

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Nenad D. Mićić

**FENOTIPSKA I GENETSKA
VARIJABILNOST OSOBINA MLEČNOSTI
RAZLIČITIH RASA GOVEDA U USLOVIMA
TOPLOTNOG STRESA**

Doktorska disertacija

Beograd, 2023

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Nenad D. Mićić

**PHENOTYPIC AND GENETIC VARIABILITY OF
MILK CHARACTERISTICS OF DIFFERENT
CATTLE BREEDS UNDER HEAT STRESS
CONDITIONS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2023

MENTOR:

Dr Vladan Bogdanović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet

ČLANOVI KOMISIJE:

1. _____

Dr Radica Đedović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet

2. _____

Dr Dragan Stanojević, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet

3. _____

Dr Ljiljana Samolovac, viši naučni saradnik
Institut za stočarstvo, Beograd – Zemun

4. _____

Dr Denis Kučević, redovni profesor
Univerzitet u Novom Sadu - Poljoprivredni fakultet

Datum odbrane doktorske disertacije: _____

IZJAVE ZAHVALNOSTI

Zahvaljujem se svojim profesorima i mentorima sa fakulteta Vladanu i Draganu na saradnji, pomoći i svim savetima tokom izrade disertacije. Hvala im na prihvatanju, razumevanju i podršci, a posebno na sugestijama koje su doprinele da ovaj rad ima svoj završni oblik.

Zahvalan sam, veoma mnogo, članovima komisije. Prvo svojoj profesorki dr Radici Đedović za dugogodišnje prenošenje znanja iz oblasti genetike i populacione genetike, savremenih metoda procene priplodne vrednosti kod domaćih životinja i sveopšte prijatan profesorski rad. Zatim, veliko hvala i profesoru dr Denisu Kučeviću na svakom korisnom i važnom savetu i prijateljskom pristupu tokom izrade disertacije.

Veliku zahvalnost dugujem i kolegici i mentoru u Institutu za stočarstvo, u ustanovi u kojoj smo zajedno zaposleni i iz koje se zajednički naučno uzdižemo, dr Ljiljani Samolovac.

Zahvalio bih se svim svojim kolegama iz oblasti zootehnike, sa osnovnih i master studija, sa Poljoprivrednih fakulteta i sa Instituta za stočarstvo, na iskazanoj kolegijalnosti, prijateljstvu i saradnji.

Neizmernu ljubav poklanjam i dugujem svojoj porodici; svojim roditeljima i njihovim roditeljima, kao i roditeljima njihovih roditelja. Generacije su utkane u svaki Moj ili Njihov i sveukupni Naš uspeh! Veliko mi je zadovoljstvo da budem još jedan doktor nauka od potomaka svojih predaka!

Iskreno i veliko hvala svakom dobronamernom prijatelju, saradniku, nastavniku, poznaniku, prolazniku ili bilo kome ko me je ikada ičemu naučio, posavetovao, pokazao ili pomogao u sticanju novih znanja i saznanja, veština i vrlina.

Uzdravlje i živeli!

FENOTIPSKA I GENETSKA VARIJABILNOST OSOBINA MLEČNOSTI RAZLIČITIH RASA GOVEDA U USLOVIMA TOPLOTNOG STRESA

SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja je bio da se utvrdi fenotipska i genetska ispoljenost i varijabilnost osobina mlečnosti krava različitih rasa u uslovima toplotnog stresa.

Istraživanje je sprovedeno na setu podataka koji je sadržao proizvodne i podatke o poreklu krava koje su bile pod redovnom kontrolom mlečnosti (AT₄ metod) u periodu od početka 2013. do kraja 2019. godine.

Analizom su obuhvaćena grla četiri rase goveda, i to: simentalske, holštajn-frizijske, crvenog holštajna i braon svis rase. Svi podaci o grlima i njihovoj proizvodnji su preuzeti od 27 osnovnih odgajivačkih organizacija koje sprovode glavni odgajivački program na gazdinstvima iz tri upravna okruga Republike Srbije: Mačvanski, Šumadijski i Podunavski upravni okrug.

Podaci iz kontrola mlečnosti obuhvataju informacije o proizvodnji mleka na nivou kontrolnih dana redovne referentne AT₄ metode. Finalni set podataka sadržao je 717153 podatka o mlečnosti na dan kontrole.

Merenje ambijentalne temperature i relativne vlažnosti vazduha u stajama za smeštaj krava obavljano je uz pomoć DATALOGER uređaja za automatsko registrovanje mikroklimatskih parametara. Merenja temperature i vlažnosti vazduha unutar objekta za držanje krava su kontinuirano vršena na svakih 60 minuta 365 dana godišnje tokom svih godina uključenih u istraživački period. Na osnovu izmerenih vrednosti temperature i vlažnosti vazduha za svaki sat u toku dana izračunate su vrednosti temperaturno – humidnog indeksa (THI).

Za potrebu jasnijeg i preciznijeg prikaza uticaja toplotnog stresa i prikaza svih rezultata ukupni set podataka je analiziran kroz tri perioda posmatranja: dvanaestomesečni period cele godine (N=717153), petomesečni topli period godine koji je obuhvatao period od maja do septembra (n=308954) i sedmomesečni hladni period godine od oktobra do aprila (n=408199).

Istraživanjem je obuhvaćeno devet osobina mlečnosti krava i to: dnevni prinos mleka u kontrolnom danu (kg/grlu/dan), sadržaj mlečne masti u kontrolnom danu (%), sadržaj proteina mleka u kontrolnom danu (%), prinos mleka u celoj laktaciji (kg), prinos mleka u standardnoj laktaciji od 305 dana (kg), sadržaj mlečne masti u standardnoj laktaciji od 305 dana (%), sadržaj proteina mleka u standardnoj laktaciji od 305 dana (%), prinos mlečne masti u standardnoj laktaciji od 305 dana (kg), prinos proteina mleka u standardnoj laktaciji od 305 dana (kg).

Definisana je nova osobina koja procenjuje dnevni gubitak u proizvodnji mleka - „*milk production decline*” (MPD) i u direktnoj je vezi sa vrednošću THI.

Pokazatelji deskriptivne statistike za posmatrane osobine i mikroklimatske faktore izračunati su primenom PROC MEANS procedure SAS programskog paketa. U istraživanju je ispitan fiksni uticaj okruga, rase, godine teljenja, sezone teljenja, laktacije po redu, meseca kontrole mleka, faze laktacije i nivoa THI u okviru PROC GLM procedure SAS programskog paketa. Za MPD izvršena je procena heritabiliteta upotrebom *sire modela* u okviru VARCOMP procedure SAS programskog paketa i primenom REML metodologije.

U istraživanju je utvrđen najviši prosečan dnevni prinos mleka kod grla holštajn rase od 17,46 kg, dok je najviši dnevni sadržaj masti i proteina utvrđen kod grla braon svis rase (4,11% i 3,24%). Najvišu dnevnu proizvodnju ostvarila su grla gajena u Podunavskom okrugu (18,33 kg). Najvišu proizvodnju su ostvarila grla koja su se telila u toku jeseni. Najviše dnevne prinose mleka ostvarile su krave tokom redovne kontrole tokom februara meseca (17,78 kg/grlu/dan). Sadržaj masti je imao niže vrednosti od maja do septembra (3,98%), što odgovara periodu negativnog toplotnog uticaja. Najviša prosečna vrednost THI-ija utvrđena je u toku toplog perioda godine (73,38). Najvišu dnevnu proizvodnju mleka (17,98 kg) su imala grla koja su proizvodila u intervalu THI od 41-60.

Veoma visoko statistički značajan uticaj na sve posmatrane osobine, sem na sadržaj proteina u laktaciji ($p < 0,001$) ustanovljen je za sve ispitivane faktore. U istraživanju je utvrđeno prosečno dnevno smanjenje proizvodnje mleka po grlu tokom definisanog petomesečnog toplog perioda za MPD od - 5,00 kg/grlu/dan.

Najmanje smanjenje utvrđeno je kod grla simentalske rase -2,24 kg/grlu/dan, a najveće kod grla rase crveni holštajn -2,33 kg/grlu/dan.

Na osnovu procenjenih komponenti varijanse utvrđen je heritabilitet za dnevno smanjenje mleka (MPD) koji je imao nisku vrednost od 0,05.

KLJUČNE REČI: Rase goveda, varijabilnost osobina mlečnosti, dnevna proizvodnja mleka, toplotni stres, THI, gubici u proizvodnji mleka

NAUČNA OBLAST: Biotehničke nauke

UŽA NAUČNA OBLAST: Opšte stočarstvo i oplemenjivanje domaćih i gajenih životinja

UDK BROJ: 636.23.083.6:637.12(043.3)

PHENOTYPIC AND GENETIC VARIABILITY OF MILK CHARACTERISTICS OF DIFFERENT CATTLE BREEDS UNDER HEAT STRESS CONDITIONS

ABSTRACT

As part of the dissertation, research was conducted aimed at determining the phenotypic and genetic expression and variability of milk yield traits of cows of different breeds under heat stress conditions.

The study was carried out with a dataset containing production and origin data of cows subjected to regular control of milk yield (AT₄ method) in the period from the beginning of 2013 to the end of 2019.

The analysis included the animals of four cattle breeds, namely: Simmental, Holstein-Friesian, Red Holstein and Brown Swiss.

All data on cows and their production were obtained from 27 basic breeding organizations implementing the main breeding program in farms from three administrative districts of the Republic of Serbia: Mačva, Šumadija and Danube administrative districts. The data of milk yield controls contain information on milk production at the level of control days of the regular reference AT₄ method. The final data set contained 717153 milk yield data on the control day.

The measurement of the ambient temperature and relative humidity in the barns for housing the cows was carried out using the DATALOGER device for automatic registration of microclimatic parameters. The measurements of air temperature and relative humidity inside the stall storage facility were continuously performed every 60 minutes for 365 days a year during all years of the study period. Based on the measured air temperature and relative humidity values for each hour of the day, the values of TH index were calculated.

For a clearer and more precise representation of the influence of heat stress and to present all the results, the whole data set was analyzed using three observation periods: the period of the whole year (N=717153), and the warm period of the year, which included the period from May to September (n=308954), and the cold period of the year, which included the period from October to April (n=408199).

The research included nine milk traits of cows, namely: daily milk yield on the control day (kg/head/day), milk fat content on the control day (%), milk protein content on the control day (%), milk yield in the entire lactation (kg), milk yield in a standard lactation of 305 days (kg), milk fat content in a standard lactation of 305 days (%), milk protein content in a standard lactation of 305 days (%), milk fat yield in a standard lactation of 305 days (kg), milk protein yield in a standard lactation of 305 days (kg).

A new trait has been defined that estimates the daily *milk production decline* (MPD) and is directly related to the THI value.

Indicators of descriptive statistics for the observed characteristics and microclimatic parameters were calculated using the PROC MEANS procedure of the SAS program package. The study examined the fixed effect of district, breed, year of calving, season of calving, lactation in order, month of milk control, stage of lactation, THI level within in the PROC GLM procedure of the SAS software package. For MPD, a heritability assessment was performed using a *sire model* within the VARCOMP procedure of the SAS program package and applying the REML methodology.

In the research, the highest average daily milk yield was found in Holstein cattle breed of 17,46 kg/head/day, while the highest daily fat and protein content was found in Brown Swiss cattle breed (4,11% and 3,24%). The highest daily production was achieved by head raised in the Danube district (18,33 kg). The highest production was achieved by cows that calved in the fall season. The highest daily milk yields were achieved by cows during regular control during the month of February (17,78 kg/head/day). The fat content had lower values from May to September (3,98%), which corresponds to

the period of negative thermal influence of heat stress. The highest average value of THI was determined during the warm period of the year (73,38). The highest daily milk production (17,98 kg/head/day) was achieved by cows that produced in the THI interval of 41-60.

A very highly statistically significant influence on all observed traits, except for protein content in lactation ($p < 0,001$) was established for all investigated factors. In the research, the average daily decrease in milk production per head during the defined five-month warm period was determined to be -5,00 kg.

The smallest reduction was found in cattle of the Simmental breed -2,24 kg/head/day, and the largest in cattle of the red Holstein breed -2,33 kg/head/day.

Based on the estimated components of variance, the heritability for daily milk reduction (MPD) was determined, which had a low value of 0,05.

KEY WORDS: Cattle breeds, variability of milk characteristics, daily milk production, heat stress, THI, milk production decline (MPD)

RESEARCH AREA: Biotechnical sciences

SPECIALISATION: General breeding and improvement of domestic and raised animals

UDK NUMBER: 636.23.083.6:637.12(043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	3
2.1. Pojam i karakteristike mikroklimе u govedarskoj proizvodnji	4
2.1.1. Temperatura vazduha.....	5
2.1.2. Vlažnost vazduha	7
2.1.3. Strujanje vazduha.....	8
2.1.4. Štetni gasovi u vazduhu	8
2.1.5. Prašina i mikroorganizmi u vazduhu	8
2.2. Negativni efekti klimatskih i mikroklimatskih uslova na govedarsku proizvodnju.....	9
2.2.1. Indirektni uticaji klimatskih i mikroklimatskih uslova na goveda.....	9
2.2.2. Direktni uticaji klimatskih i mikroklimatskih uslova na goveda	9
2.3. Toplotni stres krava.....	10
2.3.1. Definicija toplotnog stresa kod krava	10
2.3.2. Termoneutralna zona krava.....	10
2.3.3. Indeks temperature i vlažnosti vazduha (THI).....	12
2.3.3.1. Nivoi vrednosti THI	13
2.4. Uticaji klimatskih i mikroklimatskih uslova na proizvodnju mleka	16
2.4.1. Uticaji geografskih oblasti na proizvodnju mleka toplog perioda godine	16
2.4.2. Laktacijski uticaji na proizvodnju mleka tokom toplog perioda godine.....	17
2.5. Uticaji toplotnih uslova na kvalitet kravljeg mleka.....	19
2.5.1. Uticaji toplotnih uslova na prinos i sadržaj mlečne masti	19
2.5.2. Uticaji toplotnih uslova na prinos i sadržaj proteina mleka.....	20
2.5.3. Veze između toplotnog stresa i selekcije krava	21
2.6. Rase goveda za proizvodnju mleka u Republici Srbiji.....	22
2.6.1. Simentalska rasa.....	23
2.6.2. Holštajn i crvena holštajn rasa	23
2.6.3. Braon svis rasa	24
3. MATERIJAL I METOD RADA	25
3.1. Opšte karakteristike seta podataka	25
3.2. Statistička obrada podataka	26
3.2.1. Uticaji uključeni u modele ispoljenosti i varijabilnosti osobina	27

3.2.1.1.	Uticaj okruga (regiona)	27
3.2.1.2.	Uticaj rase (genotipa)	28
3.2.1.3.	Uticaj meseca kontrole	29
3.2.1.4.	Uticaj godine teljenja.....	30
3.2.1.5.	Uticaj sezone teljenja.....	30
3.2.1.6.	Uticaj rednog broja laktacije (redosleda teljenja).....	31
3.2.1.7.	Uticaj faze laktacije	31
3.2.1.8.	Uticaj klase THI	32
3.3.	Procena gubitaka u proizvodnji mleka	33
3.4.	Procena genetske ispoljenosti i varijabilnosti osobina	33
4.	REZULTATI RADA I DISKUSIJA	35
4.1.	Fenotipska varijabilnost osobina mlečnosti po rasama	35
4.2.	Varijabilnost vrednosti THI prema posmatranim periodima	39
4.3.	Fenotipska varijabilnost osobina mlečnosti prema posmatranim periodima	40
4.4.	Uticaj fiksnih sistemskih faktora okoline prema posmatranim periodima.....	41
4.5.	Sredine najmanjih kvadrata ispitivanih osobina mlečnosti	44
4.5.1.	Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po okruzima.....	44
4.5.2.	Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po rasama	46
4.5.3.	Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po godinama teljenja	48
4.5.4.	Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po sezonama teljenja	51
4.5.5.	Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po rednom broju laktacije	53
4.5.6.	Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po mesecima kontrole	56
4.5.7.	Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po fazama laktacije.....	58
4.5.8.	Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po klasama THI.....	61
4.6.	Varijabilnost osobine smanjenja prinosa mleka pod uticajem toplotnog stresa.....	64
4.7.	Heritabilitet osobine smanjenja prinosa mleka pod uticajem toplotnog stresa	66
5.	ZAKLJUČAK.....	68
6.	LITERATURA	71
7.	PRILOZI.....	87
8.	BIOGRAFIJA AUTORA	129
Izjava 1.....		130
Izjava 2.....		131

1. UVOD

Mlečnost krava se kroz vreme značajno menjala i unapredila, prvenstveno delovanjem selekcije pre svih drugih uticaja. Još tokom vremena pripitomljavanja rodonačelnika i srodnika goveda ljudi su imali saznanja o mlečnosti jedinki unutar životinjskih vrsta. Daljim odabiranjem prema prvim selekcijskim kriterijumima na različitim lokacijama nastale su i prve rase goveda koje su tokom vremena usmeravane u pojedine specijalizovane pravce proizvodnje. Proizvodnja kravljeg mleka u svetu i kod nas je pod znatnim uticajem okoline u kojoj se odvija. Uticaji okoline se mogu razmatrati kroz veliki broj faktora koji dovode do promena unutar same okoline.

Uticaji globalnih faktora na planeti su sveobuhvatni, a karakterišu ih geografski položaj i lokacija farmi, klima i mikroklima okoline, rase goveda i karakteristike krava u proizvodnji mleka.

Klimatski i mikroklimatski uticaj definišu meteorološke karakteristike vazduha kao što su: temperatura, vlažnost i kretanje vazduha, sadržaj čestica i mikroorganizama u vazduhu, ali i njihove interakcije. Životinje su tokom procesa evolucije razvile mehanizme prilagođavanja i odbrane sopstvenog organizma na izmenjeno stanje okoline.

Telesnu temperaturu homeotermnih životinja održava njihov termoregulacioni sistem unutar $\pm 1^{\circ}\text{C}$ od normalne telesne temperature u uslovima okoline koji ne izazivaju toplotni stres. Porast telesne temperature izaziva prve odgovore organizma kao fiziološke strategije za prenos toplote sa površine tela životinje u njenu okolinu. Da bi održala homeotermiju, životinja mora biti u toplotnoj ravnoteži sa svojom okolinom.

Opseg temperature u okviru kog životinja ne koristi dodatnu energiju za održavanje telesne temperature naziva se termoneutralna zona (*thermoneutral zone - TNZ*), u okviru koje su fiziološki gubici energije minimalni, a produktivnost životinje maksimalna.

Toplotni stres organizma nastaje kao nepovoljna kombinacija temperature i vlažnosti vazduha, te brzine kretanja vazduha, nivoa toplotnog zračenja sunca i drugih promenljivih faktora okoline koji otežavaju organizmu da se oslobodi viška telesne toplote. Toplotni stres kod mlečnih krava nastaje kao reakcija organizma na delovanje više povezanih faktora u kombinaciji sa visokom ambijentalnom temperaturom i relativnom vlažnošću vazduha, a u cilju sprečavanja fizičke disfunkcije organizma (Roland i sar., 2016).

Toplotni stres se definiše i kao zbir svih uticaja okoline koji deluju na životinju, a koji uzrokuju porast njene telesne temperature izazivajući fiziološki odgovor (Dikmen i Hansen, 2009). Kod mlečnih rasa goveda toplotni stres smanjuje mlečnost i utiče na kvalitet mleka, smanjuje plodnost, dobrobit i menja ponašanje krava (Ravagnolo i sar., 2000; Bouraoui i sar., 2002; Casa i Ravelo, 2003; Freitas i sar., 2006; Bohmanova i sar., 2007; Bernabucci i sar., 2010; Collier i sar., 2012; Hammami i sar., 2013; Smith i sar., 2013; Lambertz i sar., 2014; Roland i sar., 2016; Gantner i sar., 2017; Collier i sar., 2017; Polsky i Von Keyserlingk, 2017; Summer i sar., 2018; Nordlund i sar., 2019; Chavez i sar., 2020; Ramón-Moragues i sar., 2021). Na nastanak toplotnog stresa kod krava utiču sve trenutne klimatske promene prvenstveno (Das i sar., 2016), sa promenama mikroklimatskih uslova svih segmenata tokom intenzivne proizvodnje mleka (Bernabucci i sar., 2015; Carabano i sar., 2016).

Toplotni stres na početku laktacije krava negativno utiče na ukupnu proizvodnju mleka. Utvrđeno je da mikroklimatski uslovi imaju najveći uticaj tokom prvih 60 dana laktacije kada su visokoproduktivne krave u negativnom energetsom bilansu i nadoknađuju deficit mobilizacijom telesnih rezervi. Visokomlečne krave su pogođene više nego one sa nižom mlečnošću, jer se gornja kritična temperatura pomera naniže kako se povećava proizvodnja mleka, unos hrane i proizvodnja toplote.

Indeks temperature i vlažnosti vazduha, nazvan temperaturno-humidni indeks (THI) je indeks za procenu potencijala životne sredine da izazove toplotni stres kod domaćih životinja. Prve THI jednačine za numerički prikaz toplotnog stresa nastaju sredinom XX veka od strane prvo Thom-a

(1958), potom Kibler-a (1964), Berry-ja i sar. (1964), te National Research Council-a (1971) i drugih. Upravo su jednačine NRC-a danas najviše korišćene.

Razvoj THI-a predstavlja značajan aspekt daljih istraživanja (Sahin i Ugurlu, 2017; Wang i sar., 2018; Ouellet i sar., 2019). Istraživači nastoje da na osnovu uticaja THI vrednosti na dnevnu proizvodnju mleka tokom kontrolnog dana, pretpostave uticaj i nivo toplotnog stresa kod muznih krava (Ekine-Dzivenu i sar.,2020).

Najveće vrednosti THI-a su tokom letnjih meseci, preko 72 (Bohmanova i sar., 2007). Analiza klimatskih uslova u Srbiji pokazuje da su od maja do septembra vrednosti THI oko 72, s tim da najviše mogu da budu u periodu jul i avgust i da su tada vrednosti preko 80 (Vujanac, 2010).

Proizvodnja kravljeg mleka u Srbiji organizuje se na farmama veoma različitog kapaciteta koje se međusobno razlikuju u odnosu na agroekološke, mikroklimatske i zootehničke uslove. U proizvodnji mleka u Srbiji dominiraju dve rase goveda, i to: simentalska i holštajn rasa. Pored simentalske i holštajn rase, koja je zastupljena sa dva genotipa (crno-beli holštajn i crveno-beli ili crveni holštajn), u proizvodnji mleka prisutna je i manja populacija grla braon svis rase.

S obzirom na to da se navedene rase goveda u Srbiji gaje u veoma heterogenim odgajivačkim uslovima, uticaj farmskih, smeštajnih i mikroklimatskih faktora na grla, pa samim tim na proizvodnju mleka je vrlo izražen. Upravo iz tih razloga ispoljenost osobina mlečnosti je različita u uslovima toplotnog stresa, koji se sve više javlja kao jedan od prvih najvažnijih ograničavajućih faktora u proizvodnji mleka na farmama širom sveta i kod nas.

Cilj ovih istraživanja bio je da se utvrdi fenotipska i genetska ispoljenost i varijabilnost osobina mlečnosti krava različitih rasa u uslovima toplotnog stresa. Opšta karakteristika osobina mlečnosti jeste da su to kvantitativne osobine i da stepen njihovog fenotipskog ispoljavanja zavisi od interakcije genotipa i faktora okoline u kojoj se proizvodnja obavlja. Stoga su ciljevi ovih istraživanja bili da se utvrde najvažniji faktori koji utiču na ispoljenost i varijabilnost osobina mlečnosti u populacijama mlečnih rasa i genotipova goveda kod nas, da se utvrde i definišu periodi tokom godine kada je proizvodnja mleka pod izraženim negativnim uticajem toplotnog stresa, da se upotrebom odgovarajućih statističkih metoda razvije i primeni optimalni model za procenu ispoljenosti i povezanosti osobina mlečnosti u uslovima toplotnog stresa, da se potvrdi primena TH indeksa kao indikatora predviđanja nivoa toplotnog stresa kod mlečnih genotipova goveda kod nas, da se utvrde i pretpostave mogući gubici u proizvodnji mleka pod uticajem toplotnog stresa, kao i da se utvrdi mogućnost upotrebe procenjenog nivoa smanjenja mlečnosti u uslovima toplotnog stresa kao potencijalnog selekcijskog kriterijuma u odgajivačkim programima za mlečne rase goveda kod nas.

Pored naučnog značaja, dobijeni rezultati sprovedenih istraživanja mogu imati izuzetan praktični značaj, kao informacije o očekivanom gubitku u proizvodnji mleka.

2. PREGLED LITERATURE

Poljoprivreda je jedan od klimatski najzavisnijih društveno-ekonomskih sektora privrede, jer većina poljoprivredne proizvodnje i kvaliteta proizvoda direktno zavisi od različitih klimatskih faktora. Već je danas izvesno da će se uslovi za poljoprivrednu proizvodnju promeniti sa promenama klime.

Sekulić i sar., 2012., su dali procene da će promena klime do kraja veka na teritoriji Srbije biti praćena intenzivnijim sušama, poplavama i toplotnim talasima, što se i potvrdilo velikim klimatskim problemima 2014. i 2018. godine, što će dodatno povećati već visok rizik od prirodnih nepogoda u Srbiji (Vlada republike Srbije, 2014).

Sa povećanjem temperature moguće je očekivati produženje vegetacionog perioda i raniji početak vegetacije od 20-30 dana, ali takođe i duže periode suša. Ovakve promene će uticati kako na planiranje proizvodnje, tako i na izbor odgovarajućih sorti i fenologiju biljaka, a tako i na prinos pojedinih kultura. Neka istraživanja navode poljoprivredne mere koje inteziviraju prilagođavanje biljaka na klimatske promene u Srbiji (Popović i sar., 2014). Određeni scenariji ukazuju na očekivano znatno smanjenje prinosa kukuruza za celu teritoriju Republike Srbije, u uslovima ratarske proizvodnje bez navodnjavanja. Sa druge strane, studije ukazuju da se primenom optimalnog navodnjavanja, posmatrano za sve scenarije, mogu značajno povećati prinosi, naročito na području Centralne Srbije (Stričević i sar., 2014).

Prema prvim procenama regionalnih klimatskih promena, u regionu Južne Evrope (kome Srbija pripada), pored trenda rasta temperature vazduha i isparavanja, očekuje se smanjenje padavina u toploj polovini godine, smanjenje vlažnosti zemljišta i uopšte količine raspoložive vode (Gualdi i sar., 2008). Očekuju se i učestalije pojave klimatskih ekstrema (olujne nepogode praćene poplavama, suše, ekstremno visoke temperature vazduha, toplotni talasi i drugo). Time se zbog nepovoljnog uticaja na proizvodnju hrane, proizvodnju energije, vodosnabdevanje, ljudsko zdravlje i biološku raznovrsnost, region Južne Evrope svrstava u regione veoma ugrožene klimatskim promenama (Dodig i sar., 2012).

Prema procenama koje su bazirane na osnovu regionalnog istraživanja klimatskih promena, očekuje se povećana učestalost, intenzitet i trajanje meteorološki toplih dana, kao rezultat viših temperatura, smanjenja količine letnjih padavina i učestalijih dužih sušnih perioda. Ovaj trend će se nastaviti naročito na jugoistoku i istoku Srbije. Promene u režimu padavina i suša imaće direktnog uticaja na oticanje i proticaj reka, čime se otežava vodosnabdevanje i navodnjavanje ratarske i snabdevenost vodom stočarske proizvodnje. Prema umerenom scenariju primene mera za smanjenje emisije gasova prosečna godišnja temperatura vazduha do kraja veka u Srbiji će porasti za 2.6°C (Popović i sar., 2009).

Visoke temperature vazduha, kao glavni abiotički faktor, deluju vrlo nepovoljno na rast i razviće biljaka i u znatnoj meri smanjuju prinos i kvalitet prinosa biljnih kultura u poljoprivredi (Shao i sar., 2008). Ekstremne temperature mogu se javiti u različitim vremenskim (dnevnom, mesečnim, sezonskim, godišnjim, dekadnim i drugo) i prostornim razmerama (lokalnim, regionalnim, globalnim i slično). Ekstremno visoke temperature mogu potrajati uzrokujući takozvani „toplotni talas“ (Vicente-Serrano i sar., 2015). Kratke epizode visokih temperatura (1-3 dana uz temperature >33°C) tokom osetljivih faza rasta useva (cvetanje i nalivanje zrna) mogu značajno smanjiti proizvodnju useva (Olesen, 2016; Hatfield i Prueger, 2015; Fraga i sar., 2016; Resco i sar., 2016).

Na stočarstvo i proizvode stočarske proizvodnje klimatske promene utiču direktno i indirektno (Ciscar i sar., 2018, 2019; Notenbaert i sar., 2017), i ekonomski (Garcia i Shalloo, 2015; Raboisson, i sar., 2015).

Klimatske promene na stočarsku proizvodnju mogu uticati kroz skup svih vremenskih faktora određenog manjeg područja, takozvanih mikrolokacija, koji definišu mikroklimu.

2.1. Pojam i karakteristike mikroklimе u govedarskoj proizvodnji

Mikroklima predstavlja klimu manje ograničenog prostora koja je različita od makroklimе geografske regije u kojoj se promatrano područje nalazi.

Pod mikroklimom, drugačije definisano, podrazumeva se ograničeni deo atmosfere u više ili manje zatvorenom prostoru koji je u određenom odnosu sa atmosferom (makroklimom), pri čemu je uticaj makroklimе na mikroklimu zavisn nizom faktora (konstrukcija i način gradnje objekta, sistem ventilacije, životinjska vrsta, rasa, broj životinja i drugo).

U poljoprivredi to može biti mikroklima u objektima ili u staji, u plastenicima i staklenicima ili na njivi. Merenja mikroklimе obavljaju se s namerom utvrđivanja što tačnijih podataka na određenom relativno malom području.

Mikroklimatski faktori u stočarstvu svojim fizičkim, hemijskim i mikrobiološkim osobinama direktno utiču na životinjski organizam. Međutim, isto tako i same životinje u određenoj meri utiču na prostor u kojem se nalaze. Veoma je važno uspostaviti ravnotežu unutar objekta između životinja i mikroklimatskih uslova koji na njih deluju, a posebno sprečiti moguć negativan uticaj ambijentalnih mikroklimatskih uslova na životinje (Vučemilo i Tofant, 2009). Mikroklimat, kao deo okruženja u kome životinje borave, je faktor od koga zavise zdravstveno stanje i produktivne osobine domaćih životinja.

Gajenje goveda za proizvodnju mleka je zahtevan i složen proces na koji utiče veliki broj važnih faktora, od kojih najviše: izgradnja objekata, način držanja, kvalitet hrane, higijena smeštajnog i ambijentalnog prostora i ležišta, te zdravstvena zaštita, i slično, a koji sveukupno čine funkcionalno povezani kompleks faktora (Radiojević i sar., 2013). Naime, nepovoljni mikroklimatski, kao i makroklimatski uslovi sredine pogoduju pojavi različitih bolesti kod krava, te se tako smanjuje ukupna proizvodnja i kvalitet mleka – kako u sastavu tako i u higijenskoj ispravnosti (Matković i sar., 2006).

Prilikom procene mikroklimе u staji potrebno je posmatrati i druge aspekte (uzrast grla, tip proizvodnje, način držanja), ali i trajanje i intenzitet delovanja određenih mikroklimatskih faktora u objektu (Vučković i sar., 2013). Visoko mlečne krave su jedna od najugroženijih kategorija goveda zbog svakodnevnog intenzivnog korišćenja njihovih fizioloških i proizvodnih potencijala (Koska i Salajpal, 2012). Tako je nepovoljan uticaj mikroklimatskih parametara na njihov organizam više izražen u odnosu na niže proizvodna grla (Bobić i sar., 2011).

Mikroklimatski uslovi u objektima, u najvećoj meri zavise od eksternih klimatskih faktora koji su sezonskog karaktera, tako da značajan uticaj na nivo proizvodnje mleka ispoljava i sezona u okviru godine. Optimalni mikroklimatski uslovi u objektima za mlečna grla, svojim dejstvom na zdravstveno stanje, metabolizam, konverziju hrane i dobrobit životinja, treba da omoguće maksimalno pozitivno delovanje svih ostalih faktora sredine i najveće ispoljavanje genetskog potencijala krava. Iako su kao vrsta znatno otpornija na nepovoljne klimatske uslove, govedima (odnosno mlečnim kravama) treba obezbediti optimalan mikroklimat u objektima u kojima su smeštena.

Goveda se kao toplokrvni homeotermni organizmi odlikuju stalnom telesnom temperaturom koja merena rektalno (*per recti*) najčešće iznosi 38,0-39,0°C, uz biološki opseg od 37,5-39,5°C. Konstantna temperatura se u organizmu krava pored adsorpcije ambijentalne toplote, obezbeđuje i putem hrane, fermentacijom organske materije u buragu, delovanjem kalorigenih hormona, proizvodnjom mleka, mišićnom aktivnošću, trošenjem telesnih rezervi i bazalnim metabolizmom. Termoneutralna zona životinjskih vrsta nalazi se između kritične donje i kritične gornje ambijentalne temperature. Gornja kritična temperatura ambijenta iznad koje se može razviti hipertermija iznosi 25-26°C (Hristov i Bešlin, 1991). Izloženost goveda temperaturama van termoneutralne zone koje odstupaju od optimuma termalnog komfora životinja vodi ka razvijanju toplotnog stresa kod krava čiji stepen definišu ambijentalna temperatura, relativna vlažnost i brzina kretanja vazduha (de Rensis i Scaramuzzi, 2003).

Proizvodna svojstva krava zavise od nivoa temperature i zavise od njenih izvora, kao što su spoljašnja temperatura vazduha, proizvedena toplota od strane samih životinja u objektu, i količina isparene vodene pare stvorene od strane životinja i isparenja sa poda, i još dodatno od nivoa osvetljenja unutar objekta (Keck i Zaehner, 2004).

Goveda kao homeotermne životinje sa stalnom telesnom temperaturom, sposobne su održavati stalnu telesnu temperaturu bez obzira na temperaturu okoline, dok su gubitak i stvaranje toplote u određenoj ravnoteži. Sposobnost životinje da ukloni višak proizvedene metaboličke toplote važna je funkcija organizma za održavanje telesne temperature (Gašić, 2014).

Osnovni faktori mikroklimе su: temperatura i vlažnost vazduha, zatim brzina strujanja vazduha, sadržaj štetnih gasova u vazduhu, čestice prašine u vazduhu i osvetljenost unutar objekta. Na sve navedene pokazatelje u velikoj meri utiču klimatski uslovi spoljne sredine, pa ih sve treba zajednički promatrati (Gašić, 2014).

2.1.1. Temperatura vazduha

Optimalna temperatura vazduha za proizvodnju kod mlečnih krava kreće se u najširem intervalnom opsegu između 0 i 25°C. Previsoke temperature remete termoregulaciju krava te se kao posledica toga proizvodnja mleka smanjuje. Osim toga, visoke temperature okoline smanjuju apetit krava – nivo konzumacije hrane i njene konverzije u proizvodnji mleka, ali i povećavaju potrošnju vode. Uopšteno posmatrano, goveda bolje podnose niže nego visoke temperature tokom godine u našem klimatskom rejonu (Dejanović i sar., 2015). Prema Heidenreich-u i sar. (2009) optimalna temperatura vazduha za proizvodnju kod mlečnih krava kreće se od 4 do 16°C, sa znatno većim pragom tolerancije prema nižim, u odnosu na visoke temperature.

Goveda poseduju odbrambene mehanizme organizma kada tokom leta temperature dosežu najviše vrednosti, životinje tada smanjuju unos hrane, a povećavaju unos vode, više se znoje i na taj način pokušavaju sprečiti pregrevanje organizma. Prvenstvena posledica do koje dolazi je smanjenje količine proizvedenog mleka. Osim temperature vazduha u objektu, bitna je i temperatura pojedinih delova objekta kao što je temperatura krova, temperatura poda i zidova (Vučković i sar., 2013). Do toplotnog stresa može doći ukoliko organizam krave nije u stanju da se oslobodi prekomerne količine toplote bez obzira na uzrok koji je doveo do te pojave.

Kod goveda postoje četiri jedinstvena načina gubitka i uklanjanja velike količine akumulirane toplote tela. Osnovni fizički principi odavanja toplote su: kondukcija, konvekcija, radijacija i evaporacija (Yousef, 1985; Ewing i sar., 1999).

Kondukcija toplote kod visokih temperatura se može definisati kao razmena toplote između dva medijuma direktnim kontaktom. Efikasnost kondukcije zavisi od razlike u temperaturi između dva medijuma. U prenosu toplote načinom kondukcije važna je površina od koje je izgrađen pod, odnosno zidovi objekata. Pod je po prirodi uvek hladniji, a toplota se prema zakonima termodinamike sa toplijeg prenosi na hladnije mesto i podiže od poda ka tavanici, pa tako hladniji pod životinji uvek oduzima više toplote (Vučemilo i Tofant, 2009). Kod mlečnih krava kondukcija se odvija između površina unutar objekta i organizma životinja, kao i životinja sa vazduhom. Protok toplote načinom kondukcije uslovljen je razlikama u temperaturi, agregatnom stanju ili otporu medija i konačno veličini dodirne površine.

Za visoko mlečne krave veoma je važan opseg kondukcije koji, prevashodno, zavisi od prirode materijala sa kojim je koža životinje u kontaktu, i stepena njegove toplotne provodljivosti. Pošto, posmatrajući proporcionalnu vezu između zapreminske gustine materijala i njihove provodljivosti, postoji pravilo da gušći materijal ima veću provodljivost i time je manje otporan na količinu toplote koja ga opterećuje, tako se u vezu sa ovom pojavom može dovesti i stepen telesne kondicije krava. Na taj način, krave sa boljom telesnom kondicijom su osetljivije na toplotni stres. Krave sa telesnom kondicijom koja je iznad optimalne imaju veću površinu tela i manji broj znojnih žlezda. Telesna

kondicija koja je iznad optimalne 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 iste kod krava slabije telesne kondicije.

Krave koje su u stojećem položaju minimalno odaju toplotu kondukcijom. Duboka prostirka može otežati kondukciju, jer i duboka prostirka proizvodi toplotu, ali je i lako apsorbuje i sporo se hladi. Korišćenjem prostirke koja ima sposobnost visoke kondukcije, može se olakšati rashlađivanje krava, a shodno tome i ublažiti uticaj toplotnog stresa (Gašić, 2014).

Konvekcija toplote kod visokih temperatura je proces u kojem se toplota prenosi sa jednog fluida u drugi samim kretanjem fluida. U objektima za smeštaj krava prirodna konvekcija je posledica strujanja vazduha koje se odvija u svakom tipu objekata, ali različitom brzinom. Osim toga, drugi tip konvekcije je najčešće veštačka konvekcija na farmama mlečnih krava koja se često tokom letnjih meseci obavlja pomoću ventilatora različitih tipova, oblika i veličina, sve sa ciljem da životinje mogu na lakši način razmenjivati toplotu sa okolinom, kako bi se pritom proizvodnja mleka održala na što višem nivou. Bitno je napomenuti da je brzina strujanja vazduha u objektu važan parametar koji utiče na efikasnost rashlađivanja. Sa povećanjem brzine strujanja vazduha, smanjuje se temperatura i relativna vlažnost u objektu, čime je efekat rashlađivanja veći.

Radijacija toplote kod visokih temperature je komponenta toplote koja ima direktni uticaj na nivo toplote sadržan u vazduhu, tj. temperaturu vazduha, takozvana radijacija nivoa sunčevog zračenja. Radijacija predstavlja elektromagnetno strujanje energije koja se apsorbuje na površini ozračenog tela. Radijacija, ustvari, predstavlja protok toplote zračenjem, koji zavisi od temperature i prirode radijacionih površina. Sunčeva energija se tokom dana u vidu toplote direktno apsorbuje i upija kroz kožu životinje ili se pak odaje sa površine tela prema spoljašnjoj okolini tokom noći. Nivo radijacije ne zavisi samo od količine toplote vazduha, već i toplote sa površine tela životinje i toplote zagrejanih površina podova i zidova objekata (Mijić, 2013).

Male promene u temperaturi znatno utiču na intenzitet toplotnog zračenja (Vučemilo i Tofant, 2009). Količina toplotnog zračenja koju apsorbuju površine objekata zavisi čak i od boje i teksture elemenata od kojih je objekat izgrađen. Iz toga se može zaključiti da će objekti sa tamnim površinama kako zračiti, tako i upijati više toplote nego svetli pri istim temperaturama. Radijacijski prenos toplote između dva tela odvija se u oba smera ako su tela različite temperature. Stepem radijacije zavisi od temperature tela životinje, ali takođe zavisi i od stukture tela (telesnih rezervi i kondicije krava), boje kože i dlačnog pokrivača. Životinje crne boje imaju viši nivo apsorpcije toplote nego crvene ili bele boje. Krave sa crnim pokrivačem imaju nivo apsorpcije indeksa 1, dok crno-bele krave na nivou 0,37, a krave sa crvenim dlačnim pokrivačem na nivou 0,65. Životinje koje imaju tamniju boju dlake brže dehidriraju, jer njihova telesna temperatura brže raste. Kod goveda holštajn rase gubici u proizvodnji mleka su prisutni na temperaturi iznad 21°C, dok su kod ostalih rasa gubici prisutni na temperaturi iznad 24°C. Krave holštajn rase su osetljivije na toplotni stres od krava džerzej rase (Smith i sar., 2013).

Evaporacija toplote ili isparavanje je vid prevođenja tečnosti u oblik pare na temperaturama ispod tačke ključanja date tečnosti. Brzina isparavanja zavisi od nivoa temperature na površini tela životinje, stepena relativne vlažnosti unutar objekta i brzine strujanja vazduha (Vučemilo i Tofant, 2009). Putem znoja i izdahnutim vazduhom iz pluća evaporacija ima značajnu ulogu u hlađenju organizma. Ukoliko je taj način izmene toplote onemogućen, a u kombinaciji sa visokom relativnom vlažnosti vazduha, vrlo često može doći do toplotnog stresa, pa čak i do uginuća životinje.

Kod goveda, evaporacija kao metod gubitka toplote postaje dominantan, kada je ambijentalna temperatura 16-18°C, a njen značaj pri višim temperaturama je nezaobilazan. Pošto se evaporacija može odigravati preko kože i preko respiratornih organa, 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. Najveći problem toplotnog stresa leži u činjenici da je količina proizvedene toplote veća od utrošene (Dikmen i Hansen, 2009).

Znojenje kod mlečnih krava se javlja u dve forme, kao neosetno (*perspiratio insensibilis*) ili nevidljivo znojenje (respiracija, koja se konstantno dešava) i kao vidno znojenje (*perspiratio sensibilis*), kada ambijetalna temperatura značajno poraste. Temperatura potrebna da se voda pretvori u vodenu paru naziva se latentna temperatura evaporizacije.

Telesna kondicija se takođe smatra bitnim faktorom, jer 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 osetljivija kategorija (Magee i sar., 2002). Način ishrane takođe može uticati na osetljivost na toplotni stres. Naime, prilikom sagorevanja hranljivih materija oslobađa se izvesna količina toplote.

U odnosu na muške jedinke toplokrvnih organizama, ženske jedinke bolje podnose višu temperaturu vazduha. Razlika toplotne ugodnosti oba pola se sužava na višim temperaturama vazduha (Chow i sar. 2010). Jedinke ženskog pola imaju nižu temperaturu kože u odnosu na muške (Lan i sar. 2008; Schellen i sar. 2010, 2012).

2.1.2. Vlažnost vazduha

Atmosferski vazduh koji je dostupan biljkama i životinjama jeste mešavina suvog vazduha i vodene pare, pa se još naziva vlažan vazduh. Uz temperaturu vazduha, vlažnost vazduha je jedan od najvažnijih mikroklimatskih pokazatelja koji omogućuje da se kod životinja normalno mogu odvijati fiziološki procesi, proizvodnja i reprodukcija (Vučemilo i Tofant, 2009). Uopšteno, vlažnost vazduha se definiše kao sadržaj vodene pare u jedinici zapremine vazduha pri određenoj temperaturi vazduha i vazдушnom pritisku, pa se tako razlikuju maksimalna, apsolutna i relativna vlažnost vazduha.

- Maksimalna vlažnost je najveća količina vodene pare koju vazduh može prihvatiti pri određenoj temperaturi, izraženo u g/m^3 - pa što je veća temperatura veća je i maksimalna vlažnost vazduha.
- Apsolutna vlažnost jeste količina vodene pare koja se nalazi u jednom kubnom metru vazduha u trenutku merenja pri prosečnoj dnevnoj temperaturi i, takođe, se izražava u g/m^3 vazduha.
- Relativna vlažnost je procentualni odnos između apsolutne i maksimalne vlažnosti vazduha, te se izražava u %.

Relativna vlažnost vazduha se najčešće koristi prilikom procene mikroklimatskih pokazatelja u objektima, te se određuje na jednostavan način pomoću različitih tipova higrometara u neposrednoj okolini - biozoni životinja. Prema Asaju (2003) u biozoni životinja potrebno je osigurati relativnu vlažnost od 60-80%. Osim toga, bitno je naglasiti da na vlažnost vazduha u objektu utiče isparavanje vode iz fecesa i mokraće, kao i vlaga koja nastaje pri respiraciji i smanjenom stepenu osvetljenosti objekata. Pelzer (1998) navodi da krava, kao uslovno grlo telesne mase od 500 kg, stvara prosečno 400 ml vode tokom jednog sata u procesima respiracije i transpiracije.

Kapacitet vazduha za prihvatanje vodene pare zavisi od temperature vazduha, tako da sa porastom temperature, pri istom atmosferskom pritisku, ovaj kapacitet raste. Prema tome, može se zaključiti da sa porastom temperature relativna vlažnost vazduha se smanjuje, iako se apsolutni sadržaj vodene pare u vazduhu ne menja. Dakle, vlažnost vazduha je povezana sa temperaturom vazduha, pa njihov odnos znatno utiče na proizvodnju kod krava. Stoga je nivo visoke vlažnosti posebno problematičan pri visokim temperaturama kada se javlja "sparina" koja kravama otežava disanje i

stvara poteškoće u odvijanju fizioloških funkcija organizma. Međutim, ni niža vlažnost vazduha uz visoku temperaturu nema pozitivan učinak na krave, jer dovodi do smanjenog apetita, što je posledično povezano sa smanjenom proizvodnjom (Babinskzy i sar., 2011). Povišena vlažnost vazduha negativno se odražava ne samo na krave, već i na gradivne elemente objekta koji se vlaže. Pojava korozije, vlaženje zidova i kondenzacija vlage su samo neke od posledica koje dugotrajno izazivaju oštećenja na objektu. Sa druge strane, niska vlažnost vazduha utiče na količinu prašine koja onda lako struji vazduhom i izaziva sušenje i upale disajnih puteva. Visoka temperatura i niska relativna vlažnost mogu dovesti do dehidracije sluznica, čime se povećava osetljivost životinja na virusne i bakterijske bolesti.

Uz gore sve navedeno treba imati na umu da visoka temperatura vazduha i relativna vlažnost podstiču rast bakterija kao što su *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis* i *Escherichiae colli* u objektu (Müller i Schlenker, 2003).

2.1.3. Strujanje vazduha

Veštačka ventilacija u objektima za smeštaj krava ima zadatak stvaranja optimalne mikroklimе u uslovima proizvodnje mleka, koja je preduslov za ostvarenu visoku proizvodnju mleka, zdravlje životinja i dobrobit. Heidenreich (2009) navodi da se najveći efekat hlađenja postiže pri brzini strujanja vazduha od 2,5 m/s.

2.1.4. Štetni gasovi u vazduhu

Zagađenje vazduha unutar objekata za smeštaj krava uzrokuju emisije štetnih gasova, čvrste čestice u vazduhu i prašina, kao i mikroorganizmi (Asaj, 2003).

Najčešći negativni efekti i koncentracije su od strane ugljen-dioksida (CO₂), amonijaka (NH₃), vodonik-sulfida (H₂S) i metana (CH₄), kao najznačajnijih štetnih gasova poreklom iz stočarske proizvodnje (Mičić i Cekić, 2013; Relić i Mičić, 2014).

Stočarstvo i sistemi stočarske proizvodnje su jedan od važnijih faktora koji doprinosi ukupnom globalnom zagrevanju planete emisijom gasova sa efektom staklene bašte (*Green House Gases*), čija globalna emisija i dalje raste (Thornton i sar., 2011, 2014, 2022; Baumgard i sar., 2012).

2.1.5. Prašina i mikroorganizmi u vazduhu

Prašina u vazduhu podrazumeva čvrste čestice, promera manjeg od 100µm koje se nalaze raspršene u vazduhu. Čestice dimenzija <100µm, zadržavaju se u gornjim, <10µm u donjim disajnim putevima, a <4 µm u plućnim alveolama životinja. Prašina u stočarskim objektima uglavnom je organskog porekla i potiče iz hrane, sa tela životinja, iz prostirke i fecesa. Prašina može izazvati brojne akutne i hronične bolesti respiratornih organa ukoliko je ima u prevelikim količinama unutar objekta u kojem su smeštene krave.

Sve vrste mikroorganizama u vazduhu su vezane ili za čestice prašine koje lebde ili za kapljice vode (vodene pare) unutar vazduha, te na taj način patogeni mikroorganizmi mogu ući u organizam i prouzrokovati probleme u zdravlju životinja i u njihovoj proizvodnji (Vučemilo i Tofant, 2009).

Prema mnogim istraživanjima broj bakterija i gljivica u vazduhu objekata uslovljen je godišnjim dobom, načinom držanja životinja, ali i delom dana kada se uzorci uzimaju. Tako broj bakterija u vazduhu varira od $2,82 \times 10^4$ cfu/m³ vazduha mereno pre podne do $7,76 \times 10^4$ cfu/m³ mereno popodne (Matković i sar., 2006, 2009).

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.

2.2. Negativni efekti klimatskih i mikroklimatskih uslova na govedarsku proizvodnju

Uticaj klimatskih i mikroklimatskih uslova na životinje može prvenstveno biti posledica promena u okruženju. Faktori koji dovode do mikroklimatskih uticaja na životinje su izuzetno složenih međudejstava između sebe, i ne deluju samo pojedinačno, već združeno i kumulativno (Rabinovitz i Conti, 2013).

Svaki farmski objekat je drugačiji, izložen uticajima okoline i zahteva različita rešenja (Atkinson, 2019). Prilikom planiranja zaštite životinja i njihove proizvodnje bitni su sledeći faktori: tip smeštaja, klimatski i mikroklimatski uslovi, hraniva i hrana, voda, mere biološke sigurnosti, plan upotrebe lekova i aditiva u hrani za životinje, higijenski uslovi i drugo (Dejanović i dr., 2015; Matković i sar., 2009).

Faktori životne sredine kao što su temperatura, relativna vlaga i sunčevo zračenje imaju direktne i indirektne efekte na stočarstvo (Sejian i sar, 2012; Bagath i sar., 2019, Lees i sar., 2019).

2.2.1. Indirektni uticaji klimatskih i mikroklimatskih uslova na goveda

Goveda kao vrsta, posebno mlečne rase, su u proteklih 50 godina izložene jakom selekcijskom pritisku, prvenstveno na raniji početak laktacije i raniju proizvodnju mleka (Dillon, 2006), što je rezultat brojnih fizioloških promena.

Indirektni uticaji klimatskih i mikroklimatskih uslova na farmi imaju dugoročniji i složeniji efekat delovanja i uključuju prvenstveno uticaje klime na mikrobnu gustinu i distribuciju mikroorganizama, zatim distribuciju vektora prenošenja bolesti životinja različite etiologije, nestašicu hrane i vode ili bolesti prenosive hranom (Lacetera i sar., 2013; Lacetera 2018).

2.2.2. Direktni uticaji klimatskih i mikroklimatskih uslova na goveda

Neposredni direktni uticaji klimatskih promena na goveda dešavaju se usled delovanja visokih temperatura i učestalosti i intenziteta toplotnih talasa (Gaughan i sar., 2018). Ovi efekti su uslovi za pojavu toplotnog stresa kod životinja.

U zavisnosti od intenziteta i trajanja, toplotni stres može negativno uticati na zdravlje životinja uzrokujući prvo metaboličke promene, zatim oksidativni stres, potom imunološku supresiju i na kraju smrt životinje.

Metabolički stres predstavlja disbalans između unosa i raspodele unetih hranljivih materija tokom delovanja stresogenog faktora na organizam životinje. Oksidativni stres je rezultat neravnoteže između molekula oksidanata i antioksidanata, a zavisi od viška oksidativnih ili nedostatka antioksidativnih materija u metabolizmu krava. Učešće toplotnog stresa u izazivanju oksidativnog stresa kod domaćih životinja je sve više (Bernabucci i sar., 2002; Akbarian i sar., 2016). Uticaji toplotnog stresa na imunološku funkciju organizma zavise od vrste životinja, rase, genotipa, starosti, socijalnog statusa grla i načina držanja, nivoa aklimatizacije i intenziteta i trajanja nepovoljnih uslova (Lacetera i sar., 2013). Konačno, toplotni udar predstavlja iscrpljenost pod uticajem toplote, grčeve miškulature i na kraju disfunkciju organa. Ove komplikacije izazvane toplotom nastaju kada telesna temperatura poraste 3 do 4 °C iznad normalne.

Životinja može da reaguje na određeni stres bihevioralnim (promenama u ponašanju) i fiziološkim promenama ili kombinacijom oba odgovora, a reakcije životinje na efekte i faktore stresa mogu varirati na osnovu prethodnog iskustva životinje sa stresorima, dužinom njihovog trajanja i intenziteta, fiziološkog statusa životinje i drugo (Michael i sar, 2010).

Ako prosečne godišnje temperature na zemlji nastave dalji rast, kako se predviđa, štetni uticaji toplotnog stresa na dobrobit i proizvodnju životinja u budućnosti bi mogli biti veliko pitanje (Bernabucci i sar, 2010; Bernabucci 2019).

2.3. Toplotni stres krava

2.3.1. Definicija toplotnog stresa kod krava

Pojam stresa, uopšte, definiše zbir ukupnih sila, izvan telesnog sistema organizma životinja, koje deluju na taj način da sistem pomere iz osnovnog stanja (Iousef, 1985; Hogan i sar., 2018).

Toplotni stres se definiše kao zbir spoljnih sila koje deluju na životinju i koje uzrokuju porast telesne temperature izazivajući fiziološki odgovor (Dikmen i Hansen, 2009).

Toplotni stres krava se definiše i kao stanje u kome je organizam krava izložen visokim ambijentalnim temperaturama, koje su izvan biološkog optimuma, što utiče da količina proizvedene toplote u telu bude veća od utrošene. U stanju toplotnog stresa energija se troši na rashlađivanje, odnosno održavanje homeotermije, umesto za održavanje proizvodnih osobina. Iako su efekti toplotnog stresa ozbiljniji u toplim klimatskim uslovima, mlečna grla u područjima sa relativno umerenom klimom takođe su izložena periodima toplotnog stresa (Armstrong, 1994)

Toplotni stres kod mlečnih krava nastaje kao posledica prilagođavanja organizma na delovanje više povezanih faktora u kombinaciji sa visokom ambijentalnom temperaturom koji izazivaju prilagođavanje, a u cilju sprečavanja fiziološke disfunkcije organizma (Kadzere i sar. 2002; Boissy i sar., 2007).

Toplotni stres organizma nastaje kao posledica povezanog uticaja temperature i vlažnosti vazduha, brzine vetra, sunčevog zračenja i drugih promenljivih faktora okoline koji otežavaju kravi da izgubi i oda telesnu toplotu u okruženju. Kod mlečnih krava, toplotni stres smanjuje mlečnost, smanjuje kvalitet mleka i smanjuje plodnost (Roland i sar. 2016).

Prepoznato je da toplotno opterećenje ima značajan negativan ekonomski efekat na mlečnu industriju (St-Pierre i sar., 2003), ostvareno uglavnom smanjenjem mlečnosti (West, 2003), gubicima povezanim sa oštećenom funkcijom mlečnog tkiva mlečne žlezde (Tao i sar., 2018), smanjenjem reproduktivnih osobina krava (Schüller i sar., 2016), neželjenim efektima na fetus u razvoju tokom kasne gestacije (Dahl i sar., 2016), i ostalo (Collier i sar., 2017). Negativna osećanja poput bola ili frustracije sve se češće opisuju kao patnja (Duncan, 2004; Polsky i Von Keyserlingk, 2017), koju je teško kvantifikovati i opisati u stanju organizma tokom toplotnog stresa (Daros i sar., 2014; von Keyserlingk i sar., 2017).

2.3.2. Termoneutralna zona krava

Kao važan faktor u gajenju mlečnih krava jeste održavanje njihovog termalnog komfora. On se može definisati kao odnos ambijentalne temperature i vlažnosti vazduha pri kom kod životinja ne dolazi do mera fiziološke adaptacije, smanjenja produktivnosti i patofizioloških promena u organizmu (Sejian i sar., 2018). Istraživanja termalnog komfora baziraju se na definisanju toplotnog balansa organizma i sposobnostima opstanka u negativnom mikroklimatu. A potom i na definisanju optimalnog adaptivnog toplotnog okruženja koje zavisi od spoljne temperature vazduha i same mikroklimatske lokacije.

Termokomforna zona se definiše kao temperatura unutar životnog i proizvodnog prostora krave pri kojoj se životinja oseća potpuno dobro, te ulaže minimalne napore da održi homeotermiju promenom ponašanja i promenama u odvijanju metaboličkih funkcija, najčešće promenama u frekvenciji disanja (EFSA, 2009). Za mlečne krave je karakteristično da se mogu prilagoditi širokom rasponu temperature te se smatra da im je zona komforne udobnosti od 0 do 20°C, a sa aspekta

proizvodnje mleka optimalan je nešto uži interval raspona temperatura između 0 i 15°C (Dejanović i sar., 2015).

Termoneutralna zona se definiše kao interval temperatura unutar koga je proizvodnja toplote minimalna u organizmu, a metabolički procesi u organizmu se odvijaju optimalno bez potrebe menjanja nivoa proizvodnje toplote. Za termoneutralnu zonu je karakteristično da ima svoje granice, a to su najniža ili donja kritična temperatura i najviša ili gornja kritična temperatura. Raspon termoneutralne zone od najniže kritične temperature do najviše kritične temperature zavisi od životinjske vrste, uzrasta, rase, unosa hrane, sastava hrane, potencijala aklimatizacije, nivoa proizvodnje, tipa i specifičnosti smeštaja (Yousef, 1985). Osim toga, McDowell i sar. (1976) su zaključili da čak i mali pomaci od osnovne temperature imaju značajne efekte na tkiva i endokrine funkcije koji mogu uticati na rast, plodnost, tok laktacije i prinos mleka kod grla, i neke druge osobine.

Kao temperaturni opsezi termoneutralne zone definiše se da donja kritična temperatura kod mlečnih krava, koje proizvode prosečno 30 kg/dan mleka varira u temperaturnom intervalu od -16°C do -37°C, dok je gornja kritična temperatura ona iznad koje se može razviti hipertermija životinjskog organizma i iznosi preko 25-26°C (Noordhuizen i Bonnefoy, 2015). Termoneutralna zona jednomesečnog teleta je između 13 i 25°C, a za junice sa 0,8 kg dnevnog prirasta između 0 i 15°C (Hahn, 1999). Kod teladi je zabeležen porast frekvencije disanja već pri ambijentalnoj temperaturi od 26°C, a pri temperaturi iznad 32°C i relativnoj vlažnosti preko 60% javljaju se znaci toplotnog stresa (Roland i sar. 2016).

Odnos između životinja i njihovog termičkog okruženja dovodi do koncepta termoneutralne zone koja predstavlja opseg temperature okoline unutar kojeg je brzina metabolizma minimalna i unutar kojeg se regulacija temperature postiže samo putem fizičkih procesa (Silanikova, 2000).

Termoneutralna zona čini temperaturni komfor za životinju na način da je tada temperatura tela u okviru fizioloških granica, a regulacija telesne temperature se ostvaruje oslobađanjem toplote preko površine tela. Raspon graničnih vrednosti termoneutralne zone zavisi od vrste životinje, njenog fiziološkog stanja, načina ishrane, oblika ponašanja, ali i drugih faktora okruženja. Temperatura tela ispod 27°C i preko 45°C letalna je za niz životinjskih vrsta (Roland i sar. 2016).

Homeotermne životinje (u zavisnosti od njihovog fiziološkog stanja) imaju termo-neutralnu zonu u kojoj je potrošnja energije za održavanje normalne telesne temperature minimalna, konstantna i nezavisna od temperature okoline. Početni odgovori organizma na toplotni stres smatraju se homeostatskim mehanizmima i uključuju viši unos vode, znojenja i stopu disanja, niži puls i manji unos hrane (Igono, 1987).

Krave izložene zaklonu od direktnog toplotnog zračenja (hladu) imaju blaži efekat uticaja toplotnog stresa na organizam (Collier i Gebremedhin, 2015, Fournel i sar., 2017; Cardoso i sar., 2021). Kada se poveća izloženost toplotnom opterećenju, postiže se aklimacija toplote (ako je održiva) procesima aklimatorne homeostaze. Međutim, ukoliko aklimacija ne ostane homeostatska, ako se stresogeni efekat nastavi, tada životinja pokreće homeoretske mehanizme zaštite usled uslova toplotnog stresa (Horowitz, 2002).

Kada je temperatura okoline iznad termoneutralne zone, aktiviraju se mehanizmi gubitka toplote, poput vazodilatacije i znojenja (Collier i sar., 2019). Pored toga, zbog preraspodele krvotoka na periferiju (u pokušaju višeg stepena odavanje toplote) i naknadnog smanjenja dotoka krvi u gastrointestinalni trakt, narušavaju se procesi normalnog varenja. Krave u termički neutralnim uslovima obično konzumiraju hranu 12 do 15 puta dnevno, a u negativnim uslovima smanjuju učestalost unosa hrane na 3 do 5 puta dnevno tokom toplotnog stresa. Chen i sar. (2022) navode da molekuli, koji se oslobađaju tokom oksidativnog toplotnog stresa, mogu narušiti permeabilitet creva i dovesti do povećane produkcije endotoksina koji dalje prodiru u cirkulaciju.

Toplotni stres nastaje kada se vlažnost i kretanje vazduha, kao i sunčevo zračenje, kombinuju sa temperaturama iznad gornje granice termoneutralne zone (Roland i sar. 2016). Tada se javljaju

fiziološki i bihevioralni odgovori organizma krava koji imaju za cilj ublažavanje negativnih efekata toplotnog stresa jer uslovljavaju povećanje gubitka i smanjenje generisanja toplote, a sve u cilju održavanja temperature tela u fiziološkim granicama. Regulisanje termokomforne zone za krave je neophodno ne samo u zemljama tropskog regiona, već i u zemljama umerenog klimata (Nardone i sar. 2010). Ukoliko se klimatske promene nastave, negativni efekti toplotnog stresa će biti sve izraženiji (Roland i sar. 2016).

2.3.3. Indeks temperature i vlažnosti vazduha (THI)

Za procenu nivoa toplotnog stresa koriste se matematički pokazatelji od kojih je u širokoj primeni temperaturno-humidni indeks - THI (*eng. Temperature-Humidity Index*).

Većina novijih THI formula se izračunava korišćenjem ambijentalne temperature i relativne vlažnosti, jer najvažnije je da su obe varijable lako merljive i/ili su često javno dostupne putem meteoroloških servisa. No, sem same temperature, dodatno sunčevo zračenje može značajno doprineti daljem nakupljanju toplote, njega nije lako izmeriti i njegovi efekti mogu delimično zavisiti od kvalitativnih karakteristika tela životinje (Bohmanova i sar. 2007).

Tokom letnjih meseci, kako se temperatura ambijenta i relativna vlažnost povećavaju unutar staje, sposobnost odavanja toplote od strane organizma mlečnih krava često je otežana. Uslovi okoline u kombinaciji sa visokom proizvodnjom metaboličke toplote koju proizvode životinje prouzrokuju prekomerni nivo toplote i krave na taj način ulaze u stanje toplotnog stresa. Izvesno je da ovo stanje ima izuzetno štetne efekte na zdravlje, dobrobit i proizvodne performanse mlečnih krava (West i sar., 2003). Pored toga, očekuje se da će se toplotni stres javljati i u hladnijim oblastima koje karakterišu niže prosečne godišnje temperature.

Iako THI nije razvijen sa podacima samo o kravama, istraživanja su pokazala da je povezan sa povišenom telesnom temperaturom goveda izloženih toplotnom stresu (Thom, 1959; Dikmen i Hansen, 2009) i da time može da predviđa mlečnost kod krava (Bohmanova i sar., 2007). Popularnost indeksa uglavnom je povezana sa njegovom pogodnošću, jer se može lako izračunati kad uključuje dostupne vrednosti. Neinvazivan je način za procenu toplotnog stresa kod životinja. Pragovi toplotnog stresa iznad kojih su performanse mlečnih krava ugrožene identifikovani su THI-om i mogu se razlikovati između proizvodnih sistema, osobina, klime, produktivnosti krava, THI formule i izvora podataka o vremenu (Wang i sar., 2018).

Neke of najčešće korišćenih formula za izračunavanje THI su:

$$THI = 1.8 \times AT - (1 - RH) \times (AT - 14.3) + 32 \quad (\text{Kibler, 1964}),$$

gde je:

AT - izmerena prosečna dnevna ambijentalna temperature, izražena u °C, i

RH - relativna vlažnost vazduha izražena u procentima, %.

Detaljniju sliku daje modifikovana prethodna formula:

$$THI = (1,8 \times AT_{avg} + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times RH_{avg}) \times (1,8 \times AT_{avg} - 26)] \quad (\text{NRC, 1971; Bohmanova i sar., 2007}),$$

gde je:

AT_{avg} - dnevni prosek AT (°C), i

RH_{avg} - prosečna dnevna relativna vlažnost (%).

Ova formula je široko korišćena u ispitivanjima toplotnog stresa u različitim podnebljima (Ravagnolo i Misztal, 2000; Schüller i sar., 2013; Shock i sar., 2016) i zato što je većina toplotnih stresnih pragova identifikovano na osnovu ove jednačine.

Uzimajući u obzir rezultate studije sprovedene na 50 farmi muznih krava u Ontariju u Kanadi (Shock i sar., 2016), ukazali su na to da je temperatura na farmi stalno veća i da je vlažnost na farmi niža tokom većine letnjih meseci u poređenju sa podacima dobijenim na meteorološkim stanicama. Izračunata je modifikovana verzija THI (THImod) sa podacima preuzetim iz lokalne meteorološke stanice tokom letnjih meseci:

$$\text{THImod} = (1,8 \times \text{ATmaks} + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times \text{RHmin}) \times (1,8 \times \text{ATmaks} - 26)]$$

(Ravagnolo i Misztal, 2000),

gde je:

ATmaks - dnevni maksimum ambijentalne temperature, (°C), i

RHmin - dnevna minimalna relativna vlažnost vazduha, RH (%).

Ovu adaptaciju formule su prethodno pripremali Ravagnolo i Misztal (2000), koji su utvrdili da su ATmaks i RHmin najkritičnije promenljive za kvantifikovanje nivoa toplotnog stresa (Ouellet at al., 2019).

Podaci o vremenskim uslovima mogu biti dobijeni iz lokalnih meteoroloških stanica i pogodni su za izračunavanje THI jer su široko dostupni. Štaviše, upotreba podataka javnih meteoroloških stanica u obračunima THI na farmi omogućila je istraživačima da prouče efekte toplote na većem broju životinja na farmi. Međutim, nedavno se pokazalo da je dnevni THI izmeren u objektu konstantno veći od onog iz najbliže meteorološke stanice, i u objektima sa slobodnim i u objektima sa vezanim sistemom smeštaja, u uslovima umerene klime (Schüller i sar., 2013; Shock i sar., 2016). To znači da THI izračunat sa podacima meteorološke stanice ne može tačno da proceni nivo toplote kada se koriste pragovi toplotnog stresa identifikovani podacima na farmi. Razlike između THI izmerene na farmi i prilagođenog THI izračunatog sa podacima vremenske stanice i dalje je značajna (Ouellet at al., 2019).

Pošto indeks temperature i vlažnosti (THI) kombinuje temperaturu i vlažnost vazduha u jednu vrednost, široko se smatra korisnim alatom za predviđanje toplotnog stresa na domaćim životinjama.

2.3.3.1. Nivoi vrednosti THI

Stresogenost temperature ambijenta za procenu toplotnog stresa preko pomenutog THI prema McDowell i sar. (1976), predstavlja direktan odnos između ambijentalne temperature i relativne vlažnosti vazduha, pa se toplotni stres može definisati kao:

- Blag, THI 72–78,
- Umeren, THI 79–88,
- Jak, THI 89–98,
- Veoma jak, THI >98.

Iako se smatralo da se umereni nivo toplotnog stresa javlja pri vrednosti $\text{THI} \geq 72$, iznad koje se javljaju fiziološke adaptacije, pad produktivnosti i patofiziološke izmene (Kadzere i sar. 2002), kasnija ispitivanja ukazuju da se javlja i pri vrednostima $\text{THI} \geq 68$ (Casa i Ravelo, 2003; Zimbelman i sar., 2009; Bernabucci i sar, 2010; Bruügemann i sar., 2012; Hammami i sar., 2013; Van Laer i sar., 2014; Gorniak i sar. 2014; Hammami i sar., 2015). Glavne posledice toplotnog stresa kod krava su smanjen unos suve materije hrane, porast telesne temperature, smanjenje proizvodnje mleka, mastitis i porast broja somatskih ćelija u mleku, tihi ili u potpunosti izostali estrusi, smanjena koncepcija, ubrzana respiracija kod krava u cilju gubitka toplote, nastanak subakutne ruminalne acidoze. Smanjena

svarljivost hrane kod goveda je već pri temperaturi okoline od 32,2 °C (Tajima i sar., 2007; Uyeno i sar., 2010).

Vrednost indeksa od 72, odgovara temperaturi od 22°C pri vlažnosti od 100%, odnosno 25 °C na vlažnosti 50% ili 28 °C na vlažnosti 20% (Fiore et al. 2009). Ukoliko vrednost THI prelazi 78, dolazi do značajnog smanjenja produkcije mleka, a kod vrednosti od 82 može doći i do uginuća (Cincović i sar., 2011; Kučević i sar., 2013). Smanjen unos hrane, kao prvi znak toplotnog stresa, dovoljan je razlog za pad u proizvodnji mleka krava (Majkić i sar, 2017).

Prema Bouraoui i sar. (2002) dnevni temperaturno-humidni indeks (THI) negativno je povezan sa prinosom mleka (negativna korelacija osobina), jer porast vrednosti THI sa 68 na 78 smanjuje unos suve materije za 9,6%, a proizvodnja mleka je niža za 21%.

Spiers i sar. (2004) navode da se prinos mleka smanjuje za 0,41 kg/kravi/dan za svaki porast THI jedinice iznad 69, unos hrane je manji u toku dana nakon pokretanja negativnog dejstva temperaturnog stresa, dok se prinos mleka smanjuje posle drugog dana.

Gaafar i sar. (2011) navode da je sa povećanjem THI sa 59,82 u zimskoj sezoni na 78,53 u letnjoj sezoni, toplotni stres smanjio ukupan laktacijski (kod laktacija od 305 dana) i dnevni prinos mleka za 39,00% i 31,40%.

Ukupna prosečna proizvodnja mleka po kravi bila je značajno ($p < 0,05$) veća u prolećnom periodu ($42,74 \pm 4,98$ kg) u odnosu na letnji ($39,60 \pm 5,091$ kg) (Joksimović-Todorović i sar., 2011).

Vrednost THI od 57 smatra se kao najoptimalnija za krave, kao termoneutralna (Wheelock et al. 2010; Zimelman et al. 2010; Hall i sar 2016; Hall i sar. 2018; Collier i sar. 2019). Tamami i sar. (2018) slično su zaključili da na nivou $THI \leq 60$ se postiže najviša dnevna proizvodnja mleka po grlu tokom leta.

Potrebno je naglasiti da se osetljivost goveda na veće vrednosti THI 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%. Dužina trajanja izloženosti krava toplotnom stresu negativno utiče na proizvodnju mleka. Svoj negativni efekat toplotni stres ostvaruje u prvih 24-48 sati. Ukoliko su THI vrednosti od 72-80 značajno se smanjuje proizvodnja mleka i to u prvih četiri dana po ekspoziciji (Collier i sar. 2012). Posledice toplotnog stresa na proizvodnju mleka u odnosu na vrednosti THI indeksa, prema istraživanjima Bernabucci i sar. (2010) prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1: Uticaj toplotnog stresa na proizvodnju mleka u odnosu na THI vrednosti (Bernabucci i sar. 2010).

Nivo toplotnog stresa u odnosu na THI indeks	Vrednosti temeperature i relativne vlažnosti vazduha	Vreme ekspozicije (h/dan)	Smanjenje mlečnosti (kg/kravi/dan)
Prag tolerancije THI (68-71)	22°C : 50%	4	-1,1
Blag do umeren nivo stresa THI (72-79)	25°C : 50%	9	-2,7
Umeren do jak nivo stresa THI (80-89)	30°C : 75%	12	-3,9
Jak nivo stresa THI (90-99)	34°C : 85%	Nije izmereno	

Toplotni stres u velikoj meri utiče na smanjenje količine proizvedenog mleka u zavisnosti od faze laktacije. Bernabucci i sar. (2010) su utrdili da se sredinom laktacije proizvodnja mleka smanjuje za 35%, dok se na početku laktacije smanjuje za 14%. Prinos mleka je niži za 0,88 kg po jedinici povećanja nivoa THI indeksa.

Najveće vrednosti THI indeksa evidentne su tokom letnjih meseci (jun, jul i avgust) u istraživanjima Bohmanove i sar., (2007), a najveće smanjenje u proizvodnji mleka pri vrednosti THI indeksa od 76 do 81. Bouraoui i sar., (2012), definišu srednje granične vrednosti THI tokom proleća prosečne od 68, a tokom leta 78. Istraživanje Herbut-a i Angrecka-a (2012) su imala za cilj da determinišu vrednosti THI indeksa kod krava pod uticajem toplotnog stresa, tokom jula, avgusta i septembra. Vrednosti THI su se kretale u intervalu od 76-82.

Cincović i Belić (2011) kod krava u različitim fazama laktacije, pri vrednosti THI<72 i THI>72, utvrdili su da u drugoj trećini laktacije dolazi do značajnijeg smanjenja u proizvodnji i kvalitetu mleka. Procenat mlečne masti je na početku laktacije iznosio 4,53%, na sredini laktacije 3,59%, dok je na kraju laktacije 3,63%. Procenat proteina od 3,43% na početku laktacije, na sredini laktacije 3,16%, i na kraju laktacije 3,13% pri vrednostima THI<72. Kada su vrednosti THI>72, procenat masti na početku laktacije je iznosio 4,36% na sredini laktacije 3,55%, dok je na kraju laktacije 3,48%. Procenat proteina se kretao od 3,36% na početku laktacije, 3,07% na sredini laktacije, do 3,03% na kraju laktacije.

Bouraoui i sar. (2012) primetili su, takođe, smanjenje sadržaja mlečne masti i mlečnih proteina u letnjoj sezoni. Kada vrednost THI pređe 72, sadržaj mlečne masti i proteina opada. Pored toga, analiza proteinskih frakcija takođe je pokazala smanjenje procenta kazeina, laktoalbumina, imunoglobulina G i A (IgG, IgA).

A Maggiolino i sar. (2020) su proučavali maksimalne vrednosti THI-a kod goveda braon sviss rase i naveli vrednost od 75 kao prag za gubitak mleka i mlečne masti.

Analiza klimatskih uslova u Srbiji pokazuje da se od septembra do maja vrednosti THI nalaze u određenom intervalu oko 72, a u periodu juli i avgust može da bude i iznad 80 (Vujanac, 2010).

Rezultati pojedinih istraživača kod vrednosti THI 65-73 navode:

- smanjenje mlečnosti od 2,2 kg po grlu (Collier i sar (2015)),
- viši broj somatskih ćelija u mleku od $1029 \times 10^3/\text{ml}$ tokom leta (Ominski i sar., 2002),
- povećana učestalost mastitisa tokom leta za 6%, a tokom zime za 1,1% (Abdel-Rady i Sayed, 2009),
- povećana učestalost laminitisa za 21,7% tokom leta i 18% tokom zime (Cook, 2003),
- redukcija pojave estrusa kao i koncepcije koja je niža za 20-27% (Allen i sar., 2013; Das i sar, 2016),
- niže stope graviditeta za 62% tokom leta, i redukcija života oocita usled oksidativnog stesa, redukcije sekrecije interferona, odgovornog tokom graviditeta te spori embrionalni razvoj (Tao i Dahl, 2013).

Collier i sar. (2006) pretpostavili su da je izmuzište mesto na kojem krave doživljavaju najveći nivo toplotnog stresa na farmama. Druge studije su otkrile značajne razlike u nivou THI između lokacija unutar farme (Schüller i sar., 2013; Schüller i sar., 2016).

Telad, junad i junice generišu manje metaboličke toplote i imaju veću površinu tela u odnosu na telesnu masu, što efikasno rasipa telesnu toplotu i zbog toga se smatraju tolerantnijim na toplotni stres od muznih krava (Mader i sar., 2006; Hooda i Upadhyay, 2015; Wang i sar., 2020). Telad rođena u letnjoj sezoni imaju manji apetit i porast od one rođene tokom zime (Nonaka i sar., 2008; Rauba i sar., 2019). Smanjenje apetita i efikasnosti varenja uglavnom se javlja zbog toga što se više energije koristi za termoregulacione procese ili za smanjenje proizvodnje metaboličke toplote (Howard i sar., 2014).

Studija na kravama u proizvodnji mleka pokazala je da višednevni nivo THI od 80 jeste vrednost indeksa iznad koje stopa smrtnosti krava izazvana toplotom raste (Vitali i sar., 2009). Pored toga, drugo istraživanje je pokazalo da su vrednosti od 87 i 77 gornji kritični maksimalni i minimalni dnevni THI, iznad kojih je rizik od smrti izazvane toplotom najviši (Vitali i sar., 2015).

Key i sar., (2014) navode da se očekuje kontinuirano prosečno povećanje THI od 1,67 do 3,95 do 2030. godine, i time potencijalno smanjenje proizvodnje mleka u svetu od 6 do 17%.

2.4. Uticaji klimatskih i mikroklimatskih uslova na proizvodnju mleka

Stočarstvo je važan sektor poljoprivredne proizvodnje, posebno zemalja u razvoju, koji u velikoj meri doprinosi nacionalnoj ekonomiji, i zapošljavanju velikog dela stanovništva. U narednom periodu biće veća potražnja za stočarskim proizvodima širom zemalja u razvoju zbog brze stope urbanizacije (Thornton i sar, 2014, Thornton i sar., 2021).

Promene klime mogu uticati na dostupnost hrane i rezultirati smanjenjem proizvodnje mleka i reproduktivne efikasnosti krava (Maurya i sar, 2010; Marai i sar, 2007). Značajno smanjenje proizvodnog potencijala primećeno je kod životinja koje su izložene uslovima okruženja unutar toplih klimata (Maurya i sar, 2016). Visoki toplotni i vlažni uslovi uzrokuju toplotni stres kod životinja koji rezultira nižom produktivnošću krava (Thornton i sar, 2009).

Toplotni stres negativno utiče na proizvodnju mleka i njegov sastav kod mlečnih krava, posebno životinja visokih genetskih svojstava (Bouraoui i sar, 2002; West 2003; Upadhyay i sar, 2009; Wheelock i sar, 2010).

2.4.1. Uticaji geografskih oblasti na proizvodnju mleka toplog perioda godine

U zavisnosti od geografskih karakteristika područja u kom se nalaze farme i organizuje proizvodnja mleka (klimatski pojasevi, geografska širina i dužina, nadmorska visina i dr.), ostvarena proizvodnja je pod različitim delovanjem toplotnih stresora. Toplotni stres i njegov efekat je evidentan

problem u celom svetu, a negativno utiče na proizvodnju kod mlečnih grla, posebno kod životinja visokih genetskih performansi (Wheelock i sar., 2010).

S obzirom na to da krave u toku laktacije već imaju povišena unutrašnja toplotna opterećenja prouzrokovana proizvodnjom mleka, efekti akumulacione toplote se pogoršavaju kada se vrednosti temperature i vlažnosti povećaju u okolnom okruženju (West, 2003).

U geografskim oblastima u kojima je sezona leta duga (Jugozapad SAD-a, Brazil), gde postoji konstantno visoko zračenje sunčeve toplotne energije i velika vlažnost, kao i na severnim geografskim širinama (Centralna i Severna Evropa, sever SAD-a, Kanada), evidentira se toplotni stres (Schuller i sar., 2014).

Bohmanova i sar., (2007) su utvrdili značajno postojanje razlika između regiona u Sjedinjenim Američkim državama. Naime, u Arizoni je najveće smanjenje mlečnosti krava zabeleženo tokom jula i avgusta, a u Džordžiji i duže od juna do septembra. Renna i sar. (2010) značajno smanjenje prinosa mleka, sadržaj masti i proteina, takođe navode počev od juna meseca tokom leta. Te tako Ekine-Dzivenu i sar. (2020) navode da od oktobra do maja, postoji manja mogućnost za pojavu toplotnog stresa krava, i moguće je pretpostaviti manji uticaj na proizvodnju muznih krava.

Bernabucci i sar., (2014), Bertocchi i sar. (2014) i Carabano i sar. (2016) su u svojim istraživanjima ispitivali uticaj različitih regiona i zaključili da se intervali prosečnih i maksimalnih toplotnih stresora značajno razlikuju.

Vučković i sar. (2019a) su u ispitivanjima mikroklimatskih parametara na proizvodnju mleka kod krava simentalke i holštajn rase, u tri regiona Republike Hrvatske, utvrdili veoma visok stepen korelacija ($p < 0,001$) toplotniog stresa sa dnevnim prinomom mleka.

Upadhyay i sar. (2009) su naveli da je godišnji ukupni gubitak u proizvodnji mleka usled toplotnog stresa na nivou cele Indije iznosio 1,8 miliona tona ili otprilike 2% ukupne proizvodnje mleka u zemlji. Negativni uticaj globalnog zagrevanja na ukupnu proizvodnju mleka u Indiji takođe se procenjuje na oko 3,2 miliona tona do 2020. godine i više od 15 miliona tona do 2050. godine.

2.4.2. Laktacijski uticaji na proizvodnju mleka tokom toplog perioda godine

Redosled laktacije po kravi, dužina laktacije, sezona teljena kao trenutak otpočinjanja laktacije i stadijum ili faza laktacije su veoma bitni faktori koji mogu pojačati uticaj delujućeg toplotnog efekta na mlečnost krava. Karakteristike laktacije su dalje u tesnoj vezi sa unosom hrane kod krava tokom toplog dela godine. Metabolički stres uzrokovan visokim ambijentalnim temperaturama se odražava na celokupan organizam krava, a krave u laktaciji su posebno osetljive na ovaj fenomen.

Kao prvi signal, unos hrane kod visokomlečnih krava počinje da se smanjuje pri temperaturama vazduha višim od 25-26°C, a iznad 30°C u umerenim klimatskim uslovima smanjuje se još više i brže, te na 40°C može da se smanji za čak 40% (Rhoads i sar., 2009, 2013).

Smanjenje unosa hrane je fiziološki način da se smanji proizvodnja metaboličke toplote unutar organizma. Kao rezultat i odgovor tom negativnom toplotnom uticaju na apetit, životinje u laktaciji su u stadijumu negativne energetske ravnoteže, pa tako gube telesnu masu.

Narušena energetska ravnoteža praćena negativnim bilansom energije je nezavisna od faze laktacije, a praćena je gubitkom telesne mase i opadanjem telesne kondicije. Krave u uslovima negativnog bilansa energije usled toplotnog stresa, nalaze se u stanju sličnom onom na početku laktacije, koje je praćeno istim višim rizikom za nastanak metaboličkih poremećaja kakvi su ketoza i masna infiltracija jetre, te smanjena proizvodnja mleka i smanjena plodnost krava (Baumgard i Rhoads, 2012).

Kod krava u ranoj laktaciji, potrebna je manja količina hrane, zato što organizam koristi sopstvene zalihe (hranljive materije za sintezu mleka se povlače iz tkiva), dok su potrebe krava u sredini laktacije znatno veće, te se proizvodi i veća količina toplote, što životinje čini više osetljivim na toplotni stres.

Negativan bilans energije, u većem ili manjem stepenu postoji kod svih krava na početku laktacije. Smatra se da proces adaptacije organizma na negativan bilans energije treba da se završi u prvih deset nedelja laktacije, kada se uspostavlja energetska ravnoteža između rastuće proizvodnje mleka i unosa energije putem obroka (Heuer i sar., 2001; Heuer, 2004).

Povećana temperatura okoline menja osnovne fiziološke mehanizme predželudaca kod goveda koji negativno utiču na proces preživljanja hrane sa povećanim rizikom od metaboličkih poremećaja i zdravstvenih problema (Soriani i sar. 2013). Nonaka i sar. (2008) navode da životinje pod toplotnim stresom smanjuju proizvodnju acetata, dok je proizvodnja propionata i butirata povećana kao rezultat promene funkcija unutar buražne fermentacije. Kao odgovor tome, goveda imaju veću potrebu za konzumiranjem voluminoznije kabaste hrane, menja se populacija mikroorganizama buraga i pH buraga sa 5,82 raste do 6,03 (Hall, 2009), smanjujući pokretljivost buraga i izazivajući oštećenja epitelnog zida buraga. Nakon toga, dalji efekat stresora utiče na zdravlje smanjujući proizvodnju pljuvačke neophodne za proces preživljanja i varenja. Zatim, menja se ukupan metabolički režim unutar predželudaca i smanjuje unos ukupne količine suve materije (Nardone i sar, 2010; Soriani i sar, 2013). Štaviše, odgovor na stres hipofunkcijom štitne žlezde utiče na nivo ukupne metaboličke energije, na način kako bi se smanjila proizvodnja metaboličke toplote kod krava u laktaciji.

Niz istraživanja (Baumgard i Rhoads, 2013; Rhoads i sar., 2013; Wheelock i sar., 2010) objašnjava gubitak izvesnog nivoa i potrošnje glukoze u tkivima van mlečne žlezda koji utiče na nižu sintezu mleka kod krava u laktaciji tokom toplotnog stresa. Za krave koje su tek oteležene ili su u piku maksimalne proizvodnje mleka karakterističan je smanjeni unos ukupne suve materije hrane (DMI - dry matter intake), a zbog čega grla fiziološki ulaze u stanje negativnog bilansa energije (NEB - negative energy balance) (Gianesella i sar. 2012). Smanjenje unosa suve materije tokom ovog perioda objašnjava se teorijom hepatične oksidacije (Allen i sar. 2009), koja naglašava da stimulacija centra za apetit, preko vagusnog nerva, zavisi od koncentracije adenozin-tri-fosfata (ATP) u jetri. Što su intenzivniji oksidativni procesi u jetri, veća je proizvodnja ATP-a, a time manja stimulacija centra za apetit (Wankhade i sar. 2017). Toplotni stres ovim grlima dodatno otežava život i smanjuje proizvodnju mleka.

Međutim, na našim farmama je čest slučaj da se zbog neadekvatne ishrane period negativnog bilansa energije nastavi i traje znatno duže od početka laktacije (Savić i sar., 2013). To se negativno odražava na proizvodnju mleka u laktaciji, učestalost pojave metaboličkih i reproduktivnih bolesti krava i ekonomski aspekt poslovanja farmi (Trajlinek, 2000).

Berman (2005) je procenio da efektivna toplotna opterećenja iz okoline iznad 35°C aktiviraju sisteme reakcije na stres kod krava koje proizvode mleko. Kao odgovor, krave u proizvodnji mleka smanjuju unos hrane što je direktno povezano sa energetskim disbalansom, što je u velikoj meri odgovorno za smanjenje sinteze mleka (Wheelock i sar, 2010). Hristov i sar. (2007) su utvrdili da se pri temperaturi od 35°C dnevna mlečnost krava smanjuje za 33%, dok se pri temperaturi od 40°C mlečnost smanji za 50%.

West (2003) je utvrdio smanjenje unosa suve materije hrane za 0,85 kg sa svakim porastom temperature vazduha za 1°C iznad optimalne temperature krava u laktaciji.

Gantner i sar. (2011) su naveli 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 smanjenja u proizvodnji mleka za 3-10%. Dok National Research Council (NRC, 2007) navodi da su potrebe za održavanjem energije porasle za 30% kod mlečnih krava u uslovima toplotnog stresa.

Gantner i sar. (2017) navode da su krave u prvoj laktaciji najmanje otporne na toplotni stres u odnosu na one u narednim laktacijama. Smanjenje dnevne proizvodnje mleka je najviše kod prvotelki holštajn rase, dok je smanjenje kod prvotelki simentalne rase upola manje.

Mlađe kategorije goveda uopšte generišu manje metaboličke toplote i imaju veću površinu tela u odnosu na telesnu masu, što efikasno rasipa telesnu toplotu po površini tela (Wang i sar., 2020).

Stadijum ili faza laktacije je važan faktor, a krave koje su bile u srednjem toku laktacije uglavnom su osetljivije na toplotu u poređenju sa kravama na samom početku i onih na kraju perioda laktacije. Smanjenje proizvodnje mleka usled toplotnog stresa bio je 14% u ranoj laktaciji i 35% u srednjem delu laktacije (Joksimović-Todorović i sar., 2011). Prosečna proizvodnja mleka krava holštajn rase tokom perioda rane laktacije (prvih 60 dana laktacije) bila je značajno ($p < 0,05$) veća u prolećnim nego u letnjim sezonama (Joksimović-Todorović i sar., 2011).

Gaafar i sar. (2011), Joksimović-Todorović i sar. (2011), Shock i sar. (2016), takođe, navode uticaj sezone leta na smanjenje prinosa i kvalitet mleka. Rauba i sar., (2019) i Popovac i sar. (2020) navode da letnja sezona teljenja tokom godine značajno smanjuje proizvodnju mlečnih krava ($p < 0,05$).

Petrović i sar. (2009, 2015) su ustanovili visoko značajan uticaj godine i sezone teljenja na variranje prinosa mleka i mlečne masti ($p < 0,01$), a Trifunović i sar. (2002) su ustanovili visoko značajan uticaj redosleda laktacije, godine i sezone teljenja na ispitivane osobine mlečnosti ($p < 0,01$), osim na sadržaj mlečne masti ($p > 0,05$). Godina teljenja je imala statistički značaj na prinos mlečne masti ($p < 0,05$) (Petrović i sar., 2009). Popovac i sar., (2020) i Straczek i sar (2021) navode fazu laktacije kao faktor koji utiče na prinos mleka po grlu ($p \leq 0,05$), kao i na prinos mlečne masti i prinos proteina ($p < 0,001$). Pantelić i sar. (2014) navode da je godina teljenja imala visoko značajan uticaj ($p < 0,01$) na prinos mleka, ali ne i na sadržaj mlečne masti ($p > 0,05$). Sezona teljenja je visoko značajno uticala ($p < 0,01$) na proizvodnju mleka, značajno ($p < 0,05$) na proizvodnju mlečne masti, a na sadržaj mlečne masti nije imala značajnijeg uticaja ($p > 0,05$).

Prinos mleka i sadržaj masti variraju u zavisnosti od faze i redosleda laktacije (Stoop i sar. 2009). Knob i sar. (2021) navode da je maksimalni prinos mleka postignut u četvrtoj nedelji od početka laktacije (21-28 dana laktacije), a Straczek i sar. (2021) navode da je pik dnevne proizvodnje mleka ostvaren 65. dana od početka laktacije. Cincović i Belić (2011) su utvrdili da do značajnijeg smanjenja u proizvodnji i kvalitetu mleka dolazi u drugoj trećini laktacije (100-200 dana od teljenja). Bernabucci i sar. (2010) su utrdili da se sredinom laktacije proizvodnja mleka smanjuje za 35%, dok se na početku laktacije smanjuje za 14%, u uslovima toplotnog stresa. Wildridge i sar. (2018) pronašli su povezanost između nivoa temperaturno-humidnog indeksa i prinosa mleka po kravi na vrlo značajnom nivou ($p < 0,001$).

Toplotni stres tokom perioda zasušenja (poslednja 2 meseca graviditeta) smanjuje proliferaciju žlezdanog tkiva i mlečnih ćelija i tako smanjuje prinose mleka u narednoj laktaciji. Negativno utiče na ćelije imunoloških funkcija kod krava pred telenjem (Tao i Dahl, 2013).

Sve navedeno utiče na smanjenu sintezu i prinos mleka po kravi.

2.5. Uticaji toplotnih uslova na kvalitet kravljeg mleka

Pored smanjene produkcije mleka, kod krava tokom toplotnog stresogenog delovanja narušen je i sastav mleka. Kao posledica povećanog korišćenja glukoze kao izvora energije u metabolizmu krava, u mleku se nalazi manja količina laktoze. Smanjena je takođe, količina proteina, kazeina i mlečne masti, jer se mlečna žlezda adaptira na pojačano smanjivanje nivoa glukoze u krvi. Kadzere i sar. (2002) naveli su da se procenat mlečne masti i mlečnih proteina u letnjoj sezoni smanjili za 39,7 odnosno 16,9%.

2.5.1. Uticaji toplotnih uslova na prinos i sadržaj mlečne masti

Mlečna mast se u tkivu mlečne žlezde sintetiše od masnih kiselina u krvi i dodatno sintetisanog glicerola. Izvori masnih kiselina, koje ulaze u sastav mlečne masti su digestivni trakt (acetat i β -

hidroksibutirat nastali razlaganjem celuloze u buragu), telesni depoi energije u vidu masti i masne kiseline metabolisane u jetri (Kirovski i sar., 2012).

U uslovima toplotnog stresa na početku laktacije, dolazi do značajnog porasta koncentracije slobodnih masnih kiselina u krvi, koje potom slobodno prelaze u mlečnu žlezdu i ulaze u sastav mlečne masti, čija se koncentracija u mleku povećava (van Knegsel i sar., 2007).

Međutim, Kampl (2005) i Šamanc i sar. (2006) navode da je koncentracija mlečne masti iznad 45 g/l indikator poremećaja energetskeg bilansa. Pri tome treba imati u vidu faktore koji utiču na sadržaj mlečne masti, kao što su rasa, sastav obroka, stadijum laktacije, starost grla i sezona.

Kirovski i sar. (2012) navode da se prosečna koncentracija mlečne masti kod krava holštajn rase kreće između 32 i 36 g/l, dok je kod krava simentalke rase nešto viša između 36 i 40 g/l. Savić i sar. (2010, 2011) su u istraživanjima na kravama holštajn rase ustanovili prosečne koncentracije mlečne masti od 36,47 do 38,88 g/l.

Ishrana bogata sirovim vlaknima dovodi do stvaranja većih količina sirćetne kiseline i do porasta koncentracije mlečne masti kod krava, dok se njena koncentracija samo kod starijih krava smanjuje. Nasuprot tome, sniženje koncentracije mlečne masti ispod normalne najčešće je posledica smanjenog unosa hrane tokom leta, acidoze buraga, višeg udela koncentrovanih hraniva ili dodavanja masti u obrok (Perfield i sar., 2007; Kirovski i sar., 2012).

Bez obzira na uticaj drugih navedenih faktora (rasa, starost, sastav obroka, zdravlje vimena, spoljašnja temperatura vazduha), Orešnik (2009) smatra da sadržaj mlečne masti ispod 3,8% predstavlja indikator nedovoljnog unosa sirovih vlakana putem obroka krava. Tada nizak sadržaj mlečne masti predstavlja prvi očigledan indikator acidoze buraga u subkliničkom ili kliničkom obliku, posebno ako je istovremeno snižen i sadržaj proteina.

Kadzere i sar. (2002) tvrde da do smanjenja koncentracije mlečne masti dolazi u okviru acidoze buraga koja se razvija u toku toplotnog stresa, kao sve češće pojave na farmama u letnjem periodu. Pored same acidoze, toplotni stres na snižavanje koncentracije masti mleka utiče i preko smanjenja konzumacije hrane (Baumgard i sar., 2006).

Nakon inicijalnog povišenja na početku laktacije, koncentracija mlečne masti se postepeno smanjuje od 25. do 50. dana laktacije, da bi potom postepeno rasla prema 250. danu laktacije (Bauman i Griinari, 2003). Sličan trend tokom različitih perioda laktacije ustanovili su i Savić i sar. (2013).

2.5.2. Uticaji toplotnih uslova na prinos i sadržaj proteina mleka

Proteini mleka se većim delom sintetišu u parenhimatoznom tkivu mlečne žlezde (kazein, laktoalbumini, laktoglobulini) iz aminokiselina dospelih putem krvi, dok manjim delom u mleko prelaze direktno iz krvi (imunoglobulini i serum albumini). Osnovni izvor aminokiselina za sintezu proteina u tkivu mlečne žlezde su aminokiseline nastale razlaganjem mikrobnih proteina iz digestivnog trakta, dok ostatak čine aminokiseline iz proteina nerazgradivih u buragu, proteina poreklom iz odumrlih ćelija crevnog epitela, i aminokiselina stvorenih u jetri. Mikroflora predželudaca proteine unete putem obroka razlaže prvo do aminokiselina, zatim do ketokiselina i amonijaka, i tako stvoreni amonijak ugrađuje u sopstvene proteine, koji se kasnije razlažu u crevima i predstavljaju izvor aminokiselina za organizam preživara (Šamanc i sar., 2006; Savić i sar., 2010; Kirovski i sar., 2012).

Pod uticajem visokih temperatura, zbog smanjene snabdevenosti energijom, sinteza mikrobnih proteina je smanjena, a time se i količina aminokiselina dostupnih za sintezu proteina mleka iz ovog izvora smanjuje, što dovodi do smanjenja koncentracije proteina u mleku (Jenkins i McGuire, 2006).

Koncentracija proteina u mleku je uslovljena pre svega genetskim potencijalom jedinke, odnosno vrstom i rasom. Krave holštajn rase (sa 3,06%) imaju nižu prosečnu koncentraciju proteina u mleku u odnosu na krave simentalke rase (3,40%) (Kirovski i sar., 2012). Savić i sar. (2010, 2011), su u istraživanjima sprovedenim na kravama holštajn rase ustanovili prosečne koncentracije proteina u mleku od 30,17 do 30,33 g/l. Sadržaj proteina u kolostrumu je značajno viši u odnosu na kasnije faze

laktacije, zbog visokog sadržaja imunoglobulina (Ig). U kasnijim fazama laktacije postoji neznatan trend postepenog porasta koncentracije proteina prema kraju laktacije (Savić i sar., 2013).

Ukoliko je koncentracija proteina u mleku viša od 32 g/l, a koncentracija mlečne masti između 35 i 45 g/l, Kampl (2005) i Šamanc i sar. (2006) navode da se nivo energije u organizmu može smatrati zadovoljavajućim.

Porast sadržaja proteina u mleku je i redovan pratilac mastitisa (Horvat i sar., 2007). Zheng i sar. (2009) navode u svom istraživanju da toplotni stres značajno smanjuje proizvodnju mleka, procenat mlečne masti i procenat proteina kod holštajn krava. Smanjen nivo proteina u mleku kod krava izloženih toplotnom stresu je dokaz da toplotni stres značajno utiče na metabolizam proteina (Bernabucci i sar. 2010). Značajno izmenjen sadržaj mlečne masti i proteina tokom zimske sezone u odnosu na letnju sezonu primetili su i Gaafar i sar. (2011).

Činjenica o povećanju koncentracije ukupnih proteina i albumina u krvi u toku letnje sezone (Rasooli i sar., 2004; Ferreira i sar., 2009), kao i o povećanju koncentracije ukupnih proteina i albumina pod uticajem toplotnog stresa (Koubkova i sar., 2002; Ferreira i sar., 2009), pripisuje se gubitku ekstracelularne tečnosti, odnosno hemokoncentraciji krvi u početnim fazama toplotnog stresa. Iz tih razloga zadržavanje proteina u krvi smanjuje njihov nivo u sintezi mleka. U uslovima povišene ambijentalne temperature dolazi do povećanja koncentracije uree u krvi krava (Koubkova i sar., 2002; Rasooli i sar., 2004), što je posledica katabolizma proteina i intenzivnijeg iskorišćavanja njihovih aminokiselina u procesima glukoneogeneze. Cowley i sar. (2015) nisu pronašli značajne razlike za sadržaj proteina mleka između krava u termoneutralnim uslovima i tokom uslova u kojima je ispoljen toplotni stres.

2.5.3. Veze između toplotnog stresa i selekcije krava

Intenzivna selekcija goveda na visoku proizvodnju mleka učinila ih je manje otpornim na nepovoljne klimatske uslove (Wheelock i sar., 2010). Selekcija životinja na veću proizvodnju do krajnjih fizioloških granica kod krava, može, zbog dokazane pozitivne korelacije između nivoa proizvodnje i metaboličke produkcije toplote, povećati stepen osetljivosti grla na visoke temperature (Kadzere i sar. 2002). Upravo iz tog razloga veliki broj istraživanja je usmeren na poboljšanje termotolerantnosti bez negativnog uticaja na proizvodnju (Collier i sar. 2006). Selekciju goveda na visoku mlečnost istovremeno je pratila i promena faktora njihove okoline. Postavlja se pitanje u kojoj meri okolina krava prevazilazi granicu njihovih sposobnosti prilagođavanja, a samim tim i nivo proizvodnje. Kako se proizvodnja mleka i telesna masa kod krava povećava, naknadni nivo porasta u metaboličkoj proizvodnji toplote utiče na regulaciju temperature tela za krave u toplim klimatskim krajevima (Hansen, 2007).

Intenzivna selekcija na poboljšanje mlečnosti kod goveda dovela je do narušavanja i drugih osobina: problemi sa metabolizmom, sa reprodukcijom, sa zdravljem ekstremiteta, smanjenjem dugovečnosti, opšteg zdravlja i dobrobiti krava (Oltencu i Broom, 2010).

Zbog negativne korelacije između osobina proizvodnje mleka i otpornosti goveda na toplotni stres, selekcija na povećanu mlečnost prouzrokovala je smanjenje adaptacione sposobnosti uz rastući problem osetljivosti goveda na visoku temperaturu. Opšti odgovori na termički stres uključuju niz negativnih (direktnih i indirektnih) efekata na fiziologiju, ponašanje, proizvodnju, reprodukciju, zdravlje i blagostanje, što za uzvrat utiče na proizvodne mogućnosti i kvalitet proizvoda kod krava.

Tolerancija na toplotu je nasledna osobina (Ravagnolo i Misztal, 2000, Dikmen i sar., 2012, Garner i sar., 2017), te se genetskom selekcijom može uticati na povećanje tolerancije na toplotu kod goveda. Istraživanja su potvrdila naslednost osobina indikatora tolerancije na toplotu poput nivoa telesne temperature i brzine disanja. Dikmen i sar. (2013) su procenili heritabilitet osobine nivoa rektalne temperature za grla holštajn rase (0,13 do 0,17), što daje mogućnost odabira grla niže rektalne temperature pod toplotnim stresom. Procene naslednosti telesne temperature kreću se od 0,11 do 0,68

(Mackinnon i sar., 1991; Hovard i sar., 2014). Sanchez i sar. (2009) su zaključili da što je veća vrednost THI pri kojoj dnevni prinos mleka počinje intezivno da se smanjuje, životinja je tolerantnija na toplotu. Tako procenjena vrednost heritabiliteta za dnevni prinos mleka u odsustvu toplotnog stresa ($THI < 71$) bila je 0,14, na THI 60 bila je 0,17, na THI 80 bila je 0,13, a zatim se povećala pri THI 90 na 0,16.

Nguyen i sar. (2017) navode da su za toleranciju na toplotu predisponirana grla sa nešto nižom proizvodnjom mleka. I da je selekcija mlečnih grla na termotoleranciju trajan, kumulativan i, prema tome, najisplativiji pristup za ublažavanje efekata toplotnog stresa kod mlečnih goveda (Biffani i sar., 2016). Bohmanova i sar. (2005) su otkrili da testirani bikovi Holštajn rase sa većom tolerancijom na toplotu imaju ćerke sa nižom mlečnošću, ali koje imaju bolji kvalitet mleka i zdravlje vimena, duži proizvodni vek i veću stopu plodnosti.

Rasa ima važnu ulogu u genetskom uticaju na toleranciju na toplotni stres, pa stoga postoje prednosti hibridne snage meleza (Colditz i Kellaway, 1972), u ukrštanju krava Holštajn rase sa drugim mlečnim rasama. Međutim, iako tolerantniji na toplotni stres, melezi su manje produktivni. Atakan i Veysel, (2019) i Mylostyvyi i sar. (2021) navode da su grla braon svis rase otpornija na više temperature i viši nivo relativne vlage od grla holštajn i simentalske rase.

Soyeurt i sar. (2011), Woolpert i sar. (2016) i Knob i sar. (2021) potvrđuju postojanje razlika u sadržaju mlečne masti i sadržaju proteina između rasa tokom leta.

Genetske komponente toplotnog stresa su važan faktor za objašnjenje antagonističkih efekata toplotnog stresa na vitalnost svih kategorija goveda, ispitujući interaktivne uticaje genotipova sa faktorima okoline (Bohmanova i sar., 2008). Kod krava u laktaciji proučavane su genetske komponente toplotnog stresa za osobine proizvodnje, reprodukcije, zdravlja i dobrobiti (Aguilar i sar., 2009, 2010; Boonkum i sar., 2011a; Bruügemann i sar., 2011; Boonkum i sar., 2011b; Bohlouli i sar., 2013; Hammami i sar., 2015). Gen u genomu goveda nazvan “*gen toplotnog šoka*” jeste gen kandidat za moguću termotoleranciju kod mlečnih rasa goveda (Xiong i sar., 2013; Das i sar., 2016).

Procenjivani su koeficijenti naslednosti osobina kao fizioloških indikatora toplotnog stresa kod goveda, uključuju rektalnu temperaturu, stopu brzine disanja i stopu salivacije, heritabilitet tih osobina je nizak: 0,06, i 0,04 i 0,03, odgovarajuće (Luo i sar., 2021).

Istraživači predlažu upotrebu modela koji odgovaraju zoni komfora krava za proučavanje genetske komponente tolerantnosti na toplotni stres. Model pretpostavlja da je moguća selekcija životinja otpornih na toplotu na osnovu aditivne genetske komponente (Ravagnolo i sar., 2000, Aguilar i sar., 2009, Nguyen i sar., 2017, Macciotta i sar., 2017). Stoga, ako je aditivna genetska varijacija toplotnog opterećenja dovoljno značajna, genetsko poboljšanje goveda bi moglo postati najbolja opcija za prevazilaženje efekata toplotnog stresa kao alternative za promene strategija rashlađivanja krava (Ravagnolo i Misztal, 2000).

2.6. Rase goveda za proizvodnju mleka u Republici Srbiji

Ukupan fond goveda svih rasa i kategorija u Republici Srbiji, a prema podacima baze Uprave za veterinu Republike Srbije, je na nivou brojnosti populacije do oko 750.000 grla. Rase za proizvodnju mleka koje se koriste, prema zastupljenosti, su prvenstveno simentalska, potom holštajn i crveni holštajn, a kao najmanje brojna braon svis rasa. Prosečna proizvodnja mleka tokom 2021. godine (prinos mleka u standardnoj laktaciji, sadržaj mlečne masti i sadržaj proteina) po rasama goveda u pojedinim državama sveta prikazana je u tabeli 1.

Tabela 2. Prosečna proizvodnja mleka po rasama goveda u pojedinim državama

Država	Rasa	Broj laktacija	Prinos mleka (kg)	Sadržaj masti (%)	Sadržaj proteina (%)
Kanada	Braon svis	1447	8917	4,24	3,56
	Holštajn	280984	11094	4,02	3,30
Holandija	Crveni holštajn	117942	9000	4,56	3,67
	Holštajn	588280	9684	4,35	3,58
Belgija	Crveni holštajn	11713	8838	4,42	3,60
	Holštajn	57150	9863	4,19	3,48
Nemačka	Braon svis	136118	7558	4,29	3,63
	Simentalska	842449	7906	4,22	3,54
	Holštajn	1970387	9752	4,06	3,45
	Crveni holštajn	205906	8969	4,18	3,50
Danska	Holštajn	350043	11209	4,10	3,52
Finska	Holštajn	94561	10721	4,20	3,49
Estonija	Holštajn	69351	10541	3,81	3,34
Češka	Simentalska	101739	8065	4,01	3,53
	Holštajn	175973	10731	3,86	3,37
Centralna Srbija	Simentalska	99718	5045	3,99	3,23
	Holštajn	8920	7077	3,75	3,11

Izvor: <https://agriculture.canada.ca/en/sector/animal-industry/canadian-dairy-information-centre/statistics-market-information/dairy-animal-genetics/production-breed/per-cow>

2.6.1. Simentalska rasa

Simentalska rasa je poreklom iz Švajcarske, ali se tokom vremena rasprostranila u mnoge delove sveta. Nastala je prvenstveno intenzivnom selekcijom u čistoj rasi, a zatim je meliorativno ukrštana i oplemenjivana mlečnim rasama, posebno crvenim holštajnom i monbelijar rasom. Prešla je dug put razvoja tokom kojeg su se menjali uslovi gajenja, telesna građa i proizvodni potencijal. Ova rasa dobro ispoljava proizvodne, reproduktivne i osobine zdravlja.

Republika Srbija pripada državama u Evropi kod kojih je simentalska rasa krava dobro prilagođena i koja je najmanje jedan vek najzastupljenija rasa goveda u zemlji. Korišćena je za pretapanje domaćih autohtonih rasa goveda. Najviše putem uvoza priplodnjaka i semena priplodnih bikova, kao i plotkinja iz Švajcarske, Austrije, Nemačke i Češke. Danas je u Republici Srbiji najbrojnija rasa i čini preko 75% populacije svih rasa goveda. Na celokupnoj teritoriji Republike Srbije najveća zastupljenost simentalske rase je u centralnom delu zemlje.

Simentalska rasa goveda pripada tipu kombinovanih proizvodnih osobina, te proizvodnja mleka i mesa imaju jednaku ekonomsku važnost. Prema glavnom odgajivačkom programu za područje Centralne Srbije, simentalska rasa poseduje značajan genetski potencijal za poboljšanje obe proizvodne osobine (GOP, 2019).

2.6.2. Holštajn i crvena holštajn rasa

Današnja holštajn rasa (*Holstein*) koja se gaji u Srbiji nastala je od holštajn-frizijske rasa goveda koja svoje primarno vodi poreklo od autohtonih crnih i belih rasa dve holandske pokrajine *North Holland* i *Friesland*. Sredinom devetnaestog veka, tokom razvoja tržišta mleka u Americi,

uvozima ove rase, ona je dalje intenzivno selekcionisana u pravcu visoke proizvodnje mleka. Tako je dobijena specijalizovana mlečna rasa koja je zatim izvožena u mnoge zemlje Evrope i sveta. Danas je ovo najmlečnija rasa goveda, koja je zahvaljujući veoma dobroj aklimatizacionoj sposobnosti, zastupljena u svim zemljama sveta sa intenzivnom proizvodnjom mleka. Engleski naziv rase je *holstein*, ili neretko *black and white*, a međunarodni kod rase za genetsku ocenu je HOL ili HO. Naziv rase se razlikuje na nacionalnim nivoima, a u našoj zemlji je prihvaćen naziv holštajn-frizijska ili samo holštajn rasa. Deo populacije ove rase u kome se javlja crvena boja naziva se crveni holštajn (*red holstein*) i predstavlja izuzeti deo grla iz ukupne populacije holštajn goveda.

Zbog upotrebe istih bikova sa visokim indeksima priplodnih vrednosti za osobine mlečnosti u svetskoj holštajn populaciji, kao i primene intenzivne selekcije za osobine od značaja, poslednjih 20 godina je došlo do smanjenja broja različitih linija bikova unutar rase. I pored toga, fenotipska i genotipska varijabilnost holštajn rase na nacionalnim nivoima je visoka. Kada se posmatra populacija na svetskom nivou varijabilnost je, zbog različitih odgajivačkih ciljeva u različitim državama, još izraženija. Ipak, bez obzira na visoku varijabilnost, rasne karakteristike holštajn populacije goveda su dovoljno dobro izražene.

Holštajn-frizijska rasa u Republici Srbiji je zastupljena sa oko 15% u strukturi rase. Najviše se gaji u ravničarskom delu zemlje, na području Vojvodine gde predstavlja više zastupljenu, skoro dominantnu, rasu goveda. Procene su da holštajn rasa goveda u centralnom delu Republike Srbije čini do 10% od ukupne populacije goveda (GOP, 2019).

2.6.3. Braon svis rasa

Braon svis (*Brown Swiss*) rasa goveda je nastala u XVII veku na planinskim obroncima Alpa u Švajcarskoj gde je bila odgajana u surovim klimatskim uslovima. Zbog ovakvih uslova nastanka rasa se odlikuje dobrom sposobnošću adaptacije na različite uslove držanja. U XIX veku su životinje ove rase izvožene na Američki kontinent i dugim nizom ukrštanja i selekcije na mlečnost dobijena je današnja braon svis rasa.

Danas se, ova rasa, nalazi na drugom mestu po mlečnosti i zahvaljujući veoma dobroj aklimatizacionoj sposobnosti zastupljena je u svim zemljama sveta koje se bave intenzivnom proizvodnjom mleka. Pored dobre proizvodnje mleka, preko 9000 kg, braon svis goveda su veoma rasprostranjena u regionima gde se proizvodi sir. Ova rasa je takođe prepoznatljiva po izuzetno korektnoj građi nogu i papaka, što između ostalog doprinosi i boljoj dugovečnosti krava ove rase. Isto tako rasa ima dobre aklimatizacione sposobnosti, pokazuje više otpornosti na insekte, a zbog tamne pigmentacije oko očiju smanjuje se pojava sunčanih infekcija oka. Braon svis rasa je poznata i po dobrom iskorišćavanju prirodnih pašnjaka, kao i po relativno dugoj perzistenciji u proizvodnji mleka, ali i manjoj pojavi metaboličkih problema tokom laktacije. Neke od karakteristika rase su i dobar odnos udela masti i proteina u mleku. Po svom temperamentu spada u jednu od najmirnijih rasa goveda.

U Republici Srbiji braon svis rasa čini izrazito mali broj grla od ukupnog broja grla svih rasa goveda. Broj grla u Centralnoj Srbiji iznosi nešto više od 500 grla, pa grla ove rase učestvuju sa manje od 0,3% u strukturi rase populacije goveda (GOP, 2019).

3. MATERIJAL I METOD RADA

3.1. Opšte karakteristike seta podataka

Istraživanje je sprovedeno na setu podataka koji je sadržao proizvodne i podatke o poreklu krava koje su bile pod redovnom kontrolom mlečnosti (AT₄ metod) u periodu od početka 2013. do kraja 2019. godine. Analizom su obuhvaćena grla četiri rase goveda, i to: simentalske, holštajnfrizijske, crvene holštajn i braon sviss rase.

Sva grla uključena u analizu imaju registracioni broj u glavnoj matičnoj knjizi, što svedoči o tome da se radi o kvalitetnim priplodnim grlima. Registracioni HB (*herd book*) broj u glavnoj matičnoj knjizi je dokaz i da su se sva, u analizu uključena, grla nalazila pod kontrolom glavne odgajivačke organizacije za teritoriju Centralne Srbije – Instituta za stočarstvo iz Zemuna. Svi podaci o grlima i njihovoj proizvodnji su preuzeti od 27 osnovnih odgajivačkih organizacija koje sprovode glavni odgajivački program na gazdinstvima sa kojih su grla obuhvaćena analizom. Osnovne odgajivačke organizacije su sa teritorije tri upravna okruga Republike Srbije: Mačvanskog, Šumadijskog i Podunavskog upravnog okruga.

Podaci iz kontrola mlečnosti obuhvataju informacije o proizvodnji mleka na nivou kontrolnih dana redovne referentne AT₄ metode, u kilogramima namužene jutarnje ili večernje količine mleka (kg) i uzorkovane sadržine (%) mlečne masti i proteina.

Postupak kontrole mlečnosti po AT₄ metodi i preporuci iz glavnih odgajivačkih programa Republike Srbije definiše prvu kontrolu prinosa mleka najranije 5. do 7. dana po teljenju ili najkasnije između 15. i 51. dana po teljenju, izuzetno do 80. dana po teljenju. Dozvoljeni razmak između dve uzastopne kontrole je od 22 do 37 dana. Kontrola se vrši naizmenično, jednog meseca tokom redovne jutarnje, a narednog tokom večernje muže. Izuzetno, kontrola jednom u laktaciji krave može biti izvršena dva puta uzastopno uveče ili ujutru. Broj kontrola tokom laktacije zavisi od dužine trajanja laktacije. Da bi laktacija bila prihvaćena kod grla koja su zasušena pre kraja standardne laktacije od 305 dana, ukupno trajanje laktacije ne sme biti kraće od 200 dana. Dnevni izveštaj o proizvodnji mleka obavezno sadrži količinu namuženog mleka u kilogramima, kao i sadržaj mlečne masti i sadržaj proteina u procentima. Na osnovu kontrolnog dana izračunava se količina mleka za kontrolni period, a na osnovu rezultata iz svih kontrolnih perioda obračunava se količina mleka za punu laktaciju, koja se nakon toga svodi i preračunava na standardnu laktaciju od 305 dana.

Ukupni set podataka je sadržao preko 1.000.000 podataka o dnevnoj proizvodnji mleka dobijenih tokom redovnih kontrola mlečnosti. Nakon preuzimanja podataka, izvršena je priprema seta podataka za analizu na osnovu logičkih kriterijuma i adekvatne sledljivosti informacija, od navedenog polaznog do kasnije korišćenog seta. Iz polaznog seta podataka isključena su sva grla koja nisu imala poznat neki od vremenskih podataka: datum kontrole, datum rođenja, kao i poznate datume teljenja. Nakon toga iz seta su isključena grla koja nisu imala neki od proizvodnih rezultate (neku od devet osobina), kao i poznatog oca. Iz seta podataka su uklonjena sva grla koja su imala nelogične datume (npr. datum početka laktacije različit od datuma teljenja). Takođe iz seta su isključena grla koja su imala trajanje perioda laktacije kraće od 200 dana (prema AT₄ metodi), kao i duže od 500 dana. Finalni set podataka je tako sadržao 717153 podatka o mlečnosti na dan kontrole.

Merenjem mikroklimatskih uslova na farmama krava set podataka je dopunjen podacima o THI (temperaturno-humidni indeks) vrednostima. Merenje ambijentalne temperature i relativne vlažnosti vazduha u stajama za smeštaj krava obavljano je uz pomoć DATALOGER uređaja za automatsko registrovanje mikroklimatskih parametara (Datalogger AMTAST, AMT-116, Qingdao Shandong China). Merenja dva mikroklimatska uticaja su kontinuirano vršena na svakih 60 minuta 365 dana godišnje tokom svih godina uključenih u istraživački period. Set polaznih mikroklimatskih podataka sastojao se od preko 520.000 izmerenih dnevnih vrednosti temperature i relativne vlažnosti vazduha.

Na osnovu izmerenih vrednosti temperature i vlažnosti vazduha za svaki sat u toku dana izračunate su vrednosti TH indeksa korišćenjem formule:

$$THI = (1,8 \times T + 32) - (0,55 - 0,0055 \times RH) \times (T - 26,8) \text{ (Dunn i sar., 2014),}$$

gde su:

T = temperatura vazduha u °C;

RH = relativna vlažnost vazduha u procentima.

Na osnovu vrednosti TH indeksa izmerenih u toku 24 sata, izračunate su prosečne dnevne vrednosti TH indeksa i vrednosti tako obračunatog TH indeksa su korišćene u analizi uticaja toplotnog stresa na osobine mlečnosti. Dataloger uređaji su postavljeni na po četiri reprezentativne farme u svakom od okruga, a podaci o mlečnosti su od 27 osnovnih odgajivačkih organizacija prikupljeni sa većeg broja farmi iz istih okruga. Putem zajedničke "datum" kolone excel fajlova; datum kontrole mlečnosti jedne i datum merenja mikroklimata druge baze podataka, izvršeno je spajanje i objedinjavanje dve baze u zajednički set (f-ja *vlookup*-a).

Za potrebu jasnijeg i preciznijeg prikaza uticaja toplotnog stresa i prikaza svih rezultata ukupni set podataka je analiziran kroz tri perioda posmatranja. Prvi period, kao ukupni set svih podataka za sve mesece u toku godine, predstavljao je period cele godine (N=717153). Druga dva perioda posmatranja bila su: topli period godine (n=308954) koji je obuhvatao period od pet toplih meseci u svakoj godini, i to: maj, jun, jul, avgust i septembar, dok je hladni period godine (n=408199) obuhvatio preostalih sedam meseci svake posmatrane godine: oktobar, novembar, decembar, januar, februar, mart i april.

Istraživanjem je obuhvaćeno devet osobina mlečnosti krava za period cele godine, i to:

- dnevni prinos mleka u kontrolnom danu (kg/grlu/dan),
- sadržaj mlečne masti u kontrolnom danu (%),
- sadržaj proteina mleka u kontrolnom danu (%),
- prinos mleka u celoj laktaciji (kg),
- prinos mleka u standardnoj laktaciji od 305 dana (kg),
- sadržaj mlečne masti u standardnoj laktaciji od 305 dana (%),
- sadržaj proteina mleka u standardnoj laktaciji od 305 dana (%),
- prinos mlečne masti u standardnoj laktaciji od 305 dana (kg),
- prinos proteina mleka u standardnoj laktaciji od 305 dana (kg).

Dalja istraživanja uticaja istih faktora tokom toplog petomesečnog i hladnog sedmomesečnog perioda godine obuhvatila su prve tri osobine na koje prosečne dnevne vrednosti TH indeksa imaju delovanje na dnevnom nivou, i to su:

- dnevni prinos mleka u kontrolnom danu (kg/grlu/dan),
- sadržaj mlečne masti u kontrolnom danu (%), i
- sadržaj proteina mleka u kontrolnom danu (%).

3.2. Statistička obrada podataka

Za utvrđivanje varijabilnosti osobina u određenoj populaciji neophodno je istražiti i izabrati odgovarajući model, u kome su definisani uticaji svih faktora koji se mogu posmatrati i kroz model jednačine izračunati. Kako se posmatrane osobine kod domaćih životinja u većini slučajeva mogu meriti i izraziti u određenim jedinicama mere (kvantitativne osobine), za njih je karakteristično da teže normalnoj distribuciji.

- Ispoljenost i varijabilnost, putem pokazatelja distribucije frekvencija, analiziranih osobina utvrđene su primenom PROC FREQ (*frequencies values*) i PROC MEANS (*means values*) procedura u okviru statističkog paketa SAS.
- Uticaj različitih faktora na analizirane osobine mlečnosti utvrđen je upotrebom PROC GLM (*general linear model*) procedure u okviru statističkog SAS paketa.
- Uticaj prosečnih vrednosti TH indeksa na osobine mlečnosti analiziran je primenom PROC REG i PROC GLM (*general linear model*) procedure u okviru istog statističkog SAS paketa.
- U istraživanju izračunate LSM (*least square means*) vrednosti analiziranih osobina metodom najmanjih kvadrata su testirane višestrukim poređenjima po Scheffe-u (SAS/STAT). Korišćena su da bi se testirala značajnost razlika u dnevnim osobinama mleka usled analiziranih efekata ($p < 0,001$ veoma visoko značajno; $p < 0,01$ visoko značajno; $p < 0,05$ značajno; $p > 0,05$ nije statistički značajno).

Ispitivanje uticaja faktora na analizirane osobine urađeno je u okviru GLM procedure korišćenog SAS programskog paketa upotrebom fiksnog linearnog modela koji je imao sledeći oblik jednačine:

$$Y_{ijklmnop} = \mu + O_i + R_j + G_k + S_l + L_m + M_n + F_o + T_p + R_j * T_p + e_{ijklmnop}$$

gde je:

- $Y_{ijklmnop}$: ispitivana osobina proizvodnje mleka,
- μ : opšti prosek populacije za datu osobinu,
- O_i : fiksni uticaj i-tog okruga ($i=1, \dots, 3$),
- R_j : fiksni uticaj j-te rase ($j=1, \dots, 4$),
- G_k : fiksni uticaj k-te godine teljenja ($k=1, \dots, 7$),
- S_l : fiksni uticaj l-te sezone teljenja ($l=1, \dots, 4$),
- L_m : fiksni uticaj m-te laktacije po redu ($m=1, \dots, 6$),
- M_n : fiksni uticaj n-tog meseca kontrole mleka ($n=1, \dots, 12$),
- F_o : fiksni uticaj o-te faze laktacije ($o=1, \dots, 5$),
- T_p : fiksni uticaj p-tog nivoa THI ($p=1, \dots, 6$),
- $R_j * T_p$: fiksni uticaj interakcije rase i nivoa THI i
- $e_{ijklmnop}$: slučajna greška sa karakteristikama $N(0, \sigma^2)$.

3.2.1. Uticaji uključeni u modele ispoljenosti i varijabilnosti osobina

Svi uticaji uključeni u model za ispitivanje ispoljenosti i varijabilnosti osobina mlečnosti imali su visoko statistički značajan uticaj ($p < 0,001$). U narednom izlaganju biće objašnjen način formiranja i uključivanja uticaja u modele ispitivanja.

3.2.1.1. Uticaj okruga (regiona)

Analizirani podaci su prikupljeni od osnovnih odgajivačkih organizacija sa područja tri upravna okruga Republike Srbije, i to Mačvanskog, Podunavskog i Šumadijskog okruga, na čijoj teritoriji su mereni neophodni mikroklimatski parametri.

Navedena tri od ukupno trideset okruga u Republici Srbiji čine najvažniji deo teritorije Centralne Srbije bez Vojvodine u proizvodnji mleka.

Mačvanski okrug karakteriše plodna ravnica Mačve pogodna za razvoj intezivne proizvodnje mleka. Slično je i u oblasti plodnih polja Podunavlja. Podunavski okrug sa razvojem stočarsko-veterinarskog centra za reprodukciju i veštačko osemenjavanje u Velikoj Plani sredinom prošlog veka dodatno je imao značaja u razvoju govedarske proizvodnje na svojoj teritoriji i šire. Šumadijski okrug, takođe ima dugu i neprekidnu tradiciju uzgoja krava (prve uvoze junica i bikova iz Švajcarske) i proizvodnju mleka, čemu je zaslužna blizina glavnog grada i razvoj prvih većih mlekara koje i danas otkupljuju i prerađuju veće količine mleka sa teritorije okruga južno od Save i Dunava. Distribucija podataka po okruzima prikazana je u tabeli 3.

Tabela 3. Distribucija analiziranih podataka po okruzima

Okruzi	Frekvencija	%	Kumulativna frekvencija	Kumulativni %
Mačvanski	239506	33,4	239506	33,4
Podunavski	106891	14,9	346397	48,3
Šumadijski	370756	51,7	717153	100

3.2.1.2. Uticaj rase (genotipa)

U istraživanje su kao faktor uključene tri rase, a četiri genotipa goveda, i to: simentalska rasa, holštajn-frizijaska rasa sa dva genotipa (crno-beli i crveni holštajn) i braon svis rasa. To su sve muzne rase krava u Republici Srbiji, gde većinski sa preko 85% je najzastupljenija simentalska rasa, a distribucija korišćenih podataka prikazana je u tabeli 4. Detaljniji opis rase dat je u prethodnom poglavlju.

Tabela 4. Distribucija analiziranih podataka po rasama

Rase	Frekvencija	%	Kumulativna frekvencija	Kumulativni %
Simentalska	647766	90,32	647766	90,32
Holštajn	48731	6,80	696497	97,12
Crveni Holštajn	20485	2,86	716982	99,98
Braon Svis	171	0,02	717153	100

3.2.1.3. Uticaj meseca kontrole

Posmatranje podataka je tokom analize imalo za cilj da se razlike u proizvodnji mleka preko posmatranih devet, odnosno prve tri, osobina mlečnosti prikažu za period cele godine i još kroz dva perioda – topli i hladni. Kako je već i navedeno, topli period godine obuhvatio je pet meseci (maj, jun, jul, avgust i septembar), dok je za hladni period obuhvaćeno preostalih sedam (oktobar, novembar, decembar, januar, februar, mart i april).

Tabela 5. Distribucija analiziranih podataka po mesecima u godini

Mesec u godini	Frekvencija	%	Kumulativna frekvencija	Kumulativni %
1	56940	7,94	56940	7,94
2	56258	7,84	113198	15,78
3	58990	8,23	172188	24,01
4	64112	8,94	236300	32,95
5	63287	8,82	299587	41,77
6	61486	8,57	361073	50,35
7	61465	8,57	422538	58,92
8	61903	8,63	484441	67,55
9	60813	8,48	545254	76,03
10	59684	8,32	604938	84,35
11	56290	7,85	661228	92,20
12	55925	7,80	717153	100

3.2.1.4. Uticaj godine teljenja

Uticaj godine teljenja uključen je u model, takođe kao fiksni uticaj. Analizom obuhvaćena grla su se telila u periodu od 2013. godine do 2019. godine. Distribucija u analizu uključenih podataka po godinama teljenja prikazana je u tabeli 6.

Tabela 6. Distribucija analiziranih podataka po godinama teljenja

Godine teljenja	Frekvencija	%	Kumulativna frekvencija	Kumulativni %
2013	26310	3,67	26682	3,72
2014	122476	17,08	149158	20,80
2015	127817	17,82	276975	38,62
2016	144691	20,18	421666	58,80
2017	140975	19,66	562641	78,45
2018	142123	19,82	704764	98,27
2019	12389	1,73	717153	100

3.2.1.5. Uticaj sezone teljenja

Uvažavajući opšte makroklimatske parametre, kao i organizaciono-proizvodne parametre, na osnovu istog datuma - datuma teljenja, podaci su dalje podeljeni i posmatrani kroz sezone gde je svaka kalendarska godina podeljena na 4 sezone i to:

- Zima: decembar, januar i februar;
- Proleće: mart, april i maj;
- Leto: jun, jul i avgust;
- Jesen: septembar, oktobar i novembar.

Tabela 7. Distribucija analiziranih podataka po sezonama teljenja

Sezone teljenja	Frekvencija	%	Kumulativna frekvencija	Kumulativni %
Zima	190255	26,53	190255	26,53
Proleće	148228	20,67	338483	47,20
Leto	193449	26,97	531932	74,17
Jesen	185221	25,83	717153	100

3.2.1.6. Uticaj rednog broja laktacije (redosleda teljenja)

Shodno laktaciji po redu, laktacije krava su podeljene u šest klasa:

- I (laktacije prvotelki);
- II (laktacije drugotelki);
- III (laktacije trećetelki);
- IV (laktacije krava nakon četvrtog teljenja);
- V (laktacije krava nakon petog teljenja) i
- VI⁺ (krave u šestoj i višim laktacijama).

Tabela 8. Distribucija analiziranih podataka po rednom broju laktacije

Laktacije	Frekvencija	%	Kumulativna frekvencija	Kumulativni %
I	202450	28,23	202450	28,23
II	167160	23,31	369610	51,54
III	135552	18,90	505162	70,44
IV	98791	13,78	603953	84,22
V	67364	9,39	671317	93,61
VI ⁺	45836	6,39	717153	100

3.2.1.7. Uticaj faze laktacije

Uticaj faze laktacije, kao i prethodni uticaji, uključen je u model kao fiksni uticaj. Svaka laktacija je pojedinačno podeljena u faze laktacije, i to u pet faza:

- I faza (prvih 60 dana laktacije);
- II faza (period 61-120 dana laktacije);
- III faza (121-200 dana laktacije);
- IV faza (201-300 dana laktacije) i
- V faza (period nakon 300 dana).

Tabela 9. Distribucija analiziranih podataka po fazama laktacije

Faze laktacije	Frekvencija	%	Kumulativna frekvencija	Kumulativni %
I	104958	14,64	104958	14,64
II	125553	17,51	230511	32,14
III	176026	24,55	406537	56,69
IV	222360	31,01	628897	87,69
V	88256	12,31	717153	100

3.2.1.8. Uticaj klase THI

Informacije o mikroklimatskim uslovima u proizvodnim objektima za smeštaj goveda su dobijene na bazi merenja temperature i relativne vlažnosti vazduha u objektima za smeštaj goveda koje je obavljeno u istom periodu, od 2014. do 2019. godine.

Iako se u istraživanjima ovog tipa najčešće koriste podaci sa najbližih zvaničnih metereoloških stanica, preporuke su da se, kad god je to moguće, koriste realne vrednosti temperature i vlažnosti vazduha koje su izmerene u proizvodnim objektima (Shock i sar., 2016).

U analizi su korišćene THI vrednosti zabeležene 3 dana pre nego što su zabeležene posmatrane dnevne osobine mlečnosti krava, kao potvrđen način da se trenutni nivo toplotnog stresa odnosi na proizvodnju mleka prosečno 3. dana nakon delovanja stresogenog faktora (Bohmanova i sar., 2008; Brugemann i sar., 2011; Wildridge i sar. 2018).

Dobijene THI vrednosti, da bi bile posmatrane kao faktor unutar modela za procenu varijabilnosti osobina, takođe su podeljene u klase. Najviša dobijena vrednost unutar polaznog seta bila je 86,25. Tako su dobijene vrednosti podeljene na 6 klasa, i to:

- I klasa (≤ 40),
- II klasa (41-60),
- III klasa (61-68),
- IV klasa (69-72),
- V klasa (73-78) i
- VI klasa (> 78).

Tabela 10. Distribucija analiziranih podataka po nivoima THI faktora

THI	Frekvencija	%	Kumulativna frekvencija	Kumulativni %
≤40	6010	0,84	6010	0,84
41-60	102648	14,31	108658	15,15
61-68	194093	27,06	302751	42,22
69-72	174054	24,27	476805	66,49
73-78	199824	27,86	676629	94,35
>78	40524	5,65	717153	100

3.3. Procena gubitaka u proizvodnji mleka

Za procenu dnevnih gubitaka u proizvodnji mleka, a koristeći model koji predviđa prosečno dnevno smanjenje proizvodnje mleka po grlu pod uticajem toplotnog stresogenog delovanja, izvedena je još jedna osobina posmatranja, i to smanjenje proizvodnje mleka po danu (MPD) koja se dobija putem formule (Berry et al., 1964):

$$\text{MPD kg /danu} = -1,075 - 1,736 \times \text{MPL} + 0,02474 \times \text{MPL} \times \text{THI}$$

gde je:

MPD = smanjenje proizvodnje mleka po danu (*milk production decline*);

MPL = dnevni prinos mleka po grlu (*milk production level*);

THI = prosečna dnevna vrednost TH indeksa (*temperature – humidity index*).

Uključivanjem ove nove osobine u isti model prethotno korišćen sa istim sledom uticaja faktora i istom linearnom jednačinom prikazana je fenotipska ispoljenost i varijabilnost MPD osobine.

3.4. Procena genetske ispoljenosti i varijabilnosti osobina

Smanjenje prinosa mleka pod negativnim uticajem mikroklimatskih parametara (MPD - milk production decline) uzeto je kao osobina indikator otpornosti na toplotni stres. Kao i na sve druge kvantitativne osobine i na ovu utiču genetski i faktori spoljašnje okoline. Analizom je determinisana genetska varijansa MPD osobine, koja govori o naslednosti ove osobine i mogućnosti selekcije na nju, kako bi se u narednim generacijama selekcionisala i dobila grla koja imaju poboljšanu otpornost na toplotni stres.

Set podataka koji je korišćen u ovoj analizi uključivao je rezultate o dnevnoj mlečnosti krava koje su bile potomci bikova koji su imali najmanje po 5 kćeri i obuhvatao je osobine mlečnosti na dan kontrole u toku toplijeg perioda godine (01. maj – 30. septembar). Pomenuti set podataka sadržao je podatke 242.412 dnevnih kontrola krava koje su bile potomci 624 bika. Komponente varijanse (fenotipska, genetska - aditivna i varijansa okoline) utvrđene su u okviru PROC VARCOMP (variance components) procedure SAS programskog paketa uz primenu sledećeg mešovito modela oca (*sire model*):

$$Y_{ijklmnop} = \mu + O_i + R_j + G_k + S_l + L_m + M_n + F_o + T_p + R_j * T_p + s_r + e_{ijklmnop}$$

gde je:

- $Y_{ijklmnop}$: ispitivana osobina,
- μ : opšti prosek populacije za datu osobinu,
- O_i : fiksni uticaj i-tog okruga ($i=1, \dots, 3$),
- R_j : fiksni uticaj j-te rase ($j=1, \dots, 4$),
- G_k : fiksni uticaj k-te godine teljenja ($k=1, \dots, 7$),
- S_l : fiksni uticaj l-te sezone teljenja ($l=1, \dots, 4$),
- L_m : fiksni uticaj m-te laktacije po redu ($m=1, \dots, 6$),
- M_n : fiksni uticaj n-tog meseca kontrole mleka ($n=5, \dots, 9$),
- F_o : fiksni uticaj o-te faze laktacije ($o=1, \dots, 5$),
- T_p : fiksni uticaj p-tog nivoa THI klase ($p=1, \dots, 6$),
- $R_j * T_p$: fiksni uticaj interakcije rase i nivoa THI i
- s_r - slučajni uticaj bika oca (sire) ($r=1 \dots 624$ bika),
- $e_{ijklmnop}$: slučajna greška sa karakteristikama $N(0, \sigma^2)$.

U korišćenom modelu, uticaj bika oca je prikazan kao slučajni faktor. Posmatranjem oca kao slučajnog faktora daje se mogućnost procene 25% aditivne genetske varijanse, što odgovara koeficijentu srodstva između polusestara po očevima, što za rezultat ima mogućnost izračunavanja heritabiliteta, odnosno prikaza naslednosti posmatrane osobine.

Zbog karakteristika seta podataka u kom svaki podatak poreklom odgovara jednoj životinji koja dalje vodi poreklo od jednog oca i jedne majke, ali bez mogućnosti da se organizuje matrični prikaz srodnika ni po jednoj roditeljskoj strani, nije bilo moguće koristiti animal model, ali zato jeste model oca – sire model.

Koeficijent heritabiliteta izračunat je primenom standardne formule koja se koristi kada se aditivna genetska varijansa procenjuje modelom oca:

$$h^2 = \frac{4\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2},$$

gde je:

h^2 - koeficijent heritabiliteta;

σ_a^2 - varijansa oca;

σ_e^2 - varijansa ostatka.

4. REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Rezultati rada sa diskusijom prikazani su u više različitih celina po poglavljima.

U prvom delu su prikazani rezultati deskriptivne statistike koji pružaju uvid u fenotipske parametre varijabilnosti posmatranih osobina mlečnosti krava različitih rasa (Poglavlje 4.1).

Sledeći deo rezultata sadrži prikaz prosečnih vrednosti fenotipske varijabilnosti mikroklimatskog temperaturno – humidnog indeksa (THI) koji predstavlja ključan faktor uticaja okoline na proizvodnju mleka kod krava (Poglavlje 4.2).

Zatim slede rezultati deskriptivne statističke analize fenotipske varijabilnosti osobina mlečnosti u toku tri posmatrana perioda – tokom cele godine, tokom toplog perioda godine (01. maj – 30. septembar), i tokom hladnog perioda godine (01. oktobar – 30. april). Navedeni periodi posmatranja služe da prikažu razlike u vrednostima osobina koje su rezultat toplotnog stresogenog delovanja okoline na proizvodnju mleka kod krava (Poglavlje 4.3).

U narednom delu rezultata je prikazan uticaj osam fiksnih sistemskih faktora na posmatrane osobine mlečnosti po periodima, sa nivoima pokazane značajnosti svakog od uticaja i vrednostima koeficijenata determinacije modela za osobine koje determinišu uključeni faktori (Poglavlje 4.4).

U sledećoj celini prikazani su rezultati koji navode vrednosti sredina najmanjih kvadrata (LSM - Least Squares Means) posmatranih osobina mlečnosti po svim pojedinačnim nivoima faktora (okrug, rasa, godina telenja, sezona telenja, redosled laktacije, mesec kontrole mleka, faze laktacije i nivoi THI pokazatelja u interakciji sa rasama prema periodima posmatranja (Poglavlje 4.5).

Nakon toga sledi deo koji obuhvata rezultate deskriptivnih statističkih pokazatelja varijabilnosti i uticaj sistemskih faktora na osobinu smanjenja dnevne proizvodnje mleka po grlu MPD (milk production decline), kao i (LSM) vrednosti sredina najmanjih kvadrata za istu osobinu (Poglavlje 4.6).

I konačno, završni deo rezultata rada prikazuje stepen naslednosti, odnosno heritabilitet MPD-a osobine smanjenja dnevnog prinosa mleka pod negativnim uticajem mikroklimatskih parametara, zajedno sa komponentama varijanse osobine (Poglavlje 4.7).

4.1. Fenotipska varijabilnost osobina mlečnosti po rasama

U ispitivanju fenotipske varijabilnosti osobina mlečnosti posmatranih rasa uključeno je svih devet osobina: dnevni prinos mleka u kontrolnom danu (kg/dan), sadržaj mlečne masti u kontrolnom danu (%), sadržaj proteina mleka u kontrolnom danu (%), prinos mleka u celoj laktaciji (kg), prinos mleka u standardnoj laktaciji od 305 dana (kg), sadržaj mlečne masti u standardnoj laktaciji od 305 dana (%), sadržaj proteina mleka u standardnoj laktaciji od 305 dana (%), prinos mlečne masti u standardnoj laktaciji od 305 dana (kg), prinos proteina mleka u standardnoj laktaciji od 305 dana (kg). Važniji fenotipski pokazatelji ovih osobina po rasama prikazani su u tabelama 11, 12, 13 i 14. Najveći akcenat je dat vrednostima osobinama zabeleženim u kontrolnom danu, takozvanim “*test-day*” osobinama mlečnosti: dnevni prinos mleka u kontrolnom danu (kg/dan), sadržaj mlečne masti u kontrolnom danu (%), i sadržaj proteina mleka u kontrolnom danu (%).

Grla simentalske rase čine većinski deo ukupne populacije goveda u Republici Srbiji sa oko 80% zastupljenosti svih gajenih rasa goveda. Grla simentalske rase su više zastupljena u centralnom delu zemlje, a nešto manje u severnom (AP Vojvodina). Strateški, ova rasa predstavlja glavnu rasu goveda u proizvodnji mleka i proizvodnji mesa u zemlji.

Prosečna vrednost i varijabilnost osobina mlečnosti za grla simentalske rase u ukupnom uzorku rada prikazana je u tabeli 11. Iz prikaza podataka svih posmatranih osobina moguće je zaključiti da najveći koeficijent variranja ima osobina dnevnog prinosa mleka 29,56%, dok je najmanje varirajuća osobina sadržaja proteina u standardnoj laktaciji 3,68%. Prosečna proizvodnja mleka po kravi iznosi 4965,95 kg tokom laktacije od 305 dana, dok grla iste rase u drugim razvijenijim zemljama Evrope

ostvaruju dvostruko višu prosečnu proizvodnju. Standardna devijacija osobine dnevnog prinosa mleka po grlu varira $\pm 4,70$ kg/grlu/dan od proseka koji iznosi 15,90 kg/grlu/dan.

Vučković i sar. (2019b) su u svojim istraživanjima procene uticaja mikroklimatskih faktora na varijabilnost osobina mlečnosti naveli prosečnu dnevnu proizvodnju mleka grla simentalke rase od 15,56 kg/grlu/dan sa 4,17% mlečne masti i 3,46% proteina. Dakle, slične dnevne proizvodnje po grlu, ali nešto boljeg kvaliteta (više sadržaja mlečne masti i proteina).

Tabela 11. Prosečne vrednosti i varijabilnost osobina mlečnosti za simentalčku rasu

Osobine	\bar{x}	Min	Max	SD	Cv (%)
	n=647766				
Dnevni prinos mleka, kg/dan	15,90	3,60	44,00	4,70	29,56
Sadržaj masti,%	4,04	2,04	5,98	0,19	4,70
Sadržaj proteina,%	3,23	2,01	3,99	0,14	4,46
Prinos mleka u laktaciji, kg	5271,16	3206,00	14508,38	782,79	14,85
Prinos mleka laktaciji od 305 dana, kg	4965,95	1639,64	13742,41	657,50	13,24
Sadržaj masti u 305 dana,%	3,96	2,68	8,32	0,23	5,73
Prinos masti u 305 dana, kg	196,94	65,72	504,55	30,10	15,28
Sadržaj proteina u 305 dana,%	3,21	2,26	4,90	0,12	3,68
Prinos proteina u 305 dana, kg	159,55	53,55	360,87	22,82	14,37

Holštajn rasa je kod nas tokom druge polovine XX veka bila prevashodno uzgajana na velikim farmama tipa poljoprivrednih kombinata i korporacija, ali se postepeno proširila i na manja gazdstva i farme. Holštajn rasa goveda u Republici Srbiji najviše je zastupljena u ravničarskom, severnom delu zemlje, ali se manje populacije nalaze i u Centralnoj Srbiji.

Prosečna vrednost i varijabilnost osobina mlečnosti za grla holštajn rase prikazana je u tabeli 12. Iz podataka za holštajn rasu, koeficijent variranja osobine dnevnog prinosa mleka je nešto viši od simentalke rase i iznosi 31,76%. Razlog za to može biti činjenica da se holštajn populacija gaji u veoma različitim uslovima na teritoriji Republike Srbije, često zajedno sa simentalskom rasom (u istom objektu i istim uslovima ishrane, smeštaja, higijene i nege). To definiše nejednaku posvećenost potrebama i zadovoljenje potreba holštajn krava koje su više nego iste za simentalčku rasu. Iako su sadržaj masti i sadržaj proteina u standardnoj laktaciji holštajn grla niži (3,88 i 3,19%) u odnosu na grla simentalke rase (3,96 i 3,21%), laktacijski prinosi masti i proteina su viši kod grla holštajn rase (215,73 i 177,00%) nego kod simentalke rase (196,94 i 159,55%). Holštajn rasa je rasa izrazito mlečnog karaktera, dok je simentalška kombinovanog karaktera proizvodnje mleka i mesa.

U istraživanjima procene uticaja mikroklimatskih faktora na varijabilnost osobina mlečnosti autori su naveli prosečnu proizvodnju grla holštajn rase od 21,16 kg/grlu/dan sa 4,17% mlečne masti i 3,41% proteina (Vučković i sar., 2019b).

Tabela 12. Prosečne vrednosti i varijabilnost osobina mlečnosti za holštajn rasu

Osobine	\bar{x}	Min	Max	SD	Cv (%)
	n=48731				
Dnevni prinos mleka, kg/dan	17,46	3,60	55,00	5,54	31,76
Sadržaj masti,%	3,98	2,72	5,93	0,22	5,48
Sadržaj proteina,%	3,22	2,11	3,99	0,14	4,30
Prinos mleka u laktaciji, kg	6101,45	3226,50	14947,10	1350,57	22,13
Prinos mleka laktaciji od 305 dana, kg	5545,24	1746,38	13842,60	1109,40	20,01
Sadržaj masti u 305 dana,%	3,88	3,00	4,68	0,29	7,54
Prinos masti u 305 dana, kg	215,73	70,66	568,32	47,94	22,22
Sadržaj proteina u 305 dana,%	3,19	2,76	4,06	0,12	3,69
Prinos proteina u 305 dana, kg	177,00	56,12	464,30	38,00	21,47

Prosečne vrednosti i varijabilnost osobina mlečnosti za grla rase crveni holštajn prikazane su u tabeli 13. Populacija crvenog holštajna, uopšte, nastala je iz populacije grla holštajn rase izdvajanjem recesivne od parcijalno dominantne i potpuno dominantne crno bele holštajn populacije. S tim u vezi, te dve populacije su veoma slične. Drugo, crvena holštajn rasa je, zajedno sa monbelijar rasom, dugi niz godina bila korišćena kao oplemenjivač simentalne rase u mnogim zemljama Evrope sa ciljem da popravi osobine građe vimena, prinos mleka, format i okvir tela. Na taj način crvena holštajn populacija krava čini vezu između simentalne i holštajn populacije krava.

Populacija krava rase crveni holštajn prema ukupno ostvarenoj proizvodnji mleka zauzima treće mesto po zastupljenosti u Republici Srbiji, iza najzastupljenije simentalne i, po zastupljenosti nakon nje, holštajn rase krava.

Ostvaren prosečan dnevni prinos mleka po grlu crvene holštajn rase u ovom istraživanju iznosi 17,41 kg/dan. Od svih u analizu uključenih rasa, crvena holštajn rasa beleži najniže vrednosti za sadržaj masti u kontrolnom danu 3,97% i sadržaj proteina u kontrolnom danu 3,21%. Prosečan prinos mleka tokom standardne laktacije iznosi 5478,08 kg, a tokom cele laktacije 6024,21 kg.

Tabela 13. Prosečne vrednosti i varijabilnost osobina mlečnosti za crvenu holštajn rasu

Osobine	\bar{x}	Min	Max	SD	Cv (%)
	n=20485				
Dnevni prinos mleka, kg/dan	17,41	3,60	52,80	5,38	30,92
Sadržaj masti,%	3,97	2,71	5,43	0,23	5,77
Sadržaj proteina,%	3,21	2,07	3,99	0,14	4,45
Prinos mleka u laktaciji, kg	6024,21	3237,50	14031,60	1232,96	20,47
Prinos mleka laktaciji od 305 dana, kg	5478,04	1958,97	12851,77	1040,62	19,00
Sadržaj masti u 305 dana,%	3,86	3,00	4,54	0,31	8,07
Prinos masti u 305 dana, kg	212,08	68,59	517,42	45,80	21,60
Sadržaj proteina u 305 dana,%	3,16	2,70	3,51	0,12	3,66
Prinos proteina u 305 dana, kg	173,61	62,00	426,19	35,50	20,45

Iako malo zastupljena rasa u Republici Srbiji sa svega 600-700 grla, evidentira se blag porast brojnosti grla braon svis rase krava. U glavne odgajivačke programe u zemlji uvedena je na osnovu uvoza čistorasnih grla bez pretapajućeg selekcijskog rada, kako je to bio slučaj sa simentalском rasom, a i holštajn rasom na nekim većim farmama i korporacijama. Seme bikova za veštačku oplodnju se takođe celokupno uvozi, jer živih bikova do sada nije bilo u centrima za reprodukciju i veštačko osemenjavanje kod nas.

Prosečne vrednosti i varijabilnost osobina mlečnosti za grla braon svis rase prikazane su u tabeli 14. U ukupnom uzorku od 717153 podataka, udeo podataka grla braon svis rase je svega 171. Rezultati deskriptivne statistike pokazuju da u ispitivanoj populaciji braon svis rase prosečan dnevni prinos mleka iznosi 16,05 kg/grlu/dan pri čemu je minimalna vrednost 6,00 kg, a maksimalna 26,00 kg. Apsolutna varijabilnost posmatrane osobine u standardnim devijacijama iznosi $\pm 4,82$ kg, dok relativni pokazatelj varijabiliteta iznosi 30,07%.

Braon svis rasa je karakteristična po većem sadržaju masti i proteina u mleku (4,11 i 3,24%), a još i po boljoj opštoj otpornosti i dugovečnosti od drugih brahiceranih mlečnih rasa (obe holštajn populacije).

Sličnost braon svis rase sa simentalском rasom krava je po zemlji porekla (Švajcarska).

Tabela 14. Prosečne vrednosti i varijabilnost osobina mlečnosti za braon svis rasu

Osobine	\bar{x}	Min	Max	SD	Cv (%)
	n=171				
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,05	6,00	26,00	4,82	30,07
Sadržaj masti,%	4,11	3,67	4,70	0,19	4,61
Sadržaj proteina,%	3,24	2,71	3,64	0,12	3,64
Prinos mleka u laktaciji, kg	5325,54	4400,00	6828,00	734,52	13,79
Prinos mleka laktaciji od 305 dana, kg	4964,82	4090,96	6070,65	601,43	12,11
Sadržaj masti u 305 dana,%	4,06	3,83	4,27	0,12	2,86
Prinos masti u 305 dana, kg	201,75	168,13	253,49	28,02	13,79
Sadržaj proteina u 305 dana,%	3,22	3,09	3,33	0,06	1,78
Prinos proteina u 305 dana, kg	159,61	133,00	198,52	18,57	11,63

Prikazane prosečne vrednosti osobina mlečnosti analiziranih podataka po rasama navode na zaključak da su sve četiri populacije krava niže prosečne proizvodnje od istih u razvijenijim zemljama. Bilo posmatrajući prosečnu dnevnu ili prosečnu standardnu laktacijsku proizvodnju mleka, sve četiri rase bi mogle ostvariti znatno višu proizvodnju prosečno po grlu. Poređenjem dobijenih rezultata ostvarenog dnevnog prinosa mleka po grlu najmanji je ostvarila simentalaska rasa od 15,90 kg/grlu/dan i 4965,95 kg tokom standardne laktacije, dok je najviši ostvarila holštajn rasa od 17,46 kg/grlu/dan i 5545,24 kg u standardnoj laktaciji. Dobijeni rezultati su upravo značajno niži nego prosečna mlečnost istih rasa u svetu, gde su ukupni laktacijski prinosi mleka po grlu dvostuko viši. Isto važi i za druge dve rase, za crveni holštajn 17,41 kg/grlu/dan i 5478,04 kg tokom standardne laktacije, i braon svis 16,05 kg/grlu/dan i 4964,82 kg tokom standardne laktacije.

Razlozi koji utiču na nižu prosečnu proizvodnju krava u Republici Srbiji su nedovoljno iskorišćen genetski potencijal rase, nepotpuno zadovoljeni i neadekvatni uslovi ishrane i nege, te neizbalansirana proizvodnja više različitih rasa krava istovremeno gajenih u stajama.

4.2. Varijabilnost vrednosti THI prema posmatranim periodima

U tabeli 15 su prikazane prosečne vrednosti temperaturno – humidnog indeksa (THI) utvrđenih u stajama u toku svih dana svih merenja (24 časa) po posmatranim periodima. Prosečan dnevni THI tokom najšireg opsega posmatranih merenja – celogodišnjeg perioda iznosio je 63,21, sa minimalnom vrednosti od 36,17 i maksimalnom 86,25.

Sa skraćanjem perioda posmatranja cele godine na posmatrani period od pet meseci toplog dela godine (01. maj – 30. septembar svih godina) prosečna vrednost dnevnog THI pokazatelja iznosila je 73,38, dok je minimalna zabeležena vrednost 54,86. Maksimalna utvrđena vrednost je takodje 86,25.

Suprotno toplom, tokom hladnog perioda posmatranja (01. oktobar – 30. april svih godina) izračunata prosečna vrednost THI je 55,52, a maksimalna 75,09.

Varijabilnost posmatranog THI prikazana je preko statističkih pokazatelja standardne devijacije i varijanse, odnosno relativno preko koeficijenta varijacije.

U skladu sa dužinom posmatranih perioda THI najviše varira tokom cele godine 17,73%, dok tokom hladnog perioda varira 13,66% i tokom toplog 7,95%.

Tabela 15. Prosečne vrednosti i varijabilnost THI pokazatelja za posmatrane periode godine

Osobine	\bar{x}	Min	Max	Var	SD	Cv (%)
Period CELE godine	N=717153					
Prosečan dnevni THI	63,21	36,17	86,25	125,60	11,21	17,73
TOPLI period godine	n=308954					
Prosečan dnevni THI	73,38	54,86	86,25	34,02	5,83	7,95
HLADNI period godine	n=408199					
Prosečan dnevni THI	55,52	36,17	75,09	57,49	7,58	13,66

Tamami i sar. (2018) su u svojoj studiji zaključili da je na nivou $THI \leq 60$ najviša dnevna proizvodnja mleka po grlu. Drugi istraživači su utvrdili da je prosečna termoneutralna vrednost THI na nivou od 57, dok je 72 već ona koja izaziva toplotni stres (Wheelock i sar., 2010; Zimbelman i sar., 2010; Hall i sar. 2016; Hall i sar. 2018; Collier i sar. 2019). Međutim, veliki broj autora navodi vrednost od 68 (značajno manji od 72) kao prag koji dovodi do smanjenja produktivnih i reproduktivnih performansi muznih krava (Ravagnolo i sar., 2000; Bouraoui i sar., 2002; Casa i Ravelo, 2003; Freitas i sar., 2006; Bohmanova i sar., 2007; Bernabucci i sar., 2010; Collier i sar., 2012; Hammami i sar., 2013; Smith i sar., 2013; Lambertz i sar., 2014; Gantner i sar., 2017).

Navedeni radovi autora i rezultati njihovih istraživanja u poređenju sa rezultatima iz tabele 15 dovode do zaključka da prosek posmatranog sedmomesečnog hladnog perioda od 55,52 vrednosti THI približno odgovara prosečnoj termoneutralnoj THI vrednosti za krave do 57.

U poređenju sa navedenim literaturnim izvorima, dobijena prosečna THI vrednost za petomesečni topli period od 73,38, viša je od pragova 68 i/ili 72, te svedoči o sveprisutnom toplotnom stresu kod krava tokom toplog petomesečnog godišnjeg perioda.

Važno je podsetiti da vrednost THI pokazatelja od 72 odgovara temperaturi od 22°C pri vlažnosti od 100%, odnosno 25°C pri vlažnosti 50% ili 28°C pri vlažnosti 20% (Fiore i sar., 2009).

4.3. Fenotipska varijabilnost osobina mlečnosti prema posmatranim periodima

Prosečne vrednosti sa varijabilnostima posmatranih osobina mlečnosti za period cele godine, kao i za topli i hladni period godine za grla svih u analizu uključenih rasa prikazane su u tabeli 16.

Po periodima posmatrano, period cele godine uključuje svih devet osobina, dok druga dva kraća perioda tokom godine (topli od pet i hladni od sedam meseci) uključuju praćenje tri osobine mlečnosti na nivou kontrolnog dana.

Primetno je da topli period godine utiče na smanjenje prosečnog dnevnog prinosa mleka kod krava sa 16,05 kg tokom cele godine na u proseku 15,49 kg tokom toplog perioda (-0,56 kg prosečno po grlu dnevno). Posmatrano kao razlika između hladnijeg i toplijeg perioda godine, prosečno smanjenje od 16,46 kg na 15,49 kg iznosi -0,97 kg po grlu dnevno.

Prosečno posmatrano sadržaj mlečne masti i sadržaj proteina imaju iste vrednosti u svim periodima (4,03% i 3,22%, odgovarajuće), iako to nije bilo očekivano.

Relativni pokazatelj variranja osobina, koeficijent variranja, po periodima pokazuje najviše vrednosti za osobinu dnevnog prinosa, oko 30% (29,93%, 30,36% i 29,37%, odgovarajuće).

Tabela 16. Prosečne vrednosti i varijabilnost osobina mlečnosti za posmatrane periode tokom godine kod svih rasa

Osobine	\bar{x}	SD	Cv (%)
Period CELE godine			
N=717153			
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,05	4,80	29,93
Sadržaj masti,%	4,03	0,19	4,81
Sadržaj proteina,%	3,22	0,14	4,45
Prinos mleka u laktaciji, kg	5349,11	882,01	16,49
Prinos mleka u 305 dana laktaciji, kg	5019,94	729,73	14,54
Sadržaj masti u 305 dana,%	3,95	0,24	5,98
Prinos masti u 305 dana, kg	161,14	94,31	58,53
Sadržaj proteina u 305 dana,%	3,21	2,38	74,27
Prinos proteina u 305 dana, kg	198,65	32,59	16,41
TOPLI period godine			
n=308954			
Dnevni prinos mleka, kg/dan	15,49	4,70	30,36
Sadržaj masti,%	4,03	0,19	4,79
Sadržaj proteina,%	3,22	0,14	4,36
HLADNI period godine			
n=408199			
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,46	4,83	29,37
Sadržaj masti,%	4,03	0,19	4,83
Sadržaj proteina,%	3,22	0,14	4,52

Izražena varijabilnost prinosa mleka po grlu tokom dana od oko 30% posledica je uticaja različitih faktora okoline koji su po svom delovanju kratkotrajni i/ili dugotrajni. Kratkotrajni uticaji se ispoljavaju u kraćem vremenskom intervalu, ali neprekidno menjaju intenzitet i smer svojih delovanja (sezona i godina telenja, redosled i faza laktacije). Dugotrajni uticaji mogu poticati iz okruženja u kojem grla ostvaruju proizvodnju (okrug) ili su rezultat uticaja nasledne osnove (rase), koja je svojstvena za svaku jedinku unutar populacije.

4.4. Uticaj fiksnih sistemskih faktora okoline prema posmatranim periodima

Uticaji posmatranih osam fiksnih faktora, kao i uticaj interakcije faktora rase sa nivoom THI klase, na osobine mlečnosti tokom cele godine i druga dva perioda posmatranja (toplog i hladnog) prikazani su u tabelama 17 i 18.

Veoma visoko značajan uticaj na sve posmatrane osobine, sem na sadržaj proteina u laktaciji ($p < 0.001$) ustanovljen je za sve faktore.

Uočava se da su za osobine dnevnog prinosa mleka visoki koeficijenti determinacije (od 0,6226, zatim 0,6079 i 0,6445), a niži za ostale, što se može dovesti u vezu sa koeficijentom naslednosti ispitivanih osobina.

Detaljniji pregled statističke obrade podataka i modeli dostupni su u prilogima rada, po značajnosti i faktorima.

Tabela 17. Uticaj sistematskih faktora na osobine mlečnosti perioda cele godine

Osobine	Sistemski faktori okoline tokom cele godine (N=717153)								R ²
	O _i	R _j	G _k	S _l	L _m	M _n	F _o	R _j *T _p	
d.f. ₁	2	3	6	3	5	11	4	15	
Dnevni prinos mleka, kg/dan	***	***	***	***	***	***	***	***	0,6226
Sadržaj masti,%	***	***	***	***	***	***	***	***	0,2909
Sadržaj proteina,%	***	***	***	***	***	***	***	**	0,1736
Prinos mleka u laktaciji, kg	***	***	***	***	***	***	***	***	0,1754
Prinos mleka u 305 dana laktaciji, kg	***	***	***	***	***	***	***	***	0,2232
Sadržaj masti u 305 dana,%	***	***	***	***	***	***	***	***	0,0737
Prinos masti u 305 dana, kg	***	***	***	***	***	***	***	***	0,2127
Sadržaj proteina u 305 dana,%	***	nz	***	nz	nz	nz	nz	nz	0,0006
Prinos proteina u 305 dana, kg	***	***	***	***	***	***	***	**	0,0163

*** p<0,001 veoma visoko značajno ** p<0,01 visoko značajno * p<0,05 značajno nz p>0,05 nije značajno

U tabeli 18 prikazan je veoma visoko značajan pojedinačni uticaj svih faktora na posmatrane tri osobine mlečnosti na dnevnom nivou (p<0,001) tokom dva perioda godine, osim faktora THI klase (p>0,05). Faktor THI je u interakciji sa rasom pokazao veoma visok značaj (p< 0,001) na osobine dnevnog prinosa mleka i sadržaj masti, i značajan (p<0,05) na osobinu sadržaj proteina. Dobijene vrednosti F testa sistemskih uticaja su u skladu sa ispitivanjima i drugih autora. U istraživanju Pantelića i sar. (2014) godina telenja imala je visoko značajan uticaj (p<0,01) na proizvodnju; prinos mleka i prinos mlečne masti. Sadržaj mlečne masti nije pokazao značajnija variranja usled uticaja godine telenja (p>0,05). Sezona telenja je visoko značajno uticala (p<0,01) na proizvodnju mleka, značajno (p<0,05) na proizvodnju mlečne masti, a na sadržaj mlečne masti nije imala značajnijeg uticaja (p>0,05). Poznavanje uticaja spoljašnjih faktora na varijabilnost osobina mlečnosti veoma je važno s obzirom na njihov značaj pri realizaciji odgajivačkih ciljeva i postizanju optimalnih ekonomskih rezultata.

Trifunović i sar. (2002) su ustanovili visoko značajan uticaj redosleda laktacije, godine i sezone telenja na ispitivane osobine mlečnosti (p< 0,01), osim na sadržaj mlečne masti (p>0,05). Petrović i sar. (2009; 2015) su ustanovili visoko značajan uticaj godine i sezone telenja na variranje prinosa mleka i mlečne masti (p<0,01). Gantner i sar. (2017) kao i Vučković i sar. (2019b) su ustanovili da značajan uticaj (p<0,05) na dnevne osobine mlečnosti imaju mikroklimatski parametri prikazani putem THI pokazatelja.

Tabela 18. Uticaj sistematskih faktora na osobine mlečnosti tokom hladnog i toplog perioda

Osobine	Sistemski faktori tokom hladnog perioda godine (n=408199)								R ²
	O _i	R _j	G _k	S _l	L _m	M _n	F _o	R _j *T _p	
d.f. ₁	2	3	6	3	5	6	4	12	
Dnevni prinos mleka, kg/dan	***	***	***	***	***	***	***	***	0,6079
Sadržaj masti,%	***	***	***	***	***	***	***	***	0,2818
Sadržaj proteina,%	***	***	***	***	***	***	***	*	0,1777
Osobine	Sistemski faktori tokom toplog perioda godine (n=308954)								R ²
	O _i	R _j	G _k	S _l	L _m	M _n	F _o	R _j *T _p	
d.f. ₁	2	3	6	3	5	4	4	9	
Dnevni prinos mleka, kg/dan	***	***	***	***	***	***	***	***	0,6445
Sadržaj masti,%	***	***	***	***	***	***	***	***	0,3060
Sadržaj proteina,%	***	**	***	***	***	***	***	nz	0,1693

*** p<0,001 veoma visoko značajno ** p<0,01 visoko značajno * p<0,05 značajno nz p>0,05 nije značajno

Shodno rezultatima iz tabela 17 i 18, Petrović i sar. (2015) takođe navode da su uticaji farmi, laktacionih grupa i sezone telenja na osobine mlečnosti statistički značajni (p<0,01). Popovac i sar., (2020), i Straczek i sar (2021) navode fazu laktacije kao faktor koji utiče na prinos mleka po grlu (p<0,05), kao i na prinos mlečne masti i prinos proteina (p<0,001). Pantelić i sar. (2013) navode uticaj laktacije po redu na pojavu visoko značajnih odstupanja (p<0,01) od opšteg proseka kod prinosa mleka, sadržaja mlečne masti, prinosa mlečne masti. Prosečna proizvodnja mleka tokom perioda rane laktacije (prvih 60 dana laktacije) bila je značajno veća (p<0,05) u prolećnim nego u letnjim sezonama (Joksimović-Todorović i sar., 2011; Shock i sar., 2016).

Ispitujući smanjenje dnevne proizvodnje mleka krava (Wildridge i sar. 2018) pronašli su povezanost između nivoa faktora THI i prinosa mleka po kravi na vrlo značajnom nivou (p<0,001), shodno rezultatima tabela 17 i 18.

Vučković i sar. (2019a) su u svojim istraživanjima uticaja mikroklimatskih parametara kod krava holštajn i simentalke rase utvrdili da faktor THI ima veoma visok značaj (p<0,001) na dnevnu proizvodnju mleka (prinos mleka, sadržaj masti, sadržaj proteina, sadržaj laktoze, sadržaj uree i broj somatskih ćelija).

Dakle, zaključno je to da na sve tri test-day osobine mlečnosti tokom toplog i tokom hladnog perioda svi faktori imaju veoma visoko značajan uticaj. Rasa kao najvažniji genetski faktor i svi ostali kao negenetski faktori, odnosno faktori okoline. Uticaj toplotnog stresa posmatran putem interakcije faktora rase i nivoa THI takođe ima veoma visoko značajan uticaj (p<0,001) na osobine dnevnog prinosa mleka i sadržaja mlečne masti u kontrolnom danu. Na sadržaj proteina u mleku, uticaj toplotnog stresa je nešto manje značajan, tokom hladnog perioda godine (p<0,05) i tokom cele godine (p<0,01).

4.5. Sredine najmanjih kvadrata ispitivanih osobina mlečnosti

Sredine najmanjih kvadrata (LSM) ispitivanih osobina mlečnosti po uticajima pojedinačnih faktora opisuju kako uticaje faktora, tako i razlike prema nivoima faktora.

4.5.1. Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po okruzima

Uticaj okruga kao fiksnog faktora unutar modela pokazao je veoma visok značaj na sve osobine tokom cele godine, kao i na sve tri test day osobine mlečnosti tokom hladnog i toplog perioda godine ($p < 0,001$).

Tabela 19. Sredine najmanjih kvadrata (LSM) osobina mlečnosti po okruzima posmatranih perioda

Osobine	Period cele godine (N=717153)		
	Mačvanski	Podunavski	Šumadijski
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,76	18,33	17,34
Sadržaj masti,%	3,97	3,97	4,02
Sadržaj proteina,%	3,17	3,24	3,23
Prinos mleka u laktaciji, kg	5542,48	5997,28	5643,24
Prinos mleka u 305 dana laktaciji, kg	4655,23	5265,54	4990,76
Sadržaj masti u 305 dana,%	3,86	3,95	3,98
Prinos masti u 305 dana, kg	179,83	208,41	198,75
Sadržaj proteina u 305 dana,%	3,14	3,27	3,23
Prinos proteina u 305 dana, kg	145,98	172,04	160,87
Osobine	Topli period godine (n=308954)		
	Mačvanski	Podunavski	Šumadijski
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,61	18,01	17,32
Sadržaj masti,%	3,96	3,96	4,01
Sadržaj proteina,%	3,17	3,23	3,24
Osobine	Hladni period godine (n=408199)		
	Mačvanski	Podunavski	Šumadijski
Dnevni prinos mleka, kg/dan	17,19	18,88	17,68
Sadržaj masti,%	3,96	3,97	4,01
Sadržaj proteina,%	3,17	3,25	3,23

Analizirajući celokupan set podataka najviši dnevni prinos mleka po grlu imaju grla sa teritorije Podunavskog okruga (18,33 kg/dan), kao i ukupan laktacijski prinos mleka (5265,54 kg) i prinos mleka u standardnoj laktaciji (5997,28 kg), u odnosu na druga dva okruga (Mačvanski i Šumadijski). Najviši sadržaj mlečne masti utvrđen je kod krava u Šumadijskom (4,02%), a najviši sadržaj proteina kod krava sa teritorije Podunavskog upravnog okruga (3,24%).

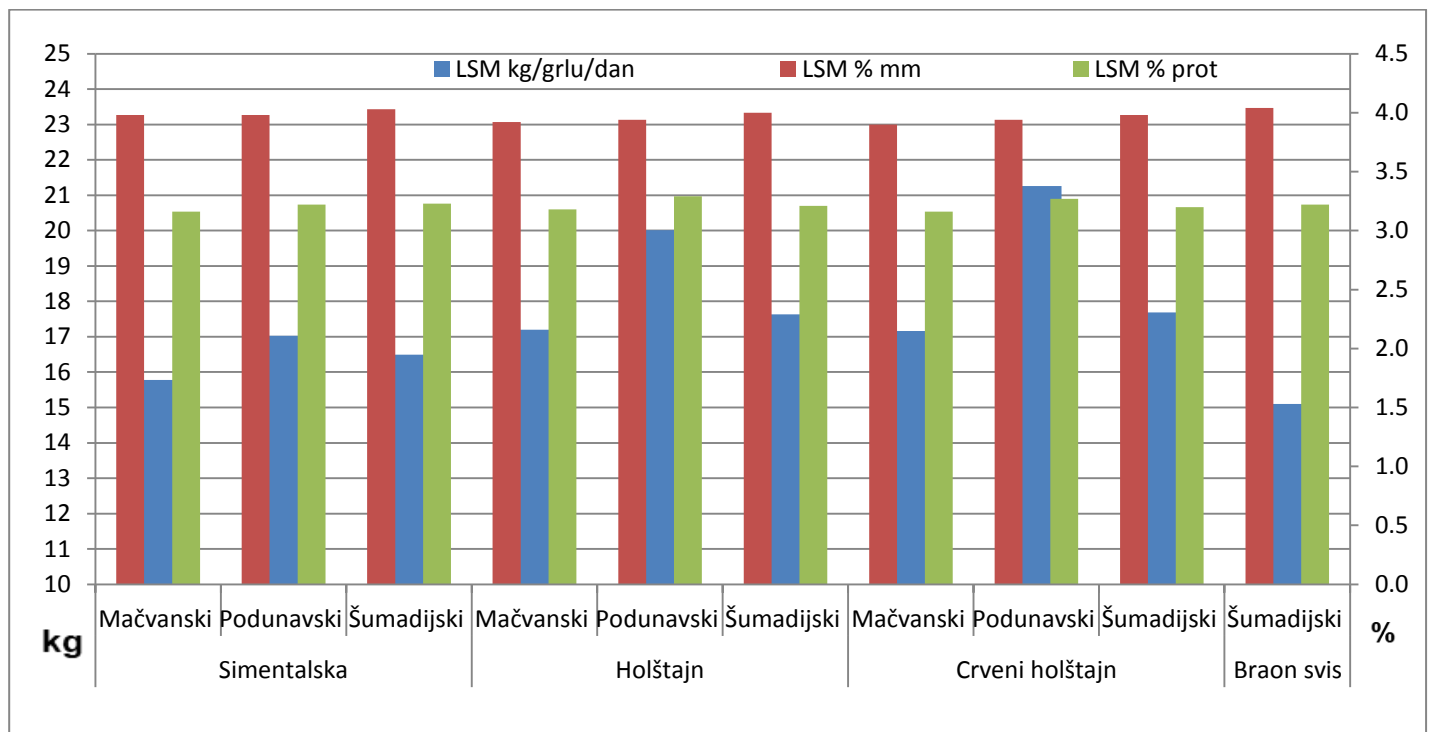
Pod uticajem toplotnog stresa tokom toplog perioda, a u odnosu na hladni period, dnevni prinosi mleka po grlu su niži za sva tri okruga. Na farmama u Mačvanskom okrugu proizvodnja mleka po grlu je bila manja za 0,58 kg/dan tokom toplog perioda u odnosu na hladni (17,19 kg odnosno 16,61 kg). Na farmama krava Podunavskog okruga dnevni prinos mleka tokom toplog perioda godine od 18,88 kg je bio manji za 0,87 kg nego prinos tokom hladnog perioda (18,01 kg/dan) Kod grla sa teritorije Šumadijskog okruga proizvodnja mleka po grlu je tokom toplog perioda bila niža za 0,36 kg (17,68 kg/dan tokom toplog i 17,32 kg/dan tokom hladnog perioda). Sadržaj mlečne masti u kontrolnom danu je smanjen kod grla na farmama u Podunavskom okrugu (sa 3,97 na 3,96%), ali ne i u druga dva

okrug (3,96 i 4,01%, odgovarajuće). Sadržaj proteina je smanjen kod grla sa teritorije Podunavskog okruga (sa 3,25 na 3,23%).

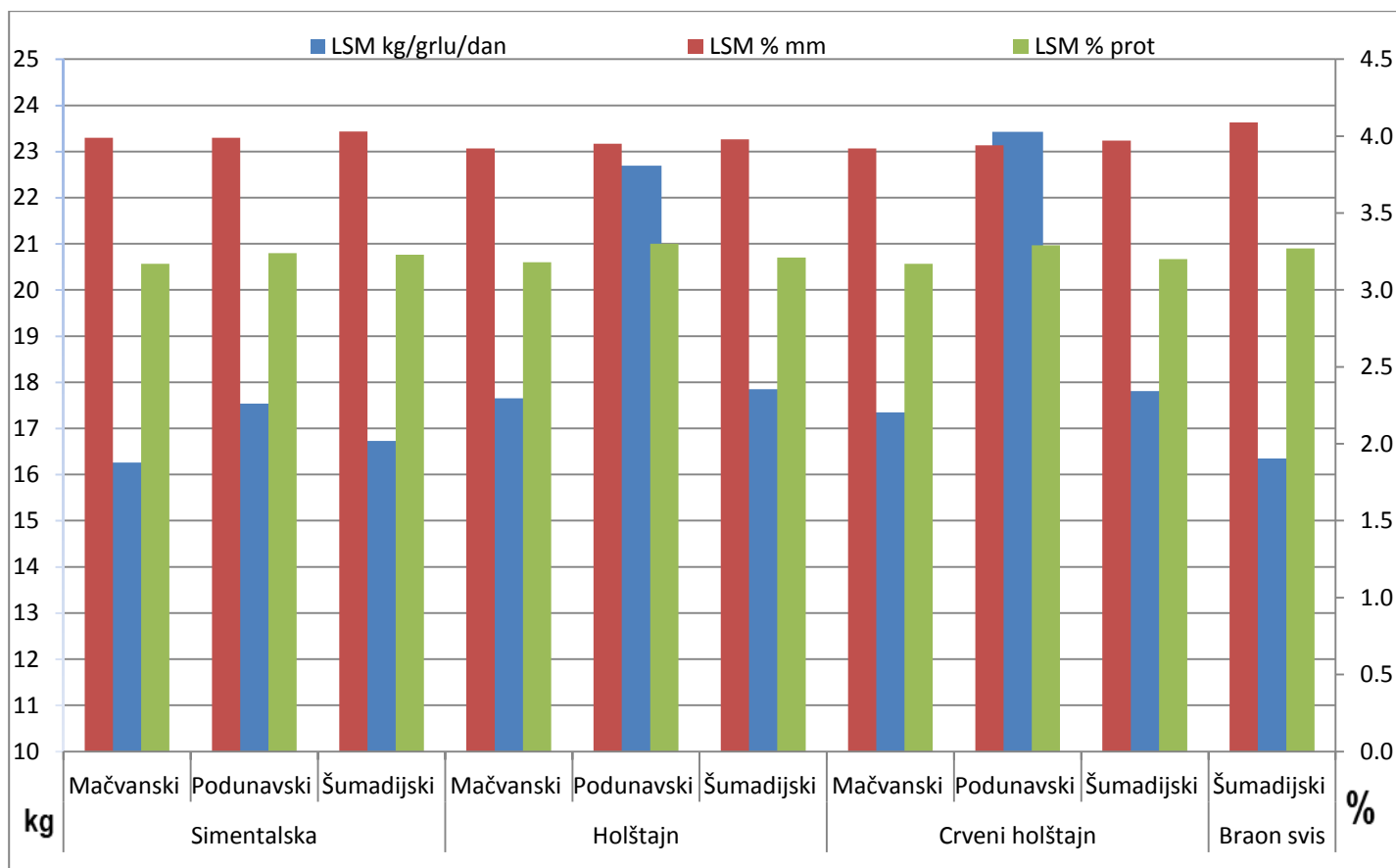
Bohmanova i sar., (2007) su utvrdili značajno postojanje razlika između regiona (Džordžija i Arizona). Naime, u Arizoni stresogene vrednosti THI od 76 do 81 zabeležene su tokom jula i avgusta, dok su u Džordžiji trajale duplo duže od juna do septembra. Isto se potvrdilo i u ovom radu za tri regiona Republike Srbije ($p < 0,001$).

Uticaje toplotnih stresora na različite regione i proizvodnju mleka kod krava utvrdilo je još autora u svojim istraživanjima. Bernabucci i sar., (2014) analizirajući proizvodnju mleka kod krava mediteranskog područja navode smanjenje mlečnosti krava tokom leta. Da se sa porastom THI vrednosti narušava kvalitet mleka i raste broj somatskih ćelija u mleku utvrdili su Bertocchi i sar. (2014). Carabano i sar. (2016) su ispitujući uticaj regiona u okviru četiri evropske populacije holštajn krava (Luxemburg, Belgija, Španija i Slovenija) na posmatrane vrednosti THI, zaključili da intervali prosečnih i maksimalnih THI vrednosti se značajno razlikuju između regiona.

Poređenje ostvarenih rezultata tri dnevne osobine mlečnosti po okruzima i po rasama za dva perioda tokom godine prikazane su na dva naredna grafika 1 i 2.



Grafik 1. LSM vrednosti osobina mlečnosti unutar okruga po rasama tokom toplog perioda



Grafik 2. LSM vrednosti osobina mlečnosti unutar okruga po rasama tokom hladnog perioda

Grla braon svvis rase su prisutna na teritoriji samo Šumadijskog upravnog okruga, dok su preostale tri rase prisutne u svakom od tri okruga. Najviši dnevni prinosa mleka ostvaruju grla podunavskog okruga i rase crveni holštajn, a zatim holštajn rase tokom oba perioda.

Bernabucci i sar., (2014), Bertocchi i sar. (2014) i Carabano i sar. (2016) su u svojim istraživanjima ispitivali uticaj različitih regiona, takođe, i zaključili da intervali prosečnih i maksimalnih toplotnih stresora se značajno razlikuju između njih.

Vučković i sar. (2019a) su u ispitivanjima mikroklimatskih parametara na proizvodnju mleka kod krava simentalke i holštajn rase, u tri regiona Republike Hrvatske, utvrdili veoma visok stepen korelacija ($p < 0,001$) nivoa THI i dnevnih osobina mlečnosti.

Sasvim je očekivano i može se zaključiti da okruzi, odnosno regioni između sebe imaju zasebne karakteristike koje ih karakterišu u klimatskom, ali i mikroklimatskom smislu, bilo da se njihov uticaj posmatra preko proizvodnje mleka krava jedne rase ili u okviru različitih rasa krava. Svaki region karakteriše njegov geografski i topografski položaj, shodno kojima ga karakteriše i klimat područja.

4.5.2. Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po rasama

Da otpornost na toplotni stres zavisi od rase uopšte svedoče genetske karakteristike samih rasa. Rasa kao posmatrani faktor pokazala je veoma visoko značajan uticaj ($p < 0,001$) na posmatrane osobine u ovom istraživanju. Faktor rase je u interakciji sa nivoom THI-a za osobine dnevnog prinosa mleka i sadržaj mlečne masti pokazao veoma visoko značajan uticaj ($p < 0,001$) i tokom toplog i tokom hladnog perioda. Za osobinu sadržaja proteina uticaj interakcije rase i THI-a je imao manji značaj ($p < 0,05$) tokom hladnog perioda, a pak nije bio značajan ($p > 0,05$) tokom toplog perioda.

Za period posmatranja cele godine, u tabeli 20 najviši dnevni prinos mleka od 18,54 kg ostvaruju grla holštajn i crvene holštajn rase, u odnosu na druge dve rase. Prinos mleka u laktaciji je nešto viši kod grla holštajn rase (5321,66 kg) nego grla crvenog holštajna (5293,02 kg). Grla braon sviz rase su ostvarila najmanji dnevni prinos mleka (16,18 kg), sa najvišim sadržajem masti i proteina (4,07 i 3,24%).

Da dve holštajn populacije imaju viši dnevni prinos mleka od simentalke rase, shodno prikazu rezultata, potvrdila su istraživanja i drugih autora (Straczek i sar. 2021; Knob i sar. 2021).

Postojanjem negativne korelacije između osobina mlečnosti i otpornosti goveda na toplotni stres, selekcija na mlečnost je prouzrokovala smanjenje adaptacije goveda na visoke temperature (Carabaño et al. 2019).

Kirovski i sar., (2012) navode da je koncentracija proteina u mleku uslovljena pre svega genetskim potencijalom jedinke, odnosno vrstom i rasom. U njihovom istraživanju krave holštajn rase (sa 3,06%) imaju niži prosečan sadržaj proteina u mleku u odnosu na krave simentalke rase (3,40%), što nije potvrđeno u ovom istraživanju (tabela 20).

Tabela 20. Sredine najmanjih kvadrata (LSM) osobina mlečnosti po rasama posmatranih perioda

Osobine	Period cele godine (N=717153)			
	Simentalska	Holštajn	Crveni holštajn	Braon sviz
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,66	18,54	18,54	16,18
Sadržaj masti,%	4,00	3,94	3,93	4,07
Sadržaj proteina,%	3,21	3,21	3,20	3,24
Prinos mleka u laktaciji, kg	5334,50	6108,81	6085,28	5382,08
Prinos mleka u 305 dana laktaciji, kg	4713,96	5321,66	5293,02	4553,41
Sadržaj masti u 305 dana,%	3,95	3,89	3,87	4,01
Prinos masti u 305 dana, kg	186,55	207,59	205,32	183,20
Sadržaj proteina u 305 dana,%	3,22	3,21	3,19	3,22
Prinos proteina u 305 dana, kg	151,92	171,04	168,96	146,59
Osobine	Topli period godine (n=308954)			
	Simentalska	Holštajn	Crveni holštajn	Braon sviz
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,43	18,03	18,06	16,73
Sadržaj masti,%	4,00	3,93	3,92	4,06
Sadržaj proteina,%	3,21	3,20	3,20	3,24
Osobine	Hladni period godine (n=408199)			
	Simentalska	Holštajn	Crveni holštajn	Braon sviz
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,85	19,02	18,85	16,94
Sadržaj masti,%	4,00	3,94	3,92	4,05
Sadržaj proteina,%	3,21	3,21	3,20	3,23

Smanjenje dnevnog prinosa mleka tokom toplog perioda godine u odnosu na hladni ostvarila su grla sve četiri rase. Simentalska rasa sa 16,85 kg na 16,43 kg, holštajn sa 19,02 kg na 18,03 kg, crveni holštajn sa 18,85 kg na 18,06 kg i grla braon sviz rase sa 16,94 kg na 16,73 kg.

Dobijeni rezultati upućuju na to da je potencijalno najotpornija rasa u skladu sa najnižim nivoom smanjenja prinosa mleka (-0,21 kg) braon sviz rasa. Nju slede simentalke rasa (-0,42 kg), zatim crveni holštajn (-0,79 kg) i kao najmanje otporna holštajn rasa (-0,99 kg).

Takođe, u skladu sa dobijenim rezultatima istraživanja, Atakan i Veysel, (2019) i Mylostyvyi i sar. (2021) navode da su grla braon svis rase otpornija na više temperature i viši nivo relativne vlage od holštajn frizijjskih i simentalke rase.

U ovom istraživanju rezultati pokazuju da je holštajn rasa najmanje tolerantna na toplotni stres u odnosu na ostale tri rase. Slične rezultate su dobili i Gantner i sar. (2017) u poređenju simentalke i holštajn rase, odnosno da je otpornija simentalka rasa. Isti autori postavljaju pitanje da li je simentalka rasa otpornija na toplotni stres? Da li je rezistencija pronađena u njihovom istraživanju posledica nižeg nivoa proizvodnje simentalke rase ili je ona genetski pogodnija za uticaje toplotnog stresa u proizvodnji mleka?

Nguyen i sar. (2017) u svojim istraživanjima navode da su za toleranciju na toplotu predisponirana grla sa nešto nižom proizvodnjom mleka, što u tabeli 20 upućuje na grla braon svis rase. Grla braon svis rase ostvaruju najmanji dnevni prinos mleka prikazano u prvom delu tabele 20, tokom cele godine.

Shodno tome, Bohmanova i sar. (2005) su otkrili da testirani bikovi holštajn rase sa većom tolerancijom na toplotu imaju ćerke sa nižom mlečnošću, ali koje imaju bolji kvalitet mleka i zdravlje vimena, duži proizvodni vek i veću stopu plodnosti.

Dobijeni rezultati su u skladu sa istraživanjima Bohmanove i sar. (2005) i Nguyen i sar. (2017), koji navode da su za toleranciju na toplotu predisponirana grla niže dnevne proizvodnje mleka.

Smanjenje sadržaja masti i proteina u kontrolnom danu poređenjem dva perioda je prisutno samo kod holštajn rase (sa 3,94% i 3,21% u hladnom na 3,93% i 3,20% u toplom, odgovarajuće) u prikazanim rezultatima.

Da sadržaj masti varira u zavisnosti od rase potvrđuju i istraživanja Soyeurt i sar. (2011) i Woolpert i sar. (2016), dok Knob i sar. (2021) su utvrdili postojanje razlika u sadržaju mlečne masti i sadržaju proteina između rasa.

S obzirom na to da je tolerancija na toplotni stres kod goveda nasledna osobina (Ravagnolo i Misztal, 2000, Garner i sar., 2017), genetskom selekcijom se može uticati na povećanje tolerantnosti na toplotni stres kod krava. Dobijene razlike između rasa u ovom i drugim istraživanjima su još jedna potvrda toga. Istraživanja Carabaño i sar. (2019) su potvrdila naslednost tolerancije na toplotni stres putem posmatranja osobina nivoa telesne temperature, frekvencija rada srca i brzine disanja.

Bohmanova i sar. (2007) navode da nivo toplotnog stresa može zavisiti i od karakteristika pokrivača tela životinje. Gen odgovoran za dužinu i boju dlake u genomu goveda i "gen toplotnog šoka" kao gen kandidat za termotoleranciju kod mlečnih rasa goveda mogu uticati na održavanje nižeg nivoa telesne temperature životinja (Xiong i sar., 2013; Das i sar., 2016).

Nardone i sar. (2010) su naglasili da grla goveda sa više masnih naslaga u stadu, zatim ona sa dužom i gušćom dlakom i/ili tamnom bojom pigmenta i dlake su manje otporna na toplotni stres.

Dikmen i sar., (2009) tvrde da je boja dlake povezana sa apsorpcijom sunčevog zračenja, a dužina dlake sa konvektivnim provodljivim gubitkom toplote.

Iz navedenih rezultata i poređenja može se zaključiti da otpornost krava opada sa porastom njihove mlečnosti. Holštajn rasa je pokazala najmanju otpornost i najveću mlečnost, dok je braon svis rasa ostvarila najbolju otpornost, a slede je simentalka i crvena holštajn rasa.

Drugo, krave holštajn rase su prikazom dva perioda godine jedine ostvarile smanjenje sadržaja mlečne masti i proteina (3,94% i 3,21% tokom toplog i 3,93% i 3,20% tokom hladnog perioda).

4.5.3. Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po godinama teljenja

Godina kao faktor, bilo rođenja grla ili teljenja grla, je često u analize uključen kao fiksni faktor u modelima za procenu varijabilnosti različitih osobina kod domaćih životinja. U ovom istraživanju uticaj godine teljenja krava je veoma visoko statistički značajano uticao ($p < 0,001$) na sve osobine, kroz sva tri perioda posmatranja.

Najnižu dnevnu proizvodnju mleka od 16,69 kg/dan krave su ostvarile tokom 2014. godine (tabela 21). Prinos mleka u standardnoj laktaciji i u ukupnoj laktaciji je bio najniži u 2013. godini, kao i sadržaj masti na kontrolnom danu (3,96%) i u standardnoj laktaciji (3,91%). Najviše vrednosti osobina dnevnog prinosa mleka (17,53 kg/dan) i prinosa mleka u standardnoj laktaciji (5557,06 kg), prinosa masti i proteina (223,32 i 176,70 kg) su ostvarene tokom 2019. godine.

Tabela 21. Sredine najmanjih kvadrata (LSM) osobina mlečnosti po godinama telenja posmatranih perioda

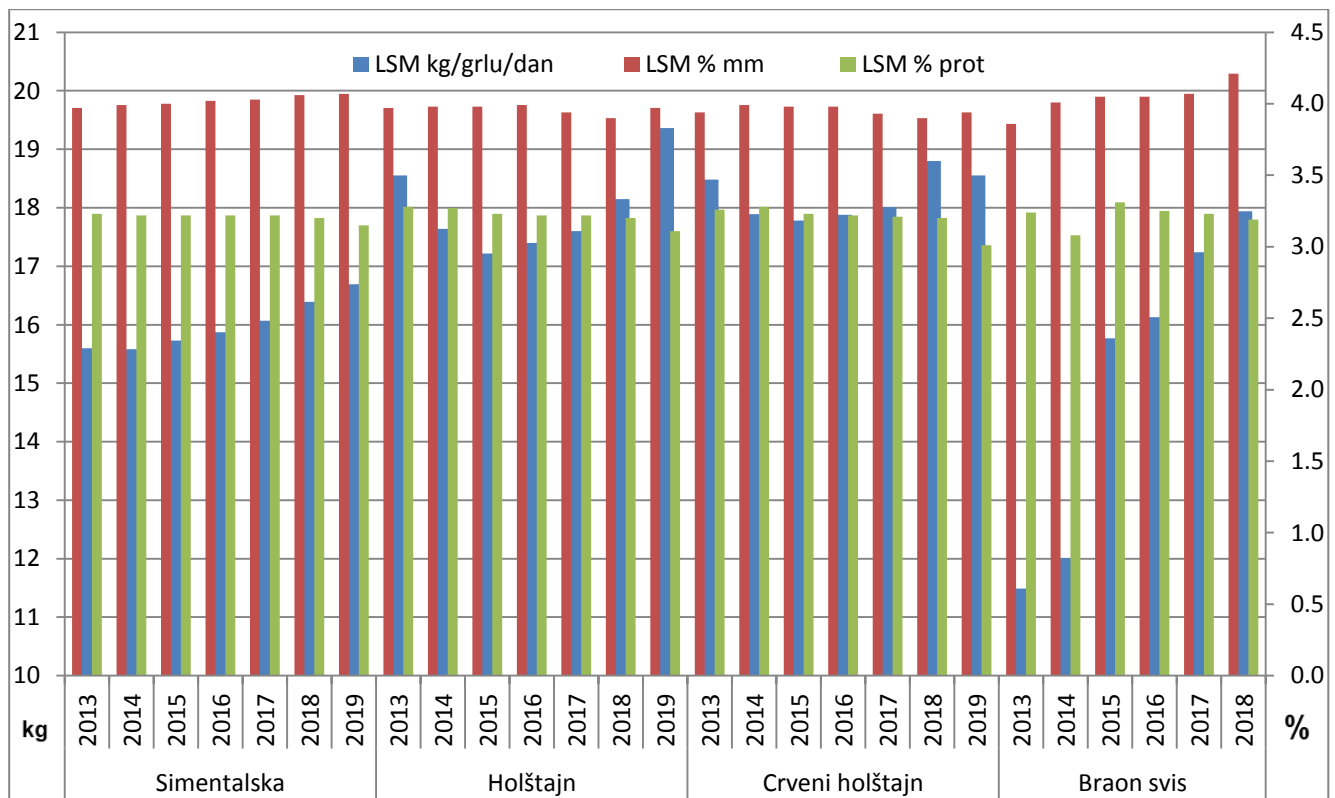
Osobine	Period cele godine (N=717153)						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,87	16,69	16,77	16,83	17,01	17,46	17,53
Sadržaj masti,%	3,96	3,99	3,99	4,01	4,02	4,04	4,06
Sadržaj proteina,%	3,25	3,24	3,23	3,23	3,23	3,20	3,15
Prinos mleka u laktaciji, kg	5611,58	5679,65	5717,39	5742,93	5810,02	5893,51	5733,87
Prinos mleka u 305 dana laktaciji, kg	5046,09	5156,35	5188,74	5221,76	5292,65	5461,26	5557,06
Sadržaj masti u 305 dana,%	3,91	3,92	3,92	3,93	3,95	3,97	4,02
Prinos masti u 305 dana, kg	197,49	202,50	203,39	205,49	209,32	216,90	223,32
Sadržaj proteina u 305 dana,%	3,34	3,23	3,20	3,20	3,20	3,19	3,18
Prinos proteina u 305 dana, kg	167,24	166,28	166,47	167,23	169,70	174,07	176,70
Osobine	Topli period godine (n=308954)						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,57	16,49	16,59	16,72	16,92	17,27	17,62
Sadržaj masti,%	3,95	3,98	3,98	3,99	4,01	4,02	4,04
Sadržaj proteina,%	3,24	3,23	3,23	3,23	3,22	3,20	3,15
Osobine	Hladni period godine (n=408199)						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Dnevni prinos mleka, kg/dan	17,57	17,16	17,23	17,23	17,41	17,92	17,78
Sadržaj masti,%	3,95	3,98	3,98	4,01	4,02	4,04	4,07
Sadržaj proteina,%	3,25	3,24	3,24	3,23	3,23	3,20	3,16

Posmatranjem smanjenja dnevnog prinosa mleka u toplom periodu u odnosu na hladni, najviše se smanjio prinos tokom 2013. godine za 1,00 kg/grlu/dan, a najmanje 2019. godine 0,16 kg/grlu/dan.

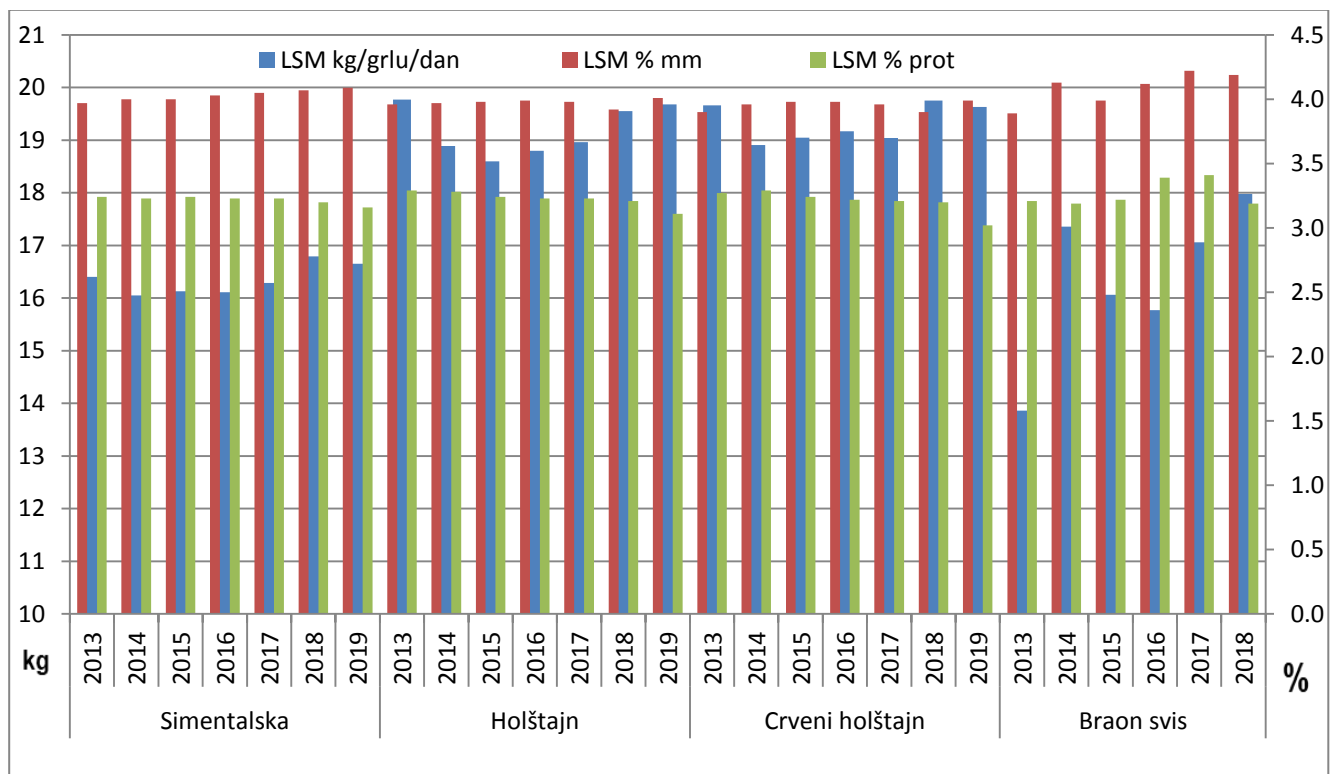
Smanjenje sadržaja masti u kontrolnom danu poređenjem hladnog i toplog perioda utvrđeno je od 2016 do 2019 godine, ali ne i prethodne tri. Smanjenje sadržaja proteina je registrovano od 2013 do 2015, zatim 2017. i 2019. godine.

Nasuprot rezultatima iz ovog istraživanja, Popovac i sar. (2020) su utvrdili da godina telenja nema značajnog uticaja na osobine prinosa mleka i prinosa proteina ($p>0,05$).

Iz prikazanih rezultata tabele 21, nezavisno od perioda, može se zaključiti da se ukupan laktacijski prinos mleka povećavao od 2013. do 2019. godine, kao i sadržaj mlečne masti (i na dnevnom i na laktacijskom nivou), dok je se sadržaj proteina blago smanjivao.



Grafik 3. LSM vrednosti osobina mlečnosti po godinama i rasama tokom toplog perioda



Grafik 4. LSM vrednosti osobina mlečnosti po godinama i rasama tokom hladnog perioda

Graficima 3 i 4 prikazane su razlike po rasama tokom godina teljenja krava i kroz dva perioda tokom godine. Tokom godina i toplog perioda, konstantan porast u ostvarenom dnevnom prinosu mleka i sadržaju mlečne masti zabeležen je za grla simentalске i braon svis rase. Populacije holštajna rase i crvenog holštajna ostvarile su smanjenje dnevne količine mleka od 2013. do 2015. godine, a zatim povećanje.

4.5.4. Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po sezonama teljenja

Sezona je često uključen fiksni faktor koji se koristi da prikaže uticaj na osobine mlečnosti kod krava. Na taj način se sezone tokom godine izdvajaju po svojoj podobnosti za proizvodnju. Tako na primer, ukoliko uslovi koji karakterišu povoljnu sezonu tokom godine potraju duže time mogu ublažiti efekat manje povoljne sezone, te njen nepovoljan uticaj može biti manji. U ovom istraživanju je faktor sezone pokazao veoma visoko značajan uticaj na ispitivane osobine ($p < 0,001$).

Tabela 22. Sredine najmanjih kvadrata (LSM) osobina mlečnosti po sezonama teljenja posmatranih perioda

Osobine	Period cele godine (N=717153)			
	Zima	Proleće	Leto	Jesen
Dnevni prinos mleka, kg/dan	17,55	17,41	17,37	17,58
Sadržaj masti,%	3,99	3,98	3,98	3,99
Sadržaj proteina,%	3,22	3,22	3,22	3,21
Prinos mleka u laktaciji, kg	5698,19	5724,39	5741,18	5746,91
Prinos mleka u 305 dana laktaciji, kg	4985,54	4923,29	4952,22	5021,00
Sadržaj masti u 305 dana,%	3,93	3,92	3,93	3,94
Prinos masti u 305 dana, kg	196,23	193,54	194,79	198,09
Sadržaj proteina u 305 dana,%	3,21	3,21	3,22	3,21
Prinos proteina u 305 dana, kg	159,88	158,16	159,35	161,11
Osobine	Topli period godine (n=308954)			
	Zima	Proleće	Leto	Jesen
Dnevni prinos mleka, kg/dan	17,76	17,65	16,78	17,06
Sadržaj masti,%	3,97	3,96	3,98	3,99
Sadržaj proteina,%	3,21	3,21	3,22	3,21
Osobine	Hladni period godine (n=408199)			
	Zima	Proleće	Leto	Jesen
Dnevni prinos mleka, kg/dan	17,71	17,64	18,06	18,25
Sadržaj masti,%	3,98	3,98	3,97	3,98
Sadržaj proteina,%	3,22	3,22	3,21	3,21

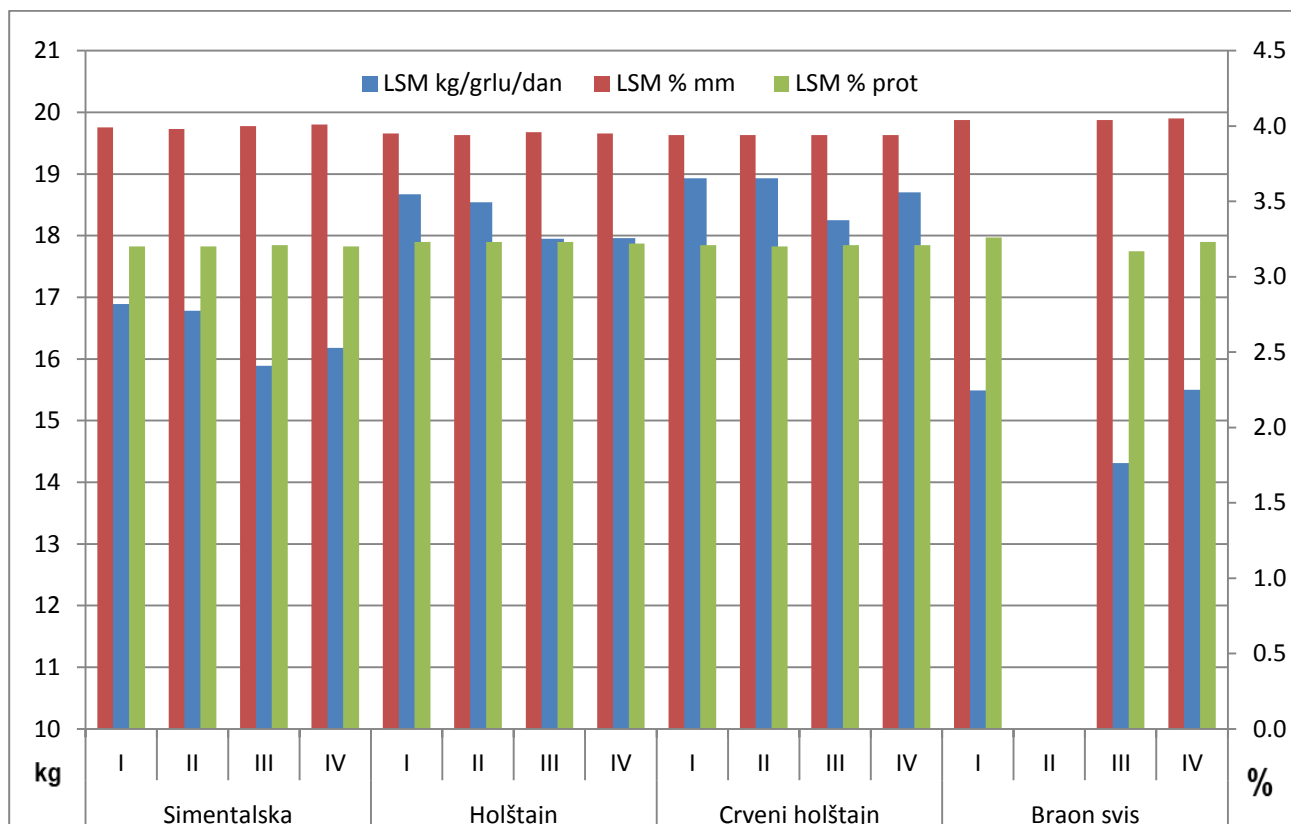
Rezultati u tabeli 22 tokom cele godine posmatranja, prikazuju da su grla oteljena u sezoni jeseni ostvarila najvišu proizvodnju mleka po danu (17,58 kg/dan), kao i u standardnoj laktaciji (5021,00 kg). Zatim slede grla oteljena tokom zime (17,55 kg/dan), pa proleća (17,41 kg/dan) i najnižu oteljena u sezoni leta (17,37 kg/dan). Sadržaj masti utvrđen u kontrolnom danu ima višu vrednost tokom sezone jeseni i zime (3,99%) u odnosu na sezone proleća i leta (3,98%). Sličan rezultat izmenjenog sadržaja mlečne masti i proteina tokom zimske sezone u odnosu na letnju sezonu utvrdili su i Gaafar i sar. (2011).

Smanjenje dnevnog prinosa mleka posmatranjem hladnog i toplog perioda utvrđeno je kod krava oteljenih tokom sezone leta (sa 18,06 na 16,78 kg/dan) i sezone jeseni (sa 18,25 na 17,06 kg/dan). Sadržaj masti u kontrolnom danu je niži kod krava oteljenih tokom zime (sa 3,98 na 3,97%) i proleća (sa 3,98 na 3,96%). To je i potvrda postojanja negativne korelacije između osobina prinosa mleka i sadržaja mlečne masti.

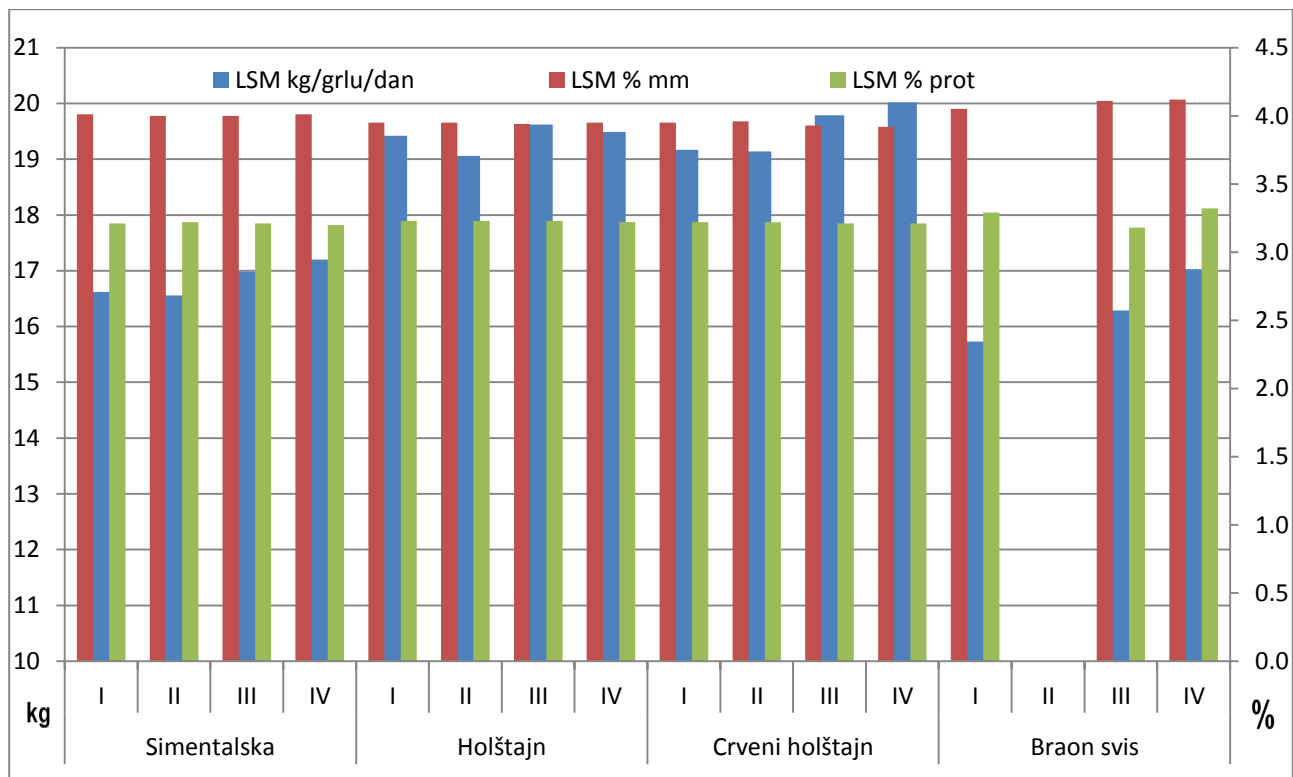
Bernabucci i sar. (2015) su utvrdili rezultate da sadržaj mlečne masti tokom letnjih meseci iznosi 3,20%, tokom zime 3,80% i proleća 3,61%. Navedene vrednosti su niže u odnosu na rezultate prikazane u tabeli 22.

Gaafar i sar. (2011), Joksimović-Todorović i sar. (2011), Shock i sar. (2016), navode uticaj sezone leta na smanjenje prinosa i kvalitet mleka. Rauba i sar., (2019) navode da letnja sezona tokom godine smanjuje proizvodnju mlečnih krava. Popovac i sar. (2020) su utvrdili da sezona teljenja ima značajan uticaj na osobine prinos mleka i prinos proteina ($p < 0,05$).

Prikazom rezultata cele godine i rezultata tokom toplog perioda dnevni prinos mleka je najniži tokom sezone leta, a to je na neki način i očekivano i potvrđeno u velikom broju istraživanja. Samim saznanjem i pretpostavkom da sezona leta najnepovoljnije utiče na mlečnost krava treba nastojati da se uticaj sezone leta što više umanja. Preventiva nepovoljnom stresogenom uticaju leta mogu biti različiti veštački uticaji na mikroklimat životnog prostora krava. Jingjun i sar. (2020) navode da selekcijom genetski tolerantnih rasa, fizičkim modifikacijama objekata i okoline i adekvatnim upravljanjem načinom ishrane mogu se obrazovati strategije za prevazilaženje negativnih efekata toplotnog stresa kod krava tokom leta.



Grafik 5. LSM vrednosti osobina mlečnosti po sezonama teljenja i rasama tokom toplog perioda



Grafik 6. LSM vrednosti osobina mlečnosti po sezonama teljenja i rasama tokom hladnog perioda

Na graficima 5 i 6 dat je uporedni prikaz ostvarenih vrednosti osobina po sezonama teljenja i po rasama u dva perioda posmatranja tokom godine. U setu uključenih podataka nije bilo oteljenih krava braon svis rase tokom prolećne sezone.

Krave svih rasa, tokom toplog dela godine, su ostvarile najniže dnevne prinose mleka kod krava oteljenih tokom sezone leta (III sezona), a najviše kod krava oteljenih tokom sezone zime (I sezona) i sezone jeseni (IV sezona) na grafiku 5. Isto su potvrdili i navedeni rezultati drugih autora: Gaafar i sar. (2011), Joksimović-Todorović i sar. (2011), Shock i sar. (2016).

Kod krava svih rasa na grafiku 6, tokom hladnijeg dela godine, rezultati po sezonama su nešto drugačiji. Naime, najviši prinos mleka ostvaruju krave oteljene tokom sezone zime (IV sezona), a najniži krave oteljene tokom sezone proleća (II sezona), a ne sezone leta.

4.5.5. Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po rednom broju laktacije

Redosled laktacije, kao kriterijum bliže opisuje uzrast krava, tako što sa porastom rednog broja laktacije raste i uzrast, odnosno starost krava. Sa većim brojem ostvarenih laktacija povećava se dugovečnost krava. Broj ostvarenih laktacija po kravi se može posmatrati i kao osobina i kao faktor uticaja. Broj ostvarenih laktacija je prosečno manji za grla holštajn i crveni holštajn rasu, nego simentalsku, te se tako simentalska rasa smatra dugovečnijom.

Redosled laktacije kao fiksni faktor u ovom istraživanju pokazao je veoma visoko značajan uticaj ($p < 0,001$) na osobine mlečnosti krava. To znači da se proizvodnja mleka (prinos i kvalitet) značajno razlikuje zbog redosleda laktacije, kod prvotelke u odnosu na drugotelke, trećetelke i tako dalje.

U tabeli 23 su prikazane vrednosti sredina najmanjih kvadrata posmatranih osobina mlečnosti po redosledu laktacije. Najviši dnevni prinos mleka (18,18 kg/dan), ukupan laktacijski prinos za celu laktaciju (5968,07 kg), kao i prinos u standardnoj laktaciji (5181,80 kg) ostvarile su krave u trećoj

laktaciji. Najviši sadržaj masti u kontrolnom danu (4,00%) i laktaciji (3,94%) ostvarile su krave tokom šeste i kasnijih laktacija. Sadržaj proteina u kontrolnom danu je viši tokom druge, treće i četvrte laktacije (3,22%). Osobine prinosa masti i proteina su bile u skladu sa osobinama prinosa mleka.

Tabela 23. Sredine najmanjih kvadrata (LSM) osobina mlečnosti po rednom broju laktacije posmatranih perioda

Osobine	Period cele godine (N=717153)					
	I	II	III	IV	V	VI+
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,73	17,57	18,18	17,83	17,45	17,11
Sadržaj masti,%	3,98	3,98	3,99	3,99	3,99	4,00
Sadržaj proteina,%	3,21	3,22	3,22	3,22	3,21	3,21
Prinos mleka u laktaciji, kg	5500,16	5776,61	5968,07	5835,75	5704,18	5581,23
Prinos mleka u 305 dana laktaciji, kg	4740,50	5000,48	5181,80	5076,52	4965,48	4858,29
Sadržaj masti u 305 dana,%	3,92	3,92	3,93	3,93	3,93	3,94
Prinos masti u 305 dana, kg	186,29	196,65	204,07	199,85	195,57	191,55
Sadržaj proteina u 305 dana,%	3,22	3,22	3,21	3,21	3,20	3,21
Prinos proteina u 305 dana, kg	152,64	160,87	166,23	162,87	159,02	156,13
Osobine	Topli period godine (n=308954)					
	I	II	III	IV	V	VI+
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,61	17,40	17,98	17,64	17,27	16,98
Sadržaj masti,%	3,96	3,97	3,98	3,98	3,98	3,98
Sadržaj proteina,%	3,21	3,21	3,22	3,21	3,21	3,21
Osobine	Hladni period godine (n=408199)					
	I	II	III	IV	V	VI+
Dnevni prinos mleka, kg/dan	17,13	18,01	18,65	18,29	17,89	17,52
Sadržaj masti,%	3,97	3,97	3,98	3,98	3,98	3,99
Sadržaj proteina,%	3,21	3,21	3,22	3,21	3,21	3,21

Tokom toplog perioda u odnosu na hladni ostvarene su promene vrednosti za osobinu dnevnog prinosa mleka u svih šest nivoa faktora. Dakle, u svakoj laktaciji se smanjuje dnevni prinos mleka po grlu (u prvoj za 0,52 kg/dan, u drugoj za 0,61 kg/dan, u trećoj 0,67 kg/dan, četvrtoj 0,65 kg/dan, petoj 0,62 kg/dan i u šestoj i narednim za 0,54 kg/dan). Za osobinu sadržaja masti u kontrolnom danu – u prvoj (sa 3,97 na 3,96%), i šestoj laktaciji (3,99 na 3,98%) su niže vrednosti tokom toplog perioda. Kod osobine sadržaja proteina u kontrolnom danu nije bilo smanjenih vrednosti.

U ovom istraživanju najviši dnevni prinos mleka krave ostvaruju u III laktaciji u oba perioda (tokom hladnog 18,65 i tokom toplog 17,98 kg/dan). U istoj III laktaciji je i najveće smanjenje dnevnog prinosa mleka pod uticajem toplotnog stresa, za 0,67 kg/dan.

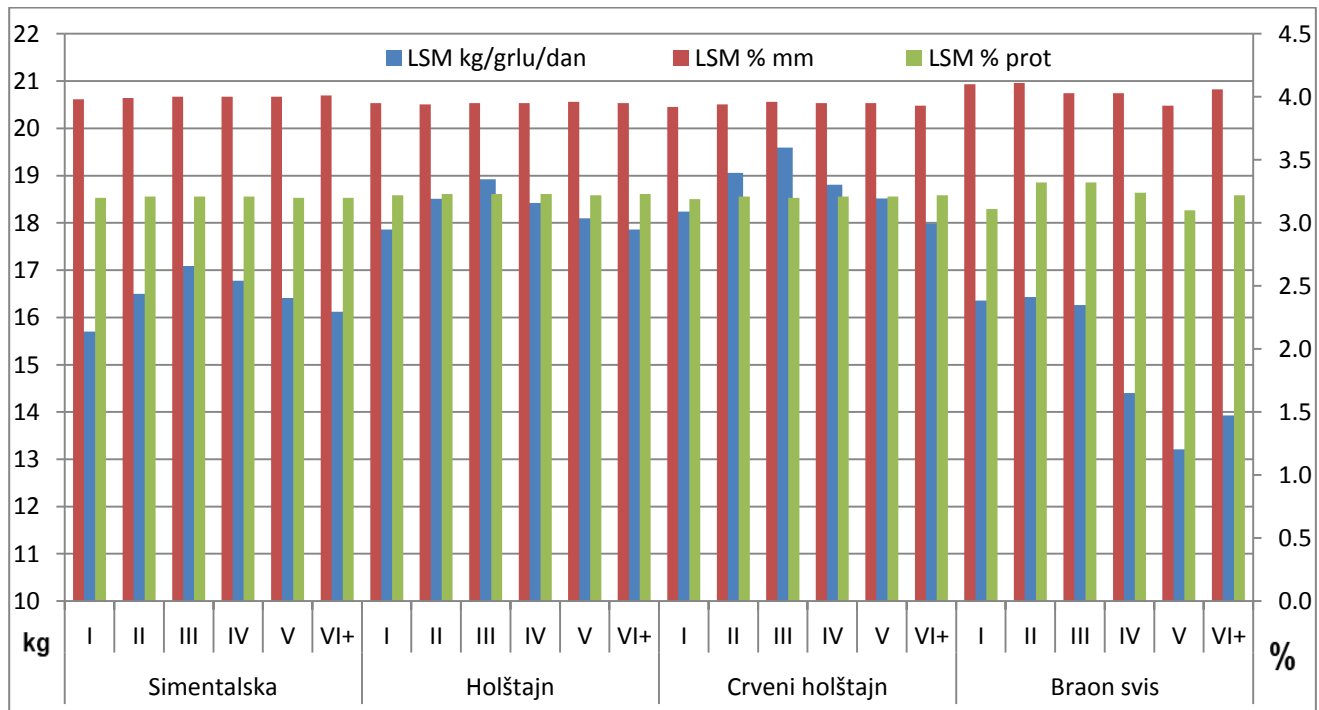
Posmatrajući redosled laktacije, Straczek i sar. (2021) navode da ovaj faktor utiče kako na prinos mleka po grlu ($p \leq 0,05$), tako i na prinos mlečne masti i prinos proteina ($p < 0,001$).

Gantner i sar (2017) navode da su krave u prvoj laktaciji bolje otporne na toplotni stres u odnosu na one u narednim laktacijama, što je potvrđeno i u ovom istraživanju. Isti autori navode smanjenje dnevne proizvodnje mleka kod prvotelki holštajn rase u količini od 0,158 kg/dan kada je THI=68, odnosno 0,335 kg/dan kada je THI=72, dok je kod simentalke rase upola manje. Kod drugotelki holštajn rase smanjenje je bilo u intervalu od 0,424 do 0,768 kg/dan, a simentalke rase od 0,064, do 0,234 kg/dan.

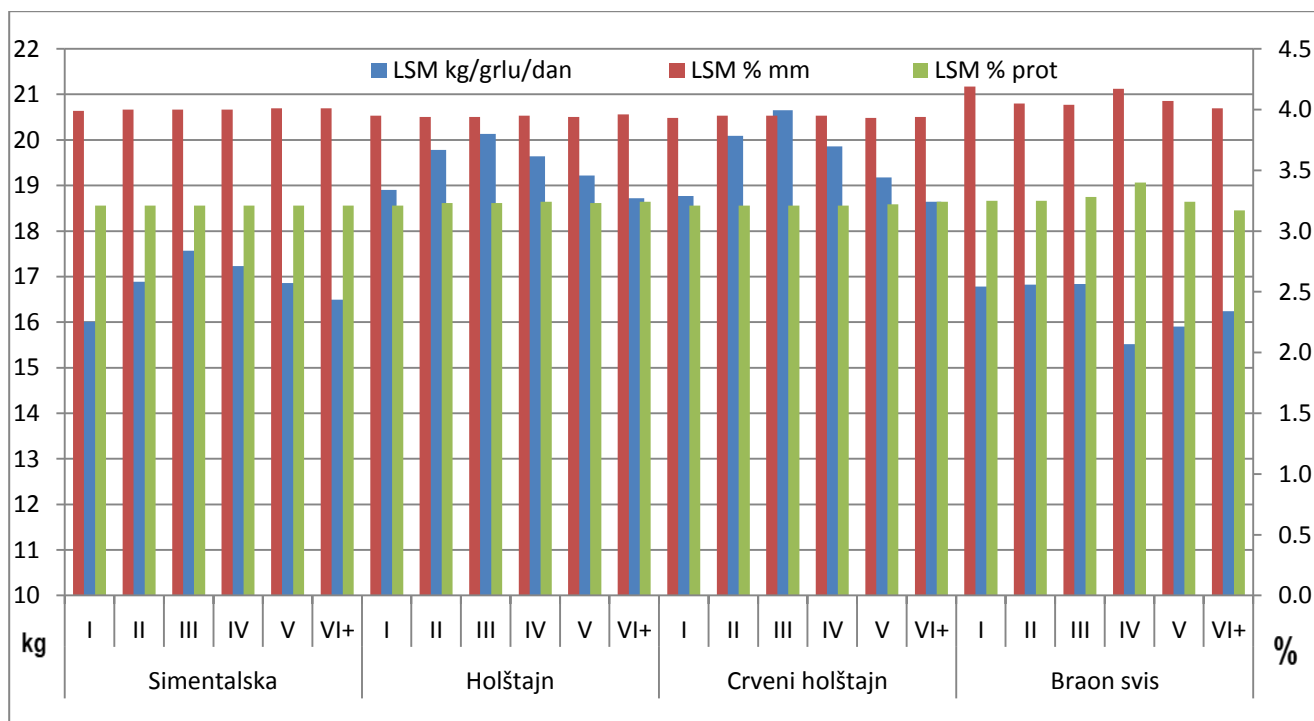
Wang i sar., (2020) ističu da mlađe kategorije goveda (u prvoj laktaciji u odnosu na naredne) uopšte generišu manje metaboličke toplote i imaju veću površinu tela u odnosu na telesnu masu, što efikasno rasipa telesnu toplotu po površini tela i zbog toga se smatraju tolerantnijim na toplotni stres od starijih muznih krava. Isti rezultat je dobijen i u ovom istraživanju, da je najmanje smanjenje dnevnog prinosa mleka kod prvotelki u odnosu na krave nakon narednih telenja. Kod prvotelki je utvrđen dnevni prinos mleka od 17,13 kg/dan tokom hladnog i 16,61 kg/dan tokom toplog perioda, odnosno manji prinos mleka za 0,52 kg/dan.

Iz prikazanih rezultata ovih istraživanja može se potvrditi da su na toplotni stres najotpornije prvotelke tokom prve laktacije, u poredjenju sa drugotelkama i višetelkama, jer imaju manju dnevnu proizvodnju mleka po grlu, a samim tim i manje smanjenja prinosa mleka. Najosetljivije su krave u trećoj laktaciji kada ostvaruju i najviši prinos mleka tokom dana i tokom laktacije (cele i standardne). Dakle, sa porastom prinosa mleka u laktaciji, otpornost krava na toplotni stres se smanjuje.

Trend promene vrednosti ostvarenog dnevnog prinosa mleka prema rednom broju laktacija prikazan je na graficima 7 i 8 po rasama. Tokom oba perioda posmatranja, toplog i hladnog dela godine, kod svih rasa trend pokazuje porast prinosa mleka u danu od prve do treće laktacije, a zatim smanjenje prinosa mleka od treće ka kasnijim laktacijama. Za osobine sadržaj mlečne masti i sadržaj proteina, razlike su manje izražene.



Grafik 7. LSM vrednosti osobina mlečnosti po rednom broju laktacije i rasama tokom toplog perioda



Grafik 8. LSM vrednosti osobina mlečnosti po rednom broju laktacije i rasama tokom hladnog perioda

4.5.6. Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po mesecima kontrole

Meseci tokom godine kao faktor u ovom istraživanju su bili neophodni jer se na osnovu njih polazni period cele godine mogao podeliti na druga dva perioda, topli period (od maja do septembra) i hladni period godine (od oktobra do aprila). Meseci u godini su korišćeni i za formiranje sezona u godini. Meseci tokom godine su uticali veoma visoko značajno ($p < 0,001$) kao faktor u postavljenom modelu na vrednosti osobina mlečnosti.

LSM vrednosti osobina po mesecima kontrole tokom godine prikazane su u tabeli 24. Najviše dnevne prinose mleka ostvarile su krave tokom redovne kontrole tokom februara meseca (17,78 kg/grlu/dan). Sadržaj masti je imao niže vrednosti od maja do septembra (3,98%), što odgovara periodu toplotnog uticaja.

Tabela 24. Sredine najmanjih kvadrata (LSM) osobina mlečnosti po mesecima kontrole posmatranih perioda

Osobine	Period cele godine (N=717153)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Dnevni prinos mleka, kg/dan	17,69	17,78	17,66	17,62	17,31	17,25	17,25	17,31	17,22	17,48	17,56	17,59
Sadržaj masti,%	3,99	3,99	3,99	3,99	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,99	3,99	4,00
Sadržaj proteina,%	3,21	3,21	3,22	3,21	3,21	3,21	3,21	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
Prinos mleka u laktaciji, kg	5748,35	5749,71	5746,49	5743,61	5686,85	5703,74	5710,49	5712,07	5701,84	5745,38	5737,92	5745,56
Prinos mleka u 305 dana laktaciji, kg	4985,52	4981,46	4978,56	4994,34	4953,21	4954,97	4943,23	4947,93	4950,35	4989,45	4982,21	4984,92
Sadržaj masti u 305 dana,%	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93
Prinos masti u 305 dana, kg	196,19	196,04	195,86	196,67	195,19	195,29	194,66	194,67	194,83	196,28	196,06	196,20
Sadržaj proteina u 305 dana,%	3,20	3,21	3,21	3,22	3,22	3,23	3,21	3,21	3,21	3,20	3,20	3,21
Prinos proteina u 305 dana, kg	159,76	159,82	159,73	160,72	159,42	159,80	158,86	159,05	158,88	159,97	159,70	159,82
Osobine	Topli period godine (n=308954)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Dnevni prinos mleka, kg/dan					17,41	17,31	17,28	17,33	17,23			
Sadržaj masti,%					3,98	3,98	3,97	3,97	3,98			
Sadržaj proteina,%					3,21	3,21	3,21	3,22	3,22			
Osobine	Hladni period godine (n=408199)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Dnevni prinos mleka, kg/dan	17,97	18,07	17,95	17,89						17,80	17,86	17,86
Sadržaj masti,%	3,98	3,98	3,98	3,98						3,98	3,99	3,99
Sadržaj proteina,%	3,21	3,21	3,21	3,21						3,22	3,22	3,21

Poređenjem dnevnih prinosa mleka tokom istih meseci hladnog perioda i vrednosti za period cele godine, u svakom mesecu je viši prinos mleka u hladnom nego u ukupno posmatranom periodu, dok to nije slučaj sa mesecima toplog perioda.

Renna i sar. (2010) navode značajno smanjenje prinosa mleka, sadržaj masti i proteina tokom letnjih meseci, počev od juna meseca.

Posmatrajući mesece u godini Bernabucci i sar. (2015) su utvrdili značajno smanjenje sadržaja mlečne masti tokom letnjih meseci (3,20%) u poređenju sa vrednostima tokom zime (3,80%) i proleća (3,61%).

Sa druge strane, Cowley i sar. (2015) nisu pronašli značajne razlike za sadržaj mlečne masti između krava u termoneutralnim uslovima i tokom uslova u kojima je ispoljen toplotni stres, što je u skladu sa rezultatima iz ovog istraživanja.

4.5.7. Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po fazama laktacije

Faze laktacije kao faktor služe da bliže objasne i pojasne tok proizvodnje mleka od početka lučenja mleka do zasušenja tokom celokupnog broja dana. Sve promene nastale tokom neke od pet faza laktacije mogu se izmeriti i statistički analizirati. Odnos nastalih razlika po fazama laktacije u proizvodnji i kvalitetu mleka pokazao je veoma visok stepen statističke značajnosti ($p < 0,001$), koje su prikazane u tabeli 25.

Krave ostvaruju najviši dnevni prinos mleka u drugoj fazi (od 61-120 dana laktacije) od 21,99 kg/grlu/dan. Zatim u prvoj (prvih 60 dana) od 20,62 kg/grlu/dan, potom u trećoj fazi (121-200 dana) od 19,10 kg/grlu/dan, četvrtoj (201-300 dana) od 14,37 kg/grlu/dan i petoj (nakon 300 dana) od 11,30 kg/grlu/dan. Sadržaj masti u kontrolnom danu je rastao iz faze u fazu, od prve do pete (od 3,85 na početku laktacije do 4,14% na kraju laktacije), kao i sadržaj proteina kontrolnog dana (od 3,15% na početku laktacije do 3,29% na kraju laktacije).

Tabela 25. Sredine najmanjih kvadrata (LSM) osobina mlečnosti po fazama laktacije posmatranih perioda

Osobine	Period cele godine (N=717153)				
	I	II	III	IV	V
Dnevni prinos mleka, kg/dan	20,62	21,99	19,10	14,37	11,30
Sadržaj masti,%	3,85	3,89	3,97	4,07	4,14
Sadržaj proteina,%	3,15	3,17	3,21	3,26	3,29
Osobine	Topli period godine (n=308954)				
	I	II	III	IV	V
Dnevni prinos mleka, kg/dan	20,66	21,59	18,61	14,41	11,30
Sadržaj masti,%	3,83	3,88	3,97	4,06	4,13
Sadržaj proteina,%	3,15	3,17	3,21	3,25	3,28
Osobine	Hladni period godine (n=408199)				
	I	II	III	IV	V
Dnevni prinos mleka, kg/dan	21,05	22,38	19,39	14,74	12,03
Sadržaj masti,%	3,85	3,89	3,97	4,07	4,13
Sadržaj proteina,%	3,14	3,16	3,21	3,25	3,28

Sa promenama perioda, skraćenjem ukupno posmatranog perioda cele godine (12 meseci) na hladni (7 meseci) i topli period (5 meseci), rezultati za tri dnevne osobine mlečnosti imaju izmenjene odgovarajuće vrednosti. U svakoj od pet posmatranih faza laktacije dnevni prinos mleka je beležio niže vrednosti. U prvoj fazi laktacije -0,39 kg (sa 21,05 na 20,66 kg/grlu/dan). Najviše smanjenje dnevnog prinosa je ostvareno u drugoj fazi laktacije od -0,79 kg (sa 22,38 na 21,59 kg/grlu/dan). Zatim i u trećoj -0,78 kg (sa 19,39 na 18,61 kg/grlu/dan). Najmanje smanjenje prinosa mleka je ostvareno u četvrtoj fazi od -0,33 (sa 14,74 na 14,41 kg/grlu/dan). I, konačno u petoj fazi laktacije smanjenje je bilo -0,73 kg (sa 12,03 na 11,30 kg/grlu/dan). Sadržaj masti u kontrolnom danu je tokom toplog perioda bio niži u svim fazama laktacije sem tokom treće. Sadržaj proteina je imao nepromenjene vrednosti u četvrtoj i petoj fazi laktacije, a u prve tri čak više vrednosti tokom toplog perioda.

Laktacijske osobine mlečnosti karakteriše ukupan broj dana laktacije (ili 305 dana), te njih nije moguće predstaviti kroz faze laktacije, iz istih razloga nedostaju u prvom delu tabele 25.

Faza laktacije kao posmatrani faktor bilo kog od tri analizirana perioda, pokazuje da krave najveću proizvodnju mleka imaju u periodu od 61-120 dana laktacije, a najmanje na kraju laktacije, nakon 300 i više dana. Takav rezultat je i biološki pretpostavljen i očekivan. Iz tih razloga je i najveći uticaj toplotnog stresa ostvaren na dnevnu proizvodnju mleka tokom druge faze laktacije.

Slične rezultate su dobili i drugi autori u svojim istraživanjima. Da prinos kao i sadržaj masti varira u zavisnosti od faze laktacije i redosleda laktacije, potvrdili su i Stoop i sar. (2009). Knob i sar. (2021) su utvrdili da je maksimalni prinos mleka postignut u četvrtoj nedelji od početka laktacije (21-28 dana laktacije), nešto ranije od prikazanih rezultata u tabeli 25.

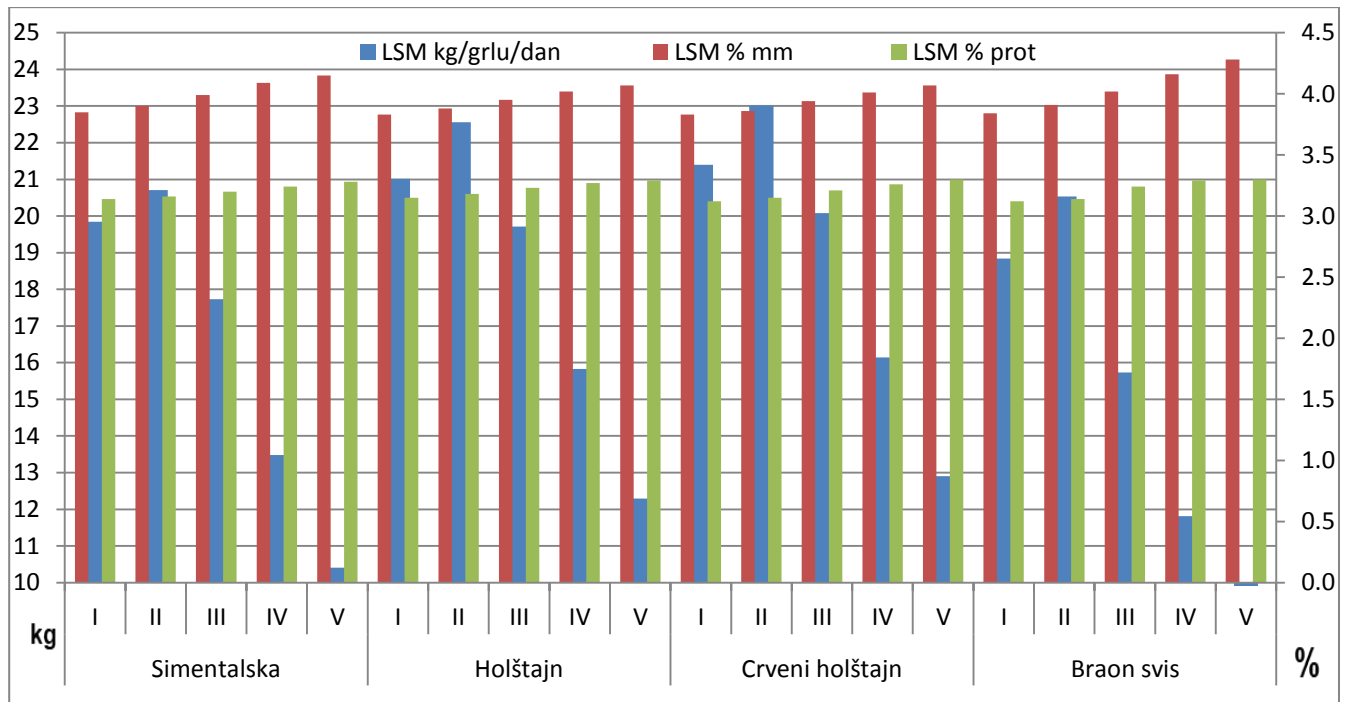
Straczek i sar. (2021) navode da je pik dnevne proizvodnje mleka ostvaren 65. dana od početka laktacije. Taj rezultat je istovetan dobijenim i prikazanim rezultatima iz ovog istraživanja.

Cincović i Belić (2011) su utvrdili da do značajnijeg smanjenja u proizvodnji i kvalitetu mleka dolazi u drugoj trećini laktacije (100-200 dana od telenja). Bernabucci i sar. (2010) su utvrdili sličan rezultat, da se sredinom laktacije proizvodnja mleka smanjuje za 35%, dok se na početku laktacije smanjuje za 14%.

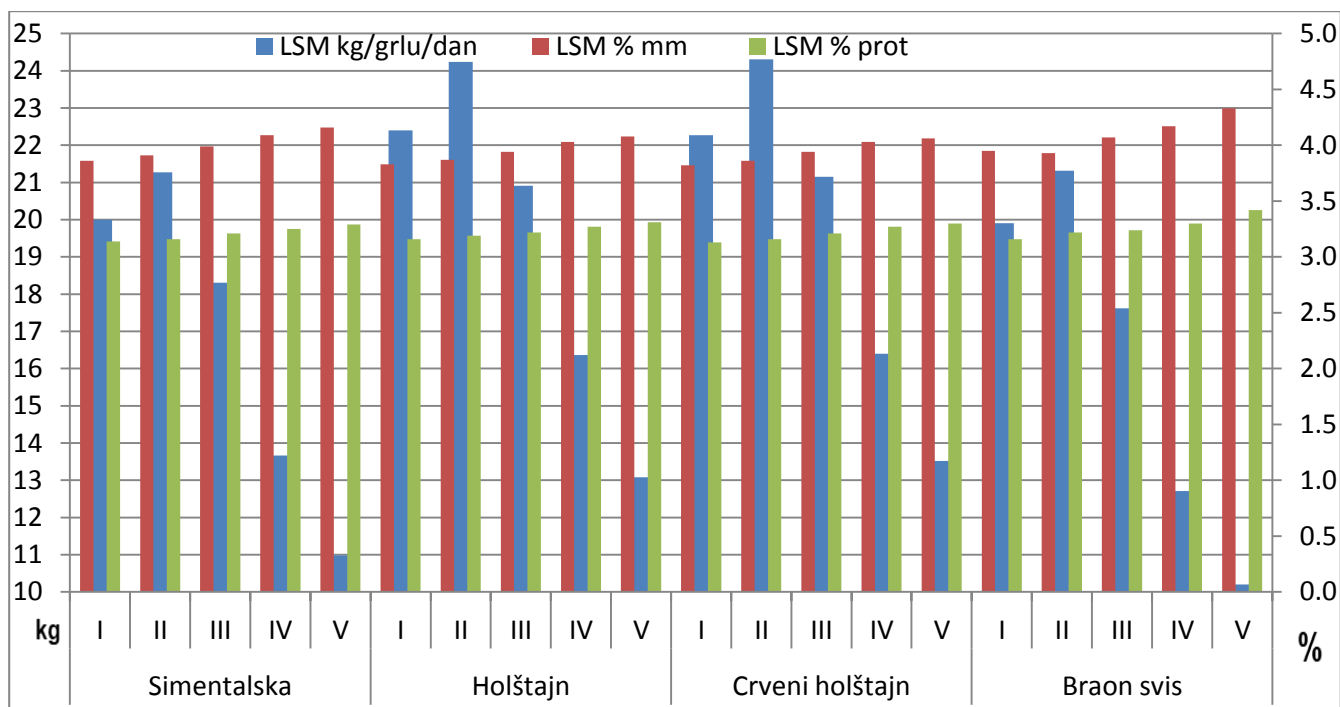
Analizom dobijenih rezultata i poređenjem sa rezultatima drugih autora, može se zaključiti da period (tokom cele godine, tokom toplog i tokom hladnog dela godine) ima sličan uticaj kroz faze laktacije.

Slično se, ali za faze po rasama, može zaključiti i prikazom ostvarenih vrednosti rezultata tri osobine mlečnosti tokom oba perioda na graficima 9 i 10. Prinos mleka tokom dana se smanjuje od druge ka petoj fazi, dok se sadržaj mlečne masti i sadržaj proteina mleka povećava kroz faze od početka do kraja laktacije. Na oba grafika crvena holštajn rasa pokazuje najbolju perzistenciju laktacije, evidentira se najmanje smanjenje dnevnog prinosa mleka. Braon svis rasa tokom toplog perioda godine u poslednjoj fazi laktacije pred zasušenje ostvaruje smanjenje dnevne količine mleka čak do ispod 10 kg/dan.

Grla crvenog holštajna u oba perioda posmatranja tokom godine ostvaruju najvišu dnevnu proizvodnju mleka tokom druge faze laktacije, od 61. do 120. dana.



Grafik 9. LSM vrednosti osobina mlečnosti po fazama laktacije i rasama tokom toplog perioda



Grafik 10. LSM vrednosti osobina mlečnosti po fazama laktacije i rasama tokom hladnog perioda

4.5.8. Sredine najmanjih kvadrata osobina mlečnosti po klasama THI

Prinos mleka u danu po grlu u nivou I klase ($THI \leq 40$) je bio najniži 16,75 kg/grlu/dan. U nivou II klase (41-60 THI) je bio najviši 17,98 kg/grlu/dan. Nakon druge se dnevni prinos mleka smanjivao i u nivou III klase (61-68 THI) 17,75 kg/grlu/dan, u nivou IV klase (69-72 THI) 17,65 kg/grlu/dan, V klase (73-78) 17,50 kg/grlu/dan i VI ($THI > 78$) je bio 17,22 kg/grlu/dan (tabela 26). Dakle, kao najoptimalniji THI interval po dnevnu proizvodnju mleka jesu vrednosti THI između 41-60, a nakon njih prinos mleka po grlu u danu se smanjuje. Tako je važan i podatak da su sve THI vrednosti tokom toplog perioda veće od 60. Tokom hladnog perioda nije bilo viših THI vrednosti od 78, jer je 86,25 bila najviša vrednost celokupnog seta. Ali, zato je tokom hladnog perioda, koji najviše uključuje celokupnu zimsku sezonu i mesece, bilo vrednosti THI manjih od 40. Te vrednosti takođe negativno utiču na proizvodnju mleka kod krava.

Laktacijske osobine mlečnosti karakteriše ukupan broj dana laktacije (ili su obračunate na 305 dana), te na njih nije moguće prikazati uticaje merenih dnevnih vrednosti THI, iz istih razloga nedostaju u prvom delu tabele 26.

Tabela 26. Sredine najmanjih kvadrata (LSM) osobina mlečnosti po THI klasama posmatranih perioda

Osobine	Period cele godine (N=717153)					
	THI \leq 40	41-60	61-68	69-72	73-78	THI $>$ 78
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,75	17,98	17,75	17,65	17,50	17,22
Sadržaj masti,%	4,03	3,97	3,97	3,98	3,98	3,98
Sadržaj proteina,%	3,25	3,20	3,20	3,21	3,21	3,22
Osobine	Topli period godine (n=308954)					
	THI \leq 40	41-60	61-68	69-72	73-78	THI $>$ 78
Dnevni prinos mleka, kg/dan			17,02	17,18	17,16	16,89
Sadržaj masti,%			3,97	3,98	3,98	3,98
Sadržaj proteina,%			3,22	3,21	3,20	3,22
Osobine	Hladni period godine (n=408199)					
	THI \leq 40	41-60	61-68	69-72	73-78	THI $>$ 78
Dnevni prinos mleka, kg/dan	16,94	18,17	17,94	17,96	17,56	
Sadržaj masti,%	4,03	3,97	3,98	3,99	3,93	
Sadržaj proteina,%	3,25	3,20	3,20	3,21	3,20	

Ekine-Dzivenu i sar. (2020) navode da od oktobra do maja, postoji manja mogućnost za pojavu toplotnog stresa krava, i moguće je pretpostaviti manji uticaj na proizvodnju mličnih krava.

Cincović i Belić (2011) su utvrdili da do značajnijeg smanjenja u proizvodnji i kvalitetu mleka dolazi pri vrednosti THI $>$ 72 i to tokom druge trećini laktacije. U Hrvatskoj je, takođe utvrđeno značajno smanjenje dnevnog prinosa mleka na THI \geq 72 (Gantner i sar., 2011). Tamami i sar. (2018) su u rezultatima svoje studije zaključili da na nivou THI \leq 60 se postiže najviša dnevna proizvodnja mleka po grlu tokom leta. Taj podatak je istovetan rezultatima ovih istraživanja.

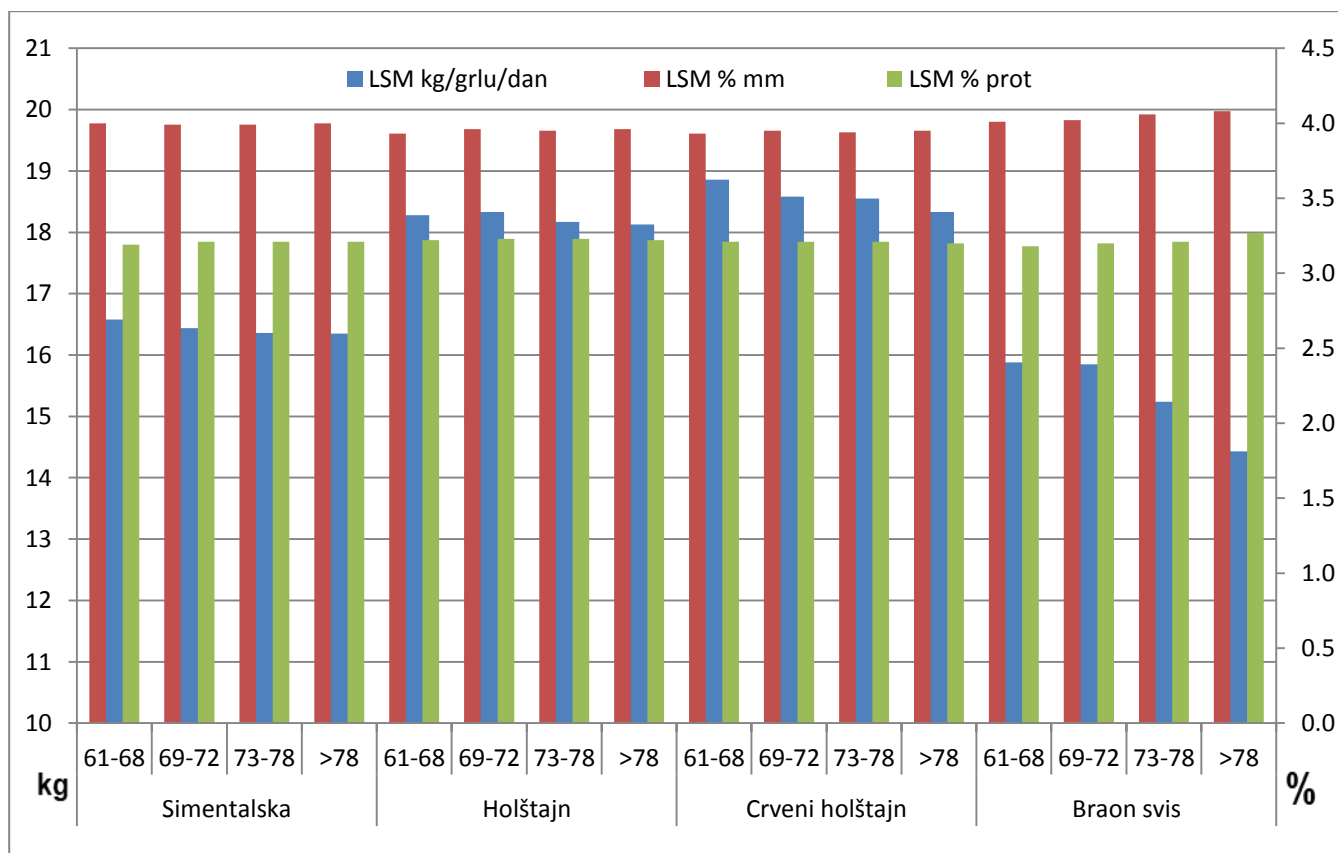
Ekine-Dzivenu i sar. (2020) navode da su krave u intervalu 67-76 THI pod uticajem toplotnog stresa. Bernabucci i sar. (2010) navode da je gubitak mleka po svakoj promeni THI jedinice od 0,27 kg. Gantner i sar (2017) navode smanjenje dnevne proizvodnje mleka kod prvotelki holštajn rase u količini od 0,158 kg/dan (THI=68) i 0,335 kg/dan (THI=72).

Najviše vrednosti THI parametra (76-81) tokom letnjih meseci (jun, jul i avgust) izazivaju najveće smanjenje u proizvodnji mleka potvrđeno je u istraživanjima Bohmanova i sar., (2007). Slično i u istraživanju Herbut i sar. (2012) tokom jula, avgusta i septembra, THI vrednosti su se nalazile u intervalu od 76-82.

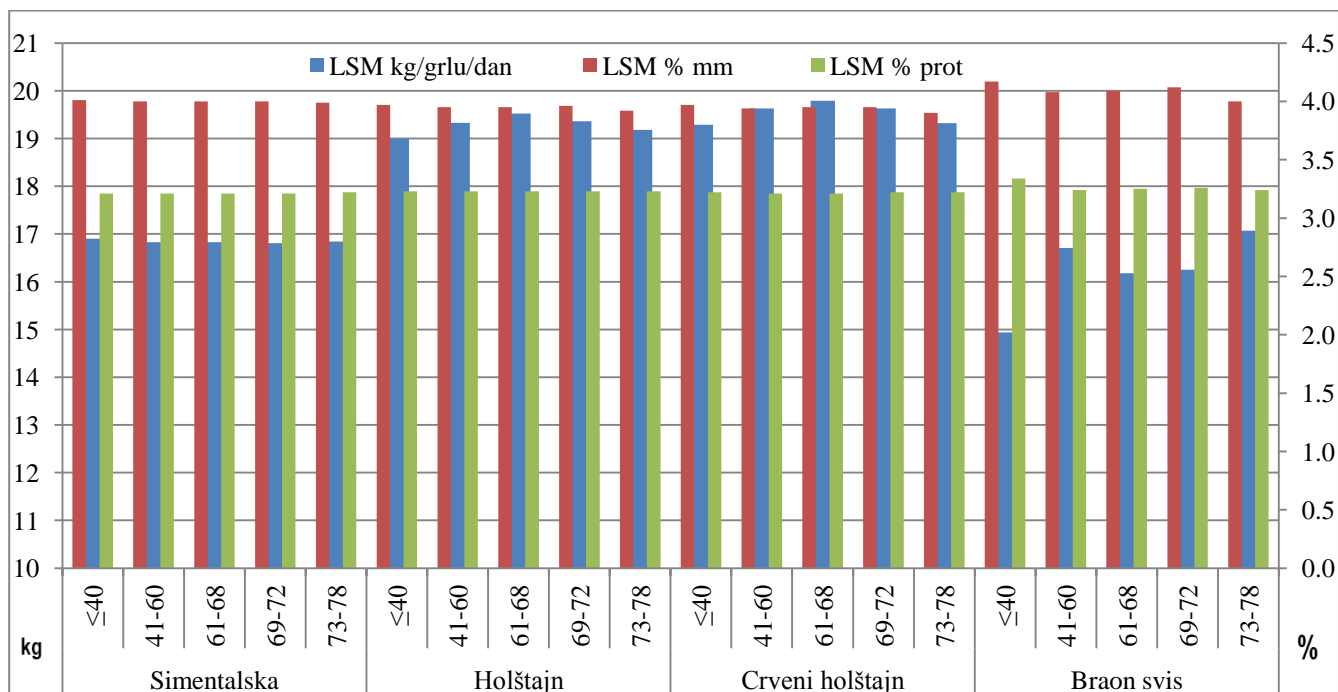
Veliki broj istraživanja je utvrdio da je termoneutralna vrednost THI na nivou od 57 (Wheelock i sar., 2010; Zimbelman i sar., 2010; Hall i sar 2016; Hall i sar. 2018; Collier i sar. 2019). Ovo istraživanje, shodno rezultatima prikazanim u tabeli 26, je pokazalo da se najviša dnevna proizvodnja mleka ostvaruje pri vrednostima THI 41-60 tokom cele godine i tokom hladnog perioda.

Sem intervalnih vrednosti THI-a i njihovog uticaja na dnevni prinos i kvalitet mleka kod krava u formi dva grafika po periodima posmatranja prikazana je i interakcija dva faktora, faktora rasa i faktora THI klasa.

Grafik 11 pokazuje posmatrane osobine tokom toplog perioda od početka maja do kraja septembra, te uključuje vrednosti THI preko 61, a grafik 12 pokazuje period od početka novembra do kraja aprila i uključuje vrednosti THI do intervala 73-78, jer većih nije bilo.



Grafik 11. LSM vrednosti osobina mlečnosti po THI klasama i rasama tokom toplog perioda



Grafik 12. LSM vrednosti osobina mlečnosti po THI klasama i rasama tokom hladnog perioda

Tamami i sar. (2018) su u svojim istraživanjima zaključili da je na nivou $THI \leq 60$ najviša dnevna proizvodnja mleka po grlu. Isti rezultat je dobijen i prikazan na grafiku 12 gde grla holštajn i

crvene holštajn rase pri intervalu vrednosti THI-a od 61–68 ostvaruju najvišu mlečnost tokom dana. Kod grla braon svis rase to nije slučaj, dok kod grla simentalске rase ostvarene razlike imaju najmanje varirajuće vrednosti.

Rezultati prikazani na grafiku 11 beleže, takođe, najviše prinose mleka tokom dana na nivou vrednosti THI-a 61–68 kod sve četiri rase, s tim u vezi da je sa porastom vrednosti THI-a najveće smanjenje prinosa mleka kod braon svis rase.

Holštajn rasa je i u rezultatima samostalnog uticaja rase kao faktora (*tabela 20) prikazana kao najmanje otporna na toplotni stres, dok prikaz grafika 11 upućuje na rezultat da su to grla braon svis rase.

4.6. Varijabilnost osobine smanjenja prinosa mleka pod uticajem toplotnog stresa

Za procenu gubitaka u proizvodnji mleka posmatrana je osobina smanjenja mlečnosti koja predstavlja smanjenje dnevnog prinosa mleka po grlu (MPD – *milk production decline*).

Deskriptivni pokazatelji osobine MPD-a pokazuju da je prosečno dnevno smanjenje proizvodnje mleka po grlu tokom definisanog petomesečnog toplog perioda -5,00 kg. U tabeli 27, prikazana je izračunata standardna devijacija čija vrednost iznosi $\pm 4,42$ kg/grlu/dan.

Tabela 27. Prosečne vrednosti i varijabilnost MPD osobine mlečnosti analiziranih podataka

Osobine	\bar{x}	SD	Cv (%)
TOPLI period godine			
MPD kg/dan	-5,00	4,42	88,49

U tabeli 28 je prikazan uticaj fiksnih sistemskih faktora na smanjenje mlečnosti u oba perioda posmatranja. Ustanovljen je veoma visoko značajan uticaj svih faktora ($p < 0,001$) u periodu cele godine, dok u toplom periodu godine značajni uticaj nema faktor rednog broja laktacije krava ($p > 0,05$) na osobinu smanjenja proizvodnje mleka (MPD) pod uticajem toplotnog stresa.

Tabela 28. Uticaj sistematskih faktora na MPD osobinu mlečnosti tokom dva posmatrana perioda

Osobina	Sistemski faktori tokom perioda cele godine									R^2
	O_i	R_j	G_k	S_l	L_m	M_n	F_o	T_p	$R_j * T_p$	
d.f. ₁	2	3	6	3	5	6	4	4	12	
MPD kg/dan	***	***	***	***	***	***	***	***	***	0,8751
Osobina	Sistemski faktori tokom toplog perioda godine									R^2
	O_i	R_j	G_k	S_l	L_m	M_n	F_o	T_p	$R_j * T_p$	
d.f. ₁	2	3	6	3	5	4	4	3	9	
MPD kg/dan	***	***	***	***	nz	***	***	***	***	0,7478

*** $p < 0,001$ veoma visoko značajno ** $p < 0,01$ visoko značajno * $p < 0,05$ značajno nz $p > 0,05$ nije značajno

Poređenjem vrednosti sredina najmanjih kvadrata MPD-a posmatrano po okruzima, u tabeli 28, najmanje smanjenje dnevnog prinosa mleka po grlu ostvaruju grla Šumadijskog upravnog okruga -2,27 kg/grlu/dan, a najveće smanjenje dnevnog prinosa ostvaruju grla Mačvanskog okruga -2,34 kg/grlu/dan.

Prikazom sredina najmanjih kvadrata smanjenja mleka po rasama beleži se najmanje smanjenje kod simentalke rase -2,24 kg/grlu/dan, a najveće kod grla rase crveni holštajn -2,33 kg/grlu/dan. U tabeli 20, iz prethodnih rezultata ovih istraživanja, poređenjem rasa preko osobine ukupnog dnevnog prinosa mleka, dobijen je podatak da je na toplotni stres najotpornija takođe simentalna rasa, a kao najmanje otporna holštajn rasa.

Tabela 29. Sredine najmanjih kvadrata (LSM) osobine smanjenja mlečnosti po okruzima i rasama tokom toplog perioda

Osobina		MPD - kg/dan
Okruzi	Mačvanski	-2,34
	Podunavski	-2,28
	Šumadijski	-2,27
Rase	Simentalska	-2,24
	Holštajn	-2,31
	Crveni holštajn	-2,33
	Braon svis	-2,30

Tabela 30 prikazuje sredine najmanjih kvadrata osobine MPD-a posmatrano po godinama teljenja krava. Najmanje smanjenje je zabeleženo kod krava oteljenih tokom 2018. godine (-2,15 kg/grlu/dan), dok najviše kod oteljenih 2016. godine (-2,82 kg/grlu/dan). Sredine najmanjih kvadrata osobine smanjenja prinosa mleka po sezonama teljenja u istoj tabeli prikazuju najviše smanjenje kod krava oteljenih u sezoni jeseni -2,47 kg/grlu/dan, potom zime -2,37 kg/grlu/dan, zatim proleća -2,18 kg/grlu/dan i najmanje tokom leta -2,17 kg/grlu/dan.

Tabela 30. Sredine najmanjih kvadrata (LSM) osobine smanjenja mlečnosti po godinama teljenja i sezonama teljenja tokom toplog perioda

Osobina		MPD - kg/dan
Godina teljenja	2013	-2,17
	2014	-2,16
	2015	-2,37
	2016	-2,82
	2017	-2,32
	2018	-2,15
	2019	-2,28
Sezona teljenja	Zima	-2,37
	Proleće	-2,18
	Leto	-2,17
	Jesen	-2,47

Sredine najmanjih kvadrata osobine MPD-a posmatrano po redosledu laktacije i fazama laktacije krava prikazane su u tabeli 31. Nešto niže smanjenje proizvodnje se beleži kod krava u prvoj i šestoj i narednim laktacijama -2,29 kg/grlu/dan, u odnosu na ostale laktacije kada je vrednost smanjenja -2,30 kg/grlu/dan. Prikazane sredine najmanjih kvadrata MPD osobine posmatrano po fazama laktacije navode najviše smanjenje proizvodnje mleka kod krava u drugoj fazi laktacije (61-120 dana nakon telenja) od -2,45 kg/grlu/dan. Potom u toku prve faze (prvih 60 dana laktacije) od -2,38 kg/grlu/dan, zatim treće faze (121-200 dana laktacije) -2,27 kg/grlu/dan, te i naredne dve (-2,15 i -2,22 kg/grlu/dan). Dakle, grla najvišeg dnevnog nivoa proizvodnje mleka (najprinosnije krave) imaju i najviše smanjenje iste pod uticajem toplotnog stresogenog delovanja. Sa većim potencijalom višeg dnevnog prinosa mleka raste i ukupno smanjenje, izvesan vid pozitivne korelacije osobina.

Shodno rezultatima iz tabele 31 Cincović i Belić (2011) su kod krava u različitim fazama laktacije utvrdili da u drugoj trećini laktacije dolazi do značajnijeg smanjenja u proizvodnji mleka.

Tabela 31. Sredine najmanjih kvadrata (LSM) osobine smanjenja mlečnosti po rednom broju laktacije i fazama laktacije tokom toplog perioda

Osobine		MPD - kg/dan
Redni broj laktacije	I	-2,29
	II	-2,30
	III	-2,30
	IV	-2,30
	V	-2,30
	VI ⁺	-2,29
Faza laktacije	≤ 60 dana	-2,38
	61 - 120 dana	-2,45
	121 - 200 dana	-2,27
	201 - 300 dana	-2,15
	≥ 300 dana	-2,22

4.7. Heritabilitet osobine smanjenja prinosa mleka pod uticajem toplotnog stresa

Kako koeficijent naslednosti (heritabilitet) nije konstanta, već samo proporcija varijanse koja je prouzrokovana razlikama u aditivnim efektima gena u populaciji u određenom vremenu, smanjenje aditivne genetske varijanse utiče na smanjenje i ukupne fenotipske varijanse.

Koeficijent naslednosti za osobinu MPD-a (milk production decline) izračunat je na osnovu komponenti varijanse utvrđenih u okviru mešovitog modela - modela oca (*Sire model*). Izračunate komponente varijanse prikazane u tabeli 31 iznose: za slučajni uticaj oca 0,213, ukupna aditivna svojstva 0,852, svojstva okoline 17,154, kao i fenotip 17,367. Na taj način izračunata vrednost heritabiliteta je 0,05.

U nekoliko studija (Ravagnolo i Misztal, 2000, 2002; Freitas i sar., 2006; Bernabucci i sar., 2014) modelom slučajne regresione analize procenjeni su genetski parametri osobine prinosa mleka pod uticajem toplotnog stresa. Naslednost tih osobina se menjala kao funkcija zavisna od THI pokazatelja.

Poređenja radi, Luo i sar. (2021) su procenom koeficijenta naslednosti tri povezane osobine kao tri fiziološka indikatora reakcije na toplotni stres kod goveda holštajn rase merili: rektalnu temperaturu,

stopu brzine disanja i stopu salivacije. Heritabilitet tri posmatrane osobine bio je 0,06, zatim 0,04 i 0,03, odgovarajuće. Isti autori su potom, merenjem jutarnje i popodnevne rektalne temperature utvrdili heritabilitet od $0,09 \pm 0,02$ i $0,04 \pm 0,01$, odgovarajuće (Luo i sar., 2021).

Dakle, heritabilitet osobina čije su vrednosti zavisne od trenutnih uticaja tokom vremena (tokom dana, doba dana, ili tokom sata) u skladu sa tim ima različite “vremenske vrednosti”.

Tabela 32. Heritabilitet MPD osobine smanjenja prinosa mleka sa komponentama varijanse

Osobina	Varijansa oca σ^2_s	Aditivna varijansa σ^2_a	Varijansa okoline σ^2_e	Fenotipska varijansa σ^2_p	Heritabilitet h^2	Greška heritabiliteta SE_h^2
MPD kg/dan	0,213	0,852	17,154	17,367	0,05	0,01

Dedović i sar. (2002) navode da niže vrednosti aditivne genetske varijanse upućuju na zaključak da je uticaj faktora okoline bio statistički više značajan na ispoljenost posmatranih osobina mlečnosti. Tako je i ovde bio slučaj da je potvrđena niska vrednost aditivne varijanse, time i koeficijenta naslednosti, za osobine koje su u funkciji više različitih uticaja okoline, posebno nivoa THI.

Freitas i sar. (2006) su izvestili procene heritabiliteta prinosa mleka u odsustvu toplotnog stresa od 0,12 za južnu Kaliforniju do 0,18 za Džordžiju. Njihova srednja vrednost procene među državama bila je 0,14, kada je THI manji od 71.

Sanchez i sar. (2009) su hijerarhijski model procene koristili za identifikaciju životinja koje su manje osetljive na visoke temperature. Zaključili su da, što je veća vrednost THI pri kojoj dnevni prinos mleka počinje intezivno da se smanjuje i što je niža stopa smanjenja nakon početka toplotnog stresa, životinja je tolerantnija na toplotu. Tako procenjena vrednost heritabiliteta za dnevni prinos mleka u odsustvu toplotnog stresa (sve vrednosti $THI < 71,0$) bila je 0,14. Vrednost heritabiliteta na THI 60 bila je 0,17, na THI 80 je bila 0,13, a zatim se povećala pri THI 90 na 0,16.

Heritabilitet osobina mlečnosti, uglavnom, ima srednje vrednosti što omogućava unapređenje ovih osobina selekcijom. Ali to nije slučaj i sa osobinom MPD-a koja je izvedena, te koja u svoju vrednost uračunava mikroklimatske faktore okoline. Uključivanjem uticaja okoline u svoju vrednost, odnosno svojom zavisnošću od okoline, koeficijent naslednosti MPD osobine ima značajno nižu vrednost.

Ravagnolo i Misztal (2000) su predlagali upotrebu modela koji odgovara zoni komfora za proučavanje genetske komponente tolerantnosti na toplotni stres. Takvim modelima se pretpostavlja da postoji način koji će da omogući selekciju životinja otpornih na toplotu na osnovu aditivne genetske komponente (Ravagnolo i sar., 2000, Aguilar i sar., 2009, Sanchez i sar., 2009, Nguien i sar., 2016, Macciotta i sar., 2017). Stoga, ako je aditivna genetska varijansa toplotnog opterećenja dovoljno značajna, genetsko poboljšanje goveda bi moglo postati najbolja opcija za prevazilaženje efekata toplotnog stresa kao alternative za promenu odgajivačkih strategija u proizvodnji mleka kod krava (Ravagnolo i Misztal, 2000).

5. ZAKLJUČAK

Sumiranjem rezultata izvedenih istraživanja ispoljenosti i varijabilnosti osobina mlečnosti krava različitih rasa u uslovima toplotnog stresa, na prikupljenim i obrađenim podacima u periodu od 2013. do 2019. godine u Republici Srbiji, mogu se doneti sledeći zaključci:

- Prosečne vrednosti dnevne proizvodnje mleka krava simentalke rase po grlu iznosile su $15,90 \pm 4,70$ kg/dan sa 4,04% mlečne masti i 3,23% proteina. Za grla holštajn rase proizvodnja je bila $17,46 \pm 5,54$ kg/dan sa 3,98% mlečne masti i 3,22% proteina. Za grla rase crveni holštajn prosečna proizvodnja je bila $17,41 \pm 5,38$ kg/dan sa 3,97% mlečne masti i 3,21% proteina. I konačno, za grla braon sviz rase prosečna dnevna proizvodnja mleka bila je $16,05 \pm 4,82$ kg/dan sa 4,11% mlečne masti i 3,24% proteina.
- Najviši prosečni prinos mleka tokom standardne laktacije od 305 dana ostvarila su grla holštajn rase od 5545,24 kg sa 3,88% mlečne masti i 3,19% proteina. Zatim grla rase crveni holštajn sa 5478,04 kg mleka sa 3,86% mlečne masti i 3,16% proteina. Krave simentalke rase prosečno su proizvele 4965,95 kg mleka sa 3,96% mlečne masti i 3,21% proteina. Grla braon sviz rase prosečno su proizvela 4964,82 kg mleka u laktaciji sa 4,06% mlečne masti i 3,22% proteina.
- Izmerena vrednost prosečnog temperaturno – humidnog indeksa (THI) za ukupni period istraživanja iznosila je $63,21 \pm 11,21$, sa minimalnom zabeleženom vrednosti od 36,17 i maksimalnom od 86,25. Prosečna vrednost THI za topli period posmatranja (01. maj – 30. septembar) iznosila je $73,38 \pm 5,83$ sa minimalnom zabeleženom vrednosti od 54,86 i maksimalnom 86,25. Prosečna THI vrednost za hladni period posmatranja (01. oktobar – 30. april) iznosila je $55,52 \pm 7,58$ sa minimalnom zabeleženom vrednosti od 36,17 i maksimalnom od 75,09.
- Za period cele godine, prosečna dnevna proizvodnja mleka po grlu iznosila je ukupno $16,05 \pm 4,80$ kg/dan sa 4,03% mlečne masti i 3,22% proteina. Tokom toplog perioda prosečna dnevna proizvodnja po grlu iznosila je $15,49 \pm 4,07$ kg/dan sa 4,03% mlečne masti i 3,22% proteina. Tokom hladnog perioda prosečna dnevna proizvodnja po grlu iznosila je $16,46 \pm 4,83$ kg/dan sa 4,03% mlečne masti i 3,22% proteina.
- Analizom varijabilnosti osobina mlečnosti na dnevnom nivou preko korišćene procedure GLM (general linear model) modela, dobijene su LSM (Least Squares Means) vrednosti osobina. Prema posmatranim okruzima najvišu dnevnu proizvodnju ostvaruju grla sa teritorije Podunavskog upravnog okruga od 18,33 kg/dan. Najviši udeo masti imaju grla sa teritorije Šumadijskog okruga od 4,02%. Prema razlici toplog i hladnog perioda, najviše smanjenje dnevnog prinosa mleka ostvaruju grla na farmama sa područja Podunavskog okruga, od -0,58 kg po grlu.
- Analizom varijabilnosti osobine dnevnog prinosa mleka po rasama, kao najosetljivija rasa na uticaj toplotnog stresogenog delovanja izdvaja se holštajn rasa (-0,99 kg/dan). Kao najotpornija izdvaja se braon sviz rasa (-0,21 kg/dan), a između su simentalka (-0,42 kg/dan) i crvena holštajn rasa (-0,79 kg/dan).
- Posmatranjem varijabilnosti osobine tokom toplog perioda po godinama telenja krava, topli period je uticao na smanjenje dnevnog prinosa krava u svim godinama. Najviše smanjenje je ostvareno tokom 2013. godine (-1,00 kg/grlu/dan), a najmanje tokom 2019. godine (-0,16 kg/grlu/dan).
- Varijabilnost dnevnog prinosa mleka prema sezonama telenja krava, navodi rezultat da je topli period uticao na smanjenje dnevnog prinosa mleka kod krava oteljenih tokom sezone

leta (-1,28 kg/grlu/dan) i sezone jeseni (-1,19 kg/grlu/dan). A obrnuto, sadržaj masti u kontrolnom danu je niži kod krava oteljenih tokom zime i proleća.

- Smanjenje dnevnog prinosa mleka krava tokom toplog perioda posmatrano prema rednom broju laktacije krava primetno je tokom svih laktacija. Najviši nivo smanjenja je ostvaren kod krava u trećoj laktaciji (-0,67 kg/grlu/dan), dok najmanje kod prvotelki (-0,52 kg/grlu/dan).
- Uticaj toplog perioda na smanjenje dnevnog prinosa mleka posmatran po fazama laktacije dovodi do zaključka da je u svakoj od pet posmatranih faza dnevni prinos mleka beležio niže vrednosti. Najviše smanjenje dnevnog prinosa je ostvareno tokom druge faze laktacije (61-120 dana) od -0,79 kg (sa 22,38 na 21,59 kg/grlu/dan). Zatim u trećoj fazi (121-200 dana) -0,78 kg (sa 19,39 na 18,61 kg/grlu/dan). Najmanje smanjenje prinosa mleka je ostvareno u četvrtoj fazi (201-300 dana) od -0,33 kg (sa 14,74 na 14,41 kg/grlu/dan).
- Smanjenje dnevnog prinosa mleka tokom toplog perioda posmatrano preko intervalnih uticaja THI-a je najveće unutar intervalnog nivoa od 61-68 THI. Najvišu dnevnu proizvodnju mleka (17,98 kg) su imala grla koja su proizvodila u THI intervalu od 41-60.
- Putem interakcije rase i THI vrednosti, najstabilniji opseg dnevne proizvodnje mleka ima simentalska rasa krava u odnosu na druge.
- Prosečna vrednost osobine MPD-a (*milk production decline*) tokom toplog perioda iznosi $-5,00 \pm 4,42$ kg/grlu/dan. Najviše LSM vrednosti MPD osobina ima za grla iz Mačvanskog okruga (-2,34 kg/dan), i to crvene holštajn rase (-2,33 kg/dan), a oteljenih tokom 2016. godine (-2,82 kg/dan). Najviše vrednosti MPD osobine su kod krava oteljenih tokom sezona jeseni i zime (-2,47 i -2,37 kg/dan), i u periodu 60-120 dana laktacije (-2,45 kg/dan).
- Procenjena vrednost varijanse oca primenom sire modela za osobinu MPD iznosila je 0,213, što je rezultiralo ukupnom aditivnom genetskom varijansom od 0,852, odnosno vrednošću stepena naslednosti osobine – MPD heritabiliteta od 0,05 (0,0491). Greška izračunatog heritabiliteta, odnosno procenjene vrednosti naslednosti osobine, iznosi 0,01.

Kao generalni zaključci na osnovu izvedenih istraživanja može se izneti sledeće:

U korišćenom modelu procene uticaja svi uključeni faktori su imali veoma visok nivo značajanosti ($p < 0.001$). Utvrđene su visoke vrednosti koeficijentata determinacije korišćenog modela osobine dnevnog prinosa mleka po periodima. Za period cele godine u ukupnom setu podataka 0,6226, tokom toplog perioda godine (01. maj – 30. septembar) 0,6445 i tokom hladnog perioda (01. oktobar – 30. april) 0,6079, odgovarajuće.

Osvrtom na sve uključene faktore uticaja na ispoljenost i varijabilnost posmatranih dnevnih osobina mlečnosti krava i dobijene rezultate istraživanja, od posmatrane četiri rase na toplotno stresogeno delovanje okoline kao najosetljivija izdvajaju se grla holštajn rase. Njih slede grla crvene holštajn rase, simentalske i konačno braon svis rase. Grla simentalske rase su pokazala najbolju stabilnost (promene prinosa po toplotnim intervalima) u proizvodnji mleka tokom celogodišnjih temperaturno – humidnih promena.

U prikazanim razlikama LSM vrednosti osobina po periodima, najveće smanjenje dnevne proizvodnje mleka po grlu dešava se tokom šireg toplog perioda godine (01. maj – 30. septembar), i to kod krava oteljenih tokom sezone leta (jun, jul i avgust), i tokom prvih 61-120 dana laktacije.

U ukupnom opsegu izmerenih vrednosti THI, istraživanje je pokazalo prosečnu vrednost THI-a od 63,21 tokom godine. Zabrinjavajuća je prosečna vrednost THI-a tokom toplog petomesečnog perioda od 73,38 (prosečno viša od graničnih 72) sa maksimalnom vrednosti od 86,25.

Celokupna istraživanja mogu potvrditi primenu TH indeksa (THI) kao indikatora nivoa toplotnog stresa kod različitih rasa goveda kod nas. U vezi sa tim, osobinom MPD-a se dodatno mogu pretpostaviti mogući gubici u proizvodnji mleka tokom leta. Tako procenjeni nivo smanjenja mlečnosti goveda u uslovima toplotnog stresa bi se mogao upotrebiti kao potencijalni selekcijski kriterijum budućih odgajivačkih programa za goveda u Republici Srbiji. Međutim, ne sme se zaboraviti ni to da je naslednost osobine predviđajućeg smanjenja mlečnosti u uslovima toplotnog stresa niska, čime se očekivani selekcijski efekat umanjuje, te je potreban veći broj generacija da bi se postigao željeni genetski napredak.

6. LITERATURA

1. Abdel-Rady A. Sayed M. (2009): Epidemiological studies on subclinical mastitis in dairy cows in Assiut Governorate. *Veterinary World*, 2(10), 373-380.
2. Aguilar I., Misztal I., Tsuruta S. (2009): Genetic components of heat stress for dairy cattle with multiple lactations. *Journal of dairy science*, 92 11, 5702-11 .
3. Aguilar I., Misztal I., Johnson D.L., Legarra A., Tsuruta S., Lawlor T. (2010): Hot topic: A unified approach to utilize phenotypic, full pedigree, and genomic information for genetic evaluation of Holstein final score. *Journal of dairy science*, 93 2, 743-52 .
4. Akbarian A., Michiels J., Degroote J., Majdeddin M., Golian A., De Smet S. (2016): Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. *Journal of animal science and biotechnology*, 7, 37. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0097-5>
5. 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.
6. Allen, M. S., Bradford, B. J., Oba, M. (2009): Board Invited Review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of animal science*, 87(10), 3317–3334. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1779>
7. Armstrong D. V. (1994): Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of dairy science*, 77(7), 2044–2050. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6)
8. Asaj A. (2003.): Higijena na farmi i u okolišu, Medicinska naklada, Zagreb, str. 81.-93., 139.-142.
9. Atakan K., Veysel A. Ü. (2019): Monthly changes of behavioral characteristics in holstein-friesian, brown swiss and simmental bulls. *Animal Science. Series D. LXII* (1).
10. Atkinson O. (2019): Stewardship of veterinary medicines on dairy farms. *The Veterinary record*, 184(5), 150–152. <https://doi.org/10.1136/vr.191>
11. Babinskzy L., Halas V., Verstege, M. W. A. (2011): Impacts of Climate Change on Animal Production and Quality of Animal Food Products, *Climate Change - Socioeconomic Effects*, Dr Houshan Kheradmand (Ed.), Section 10, 165-190.
12. Bagath M., Krishnan G., Devara, C., Rashamol V. P., Pragna P., Lees A. M. Sejian, V. (2019): The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: A review. *Research in veterinary science*, 126, 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.08.011>
13. Bauman D.E., Griinari J.M. (2003): Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Anu Rev Nutr* 23: 203-27.
14. Baumgard L. H., Rhoads R. P. (2012): Ruminant Nutrition Symposium: ruminant production and metabolic responses to heat stress. *Journal of animal science*, 90(6), 1855–1865. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4675>
15. Baumgard L. H., Rhoads, R. P., (2013): Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual review of animal biosciences*, 1, 311–337. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>
16. Baumgard L.H., Odens L.J., Kay J.K., Rhoads R.P., Van Baale M.J., Collier R.J. (2006): Does negative energy balance (NEBAL) limit milk synthesis in early lactation?. *Proc South-west Nutr Conf*; 181-87
17. Baumgard L.H., Rhoads R.P., Rhoads M.L., Gabler N.K., Ross J.W., Keating A.F., Boddicker R.L., Lenka S., Sejian V. (2012): Impact of Climate Change on Livestock Production. In: Sejian V., Naqvi S., Ezeji, T., Lakritz J., Lal R. (eds) *Environmental Stress and Amelioration in Livestock Production*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29205-7_15
18. Berman A. (2005): Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *Journal of animal science*, 83(6), 1377–1384. <https://doi.org/10.2527/2005.8361377x>

19. Bernabucci U. (2019): Climate change: impact on livestock and how can we adapt. *Animal frontiers: the review magazine of animal agriculture*, 9(1), 3–5. <https://doi.org/10.1093/af/vfy039>
20. Bernabucci U., Basiricò L., Morera P., Dipasquale D., Vitali A., Piccioli-Cappelli F., Calamari L. (2015): Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. *Journal of dairy science*, 98(3), 1815–1827. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8788>
21. Bernabucci U., Biffani S., Buggiotti L., Vitali A., Lacetera N., Nardone A. (2014): The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of dairy science*, 97(1), 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>
22. Bernabucci U., Lacetera N., Baumgard L.H., Rhoads R.P., Ronchi B., Nardone A. (2010): Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4, (7) 1167–1183. <http://dx.doi.org/10.1017/s175173111000090x>
23. Bernabucci U., Ronchi B., Lacetera N., Nardone A. (2002): Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season. *Journal of dairy science*, 85(9), 2173–2179. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74296-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74296-3)
24. Berry I.L, Shanklin M.D., Johnson H.D. (1964): Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. *Transaction of Am. Soc. Ag. Eng.* 7 (3) 329-331. <https://doi.org/10.13031/2013.40772>
25. Bertocchi L., Vitali A., Lacetera N., Nardone A., Varisco G., Bernabucci U. (2014): Seasonal variations in the composition of Holstein cow's milk and temperature-humidity index relationship. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 8(4), 667–674. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000032>
26. Biffani S., Bernabucci U., Vitali A., Lacetera N., Nardone A. (2016): Short communication: Effect of heat stress on nonreturn rate of Italian Holstein cows. *Journal of dairy Science*, 99 (7), 5837–5843. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10491>
27. Bobić T., Mijić P., Knežević I., Šperanda M., Antunović B., Baban M., Sakač M., Frizon E., Koturić T. (2011): The impact of environmental factors on the milk ejection and stress of dairy cows. *Biotechnol. Anim. Husb.* 27:919–927. <https://doi.org/10.2298/BAH1103919B>
28. Bohlouli M., Shodja J., Alijani S., Eghbal A. (2013): The relationship between temperature-humidity index and test-day milk yield of Iranian Holstein dairy cattle using random regression model. *Livestock Science*, 157, 414-420.
29. Bohmanova J., Misztal I., Tsuruta S., Norman H., Lawlor T. (2005): National genetic evaluation of milk yield for heat tolerance of United States Holsteins. *Interbull Bulletin*, 160.
30. Bohmanova J., Misztal I., Tsuruta S., Norman H. D., Lawlor T. J. (2008): Short communication: Genotype by environment interaction due to heat stress. *Journal of dairy science* 91, no. 2, 840–46. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-142>
31. Bohmanova J., Misztal I., Cole J. (2007): Temperature humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. *Journal of dairy science* 90 (4), 1947–1956. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-513>.
32. Boonkum W., Misztal I., Duangjinda M., Pattarajinda V., Tumwasorn S., Buaban S. (2011a): Short communication: genetic effects of heat stress on days open for Thai Holstein crossbreds. *Journal of dairy science*, 94 3, 1592-6 .
33. Boonkum W., Misztal I., Duangjinda M., Pattarajinda V., Tumwasorn S., Sanpote, J (2011b): Genetic effects of heat stress on milk yield of Thai Holstein crossbreds. *Journal of dairy science*, 94 1, 487-92 .
34. Bouraoui R., Aberrahmene B. G., Jemmali B., Rekik B. (2012). Reproductive Performances of Holsteins under Tropical Conditions. In book: *Advances in Genetics Research*. Chapter: Reproductive Performances of Holsteins under Tropical Conditions. Publisher: Nova Science Publishers. Editors: Kevin V. Urbano. January 2012.

35. Bouraoui R., Lahmar M., Majdoub A., Djemali M., 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. <https://doi.org/10.1051/animres:2002036>
36. Brüügemann K., Gernand E., von Borstel U. K. König S. (2012): Defining and evaluating heat stress thresholds in different dairy cow production systems. *Archives animal breeding* ,55, 1, 13-24. <https://doi.org/10.5194/aab-55-13-2012>
37. Carabaño M.J., Ramon M., Menéndez-Buxadera A., Molina A., Díaz C. (2019): Selecting for heat tolerance. *Animal Frontiers* 9 (1), 62–68, <https://doi.org/10.1093/af/vfy033>
38. Carabaño M.J., Logar B., Bormann J., Minet J., Vanrobays M.L., Díaz C., Tychon B., Gengler N., Hammami H. (2016): Modeling heat stress under different environmental conditions. *Journal of Dairy Science* 99 (5), 3798-3814. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10212>
39. Cardoso C.S., von Keyserlingk M.A.G., Filho L.C.P.M., Hötzel M.J. (2021): Dairy heifer motivation for access to a shaded area. *Animals*. 11 (9) 2507. <https://doi.org/10.3390/ani11092507>
40. Casa A.C., Ravelo A.C. (2003): Assessing temperature and humidity conditions for dairy cattle in Córdoba, Argentina. *International journal of biometeorology*, 48 (1), 6–9. <https://doi.org/10.1007/s00484-003-0179-x>.
41. Chavez M.I., García J.E., Véliz F.G., Gaytán L.R., de Santiago A., Mellado M. (2020): Effects of in utero heat stress on subsequent reproduction performance of first-calf Holstein heifers. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 18 (2), e0404. <https://doi.org/10.5424/sjar/2020182-15721>
42. Chen X., Dong J. N., Rong J. Y., Xiao J., Zhao W., Aschalew N. D., Zhang X. F., Wang T., Qin G. X., Sun Z., Zhen Y. G. (2022): Impact of heat stress on milk yield, antioxidative levels, and serum metabolites in primiparous and multiparous Holstein cows. *Tropical animal health and production*, 54(3), 159. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03159-x>
43. Chow T. T., Fong K. F., Givoni B., Lin Z., Chan A. L. S. (2010): Thermal sensation of Hong Kong people with increased air speed, temperature and humidity in air-conditioned environment. *Building and Environment*, 45(10), 2177–2183. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.03.016>
44. Cincović M., Belić B. (2011): Metabolička adaptacija na peripartalni i toplotni stress kod mlečnih krava. *Veterinarski žurnal Republike Srpske*, 11, 155-159.
45. Cincović M., Belić B., Toholj B., Potkonjak A., Stevanević M., Lako B., Radović I. (2011): Metabolic acclimation to heat stress in farm housed Holstein cows with different body condition scores. *African Journal of Biotechnology*, 10, 10293-10303.
46. Ciscar J. C., Feyen L., Ibarreta D. (2018): Climate impacts in Europe the JRC PESETA III Final Report Project. *JRC Sci Policy Rep JRC112769*.
47. Ciscar J.-C., Rising J., Kopp R. E., Feyen L. (2019): Assessing future climate change impacts in the EU and the USA: insights and lessons from two continental-scale projects. *Environmental Research Letters*, 14(8), 084010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab281e>
48. Colditz P., Kellaway R.C. (1972). The effect of diet and heat stress on feed intake, growth, and nitrogen metabolism in Friesian, F1 Brahman X Friesian, and Brahman heifers. *Crop & Pasture Science*, 23, 717-725.
49. Collier R.J., Gebremedhin K.G. (2015): Thermal biology of domestic animals. *Annual Review Animal Biosciences* 3 (1) 513–532. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110659>
50. 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(1), 1-11 <https://animal.ifas.ufl.edu/apps/dairymedia/rns/2012/6CollierRNS2012a.pdf>
51. Collier R. J., Stiening C. M., Pollard B. C., Van Baale M. J., Baumgard L. H., Gentry P. C., Coussens P. M. (2006): Use of gene expression microarrays for evaluating environmental stress

- tolerance at the cellular level in cattle. *Journal of animal science*, 84 Suppl, E1–E13. https://doi.org/10.2527/2006.8413_supple1x
52. Collier R., Renquist B., Xiao Y. (2017): A 100-Year Review: Stress physiology including heat stress. *Journal of dairy science*, 100(12), 10367-10380. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13676>
 53. Collier R.J., Baumgard L.H., Zimbelman R.B., Xiao Y. (2019): Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. *Animal Frontiers* 9 (1), 12–19. <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>
 54. 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.
 55. Cowley F. C., Barber D.G., Houlihan A.V., Poppi D.P. (2015): Immediate and residual effects of heat stress and restricted intake on milk protein and casein composition and energy metabolism. *Journal of dairy science*, 98 (4) 2356–2368. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8442>
 56. Daros R. R., Costa J. H., von Keyserlingk M. A., Hötzel M. J., Weary D. M. (2014): Separation from the dam causes negative judgement bias in dairy calves. *PloS one*, 9(5), e98429. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098429>
 57. Das R., Sailo L., Verma N., Bharti P., Saikia J., Imtiwati, Kumar R. (2016): Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary world* 9 (3), 260–268. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.260-268>
 58. De Rensis F., Scaramuzzi R.J. (2003): Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. *Theriogenology*, 60, p. 1139–1151.
 59. Dejanović J., Ostović M. Pavičić Ž., Matković K. (2015): Utjecaj smještaja na ponašanje, dobrobiti zdravlje mliječnih krava. *Vet. Stn.* 46., 27.-37.
 60. Dikmen S., Cole J. B., Null D. J., Hansen P. J. (2012): Heritability of rectal temperature and genetic correlations with production and reproduction traits in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 95(6), 3401–3405. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4306>
 61. Dikmen S., Hansen P.J. (2009): Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of dairy science* 92 (1), 109-116. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1370>
 62. Dikmen S., Cole J. B., Null D. J., Hansen P. J. (2013): Genome-wide association mapping for identification of quantitative trait loci for rectal temperature during heat stress in Holstein cattle. *PloS one*, 8(7), e69202. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069202>
 63. Dillon P., Berry D. P., Evans R. D., Buckley F., Horan B. (2006): Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk production. *Livestock Science*, 99(2–3), 141–158. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.06.011>
 64. Dodig D., Zorić M., Kandić V., Perović D., Šurlan-Momirović G. (2012): Comparison of responses to drought stress of 100 wheat accessions and landraces to identify opportunities for improving wheat drought resistance. *Plant Breeding*, 131, 369–379.
 65. Duncan I.J.H. (2004): A concept of welfare based on feelings. p. 85–101 In *The Well-Being of Farm Animals. Challenges and Solutions*. Benson G. J., Rollin B. E., ed. Blackwell, Ames, IA.
 66. Dunn R. J. H., Mead N. E., Willett K. M., Parker D. E. (2014): Analysis of heat stress in UK dairy cattle and impact on milk yields. *Environmental research letters* 9 (6) 064006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/6/064006>
 67. EFSA (2009): Scientific opinion on welfare of dairy cows in relation to metabolic and reproductive problems based on a risk assessment with special reference to the impact of housing, feeding, management and genetic selection. *The EFSA Journal*, 1140, p. 1-75.
 68. Ekine-Dzivenu C. C., Mrode R., Oyieng E., Komwihangilo D., Lyatuu E., Msuta G., Ojango J. M. K., Okeyo A. M. (2020): Evaluating the impact of heat stress as measured by temperature-humidity

- index (THI) on test-day milk yield of small holder dairy cattle in a sub-Saharan African climate. *Livestock science* 242, 104314. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104314>
69. Ewing S. A., Lay D. C., von Borell J. R. E. (1999): *Farm animal well-being- Stress Physiology, Animal Behavior, and Environmental Design*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA. Pp. 27.-77.
 70. Ferreira F., Campos W.E., Carvalho A.U., Pires M.F.A., Martinez M.L., Silva M.V.G.B., Verneque R.S., Silva P.F. (2009): Clinical, hematological, biochemical, and hormonal parameters of cattle submitted to heat stress. *Arq Bras Med Vet Zootec*, 61: 769-76
 71. Fiore G., Natale F., Hofherr J., Mainetti S., Ruotolo, E. (2009): Study on temperatures during animal transport, final report. JRC Scientific and Technical Reports. Luxembourg, 1-6.
 72. Fournel S., Ouellet V., Charbonneau É. (2017): Practices for Alleviating Heat Stress of Dairy Cows in Humid Continental Climates: A Literature Review. *Animals: an open access journal from MDPI*, 7(5), 37. <https://doi.org/10.3390/ani7050037>
 73. Fraga H., García de Cortázar Atauri I., Malheiro A. C., Santos, J. A. (2016): Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Global change biology*, 22(11), 3774-3788. <https://doi.org/10.1111/gcb.13382>
 74. Freitas M., Misztal I., Bohmanova J., Torres R. (2006): Regional differences in heat stress in US Holsteins. Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production 01-11. 13-18 august 2006. Instituto Prociencia, Belo Horizonte, Brazil. ISBN 8560088016, RN 20063169278
 75. Gaafar H.M.A., Gendy M.E., Bassiouni M.I., Shamiah S.M., Halawa A.A., Hamd M.A. (2011): Effect of heat stress on performance of dairy Friesian cow's milk production and composition. *Researcher*, 3(5): 85-93. ISSN:1553-9865
 76. Gantner V., Bobic T., Gantner R., Gregic M., Kuterovac K., Novakovic J., Potocnik K. (2017): Differences in response to heat stress due to production level and breed of dairy cows. *International journal of biometeorology* 61 (9) 1675–1685. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1348-7>
 77. 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), 56-63. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:858962>
 78. Garcia A. B., and Shalloo, L. (2015). Invited review: The economic impact and control of paratuberculosis in cattle. *Journal of dairy science*, 98(8), 5019–5039. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9241>
 79. Garner J.B., Douglas M.L., Williams S.R., Wales W.J., Marett L.C., Nguyen, T.T.T., Reich C.M., Hayes B.J. (2017): Genomic selection improves heat tolerance in dairy cattle. *Scientific Reports*. 2017, 6 and 7. <https://doi.org/10.1038/srep39896>
 80. Gašić K. (2014.): Istraživanje mikroklimatskih značajki na mliječnoj farmi, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Diplomski rad.
 81. Gaughan J. B., Sejian V., Mader T. L., Dunshea F. R. (2018): Adaptation strategies: ruminants. *Animal frontiers: the review magazine of animal agriculture*, 9(1), 47–53. <https://doi.org/10.1093/af/vfy029>
 82. Ganesella M., Piccione G., Cannizzo C., Casella S., Morgante M. (2012): Influence of temperature and humidity on rumen pH and fatty acids in dairy cows. *Journal of environmental biology*, 33(6), 1093–1096.
 83. GOP (2019): Glavni odgajivački programi u govedarstvu. Institut za stočarstvo, Beograd Zemun. <https://istocar.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2019/>
 84. Gorniak T., Meyer U., Südekum K. H., Dänicke S. (2014): Impact of mild heat stress on dry matter intake, milk yield and milk composition in mid-lactation Holstein dairy cows in a temperate climate. *Archives of animal nutrition*, 68(5), 358–369.

<https://doi.org/10.1080/1745039X.2014.950451>

85. Gualdi S., Rajkovic B., Djurdjevic V., Castellari S., Scoccimarro E., Navarra A., Dacic M. (2008), Simulations of climate change in the Mediterranean Area. Final Scientific Report ([http://www.earth-prints.org/bitstream/2122/4675/1/SINTA Final Science Report October 2008.pdf](http://www.earth-prints.org/bitstream/2122/4675/1/SINTA_Final_Science_Report_October_2008.pdf)).
86. Hahn G. L. (1999): Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of animal science*, 77 Suppl 2, 10–20. https://doi.org/10.2527/1997.77suppl_210x
87. Hall L.W., Dunshea F.R., Allen J.D., Rungruang S., Collier J.L., Long N.M., Collier R.J. (2016): Evaluation of dietary betaine in lactating Holstein cows subjected to heat stress. *Journal of dairy science* 99 (12) 9745-9753. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10514>
88. Hall L.W., Dunshea F.R., Allen J.D., Rungruang S., Collier J.L., Long N.M., Collier R.J. (2016): Evaluation of dietary betaine in lactating Holstein cows subjected to heat stress. *Journal of dairy science* 99 (12) 9745-9753. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10514>
89. Hall L.W., Villar F., Chapman J.D., McLean D.J., Long N.M., Xiao Y., Collier J.L., Collier R.J. (2018): An evaluation of an immunomodulatory feed ingredient in heat-stressed lactating Holstein cows: Effects on hormonal, physiological, and production responses. *Journal of dairy science* 101, 7095–7105, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14210>
90. Hammami H., Bormann J., M’Hamdi N., Montaldo H.H., Gengler N. (2013): Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. *Journal of dairy science* 96 (3) 1844–1855, <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5947>
91. Hammami H., Vandenplas J., Vanrobays M.-L., Rekik B., Bastin C., Gengler N. (2015): Genetic analysis of heat stress effects on yield traits, udder health, and fatty acids of Walloon Holstein cows. *Journal of dairy science* 98 (7) 4956–4968, <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9148>
92. Hansen P. J. (2007): Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. *Theriogenology*, 68 Suppl 1, S242–S249. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.04.008>
93. Hatfield J. L., Prueger J. H. (2015): Temperature Extremes: Effect on Plant Growth and Development. *Weather and Climate Extremes*, 10, 4-10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
94. Heidenreich T. (2009): Luftführung und energietechnische Aspekte zur Verringerung von Hitze-stress in Rinderstallanlagen. *Bautagung, Raumberg-Gumpenstein*.
95. 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), 363-372
96. Heuer C. (2004): The use of test day information to predict energy intake of dairy cows in early lactation. *Journal of dairy science*, 87(3), 593–601. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73201-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73201-4)
97. Heuer C., Van Straalen W. M., Schukken Y. H., Dirkwager A., Noordhuizen T. M. (2001): Prediction of energy balance in high yielding dairy cows with test-day information. *Journal of dairy science*, 84(2), 471–481. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(01\)74497-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(01)74497-9)
98. Hogan M. C., Norton J. N., Reynolds R. P. (2018): Environmental Factors: Macroenvironment versus Microenvironment. In R. H. Weichbrod (Eds.) et. al., *Management of Animal Care and Use Programs in Research, Education, and Testing*. (2nd ed., pp. 461–478). CRC Press/Taylor & Francis.
99. Hooda O.K., Upadhyay R.C. (2015): Growth rate, hormonal and physiological responses of kids subjected to thermal and exercise stress. *J. Environ. Res. Develop.* 9(4):1095–1101.

100. Horowitz M. (2002): From molecular and cellular to integrative heat defense during exposure to chronic heat. *Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, 131(3), 475–483. [https://doi.org/10.1016/s1095-6433\(01\)00500-1](https://doi.org/10.1016/s1095-6433(01)00500-1)
101. Horvat J., Šamanc, H., Kirovski, D., Katić, V. (2007): Zdravstveni poremećaji visokomlečnih krava u ranoj fazi laktacije i uticaj na higijensku ispravnost sirovog mleka. Veterinarski specijalistički institut Subotica
102. Howard J. T., Kachman S. D., Snelling W. M., Pollak E. J., Ciobanu D. C., Kuehn L. A., Spangler M. L. (2014): Beef cattle body temperature during climatic stress: a genome-wide association study. *International journal of biometeorology*, 58(7), 1665–1672. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0773-5>
103. Hristov S., Bešlin M. (1991): Stres domaćih životinja, Naučna knjiga, Beograd.
104. 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.
105. Igono, M. O., Johnson, H. D., Steevens, B. J., Krause, G. F., Shanklin, M. D. (1987): Physiological, productive, and economic benefits of shade, spray, and fan system versus shade for Holstein cows during summer heat. *Journal of dairy science*, 70(5), 1069–1079. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80113-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80113-3)
106. Jenkins T.C., and McGuire M.A. (2006): Major advances in nutrition: impact on milk composition. *J. Dairy Sci.*, 89: 1302-1310
107. Joksimović-Todorović M., Davidović V., Hristov S., Stanković B. (2011): Effect of heat stress on milk production in dairy cows. *Biotechnology in Animal Husbandry – Belgrade*. 27(3):1017–1023
108. Kadzere C.T., Murphy M.R., Silanikove N., Maltz E. (2002): Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livestock production science* 77 (1) 59–91. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(01\)00330-x](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(01)00330-x).
109. Kampl B. (2005): Pokazatelji energetskeg deficita mlečnih krava u mleku i njihovo korišćenje u programu zdravstvene preventive i intenziviranja proizvodnje i reprodukcije. Zbornik radova IV simpozijuma „Ishrana, reprodukcija i zaštita zdravlja goveda – Etiopatogeneza i dijagnostika poremećaja metabolizma reprodukcije goveda“, Subotica, 27. septembar – 01. oktobar, 2005., 261-267.
110. Keck M., M. Zahner (2004): Minimalstalle für Milchkühe bewahren sich: Empfehlungen für die Planung und den Betrieb. FAT Report No. 620., Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tanikon ART.
111. Key N., Sneeringer S., Marquardt D. (2014): Climate change, heat stress, and U.S. dairy production. Economic Research Report No. 175. USDA Economic Research Service, Washington, DC.
112. Kibler H.H. (1964): Thermal effects of various temperature-humidity combinations on Holstein cattle as measured by eight physiological responses. *Environmental physiology and shelter engineering*. Agricultural Experiment Station, Missouri, pp. 1-42
113. Kirovski D., Šamanc H., Prodanović R. (2012): Procena energetskeg statusa krava na osnovu koncentracije masti, proteina i uree u mleku. *Veterinarski glasnik*, 66, 1-2: 97-110.
114. Knob D. A., Neto A.T., Schweizer H., Weigand A., Kappes R., Scholz A. M. (2021): Energy Balance Indicators during the Transition Period and Early Lactation of Purebred Holstein and Simmental Cows and Their Crosses. *Animals* 11 (2) 309, <https://doi.org/10.3390/ani11020309>
115. Koska S., Salajpal K. (2012): Utjecaj visokih temperatura na metabolizam i reprodukciju krava. *Stočarstvo*, 66 (3): 213-235.
116. Koubkova M., Knížková I., Kunc P., Härtlová H., Flusser J., Doležal O. (2002): Influence of high environmental temperatures and evaporative cooling on some physiological, hematological and biochemical parameters in high-yielding dairy cows. *Czech J Anim Sci*, 47(8): 309-18

117. Kučević D., Plavšić M., Trivunović S., Radinović M., Bogdanović, V. (2013): Uticaj mikroklimatskih uslova na dnevnu proizvodnju mleka krava. *Biotechnology in Animal Husbandry*, vol. 29, br. 1, str. 45-51
118. Lacetera N. (2018): Impact of climate change on animal health and welfare. *Animal frontiers: the review magazine of animal agriculture*, 9(1), 26–31. <https://doi.org/10.1093/af/vfy030>
119. Lacetera N., Vitali A., Gengler N., Hammami H., Dufrasne I., Baudouin N., Tychon B., Velarde A., Blanco I., Faverdin P., Boudon A. (2013): National and transnational dairy cows biometeorological datasets linked to productive, reproductive and health performances data. *FACCE-MACSUR Reports*. 01 june 2013. <https://ojs.macsur.eu/index.php/Reports/article/view/D-L1.2.1>
120. Lambertz C., Sanker C., Gauly M. (2014): Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. *Journal of dairy science* 97 (1) 319–329, <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7217>
121. Lan L., Lian Z., Liu W., Liu Y. (2008): Investigation of gender difference in thermal comfort for Chinese people. *European journal of applied physiology*, 102(4), 471–480. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0609-2>
122. Lees A. M., Sejian V., Wallage A. L., Steel C. C., Mader T. L., Lees J. C., Gaughan J. B. (2019): The Impact of Heat Load on Cattle. *Animals: an open access journal from MDPI*, 9(6), 322. <https://doi.org/10.3390/ani9060322>
123. Luo H., Brito L.F., Li X., Su G., Dou J., Xu W., Yan X., Zhang H., Guo G., Liu L., Wang Y. (2021): Genetic parameters for rectal temperature, respiration rate, and drooling score in Holstein cattle and their relationships with various fertility, production, body conformation, and health traits. *Journal of dairy science* 104 (4) 4390–4403, <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19192>
124. Macciotta N. P. P., Biffani S., Bernabucci U., Lacetera N., Vitali A., Ajmone-Marsan P., Nardone A. (2017): Derivation and genome-wide association study of a principal component-based measure of heat tolerance in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 100(6), 4683–4697. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12249>
125. Mackinnon M.J., Meyer K., Hetzel D.J. (1991): Genetic variation and covariation for growth, parasite resistance and heat tolerance in tropical cattle. *Livestock Production Science*, 27, 105-122.
126. Mader T.L., Davis M.S., Brown-Brandl T. (2006): Environmental Factors Influencing Heat Stress in Feedlot Cattle. *Journal of Animal Science*, 84, 712-719.
127. 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.
128. Maggolino A., Dahl G., Bartolomeo N., Bernabucci U., Vitali A., Serio G., Cassandro M., Centoducati G., Santus E., De Palo P. (2020): Estimation of maximum thermo-hygro-metric index thresholds affecting milk production in Italian Brown Swiss cattle. *Journal of dairy science* 103 (9) 8541–8553, <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18622>
129. Majkić M., Cincovic M., Belic B., Plavša N. (2017): Indexes of Thermal Comfor in Dairy Cows (Thi) During Summer Months from 2005 to 2016 in Vojvodina Region. 4. Proceedings. 22. Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Čačak, 10.-11. 03. 2017.
130. Marai I. F. M., El-Darawany A. A., Fadiel A., Abdel-Hafez M. A. M. (2007): Physiological traits as affected by heat stress in sheep - A review. *Small Ruminant Research*, 71(1–3), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>
131. Matković K., Vučemilo M., Vinković B. (2009): Airborne fungi in dwellings for dairy cows and laying hens. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 60(4), 395–399. <https://doi.org/10.2478/10004-1254-60-2009-1970>

132. Matković K., Vučemilo M., Vinković B., Šeol B., Pavičić Z., Tofant A., Matković S. (2006): Effect of microclimate on bacterial count and airborne emission from dairy barns on the environment. *Annals of agricultural and environmental medicine : AAEM*, 13(2), 349–354.
133. Maurya V. P., Sejian V., Kumar D., Naqvi S. M. (2010): Effect of induced body condition score differences on sexual behavior, scrotal measurements, semen attributes and endocrine responses in Malpura rams under hot semi-arid environment. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 94(6), e308–e317. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01012.x>
134. Maurya V. P., Sejian V., Kumar D., Naqvi S. M. (2016): Impact of heat stress, nutritional restriction and combined stresses (heat and nutritional) on growth and reproductive performance of Malpura rams under semi-arid tropical environment. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 100(5), 938–946. <https://doi.org/10.1111/jpn.12443>
135. McDowell R.E., Hooven N.W., Camoens J.K. (1976): Effect of Climate on Performance of Holsteins in First Lactation. *Journal of dairy science* 59 (5) 965–971, [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(76\)84305-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(76)84305-6)
136. Michel V., Peinnequin A., Alonso A., Fidier N., Maury R., Drouet J. B., Buguet A., Cespuglio R., Canini F. (2010): The relationship between locomotion and heat tolerance in heat exposed rats. *Behavioural brain research*, 211(1), 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.03.006>
137. Mičić N., Cekić B. (2013): Efekti štetnih gasova poreklom iz stočarske proizvodnje, II studentski simpozijum „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, 03.-05. Jul 2013. Borsko jezero, zbornik radova str.70-75.
138. Mijić P. (2013): Microclimate parameters on the cattle farms and some technological solutions for elimination of their harmful influence. 10th International Symposium Modern Trend sin Livestock Production. Beograd, Srbija. 37. – 47.
139. Mostert P. F., van Middelaar C. E., Bokkers E. A. M., de Boer I. J. M. (2018): The impact of subclinical ketosis in dairy cows on greenhouse gas emissions of milk production. *Journal of Cleaner Production*, 171, 773–782. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.019>
140. Müller W., and Schlenker G. (2003): Hygiene der Milchviehhaltung. In: *Kompandium der Tierhygiene*. Müller, W. and Schlenker, G. (eds.), 92.
141. Mylostyvyi R., Lesnovskay O., Karlova L., Khmeleva O., Kalinichenko O., Orishchuk O., Tsap S., Begma N., Cherniy N., Gutyj B., Izhboldina O. (2021): Brown Swiss cows are more heat resistant than Holstein cows under hot summer conditions of the continental climate of Ukraine. *Journal of animal behaviour and biometeorology* 9 (4) <https://doi.org/10.31893/jabb.21034>
142. Nardone A., Ronchi B., Lacetera N., Ranieri M.S., Bernabucci U. (2010): Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock science* 130 (1-3), 57-69. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>
143. National Research Council – NRC (1971): *A Guide to Environmental Research on Animals*. National Academia of science. Washington, DC
144. Nguyen T.T.T., Hayes B.J., Pryce J.E. (2017): A practical future-scenarios selection tool to breed for heat tolerance in Australian dairy cattle. *Animal production science*, 57 (7) 1488–1493. <https://doi.org/10.1071/an16449>
145. Nonaka I., Takusari N., Tajima, Kiyoshi Suzuki T., Higuchi K., Kurihara M. (2008): Effect of high environment temperature on physiological and nutritional status of prepubertal Holstein heifers. *Livestock Science - LIVEST SCI*. 113. 14-23.
146. Noordhuizen J., Bonnefoy, J.M. (2015): *Heat Stress in Dairy Cattle: Major Effects and Practical Management Measures for Prevention and Control*.
147. Nordlund K. V., Strassburg P., Bennett T. B., Oetzel G. R., Cook N. B. (2019): Thermodynamics of standing and lying behavior in lactating dairy cows in freestall and parlor holding pens during

- conditions of heat stress. *Journal of dairy science* 102 (7) 6495–6507. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15891>
148. Notenbaert A., Pfeifer, C., Silvestri S., Herrero M. (2017): Targeting, out-scaling and prioritising climate-smart interventions in agricultural systems: Lessons from applying a generic framework to the livestock sector in sub-Saharan Africa. *Agricultural systems*, 151, 153–162. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.05.017>
 149. National Research Council – NRC (2007): Nutrient requirements of small ruminants. The National Academies of Science press, Washington, DC, 2007.
 150. Olesen, J.E. (2016): Socio-economic Impacts—Agricultural Systems. In: Quante, M., Colijn, F. (eds) North Sea Region Climate Change Assessment. Regional Climate Studies. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39745-0_13
 151. Oltenacu P.A., Broom, D.M. (2010): The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. *Animal Welfare*.
 152. Ominski K. H., Kennedy A. D., Wittenberg K. M., Moshtaghi-Nia, S. A. (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. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74130-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74130-1)
 153. Orešnik A. (2009): Uticaj ishrane na proizvodnju i sastav mleka. zdravstveno stanje i plodnost visokomlečnih krava. Zbornik radova XI regionalnog savetovanja iz kliničke patologije i terapije životinja „Clinica Veterinaria 2009“, Subotica, 19.-21. jun, 2009, 27-36.
 154. Ouellet V., Bellavance A. L., Fournel S., Charbonneau E. (2019): Short communication: Summer on-farm environmental condition assessments in Québec tiestall farms and adaptation of temperature-humidity index calculated with local meteorological data. *Journal of dairy science* 102 (8), 7503–7508. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16159>
 155. Pantelić V., Petrović M. M., Ostojić-Andrić D., Ružić-Muslić D., Nikšić D., Novaković Ž., Lazarević, M. (2014): The effect of genetic and non-genetic factors on production traits of Simmental cows. *Biotechnology in Animal Husbandry Institute for Animal Husbandry, Belgrade.*, 30(2), 251-260. <https://doi.org/10.2298/BAH1402251P>
 156. Pelzer A. (1998): Environmental control in cattle housing. *Milchpraxis*. 36., 70.-74.
 157. Perfield J. W.2nd, Lock A. L., Griinari J. M., Saebø A., Delmonte P., Dwyer D. A., Bauman D. E. (2007): Trans-9, cis-11 conjugated linoleic acid reduces milk fat synthesis in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 90(5), 2211–2218. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-745>
 158. Popovac M., Miletić A., Raguž N., Beskorovajni R., Stanojević D., Radivojević M., Mičić N., Djurić N. (2020): Phenotypic and genetic parameters of milk yield traits in first-calf heifers of Holstein-Friesian breed. *Mljekarstvo* 70 (2) 93-102. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2020.0203>
 159. Petrović M. D., Bogdanović V., Petrović M. M., Bogosavljević-Bošković S., Đoković R., Đedović R., Rakonjac S. (2015): Effect of non-genetic factors on standard lactation milk performance traits in simmental cows. *Annals of Animal science*, 15 (1) 211–220. <https://doi.org/10.2478/aoas-2014-0073>
 160. Petrović M.M, Sretenović Lj., Aleksić S., Pantelić V., Novaković Ž., Perišić P., Petrović D.M. (2009): Investigation of the heritability of phenotypes of fertility and milk performance of Simmental cattle breed in Serbia. *Biotechnology in Animal Husbandry* 25 (5-6), 285-292. <https://doi.org/10.2298/bah0906285p>
 161. Polsky L., von Keyserlingk M.A.g. (2017): Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of dairy science* 100 (11) 8645–8657, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>
 162. Popović T., Đurđević V., Živković M., Jović B., Jovanović M., (2009): Promena klime u Srbiji i očekivani uticaji. Zbornik radova 5. regionalne konferencije „Životna sredina ka Evropi“ EnE09. Beograd: Ambasadori životne sredine i Privredna komora Srbije.

163. Popović A., Babić V., Kravić N., Sečanski M., Prodanović S. (2014): Mogući pravci oplemenjivanja i poljoprivredne mere u cilju prilagođavanja biljaka na klimatske promene u Srbiji. Selekcija i semenarstvo, XX(2). Preuzeto sa <http://scindeksclanci.ceon.rs/data/pdf/0354-5881/2014/0354-58811402059P.pdf>
164. Rabinowitz P.M., Conti L.A. (2013): Human-Animal Medicine, Clinical Approaches to Zoonoses, Toxicants and Other Shared Health Risks. Book, 1st Edition. Elsevier 2013.
165. Raboisson D., Mounié M., Khenifar E., & Maigné E. (2015): The economic impact of subclinical ketosis at the farm level: Tackling the challenge of over-estimation due to multiple interactions. Preventive veterinary medicine, 122(4), 417–425. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.07.010>
166. Radivojević D. (2013): Mikroklima i ventilacija objekata za uzgoj domaćih životinja. Radni materijal od predavanja www.avm.rs/dok-Radivojevic/1-DR-klima.pdf on-line. Poljoprivredni fakultet u Beogradu, Beograd
167. Ramón-Moragues A., Carulla P., Mínguez C., Villagrà A., Estellés F. (2021): Dairy cows activity under heat stress: A case study in Spain. Animals 11 (8) 2305. <https://doi.org/10.3390/ani11082305>.
168. Rasooli .A, Nouri M., Khadjeh G.H., Rasekh A. (2004): The influences of seasonal variations on thyroid activity and some biochemical parameters of cattle. Iranian J Vet Res (University of Shiraz), 5(2): Ser No 1Q 1383
169. Rauba J., Heins B., Chester-Jones H., Diaz H., Ziegler D., Linn J., Broadwater N. (2019): Relationships between protein and energy consumed from milk replacer and starter and calf growth and first-lactation production of Holstein dairy cows. Journal of dairy science 102 (1), 301–310, <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15074>
170. Ravagnolo O., Misztal I. (2000): Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation Journal of dairy science, 83 (9) 2126–2130. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)75095-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)75095-8)
171. Ravagnolo O., Misztal I., Hoogenboom G. (2000): Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. Journal of dairy science, 83 (9), 2120–2125. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)75094-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)75094-6)
172. Relić R. Mičić N. (2014): Stajnjak kao izvor zagađenja životne sredine u ruralnim područjima, IX simpozijum „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, 10.-12. Septembar 2014. Zaječar, zbornik radova str. 212-218.
173. Renna M., Lussiana C., Malfatto V., Mimosi A., Battaglini L. M. (2010): Effect of exposure to heat stress conditions on milk yield and quality of dairy cows grazing on Alpine pasture. In Proceedings of 9th European IFSA Symposium (pp. 1338–1348). Vienna, Austria
174. Resco P., Iglesias A., Bardají I., Sotés V. (2016): Exploring adaptation choices for grapevine regions in Spain. Regional Environmental Change, 16(4), 979–993. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0811-4>
175. Rhoads M. L., Rhoads R. P., VanBaale M. J., Collier R. J., Sanders S. R., Weber W. J., Crooker B. A., Baumgard L. H. (2009): Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. Journal of dairy science, 92(5), 1986–1997. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1641>
176. Rhoads R. P., Baumgard L. H., Suagee J. K., Sanders S. R. (2013): Nutritional interventions to alleviate the negative consequences of heat stress. Advances in nutrition (Bethesda, Md.), 4(3), 267–276. <https://doi.org/10.3945/an.112.003376>
177. Roland L., Drillich M., Klein-Jöbstl D., Iwersen M. (2016): Invited review: Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves. Journal of dairy science, 99(4), 2438–2452. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9901>

178. Sahin E., Ugurlu N. (2017): Effects of heat stress on dairy cattle. Eurasian journal of agricultural research 1 (1) 37-43 <https://dergipark.org.tr/en/pub/ejar/issue/37324/431530>
179. Šamanc H., Kirovski D., Dimitrijević B., Vujanac I., Damnjanović Z., Polovina M. (2006): Procena energetskeg statusa krava u laktaciji određivanjem organskih sastojaka mleka. Veterinarski glasnik, 60, 5-6: 283-297.
180. Sánchez J. P., I. Misztal I. Aguilar B. Zumbach, and Rekaya R. (2009): Genetic determination of the onset of heat stress on daily milk yield in US Holstein cattle. J. Dairy Sci. 92:4035–4045. doi: 10.3168/jds.2008-1626
181. Savić Đ., Kasagić D., Jotanović S., Matarugić D., Šarić M., Mijatović R. (2011): Procena energetskeg statusa krava u ranoj laktaciji na osnovu određivanja organskih sastojaka mlijeka. Agroznanje, 12, 1: 67-74.
182. Savić Đ., Matarugić D., Delić N., Kasagić D., Stojanović M. (2010): Određivanje organskih sastojaka mleka kao metoda ocene energetskeg statusa mlečnih krava. Veterinarski glasnik, 64, 1-2: 21-32.
183. Savić Đ., Jotanović S., Kirovski D., Vekić M. (2013): Changes of concentration of organic milk ingredients and their ratios during different periods of standard lactation. II International Symposium and XVIII Scientific Conference of Agronomists of Republic of Srpska, Trebinje, Bosnia and Herzegovina, March 26.-29., 2013, Book of Abstracts, 355.
184. Schellen L., Loomans M. G., de Wit M. H., Olesen B. W., van Marken Lichtenbelt W. D. (2012): The influence of local effects on thermal sensation under non-uniform environmental conditions-gender differences in thermophysiology, thermal comfort and productivity during convective and radiant cooling. Physiology & behavior, 107(2), 252–261. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2012.07.008>
185. Schellen L., van Marken Lichtenbelt W. D., Loomans M. G., Toftum J., de Wit M. H. (2010): Differences between young adults and elderly in thermal comfort, productivity, and thermal physiology in response to a moderate temperature drift and a steady-state condition. Indoor air, 20(4), 273–283. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2010.00657.x>
186. Schüller L. K., Burfeind O., Heuwieser W. (2016): Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. Journal of dairy science, 99(4), 2996–3002. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10080>
187. Schüller L.K., Burfeind O., Heuwieser W. (2013): Short communication: Comparison of ambient temperature, relative humidity, and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. Journal of dairy science, 96 12, 7731-8
188. Sejian V., Bhatta R., Gaughan J. B., Dunshea F. R., Lacetera N. (2018): Review: Adaptation of animals to heat stress. Animal: An international journal of animal bioscience, 12(s2), s431–s444. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001945>
189. Sejian V., Maurya V. P., Kumar K., Naqvi S. M. (2012): Effect of multiple stresses (thermal, nutritional, and walking stress) on the reproductive performance of malpura ewes. Veterinary medicine international, 2012, 471760. <https://doi.org/10.1155/2012/471760>
190. Sekulić G., Dimović D., Kalmar-Krnjanski-Jović, Z., Todorović, N. (2012): Procena ranjivosti na klimatske promene - Srbija. Beograd: WWF (Svetski fond za prirodu), Centar za unapređenje životne sredine
191. Shao H.B., Chu L.Y., Jaleel. C.A., Manivannan P., Panneerselvam R., Shao M.A. (2008): Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants - biotechnologically and sustainably improving agriculture and the ecoenvironmental in arid regions of the globe. Critical Reviews in Biotechnology, 29: 131-151.
192. Shock D.A., LeBlanc S.J., Leslie K.E., Hand K., Godkin M.A., Coe J.B., Kelton D.F. (2016): Studying the relationship between on-farm environmental conditions and local meteorological

- station data during the summer. *Journal of dairy science*, 99 (3), 2169-2179. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9795>
193. Silanikov, N. (2000): Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67, 1-18.
 194. Smith, D.L., Smith, T., Rude, B.J., Ward S.H. (2013): Short communication: Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. *Journal of dairy science* 96 (5) 3028–3033, <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5737>
 195. Sorian, N., Panell, G., Calamar, L. (2013): Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *Journal of dairy science*, 96(8), 5082–5094. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6620>
 196. Soyeur, H., Deharen, F., Gengle, N., McParlan, S., Wal, E.P.B.D., Berr, D.P., Coffe, M., Dardenn, P. (2011): Mid-infrared prediction of bovine milk fatty acids across multiple breeds, production systems, and countries. *Journal of dairy science* 94 (4) 1657–1667, <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3408>
 197. 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, 759-764.
 198. Stoop W.M., Bovenhuis H. Heck J.M.L., Van Arendonk J.A.M. (2009): Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *Journal of dairy science* 92 (4) 1469–1478, <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1468>
 199. Straczek I., Młynek K., Danielewicz A. (2021): The capacity of holstein-friesian and simmental cows to correct a negative energy balance in relation to their performance parameters, course of lactation, and selected milk components. *Animals* 11 (6), 1674. <https://doi.org/10.3390/ani11061674>
 200. Stričević R. J., Đurović N. L., Vuković A. J., Vujadinović M. P., Ćosić M. D., Pejić B. S. (2014). Procena prinosa i potrebe šećerne repe za vodom u uslovima klimatskih promena na području Republike Srbije primenom AquaCrop modela. *Journal of Agricultural Science*, 59(3): 301–317.
 201. Summer A., Lora I., Formaggioni P., Gottardo F. (2018): Impact of heat stress on milk and meat production. *Animal Frontiers* 9 (1), 39–46. <https://doi.org/10.1093/af/vfy026>
 202. Tajima K., Nonaka I., Higuchi K., Takusari N., Kurihara M., Takenaka A., Mitsumori M., Kajikawa H., Aminov R. I. (2007): Influence of high temperature and humidity on rumen bacterial diversity in Holstein heifers. *Anaerobe*, 13(2), 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2006.12.001>
 203. Tamami F.Z., Hafezian H., Rahimi-Mianji G., Abdollahpour R., Gholizadeh M. (2018): Effect of the temperature-humidity index and lactation stage on milk production traits and somatic cell score of dairy cows in Iran. *Songklanakarin Journal of science Technol.* 40 (2), 379-383. DOI: [10.14456/sjst-psu.2018.36](https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2018.36)
 204. Tao S., Dahl G. E. (2013): Invited review: heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *Journal of dairy science*, 96(7), 4079–4093. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6278>
 205. Tao S., Orellana R. M., Weng X., Marins T. N., Dahl G. E., Bernard J. K. (2018): Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. *Journal of dairy science*, 101(6), 5642–5654. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13727>
 206. Thom E.C. (1958): Cooling degree days. *Air Conditioning, Heating and Ventilating*. US Department of commerce 55, 65-69.
 207. Thornton P. K., Ericksen, P. J., Herrero, M., & Challinor, A. J. (2014): Climate variability and vulnerability to climate change: a review. *Global change biology*, 20(11), 3313–3328. <https://doi.org/10.1111/gcb.12581>

208. Thornton P. K., Jones P. G., Ericksen P. J., Challinor A. J. (2011): Agriculture and food systems in sub-Saharan Africa in a 4°C+ world. *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences*, 369(1934), 117–136. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0246>
209. Thornton P., Nelson G., Mayberry D., Herrero M. (2022). Impacts of heat stress on global cattle production during the 21st century: a modelling study. *The Lancet. Planetary health*, 6(3), e192–e201. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00002-X](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00002-X)
210. Thornton P., Nelson G., Mayberry D., Herrero M. (2021): Increases in extreme heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century. *Global change biology*, 27(22), 5762–5772. <https://doi.org/10.1111/gcb.15825>
211. Thornton P., Van de Steeg J., Notenbaert A., Herrero M. (2009): The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, 101(3), 113-127
212. Trajlinek J. (2000): Nutrition of dairy cows with high milk yield in relationship to diseases which are in connection with ketosis. (in Czech) RIFCB, Ltd. Rapotin, Proceedings of contributions: breeding, nutritional and technological aspects of milk production and quality, 75-78.
213. Trifunović G., Latinović D., Skalicki Z., Đedović R., Perišić P. (2002): Uticaj određenih paragenetskih faktora na osobine mlečnosti po-pulacije crno-belih krava. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 18 (5-6): 43-49.
214. Upadhyay R. C., Singh S. V., Kumar A., Gupta S. K. (2007): Impact of Climate change on Milk production of Murrah buffaloes. *Italian Journal of Animal Science*, 6(sup2), 1329–1332. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.1329>
215. Uyeno Y., Sekiguchi Y., Tajima K., Takenaka A., Kurihara M., Kamagata Y. (2010): An rRNA-based analysis for evaluating the effect of heat stress on the rumen microbial composition of Holstein heifers. *Anaerobe*, 16 1, 27-33 .
216. Van Kneegsel A.T., van den Brand H., Dijkstra J., Kemp B. (2007): Effects of dietary energy source on energy balance, metabolites and reproduction variables in dairy cows in early lactation. *Theriogenology*; 68, Suppl 1: S 274-80
217. Van Laer E., Tuytens F. A., Ampe B., Sonck B., Moons C. P., Vandaele L. (2015): Effect of summer conditions and shade on the production and metabolism of Holstein dairy cows on pasture in temperate climate. *Animal : an international journal of animal bioscience*, 9(9), 1547–1558. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000816>
218. Vicente-Serrano S.M., Van der Schrier G., Beguería S., Azorin-Molina C., Lopez-Moreno J.I. (2015): Contribution of precipitation and reference evapotranspiration to drought indices under different climates. *Journal of Hydrology [Internet]*. 2015 Jul;526:42–54. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.11.025>
219. Vitali A., Felici A., Esposito S., Bernabucci U., Bertocchi L., Maresca C., Nardone A., Lacetera N. (2015): The effect of heat waves on dairy cow mortality. *Journal of dairy science*, 98(7), 4572–4579. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9331>
220. 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. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2127>
221. Vučemilo M., Tofant A. (2009): Praktikum – Okoliš i higijena držanja životinja. Jastrebarsko: Naklada Slap.
222. Vučković G., Bobić T., Mijić P., Gavran M., Gregić M., Potočnik K, Bogdanović V., Gantner V. (2020): Genetic parameters and breeding values for daily milk production of Holstein cows in terms of heat stress. *Mljekarstvo*, 70 (3), 201-209. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2020.0306>.
223. Vučković G., Gavran M., Gregić M., Mijić P., Gantner R., Brka M. Gantner V. (2019b): Development and selection of optimal statistical models to evaluate the effect of microclimate

- parameters on the variability of production traits in dairy cows. Book of Abstracts of 30th International Scientific-Expert Conference of Agriculture and Food Industry. Faculty of Agriculture and Food Sciences, University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. 25-27. september 2019. p 57-57.
224. Vučković G., Bobić T., Mijić P., Gavran M., Gregić M., Potočnik K., Bogdanović V., Gantner V.. (2020): Estimation of genetic parameters and breeding values for daily milk production of dairy simmentals in terms of heat stress. in *Genetika Društvo genetičara Srbije*, Beograd., 52(2), 641-650. <https://doi.org/10.2298/GENSR2002641V>
 225. Vučković G., Bobić T., Mijić P., Gavran M., Potočnik K., Bogdanović V., Gantner V. (2019a): Analysis of production traits and microclimate parameters on dairy cattle farms. in *Biotechnology in Animal Husbandry Institut za stočarstvo*, Beograd., 35(4), 323-334. <https://doi.org/10.2298/BAH1904323V>
 226. Vučković G., Mijić P., Bobić T., Baban M., Gregić M. (2013): Važnost stajske klime u suvremenoj govedarskoj proizvodnji. 6th international scientific/professional conference. Ur. Irena Jug, Boris Đurđević. Vukovar, 27-29.05.2013.
 227. Vujanac I. (2010): Ispitivanje funkcionalnog stanja endokrinog pankresa kod visoko mlečnih krava u različitim uslovima spoljašnje temperature. Doktorska disertacija. Fakultet veterinarske medicine, Beograd.
 228. Wang X., Bjerg B.S., Choi C.Y., Zong C., Zang G. (2018): A review and quantitative assessment of cattle-related thermal indices. *Journal of thermal biology*, 77, 24-37. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.08.005>
 229. Wang J., Li J., Wang F., Xiao J., Wang Y., Yang H., Li S., Cao Z. (2020): Heat stress on calves and heifers: a review. *Journal of animal science and Biotechnology*, 11 (1), 1–8, <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00485-8>
 230. Wankhade U. D., Zhong Y., Kang P., Alfaro M., Chintapalli S. V., Thakali K. M., Shankar K. (2017): Enhanced offspring predisposition to steatohepatitis with maternal high-fat diet is associated with epigenetic and microbiome alterations. *PloS one*, 12(4), e0175675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175675>
 231. West J. W. (2003): Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 86(6), 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)
 232. 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. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2295>
 233. Wildridge A.M., Thomson P.C., Garcia S.C., John A.J., Jongman E.C., Clark C.E.F., Kerrisk K.L. (2018): Short communication: The effect of temperature-humidity index on milk yield and milking frequency of dairy cows in pasture-based automatic milking systems. *Journal of dairy science*, 101 (5) 4479–4482, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13867>
 234. Woolpert M.E., Dann H. M., Cotanch K.W., Melilli C., Chase L.E., Grant R.J., Barbano D.M. (2016): Management, nutrition, and lactation performance are related to bulk tank milk de novo fatty acid concentration on northeastern US dairy farms. *Journal of dairy science*, 99 (10), 8486–8497. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10998>
 235. Xiong Q., Chai J., Xiong H., Li W., Huang T., Liu Y., Suo X., Zhang N., Li X., Jiang S., Chen M. (2013): Association analysis of HSP70A1A haplotypes with heat tolerance in Chinese Holstein cattle. *Cell Stress Chaperones*, 18 (6) 711–718. <https://doi.org/10.1007/s12192-013-0421-3>
 236. Yousef M.K.(1985): *Stress Physiology in Livestock*, vol. I, Basic Principles. Boca Raton, FL: CRC Press.
 237. Zheng L., Chenh M., Zhi-Cheng G. (2009): Effects of heat strees on milk performance and fatty acids in milk fat of Holstein dairy cows. *J. China Dairy Industry*, 37, 9, 17-19

238. Zimbelman R.B., Rhoads R.P., Rhoads M.L., Duff G.C., Baumgard L.H. Collier R.J. (2009): 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. Proceedings of the Southwest Nutrition Conference (ed. RJ Collier), pp. 158–169
239. Zimbelman R.B., Baumgard L.H., Collier R.J. (2010): Effects of encapsulated niacin on evaporative heat loss and body temperature in moderately heat-stressed lactating Holstein cows. Journal of dairy science, 93 (6), 2387–2394. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2557>.
240. Government of Canada. Average production per cow and breed for selected countries. <https://agriculture.canada.ca/en/sector/animal-industry/canadian-dairy-information-centre/statistics-market-information/dairy-animal-genetics/production-breed/per-cow> Modified date: 2021-06-17

7. PRILOZI

The SAS System

The MEANS Procedure CELE BAZE

Variable	N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std Dev	Coeff of Variation
MlekoDan	717153	16.0456380	3.6000000	55.0000000	23.0718642	4.8033180	29.9353510
SMM	717153	4.0304517	2.0400000	5.9800000	0.0375919	0.1938864	4.8105370
SPP	717153	3.2254665	2.0100000	3.9900000	0.0206390	0.1436628	4.4540155
UKUPNOML	717153	5349.11	3206.00	14947.10	777940.06	882.0091051	16.4889089
PMM305	717153	198.6519596	65.7224503	568.3208991	1062.44	32.5950426	16.4081153
SMM305	717153	3.9520726	2.6758037	8.3240902	0.0557870	0.2361926	5.9764240
PPR305	717153	161.1379103	0	39950.46	8894.86	94.3125624	58.5290961
SPR305	717153	3.2097236	0	1081.00	5.6826487	2.3838307	74.2690325
ML305	717153	5019.94	1639.64	13842.60	532504.24	729.7288843	14.5365952

The SAS System

The MEANS Procedure CELE BAZE

Variable	N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std Dev	Coeff of Variation
THI2	717153	63.2105392	36.1673455	86.2503808	125.6030361	11.2072760	17.7300750
MPD1	717153	-4.9971595	-37.4080454	4.9477544	19.5545461	4.4220522	-88.4913171

The SAS System

The MEANS Procedure TOPLOG PERIODA

Variable	N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std Dev	Coeff of Variation
THI2	308954	73.3766858	54.8628341	86.2503808	34.0181066	5.8325043	7.9487159
MPD2	308954	0.1438077	-10.1872152	8.8708605	5.5404085	2.3538072	-160.8148128

The SAS System

The MEANS Procedure TOPLOG PERIODA

Variable	N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std Dev	Coeff of Variation
MlekoDan	308954	15.4943258	3.6000000	25.8300000	22.1320133	4.7044674	30.3625175
SMM	308954	4.0331736	2.0500000	5.9700000	0.0372777	0.1930742	4.7871537
SPP	308954	3.2293514	2.0100000	3.9900000	0.0198766	0.1409844	4.3657195

The SAS System

The MEANS Procedure HLADNOG PERIODA

Variable	N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std Dev	Coeff of Variation
THI2	408199	55.5160774	36.1673455	75.0904718	57.4931630	7.5824246	13.6580698
MPD2	408199	-7.0758192	-36.0999894	1.9048559	13.7229016	3.7044435	-52.3535638

The SAS System

The MEANS Procedure HLADNOG PERIODA

Variable	Label	N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std Dev	Coeff of Variation
MlekoDan	MlekoDan	408199	16.4629102	6.0100000	55.0000000	23.3791018	4.8351941	29.3702269
SMM	SMM	408199	4.0283916	2.0400000	5.9800000	0.0378200	0.1944737	4.8275773
SPP	SPP	408199	3.2225261	2.0100000	3.9900000	0.0211960	0.1455885	4.5178368

The GLM Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
OKRUZI	3	8 10 12
RASA	4	1 2 3 4
GODTEL	7	2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019
SEZTEL	4	1 2 3 4
RBLAKT	6	1 2 3 4 5 6
MESECKONT	12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
FAZALAKT	5	1 2 3 4 5
THI2K	6	1 2 3 4 5 6

Number of Observations Read 717153

Number of Observations Used 717153

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: MlekoDan MlekoDan

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr> F
Model	55	10302271.76	187314.03	21513.0	<.0001
Error	717097	6243761.80	8.71		
Corrected Total	717152	16546033.55			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MlekoDan Mean
0.622643	18.38981	2.950762	16.04564

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr> F
OKRUZI	2	180296.338	90148.169	10353.5	<.0001
RASA	3	57376.857	19125.619	2196.58	<.0001
GODTEL	7	59455.347	8493.621	975.49	<.0001
SEZTEL	3	5859.957	1953.319	224.34	<.0001
RBLAKT	5	200786.243	40157.249	4612.07	<.0001
MESECKONT	11	8628.884	784.444	90.09	<.0001
FAZALAKT	4	9237743.497	2309435.874	265239	<.0001
THI2K	5	110.508	22.102	2.54	0.0264
RASA*THI2K	15	5597.451	373.163	42.86	<.0001

The GLM Procedure

Dependent Variable: SMM SMM

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr> F
Model	55	7842.66051	142.59383	5348.98	<.0001
Error	717097	19116.46395	0.02666		
Corrected Total	717152	26959.12446			

R-Square Coeff Var Root MSE SMM Mean

0.290909 4.050989 0.163273 4.030452

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr> F
OKRUZI	2	333.024609	166.512305	6246.21	<.0001
RASA	3	70.546947	23.515649	882.12	<.0001
GODTEL	7	391.701704	55.957386	2099.07	<.0001
SEZTEL	3	15.771238	5.257079	197.20	<.0001
RBLAKT	5	33.681428	6.736286	252.69	<.0001
MESECKONT	11	7.851638	0.713785	26.78	<.0001
FAZALAKT	4	6931.400869	1732.850217	65002.7	<.0001
THI2K	5	0.127782	0.025556	0.96	0.4416
RASA*THI2K	15	4.414275	0.294285	11.04	<.0001

The GLM Procedure

Dependent Variable: SPP SPP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr> F
Model	55	2569.04860	46.70997	2738.30	<.0001
Error	717097	12232.24707	0.01706		
Corrected Total	717152	14801.29567			

R-Square Coeff Var Root MSE SPP Mean

0.173569 4.049222 0.130606 3.225467

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr> F
OKRUZI	2	630.505663	315.252832	18481.2	<.0001
RASA	3	1.361126	0.453709	26.60	<.0001
GODTEL	7	159.646949	22.806707	1337.01	<.0001
SEZTEL	3	6.801482	2.267161	132.91	<.0001
RBLAKT	5	3.835862	0.767172	44.97	<.0001
MESECKONT	11	7.032385	0.639308	37.48	<.0001
FAZALAKT	4	1621.812827	405.453207	23769.1	<.0001
THI2K	5	0.092672	0.018534	1.09	0.3654
RASA*THI2K	15	0.596187	0.039746	2.33	0.0025

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: UKUPNOML UKUPNOML

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr> F
Model	55	97836685817	1778848833	2772.67	<.0001
Error	717097	460064585130	641565.34629		
Corrected Total	717152	557901270947			

R-Square Coeff Var Root MSE UKUPNOML Mean

0.175366 14.97405 800.9777 5349.105

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr> F
OKRUZI	2	15397952576	7698976288	12000.3	<.0001
RASA	3	9554618403	3184872801	4964.22	<.0001
GODTEL	7	4380716740	625816677	975.45	<.0001
SEZTEL	3	257520174	85840058	133.80	<.0001
RBLAKT	5	20845628992	4169125798	6498.37	<.0001
MESECKONT	11	150073713	13643065	21.27	<.0001
FAZALAKT	4	15841729848	3960432462	6173.08	<.0001
THI2K	5	3375008	675002	1.05	0.3849
RASA*THI2K	15	288167130	19211142	29.94	<.0001

The GLM Procedure

Dependent Variable: PMM305 PMM305

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr> F
Model	55	162105902.5	2947380.0	3523.64	<.0001
Error	717097	599822774.4	836.5		
Corrected Total	717152	761928676.9			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	PMM305 Mean
0.212757	14.55894	28.92161	198.6520

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr> F
OKRUZI	2	77245638.64	38622819.32	46174.2	<.0001
RASA	3	6762712.11	2254237.37	2694.97	<.0001
GODTEL	7	27371006.65	3910143.81	4674.63	<.0001
SEZTEL	3	1915283.40	638427.80	763.25	<.0001
RBLAKT	5	29777711.32	5955542.26	7119.94	<.0001
MESECKONT	11	143896.79	13081.53	15.64	<.0001
FAZALAKT	4	3282909.30	820727.32	981.19	<.0001
THI2K	5	4036.76	807.35	0.97	0.4375
RASA*THI2K	15	417420.25	27828.02	33.27	<.0001

The GLM Procedure

Dependent Variable: SMM305 SMM305

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr> F
Model	55	2949.04955	53.61908	1037.55	<.0001
Error	717097	37058.67445	0.05168		
Corrected Total	717152	40007.72400			

R-Square 0.073712 **Coeff Var** 5.752161 **Root MSE** 0.227330 **SMM305 Mean** 3.952073

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr> F
OKRUZI	2	2087.978164	1043.989082	20201.5	<.0001
RASA	3	62.427141	20.809047	402.66	<.0001
GODTEL	7	327.866090	46.838013	906.33	<.0001
SEZTEL	3	15.086511	5.028837	97.31	<.0001
RBLAKT	5	15.008000	3.001600	58.08	<.0001
MESECKONT	11	3.875254	0.352296	6.82	<.0001
FAZALAKT	4	30.208823	7.552206	146.14	<.0001
THI2K	5	0.069863	0.013973	0.27	0.9295
RASA*THI2K	15	3.462761	0.230851	4.47	<.0001

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: PPR305 PPR305

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr> F
Model	55	104268617	1895793	216.66	<.0001
Error	717097	6274697610	8750		
Corrected Total	717152	6378966227			

R-Square Coeff Var Root MSE PPR305 Mean

0.016346 58.05100 93.54217 161.1379

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr> F
OKRUZI	2	57600816.49	28800408.24	3291.42	<.0001
RASA	3	5581348.00	1860449.33	212.62	<.0001
GODTEL	7	8860794.21	1265827.74	144.66	<.0001
SEZTEL	3	735275.77	245091.92	28.01	<.0001
RBLAKT	5	17586056.20	3517211.24	401.96	<.0001
MESECKONT	11	129353.60	11759.42	1.34	0.1926
FAZALAKT	4	1083887.34	270971.84	30.97	<.0001
THI2K	5	4019.37	803.87	0.09	0.9935
RASA*THI2K	15	309440.30	20629.35	2.36	0.0022

The GLM Procedure

Dependent Variable: SPR305 SPR305

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr> F
Model	55	2521.577	45.847	8.07	<.0001
Error	717097	4072801.320	5.680		
Corrected Total	717152	4075322.896			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	SPR305 Mean
0.000619	74.24890	2.383184	3.209724

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr> F
OKRUZI	2	1514.753283	757.376642	133.35	<.0001
RASA	3	5.745465	1.915155	0.34	0.7984
GODTEL	7	624.031900	89.147414	15.70	<.0001
SEZTEL	3	26.083681	8.694560	1.53	0.2042
RBLAKT	5	21.633294	4.326659	0.76	0.5772
MESECKONT	11	25.552757	2.322978	0.41	0.9530
FAZALAKT	4	39.944759	9.986190	1.76	0.1342
THI2K	5	0.187905	0.037581	0.01	1.0000
RASA*THI2K	15	3.749323	0.249955	0.04	1.0000

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: ML305 ML305

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr> F
Model	55	85244884442	1549906989.9	3746.72	<.0001
Error	717097	296641599606	413670.1166		
Corrected Total	717152	381886484048			

R-Square Coeff Var Root MSE ML305 Mean

0.223220 12.81233 643.1719 5019.944

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr> F
OKRUZI	2	30883192405	15441596203	37328.3	<.0001
RASA	3	5832387491	1944129164	4699.71	<.0001
GODTEL	7	12130134808	1732876401	4189.03	<.0001
SEZTEL	3	885015813	295005271	713.14	<.0001
RBLAKT	5	18479304499	3695860900	8934.32	<.0001
MESECKONT	11	94828717	8620792	20.84	<.0001
FAZALAKT	4	1713920902	428480226	1035.80	<.0001
THI2K	5	2719058	543812	1.31	0.2544
RASA*THI2K	15	242289800	16152653	39.05	<.0001

The GLM Procedure
Least Squares Means

OKRUZI	MlekoDan LSMEAN
8 - MACVANSKI	16.7633507
10 - PODUNAVSKI	18.3291209
12 - SUMADIJSKI	17.3414220

OKRUZI SMM LSMEAN

8	3.97213260
10	3.97464704
12	4.01629507

OKRUZI SPP LSMEAN

8	3.17152584
10	3.24133051
12	3.23278930

OKRUZI UKUPNOML LSMEAN

8	5542.47925
10	5997.27675
12	5643.24516

OKRUZI PMM305 LSMEAN

8	179.829310
10	208.413435
12	198.750938

OKRUZI SMM305 LSMEAN

8	3.85776417
10	3.95498815
12	3.97710240

OKRUZI PPR305 LSMEAN

8	145.976887
10	172.037809
12	160.868519

OKRUZI SPR305 LSMEAN

8	3.14194728
10	3.26672180
12	3.22724176

OKRUZI ML305 LSMEAN

8	4655.23331
10	5265.53900
12	4990.76592

RASA MlekoDan LSMEAN

1	16.6567160
2	18.5380811
3	18.5360866
4	16.1809743

RASA SMM LSMEAN

1	4.00475598
2	3.94213479
3	3.93159006
4	4.07228543

RASA SPP LSMEAN

1	3.21279754
2	3.20863802
3	3.19763794
4	3.24178737

UKUPNOML LSMEAN

RASA

1	5334.49803
2	6108.80859
3	6085.27704
4	5382.08454

RASA PMM305 LSMEAN

1	186.546944
2	207.590836
3	205.318847
4	183.201615

RASA SMM305 LSMEAN

1	3.94807219
2	3.89377764
3	3.87062034
4	4.00733614

RASA PPR305 LSMEAN

1	151.920831
2	171.039319
3	168.964184
4	146.586620

RASA SPR305 LSMEAN

1	3.22312278
2	3.21274749
3	3.19263107
4	3.21937977

RASA ML305 LSMEAN

1	4713.95708
2	5321.66428
3	5293.02161
4	4553.40801

GODTEL MlekoDan LSMEAN

2013	16.8747602
2014	16.6896297
2015	16.7690405
2016	16.8262148
2017	17.0131432
2018	17.4562056
2019	17.5260520

GODTEL SMM LSMEAN

2013	3.96094837
2014	3.98739016
2015	3.99019546
2016	4.01118596
2017	4.02340244
2018	4.04340385
2019	4.06328739

GODTEL SPP LSMEAN

2013	3.24724537
2014	3.23550133
2015	3.23540344
2016	3.23175658
2017	3.22963057
2018	3.20504486
2019	3.15537873

GODTEL UKUPNOML LSMEAN

2013	5611.58046
2014	5679.64665
2015	5717.39446
2016	5742.92598
2017	5810.01905
2018	5893.50862
2019	5733.86748

GODTEL	PMM305 LSMEAN
2013	197.489912
2014	202.496555
2015	203.388222
2016	205.493776
2017	209.317314
2018	216.903634
2019	223.321935
GODTEL	SMM305 LSMEAN
2013	3.91426877
2014	3.92445507
2015	3.91703680
2016	3.93280428
2017	3.95117294
2018	3.96859296
2019	4.01930256
GODTEL	PPR305 LSMEAN
2013	167.236271
2014	166.279947
2015	166.470690
2016	167.230440
2017	169.698311
2018	174.071980
2019	176.699719
GODTEL	SPR305 LSMEAN
2013	3.34448299
2014	3.22542068
2015	3.20546355
2016	3.19755269
2017	3.20025785
2018	3.18146895
2019	3.17758963

GODTEL	ML305 LSMEAN
2013	5046.09236
2014	5156.35547
2015	5188.74325
2016	5221.76435
2017	5292.65154
2018	5461.26261
2019	5557.05770

SEZTEL MlekoDan LSMEAN

1	17.5497397
2	17.4084232
3	17.3700484
4	17.5836468

SEZTEL SMM LSMEAN

1	3.98812942
2	3.98203424
3	3.98541303
4	3.99518959

SEZTEL SPP LSMEAN

1	3.21687600
2	3.21831730
3	3.21566243
4	3.21000514

SEZTEL UKUPNOML LSMEAN

1	5698.19062
2	5724.38863
3	5741.18160
4	5746.90736

SEZTEL PMM305 LSMEAN

1	196.231009
2	193.541505
3	194.792703
4	198.093026

SEZTEL SMM305 LSMEAN

1	3.92992522
2	3.92554006
3	3.92680485
4	3.93753617

SEZTEL PPR305 LSMEAN

1	159.882995
2	158.158694
3	159.353503
4	161.115762

SEZTEL SPR305 LSMEAN

1	3.20568822
2	3.21262181
3	3.22129018
4	3.20828090

SEZTEL ML305 LSMEAN

1	4985.53850
2	4923.29370
3	4952.22236
4	5020.99643

RBLAKT MlekoDan LSMEAN

1	16.7264072
2	17.5694271
3	18.1852032
4	17.8294143
5	17.4478729
6	17.1094624

RBLAKT SMM LSMEAN

1	3.97568559
2	3.98205312
3	3.98780757
4	3.99005131
5	3.99350523
6	3.99704657

SPP LSMEAN**RBLAKT**

1	3.21254792
2	3.21623694
3	3.21868960
4	3.21685099
5	3.21363014
6	3.21333572

RBLAKT UKUPNOML LSMEAN

1	5500.15710
2	5776.61424
3	5968.07105
4	5835.75574
5	5704.17744
6	5581.22673

RBLAKT PMM305 LSMEAN

1	186.290196
2	196.646215
3	204.067309
4	199.855380
5	195.573247
6	191.555017

RBLAKT SMM305 LSMEAN

1	3.92330788
2	3.92522256
3	3.92783774
4	3.92910177
5	3.93357430
6	3.94066520

RBLAKT PPR305 LSMEAN

1	152.644300
2	160.874388
3	166.228539
4	162.874309
5	159.017150
6	156.127744

RBLAKT SPR305 LSMEAN

1	3.21948056
2	3.21785227
3	3.20995722
4	3.20950888
5	3.20251007
6	3.21251267

RBLAKT ML305 LSMEAN

1	4740.50232
2	5000.47986
3	5181.79603
4	5076.52489
5	4965.48517
6	4858.28820

MESECKONT MlekoDan LSMEAN

1	17.6918068
2	17.7839741
3	17.6645892
4	17.6253233
5	17.3070581
6	17.2519517
7	17.2489507
8	17.3114841
9	17.2156358
10	17.4837132
11	17.5620577
12	17.5890294

MESECKONT SMM LSMEAN

1	3.99375424
2	3.99081381
3	3.99152829
4	3.98774044
5	3.98453942
6	3.98272507
7	3.97818099
8	3.97718232
9	3.98380923
10	3.98887342
11	3.99540067
12	3.99775090

MESECKONT SPP LSMEAN

1	3.21374405
2	3.21476254
3	3.21611888
4	3.21375237
5	3.20931977
6	3.21017631
7	3.21355389
8	3.21635678
9	3.21945985
10	3.22054510
11	3.21808968
12	3.21670338

MESECKONT UKUPNOMLSMEAN

1	5748.34938
2	5749.70687
3	5746.49195
4	5743.61456
5	5686.85059
6	5703.73592
7	5710.48905
8	5712.06741
9	5701.83972
10	5745.37892
11	5737.91692
12	5745.56332

MESECKONT PMM305 LSMEAN

1	196.193150
2	196.064722
3	195.856197
4	196.669478
5	195.195104
6	195.290512
7	194.659515
8	194.666563
9	194.826435
10	196.283509
11	196.065279
12	196.204263

MESECKONT SMM305 LSMEAN

1	3.92855307
2	3.92887423
3	3.92698572
4	3.93141766
5	3.93477482
6	3.93525875
7	3.93163882
8	3.92795912
9	3.92908358
10	3.92719508
11	3.92850681
12	3.92917124

MESECKONT PPR305 LSMEAN

1	159.757620
2	159.818114
3	159.727075
4	160.722592
5	159.419898
6	159.805034
7	158.862713
8	159.051278
9	158.876799
10	159.967042
11	159.699889
12	159.824807

MESECKONT SPR305 LSMEAN

1	3.20426205
2	3.20845277
3	3.20801648
4	3.21984905
5	3.22091219
6	3.22902320
7	3.21378341
8	3.21455199
9	3.20870436
10	3.20486606
11	3.20498344
12	3.20623830

MESECKONT ML305 LSMEAN

1	4985.51751
2	4981.45668
3	4978.55723
4	4994.33874
5	4953.21536
6	4954.97233
7	4943.22923
8	4947.93475
9	4950.35418
10	4989.45034
11	4982.20997
12	4984.91664

FAZALAKT MlekoDan LSMEAN

1	20.6168401
2	21.9936684
3	19.1043935
4	14.3712064
5	11.3037142

FAZALAKT SMM LSMEAN

1	3.85003271
2	3.89006305
3	3.97534739
4	4.07757449
5	4.14544020

FAZALAKT SPP LSMEAN

1	3.14787715
2	3.16716509
3	3.21136906
4	3.25686523
5	3.29279955

THI MlekoDan LSMEAN

1	16.7529912
2	17.9820073
3	17.7554297
4	17.6535795
5	17.4992523
6	17.2245271

THI SMM LSMEAN

1	4.02733882
2	3.97237642
3	3.97521390
4	3.98356970
5	3.98286842
6	3.98478215

THI SPP LSMEAN

1	3.24982892
2	3.20103210
3	3.20439943
4	3.20924083
5	3.20849933
6	3.21829070

RASA THI MlekoDan LSMEAN

1	1	16.6799420
1	2	16.6050385
1	3	16.6322996
1	4	16.6866598
1	5	16.6715572
1	6	16.6647988
2	1	18.0653177
2	2	18.8109269
2	3	18.9694201
2	4	18.6887601
2	5	18.2876235
2	6	18.4064382
3	1	18.0381321
3	2	18.8053014
3	3	18.9843729
3	4	18.5930896
3	5	18.2373686
3	6	18.5582552
4	1	14.2285731
4	2	17.7067622
4	3	16.4356260
4	4	16.6458087
4	5	16.8004600
4	6	15.2686161

RASA	THI	SMM LSMEAN
1	1	4.01419018
1	2	4.00077434
1	3	3.99874747
1	4	4.00282917
1	5	4.00101307
1	6	4.01098167
2	1	3.94610754
2	2	3.92997020
2	3	3.94891227
2	4	3.95149867
2	5	3.93799842
2	6	3.93832166
3	1	3.93697345
3	2	3.91601013
3	3	3.93688132
3	4	3.93574166
3	5	3.92756211
3	6	3.93637168
4	1	4.21208411
4	2	4.04275101
4	3	4.01631452
4	4	4.04420929
4	5	4.06490008
4	6	4.05345359

RASA THI SPP LSMEAN

1	1	3.21201608
1	2	3.21551542
1	3	3.20983849
1	4	3.21404999
1	5	3.21559215
1	6	3.20977309
2	1	3.20898573
2	2	3.21156233
2	3	3.20989966
2	4	3.20843817
2	5	3.20935288
2	6	3.20358935
3	1	3.19898456
3	2	3.19294539
3	3	3.19613887
3	4	3.20025337
3	5	3.20151406
3	6	3.19599136
4	1	3.37932929
4	2	3.18410524
4	3	3.20172070
4	4	3.21422178
4	5	3.20753821
4	6	3.26380901

RASA THI UKUPNOML LSMEAN

1	1	5336.12910
1	2	5341.99314
1	3	5323.77304
1	4	5345.74207
1	5	5335.93570
1	6	5323.41516
2	1	5841.69222
2	2	6220.12911
2	3	6233.46455
2	4	6173.17913
2	5	6079.65662
2	6	6104.72993
3	1	5939.63278
3	2	6148.51466
3	3	6143.44791
3	4	6116.48365
3	5	6029.09158
3	6	6134.49167
4	1	5530.53882
4	2	5531.56735
4	3	5229.37496
4	4	5438.88619
4	5	5439.92009
4	6	5122.21983

RASA	THI	PMM305 LSMEAN
1	1	187.006333
1	2	186.094432
1	3	186.301884
1	4	186.546178
1	5	186.117459
1	6	187.215382
2	1	202.342127
2	2	209.980955
2	3	211.768774
2	4	208.454718
2	5	204.890016
2	6	208.108427
3	1	203.552726
3	2	206.289672
3	3	208.053987
3	4	205.392558
3	5	201.744604
3	6	206.879537
4	1	170.675666
4	2	189.983049
4	3	181.051032
4	4	186.736866
4	5	186.943075
4	6	183.820000

RASA THI SMM305 LSMEAN

1	1	3.95500478
1	2	3.94419280
1	3	3.94825730
1	4	3.94484352
1	5	3.94062236
1	6	3.95551236
2	1	3.92812506
2	2	3.87381819
2	3	3.89654519
2	4	3.89033905
2	5	3.87720257
2	6	3.89663578
3	1	3.89858090
3	2	3.85287814
3	3	3.87782634
3	4	3.86435440
3	5	3.85575248
3	6	3.87432981
4	1	4.07408328
4	2	4.02589117
4	3	3.98494502
4	4	3.99094706
4	5	4.00609380
4	6	3.96205648

RASA THI PPR305 LSMEAN

1	1	151.870089
1	2	152.263120
1	3	151.772220
1	4	152.228107
1	5	151.692169
1	6	151.699280
2	1	166.348426
2	2	174.201136
2	3	174.592803
2	4	171.460777
2	5	168.976064
2	6	170.656706
3	1	166.880226
3	2	170.898452
3	3	171.353671
3	4	169.049176
3	5	166.034040
3	6	169.569541
4	1	137.317509
4	2	151.107062
4	3	145.360882
4	4	149.125301
4	5	148.427370
4	6	148.181593

RASA THI SPR305 LSMEAN

1	1	3.21981813
1	2	3.23515417
1	3	3.22369518
1	4	3.22827972
1	5	3.21918721
1	6	3.21260224
2	1	3.23599979
2	2	3.22092684
2	3	3.21718940
2	4	3.20304198
2	5	3.20006771
2	6	3.19925924
3	1	3.20850433
3	2	3.20058009
3	3	3.19977575
3	4	3.18549113
3	5	3.17972051
3	6	3.18171460
4	1	3.27801512
4	2	3.22196426
4	3	3.21224394
4	4	3.20081346
4	5	3.19291818
4	6	3.21032365

RASA TH12 ML305 LSMEAN

1	1	4716.42051
1	2	4707.33804
1	3	4708.31392
1	4	4717.86947
1	5	4712.05692
1	6	4721.74360
2	1	5142.10739
2	2	5407.73901
2	3	5422.78600
2	4	5348.13967
2	5	5274.84434
2	6	5334.36930
3	1	5211.69322
3	2	5342.29966
3	3	5352.18157
3	4	5303.38069
3	5	5218.61990
3	6	5329.95461
4	1	4178.76528
4	2	4693.57693
4	3	4526.88407
4	4	4658.11753
4	5	4649.06236
4	6	4614.04192

The GLM Procedure **CELE BAZE MPD osobine**

Class Level Information

Class	Levels	Values
OKRUZI	3	8 10 12
RASA	4	1 2 3 4
GODTEL	8	2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019
SEZTEL	4	1 2 3 4
RBLAKT	6	1 2 3 4 5 6
MESECKONT	12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
FAZALAKT	5	1 2 3 4 5
THI2K	6	1 2 3 4 5 6
Number of Observations Used		717153

Dependent Variable: MPD MPD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr> F
Model	55	12271477.30	223117.77	91317.1	<.0001
Error	717097	1752104.53	2.44		
Corrected Total	717152	14023581.83			

R-Square **Coeff Var** **Root MSE** **MPD Mean**
 0.875060 -31.28008 1.563115 -4.997159

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr> F
OKRUZI	2	13974.3768	6987.1884	2859.70	<.0001
RASA	3	5680.9104	1893.6368	775.02	<.0001
GODTEL	7	15981.3825	2283.0546	934.40	<.0001
SEZTEL	3	179351.5369	59783.8456	24468.2	<.0001
RBLAKT	5	11605.9588	2321.1918	950.01	<.0001
MESECKONT	11	178256.1850	16205.1077	6632.39	<.0001
FAZALAKT	4	515104.3276	128776.0819	52705.2	<.0001
THI2K	5	25886.6604	5177.3321	2118.97	<.0001
RASA*THI2K	15	10937.4970	729.1665	298.43	<.0001

The GLM Procedure **TOPLOG PERIODA MPD osobine**
Class Level Information

Class	Levels	Values
OKRUZI	3	8 10 12
RASA	4	1 2 3 4
GODTEL	8	2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019
SEZTEL	4	1 2 3 4
RBLAKT	6	1 2 3 4 5 6
MESECKONT	5	5 6 7 8 9
FAZALAKT	5	1 2 3 4 5
THI2K	4	3 4 5 6

Number of Observations Read 315545

The GLM Procedure

Dependent Variable: MPD MPD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr> F
Model	40	971705.802	24292.645	23389.0	<.0001
Error	315504	327693.990	1.039		
Corrected Total	315544	1299399.792			

R-Square **Coeff Var** **Root MSE** **MPD Mean**

0.747811 -82.31018 1.019135 -1.238164

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr> F
OKRUZI	2	385.91868	192.95934	185.78	<.0001
RASA	3	44.47598	14.82533	14.27	<.0001
GODTEL	7	18381.16025	2625.88004	2528.20	<.0001
SEZTEL	3	2801.42747	933.80916	899.07	<.0001
RBLAKT	5	9.36550	1.87310	1.80	0.1084
MESECKONT	4	46325.25549	11581.31387	11150.5	<.0001
FAZALAKT	4	2314.46023	578.61506	557.09	<.0001
THI2K	3	2268.11705	756.03902	727.91	<.0001
RASA*THI2K	9	1584.54300	176.06033	169.51	<.0001

The GLM Procedure

Least Squares Means

OKRUZI MPD LSMEAN

8	-2.34408524
10	-2.27629327
12	-2.26755354

RASA MPD LSMEAN

1	-2.23895636
2	-2.30754936
3	-2.33359775
4	-2.30380593

GODTEL MPD LSMEAN

2012	-2.08978438
2013	-2.17057810
2014	-2.16142370
2015	-2.36939556
2016	-2.82038256
2017	-2.32183597
2018	-2.15187368
2019	-2.28254485

SEZTEL MPD LSMEAN

1	-2.36565334
2	-2.17878447
3	-2.17291713
4	-2.46655447

RBLAKT MPD LSMEAN

1	-2.28654808
2	-2.29801394
3	-2.29797571
4	-2.29962033
5	-2.30034352
6	-2.29336252

MESECKONT MPD LSMEAN

5	-2.85765567
6	-2.04784426
7	-1.97850829
8	-1.81170077
9	-2.78417777

FAZALAKT MPD LSMEAN

1	-2.38473171
2	-2.44996978
3	-2.27530952
4	-2.14672973
5	-2.22314601

THI MPD LSMEAN

3	-6.25031848
4	-3.29572589
5	-0.74356363
6	1.10569859

8. BIOGRAFIJA AUTORA

Nenad Mičić, rođen je 20. juna 1990. godine u Beogradu.

Nakon Osnovne škole u selu Belosavci i Srednje škole u Topoli, upisuje osnovne akademske studije na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu i završava 2013. godine sa prosečnom ocenom 9,86 na smeru za Zootehniku. Nakon njih 2014. godine završava i master akademske studije istog smera sa prosečnom ocenom 10. Doktorske akademske studije u okviru studijskog programa Poljoprivredne nauke, modul Zootehnika na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu upisao je iste 2014. godine i zatim položio sve ispite predviđene planom i programom ovog studijskog modula.

Tokom svog obrazovanja u srednjoj školi i prve tri godine osnovnih studija bio je stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Tokom završne godine osnovnih i tokom master studija stipendista Fonda za mlade talente „Dositeja“, Ministarstva omladine i sporta Republike Srbije. Dobitnik je nagrade za najboljeg studenta druge godine osnovnih studija na Poljoprivrednom fakultetu u Beogradu od strane fonda Zadružbine narodnog dobrotvora Beograda Nikole Spasića. Na ceremoniji i svečanosti povodom dana fakulteta 2013. godine proglašen je za najboljeg studenta završne godine osnovnih akademskih studija smera za Zootehniku Poljoprivrednog fakulteta.

Nakon diplomiranja 2014. godine i sticanja diplome o stečenom visokom obrazovanju i akademskom nazivu Master inženjera poljoprivrede, Nenad prvo radi kao predmetni profesor u srednjoj poljoprivrednoj školi i nakon nje, iste godine, započinje rad u nauci u naučnom Institutu za stočarstvo u Zemunu na odeljenju za istraživanja u govedarstvu.

Nenad je tri godine u kontinuitetu bio učesnik trening programa usavršavanja i to:

- 2016. godine kroz studijski boravak u Istraživačkom Institutu za stočarstvo pri poljoprivrednoj akademiji provincije Hilongjang u gradu Harbin u Kini, projekat pod nazivom: “*Serbia-China Farming Cycle Academic Communication*”, China,
- 2017. godine u Americi trening kurs *The Cochran Fellowship Program*-a sa temom: “*Beef Genetics - Importing and Marketing*” Kansas and Missouri, USA,
- 2018. godine u Izraelu učesnik treninga “*The 21st Century Challenge –Improving Production of Animal Husbandry*” - *International Research & Development Courses, State of Israel.*

U svojim dosadašnjim radovima u nauci najviše pažnje usmerio je istraživanjima mlečnih goveda, pre svega mogućnostima unapređenja osobina mlečnosti i plodnosti krava. U toku dosadašnjeg rada kao autor i koautor publikovao je više od 40 naučnih radova.

Kao autor i koautor naučnih radova u međunarodnim časopisima sa impakt faktorom objavio je:

1. **Mičić N.**, Stanojević D., Samolovac Lj., Petričević V., Stojiljković N., Gantner V. Bogdanović V. (2022): The effect of animal-related and some environmental effects on daily milk production of dairy cows under the heat stress conditions. *Mljekarstvo*, 72 (4), 250-260. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2022.0406>
2. Popovac M., Miletić A., Raguž N., Beskorovajni R., Stanojević D., Radivojević M., **Mičić N.**, Đurić N. (2020): Phenotypic and genetic parameters of milk yield traits in first-calf heifers of Holstein-Friesian breed. *Mljekarstvo*, 70 (2), 93-102. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2020.0203>
3. Lazarević, M., Stanojević, D., Bogdanović, V., Pantelić, V., Maksimović, N., Marinković, M., **Mičić, N.** (2018). Variability and heritability of milk traits of Holstein-Frisian bull dams and their progeny. *Genetika-Belgrade. Serbian Genetics Society, Belgrade.*, 50(1), 243-251. <https://doi.org/10.2298/GENSR1801243L>

Izjava 1.

Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora: **Nenad Mičić**

Broj indeksa: **ZO 14/4**

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

Fenotipska i genetska varijabilnost osobina mlečnosti različitih rasa goveda u uslovima toplotnog stresa

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis autora

U Beogradu, _____

Izjava 2.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: **Nenad Mičić**

Broj indeksa: **ZO 14/4**

Studijski program: **Poljoprivredne nauke, modul Zootehnika**

Naslov rada: **Fenotipska i genetska varijabilnost osobina mlečnosti različitih rasa goveda u uslovima toplotnog stresa**

Mentor: **prof. dr Vladan Bogdanović, redovni profesor**

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao radi pohranjivanja u **Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja, kao i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis autora

U Beogradu, _____

Izjava 3.

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Fenotipska i genetska varijabilnost osobina mlečnosti različitih rasa goveda u uslovima toplotnog stresa

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu i dostupnu u otvorenom pristupu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo (CC BY)

2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)

3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade (CC BY-NC-ND)

4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)

5. Autorstvo – bez prerade (CC BY-ND)

6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci.
Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

Potpis autora

U Beogradu, _____

1. Autorstvo. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.

2. Autorstvo - nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

3. Autorstvo - nekomercijalno - bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.

4. Autorstvo - nekomercijalno - deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.

5. Autorstvo - bez prerada. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

6. Autorstvo - deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.