senzitivnost | OR (Odds ration) | p |
|----------------------|-------------|--------------|--------------|------------------|------------|
| Insulin (%) | $\geq 12,5$ | 89,4 | 10,6 | 1,2 | $p < 0,1$ |
| NEFA (%) | $\leq 14,1$ | 88,1 | 11,9 | 1,1 | $p < 0,1$ |
| Glukoza (%) | $\leq 21,5$ | 92,1 | 7,9 | 2,3 | $p < 0,01$ |
| RQUICKI (%) | $\geq 9,6$ | 90,7 | 9,3 | 1,7 | $p < 0,05$ |
| Insulin:NEFA (%) | $\geq 20,1$ | 89,8 | 10,2 | 1,9 | $p < 0,05$ |
| Insulin: glukoza (%) | $\geq 20,3$ | 91,3 | 8,7 | 1,5 | $p < 0,05$ |

5.5. Povezanost THI indeksa i metaboličkih parametara sa proizvodnjom mleka kod krava u toplotnom stresu (interakcija faktora) – Ogled je izvršen 2017.godine. Ukupno trideset krava holštajn-frizijske rase bilo je izloženo toplotnom stresu, a vrednosti THI, proizvodnja mleka i koncentracije metabolita su merene 0 dana (u termoneutralnom periodu), 7 i 14 posle izlaganja. Prosečne dnevne dobijene vrednosti THI bile su 65 ± 1.05 (dan 0), 75 ± 1.1 (dan 7) i 77 ± 1.4 (dan 14). Nađeno je da krave pod stresom pokazuju smanjenje proizvodnje mleka, glukoze, neesterifikovanih masnih kiselina (NEFA) i odnosa glukoze u insulin (G: I), dok su vrednosti insulina, faktora nekroze tumora- α (TNF- α) i indeksa insulinske osetljivosti (RQUICKI) povišene. THI može objasniti 37% varijacije u proizvodnji mleka. Objašnjen procenat varijacije je značajno veći nakon dodavanja metaboličkih parametara u modelu THI + glukoze (58%) i THI + glukoze + TNF- α (65%) i neznatno više nakon dodavanja drugih parametara metabolita. Parcijalna korelaciona analiza pokazala je da je korelacija između proizvodnje mleka i THI značajno zavisna od glukoze. TNF- α je pokazao tendenciju da reguliše pomenutu korelaciju, a ostali metabolički parametri su pokazali nesignifikantan efekat na korelaciju između THI i proizvodnje mleka. Zaključeno je da varijacije u proizvodnji mleka tokom toplotnog stresa mogu biti bolje predviđene kada se THI koristi u kombinaciji sa glukozom i TNF- α kao metabolički prediktor. Uticaj glukoze i TNF-a u proizvodnji mleka tokom toplotnog stresa bio bi sledeća faza istraživanja. Rezultati istraživanja su prikazani u tabelama 18-20. i grafikonima 26-28.

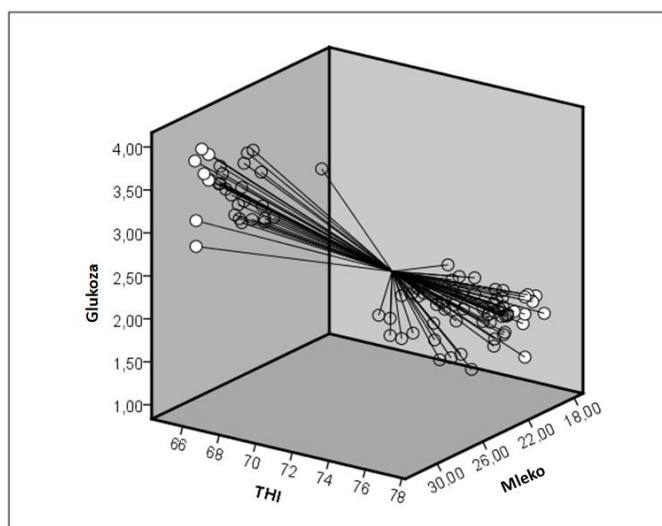
Table 18: Uticaj toplotnog stresa na proizvodnju mleka i metaboličke parametre

| Merenje u danima | Termoneutralni | Toplotni stres | | ANOVA | LSD at minimal p<0,05 |
|-----------------------|-----------------|-----------------|------------------|--------|--------------------------|
| | period-kontrola | 7 | 14 | | |
| Dnevne vrednosti THI | 65 ± 1.05 | 75 ± 1.1 | 77 ± 1.4 | p<0.01 | 0:7, 0:14, 7:14 |
| Mleko (L/danu) | 27.01 ± 2.5 | 23.95 ± 2.1 | 21.97 ± 2.05 | p<0.01 | 0:7, 0:14, 7:14 |
| GLU (mmol/L) | 3.14 ± 0.36 | 2.13 ± 0.31 | 1.98 ± 0.2 | p<0.05 | 0:7, 0:14 |
| NEFA (mmol/L) | 0.19 ± 0.05 | 0.17 ± 0.05 | 0.13 ± 0.03 | p<0.05 | 0:14 |
| Insulin (ng/mL) | 8.35 ± 1.53 | 9.26 ± 1.7 | 10.03 ± 1.83 | p<0.05 | 0:14 |
| RQUICKI | 0.52 ± 0.04 | 0.57 ± 0.05 | 0.62 ± 0.06 | p<0.01 | 0:7, 0:14, 7:14 |
| G:I | 0.39 ± 0.06 | 0.24 ± 0.05 | 0.2 ± 0.04 | p<0.01 | 0:7, 0:14, 7:14 |
| TNF- α (ng/mL) | 4.35 ± 0.59 | 5.15 ± 0.61 | 5.68 ± 0.55 | p<0.01 | 0:7, 0:14, 7:14 |

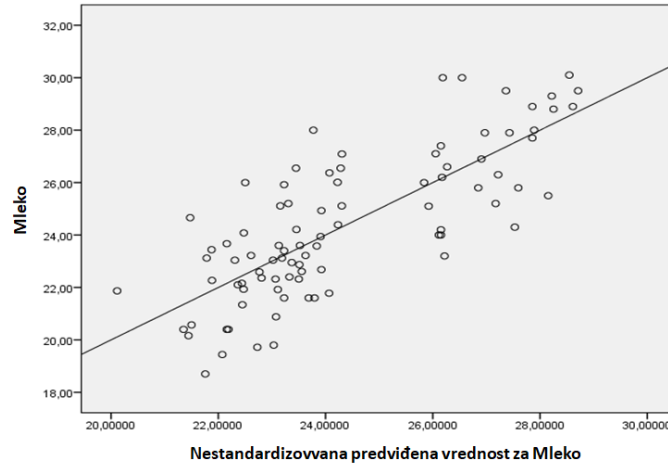
Tabela 19: Predviđanja proizvodnje mleka različitim modelima (Model 1: THI kao nezavisna varijabla. Model 2: THI + individualni metaboliti. Model 3: THI + statistički značajni metaboliti iz modela 2)

| Broj Modela | Nezavisne varijable | Neujednačeni Koeficijenti | | Značajnost varijable– p vrednost | R ² % objašnjene varijanse | Značajnost modela- p vrednost |
|---------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| | | B | Standardna varijacija | | | |
| 1 | THI | -0.38 | 0.05 | 0.001* | 0.37 ^a | <0.001 |
| | THI | -0.14 | 0.074 | 0.049* | 0.59 ^b | <0.001 |
| | Glukoza | 2.39 | 0.66 | 0.001* | | |
| 2 | THI | -0.39 | 0.043 | 0.001* | 0.51 ^a | <0.001 |
| | NEFA | -1.91 | 4.3 | 0.66 | | |
| | THI | -0.38 | 0.042 | 0.001* | 0.51 ^a | <0.001 |
| | Insulin | 0.053 | 0.121 | 0.63 | | |
| | THI | -0.33 | 0.047 | 0.001* | 0.52 ^a | <0.001 |
| | RQUICKI | -6.47 | 3.78 | 0.091 | | |
| | THI | -0.30 | 0.062 | 0.001* | 0.52 ^a | <0.001 |
| | G:I | 4.89 | 3.15 | 0.124 | | |
| THI | -0.30 | 0.049 | 0.001* | 0.56 ^a | <0.001 | |
| TNF- α | -0.72 | 0.304 | 0.02* | | | |
| 3 | THI | -0.09 | 0.08 | 0.27 | 0.65 ^b | <0.001 |
| | Glukoza | 2.29 | 0.64 | 0.001* | | |
| | TNF- α | -0.66 | 0.29 | 0.03* | | |

a,b – različiti karakteri u superskriptu znače signifikantnu razliku (min $p < 0.05$) od modela 1



Grafikon 26: Proizvodnja mleka u modelu THI + glukoze (beli krug - krave s većom proizvodnjom mleka u termoneutralnom periodu i najmanja proizvodnja mleka u toplotnom stresu).

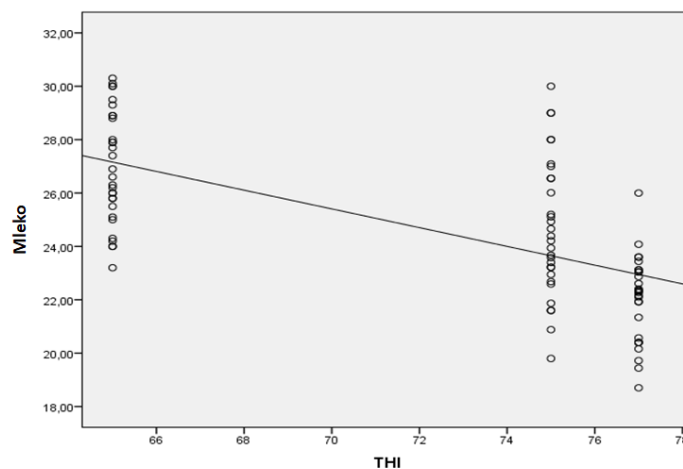


Grafikon 27: Regresiona linija između posmatrane i predviđene proizvodnje mleka po modelu proizvodnje mleka = THI + glukoza + TNF- α

Tabela 20: Parcijalna korelacija između proizvodnje mleka, THI i metaboličkih faktora kada je glukoza kontrolna varijabla

| | Zero-order | Parcijalna korelacija sa THI | | | | | |
|-------|--------------------|------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | | THI | Glukoza | NEFA | Insulin | G:I | RQUICKI |
| Mleko | -0.61 ^a | -0.052 ^b | 0.54 ^a | -0.51 ^a | 0.58 ^a | -0.59 ^a | -0.47 ^c |
| | p<0.01 | NS | p<0.01 | p<0.05 | p<0.01 | p<0.01 | p<0.01 |

a,b,c – different character in superscript mean significant difference (b - p<0.001; c - p<0.1) from zero order correlation



Grafikon 28: Regresiona linija između THI i proizvodnje mleka pre (zero-order) i posle isključenja glukoze kao kontrolnog faktora (rezidualne vrednosti THI proizvodnje mleka). Značajnost glukoze kao kontrolnog faktora prikazan je regresionom linijom ka nuli

6. DISKUSIJA

6.1. THI indeks i toplotni stres krava

Negativni efekti toplotnog stresa se ogledaju u redukciji unosa suve materije hrane, povećanju telesne temperature, smanjenoj proizvodnji mleka, povećanom broju somatskih ćelija i većoj mogućnosti za nastanak mastitisa. Na nivou reproduktivnog trakta toplotni stres dovodi do pojave anestrije ili pojave tzv. tihih estrusa i smanjenja koncepcije. Negativni efekti se ogledaju i u povećanju broja respiracija u cilju gubitka toplote (što dovodi do respiratorne alkaloze), kao i u nastanku subakutne ruminalne acidoze.³ U Engleskoj je kao posledica toplotnih talasa 2006. godine produkcija mleka opala za 30%, a predviđa se da će se broj toplih dana povećavati sa 1-2/godini na čak 20 toplih dana/godini.¹¹³

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da je maksimalna vrednost THI indeksa bila iznad termo-neutralne zone. Klimatske promene dovode do povećanja maksimalnih vrednosti THI indeksa za 0,19 u junu, 0,13 u julu i 0,44 u avgustu. Godina sa najvećom vrednošću THI indeksa je bila 2007., kada je u junu zabeleženo više od 20 dana gde su vrednosti THI>74, kao i 2012. sa 22 topla dana. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima drugih autora Beniston i sar. (2004), Black i sar. (2015)^{114,115} koji su našli da je najveći broj dana u godini sa vrednosti THI indeksa iznad 70 bio u junu, julu i avgustu. Isti istraživači su zaključili da je prosečna dnevna temperatura u periodu od 2003-2006 imala trend porasta. Toplotni talasi zabeleženi 2003 i 2006 su bili ekstremno visoki, a u poslednjih nekoliko godina prosečna dnevna temperatura je imala trend porasta.¹¹⁶

U istraživanju Hossein-Zadeh i sar. (2013)¹¹⁷ je nađeno da su najviše vrednosti THI indeksa zabeležene u junu (70,8), julu (74,4), avgustu (76,9) i septembru (73,3). Slični podaci zabeleženi su i u drugim zemljama. U Slovačkoj tokom 2003. je zabeleženo ukupno 80 dana gde su vrednosti THI indeksa bile iznad 72. Broucek i sar. (2007) i Könyves i sar. (2017)^{118,119} su izračunali da je prosečna vrednost THI indeksa iznosila 78,41, a zabeležene vrednosti izmerene

su u periodu od maja do avgusta meseca. Istraživači su zaključili da je 96% dana tokom ispitivanog perioda imalo kritične vrednosti THI indeksa. Novak i sar. (2009)¹²⁰ su zaključili da je leto 2003. bilo izuzetno toplo a visoke dnevne temperature su bile prisutne u periodu od maja do jula. U julu je bilo ukupno 7 tropskih dana, dok je u avgustu zabeleženo 6 tropskih dana. Visoke temperature zabeležene su i tokom septembra kada je zabeleženo ukupno 11 toplih dana. Tokom ispitivanog perioda zabeleženo je ukupno 14 tropskih dana. Zabeleženo je ukupno 86 dana u kojima je vrednost THI bila 72, a takođe je zabeleženo 26 dana sa vrednostima THI višim od 78.

Godina 2003. je zabeležena kao godina, sa izuzetno toplom godinom na području Centralno – istočne Evrope. Reiczigel i sar. (2009)¹²¹ su zaključili da je u Nemačkoj broj dana po godini kada su vrednosti THI indeksa bile iznad 68 bio povećan za 5-17 dana tokom poslednjih 30 godina. U Velikoj Britaniji prosečan broj izuzetno toplih dana po godini iznosi 2. Segnalini i sar. (2011)¹²² su zaključili da su 2003. i 2006. godina najtoplije po pitanju vrednosti THI indeksa. Tokom ove dve godine broj dana sa visokim THI vrednostima je bio mnogo veći od prosečnih dva dana po godini. Black i sar. (2004)¹¹⁵ su došli do sličnog zaključka, i prema njihovim ispitivanjima globalni prosek temperature u poslednjih nekoliko decenija raste, a najtopliji meseci u godini su juni, juli i avgust.

Broj toplih dana u letnjim mesecima je povećan i leto u proseku počinje dve nedelje ranije (u poređenju sa podacima o početku leta, tokom predhodnih godina) i traje dve nedelje duže.¹²³ Broj dana kod kojih je prosečna dnevna temperatura iznosila 30°C povećan, a istraživači predviđaju da će maksimalne temperature između dve sezone iznositi od 35-48°C.

U prilog činjenici da je zabeležen porast dnevnih temperatura ukazuje i istraživanje koje su radili Noordhuizen i sar. (2015).¹²⁵ Istraživači su ispitivali procentualnu zastupljenost meseci u kojima je vrednost THI indeksa bila <73, vrednosti THI u intervalu od 73-77 i vrednosti THI >77. Ispitivani period je obuhvatio period od 1917-2008 godine. Rezultati su pokazali da je u kategoriji vrednosti THI indeksa <73 procentualna zastupljenost meseci bila 35% za period 1917-1960, 32% za period 1961-1990, i 28% za period 1991.-2008. Međutim, vrednosti THI >77 za ispitivani period 1991-2008, pokazuju povećanu frekvencu meseci gde je izmerena navedena vrednost THI indeksa (50%), u poređenju sa periodom 1917-1960 gde je procentualna zastupljenost meseci iznosila 45%. Isti istraživači predviđaju porast dnevnih temperatura u narednom periodu. Tokom 2020. godine prosečna temperatura u januaru će iznositi 22,5°C sa

relativnom vlažnošću od 80%, 2050. godine bi prosečna temperatura iznosila 22,9°C sa relativnom vlažnošću vazduha od 88%, U poređenju sa rezultatima iz perioda 1961.-1990. može se zaključiti da bi tokom zimskih meseci dnevna temperstura porasla za oko 1°C. Prosečna dnevna temperatura bi se povećavala i tokom letnjih meseci. Tokom juna meseca procečna dnevna temperatura bi iznosila 29,7°C dok i prosečna vlažnost vazduha iznosila 78%. U poređenju sa periodom od 1961.-1990. prosečna dnevna temperatura je porasla za oko 2°C.

Negativni efekti visokih vrednosti THI indeksa negativno utiču na proizvodnju i kvalitet mleka. Na temperaturi od 29°C i relativnoj vlažnosti vazduha od 40% gubici u proizvodnji mleka se kreću između 2 i 7%. Sa povećanjem relativne vlažnosti vazduha povećava se i smanjenje u proizvodnji mleka, pa gubici pri relativnoj vlažnosti od 90% iznose između 17 i 31%. Pri svakom povećanju temperature od 0,55°C, gubici u proizvodnji mleka iznose 1,8 kg, dok gubici u unosu suve materije hrane iznose 1,4 kg. Svako povećanje THI vrednosti iznad 72 povlači za sobom gubitke u proizvodnji mleka koji se kreću 0,2–0,9 kg. Tokom trajanja toplotnog stresa metabolizam je promenjen i potrebno je između 10 i 30% više energije, koja se troši na održavanje procesa termoregulacije.¹²⁶

Sa svakim povećanjem vrednosti THI indexa se gubi 0,9 kg mleka/kravi/danu³⁹, a istraživači Ravagnolo i sar. (2010)¹²⁶ su našli gubitke u proizvodnji mleka od 0.2 kg/danu. U uslovima kada je vrednost THI indexa 72, gubici u proizvodnji mleka su 2,2 kilograma/danu.¹²⁷ Opseg THI vrednosti od 68-71 može uticati na pad proizvodnje mleka od 0.283kg/satu do -1.1kg/kravi/danu.⁷⁷ U uslovima blagog do umerenog stresa gubici u proizvodnji mleka su 0.303kg/h do -2.7 kg/krava/dan. U uslovima umerenog do jakog toplotnog stresa gubici su 0.322kg/h do -3.9 kg/krava/dan.

Svako povećanje THI vrednosti iznad 69 povlači za sobom smanjenje u proizvodnji mleka za 0,41kg/kravi/danu.⁸⁰ Pri vrednostima THI indeksa između 70 i 73 gubici mleka iznose 9%, ali uglavnom padnu za oko 20%, kada THI vrednost pređe 74.⁴⁶ Kod THI vrednosti između 76 i 79 gubici se kreću u intervalu od 23 do 28%. Maksimalno smanjenje mlečnosti nastaje kada THI vrednost dostigne 80.⁸⁰ Povećanje vrednosti THI indeksa dovodi do smanjenja u proizvodnji mleka, koje se kreće u intervalu 0,18 – 0,36 kg /po jedinici povećanja THI.¹²⁸ Sacido i sar. (2001)¹²⁹ su prikazali smanjenje u proizvodnji mleka od 0,2 kg po jedinici povećanja THI vrednosti, dok je Cincović (2016)³⁹ prikazao gubitke od 0,88 kg po jedinici povećanja THI. Prosečna mlečnost se smanjuje za 0,41 kg /po jedinici povećanja THI.⁸⁰ Pad u proizvodnji mleka

iznosi 0,08 kg/jedinici povećanja THI u regionima sa zatvorenim sistemom držanja a kod slobodnog (pašnog) sistema držanja pad u proizvodnji mleka iznosi 0,17 kg.⁶⁸

Istraživanje Bohmanova i sar. (2006)⁸ pokazuje da se THI indeks može dovesti u vezu sa produkcijom mleka. Istraživači su ispitivali vezu između vremenskih prilika i produkcije mleka u dve oblasti u Americi. Karakteristike vremenskih prilika u Atheni su toplo i vlažno vreme, sa maksimalnim temperaturama u julu i avgustu i veoma visokim procentom vlažnosti (70%). U ovom regionu maksimalna proizvodnja mleka je u aprilu, i počinje da opada u maju. Značajan pad proizvodnje mleka primećen je tokom jula i avgusta, što ukazuje na uticaj visokih dnevnih temperatura i povećanom vlažnošću vazduha.

Vremenske prilike u Phenixu karakterišu veoma visoke dnevne temperature, ali je vlažnost vazduha znatno niža. Maksimalna proizvodnja mleka u ovom području zapažena je tokom marta, dok je smanjenje u proizvodnji mleka zapaženo tokom druge polovine aprila i tokom maja. U periodu od juna do avgusta vrednosti THI indeksa se kreću u intervalu od 76-81, kada je zapažen i maksimalni pad u proizvodnji mleka. Isti istraživači su ispitivali gubitke u proizvodnji mleka tokom nekoliko godina, i rezultati su pokazali da su gubici najveći kada su vrednosti THI indeksa visoke i obratno.

Primećeno je da postoji linearna veza pada proizvodnje mleka sa visokim vrednostima THI indeksa.^{80,127} U rezultatima Könyvesa i sar. (2017)¹¹⁹ je predstavljena negativna korelacija između vrednosti THI indeksa i količine proizvedenog mleka. Koeficijent linearne regresije je bio negativan tokom proleća, leta i jeseni, što ukazuje da se sa povećanjem vrednosti THI mlečnost smanjuje za 0,011 kg tokom proleća, 0,108 kg tokom leta i 0,046 kg tokom jeseni.

Istraživači Segnalini i sar. (2011)¹³⁰ su se bavili sličnom problematikom. Saradnici su zaključili da je tokom proleća proizvodnja mleka iznosila 42.74±4.98 litara, dok je tokom letnjih meseci iznosila 39.60±5.09l. Utvrđeno je takođe, da između dva posmatrana perioda postoji statistička značajnost. Do sličnih rezultata je došai Hossein-Zadeh (2013)¹¹⁷ koji su utvrdili, da je proizvodnja mleka bila najmanja tokom letnjih meseci (15,19±0,35), dok je najveća proizvodnja mleka zabeležena tokom zimskih meseci (24,05±0,47).

U uslovima toplotnog stresa životinje konzumiraju manju količinu hrane u odnosu na njihove stvarne potrebe. Količina unete hrane smanjuje se za 20% tokom letnjih meseci, a kad je dnevna temperatura 40°C količina unete hrane se smanji za 50%, čime se narušava energetska bilans i aktivnost mlečne žlezde.

Kod krava, koje su izložene toplotnom stresu količina mleka opadne za 10 – 30%.^{130,131} Na temperaturi višoj od 30°C količina proizvedenog mleka se smanjuje za 30% dok se pri temperaturi od 35°C količina proizvedenog mleka smanji za 33%.

Berman i sar. (1985)⁴⁴ su ispitivali odgovor na toplotni stres kod 13 krava Holštajn rase i zaključili da je tokom letnjih meseci prisutno smanjenje količine mleka u poređenju sa prolećnim periodom. Prema njihovom istraživanju toplotni stres dovodi do gubitka u proizvodnji mleka koje u proseku iznosi od 600–900 kg/karavi/laktaciji. Primećeno je da je proizvodnja mleka redukovana, kada je telesna temperatura iznad 39°C. Povećanje telesne temperature povlači za sobom gubitke u proizvodnji mleka koji iznose 0,38 kg. Oko 35% gubitaka u proizvodnji mleka nastaje na račun smanjenja unosa suve materije hrane a 65% kao rezultat metaboličkog odgovora organizma na toplotni stres. Smanjenje absorpcije hranljivih materija, promene na nivou funkcije rumena udružene sa endokrinim izmenama dovode visoko mlečne krave u stanje negativnog energetskeg bilans, što za njih predstavlja veliki metabolički napor.

Krave rase Holštajn slabije kompenzuju toplotni stres, i potrebno je kraća ekspozicija da bi se značajno smanjila količina proizvedenog mleka. od $1,7 \pm 0,32$ kg. Tokom faze oporavka količina mleka se blago povećava i ta količina u proseku iznosi $1,2 \pm 0,32$ kg.

Kod vrednosti THI indeksa iznad 66, proizvodnja mleka je smanjena za 0,23 kg mleka/dan.¹³² Gubici mleka u toplotnom stresu iznose 21%. Primećeno je takođe, da vrednosti THI indeksa u intervalu od 68–78 povlače za sobom gubitke od 4 kg. Za svako povećanje vrednosti THI indeksa iznad 72 količina mleka se smanji za 0,2 kg/danu¹³³ Toplotni stres uzrokuje smanjenje nivoa neesterifikovanih masnih kiselina i nivoa glukoze u jetri, što dovodi do smanjenja količine glukoze, koja dolazi u mlečnu žlezdu. S obzirom da je glukoza prekurzor za sintezu lakttoze, tokom trajanja toplotnog stresa smanjena je količina laktoze u mleku. Važno je napomenuti, da se osetljivost krava na toplotni stres povećava sa povećanjem produkcije mleka. Sa produkcijom mleka od 35-45 kg/danu, osetljivost na toplotni stres se povećava za 5%. Stadijum laktacije je takođe, faktor, koji utiče na osetljivost krava na toplotni stres, pa je druga trećina laktacije najkritičniji period.⁷⁸ Osetljivost na toplotni stres proizvodnju mleka zavisi od dužine ekspozicije. Krave izložene ambijentalnoj temperaturi od 27°C u periodu od 40 do 80 dana imaju značajno manji gubitak mleka u odnosu na krave, koje su izlagane istim temperaturama tokom 20 dana. Gubici u proizvodnji mleka su veći ukoliko je telesna temperatura životinja veća od 39°C i održava se na tom nivou više od 16 h/dan.⁸⁰

Ukoliko se period toplog vremena produži, problemi se mogu odraziti na kvalitet pašnjaka, kada je životinjama dostupno manje kvalitetne zelene mase za ishranu.¹³⁴ Kao posledica visokih vrednosti THI indeksa i nemogućnosti aklimatizacije, može doći i do letalnih ishoda. U istraživanju Vitali i sar., (2009)¹³⁵ registrovano je 281 uginuće u periodu od 2010-2012 godine. Tokom 2012. godine, registrovano je 47 uginuća, tokom 2011.godine, registrovano je 126 uginuća a tokom 2010. godine registrovano je 108 uginuća. Tokom trajanja toplotnih talasa u ispitivanom periodu prosečan broj uginuća iznosio je 94 u toku tri dana. Prosečna starost krava kod kojih je registrovan letalni ishod iznosila je 5 godina. 94% zahvaćenih životinja pripadalo je Holtajn – Friziskoj rasi. Procentualno gledano tokom trajanja toplotnog talasa zabeleženo je 27% uginuća. Vrednosti THI indeksa, kada su zabeležena uginuća iznosile su 79,1.

Monteny i sar. (1998)¹³⁶ su ispitivali broj uginuća mlečnih krava, koje su izlagane različitim vrednostima THI indeksa u periodu od 2002-2009. Rezultati su pokazali da je broj uginuća najveći kada je vrednost THI indeksa u intervalu od 74-72. Registrovano je skoro 3000 uginuća pri vrednostima THI od 90-92, dok je pri vrednostima THI od 77-79 broj uginuća iznosio 2500 u odnosu na ukupan broj goveda u ispitivanju.

Navedeni podaci mogu biti od koristi prilikom procene opasnosti od visokih temperatura i smanjenja šternih efekata. Prilikom procene treba uzimati u obzir minimalne i maksimalne vrednosti THI indeksa. Tokom toplih dana često su minimane vrednosti THI indeksa, koje su zabeležene u jutarnjim časovima kritične za preživljavanje mlečnih krava, pa je u takvim slučajevima poželjno primeniti mere rashlađivanja da bi se štertni efekti sveli na minimum. THI indeks je široko prihvaćen model za procenu toplotnog opterećenja krava. Međutim, Bohmanova i sar. (2007)⁸ su upoređivali nekoliko THI vrednosti za različite regione na osnovu smanjenog dnevnog prinosa mleka. Rezultati su pokazali da postoje razlike ukoliko se posmatra THI kao jedini faktor koji je u vezi sa smanjenom produkcijom mleka. Bohmanova i sar. (2007)⁸ su došli do zaključka da je potrebno uzeti u obzir više parametara (ICC- comprehensive climate index). Parametri, koji se uzimaju u obzir su temperatura sunčevog zračenja, brzina strujanja vetra i relativna vlažnost vazduha. Međutim, kod krava, koje se drže u zatvorenom prostoru brzina strujanja vetra nema velikog uticaja, tako da je potrebno imati detaljan uvid u mikroklimatske uslove ambijenta.

6.2. Zoohigijenski parametri na farmi

Štetni gasovi-tokom poslednjih nekoliko decenija intenzivna stočarska proizvodnja je dovela do veće potrošnje hemijskih đubriva. Porast potrošnje je nastao zbog većeg broja stoke, koja se koristi u proizvodne svrhe. Uz već prisutnu povećanu potrošnju hemijskog đubriva dodatni problem predstavlja korišćenje visokoproteinskih hraniva u ishrani mlečnih goveda, a sve u cilju povećane proizvodnje hrane animalnog porekla. Kao posledica svega navedenog, uz neadekvatno skladištenje stajnjaka i korišćenje pašnjaka za ishranu životinja, dolazi do povećane emisije štetnih gasova u atmosferu. Nekontrolisana emisija štetnih gasova prvenstveno emisija amonijaka, dovodi do eutrofizacije i zakišeljavanja zemljišta.^{137, 138} Evropa i Sjedinjene Američke Države predstavljaju najveće izvore emisije amonijaka. Smatra se da 70-80% ukupne emisije potiče iz stočarske proizvodnje, a takođe se smatra da su mlečne krave najveći zagađivači.^{139,134,141} Prosečna godišnja emisija amonijaka u atmosferu iznosi između 1,5 do 55,5 kg/govečetu¹⁴² U objektima za smeštaj životinja, kod kojih se ventilacija rešava prirodnim putem, očekuje se najveća koncentracija amonijaka, pa preventivu u emisiji treba usmeriti u ovakve objekte.

Kada se amonijak nađe u atmosferskom vazduhu on zajedno sa azotnom kiselinom prelazi u formu amonijum-nitrata koji se u atmosferskom vazduhu nalazi u obliku aerosola. Amonijum-nitrat zajedno sa ostalim česticama iz vazduha negativno utiče na zdravlje ljudi i životinja. Ukoliko se amonijak deponuje u očuvanim ekosistemima može dovesti do njihove degradacije kao i do degradacije zemljišta¹⁴¹ Oslobođeni amonijak ima relativno kratak životni vek-od nekoliko sati do par dana. Dužina raspada zavisi od toga da li je oslobođeni amonijak u formi gasa ili u obliku čestica. Smatra se da amonijak, koji se nalazi u obliku aerosola dovodi do eutrofikacije zemljišta. Štetni efekti amonijaka mogu biti primećeni i na udaljenosti od 100 km od izvora emisije.¹⁴³ Agencija za zaštitu životne sredine¹⁴⁴ smatra da amonijak predstavlja osnovni kontaminant vazduha. Formirane čestice amonijum-nitrata u atmosferskom vazduhu su prekursori za formiranje tzv. PM2.5 čestica (*Particular matter*- čestica dijametra 2.5 mikrona), koje mogu uzrokovati respiratorne probleme. Preživari predstavljaju specifičnu vrstu životinja kada se posmatra metabolizam proteina i iskorišćavanje azota iz hraniva. Proteini iz hrane se u buragu razlažu do aminokiselina, pod uticajem buražne mikroflore. Prilikom katabolizma proteina oslobađa se i amonijak. Jedan deo amonijaka koriste mikroorganizmi za svoje potrebe, a

deo amonijaka koji ne iskoriste mikroorganizmi buraga resorbuje se i dospeva do jetre. U jetri se vrši konverzija amonijaka do uree. Formirana urea se zatim resorbuje u sistemsku cirkulaciju, odakle jedan deo odlazi do mlečne žlezde, a jedan deo se izlučuje urinom. Količina uree, koja se nalazi u izlučenom urinu zavisi od količine unetog Na i K, odnosno zavisi od zapremine izlučenog urina, a 60-80% azota koji potiče iz urina se nalazi u obliku uree. Sadržaj azota koji se nalazi u obliku uree zavisi i od sastava obroka i iznosi 59-89% za životinje hranjene silažom, uz dodavanje i proteinskih suplemenata.¹⁴³ Stepen razgradnje proteina hrane u buragu kreće se od 40-50%. Sa porastom koncentracije razgradivog proteina u ishrani povećava se koncentracija izlučenog azota. Koncentracija izlučenog azota se kod mlečnih krava kreće 2–20 g/l-1. Fecesom i urinom se izlučuje 25-35%, mlekom 19%, dok se oko 2% deponuje u telesne rezerve. Azot koji potiče iz stajskog đubriva se lako može konvertovati u amonijak, posredstvom bakterijske aktivnosti. Posredstvom enzima ureaze mikroorganizmi iz fecesa reaguju sa ureom koja potiče iz urina i konvertuju je u amonijak vrlo brzo nakon izlučivanja. Smatra se da je hidroliza uree kompletna dva sata nakon uriniranja pri optimalnoj temperaturi od 10 °C.¹⁴¹

Faktori koji utiču na emisiju amonijaka u objektima za smeštaj životinja su temperatura, relativna vlažnost vazduha, pH vrednost stajnjaka, sastav poda, stepen ventilacije. Visoka temperatura i visoka relativna vlažnost vazduha, olakšava emisiju amonijaka. Temperatura utiče na biotičku razgradnju i isparavanje posredstvom aktivnosti bakterija.¹⁴⁵ Emisija amonijaka je veća u letnjim mesecima.¹⁴⁶ Razlog za ovakav rezultat može biti objašnjen višom temperaturom, koja stimuliše mikrobiološku aktivnost u fecesu i urinu, što kao krajnji rezultat ima povećanu koncentraciju amonijaka u vazduhu usled isparavanja. U studiji Burgos i sar. (2004)¹⁴⁴ je ispitan kvalitet vazduha u farmama zatvorenog tipa tokom sva četiri godišnja doba. Kapacitet farme je bio 675 goveda. Dužina objekta je 122 m dok je visina iznosila 33 m. Rezultati su pokazali da je najniža koncentracija amonijaka izmerena tokom marta meseca, povećavala se tokom maja, a najveća koncentracija zabeležena je u junu. Tokom najtoplijeg dela godine koncentracija štetnih gasova je bila niža. Razlog za ovakve rezultate može biti objašnjen upotrebom ventilatora u toku jula i avgusta. Veći protok vazduha smanjuje koncentraciju oslobođenog amonijaka. Koncentracija amonijaka u letnjim mesecima kreće između 36,4-23,3 ppm/danu/govečetu.¹⁴⁵ Ogled je rađen u zatvorenim objektima sa kapacitetom od 2100 mlečnih krava. Prosečna koncentracija amonijaka na farmi sa 550 goveda tokom zime iznosi 240 ppm, a tokom leta se povećala na 1140 ppm.¹⁴⁷ Farme su bile zatvorenog tipa. Visoka pH vrednost stajnjaka povećava

koncentraciju izlučenog amonijaka u atmosferskom vazduhu. Povećanje pH utiče na tzv. biotički indukovanu emisiju, i smatra se da pH vrednost 7-8 olakšava difuziju izlučenog amonijaka.¹⁴³ Na koncentraciju amonijaka u vazduhu utiče i tip poda. Farme u kojima se odvaja feces od izlučenog urina u značajnoj meri redukuju isparavanje oslobođenog amonijaka. Na emisiju amonijaka utiče i stepen ventilacije u objektu, pa se u objektima sa lošim ventilacionim sistemima očekuje veća količina štetnih gasova.¹⁴⁸⁻¹⁵⁰ Ukoliko problem ventilacije u objektu nije rešen na adekvatan način, količina emitovanog amonijaka može biti povećana za 50%.¹⁵¹ Na emisiju amonijaka veliki uticaj ima i sastav obroka. U jednoj studiji je primećeno da se koncentracija izlučenog amonijaka povećava za 15% ukoliko se količina kabaste hrane u obroku poveća sa 50% na 70%. Odnos kabaste i koncentrovane hrane u obroku u srazmeri 48:52 ne utiče značajno na emisiju amonijaka.¹⁵² Vodonik-sulfid je toksičan gas, koji može dovesti do letalnog ishoda ukoliko se nađe u visokim koncentracijama u vazduhu. Emisija vodonik-sulfida u objektima zatvorenog tipa se kreće u koncentraciji od 0,02-5,7 ppm.¹⁵³ Rezultati Battye i sar. (2003)¹⁵⁴ pokazuju da se koncentracije vodonik-sulfida kreću u koncentraciji od 0-2 ppm zimi i od 0-15 ppm leti na farmi sa 550 goveda u zatvorenom sistemu držanja. U nekim zemljama (Minnesota) preporučena koncentracija vodonik-sulfida se kreće 30 ppm.¹⁵⁵ Studija Stewart i sar. (2005)¹⁵⁶ je ispitala koncentraciju ugljen-dioksida i vodonik-sulfida tokom godine. Rezultati su pokazali da ne postoje značajna odstupanja tokom godine. Nešto veće koncentracije izmerene su tokom avgusta meseca. Slični rezultati su prikazani i u istraživanjima Agle i sar., (2010).¹⁵³

Mere u cilju redukcije štetnih gasova prvenstveno amonijaka kao potencijalno najopasnijeg podrazumevaju: redukciju koncentracije uree u urinu korekcijom obroka, izbor adekvatnog materijala za izgradnju poda koji onemogućava isparavanje urina, usporavanje hidrolize uree u izlučenom urinu, kontrolu pH stajnjaka, optimalnu izmenu vazduha unutar objekta. Korekcija ishrane podrazumeva korišćenje hraniva sa niskim sadržajem azota. Korišćenjem ovakvih hraniva koncentracija izlučenog amonijaka može se smanjiti za 40%. Smanjenje koncentracije amonijaka u objektima moguće je postići ispiranjem površine poda staje. Preporuka je da se površina poda ispira sa 50 l vode/danu/životinji, na svakih dva sata. Ovakvim protokolom moguće je smanjiti koncentraciju izlučenog amonijaka za 34%. Skraćenje frekvence ispiranja podova (jedan sat nakon uriniranja) ne bi imalo značaja na smanjenje koncentracije, s obzirom da hidroliza uree nastaje u proseku dva sata nakon uriniranja. Nedostaci ovakvog načina redukcije ogedaju se u tome da bi se morala pratiti frekvencija uriniranja životinje, što sa praktičnog aspekta nije

funkcionalno.¹⁵⁶ Usporavanje procesa hidrolize uree moguće je postići inhibicijom enzima ureaze. Kao najbolji pokazatelj inhibitora ureaze pokazao se rastvor formaldehida. Ispiranjem površina poda rastvorom formaldehida, postignuta je redukcija amonijaka za 50% kod objekata sa ravnim podovima i 87% kod podova u obliku slova V. Preporučene količine formaldehida su 34 l vodenog rastvora. Kao uspešni inhibitor aktivnosti ureaze navodi se i rastvor hlorovodonične kiseline. Niska vrednost pH površine poda uz dodatak vodenih rastvora kiselina se pokazalo kao efikasan metod redukcije amonijaka. Smatra se da vrednost pH 4-4,5 može redukovati koncentraciju amonijaka za 37%. Dodatnom acidifikacijom je moguće postići redukciju za 60%. Kao korektivna mera navodi se i redovno izdubavanje objekata uz adekvatni sistem ventilacije. Ovakvim načinom organizacije rada u objektu, moguće je smanjiti koncentraciju emitovanog amonijaka za 10-20%. Efikasan sistem izmene vazduha je jedan od značajnih faktora, kojim se između ostalog reguliše i koncentracija emitovanih štetnih gasova. Preporučuje se da brzina ventilacije po kravi telesne mase 450 kg u zimskom periodu iznosi 2,8 m³/minuti, odnosno da u letnjem periodu iznosi 5,7 m³/minuti. Optimalna brzina strujanja vazduha bi trebalo da iznosi od 0,1-0,3 m/s. Održavanjem optimalnih mikroklimatskih uslova u objektima moguće je postići redukciju štetnih gasova za 40%.¹⁵⁶

6.3. Upotreba termovizijske kamere u oceni toplotnog stresa

Termoregulacija kod krava i adaptacija na toplotni stres-Prilikom delovanja visokih temperatura krave pokazuju tendenciju povećanog ležanja. Međutim, ukoliko podloga nije dovoljno kvalitetna krave će duži deo vremena stajati, što dodatno opterećuje papke i potencira razvoj hromosti. Ako veliki broj krava stoji ili leži blizu prirodnih otvora na farmi, ili u senci ispusta ili drveta (ako su puštene na pašu), a uz to su pribijene jedna uz drugu možemo prepostaviti da ambijentalni uslovi nisu u termoneutralnoj zoni. Jedan od interesantnih znakova, koji se adspekcijom mogu zapaziti je povećana vlažnost nosnog ogledala i curenje salive iz poluotvorenih usta, a u ekstremnim situacijama i suvoća i perutanje pomenutih delova. Krave, koje su u ispustu ili na paši najčešće zauzinaju takav položaj prema suncu, da im je glava suprotno od sunca, a telo uzdužno postavljeno, da bi se smanjio uticaj direktne solarne radijacije i mogućnost nastanka hipertermije.⁴⁶

Principi rada termovizijske kamere i formiranje termograma-Svaki objekat na temperaturi iznad apsolutne nule (-273°C) emituje termalnu energiju u infracrvenom regionu. Termovizijska kamera je aparat za bezkontaktno snimanje emitovanja toplote, odnosno infracrvenog zračenja, pa se nazivaju infrared/infracrvene kamere. Rezultat snimanja termovizijskom kamerom je fotografija-termogram. Termogram se odlikuje paletom živopisnih boja od žute i crvene koje ukazuju na toplija mesta do plave i ljubičaste, koje ukazuju na hladnija mesta. Svaki termogram je slika za sebe i uz svaki termogram mora postojati paleta boja, koja je povezana sa temperaturnim vrednostima. U termalnim kamerama se nalaze kvantni detektori, koji skupljaju kvante-određene količine toplotne energije, a za tu svrhu se najčešće koristi kadmijum merkuri telurid, koji menja električnu otpornost kada primi kvant toplote i te promene preko sabirača i izmenjivača daju termogram. Glavna ograničenja u upotrebi termovizijske kamere su sledeće: termogrami moraju biti napravljeni bez direktnog delovanja sunčevog zračenja, površina pokrivača od dlake, kod goveda mora biti čista i bez prisustva stranih materijala (omče, lanci i sl.).¹⁵⁷

Upotreba termovizijske kamere kod krava i faktori koji utiču na dobijanje termograma - Termovizija se kod goveda najviše koristila u dijagnostike svrhe, ali i za procenu dobrobiti kod životinja. U jednom radu Hurnik-a i sar.¹⁵⁷ ispitana je efikasnost upotrebe termovizije u detekciji estrusa i procenjeno je da ova snimanja mogu imati potencijal u proceni termalnog opterećenja krava. Od tada pa do danas infracrvena termografija doživela je ekspanziju upotrebe¹⁵⁸

U jednom radu Montanholi i sar., (2008)¹⁵⁹ autori su našli da postoje sledeći tehnološki, biološki i faktori sredine, koji utiču na vrednosti temperature, koje će biti prikazane na termogramu. Postoji visoka ponovljivost vrednosti termograma ukoliko su oni napravljeni u razmaku od 10 sekundi. Izmerena temperatura opada što je distanca između kamere i krave veća. Rezultati su konzistentni čak i kada snima više ljudi. Vetar i debris (razni ostaci) na koži smanjuju temperaturu površine tela. Izlaganje tela direktnom sunčevom zračenju povećava površinu temperature tela, ali se vrednosti vraćaju na početni nivo posle nekoliko minuta provedenih u senci. Fizička aktivnost životinje povećava temperaturu tela, dok davanje sedativa i anti-sedativa utiče na temperaturu površine tela. Imprint-otisak fetusa na površinu tela gravidnih krava daje veće temperature u termogramu.

Rezultati merenja zavise i od anatomskog mesta gde se merenje vrši, a najveća korelacija pokazana je između temperatura izmerenih u predelu ušne školjke, baze repa i vulve. Površina

tela značajno korelira sa temperaturom tela krava merene u tropskim uslovima ¹⁵⁹ Najnoviji rezultati pokazuju da kačenje automatskog sistema za praćenje temperature na metatarzusu krave pokazuje gotovo savršenu pozitivnu korelaciju sa temperaturom izmerenom klasičnom termovizijskom kamerom.¹⁶⁰ Ovom metodom utvrđeno je da sezona i period dana kada se vrši merenje podjednako na isti način utiče na temperaturu površine tela i rektalnu temperature, koja se uzima kao standard u svakodnevnom radu. Sve navedeno daje mogućnost kontinuiranog praćenja temperature krave na farmi.¹⁶¹

Prilikom procene emisije toplote, kod krava, koje su izložene visokim temperaturama, termovizijska kamera se pokazala kao najpreciznija metoda merenja. Studija Cardoso i sar. (2015)¹⁶² je pokazala da se tokom izlaganja krava visokim ambijentalnim temperaturama rektalna temperatura nije mnogo menjala, dok je temperatura različitih regija na površini kože izmerena termovizijskom kamerom pokazala značajna odstupanja. Isto istraživanje je pokazalo da su najtopliji delovi tela predeo inraorbitalne regije, i regija vimena. Povećanje temperature u infraorbitalnoj regiji može se objasniti visokim nivoom vaskularizacije i promenama u količini krvi (koja se nalazi u pripadajućim krvnim sudovima), uslovljena aktivnošću simaptikusnog nervnog sistema.

Naši rezultati se slažu sa rezultatima većine autora, a najtoplijim regijama se smatra regija vimena i infraorbitalna regija. Temperatura oka predstavlja dobar indikator toplotnog opterećenja, ali prilikom analize rezultata treba uzeti u obzir i ambijentalne uslove u kojima životinja boravi. U istraživanju Church i sar. (2014)¹⁶³ temperatura oka je iznosila 36,7 stepeni izmerena u najtoplijem delu dana. Studija Daltro i sar. (2017)¹⁶⁴ je pokazala da temperatura infraorbitalne regije kod životinja, koje su direktno izložene sunčevom zračenju iznosi 38,85°C dok je izmerena temperatura kod životinja koje su bile u hladu iznosila 38,29°C. Vetar, takođe, ima uticaja na temperaturu tela. Ista studija je pokazala da je u uslovima bez vetra temperatura infraorbitalne regije iznosila 37,67°C dok je pri brzini strujanja vetra od 7km/h temperatura infraorbitalne regije iznosila 37,23°C.

U istraživanju Martello i sar. (2016)¹⁶⁵ mikroklimatski uslovi za vreme snimanja infracrvenom kamerom su bili sledeći: temperatura okoline se kretala od 20.7 do 37.9 °C; relativna vlažnost od 52% do 95%, THI indeks od 69,2 do 89,69. Povišena temperatura registrovana je u infraorbitalnoj regiji, lateralnom delu vimena, bočnom delu vimena, levoj polovini tela (left area), i desnoj polovini tela (right area). Pozitivne korelacije između toplotnog

opterećenja i izmerene regije nađene su u predelu oka i leve polovine tela, dok je umerena korelaciona veza nađena između regije oka i lateralne strane donjeg dela akropodijuma. Navedeni rezultati pokazuju, da je infraorbitalna regija dobar indikator toplotnog opterećenja, a to dokazuju i naši rezultati. U istraživanju Da Silva i sar. (2016)¹⁶⁶ prikazani su slični rezultati. Najtopliji delovi tela bili su regija glave, regija bokova je imala nešto niže izmerene temperature, dok su najniže temeprature zabeležene u regiji ekstremiteta. Razlog za nastale promene se može objasniti time da se kod toplotnog opterećenja krava aktiviraju mehanizmi za odavanje viška toplote pa se kao posledica periferne vazodilatacije krvnih sudova kože određene regije pokazuju višu temperaturu usled prisustva veće količine krvi. Međutim, najviše izmerena temperatura bila je u infraorbitalnoj regiji, a razlozi za to su objašnjeni ranije.¹⁶⁷

Slični rezultati su prikazani i u istraživanju McManus i sar. (2016).¹⁶⁸ Istraživanje je pokazalo da je najviša temperatura zabeležena u infraorbitalnoj regiji, dok su distalni delovi ekstremiteta imali nižu temperaturu. Temperatura određenih područja (infraorbitalna regija, područje vrata, leđa, stomaka, vimena, distalnih delova ekstremiteta) predstavlja dobre indikatore za procenu toplotnog opterećenja.¹⁶⁹ Izmerena temperatura u navedenim regijama dobar je pokazatelj da li je životinja u termoneutralnoj zoni ili je u stanju toplotnog stresa. Temperatura oka posebno temperatura medijalne granice donjeg kapka i lakrimalnog kanala dobar indikator toplotnog opterećenja.¹⁷⁰ U istraživanju Knižková i sar. (2007)¹⁷¹ temperatura vimena je u najtoplijem delu dana iznosila 30,71°C. U prilog navedenog, da su najtopliji delovi tela kod krava izloženih visokim ambijentalnim uslovima područje glave i vimena govori i istraživanje, koje je sproveo Porcionato (2009).¹⁷² Istraživači su napravili termografski monitoring temperature tela neposredno pre i nakon hlađenja. Temperatura vazduha je bila između 27 i 31°C. Nakon rashlađivanja u trajanju od 60 sekundi temperatura u izmerenim regijama je bila niža za 1,2°C.

Infracrvena kamera se pokazala kao dobar dijagnostički model za ranu procenu mastitisa kod mlečnih krava. Kravama kojima je dijagnostikovao mastitis lokalna temperatura vimena izmerena putem termo kamere je veća za 1°C i pokazuje pozitivnu korelaciju sa količinom somatskih ćelija nađenih u mleku.¹⁷³ Do sličnih rezultata su došli Berry i sar. (2003)¹⁷⁴ koji pokazuju, da je površinska temperatura vimena iznosila 39,22°C. Potrebno je naglasiti da je termo kamera pomoćni dijagnostički metod, i da temperatura površine kože zavisi od faktora spoljašnje sredine. Stokes i sar. (2012)¹⁷⁵ su koristili termo kameru, da bi pokazali uticaj faktora sredine na temperaturu površine kože. Rezultati su pokazali različite dnevne varijacije, a vrednosti

temperatura su zavisile od faktora spoljašnje sredine. Došli su do zaključka da su varijacije u visini temperature manje kod vimena, koje je izloženo inflamatornom procesu. Termo kamera se može koristiti kao dijagnostički metod, ali se prilikom procene u obzir moraju uzeti i faktori spoljašnje sredine.

Termovizijska kamera se uspešno može koristiti kao pomoćna dijagnostička procedura kod laminitisa. Kod zapaljenskih promena lokalizovanih na distalnim delovima ekstremiteta povišena temperatura, koja se registruje termo kamerom nastaje usled povećane permeabilnosti krvnih sudova, veće prokrvljenosti i povećanog tkivnog metabolizma. U studiji Alsaad i sar. (2015)¹⁷⁶ termovizijska kamera je korišćena kao neinvazivni metod za detekciju lezija lokalizovanih na akropodijumu. Rezultati su pokazali da je kod zapaljenskih promena temperatura akropodijuma iznosila 27,1°C, dok je temperatura na zdravom ekstremitetu iznosila 21,8°C. Slični rezultati prikazani su i kod Corazzin i sar. (2010)¹⁷⁷, koji ukazuju da je temperatura na ekstremitetu, koji je zahvaćen zapaljenskim promenama bila preko 27°C. Smatra se da je kritična gornja vrednost temperature na promenjenom ekstremitetu 27°C, i da je senzitivnost termovizijske kamere u ranoj detekciji patologije lokalizovane na akropodijumu 80% dok je specifičnost oko 50%.

Na osnovu iznetih činjenica, može se zaključiti da se termovizijska kamera pokazala kao dobar dijagnostički model za procenu termalnog opterećenja i za ranu dijagnostiku inflamatornih procesa. Međutim, treba imati u vidu i činjenicu da je temperatura tela pod uticajem faktora spoljašnje sredine, te da regije, koje su direktno izložene sunčevom zračenju pokazuju višu temperaturu. Ako se infracrvena kamera koristi kao pomoćni dijagnostički metod, merenje treba izvršiti tako da se smanje efekti spoljašnje sredine.

6.4. Toplotni stres i dobrobit krava na farmama

Dobijeni rezultati u velikoj meri odgovaraju rezultatima ranijih istraživanja Marie i sar. (2001), Ostojić-Andrić i sar. (2011)^{78,179} uz napomenu da su rezultati u ovoj oblasti retki i oskudni. Učestalost krava sa problemima može se porediti sa rezultatima drugih autora sa našeg područja.¹⁸⁰ Proizvodnja mleka i reproduktivna efikasnost su poligene osobine što znači da više minor gena utiče na ispoljavanje pomenutih svojstava. Da bi ovi geni mogli u potpunosti da ispolje svoj efekat potrebni su adekvatni uslovi sredine i nege. Zbog toga je obezbeđivanje principa ishrane, smeštaja i zdravlja značajno za održavanje navedenih osobina.¹⁸¹ Pojava

mastitisa nastaje kao posledica delovanja faktora sredine, lokalnog imuniteta vimena i izmenjenog opšteg zdravlja krava.¹⁸²

Kod reproduktivnih poremećaja, toplotni stres pokazuje značajan uticaj. Reproductivni poremećaji krava sa distokijom i vaginalnim iscetkom nastaju kao posledica različitih bolesti, a najučestaliji su endometritis i retencija placente (preko 60%) Redukcija u pojavi estrusa tokom trajanja letnje sezone iznosi 80%.¹⁸³ Tokom ekspozicije visokim ambijentalnim uslovima koncepcija je redukovana za 20-27%.¹⁸³ Zabeležena je redukcija stope graviditeta za 62%. Tokom toplotnog stresa dolazi do redukcije života oocita usled oksidativnog stresa, redukcije sekrecije interferona koji su odgovorni za graviditet, kao i ćelijske apoptoze usled ekspresije specifičnih gena. Tokom letnje sezone primećena je redukcija stope graviditeta za 62%, a kada se radi o uspešnosti inseminacije svega 10-20% se završi uspešno. Vijabilnost spermatozoida je redukovana za 50-70% tokom letnjih meseci. Procenat distokija je povećan za 33% tokom letnjih meseci.¹⁸⁴

Značajno za princip dobrog zdravlja, kod toplotnog stresa primećen je viši skor u odnosu na termoneutralne uslove. Primećena je, takođe, veća prevalenca pojedinih intestinalnih oboljenja parazitarne i bakterijske etiologije Registrovan je i povećan broj uginuća tokom trajanja letnje sezone a prisutan je znatno veći broj mastitisa tokom letnje sezone.¹⁸⁵ Zabeleženi su takođe gubici u proizvodnji mleka kada su vrednosti THI indeksa između 65 i 73, a registrovan je i povećan broj somatskih ćelija tokom trajanja letnje sezone.⁶³ Nađeno je da je tokom izloženosti krava toplotnom stresu povećan broj životinja sa znacima hromosti. Tokom najtoplijeg dela dana je povećan broj krava koje leže.⁶⁶ Okularni i nosni iscedak kod krava nastaju kao posledica loših mikroklimatskih uslova, ali i kao posledica ozbiljnih infekcija u organizmu. Respiratorne bolesti sa nosnim i očnim iscetkom su se pokazale značajnim, posebno kod mlađih kategorija krava.¹⁸⁰ Kožne lezije nastaju kao posledica neadekvatnog smeštaja (negativni koeficijent korelacije). Tako je kod krava u vezanom sistemu nađena veća učestalost lezija, ali je standardna devijacija vrlo visoka.¹⁸²

Tokom trajanja toplotnog stresa povećan je broj krava koje ne pokazuju adekvatno ponašanje karakteristično za estrus. Razlog za to može biti disbalans u hormonskoj aktivnosti. Istraživači Brscic i sar. (2007)¹⁸⁶ napominju da toplotni stres izaziva određenu vrstu fizičke letargije, koja mehanizmom negativne povratne sprege suprimira dejstvo polnih hormona i time

onemogućava nastanak estrusa. Razlog za navedene promene može biti proizvodnja veće količine toplote uzrokovane aktivnostima vezanim za estrus. Inhibicijom estrusa izbegava se dodatno zagrevanje organizma, koji je već izložen visokom spoljašnjm temperaturom. Povećana telesna temperatura negativno utiče na koncepciju, pa se sa povećanjem telesne temperature na 39,1°C koncepcija redukuje za 15 – 21%.

Tokom izloženosti krava toplotnom stresu prisutan je povećan broj mršavih krava usled nezadovoljenja energetskih potreba, a prisutni metabolički disbalans negativno utiče na dobrobit i zdravlje krava. Pri vrednostima THI od 72 značajno smanjen je unos suve materije hrane, a inicijalna vrednost THI pri kojoj je uočeno smanjenje suve materije hrane je 56.⁸⁰ Usled prisustva visokih teperatura stopa svarljivosti je smanjena usled redukcije u unosu suve materije hrane. Unos suve materije hrane tokom proleća iznosio je 68,5% dok je tokom leta unos redukovan na 66,5%. Redukcija u unosu suve materije hrane je udružena sa redukcijom motiliteta predželudaca, i usporenoj pasaži hrane kroz digestivni trakt. Kao posledica zadržavanja hrane u digestivnim organima, smanjuje se resorpcija hraniljivih materija neophodnih za održavanje metaboličkih procesa.

Pored mršavosti i metaboličkog disbalansa, sledeći veliki problem, na koji se može uticati obezbeđenjem principa dobrobiti jeste šepavost kod krava. Stepem hromosti kod krava zavisi od oboljenja, koji je na papcima dijagnostikovao, tako da najveća hromost postoji kod čira papka, interdigitalnog dermatitisa i artritisa, što se slaže sa našim predhodno dobijenim rezultatima. Šepavost kod krava nastaje kao posledica loših faktora sredine, loše nege papaka i loših uslova ishrane.¹⁸⁵ Kao jedan od razloga za nastanak laminitisa navodi se i produženo vreme stajanja kod krava. Kod zdravih krava, koje se nalaze pod optimalnim mikroklimatskim uslovima period odmora iznosi od 12 do 13 sati/danu.⁶⁶ Kada su vrednosti THI indeksa iznad 73,8 period odmora se skraćuje na manje od 8 sati/dan. Period odmaranja se smanjuje za 3 h/dan za opseg THI između 56,2-73,8. Kada se izračunaju navedeni podaci dolazi se do zaključka da se ukupno vreme, koje životinje provedu odmarajući smanji za 8h/danu. Tokom trajanja toplotnog stresa period ležanja se redukuje za 30%.¹⁸⁶ Tokom toplotnog stresa se smanjuje i period šetnje. Razlozi za ovakve izmene u ponašanju su akumulacija velike količine toplote i težnja da se oslobodi veća površina tela preko koje bi se odavala akumulirana toplota. Usled dugotrajnog stajanja dolazi do vazodilatacije krvnih sudova aropodijuma sa posledičnim zastojem krvi. Usled otežane perfuzije

u regiji akropodijuma nastaje lokalna hipoksija, koja predstavlja predisponirajući faktor za nastanak laminitisa Dugotrajno stajanje, takođe, narušava vezu između treće falange i kapsule korijuma, što zajedno sa slabom prokrvljenošću dovodi do nastanka laminitisa.¹⁸⁶

Za kriterijuma adekvatnog ponašanja, značajno je, da je tokom trajanja toplotnog stresa primećen niži skor, usled povećanog broja krava koje pokazuju agnostičko ponašanje. U prilog navedenoj činjenici govori i istraživanje Schütz i sar. (2010)¹⁸⁷ koji su utvrdili da se tokom lernjih meseci kada su vrednosti THI indeksa iznad 78 povećao broj krava, koje pokazuju znake agresivnog ponašanja u odnosu na termoneutralne uslove. Slični rezultati prikazani su i u studiji Scharf i sar. (2010)¹⁸⁸ u kojoj je utvrđeno, da krave koje borave u hladu pokazuju 70% manje agresivnog ponašanja u poređenju sa životinjama, koje su izložene toplotnom stresu. Studija Brscic i sar. (2007)¹⁸⁶ je došla do sličnih rezultata. U njihovoj studiji se pošlo od pretpostavke da su krave, koje su bile izložene toplotnom stresu pokazivale znake agresivnog ponašanja. Raloga za navedene promene može biti nemogućnost odavanja akumulirane toplote. Pregrevanje remeti dnevni ritam mlečnih krava, smanjuje periode odmora kada se životinja nalazi u stanju psihofizičke ravnoteže. Na bihevioralne promene utiče i način držanja krava. Krave u slobodnom sistemu držanja imaju bolje bihevioralne strategije i osobine. Bihevioralna dobrobit je najbolje ocenjena kod krava gajenih u slobodnom sistemu sa ispustom, a najlošije kod vezanih krava u objektu bez ispusta.¹⁸⁶ Na farmama su identifikovane krave koje su bile aktivne, druželjubive, agonistične, indifirentne, itd., kao i procenat krava sa različitim odnosom prema čoveku – test distance. U ovom testu su dobijeni prilično neprecizni rezultati, koji su značajno varirali u zavisnosti od toga da li se krave drže na vezu ili slobodnom sistemu.¹⁸⁷

6.5. Metabolička adaptacija krava na toplotni stres

Kod krava u toplotnom stresu zapaža se drugačija metabolička adaptacija. U toplotnom stresu nema povećane mobilizacije lipida iz masnog tkiva. Organizam krava prevashodno koristi glukozu kao izvor energije, a energetske homeostazu pokušava sačuvati tako što smanjuje sintetske procese u organizmu, što se najpre zapaža smanjenjem mlečnosti krava. Glavne metaboličke promene tokom trajanja toplotnog stresa kod krava u laktaciji odnose se na promene u vrednostima glukoze, NEFA i insulina.⁹⁰

Proizvodnja kravljeg mleka je konstantna kada su ambijentalne temperature niske do srednje,⁹² a tokom letnjih sezona produkcija mleka smanji za 35%.⁷⁵ Redukcija u proizvodnji mleka nastaje kao posledica nedovoljnog unošenja hrane i negativnog energetskog bilansa. Gubici u proizvodnji mleka tokom letnjih sezona kreću u rasponu od 600 – 900 kg mleka/kravi/laktaciji.⁸⁰ Na proizvodnju mleka, takođe, utiče i stadijum laktacije, te su krave u sredini laktacije posebno osetljive na ovaj fenomen. Sa povećanjem proizvodnje mleka povećava se i količina proizvedene toplote (za svakih 0,45 kg mleka krave telesne mase 450 kg oslobodi se 10 kcal toplote). Krave u početnoj fazi laktacije koriste sopstvene zalihe da bi nadoknadile potrebe za energijom, međutim, u sredini laktacije, energetski metabolizam je zavistan od količine unete hrane. Tokom toplotnog stresa prisutan je pad apetita i negativni energetski bilans, koji dovodi do većih gubitaka u proizvodnji mleka.⁷⁷

Gubitak apetita, redukcija suve materije hrane i negativan energetski bilans mogu dovesti do pada u koncentraciji glukoze. Smanjenje apetita nastaje zbog postojanja kalorigenog efekta hrane prilikom procesa varenja, te se organizam kompenzatorno brani od dodatnog pregrevavanja tako što se smanjuje unos hrane tokom toplotnog stresa⁶⁵ Drugi razlog je preusmeravanje metabolizma na dominantno iskorišćavanje glukoze. Metabolisanjem glukoze dobija se znatno manje energije (13% manje) poredeći sa energijom koja se dobija metabolisanjem masti³.

Značajno za vrednost glukoze, je da ekspozicija krava vrednostima THI indeksa iznad 72 negativno utiče na koncentraciju glukoze. Naši rezultati pokazuju nižu glikemiju u toplotnom stresu, a rezultati se slažu sa nalazima drugih autora. Abeni i sar. (2007)⁸⁶ i O'brien i sar. (2010)⁸⁸ su došli do zaključka da je koncentracija glukoze tokom trajanja toplotnog stresa bila niža sa trendom daljeg pada. Baumgard i sar. (2013)⁸⁹ su došli do sličnih rezultata. U njihovom istraživanju koncentracija glukoze je bila za 7% niža tokom trajanja toplotnog stresa i imala je dalju tendenciju pada, a do istog zaključka su došli Koubkova i sar. (2002)⁸⁷ U istraživanju Scharf i sar. (2010)¹⁸⁹, najniže vrednosti glukoze bile su pri vrednostima THI indeksa od 80 – 85 (3,77 mmol/L). Na vrednostima <80 vrednosti su izmerene (3,96 mmol/L), dok je nivo glukoze na vrednostima THI >85 iznosio 3,90 mmol/L. U istraživanju Febbraio i sar. (2001)¹⁹⁰ koncentracija glukoze tokom toplotnog stresa iznosila je 71,78 mg/dl, dok je tokom termoneutralnog perioda iznosila 77,67 mg/dl. U istraživanju Bernabucci i sar., (2010)⁷⁸ koncentracija glukoze tokom letnjih meseci je najniže izmerena u poslepodnevnim časovima (3,6

mmol/L) što je u direktnoj vezi sa visokim ambijentalnim temperaturama. Koncentracija glukoze u istraživanju Ikari i sar. (2005)¹⁹¹ je iznosila 2,94 mmol/l. Slični rezultati prikazani su i u studiji Shwartz i sar. (2009)¹⁹² gde je koncentracija glukoze tokom letnjeg perioda iznosila 2,73 mmol/L dok je tokom zimskog perioda ova vrednost bila 3,42 mmol/L. Koncentracija glukoze u istraživanju tokom trajanja toplotnog stresa je iznosila 67,7 mg/dl, dok je tokom termoneutralnog perioda ova vrednost iznosila 74,7 mg/dl.⁹⁰ Cincović i sar. (2016)³⁹ je pokazao smanjenu koncentraciju tokom trajanja toplotnog stresa (6.0 mol/L) u odnosu na početni period ispitivanja (7,8 mmol/L).

Nivo glukoze je niži tokom trajanja toplotnog stresa (1,7 mg/ml) u odnosu na period pre ekspozicije (2,05 mg/ml).¹⁹⁰ Najveće smanjenje glukoze bilo je drugog dana po ekspoziciji. Koncentracija insulina bila je povećana (2mg / ml) dok je na početku ispitivanog perioda iznosila (1 mg / ml). Koncentracija NEFA bila je smanjena (1 mmol/L) a pre ekspozicije ova vrednost je iznosila (1,3 mmol/L)

Razlog za nižu koncentraciju glukoze tokom trajanja toplotnog stresa može biti objašnjen povećanim nivoom glikogenolize i smanjenom glukoneogenezom u jetri. Kao posledica endokrinih izmena i posledičnih metaboličkih promena na nivou jetre glukoza se troši kao glavno metaboličko gorivo, što potvrđuje povećani absorptivni kapacitet glukoze iz creva kao i povećana reapsorpcija glukoze preko bubrega.^{191,192}

Gubitak apetita redukcija suve materije hrane i negativan energetska bilans mogu dovesti do pada u koncentraciji glukoze. Smanjenje apetita nastaje zbog postojanja kalorigenog efekta hrane prilikom procesa varenja, pa se organizam kompenzatorno brani dodatnim pregrevanjem.^{78,65} Drugi razlog (dominantan) je preusmeravanje metabolizma na primarno iskorišćavanje glukoze. Metabolisanjem glukoze dobija se znatno manje energije (13% manje) poredeći sa energijom, koja se dobija metabolisanjem masti.⁷⁸

Kao razlog za smanjenje koncentracije glukoze tokom toplotnog stresa navodi se i manji priliv propionata u jetru. Istovremeno, toplotni stres redukuje ukupan sadržaj isparljivih masnih kiselina u rumenu kao i specifični odnos između njih. Propionat je prekursor za sintezu glukoze, pa se smanjenje njegove koncentracije može dovesti u vezu sa nižom koncentracijom glukoze u krvi.¹⁹³

Toplotni stres dovodi do povećanja koncentracije piruvata i laktata. Istovremeno, koncentracija laktat dehidrogenaze raste što sugerise da povećana anaerobna glikoliza predstavukla adaptivni mehanizam održavanja energetske homeostaze. Tokom toplotnog stresa se povećava potrošnja kiseonika kao posledica ubrzanog rada srčanog mišića, tako da ćelije postepeno prelaze na anaerobni metabolizam. Tokom aerobne glikolize oslobađa se 30-32 molekula ATP, dok se procesom anaerobne glikolize oslodi 2 molekula ATP. Istovremeno se menja flora u rumenu pri čemu dominantna postaje *Lactobacillus spp.* koji takođe stimuliše anaerobnu fermentaciju ugljenih hidrata. Anaerobna glikoliza kao kompenzatorna adaptacija nastaje usled manje količine energije, koja se oslobodi tokom ovakvog metaboličkog puta.¹⁹⁴⁻¹⁹⁶

Glukoza se tokom toplotnog stresa koristi kao glavni metabolit u cilju dobijanja manje količine energije. Ćelije pankreasa pojačano luče insulin, a takođe je i povećana periferna osetljivost na insulin, čime se omogućava lakši ulazak glukoze u ćelije i njeno dalje metabolisanje.¹⁹⁷

Insulin predstavlja primarni anabolički endokrini signal i predstavlja glavni mehabizam regulacije metabolizma lipida ugljenih hidrata i protein.⁸⁸ Hiperinsulinemija predstavlja primarni metabolički odgovor i da minimizira štetne efekte toplotnog stresa.^{90,75} Koncentracija insulina je bila viša (0,70 ng/ml) tokom trajanja toplotnog stresa u odnosu na termoneutralne uslove gde je ova rednost iznosila (0,44 ng/ml).⁹⁰ Do sličnih zaključaka su došli Koubkova i sar. (2002)⁸⁷ de je koncentracija insulina tokom toplotnog stresa iznosila 0,59 ng/ml, dok je u termoneutralnom periodu bila 0,47ng/ml. Collier i sar. (2012)⁷⁶ su došli do sličnih rezultata. Koncentracija insulina u termoneutralnom periodu iznosila je 0,87 ng/mL dok je tokom toplotnog stresa ova verdnost iznosila 0,97 ng/mL. U toplotnom stresu koncentracija insulina je iznosila 0,57 mg/ml, dok je u termoneutralnom periodu ova vrednost iznosila 0,51 mg/ml.¹⁹⁴ Do sličnih rezultata su došli Cincović i sar. (2013).¹⁹⁸ Rezultati njihovog istraživanja su pokazali da je koncentracija insulina kod krava u toplotnom stresu iznosila 7,1 μ U/mL, dok je u termoneutralnom periodu ova vrednost iznosila 6,4 μ U/mL. Itoh i sar. (1998)¹⁹⁹ su upoređivali parametre meaboličkog statusa krava u laktaciji u stanju toplotnog stresa i nakon izlaganja krava ventilatorima. Rezultati su pokazali da je koncentracija insulina pre izlaganja ventilatorima iznosila 5,4 μ U/mL, dok je ova vrednost nakon izlaganja ventilatorima iznosila 5,9 μ U/mL.

Povećanje koncentracije insulina povezano sa ekspresijom GLUT-4 mRNA gena, koji stimulišu sintezu GLUT-4 proteina. Izoforma GLUT-4 je insulin senzitivna glukoza transportna izoforma, koja se primarno eksprimira u skeletnim mišićima i masnom tkivu. Redistribucija iz citosolau ćelijsku membranu posredovana je insulinskom sintezom. Ekspresija ovih proteina na ćelijskoj membrani olakšava ulazak glukoze u ćeliju i njeno dalje metabolisanje. Preko povećane sinteze GLUT 4 proteina stimuliše se i sinteza protein kinaze B i njena dalja fosforilacija, čime se u jetri smanjuje glukoneogeneza, povećava glikogenoliza. U pankreasu dolazi do niza promena: povećava se rast beta ćelija, povećava se insulinska sekrecija. Promenama je zahvaćeno i mišićno tkivo: povećan je transport glukoze, povećana je glikogenoliza i povećana je sinteza proteina. U masnom tkivu dolazi do smanjene lipolize, povećane lipogeneze, povećane proteinske sinteze. Istovremeno glukoneogeneza je suprimirana, glukoza se pojačano troši iz rezerva glikogena kao alternativni put, a kinetika metabolizma glikogena je regulisana koncentracijom insulina.²⁰⁰⁻²⁰²

Osim ekspresije specifičnih gena u mišićima povećanje koncentracije insulina može nastati usled povećane koncentracije prolaktina koji stimuliše β ćelijsku proliferaciju i smanjuje GSIS (glukoza- stimulirana insulinska sekrecija). Povećana je takođe periferna iskoristljivost glukoze, a istovremeno, insulin pokazuje i antilipolitički efekat, čime se sprečava lipoliza masti, a energija preusmerava na metabolizam ugljenih hidrata.²⁰³ Povećanje koncentracije insulina može nastati kako je već naznačeno povećanom ekspresijom specifičnih gena u mišićima, ali drugi razlog može biti povećanje koncentracije prolaktina, koji stimuliše β -ćelijsku proliferaciju i smanjuje GSIS (glukoza – stimulirana insulinska sekrecija).²⁰¹

Povećanje koncentracije insulina može nastati kao posledica neadekvatnog odgovora masnog tkiva na prisustvo NEFA. Insulin je snažni antilipolitički hormone, koji sprečava mobilizaciju i metabolisanje masti u energetske svrhe. Nemogućnost metabolisanja masti i njihovo nakupljanje u masnom tkivu može dovesti do apoptoze β ćelija, a kao posledica ćelijske apoptoze povećava se koncentracija insulina u cirkulaciji.

Tokom toplotnog stresa dolazi do aktivacije simpatikusnog nervnog sistema, a sekrecija insulina može biti stimulirana od strane β adrenergičkih receptora i inhibirana od strane α -adrenergičnih receptora.²⁰⁰

Razlog za hiperinsulinemiju tokom trajanja toplotnog stresa može biti i endotoksemija posredovana lipopolisaharidima gram negativnih bakterija. LPS gram negativnih bakterija stimulišu sintezu proinflamatornih citokina. Insulinski receptori nisu pronađeni na T ćelijama,

koje su u stanju mirovanja, ali je njihovo prisustvo značajno kod ćelija, koje su u stanju mitoze ili aktivacije od strane antigena. U aktiviranim T ćelijama insulin povećava ulazak glukoze, aminokiselina i lipida za potrebe metabolizma ćelija i stimuliše ćelijsku diferencijaciju. Insulin takođe, stimuliše Th-2 ćelijsku diferencijaciju čime se suprimira inflamacija, te se na taj način ostvaruje protektivna uloga.²⁰⁴ Sekretija insulina tokom endotoksemije uzrokovane toplotnim stresom imunološki posredovana i da je insulin uključen u neku vrstu signalne kaskadne reakcije sa ciljem pireksije i protektivne uloge od predstojećeg inflamatornog odgovora.⁸⁸

Jedna od protektivnih uloga insulina tokom toplotnog stresa ogleda se i u stimulaciji sinteze HSP. HSP72 inhibiraju aktivaciju stres kinaze c-Jun N-terminal kinase (JNK) kao i kB kinase b (IKKb), enzima koji su uključeni u nastanak insulinske rezistencije. Kada je reč o proteinima toplotnog šoka nije sigurno da li je hiperinsulinemija rezultat povećane sekrecije insulina posredstvom HSP, ili jetra nije u stanju da proizvede enzime koji ga inaktiviraju. Toplotni stres je stanje gde je i pored smanjenog unosa hranljivih materija, bazalna koncentracija insulina povećana.⁷⁵

RQUICKI -"Revised Quantitative Insulin Sensitivity Check Index" indeks predstavlja index koji se koristi za procenu insulinske senzitivnosti, odnosno procenu biološke funkcije insulina kod mlečnih goveda. Podrazumeva procenu energetske ravnoteže i bazira se na koncentracijama glukoze, insulina i slobodnih masnih kiselina u plazmi. RQUICKI se izračunava na osnovu koncentracije glukoze u mg/dl u krvnoj plazmi, insulina u $\mu\text{U/ml}$ i slobodnih masnih kiselina u mmol/l. Formulu je prvi put opisao Perseghin i sar. (2001)²⁰⁴
$$\text{RQUICKI} = 1 / [\log (\text{Gb}) + \log (\text{Ib}) + \log (\text{FFAb})]$$
 gde je Gb koncentracija glukoze u mg/dl u krvnoj plazmi, Ib koncentracija insulina u $\mu\text{U} / \text{ml}$, FFA koncentracija slobodnih masnih kiselina u mmol/l, b bazalna vrednost. Niska vrednost indeksa ukazuje na smanjenu osetljivost na insulin. Cincović i sar. (2014)²⁰⁵ su utvrdili da je RQUICKI indeks kao pokazatelj insulinske senzitivnosti bio najveći kod krava, koje su bile izložene toplotnom stresu, i da je najviše zavisio od odnosa insulin–glukoza i insulin–NEFA. Vrednost RQUICKI indeksa tokom trajanja toplotnog stresa je iznosila 0,6, dok je u termoneutralnom periodu iznosila 0,56. Vrednosti NEFA kod krava u toplotnom stresu mogu ostati nepromenjene ili imati tendenciju smanjenja. U našim rezultatima vrednosti NEFA su bile snižene tokom trajanja toplotnog stresa i naši rezultati se slažu sa rezultatima drugih autora.

Vrednosti NEFA tokom toplotnog stresa su bile $260 \mu\text{Eq/L}$, dok su izmerene vrednosti u termoneutralnom periodu iznosile $425,1 \mu\text{Eq/L}$.⁹⁰ Istraživači Scharf i sar., (2010)¹⁸⁹ su došli do

zaključka da su vrednosti NEFA bile najniže na vrednostima THI od 80–85 (0,0888 mmol/L), na vrednostima <80 (0,102 mmol/L), na vrednostima >80 (0,096 mmol/L). Do sličnih rezultata su došli i Abeni i sar., (2007)⁸⁶ gde su vrednosti NEFA tokom termoneutralnog perioda iznosile 0,1455 mmol/L dok su tokom trajanja toplotnog stresa iznosile 0,0757 mmol/L. Niže vrednosti NEFA primećene su i u rezultatima Collieri sar., (2012)⁷⁶ Vrednosti NEFA tokom termoneutralnog perioda iznosile su 3,866 AUC³, $\mu\text{Eq} \times \text{L} \times \text{min}$, dok su vrednosti tokom topotnog stresa iznosile 2,660 AUC³, $\mu\text{Eq} \times \text{L} \times \text{min}$. U istraživanju Cincović i sar., (2013)¹⁹⁸ vrednosti NEFA pre izlaganja krava ventilatorima su iznosile 0,23 mmol/L, dok su vrednosti NEFA nakon izlaganja ventilatorima iznosile 0,32 mol/L. U rezultatima Itoh I sar., (1998)¹⁹⁹ vrednosti NEFA tokom trajanja toplotnog stresa su bile niže 0,19 mmol/l u odnosu na kontrolnu grupu 0,28 mmol/L. Razlog za smanjenje koncentracije NEFA prilikom izlaganja krava visokim ambijentalnim temperaturama može se objasniti na nekoliko načina. Kao posledica delovanja visokih temperatura, organizam proizvodi veće koncentracije kateholamina (adrenalin, noradrenalin, kortizol). Navedeni kateholamini predstavljaju katabolički signali, koji stimulišu lipolizu koja nastaje kao rezultat stimulacije adrenergičkih receptora – BAR (beta adrenergički receptori) Stimulacijom BAR aktiviraju se adipociti i stimuliše lipolitički efekat.²⁰⁶ Međutim, dužim trajanjem toplotnog stresa adipociti postaju neosetljivi na biološke efekte stimulacije BAR, a izostanak lipolitičkog odgovora može nastati usled aktivacije adenozijskih receptora (A1R) Povećane koncentracije A1R su poraneđene u masnom tkivu miševa, koji su izlagani visokim temperaturama, pa se kao posledica povećane koncentracije adenozina ostvaruje antilipolitički efekat.²⁰⁷

Lipolitički odgovor masnog tkiva nastaje usled aktivnosti specifičnih enzima (HSL – hormon senzitivna lipaza). Aktivna forma enzima se ostvaruje kada se fosforiliše serinski ostatak 563 preko protein kinaze A. Greenberg i sar., (2011)²⁰⁸ su dokazali povećanu fosforilaciju HSL tokom trajanja toplotnog stresa. Povećana fosforilacija HSL nastaje usled stimulacije BAR i aktivacije protein kinaze B. Aktivna forma enzima započinje lipolitički efekat odnosno hidrolizu triglicerida. Na osnovu iznetih činjenica logično bi bilo da je lipoliza pojačana tokom trajanja toplotnog stresa (indikatori su povećana koncentracija lipolitičkih enzima). Međutim, u toplotnom stresu pankreas luči veću količinu insulina. Insulin kako je ranije navedeno predstavlja snažan antilipolitički hormon, pa se i pored aktivnih promena na nivou masnih ćelija, sprečava lipoliza, usled neadekvatnog odgovora masnog tkiva na povećanu

koncentraciju insulina. Hiperinsulinemija predstavlja glavni adaptacioni mehanizam preko koga se glukoza usmerava na metabolisanje i time oslobađa manja količina energije. Tokom toplotnog stresa u masnom tkivu je povećana koncentracija lipoprotein lipaze čime se povećava apsorptivni kapacitet masnog tkiva za lipide iz transportnih oblika iz krvi.⁸⁸

Osim suprimirane lipolize, proces lipogeneze je takođe, smanjen kod krava, koje su izložene toplotnom stresu. ACC (Acetyl CoA karboksilaza) katalizuje prvi korak u sintezi masnih kiselina a fosforilisana forma enzima smanjuje njegovu aktivnost. Smanjena aktivnost ovog enzima utiče na inhibitorno dejstvo ostalih enzima uključenih u proces lipogeneza (Malonil CoA na karnitin, Palmitoiltransferaza 1 (CPT -1), koja kontroliše prenos masnih molekula iz citosola na mitohondrije procesom beta oksidacije). Tokom toplotnog stresa primećena je povećana aktivnost ACC, čime se masne kiseline aktivno transportuju u mitohondrije za proces beta oksidacije. Međutim, hiperinsulinemija utiče na to da masne ćelije slabije reaguju na lipogene signale, pa je samim tim i proces lipogeneze smanjen. Tokom toplotnog stresa, takođe, smanjen je i unos suve materije hrane, usled redukcije apetita, pa se samim tim nalazi manje sirovina za sintezu masnih kiselina.²⁰⁷

Supresija apetita može se objasniti povećanjem koncentracije leptina. Leptin suprimira apetit posredstvom serotoninskih receptora i smanjuje koncentraciju enzima, koji učestvuju u procesu lipogeneze²⁰⁸ Kod krava izloženih visokim ambijentalnim uslovima prisutna povećana koncentracija cirkulišućih proinflammatoryh citokina (TNF-alfa, IL-1, IL-6). TNF- alfa aktivira vaskularni endotelijum i povećava vaskularnu permeabilnost i zajedno sa IL-1 i IL-6 učestvuje u aktiviranju proteina akutne faze. Toplotni stres takođe, utiče na funkciju tzv. stečenog imuniteta, gde je primećeno redukcija limfocitne proliferacije kao i smanjena sekrecija IgG antitela. Krave koje su u toplotnom stresu pokazuju povećanu ekspresiju TNF-alfa gena²⁰⁹

Razlog za povećanje proinflammatoryh citokina može biti objašnjen njihovom stimulacijom od strane LPS gram negativnih bakterija. Kao posledica visokih temperatura u gastrointestinalnom traktu se uočava prisustvo gram negativnih bakterija, i u sistemsku cirkulaciju se ubacuje veća količina LPS, koji mogu da stimulišu imunološke ćelije na aktivaciju i produkciju proinflammatoryh citokina²¹⁰

Toplotni stres negativno utiče na kvalitet i količinu proizvedenog mleka, a prema našim rezultatima najvažniji faktori koji na to utiču su glukoza i TNF-alfa.

Tokom trajanja toplotnog stresa značajno se smanjuje unos suve materije hrane, a kod krava u sredini laktacije potrebe za proizvodnju mleka u velikoj meri zavise od unosa hrane. Na početku toplotnog stresa unos suve materije hrane je iznosio 25 kg/danu, dok je četvrtog dana po ekspoziciji taj unos bio 11 kg/danu.²¹¹ Za proizvodnju mleka je značajno, da je četvrtog dana po ekspoziciji visokim temperaturama proizvodnja mleka pala na 25 kg/danu, dok je na početku ispitivanja vrednost bila 35 kg/danu.²¹¹

Glavni razlog za pad mlečnosti u toplotnom stresu predstavlja metabolička adaptacija organizma, a da se hrana kao uzrok može dovesti u vezu onda kada je njen unos smanjen za trećinu.⁷⁵

Prema našim rezultatima, glukoza predstavlja najvažniji faktor koji utiče na pad mlečnosti kod krava, koje su u toplotnom stresu. Kao što je već ranije napomenuto, trend glikemije u toplotnom stresu je negativan. Za koncentraciju glukoze nakon uzimanja obroka, može se zaključiti da je postprandijalni trend glikemije negativan tokom izlaganja visokim ambijentalnim temperaturama.²¹² Ovakav nalaz ukazuje da se glukoza tokom toplotnog stresa koristi kao glavni put dobijanja energije, a takođe postoji i povećana osetljivost na insulin. Kao posledica povećane potrošnje glukoze u energetske svrhe, manja koncentracija stiže i do mlečne žlezde. Sa druge strane proces proizvodnje mleka zahteva oslobađanje velike količine toplote, pa se organizam kompenzatorno brani tako što smanjuje mlečnost. Tokom trajanja toplotnog stresa u mleku je snižena koncentracija laktoze, jer je prekursor za njenu sintezu glukoza iz krvi.

Tokom trajanja toplotnog stresa primećene su niže vrednosti NEFA, a razlozi su objašnjeni ranije. Adaptacija mlečne žlezde na visoke temperature usmerena na trend zadržavanja i smanjene ekskrecije NEFA uz istovremeni smanjeni dotok glukoze.²¹² Mlečna žlezda se na novonastale uslove adaptira na taj način, što povećano troši NEFA kao sirovinu za proizvodnju mleka. Pad u proizvodnji mleka može se objasniti time što se iskorišćavanjem masti dobija veća količina energije, pa se mlečna žlezda kompenzatorno brani padom mlečnosti. S obzirom da je dotok glukoze suprimiran, kao jedini izvor energije preostaje metabolisanje masti.

TNF- α predstavlja drugi bitan faktor koji utiče na proizvodnju mleka. Ranije je rečeno da je koncentracija TNF- α i ostalih proinflamatornih citokina povećana tokom trajanja toplotnog stresa, a razlog za to može biti stimulacija od strane LPS. TNF- α pokazuje inhibitorni efekat na aktivnost LPL (lipoprotein lipaza) ključni enzim, koji učestvuje u preuzimanju mlečne žlezde sirovina za proizvodnju masti, koje se nalaze u cirkulaciji (glicerola i NEFA u formi

lipoproteina). LPS indikuje medijatore, koji inhibiraju aktivnost enzima, koji učestvuju u *de novo* sintezi masnih kiselina.²¹³ Isti autori su našli linearno smanjene proizvodnje mleka sa povećanjem koncentracije LPS u cirkulaciji.

TNF- α reguliše i metabolizam ugljenih hidrata tako što suprimira proces glukoneogeneze u jetri. Usled aktivnosti TNF- α povećava se periferna rezistencija ćelija na insulin, čime se blokira ulazak glukoze u ćelije i njeno dalje metabolisanje. U takvom stanju energija, koja se nalazi u formi glukoze ostaje "zarobljena". U krvi se može registrovati povećana koncentracija glukoze što predstavlja stimulus za ćelije pankreasa, koje povećano luče insulin, ali zbog periferne neosetljivosti ćelija glukoza se ne može iskoristiti, te tako organizam ulazi u *circulus viciosus*. U mlečnu žlezdu ne dolaze sirovine za sintezu mleka pa posledično reaguje smanjenom mlečnošću. Napomenuto je da je posledica toplnog stresa niža glikemija usled povećanog metabolizma u cilju dobijanja energije. Hipoglikemija predstavlja prvi odgovor organizma na stanje toplotnog stresa. Međutim, obzirom da se stanje stresa nastavlja organizam ulazi u stanje sistemske inflamacije, i tada dolazi zbog proinflamatornih citokina do povećanja periferne rezistencija ćelija na insulin i povećanja koncentracije glukoze.

7.ZAKLJUČCI

Na osnovu rezultata istraživanja u kojima smo ispitali utica visoke ambijentalne temperature i njihov uticaj na zoohigijenske parametre farme, produktivnost i metaboličku adaptaciju krava donosimo sledeće zaključke:

1. Biološka adaptacija krava na visoke ambijentalne temperature podrazumeva smanjenu proizvodnju mleka i porast temperature površine kože. THI indeks je značajan pokazatelj opterećenja krava toplotnim stresom. Prosečna maskimalna vrednost THI u periodu 2005-2016. godine, pokazuje trend porasta u svim mesecima osim u januaru oktobru i novembru. Izuzetno topla leta u Srbiji nastaju svake pete godine, kada su krave posebno pogođene. Navedeni podaci ukazuju na globalno zagrevanje i klimatske promene, koje utiču na biološku adaptaciju krava. Nisu postojale značajane razlike u vrednosti THI u funkciji regije u Vojvodini u kojoj je vršeno merenje THI, pa se Vojvodina može posmatrati kao jedinstvena celina u proceni toplotnog stresa krava.

2. Sezona pokazuje uticaj na vrednosti ocena dobrobiti krava na farmama prema *Welfare Quality® scoring* sistemu. Odstupanja u vrednosti skorova za pojedine kriterijume ne dovode do značajnih promena u oceni ukupne dobrobiti krava na farmi i na klasifikaciju farme prema oceni dobrobiti. Potrebno je izvršiti dodatna istraživanja da bi se ispitaio uticaj sezone na ocenu dobrobiti na farmama.

3. Upotreba termovizijske kamere u proceni termalnog opterećenja krava na farmama bazira se na fiziološkim principiima termoregulacije kod goveda. Površina tela krava bila je u intervalu od 34,1 do 38,5°C. Najviša temperature površine tela izmerena je u avgustu, a najniža u zimskom periodu. Nađena je značajna pozitivna korelacija THI i temperature površine tela.

4. Korelacione i regresione analize pokazuju da postoji značajna negativna linearna korelacija između THI i proizvodnje mleka, odnosno pozitivna korelacija između THI i temperature vimena kože i očne regije izmerene termovizijskom kamerom. Predikcija servis perioda je mnogo kvalitetnija ukoliko se koristi kvadratna jednačina, jer dužina servis perioda nije zavisna od THI sve do momenta dok se ne pređe stresni prag za toplotni stres kada je korelacija THI i dužine servis perioda pozitivna. Za kvalitet vazduha je pokazano da kvadratne jednačine daju bolju povezanost od linearnih, tako da je koncentracija amonijaka blago rasla kada je THI 40-60, a potom opadala u toplotnom stresu. Koncentracija H₂S se ponašala drugačije u odnosu na amonijak, njena vrednost je bila najviša kod najviših i najnižih vrednosti THI.

5. Dinamičke promene metabolita i index insulinske rezistencije značajno koreliraju sa količinom proizvedenog mleka kod krava izloženih toplotnom stresu. Pad koncentracije nivoa glukoze i NEFA, u odnosu na povećanje nivoa insulina i insulinske osetljivosti ukazuje da se kod krava, koje su u toplotnom stresu vrši transfer glukoze od tkiva do tkiva, što dovodi do pada u proizvodnji mleka.

6. Varijacije u proizvodnji mleka tokom trajanja toplotnog stresa mnogo je bolje predvideti kada se THI indeks koristi zajedno sa vrednostima glukoze i TNF- α kao metaboličkih prediktora. THI index može objasniti 37% varijacije u proizvodnji mleka. Procenat varijacije se značajno povećava kada se dodaju metabolički parametri THI+glukoza (58%) i THI+glukoza+TNF- α (65%). Dodavanjem ostalih metaboličkih parametara verovatnoća za procenu proizvodnje mleka raste neznatno.

8.LITERATURA

1. Buffington, D.E., Collier, R.J., Canton, G.H., (1983). Shade man- cattle agement systems to reduce heat stress for dairy cows in hot humid climates. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 26, 1798–1803
2. McDowell, R.E., Hooven, N.W., Camoens, J.K., (1976). Effects of climate on performance of Holsteins in first lactation. *J dairy Sci.* 59, 965–973.
3. Cincović, M. R., Belić, B. M., Toholj, B. D., Radović, I. V., Vidović, B. R. (2010). The influence of THI values at different periods of lactation on milk quality and characteristics of lactation curve. *Journal of Agricultural Sciences*, 55(3), 235-241
4. Kučević, D., Plavšić, M., Trivunović, S., Radinović, M., Bogdanović, V. (2013). Influence of microclimatic conditions on the daily production of dairy cows. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 29(1), 45-51.
5. Fiore, G., F.Natale, J.Hofherr, S.Mainetti, E.Ruotolo. (2009). Study on temperatures during animal transport, final report. JRC Scientific and Technical Reports. Luxembourg, 1-6
6. Bosen, j.f. (1959). Discomfort index. Reference Data Section , Air conditioning, heating and ventilation. American Society of Heating and Ventilating Engineers, Atlanta
7. Kibler, h.h. 1964. Environmental physiology and shelter engineering. LXVII. Thermal effects of various temperature humidity combinations of Holstein cattle as measured by eight physiological responses. *Research Bulletin Missouri Agricultural Experiment Station:* 862
8. Bohmanova, J., Misztal, I., Cole, J. B. (2007). Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *Journal of dairy science*, 90(4), 1947-1956.
9. Bouraoui, R., Lahmar, M., Majdoub, A., Djemali, M. N., Belyea, R. (2002). The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Animal Research*, 51(6), 479-491.

10. Herbut, P., Angrecka, S. (2012). Forming of temperature-humidity index (THI) and milk production of cows in the free-stall barn during the period of summer heat. *Animal Science Papers and Reports*, 30(4).
11. Noordhuizen, J., Bonnefoy, J. M. (2015). Heat stress in dairy cattle: major effects and practical management measures for prevention and control. *Symbiosis J. Vet. Sci*, 1, 103-109.
12. Johnson, H.D., 1987. Bioclimate effects on growth, reproduction Lu, C.D., (1989). Effect of heat stress on goat production. Small and milk production and milk production In: Johnson, H.D. (Ed.), *Bioclimatology and the Adaptation of the Livestock*. Elsevier, Amsterdam, 35-37
13. Schmidt-Nielsen, K. (1964). Desert animals. Physiological problems of heat and water. *Desert animals. Physiological problems of heat and water*.
14. Esmay, M.L., (1969). *Principles of Animal Environment*. and skin AVI Westport, CT. 1969 pp.vii + 325 pp.
15. Yousef, M.K., (1985). In: *Basic Principles. Stress Physiology in Livestock*, Vol. 1. CRC Press,. pp 217-1985
16. Du Preez, J. H. (2000). Parameters for the determination and evaluation of heat stress in dairy cattle in South Africa. *Onderstepoort J Vet Res*, 67(4), 263-271.
17. Martello LS, Savastano H Jr, Silva SL, Balieiro JC, (2010), Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. *Int J Biometeorol*. Nov; 54(6):647-52.
18. Cena, K., Monteith, J. L. (1975). Transfer processes in animal coats. I. Radiative transfer. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 188(1093), 377-393.
19. Dmi'el, R., Robertshaw, D., Choshniak, I. (1979). Sweat gland secretion in the black Bedouin goat. *Physiological Zoology*, 52(4), 558-564.
20. Hansen, P. J. (2004). Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal reproduction science*, 82, 349-360.
21. Stewart, R. E., Brody, S. (1954). *Environmental physiology and shelter engineering with special reference to domestic animals*. XXIX, Effect of radiation intensity on hair and skin temperatures and on respiration rates of Holstein, Jersey and Brahman cattle at air

- temperatures 45 degrees, 70 degrees and 80 degrees F. University of Missouri, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, 3-36
22. Ittner, N.R., Kelly, C.F., Guilbert, H.R., (1951). Water consumption of Hereford and Brahman cattle and the effect of drinking water in a hot climate. *J. Anim. Sci.* 10, 742–751.
 23. Whay, H.R., Main, D.C.J. Et Al., (2003). Assessment Of The Welfare Of Dairy Cattle Using Animal-Based Measurements: Direct Observations And Investigation Of Farm Records. *Vet. Rec.*, 153:197-202
 24. Ravagnolo O., Misztal I. (2000). Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation *J. Dairy Sci.* 83 2126–30
 25. Beatty D., Barnes A., Taylor E., Pethick D., McCarthy M., Maloney S. (2006). Physiological responses of and cattle to prolonged, continuous heat and humidity. *Journal of Animal Science*, 84(4), 972-985.
 26. Magee D., Meghen C., Harrison S., Troy C., Cymbron T., Gaillard C., Bradley D. (2002). A partial African ancestry for the Creole cattle populations of the Caribbean. *Journal of Heredity*, 93(6), 429-432.
 27. Yuri R. Montanholi, Melissa Lim, Alaina Macdonald, Brock A. Smith, Christy Goldhawk, Karen Schwartzkopf-Genswein, Stephen P. Miller (2015). Technological, environmental and biological factors: referent variance values for infrared imaging of the bovine. *Journal of Animal Science and Biotechnology*
 28. Ivana Knížková, Petr Kunc, Gürkan Alp Kağan Gürdil, Yunus Pinar Kemal, Çağatay Selvi o.m.u. (2007). applications of infrared thermography in animal production. *J. of Fac. of Agric.*, 22(3):329-336
 29. Hurnik, J.F., De Boer, S., Webster, A.B., (1984). Detection of health disorders in dairy cattle utilizing a thermal infrared scanning technique. *Can.J.Anim.Sci.*, 64: 1071-1073.
 30. Cockroft, P.D., Henson, F.M.D., Parker, C., 2000. Thermography of a septic metatarsophalangeal joint in a heifer. *Vet.Rec.*, 26: 258-260.
 31. Schaefer, A.L., Cook, N., Tessaro, S.V., Deregt, D., Desroches, G., Dubeski, P.L., Tong, A.K.W., Godson, D.L., (2003). Early detection and prediction of infection using infrared thermography. *Can. J. Anim. Sci.*, 84: 73-80.

32. Hurnik, J.F., Webster, A.B., De Boer, S., (1985). An investigation of skin temperature differentials in relation to estrus in dairy cattle using a thermal infrared scanning technique. *J.Anim.Sci.*, 61: 1095 -1102.
33. Kozumplik, J., Malik, K., Ochotsky, J., (1989). Využití termografické metody k diagnostice zanětlivých procesů lokalizovaných na pohlavních orgánech plemeníků *Vet.Med-Czech*, 39: 305-307.
34. Gerken, M., Barow, U., (1998). Methodical investigation into thermoregulation in suckler cows under field conditions. In: *Proc., 49th Annual Meeting of EAAP, Warsaw, Poland*: 179.
35. Tong, A.K.W., Scheafer, A.L., Jones, S.D.M., (1995). Detection of poor quality beef using infrared thermography. *Meat Focus International*, 4: 443-445.
36. Poikalainen, V., Praks, J., Veermae, I., Kokin, E. (2012). Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming. *Agronomy Research Biosystem Engineering Special*, 10(1), 187-194.
37. Rekant, S. I., Lyons, M. A., Pacheco, J. M., Arzt, J., & Rodriguez, L. L. (2016). Veterinary applications of infrared thermography. *American journal of veterinary research*, 77(1), 98-107.
38. Grubić, G., Đorđević, N., Milenković, A. (2006). Postupci ocene ispunjenosti jaslara u ishrani muznih krava. *Zbornik naučnih radova*
39. Cincović M.R, (2016). *Metabolički stres krava*, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad
40. West J. W, (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle, *J Dairy Sci*, 86: 2131-2144
41. Allen, J. D., Anderson, S. D., Collier, R. J., Smith, J. F. (2013). Managing heat stress and its impact on cow behavior. In *28 th Annual Southwest Nutrition and Management Conference* (p. 68).
42. Coppock, C.E., Grant, P.A., Portzer, S.J., Charles, D.A., Escobosa, Bligh, J., (1973). In: *Temperature Regulation in Lactating dairy cow responses to dietary sodium, chloride, and bicarbonate during hot weather. J. Dairy Sci.* 65, pp. 351–354. 566–576

43. Johnston, J.E., McDowell, R.E., Shrode, R.R., Legates, J.E., (1959). Summer climate and its effect on dairy cattle in the Southern region. In: Southern Cooperative Series Bulletin No. 63
44. Berman, A., Folman, Y.M., Kaim, M., Mamen, Z., Herz, Graber, Y., (1985). Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a tropical climate. *J. Dairy Sci.* 68, 488–495.
45. Rejeb, M., Sadraoui, R., Najar, T., & M'rad, M. B. (2016). A Complex Interrelationship between Rectal Temperature and Dairy Cows' Performance under Heat Stress Conditions. *Open Journal of Animal Sciences*, 6(01), 24.
46. 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.
47. Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock production science*, 67(1), 1-18.
48. Zhao, X. and P. Lacasse, (2008). Mammary tissue damage during bovine mastitis: Causes and control. *J. Anim. Sci.*, 86: 57-65.
49. Toholj B., Stevančević M (2013). Hromost kod goveda. Monografija, Poljoprivredni fakultet Novi Sad
50. Matković, K., Vučemilo, M., Vinković, B., Šeol, B., Pavičić, Ž. Matković, S. (2007). Qualitative structure of airborne bacteria and fungi in dairy barn and nearby environment. *Czech J. Anim. Sci*, 52(8), 249-254.
51. Hoeksma, P., Aarnink, A. J. A., Ogink, N. W. M. (2015). Effect of temperature and relative humidity on the survival of airborne bacteria= Effect van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid op de overleving van bacteriën in de lucht (No. 864). Wageningen UR Livestock Research.
52. Popescu, S., Borda, C. (2011). Microbiological air quality in tie-stall dairy barns and some factors that influence it. *African Journal of Agricultural Research*, 6(32), 6726-6734.
53. Belić B, Cincović M.R. (2010). Održivi razvoj u mlečnom govedarstvu – Definisiranje Indikatora. Zbornik Prvi Naučni Simpozijum Agronoma Sa Međunarodnim Učešćem, Jahorina, 155-159

54. Welfare Quality ® (2009). Welfare Quality ® assessment protocol for cattle. Welfare quality consortium Lelystad, Netherlands, 1-181
55. Veissier, I., Jensen, K. K., Botrea, R., & Sandøe, P. (2011). Highlighting ethical decisions underlying the scoring of animal welfare in the Welfare Quality® scheme. *Animal Welfare*, 20(1), 89.
56. Belić B, Cincović M. R, Stevančević M, Toholj B, Popović A, Pejanović R, Davidov I, Potkonjak A, Stančić I. (2015). Influence of Metabolic Profile In Early Lactation And Welfare Score Of Farm To Milk Production And Service Period In Dairy Cows. *Contemporary Agriculture*, 64 (1-2) 65-71.
57. Belić B, Cincović M:R, Popović-Vranješ A, Pejanović R, Došenović M. (2013). Metabolic Characteristic Of Cows On Farm With Different Welfare Score. *Contemporary Agriculture*, 62 (2-3) 236-241.
58. Cincovic, M. R., Belic, B., Toholj, B., Potkonjak, A., Stevancevic, M., Lako, B., Radovic, I. (2011). Metabolic acclimation to heat stress in farm housed Holstein cows with different body condition scores. *African Journal of Biotechnology*, 10(50), 10293-10303.
59. Stevančević M, Toholj B, Kuljača V. (2009). Dijagnostika Hromosti Kod Krava U Farmskim Uslovima Držanja-Bodovni Sistem Dijagnostike. *Veterinarski Žurnal Republike Srpske*, 9(1): 89-95
60. Hristov, S., Zlatanović, Z., Stanković, B., Ostojić-Andrić, Davidović V., Joksimović-Todorović M., Plavišić B., Dokmanović M. (2011). Procena Dobrobiti Krava U Slobodnom Sistemu Držanja, *Veterinarski Glasnik*, 65(5-6), 399-408.
61. Cincović, M. R., Belić, B., Stevančević, M., Toholj, B., Erdeljan, M., Spasojević, J. (2012). Health and productive characteristics of cows on farms with different welfare score. *Contemporary Agriculture Savremena Poljoprivreda*, 103.
62. Bartussek, H. (1999). A review of the animal needs index (ANI) for the assessment of animals' well-being in the housing systems for Austrian proprietary products and legislation. *Livestock Production Science*, 61(2), 179-192.
63. Hristov, S., Zlatanović, Z., Stanković, B., Dokmanović, M., Ostojić-Andrić, D., Mekić C. (2014). The relationship between rearing system, animal needs index and dairy cows milk traits. *Mljekarstvo*, 64(3), 186-194.

64. Collier, R. J., Zimbelman, R. B., Rhoads, R. P., Rhoads, M. L., Baumgard, L. H. (2011). A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. In Western Dairy Management Conf. Reno, NV. USA pp. 113-125.
65. 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.
66. Abdel-Rady, A., Sayed, M. (2009). Epidemiological studies on subclinical mastitis in dairy cows in Assiut Governorate. *Veterinary World*, 2(10), 373-380.
67. Cook, N. B. (2003). Prevalence of lameness among dairy cattle in Wisconsin as a function of housing type and stall surface. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 223(9), 1324-1328.
68. Allen, J. D., Anderson, S. D., Collier, R. J., Smith, J. F. (2013). Managing heat stress and its impact on cow behavior. In 28th Annual Southwest Nutrition and Management Conference.
69. Ramendra Das, Lalrengpuii Sailo, Nishant Verma, Pranay Bharti, Jnyanashree Saikia, Imtiwati, Rakesh Kumar (2016). Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Vet world* 9 (3): 260–268
70. Neamț, R. I., Ciszter, L. T., Ilie, D. E., Erina, S., Acatincăi, S. (2015). Effects of heat stress and productive level on the main reproduction indices and incidence of dystocia in Brown breed cows. *Lucrări Științifice-Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Seria Zootehnie*, 63, 142-151.
71. Hammes, I. S., Gjerde, B., & Robertson, L. (2006). Prevalence of *Giardia* and *Cryptosporidium* in dairy calves in three areas of Norway. *Veterinary parasitology*, 140(3), 204-216.
72. Dunn, J. R., Keen, J. E., Thompson, R. A. (2004). Prevalence of Shiga-toxigenic *Escherichia coli* O157: H7 in adult dairy cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 224(7), 1151-1158.
73. Corazzin, M., Piasentier, E., Dovier, S., Bovolenta, S. (2010). Effect of summer grazing on welfare of dairy cows reared in mountain tie-stall barns. *Italian Journal of Animal Science*, 9(3), 59.

74. Gantner, V., Mijić, P., Kuterovac, K., Solić, D., & Gantner, R. (2011). Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle. *Mljekarstvo*, 61(1), 56.
75. Hristov S., Stanković B., Joksimović – Todorović M., Bojkovski J., Davidović V. (2007): Uticaj toplotnog stresa na proizvodnju mlečnih krava, *Zbornik naučnih radova*, vol. 13, br. 3 – 4, 47 – 54.
76. 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.
77. Johnson HD, Ragsdale AC, Berry IL and Shanklin MD 1962. Effects of various temperature–humidity combinations on milk production of Holstein cattle. *Research Bulletin no. 791*. University of Missouri, College of Agriculture, Agricultural Experimental Station, MO, USA. *nstituta PKB Agroekonomik*, 12, 3-4.
78. 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(07), 1167-1183.
79. Cincović M.R, Belić B. (2011). Proizvodnja i kvalitet mleka i reproduktivni parametri u funkciji tipa ketogeneze na farmi krava. *Veterinarski žurnal Republike Srpske*, 11(2): 181-185.
80. Lopez-Gatiús, F., P. Santolaria, J. Ya'niz, J. Rutllant, and M. Lopez-Bejar. (2001). Persistent ovarian follicles in dairy cows: a therapeutic approach. *Theriogenology* 56:649–59.
81. Lopez-Gatiús, F. (2003). Is fertility declining in dairy cattle? A retrospective study in northeastern Spain. *Theriogenology* 60:89–99.
82. Roth, Z., A. Bor, R. Braw-Tal, and D. Wolfenson. (2004). Carry-over effect of summer thermal stress on characteristics of the preovulatory follicle of lactating cows. *J. Therm. Biol.* 29:681– 685.
83. Bilby, T. R., A. Sozzi, M. M. Lopez, F. Silvestre, A. D. Ealy, C. R. Staples, and W. W. Thatcher. (2006). Pregnancy, bovine somatotropin, and dietary n-3 fatty acids in lactating dairy cows: I. Ovarian, conceptus and growth hormone – Insulin-like growth factor system responses. *J. Dairy Sci.* 89:3375-3385.

84. Fidler, A. P., VanDevender, K. (2013). Heat Stress in Dairy Cattle. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, US Department of Agriculture, and county governments cooperating.
85. Donkin, S. S. (2016, February). Control of Hepatic Gluconeogenesis During the Transition Period. In 2016 Florida Ruminant Nutrition Symposium (p. 111).
86. Abeni, F., Calamari, L., Stefanini, L. (2007). Metabolic conditions of lactating Friesian cows during the hot season in the Po valley. 1. Blood indicators of heat stress. *International journal of biometeorology*, 52(2), 87-96.
87. Koubkova, M., Haertlova, H., Knizkova, I., Kunc, P., Flusser, J., & Dolezal, 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-UZPI (Czech Republic)*.
88. 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.
89. Baumgard, L. H., Rhoads Jr, R. P. (2013). Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Animal. Review of Animal Biosciences.*, 1(1), 311-337
90. Cincović M. R, Belić B. Stevančević Mtoholj B, Lako B, Potkonjak A. (2012). Uticaj stepena lipomobilizacije na rezultate testa opterećenja glukozom kod mlečnih krava u toplotnom stresu. *Veterinarski glasnik* 66, 1-2, 3-11
91. 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 of dairy science*, 93(2), 644-655.
92. Sordillo, L. M., Contreras, G. A., Aitken, S. L. (2009). Metabolic factors affecting the inflammatory response of periparturient dairy cows. *Animal Health Research Reviews*, 10(01), 53-63.
93. Pearce, SC, Gabler, NK, Ross, JW, Escobar, J, Patience, JF, Rhoads, RP, Baumgard, LH (2013). The effects of heat stress and plane of nutrition on metabolism in growing pigs. *J Anim Sci* 91, 2108-2118.
94. Mazzullo, G., Rifici, C., Lombardo, S. F., Agricola, S., Rizzo, M., & Piccione, G. (2014). Seasonal variations of some blood parameters in cow. *Large Animal Review*, 20(2), 81-84.

95. Fernández, M. V. S. (2014). The effects of heat stress on energetic metabolism and insulin homeostasis (Doctoral dissertation, Iowa State University).
96. Sanz-Fernandez, M. V., Stoakes, S. K., Johnson, J. S., Abuajamieh, M., Seibert, J. T., Pearce, S. C., Baumgard, L. H. (2015). Heat Stress: What's the Gut Got To Do With It?. Link:https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/39210/3Baumgard_manu.pdf?sequence=2
97. Hales, J.R.S., Bell, A.W., Fawcett, A.A., King, R.B., (1984). Redistribution of cardiac output and skin AVA activity in sheep during exercise and heat stress. *J. Therm. Biol.* 9, 113–116.
98. Aganga, A.H., Umna, N.N., Oyendipe, E.O., Okoh, P.N., Aduku,- A.O. (1990). Response to water deprivation by Yankasa ewes under different physiological states. *Small Rumin. Res.* 3, 109 – 115
99. Beede D., and R. Collier (1986). Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science* 62: 543-554
100. Dong, Y., Dekens, D., De Deyn, P., Naudé, P., Eisel, U. (2015). Targeting of tumor necrosis factor alpha receptors as a therapeutic strategy for neurodegenerative disorders. *Antibodies*, 4(4), 369-408.
101. Chen, S., Wang, J., Peng, D., Li, G., Chen, J., & Gu, X. (2018). Exposure to heat-stress environment affects the physiology, circulation levels of cytokines, and microbiome in dairy cows. *Scientific reports*, 8(1), 14606.
102. Bouchama, A., & Knochel, J. P. (2002). Heat stroke. *New England journal of medicine*, 346(25), 1978-1988.
103. Carillon, J., Rouanet, J. M., Cristol, J. P., Brion, R. (2013). Superoxide dismutase administration, a potential therapy against oxidative stress related diseases: several routes of supplementation and proposal of an original mechanism of action. *Pharmaceutical research*, 30(11), 2718-2728.
104. Pathan, M. M., Latif, A., Das, H., Siddiquee, G. M., & Vadodaria, V. P. (2010). Antioxidant Status in Periparturient Mehsana Buffaloes. *Revista Veterinaria*, 21(1).
105. Megahed, G. A., Anwar, M. M., Wasfy, S. I., Hammadeh, M. E. (2008). Influence of heat stress on the cortisol and oxidant-antioxidants balance during oestrous phase in

- buffalo-cows (*Bubalus bubalis*): thermo-protective role of antioxidant treatment. *Reproduction in Domestic Animals*, 43(6), 672-677.
106. Chandra, G., Aggarwal, A., Singh, A. K., Kumar, M., Upadhyay, R. C. (2013). Effect of vitamin E and zinc supplementation on energy metabolites, lipid peroxidation, and milk production in peripartum sahiwal cows. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 26(11), 1569.
 107. Ganaie, A. H., Shanker, G., Bumla, N. A., Mir, N. A., SA, W. (2013). Biochemica and Physiological Changes during Thermal Stress in Bovines. *Journal of Veterinary Science & Technology*, 2013.
 108. .Hao LY, Wang J, Sun P, Bu DP (2016). The Effects Of Heat Stress on the Metabolism of Dairy Cows, *Asian Journal Of Nutrition and Metabolism*, 3(1): 1036.
 109. .Leon, L. R., Blaha, M. D., & DuBose, D. A. (2006). Time course of cytokine, corticosterone, and tissue injury responses in mice during heat strain recovery. *Journal of Applied Physiology*, 100(4), 1400-1409.
 110. Morera, P., Basiricò, 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(2), 129-138
 111. Liu CC, Chien CH, and Lin MT. 2000: Glucocorticoids reduce interleukin-1 β concentration and result in neuroprotective effects in rat heatstroke. *J Physiol* 527: 333–343, .
 112. Kuroshima, A., Yahata, T. (1979). Thermogenic responses of brown adipocytes to noradrenaline and glucagon in heat-acclimated and cold-acclimated rats. *The Japanese journal of physiology*, 29(6), 683-690.
 113. Dunn, R. J., Willett, K. M., Thorne, P. W., Woolley, E. V., Durre, I., Dai, A., Vose, R. E. (2012). HadISD: a quality-controlled global synoptic report database for selected variables at long-term stations from 1973--2011. arXiv preprint arXiv:1210.7191.
 114. 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 *Geophys. Res. Lett.* 31 L02202
 115. Black E., Blackburn M., Harrison G., Hoskins B., Methven J. (2004). Factors contributing to the summer 2003 European heatwave *Weather* 59 217–23

116. S Solomon., D Qin., Manning Z., Chen M., Marquis K., Averyt M., Miller H. (2007). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC 2007 The Physical Science Basis.
117. 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.
118. 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.
119. Könyves, T., Zlatkovic, N., Memisi, N., Lukac, D., Puvaca, N., Stojsin, M., Miscevic, 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.
120. Novak, Pavel., 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.
121. Reiczigel, J., Solymosi, N., Könyves, L., Maróti-Agóts, A., Kern, A., Bartyik, J. (2009). Examination of heat stress caused milk production loss by the use of temperature-humidity indices. *Magyar Allatorvosok Lapja*, 131(3), 137-144.
122. Segnalini, M., Nardone, A., Bernabucci, U., Vitali, A., Ronchi, B., Lacetera, N. (2011). Dynamics of the temperature-humidity index in the Mediterranean basin. *International journal of biometeorology*, 55(2), 253-263.
123. Beniston M. (2003). Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climatic change*, 59(1), 5-31.
124. Li, M., Penner, G. B., Hernandez-Sanabria, E., Oba, M., Guan, L. L. (2009). Effects of sampling location and time, and host animal on assessment of bacterial diversity and fermentation parameters in the bovine rumen. *Journal of Applied Microbiology*, 107(6), 1924-1934.
125. Noordhuizen, J., Bonnefoy, J. M. (2015). Heat stress in dairy cattle: major effects and practical management measures for prevention and control. *SOJ J. Vet. Sci*, 1, 1-7.

126. Ravagnolo O, Misztal I., Hoogenboom G. (2000). Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function *J. Dairy Sci.* 83 2120–5
127. Ravagnolo, O., Misztal, I. (2000). Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *Journal of dairy science*, 83(9), 2126-2130.
128. Toušová, R., Ducháček, J., Stádník, L., Ptáček, M., Pokorná, S. (2017). Influence of Temperature-Humidity Relations During Years on Milk Production and Quality. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*, 65(1), 211-218.
129. Sacido, M., Loholaberry, F., Sánchez, N., & Intruvini, J. (2001). Effect of caloric stress on milk production and animal comfort. In *Proceedings of the International Grassland Congress (XIX, 2001, Sao Paulo)*. Eds. JA Gomide (pp. 441-442).
130. Segnalini, M., Nardone, A., Bernabucci, U., Vitali, A., Ronchi, B., Lacetera, N. (2011). Dynamics of the temperature-humidity index in the Mediterranean basin. *International journal of biometeorology*, 55(2), 253-263.
131. Aleena, J., Pragna, P., Archana, P. R., Sejian, V., Bagath, M., Krishnan, G. Bhatta, R. (2016). Significance of metabolic response in livestock for adapting to heat stress challenges. *Asian J Animal Sci*, 10(4-5), 224-234.
132. García-Ispuerto, I., López-Gatius, F., Bech-Sabat, G., Santolaria, P., Yániz, J. L., Nogareda, C., López-Béjar, M. (2007). Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain. *Theriogenology*, 67(8), 1379-1385.
133. Bryant, J. R., Lopez-Villalobos, N., Pryce, J. E., Holmes, C. W., Johnson, D. L., Garrick, D. J. (2007). Environmental sensitivity in New Zealand dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 90(3), 1538-1547.
134. Bishop-Williams, K. E., Berke, O., Pearl, D. L., Hand, K., Kelton, D. F. (2015). Heat stress related dairy cow mortality during heat waves and control periods in rural Southern Ontario from 2010–2012. *BMC veterinary research*, 11(1), 291.
135. Vitali, A., Segnalini, M., Bertocchi, L., Bernabucci, U., Nardone, A., Lacetera, N. (2009). Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature-humidity index in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(8), 3781-3790.
136. Monteny G. J, Schulte D.R, Elzing A. E, Lamaker J.J. (1998): A conceptual mechanistic model for the ammonia emission from cubicle dairy cow houses, *Transactions of the ASAE* 41, 193–201.

137. Erisman J.W, A Bleeker (1997). Emission concentration and deposition of acidifying substances. In: G.J. Hey J.W. Erisman (Eds.) *Studies in Environmental Research* 69, Elsevier, Amsterdam, p. 21–82.
138. USEPA (2000). USEPA, National Air Pollution Trends. 1990–1998, USEPA.
139. Pain B. F, Van der Weerden T. J, Chambers B. J, Phillips V. R, Jarvis S. C (1998). A new inventory for ammonia emissions from UK agriculture, *Atmospheric Environment*, 32, 309-313.
140. Hutchings N. J, Sommer S. G, Andersen J. M, Asman W A, (2001). A detailed ammonia emission inventory for Denmark, *Atmospheric Environment*, 35, 1959-1968.
141. Mukhtar S, Mutlu A, Lacey R. E, Parnell J (2009). Seasonal ammonia emissions from a free-stall dairy in central Texas, *Journal of the Air and Waste Management Association*, 59, 613-618.
142. Pinder R. W, Pekney N. J, Davidson C. I, Adams P. J, (2004). A process-based model of ammonia emissions from dairy cows: improved temporal and spatial resolution, *Atmospheric Environment*, 38, 1357-1365.
143. Ishler V, (2004). Nitrogen, ammonia emissions and the dairy cow, *Nutrient Management College of Agricultural Sciences, Pennsylvania State University*, 04-87.
144. Burgos S. A, Fadel J. G, DePeters E. J, (2007). Prediction of ammonia emission from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen: Relation of milk urea nitrogen to urine urea nitrogen excretion, *Journal of dairy science*, 90, 5499-5508.
145. Hristov A. N, Hanigan M, Cole A, Todd R, McAllister T. A, Ndegwa P. M, Rotz A, (2001). Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots, *Canadian journal of animal science*, 91, 1-35.
146. Zhao L. Y, Brugger M. F, Manuzon R. B, Arnold G, Imerman E, (2007). Variations in air quality of new Ohio dairy facilities with natural ventilation systems, *Applied engineering in agriculture*, 23, 339-346.
147. Mutlu, A, Mukhtar S, Capareda S. C, Boriack C. N, Lacey R. E, Shaw B. W, Parnell C. B, (2004). A process-based approach for ammonia emission measurements at a free-stall dairy. In 2004 ASAE Annual Meeting (p.1), American Society of Agricultural and Biological Engineers.

148. Schmidt D. R, Jacobson L. D, Janni K.A. (2002): Continuous monitoring of ammonia, hydrogen sulfide and dust emissions from swine, dairy and poultry barns. In 2002 ASAE Annual Meeting (p.1), American Society of Agricultural and Biological Engineers.
149. Maximov N.V, (2000). Character of ammonia formation and emission in piggeries. "Ecology and Agricultural Machinery". V 2, Ecological aspects of plant and livestock production technologies. [In Russian], SZNIIMESH publisher, St-Petersburg, 243-247.
150. Gustafsson G, K-H Jeppsson, J Hultgren, J-O Sannö (2003). Techniques to Reduce the Ammonia Release from a Cowshed with Tied Dairy Cattle, In: Proceedings of the international symposium on "Gaseous and Odour Emissions from Animal Production Facilities, Horsens 1-4 June 2003. 239-248; <http://www.agrisci.dk/jbt/spe>.
151. Jeppsson K-H. (2003). Diurnal variation in ammonia, carbon dioxide and water vapour emission from a deep litter house for fattening pigs. In: Proceedings of the international symposium on "Gaseous and Odour Emissions from Animal Production Facilities, Horsens 1-4 June 2003. 131-139. <http://www.agrisci.dk/jbt/spe>.
152. Gallmann E, E Hartung, T Jungbluth, (2003). Long-term study regarding the emission rates of ammonia and greenhouse gases from different housing systems for fattening pigs – final results. In: Proceedings of the international symposium on "Gaseous and Odour Emissions from Animal Production Facilities, Horsens 1-4 June, 122-130 <http://www.agrisci.dk/jbt/spe>.
153. Agle M, Hristov A. N, Zaman S, Schneider C, Ndegwa P, Vaddella V. K (2010). The effects of ruminally degraded protein on rumen fermentation and ammonia losses from manure in dairy cows, *Journal of dairy science*, 93, 1625-1637.
154. Battye W, Aneja V. P, Roelle PA. (2003). Evaluation and improvement of ammonia emissions inventories, *Atmospheric Environment*, 37, 3873-3883.
155. Wood S, Schmidt D, Janni K, Jacobson L, Clanton C, Weisburg S, (2001). Odor and air emissions from animal production systems. ASAE Paper No. 014043. St. Joseph, Mich.: ASAE.
156. Stewart, M., Webster, J.R., Schaefer, A.L., Cook, N.J., Scott, S.L. (2005). Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare*, , 14, 319–325;

157. Hurnik, J.F., Webster, A.B., DeBoer, S. (1985). An investigation of skin temperature differentials in relation to estrus in dairy cattle using a thermal infrared scanning technique. *Journal of Animal Science*, 61, No. 5, 1095–1102;
158. Luzi F, Mitchell M, Nanni Costa L, Redaelli V. (2013). *Thermography: current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine*. Brescia, Italy: Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche.
159. Montanholi YR, Odongo NE, Swanson KC, Schenkel FS, McBride BW, Miller SP. (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*). *J Therm Biol*. 33:468–75;
160. Kou H, Zhao Y, Ren K, Chen X, Lu Y, Wang D (2017). Automated measurement of cattle surface temperature and its correlation with rectal temperature. *PLoS ONE* 12(4): e0175377
161. Isaksson J (2017). Changes in dairy cows temperature- Depending on the measuring method and location of the measuring, Department of Anatomy, Physiology and Biochemistry, Swedish University of Agricultural Sciences
162. Cardoso, C. C., Peripolli, V., Amador, S. A., Brandão, E. G., Esteves, G. I. F., Sousa, C. M. Z., Martins, C. F. (2015). Physiological and thermographic response to heat stress in zebu cattle. *Livestock Science*, 182, 83-92.
163. 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.
164. Daltro, D. D. S., Fischer, V., Alfonzo, 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.
165. 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.
166. Da Silva, R. G. (2006). Weather and climate and animal production. Update of the guide to agricultural meteorological practices, 563-567.

167. Poikalainen, V., Praks, J., Veermae, I., Kokin, E. (2012). Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming. *Agronomy Research Biosystem Engineering Special*, 10(1), 187-194.
168. McManus, C., Tanure, C. B., Peripolli, V., Seixas, L., Fischer, V., Gabbi, A. M., Costa Jr, J. B. G. (2016). Infrared thermography in animal production: An overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 10-16.
169. Schaefer, A. L., Cook, N., Tessaro, S. V., Dereg, D., Desroches, G., Dubeski, P. L., Godson, D. L. (2004). Early detection and prediction of infection using infrared thermography. *Canadian journal of animal science*, 84(1), 73-80.
170. Martins, R. F. S., do Prado Paim, T., de Abreu Cardoso, 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(3), 722-724.
171. Knížková, I., Kunc, P., Gürdil, G. A. K., Pinar, Y., & Selvi, K. C. (2007). Applications of infrared thermography in animal production. *Journal of the Faculty of Agriculture*, 22(3), 329-336.
172. 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.
173. Hovinen, M., Siivonen, J., Taponen, S., Hänninen, L., Pastell, M., Aisla, A. M., Pyörälä, S. (2008). Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. *Journal of Dairy Science*, 91(12), 4592-4598.
174. 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.
175. Stokes, J. E., Leach, K. A., Main, D. C. J., Whay, H. R. (2012). An investigation into the use of infrared thermography (IRT) as a rapid diagnostic tool for foot lesions in dairy cattle. *The Veterinary Journal*, 193(3), 674-678.

176. Alsaod, M., Schaefer, A. L., Büscher, W., Steiner, A. (2015). The role of infrared thermography as a non-invasive tool for the detection of lameness in cattle. *Sensors*, 15(6), 14513-14525.
177. Corazzin M., Piasentier E., Dovier S., Bovolenta S. (2010). Effect of summer grazing on welfare of dairy cows reared in mountain tie-stall barns. *Italian Journal of Animal Science* 2010; vol. 9:59
178. Marie M., (2011). Influence of season, physiological state and production system on dairy cows welfare assessment, EAAP 62nd Annual Meeting, Stavanger, Norway, 29th Aug.-2nd Sept
179. Ostojić-Andrić D., Hristov S., Novaković Ž., Pantelić V., Petrović M.M., Zlatanović Z., Nikšić D. (2011). Dairy cows welfare quality in loose vs tie housing system. *Biotechnology in Animal Husbandry* 27 (3):975-984
180. Stančić, I., Savović, M., Apić, I., Erdeljan, M., Dragin, S., 2011, Effect of postpartal disorders on dairy cows reproduction. 22. International symposium Food safety production, Trebinje, Bosnia and Hercegovina, 19. –25. Jun, 2011: 70-72;
181. Blowey R., Edmondson P., (2010). *Mastitis Control in Dairy Herds*, CAB Internationa;
182. Wegner, K., Lambertz, C., Das, G., Reiner, G., & Gauly, M. (2016). Effects of temperature and temperature-humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate. *Animal Science Journal*, 87(11), 1334-1339.
183. Tripon, I., Cziszter, L. T., Bura, M., & Sossidou, E. N. (2014). Effects of seasonal and climate variations on calves' thermal comfort and behaviour. *International journal of biometeorology*, 58(7), 1471-1478.
184. Abdel-Rady, A., & Sayed, M. (2009). Epidemiological Studies on Subclinical Mastitis in Dairy cows in Assiut Governorate. *Veterinary world*, 2(10).
185. 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.
186. Brscic, M., Gottardo, F., Mazzenga, A., & Cozzi, G. (2007). Behavioural response to different climatic conditions of beef cattle in intensive rearing systems. *Poljoprivreda*, 13(1), 103-106.

187. Schütz, K. E., Cox, N. R. (2014). Effects of short-term repeated exposure to different flooring surfaces on the behavior and physiology of dairy cattle. *Journal of dairy science*, 97(5), 2753-2762.
188. Soriani, N., Panella, G., & Calamari, L. U. I. G. I. (2013). Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *Journal of dairy science*, 96(8), 5082-5094.
189. 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
190. Febbraio, M. A. (2001). Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. *Sports medicine*, 31(1), 47-59.
191. 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.
192. 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 cows¹. *Journal of Dairy Science*, 92(3), 935-942
193. 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
194. Tao S, Dah GE. (2013). Invited review: heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *J Dairy Sci* 2013;96: 4079–93.
195. Vander Heiden MG, Cantley LC, Thompson CB. (2009). Understanding the Warburg effect: the metabolic requirements of cell proliferation. *Science*, 324:1029–33.
196. Niu, C. S., M. T. Lin, I. M. Liu, and J. T. Cheng. (2003). Role of striatal glutamate in heatstroke-induced damage in streptozotocin-induced diabetic rats. *Neurosci. Lett.* 348:77–80
197. 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.

198. Cincović M., Belić B., Stevančević M., Toholj B., Đoković R. (2013). Produktivne i metaboličke karakteristike krava izložene ventilatorima tokom letnjeg perioda. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 37: 75-82
199. 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(8), 2182-2189.
200. Whiteman, E. L., H. Cho, M. J. Birnbaum. (2002). Role of Akt/protein kinase B in metabolism. *Trends in endocrinology and metabolism: TEM* 13: 444-451.
201. Gamberucci, A., P. Marcolongo, R. Fulceri, R. Giunti, S. L. Watkins, I. D. Waddell, A. Burchell, and A. Benedetti. (1996). Low levels of glucose-6-phosphate hydrolysis in the sarcoplasmic reticulum of skeletal muscle: involvement of glucose-6-phosphatase. *Molecular membrane biology* 13: 103-108
202. She, P. (1997). Regulation of carbohydrate metabolism by exogenous glucagon in lactating cows.
203. MacIver, N. J., Jacobs, S. R., Wieman, H. L., Wofford, J. A., Coloff, J. L., & Rathmell, J. C. (2008). Glucose metabolism in lymphocytes is a regulated process with significant effects on immune cell function and survival. *Journal of leukocyte biology*, 84(4), 949-957.
204. Perseghin G, Caumo A, Caloni M, Testolin G, Luzi L (2001). Incorporation of the fasting plasma FFA concentration into quicki improves its association with insulin sensitivity in nonobese individuals. *J Clin Endocrinol Metab* 86:4776-4781.
205. Cincović M., Belić B., Stevančević M., Toholj B., Potkonjak A., Stojanović D., Kovačević Z., (2014)a: Ispitivanje insulinske rezistencije kod krava u toplotnom i metaboličkom stresu. 25. Savetovanje veterinarara Srbije, Zlatibor, Srpsko veterinarsko društvo 11-14. Septembar, str. 91-96.
206. 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.

207. Johnson J. D., M. Fleshner. (2006). Releasing signals, secretory pathways, and immune function of endogenous extracellular heat shock protein 72. *Journal of leukocyte biology* 79: 425-434.
208. Greenberg A. S., F. B. Kraemer, K. G. Soni, M. P. Jedrychowski, Q. W. Yan, C. E. Graham, T. A. Bowman, and A. Mansur. (2011). Lipid droplet meets a mitochondrial protein to regulate adipocyte lipolysis. *The EMBO journal* 30: 4337-4339.
209. Perino A., A. Ghigo, J. D. Scott, and E. Hirsch. (2012). Anchoring proteins as regulators of signaling pathways. *Circulation research* 111: 482-492.
210. Lambert G.P., Gisolfi, C. V., Berg, D. J., Moseley, P. L., Oberley, L. W., & Kregel, K. C. (2002). Selected contribution: Hyperthermia-induced intestinal permeability and the role of oxidative and nitrosative stress. *Journal of applied physiology*, 92(4), 1750-1761.
211. Spiers D.E., Spain J.N., Sampson J.D., Rhoads R.P. (2004). Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology*, 29(7-8), 759-764
212. Belić B., Cincović M.R., Popović-Vranješ A., Pejanović R., Krajinović M. (2011). Metaboličke promjene i iskorištavanje metabolita u proizvodnji mlijeka kod krava u toplinskom stresu. *Mljekarstvo* 61(4)
213. Zebeli Q., Metzler-Zebeli B.U. (2012). Interplay between rumen digestive disorders and diet-induced inflammation in dairy cattle. *Research in veterinary science*, 93(3), 1099-1108.
214. RHMZS-Meteorološki godišnjak za 2017. godinu – klimatološki podaci.

9.BIOGRAFIJA AUTORA

Mira Majkić, DVM, rođena je 23.08.1984. u Rumi. Osnovnu školu je završila 1999. godine, a 2003. srednju medicinsku školu u Beogradu. Iste godine upisuje Fakultet veterinarske medicine u Beogradu. Studije završava 2011.godine sa prosečnom ocenom 8,32, čime stiče akademski naziv Doktor veterinarske medicine. Pripravnički staž započinje 2012. godine na Klinici za bolesti kopitara, mesojeda, živine i divljači na Fakultetu veterinarske medicine u Beogradu. Po obavljenom pripravničkom stažu, polaže stručni ispit i marta 2013.godine dobija licencu za rad. Radila kao veterinar u veterinarskim ambulancama i apotekama. Doktorske studije veterinarske medicine upisuje 2013. godine na Departmanu za veterinarsku medicinu Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu. Položila je sve ispite sa prosečnom ocenom 9,5. Izabrana u zvanje asistenta na Departmanu za veterinarsku medicinu Poljoprivrednog fakulteta 2017.godine na užoj naučnoj oblasti Bolesti životinja i higijena animalnih proizvoda. Autor je 16 radova od kojih je 1 na SCI listi. Učestvovala i bila predavač na nekoliko domaćih skupova. Od 2018. godine je sekretar katedre za veterinarsku medicinu i član tima za akreditaciju studijskih programa veterinarske medicine.