

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ, ZAGREB

Interdisciplinarni doktorski studij
Zaštita prirode i okoliša

Boris Ljubojević

**PROCJENA MOGUĆNOSTI SMANJENJA UPORABE ANTIBIOTIKA PRILIKOM
ZASUŠENJA MLIJEČNIH KRAVA TE POSLJEDIČNO SMANJENJE NJIHOVE
EMISIJE U OKOLIŠ**

Doktorski rad

OSIJEK, 2025.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ, ZAGREB

Interdisciplinarni doktorski studij
Zaštita prirode i okoliša

Boris Ljubojević

**PROCJENA MOGUĆNOSTI SMANJENJA UPORABE ANTIBIOTIKA PRILIKOM
ZASUŠENJA MLIJEČNIH KRAVA TE POSLJEDIČNO SMANJENJE NJIHOVE
EMISIJE U OKOLIŠ**

Doktorski rad

OSIJEK, 2025.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ, ZAGREB

Interdisciplinarni doktorski studij
Zaštita prirode i okoliša

Boris Ljubojević, dipl. ing. šum.

**PROCJENA MOGUĆNOSTI SMANJENJA UPORABE ANTIBIOTIKA PRILIKOM
ZASUŠENJA MLIJEČNIH KRAVA TE POSLJEDIČNO SMANJENJE NJIHOVE
EMISIJE U OKOLIŠ**

Doktorski rad

Mentorica: prof. dr. sc. Vesna Gantner, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Povjerenstvo za ocjenu:

Osijek, 2025.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ, ZAGREB

Interdisciplinarni doktorski studij
Zaštita prirode i okoliša

Boris Ljubojević

**PROCJENA MOGUĆNOSTI SMANJENJA UPORABE ANTIBIOTIKA PRILIKOM
ZASUŠENJA MLIJEČNIH KRAVA TE POSLJEDIČNO SMANJENJE NJIHOVE
EMISIJE U OKOLIŠ**

Doktorski rad

Mentorica: prof. dr. sc. Vesna Gantner, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Javna obrana doktorskog rada održana je **xy.** rujna 2025. godine pred Povjerenstvom za obranu:

Osijek, 2025.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Interdisciplinarni doktorski studij
Zaštita prirode i okoliša

Doktorski rad

Znanstveno područje: Interdisciplinarno područje znanosti
Znanstvena polja: biologija; poljoprivreda

Procjena mogućnosti smanjenja uporabe antibiotika prilikom zasušenja mliječnih krava te posljedično smanjenje njihove emisije u okoliš

Boris Ljubojević, mag. ing.

Doktorski rad je izrađen na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Mentorica: Prof. dr. sc. Vesna Gantner, redovita profesorica u trajnom izboru Sveučilišta J. J. Strossmayera Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sažetak doktorskog rada

Doktorski rad se bavi procjenom mogućnosti smanjenja uporabe antibiotika tijekom razdoblja zasušenja mliječnih krava, uz istovremenu zaštitu zdravlja vimen a i očuvanje proizvodnih parametara. Fokus je na primjeni selektivne terapije zasušenja mliječnih krava (SDCT) koja omogućuje ciljanu antimikrobnu primjenu isključivo kod životinja s povećanim rizikom od intramamarne infekcije, čime se izbjegava nepotrebna terapija. Istraživanje obuhvaća analizu više od milijun kontrola u standardiziranim uvjetima proizvodnje, pri čemu su zdravstveni status vimen a i potreba za primjenom antibiotika analizirani u odnosu na niz bioloških, okolišnih i proizvodnih parametara. Rezultati pokazuju da se primjenom SDCT-a može značajno smanjiti ukupna količina primijenjenih antibiotika, osobito kod zdravih krava koje su pri zadnjoj kontroli mliječnosti imale broj somatskih stanica manji od 200.000 stanica/mL, što se smatra pragom za odsutnost intramamarne infekcije, bez negativnog utjecaja na zdravlje i mliječnost. U okolišnom kontekstu, smanjenje nepotrebne uporabe antibiotika doprinosi smanjenju njihove emisije u tlo i vodene sustave, čime se ublažava selekcijski pritisak za razvoj antimikrobne rezistencije. Doktorski rad donosi interdisciplinarni znanstveni doprinos spajanjem stočarstva, veterinarske medicine, biostatistike i zaštite okoliša, u skladu sa strategijom „Od polja do stola” i načelima pristupa „Jedno zdravlje”.

Broj stranica: 335
Broj slika: 3
Broj tablica: 89
Broj grafikona: 32
Broj literaturnih navoda: 203
Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: mliječne krave, selektivna terapija zasušenja mliječnih krava, antibiotici, antimikrobna rezistencija, somatske stanice, održiva proizvodnja

Datum obrane: 10. rujna 2025.

Povjerenstvo za obranu:

Doktorski rad pohranjen je u:

Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici Zagreb, Ul. Hrvatske bratske zajednice 4, Zagreb; Gradskoj i sveučilišnoj knjižnici i na Sveučilištu Osijek, Europska avenija 24, Osijek; Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Trg sv. Trojstva 3, Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Ruder Bošković Institute, Zagreb
Interdisciplinary Doctoral Study of
Environmental Protection and Nature Conservation

PhD thesis

Scientific Area: Interdisciplinary Area of Science
Scientific Fields: Biology; Agriculture

Evaluation of the feasibility of reducing antibiotic usage during the drying off period in dairy cows and subsequent decrease of its emission in environment

Boris Ljubojević

Thesis performed at University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Supervisor: PhD Vesna Gantner, professor University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Summary

This PhD thesis assesses the potential to reduce antibiotic use during the dry-off period in dairy cows while maintaining udder health and production performance. The focus is on the application of selective dry cow therapy (SDCT), which allows targeted antimicrobial treatment only for animals with increased risk of intramammary infection, thus avoiding unnecessary therapy. The research includes an analysis of more than one million official milk recording events under standardized production conditions. Udder health status and antibiotic treatment decisions were analysed in relation to a range of biological, environmental and production-related parameters. The results indicate that the application of SDCT can significantly reduce the total amount of antibiotics used, particularly in healthy cows whose somatic cell count was below 200,000 cells/mL at the last test-day, a threshold considered indicative of the absence of infection, without adverse effects on health or milk yield. In the environmental context, reducing unnecessary antibiotic use contributes to lowering emissions into soil and water systems, thereby reducing the selective pressure for antimicrobial resistance development. This thesis makes an interdisciplinary scientific contribution by integrating animal husbandry, veterinary medicine, biostatistics and environmental protection, and aligns with the EU's "Farm to Fork" strategy and the principles of the "One Health" approach.

Number of pages: 335

Number of figures: 3

Number of tables: 89

Number of graphs: 32

Number of references: 203

Original in: croatian

Key words: selective dry cow therapy, somatic cell count, antibiotics, environment, dairy farming

Date of the thesis defense: Septembere 10th, 2025.

Reviewers:

Thesis deposited in:

National and University Library in Zagreb, Ul. Hrvatske bratske zajednice 4, Zagreb; City and University Library of Osijek, Europska avenija 24, Osijek; Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Trg sv. Trojstva 3, Osijek

Sadržaj

1. UVOD	19
2. PREGLED LITERATURE	24
2.1. Opći pregled literature	24
2.2. Antibiotici u stočarskoj proizvodnji	25
2.3. Antimikrobna rezistencija (AMR).....	26
2.4. Ekološki utjecaji antibiotika iz stočarske proizvodnje	28
2.5. Kružno kretanje antibiotika i otpornosti u okolišu	30
2.6. Strategija „od polja do stola“ i smanjenje antibiotika u EU	32
2.7. Stvaranje i lučenje mlijeka u krava.....	34
2.8. Mastitis kod mliječnih krava	36
2.8.1. Etiologija i epidemiologija mastitisa	37
2.8.2. Posljedice mastitisa na proizvodnju mlijeka	38
2.9. Somatske stanice kao indikator zdravlja vimena.....	39
2.9.1. Sastav somatskih stanica (leukociti, epitelne stanice)	40
2.9.2. Faktori koji utječu na varijabilnost SCC (paritet, stadij laktacije, sezona, stres, toplinski stres)	41
2.9.3. Klasifikacija zdravlja vimena temeljem broja somatskih stanica (zdravo, subklinički mastitis, klinički mastitis).....	42
2.10. Metode liječenja i prevencije mastitisa	43
2.10.1. Blanket terapija vs. selektivna terapija zasušivanja (SDCT).....	44
2.10.2. Pokazatelji za odabir krava za SDCT (somatske stanice, mikrobiološki nalazi)	
46	
2.11. Kontrola mliječnosti kao alat u upravljanju zdravljem krava.....	49
2.12. Utjecaj mastitisa i SDCT-a na emisiju antibiotika u okoliš.....	51
2.13. Alternativni pristupi u prevenciji mastitisa i smanjenju uporabe antibiotika.....	52
2.14. Praktični benefiti smanjenja uporabe antibiotika u mliječnom govedarstvu.....	54

3.	CILJ ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA.....	56
4.	MATERIJAL I METODE RADA	57
5.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA	65
5.1.	Fenotipska varijabilnost dnevnih svojstava mliječnosti krava holstein pasmine	65
5.1.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	65
5.1.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	67
5.1.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	69
5.1.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	72
5.1.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	73
5.1.6.	Analiza prema veličini stada.....	75
5.1.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	77
5.2.	Fenotipska varijabilnost dnevnih svojstava mliječnosti krava simentalke pasmine	79
5.2.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	79
5.2.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	81
5.2.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	83
5.2.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	85
5.2.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	87
5.2.6.	Analiza prema veličini stada.....	89
5.2.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	91
5.3.	Kovarijabilnost broja somatskih stanica i dnevnih svojstava mliječnosti krava Holstein pasmine.....	93
5.3.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	93
5.3.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	94
5.3.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	95
5.3.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	98
5.3.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	99
5.3.6.	Analiza prema veličini stada.....	100

5.3.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	102
5.4.	Kovarijabilnost broja somatskih stanica i dnevnih svojstava mliječnosti krava simentalske pasmine.....	104
5.4.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	104
5.4.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	105
5.4.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	107
5.4.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	109
5.4.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	110
5.4.6.	Analiza prema veličini stada.....	111
5.4.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	113
5.5.	Frekvencijska pojavnost subkliničkog i kliničkog mastitisa kod krava holstein pasmine.....	115
5.5.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	115
5.5.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	116
5.5.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	117
5.5.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	118
5.5.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	119
5.5.6.	Analiza prema veličini stada.....	120
5.5.7.	Analliza prema dnevnoj količini mlijeka.....	121
5.6.	Frekvencijska pojavnost subkliničkog i kliničkog mastitisa kod krava simentalske pasmine.....	122
5.6.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	122
5.6.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	123
5.6.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	124
5.6.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	125
5.6.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	126
5.6.6.	Analiza prema veličini stada.....	127
5.6.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	128

5.7.	Značajnost utjecaja zdravstvenog stanja krave na dnevna svojstva mliječnosti kod holstein pasmine krava	129
5.7.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	129
5.7.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	130
5.7.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	131
5.7.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	133
5.7.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	134
5.7.6.	Analiza prema veličini stada.....	136
5.7.7.	Analliza prema dnevnoj količini mlijeka.....	137
5.8.	Značajnost utjecaja zdravstvenog stanja krave na dnevna svojstva mliječnosti kod simenatalske pasmine krava	139
5.8.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	139
5.8.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	140
5.8.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	141
5.8.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	143
5.8.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	144
5.8.6.	Analiza prema veličini stada.....	145
5.8.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	146
5.9.	Procjena potencijala za smanjenje uporabe antibiotika pri zasušivanju krava putem klasifikacije zdravstvenog statusa temeljenog na broju somatskih stanica kod holstein pasmine krava.....	147
5.9.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	149
5.9.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	152
5.9.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	155
5.9.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	159
5.9.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	162
5.9.6.	Analiza prema veličini stada.....	165
5.9.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	168

5.9.8.	Analiza ukupne ekonomske vrijednosti antibiotika – holstein pasmina.....	171
5.9.9.	Ekološka procjena emisije antibiotika kod holstein krava: kvantifikacija i analiza rizika	173
5.10.	Procjena potencijala za smanjenje uporabe antibiotika pri zasušivanju krava putem klasifikacije zdravstvenog statusa temeljenog na broju somatskih stanica kod simentalke pasmine krava.....	176
5.10.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	177
5.10.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	179
5.10.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	183
5.10.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	187
5.10.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	190
5.10.6.	Analiza prema veličini stada.....	193
5.10.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	197
5.10.8.	Analiza ukupne ekonomske vrijednosti antibiotika – simentalke pasmine	200
5.10.9.	Ekološka procjena emisije antibiotika kod simentalke krava: kvantifikacija i analiza rizika	202
5.11.	Utjecaj mikroklimatskih čimbenika na broj somatskih stanica i procjena smanjenja primjene antibiotika u odnosu na okolišne uvjete	204
5.11.1.	Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava	204
5.11.2.	Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava.....	206
5.11.3.	Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod holstein krava.....	207
5.11.4.	Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod simentalke krava	209
5.11.5.	Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod simentalke krava	211
5.11.6.	Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod simentalke krava	213
5.11.7.	Utjecaj klimatskih scenarija na zdravstveni status holstein krava.....	214
5.11.8.	Utjecaj klimatskih scenarija na zdravstveni status simentalke krava	217

6.	RASPRAVA.....	219
6.1.	Fenotipska varijabilnost dnevnih svojstava mliječnosti krava holstein pasmine	219
6.1.1.	Analiza prema rednom broju laktacije (paritet).....	219
6.1.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	220
6.1.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	221
6.1.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	221
6.1.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	222
6.1.6.	Analiza prema veličini stada.....	223
6.1.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	224
6.2.	Fenotipska varijabilnost dnevnih svojstava mliječnosti krava simentalke pasmine	226
6.2.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	226
6.2.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	227
6.2.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	227
6.2.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	228
6.2.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	229
6.2.6.	Analiza prema veličini stada.....	230
6.2.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	231
6.3.	Kovarijabilnost broja somatskih stanica i dnevnih svojstava mliječnosti krava holstein pasmine.....	232
6.3.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	232
6.3.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	232
6.3.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	233
6.3.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	234
6.3.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	235
6.3.6.	Analiza prema veličini stada.....	236
6.3.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	237

6.4. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i dnevnih svojstava mliječnosti krava simentalke pasmine.....	238
6.4.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	238
6.4.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	239
6.4.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	240
6.4.4. Analiza prema regiji uzgoja.....	241
6.4.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	242
6.4.6. Analiza prema veličini stada.....	243
6.4.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	244
6.5. Frekvencijska pojavnost subkliničkog i kliničkog mastitisa krava holstein pasmine.....	245
6.5.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	245
6.5.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	245
6.5.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	246
6.5.4. Analiza prema regiji uzgoja.....	247
6.5.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	248
6.5.6. Analiza prema veličini stada.....	248
6.5.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	249
6.6. Frekvencijska pojavnost subkliničkog i kliničkog mastitisa kod krava simentalke pasmine.....	251
6.6.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	251
6.6.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	251
6.6.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	252
6.6.4. Analiza prema regiji uzgoja.....	253
6.6.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	254
6.6.6. Analiza prema veličini stada.....	254
6.6.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	255

6.7.	Značajnost utjecaja zdravstvenog stanja krave na dnevna svojstva mliječnosti kod holstein pasmine krava	256
6.7.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	256
6.7.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	256
6.7.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	257
6.7.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	257
6.7.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	258
6.7.6.	Analiza prema veličini stada.....	259
6.7.7.	Analliza prema dnevnoj količini mlijeka.....	259
6.8.	Značajnost utjecaja zdravstvenog stanja krave na dnevna svojstva mliječnosti kod simenatalske pasmine krava	261
6.8.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	261
6.8.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	261
6.8.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	262
6.8.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	263
6.8.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	263
6.8.6.	Analiza prema veličini stada.....	264
6.8.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	265
6.9.	Procjena potencijala za smanjenje uporabe antibiotika pri zasušivanju krava pu-tem klasifikacije zdravstvenog statusa temeljenog na broju somatskih stanica kod hol-stein pasmine krava.....	266
6.9.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	266
6.9.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	267
6.9.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	268
6.9.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	269
6.9.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	270
6.9.6.	Analiza prema veličini stada.....	271
6.9.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	272

6.9.8.	Analiza ukupne ekonomske vrijednosti antibiotika – holstein pasmina.....	273
6.9.9.	Ekološka procjena emisije antibiotika kod holstein krava: kvantifikacija i analiza rizika	274
6.10.	Procjena potencijala za smanjenje uporabe antibiotika pri zasušivanju krava pu-tem klasifikacije zdravstvenog statusa temeljenog na broju somatskih stanica kod si-mentalske pasmine krava.....	276
6.10.1.	Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu).....	276
6.10.2.	Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine).....	277
6.10.3.	Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	278
6.10.4.	Analiza prema regiji uzgoja.....	279
6.10.5.	Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti	280
6.10.6.	Analiza prema veličini stada.....	281
6.10.7.	Analiza prema dnevnoj količini mlijeka.....	282
6.10.8.	Analiza ukupne ekonomske vrijednosti antibiotika – simentalaska pasmina	283
6.10.9.	Ekološka procjena emisije antibiotika kod simentalaskih krava: kvantifikacija i analiza rizika	284
6.11.	Utjecaj mikroklimatskih čimbenika na broj somatskih stanica i procjena smanjenja primjene antibiotika u odnosu na okolišne uvjete	286
6.11.1.	Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava	286
6.11.2.	Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava.....	287
6.11.3.	Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod holstein krava.....	288
6.11.4.	Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod simentalaskih krava	289
6.11.5.	Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod simentalaskih krava	290
6.11.6.	Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod simentalaskih krava	291
6.11.7.	Utjecaj klimatskih scenarija na zdravstveni status holstein krava.....	292
6.11.8.	Utjecaj klimatskih scenarija na zdravstveni status simentalaskih krava	293

7.	ZAKLJUČCI	295
8.	POPIS LITERATURE	302
9.	SAŽETAK.....	325
10.	SUMMARY	326
11.	PRILOZI.....	327
11.1.	Popis tablica.....	327
11.2.	Popis slika.....	332
11.3.	Popis grafikona	332

POPIS KRATICA KORIŠTENIH U TEKSTU

Kratika	Puno značenje
ADI	Acceptable Daily Intake (Prihvatljiv dnevni unos)
AMR	Antimicrobial Resistance (Antimikrobna rezistencija)
ARG	Antimicrobial Resistance Gene (Gen otpornosti na antibiotike)
ARB	Antibiotic-Resistant Bacteria (Bakterije otporne na antibiotike)
AT4	Alternative Test 4 (Evening milking) (Alternativna večernja metoda kontrole mliječnosti)
A4	Alternate 4 (Morning and evening milking) (Standardna metoda obje mužnje u danu kontrole)
AT6	Alternative Test 6 (Morning milking adjusted to 6h) (Alternativna jutarnja metoda kontrole mliječnosti)
BDCT	Blanket Dry Cow Therapy (Terapija zasušivanja svih krava)
BT4	Alternate Test 4 (Morning milking) (Alternativna jutarnja metoda kontrole mliječnosti)
CMT	California Mastitis Test (California Mastitis Test)
DCT	Dry Cow Therapy (Terapija zasušivanja)
DSCC	Differential Somatic Cell Count (Diferencijalna analiza somatskih stanica)
EC	European Commission (Europska komisija)
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control (Europski centar za prevenciju i kontrolu bolesti)
EFSA	European Food Safety Authority (Europska agencija za sigurnost hrane)
EMA	European Medicines Agency (Europska agencija za lijekove)
EP	European Parliament (Europski parlament)
EP&C	European Parliament and Council (Europski parlament i Vijeće)
EU	European Union (Europska unija)
FAZOS	Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek (Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek)
HAPIH	Croatian Agency for Agriculture and Food (Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu)

ICAR	International Committee for Animal Recording (Međunarodni odbor za bilježenje podataka o životinjama)
IMI	Intramammary Infection (Intramamarna infekcija)
ITS	Internal Teat Sealant (Unutarnji sisni zatvarač)
MP	Ministry of Agriculture (Ministarstvo poljoprivrede)
MRL	Maximum Residue Limit (Maksimalno dopuštena razina ostataka)
MUN	Milk Urea Nitrogen (Urea u mlijeku)
PDF	Precision Dairy Farming (Precizno mliječno govedarstvo)
PLF	Precision Livestock Farming (Precizno stočarstvo)
SCC	Somatic Cell Count (Broj somatskih stanica)
SDCT	Selective Dry Cow Therapy (Selektivna terapija zasušivanja krava)
SLKM	Central Laboratory for Milk Quality Control (Središnji laboratorij za kontrolu kvalitete mlijeka)
THI	Temperature-Humidity Index (Toplinski-humidni indeks)
WHO	World Health Organization (Svjetska zdravstvena organizacija)
WWTP	Wastewater Treatment Plant (Postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda)

1. UVOD

Mliječno govedarstvo predstavlja jedan od ključnih sektora hrvatske poljoprivrede zbog doprinosa dohotku, stabilnosti ruralnih područja i osiguravanja domaće opskrbe hranom. Iako se suočava s brojnim izazovima, sektor zadržava gospodarsku ulogu, osobito na obiteljskim gospodarstvima u regijama bez alternativnih prihoda (Očić et al., 2022). Izvješća Svjetske banke naglašavaju važnost poticanja malih i srednjih proizvođača u cilju povećanja učinkovitosti i održivosti proizvodnje (World Bank, 2021). Istovremeno, podaci Ministarstva poljoprivrede Republike Hrvatske ukazuju na pad broja proizvođača i smanjenje ukupnog broja mliječnih krava, što upućuje na potrebu strukturnih intervencija u cijelom proizvodnom lancu (Ministarstvo poljoprivrede RH, 2024). Na razini Europske unije, mliječno govedarstvo ima stratešku ulogu u prehrambenoj sigurnosti i očuvanju ruralnih područja, a sektor se sve više suočava s izazovima vezanim uz klimatske promjene, održivost i regulatorne zahtjeve (European Commission, 2020). U okviru strategije „Od polja do stola“ predviđeno je smanjenje uporabe antimikrobnih sredstava za 50 % do 2030. godine, uz prijelaz na održivije modele proizvodnje. Dodatno, europski plan borbe protiv antimikrobne rezistencije temelji se na integriranom pristupu „Jedno zdravlje“, koji uključuje i okolišne aspekte (European Commission, 2017). Stoga se znanstveni i regulatorni naponi sve više usmjeravaju na razvoj strategija za smanjenje nepotrebne uporabe antibiotika u mliječnom govedarstvu.

Mastitis je vodeći uzrok primjene antibiotika u mliječnom govedarstvu i javlja se u kliničkom i subkliničkom obliku, pri čemu je potonji teže uočljiv i zahtjevniji za kontrolu. Povećane vrijednosti somatskih stanica (SCC) pouzdan su pokazatelj subkliničkog mastitisa te izravno utječu na dnevnu proizvodnju mlijeka (Maćešić et al., 2022; Zecconi et al., 2023). Među najčešće izoliranim patogenima nalaze se *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis* i *Escherichia coli*, a njihova učestalost ovisi o uzgojnim uvjetima i lokalnim karakteristikama (Ly et al., 2024; Benić et al., 2018; Maksimović et al., 2024). Razdoblje zasušivanja predstavlja kritičnu točku za pojavu novih infekcija, zbog čega se tradicionalno primjenjivala blanket terapija – univerzalna uporaba antibiotika bez obzira na zdravstveni status krave (Ruegg, 2017). Ova je praksa bila opravdana u uvjetima ograničenih dijagnostičkih mogućnosti, no novija istraživanja pokazuju da nije potrebna kada su dostupni podaci o SCC-u, mikrobiološkim nalazima i povijesti bolesti (Scherpenzeel et al., 2014; 2018). Neselektivna primjena antibiotika tijekom zasušivanja dovodi do nepotrebnog liječenja zdravih životinja i povećava selekcijski pritisak za razvoj antimikrobne rezistencije (Peña-Mosca et al., 2025; Christaki et al., 2020).

Dugoročne posljedice uključuju veću stopu izlučenja krava iz proizvodnje i povećane troškove obnove stada (Gantner et al., 2024).

Selektivna terapija zasušivanja mliječnih krava (SDCT) sve se češće primjenjuje u suvremenoj veterinarskoj praksi. Temelji se na procjeni rizika i primjeni antibiotika isključivo kod krava s potvrđenom infekcijom ili povećanim rizikom, čime se smanjuje nepotrebna uporaba lijekova i očuvava učinkovitost antimikrobnih sredstava (Navaei et al., 2025; Maćešić et al., 2022). Ključnu ulogu u odlučivanju imaju podaci kontrole mliječnosti, osobito SCC, što omogućuje održivo upravljanje zdravljem stada i prevenciju nepotrebne antibiotske izloženosti. Neracionalna i profilaktička primjena antibiotika, osobito onih važnih za humanu medicinu, pridonosi razvoju AMR-a (ECDC, EFSA & EMA, 2024; Christaki et al., 2020). Rezistentne bakterije mogu se prenositi s farmi na ljude putem hrane, vode i okoliša, predstavljajući prijetnju javnom zdravlju (Peña-Mosca et al., 2025). Stoga se SDCT prepoznaje kao ključna mjera za smanjenje antimikrobnog pritiska (Scherpenzeel et al., 2018). Antibiotici uneseni u organizam krave izlučuju se u velikom postotku nepromijenjeni putem urina i fecesa (Sachi et al., 2019; Ghimpețeanu et al., 2022), dospjevajući u stajski gnoj, tlo i vodene sustave. Emisijski putevi uključuju izravnu primjenu gnoja na tlo i ispiranje tijekom oborina, što može dovesti do kontaminacije površinskih i podzemnih voda (Robles-Jimenez et al., 2021). Stabilne i mobilne skupine antibiotika, poput tetraciklina, sulfonamida i makrolida, negativno utječu na mikrobnu zajednicu, biogeokemijske procese i bioraznolikost (Ghimpețeanu et al., 2022; Robles-Jimenez et al., 2021). Utvrđeni su i štetni učinci na makroorganizme – uključujući bentos, alge i ribe – te poremećaji u hranidbenim mrežama. Globalno istraživanje Robles-Jimenez i sur. (2021) pokazuje da su ostaci veterinarskih antibiotika prisutni u više od 60 % analiziranih lokacija, uključujući područja intenzivne stočarske proizvodnje. Nalazi potvrđuju prisutnost rezidualnih antibiotika u tlu u neposrednoj blizini mliječnih farmi, što ukazuje na potrebu sustavnog praćenja i mjera kontrole emisija. Zbog toga međunarodne institucije, poput EFSA-e i WHO-a, pozivaju na uspostavu učinkovitih sustava nadzora i razvoj strategija za smanjenje okolišnog opterećenja antimikrobnim tvarima (EFSA, 2021).

Selektivna primjena antibiotika, temeljena na dijagnostičkim kriterijima, ističe se kao mjera koja štiti zdravlje životinja i doprinosi očuvanju okolišnih resursa. Europska strategija „Od polja do stola“ (Farm to Fork), kao dio Zelenog plana, usmjerena je na transformaciju prehrambenog sustava prema većoj održivosti, a jedan od njezinih ključnih ciljeva je smanjenje uporabe antimikrobnih sredstava u stočarskoj proizvodnji za 50 % do 2030. godine (European Commission, 2020). Pitanje antimikrobne rezistencije (AMR) prepoznato je kao globalni zdravstveni prioritet, s više od 35.000 smrti godišnje u EU/EEA i znatnim ekonomskim

posljedicama za zdravstveni i poljoprivredni sektor (ECDC, EFSA & EMA, 2024). Strategija potiče napuštanje blanket terapije i prelazak na selektivne metode liječenja, poput SDCT-a, utemeljenih na procjeni zdravstvenog statusa prije primjene antibiotika (Scherpenzeel et al., 2018; Navaei et al., 2025). Ujedno promiče integraciju održivih biosigurnosnih i agrotehničkih mjera, uporabu alternativnih sredstava (npr. fitoterapije i probiotika) te razvoj digitalnih alata za nadzor zdravlja i potrošnje antibiotika. Ključni dionici u provedbi ovih mjera su znanstvene institucije, proizvođači i regulatorna tijela, kroz zajednički razvoj inovativnih rješenja i edukativnih alata (European Commission, 2017; 2020). SDCT se prepoznaje kao znanstveno utemeljen pristup upravljanju zdravljem vimena tijekom suhostaja. Za razliku od blanket terapije, temelji se na prethodnoj procjeni rizika i primjenjuje se isključivo kod krava s potvrđenom infekcijom ili povišenim rizikom (Scherpenzeel et al., 2014). Ovakav pristup smanjuje antimikrobni pritisak, ostatke antibiotika u mlijeku i okolišu te očuvanje učinkovitosti lijekova (Ruegg, 2017; Christaki et al., 2020). Implementacija SDCT-a postala je zakonska obveza u državama članicama EU stupanjem na snagu Uredbe (EU) 2019/6, kojom se rutinska i profilaktička primjena antibiotika više ne dopušta (Mondini et al., 2023). Uspješna provedba zahtijeva jasno definirane kriterije za selekciju životinja. U praksi se za identifikaciju zdravih krava najčešće koristi prag broja somatskih stanica (SCC), i to <200.000 stanica/mL za višekratno oteljene te <100.000 stanica/mL za prvotelke (Maćešić et al., 2022; Mondini et al., 2023). Diferencijalna analiza somatskih stanica (DSCC), koja uključuje udio neutrofila i limfocita, dodatno povećava osjetljivost za otkrivanje subkliničkih infekcija i poboljšava odlučivanje o terapiji (Mondini et al., 2023; Zecconi et al., 2023).

Studija provedena na tri talijanske farme pokazala je da krave koje nisu liječene antibioticima pri zasušivanju, ali su dobile unutarnje sisne zatvarače, nisu imale negativne učinke na SCC ni mliječnost u sljedećoj laktaciji. Iako je u skupini liječenih krava zabilježen nešto niži DSCC, sve vrijednosti ostale su ispod graničnih razina povezanih s kliničkim infekcijama (Mondini et al., 2023). Kombinacija SCC-a, DSCC-a i brzih testova (npr. Vetscan DC-Q) može dodatno povećati preciznost selekcije, iako njihova šira primjena može biti ograničena troškovima i dostupnošću infrastrukture (Clabby et al., 2024; Mondini et al., 2023). Stoga je razvoj dostupnijih dijagnostičkih alata, kao i edukacija uzgajivača – osobito na manjim farmama – ključan za prelazak sa blanket terapije na SDCT (Ruegg, 2017; Maćešić et al., 2022). Uz smanjenje potrošnje antibiotika, SDCT donosi i ekonomske koristi: niže troškove liječenja, manju stopu izlučenja krava, višu cijenu mlijeka uslijed nižeg SCC-a i veću ukupnu učinkovitost sustava (Vissio et al., 2023; Pavesi et al., 2023). Održivost pristupa potvrđena je i implementacijskim studijama koje pokazuju uspješnu primjenu SDCT-a u velikim stadima bez

negativnih posljedica po zdravlje životinja (Rowe et al., 2023; Potter et al., 2023). SDCT tako omogućuje ciljanu primjenu antibiotika kod krava s povećanim rizikom od intramamarnih infekcija, što smanjuje selekcijski pritisak za razvoj antimikrobne rezistencije (Scherpenzeel et al., 2014; Lipkens et al., 2023). Broj somatskih stanica (SCC) predstavlja temeljni parametar za procjenu zdravlja vimena. Vrijednosti ispod 200.000 stanica/mL uobičajeno se koriste za identifikaciju zdravih životinja, dok viši SCC upućuje na moguću subkliničku infekciju (Clabby et al., 2024; Maćešić et al., 2022). SCC obuhvaća leukocite i epitelne stanice, koje se aktiviraju kao odgovor na upalne procese (Darbaz et al., 2023). Iako mikrobiološke pretrage povećavaju preciznost dijagnoze, njihova primjena u praksi često je ograničena cijenom i logističkim zahtjevima (Ruegg, 2017; Potter et al., 2023). Kombinacija SCC-a i mikrobiološke analize i dalje se smatra zlatnim standardom, ali zahtijeva dostupnu infrastrukturu i stručni kadar (Pavesi et al., 2023). Učinkovita primjena SDCT-a, osobito u kombinaciji s unutarnjim sisnim zatvaračima, može znatno smanjiti potrošnju antibiotika bez ugrožavanja zdravlja vimena (Scherpenzeel et al., 2018; Lipkens et al., 2023). Zatvarači fizički sprječavaju ulazak patogena tijekom suhostaja, čime se dodatno smanjuje potreba za antimikrobnim sredstvima (Bonsaglia et al., 2017). Ekonomske koristi uključuju niže troškove liječenja, smanjenje izlučivanja krava s kroničnim mastitisom te višu cijenu mlijeka zbog nižeg SCC-a (Vissio et al., 2023; Darbaz et al., 2023). Unatoč dokazanoj učinkovitosti, implementacija SDCT-a u praksi još je ograničena. Mnogi uzgajivači i dalje preferiraju blanket terapiju zbog straha od infekcija i mogućeg pada mliječnosti. Stoga edukacija proizvođača i podrška veterinarskih službi ostaju ključne za uspješan prijelaz na selektivni pristup (Ruegg, 2017; Potter et al., 2023). Poseban izazov predstavlja dostupnost mikrobiološke dijagnostike na malim farmama, zbog čega je razvoj brzih i pristupačnih dijagnostičkih metoda preduvjet za širu primjenu SDCT-a (Maćešić et al., 2022; Pavesi et al., 2023). Na SCC utječu brojni čimbenici, uključujući paritet, stadij laktacije, sezonalnost, higijenu mužnje, veličinu stada i toplinski stres (Mondini et al., 2023; Stocco et al., 2023). Viši paritet i kasnije faze laktacije povezani su s višim SCC-om zbog kumulativnog izlaganja patogenima i slabljenja imunološke funkcije (Gantner et al., 2022). Istraživanje Gantner et al. (2017) pokazalo je da toplinski stres znatno povećava SCC kod holstein krava, dok su simentalke pokazale veću otpornost. Iako THI nije bio izravno analiziran, sezonski obrasci ukazuju na važnost uključivanja okolišnih stresora u strategije upravljanja zdravljem vimena. SCC je izravno povezan s preradbenim svojstvima mlijeka. Visoke vrijednosti SCC produljuju vrijeme koagulacije, smanjuju sirarski randman i povezuju se s većom aktivnošću plazmina i lipaza, što narušava proteolitičku i lipolitičku stabilnost proizvoda (Darbaz et al., 2023). Upravljanje SCC-om i primjena SDCT-a pridonose ciljevima pristupa „Jedno zdravlje“,

jer smanjuju rizik od prijenosa rezistentnih bakterija i ostataka antibiotika putem prehrambenog lanca i okoliša (European Commission, 2017; Robles-Jimenez et al., 2021). Posebno je razdoblje zasušivanja ključno za racionalizaciju primjene antibiotika, s obzirom na učestalost profilaktičkih terapija. Iako je blanket pristup bio opravdan u razdobljima bez dijagnostike, danas dostupni podaci o mliječnosti i zdravlju omogućuju ciljani pristup. Stoga je glavni cilj ovoga istraživanja procijeniti mogućnosti smanjenja uporabe antibiotika tijekom zasušivanja mliječnih krava, uz procjenu učinka takvog pristupa na emisiju tih tvari u okoliš. S ciljem ostvarivanja tog cilja, istraživanje će obuhvatiti kvantitativnu analizu dnevnih svojstava mliječnosti, uključujući količinu i sastav mlijeka, uz poseban naglasak na broj somatskih stanica kao pokazatelj zdravlja vimena. Uspostavit će se odnosi između broja somatskih stanica i proizvodnih parametara, analizirati učestalost kliničkog i subkliničkog mastitisa kod holstein i simentalских krava te utvrditi učinak zdravstvenog statusa vimena na proizvodne karakteristike mlijeka. Posebna pažnja posvetit će se analizi zastupljenosti zdravih životinja s niskim brojem somatskih stanica uoči zasušivanja, jer upravo ta populacija predstavlja potencijal za smanjenje nepotrebne antibiotske terapije. Na temelju dobivenih podataka, provest će se simulacije mogućeg smanjenja uporabe antibiotika i pripadajućih emisija u okoliš pod različitim scenarijima. Hipoteza istraživanja temelji se na pretpostavci da se sprječavanjem nepotrebne primjene antibiotika tijekom zasušivanja može značajno umanjiti okolišna opterećenje mliječnih farmi. Očekivani znanstveni doprinos ovog istraživanja temelji se na procjeni mogućnosti smanjenja nepotrebne uporabe antibiotika pri zasušivanju mliječnih krava kroz primjenu SDCT-a. Rezultati istraživanja poslužiti će kao temelj za buduće preporuke koje će pridonijeti racionalnom upravljanju zdravljem vimena te održivosti sektora mliječnog govedarstva u Republici Hrvatskoj. Iako istraživanje ne obuhvaća izravno mjerenje koncentracija antibiotika u okolišu, njegov biološki doprinos temelji se na analizi povezanosti zdravstvenog statusa vimena, izraženog SCC-om, s okolišnim čimbenicima kao što su temperatura zraka, vlaga i toplinsko-humidni indeks (THI). SCC se time potvrđuje kao pokazatelj biološkog odgovora, koji odražava reakciju krave na fiziološke zahtjeve i okolišne stresore, a ne samo kao statički parametar. To doprinosi razumijevanju opravdanosti primjene antibiotika i postavlja osnovu za buduća istraživanja utjecaja smanjenja njihove uporabe na okoliš. Konačno, doprinos ovog istraživanja usmjeren je na pružanje znanstveno utemeljenih podataka za unaprjeđenje održivosti mliječnog sektora, u skladu s ciljevima europske strategije „od polja do stola”.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Opći pregled literature

Mliječno govedarstvo ima iznimno važnu ulogu u poljoprivredi Europske unije (EU) te predstavlja jedan od najvažnijih sektora u smislu dodane vrijednosti i udjela u ukupnoj poljoprivrednoj proizvodnji. U EU proizvodnja mlijeka sudjeluje s oko 14 % u poljoprivrednoj proizvodnji te je drugi najvažniji proizvod nakon voća i povrća. Unatoč stabilnom rastu proizvodnje mlijeka na razini Unije, koja je 2023. godine iznosila oko 155 milijuna tona, unutar Unije postoje značajne razlike u ekonomskoj snazi i tehnološkoj opremljenosti farmi. Najveći proizvođači mlijeka, Njemačka, Francuska, Irska, Nizozemska, Poljska i Italija, zajedno sudjeluju s gotovo 70 % ukupne proizvodnje EU (European Commission, 2024; Poczta i sur., 2020).

U Hrvatskoj je stanje sektora znatno izazovnije. Proizvodnja mlijeka suočava se s dugoročnim padom, te je između 2015. i 2019. broj proizvođača mlijeka smanjen za 43 %, a ukupna proizvodnja pala je za više od 15 %. Prosječna mliječnost po kravi i dalje je znatno ispod europskog prosjeka, što se objašnjava visokom fragmentacijom zemljišta, migracijom ruralnog stanovništva, pritiskom uvoznog mlijeka i nedostatnom modernizacijom farmi (Mijić i sur., 2022). Prema istim podacima, samodostatnost Hrvatske u proizvodnji mlijeka iznosi tek 48,4%, što nas svrstava pri dno ljestvice EU (MP, 2024). Ekonomskom analizom specijaliziranih mliječnih gospodarstava u Hrvatskoj potvrđeno je da najveća gospodarstva (sa 50 i više krava) postižu rezultate usporedive s europskim konkurentima, dok su mala i srednja gospodarstva suočena s nižom dodanom vrijednošću po jedinici rada te su u većoj mjeri ovisna o izravnim potporama (Očić i sur., 2022). Isti autori ističu potreba za politikama koje će poticati modernizaciju i jačanje manjih farmi, uključujući dostupnost državnog zemljišta, podršku za obnovu stada i formiranje proizvođačkih organizacija koje olakšavaju pristup tržištu stočne hrane. Nadalje Ministarstvo poljoprivrede (MP, 2024) naglašava važnost uvođenja novih proizvodnih tehnologija i modernizacije farmi kao ključnih alata za povećanje produktivnosti i konkurentnosti. Poseban se naglasak stavlja na robotizaciju mužnje, automatizaciju hranidbe te digitalizaciju procesa upravljanja stadom kao odgovore na sve češći problem nedostatka radne snage. Uz to, razvoj ekološkog stočarstva u Hrvatskoj prepoznat je kao strateška prilika. SWOT analiza tog segmenta ukazuje na značajne prednosti, od očuvanih prirodnih resursa do rasta potražnje za ekološkim proizvodima i mogućnosti diverzifikacije prihoda kroz ruralni turizam i kratke lance opskrbe hranom (Antunović i sur., 2024).

Na europskoj razini, izvori također naglašavaju važnost individualnog pristupa u uzgoju, uključujući tzv. precizno mliječno govedarstvo koje koristi tehnologije za individualni nadzor zdravlja, plodnosti, ponašanja i proizvodnje mliječnih krava. Uvođenje automatizacije i algoritama temeljenih na strojnome učenju i računalnom vidu navodi se kao temelj budućeg razvoja sektora, s ciljem smanjenja troškova, povećanja proizvodnosti i dobrobiti životinja te učinkovitije upotrebe resursa (Milan i sur., 2018).

2.2. Antibiotici u stočarskoj proizvodnji

Upotreba antibiotika u stočarskoj proizvodnji i dalje predstavlja jednu od glavnih točaka prijedora u kontekstu održivosti, sigurnosti hrane i javnog zdravlja. U brojnim državama primjećuje se različita dinamika uporabe antibiotika, koja ovisi o regulatornom okviru, tipu proizvodnje (konvencionalna vs. ekološka), kao i o razini svijesti i praksi uzgajivača i veterinara (Kupczyński i sur., 2024; Krogh i sur., 2020). Na primjer, Krogh i sur. (2020) pokazali su da je uporaba antibiotika znatno manja u ekološkoj mliječnoj proizvodnji nego u konvencionalnoj, ponajviše zbog strožih propisa i veće edukacije proizvođača. Pitanje antimikrobne rezistencije (AMR) vezano je uz opseg i način primjene antibiotika na farmama. Iako se većina veterinara u svojim odlukama oslanja na kliničke indikacije, faktori poput preferencija farmera, cijene lijeka i trajanja karencije također utječu na propisivanje antibiotika (McDougall i sur., 2017). Istraživanja u Kanadi i Nizozemskoj potvrdila su kako je suhostaj krava razdoblje s najvećim udjelom ukupne potrošnje antibiotika u mliječnoj industriji, često i do 40–50% godišnje uporabe (Warder i sur., 2023; Lam i sur., 2020).

U kontekstu regulacije, Europska unija putem Uredbe (EU) 2019/6 i Direktive 2003/99/EC postavlja jasne okvire za kontrolu i praćenje uporabe antibiotika u stočarstvu, uz obavezno bilježenje, izvještavanje i zabranu nekritične primjene određenih skupina antibiotika (European Parliament & Council, 2003). Osim toga, Europska agencija za lijekove objavila je da se ukupna prodaja veterinarskih antimikrobnih sredstava u EU smanjila za 47% u razdoblju od 2011. do 2021., što ukazuje na učinkovitost politika smanjenja (European Medicines Agency, 2023).

Ipak, problem ostaje izražen u pogledu ostataka antibiotika u hrani životinjskog podrijetla, posebice mlijeku. Sachi i sur. (2019) i Virto i sur. (2022) ističu kako prisutnost ostataka može uzrokovati alergijske reakcije, smanjiti učinkovitost fermentacijskih procesa u proizvodnji sira te imati kancerogeni, nefrotoksični i imunopatološki učinak. Ghimpețeanu i sur. (2022) dodatno upozoravaju na mogućnost bioakumulacije i prijenosa ostataka antibiotika na ljude kroz prehrambeni lanac. Kontrola ostataka antibiotika i njihova identifikacija temelje se na

konceptima kao što su ADI (prihvatljiv dnevni unos) i MRL (maksimalno dopuštena razina ostataka), pri čemu je važno napomenuti da se prekoračenje ovih vrijednosti i dalje povremeno bilježi, osobito u zemljama s manje razvijenim sustavima kontrole (Ferroni i sur., 2020; Robles-Jimenez i sur., 2021). Sve veća pozornost posvećuje se razvoju strategija upravljanja uporabom antibiotika koje uključuju edukaciju proizvođača, praćenje primjene na razini farme, uvođenje brzih dijagnostičkih alata te stimulaciju prelaska na preventivne metode upravljanja zdravljem stada (Garzon i sur., 2023; McDougall i sur., 2017).

U konačnici, racionalizacija upotrebe antibiotika u animalnoj proizvodnji ključna je za očuvanje učinkovitosti postojećih antimikrobnih sredstava, zaštitu potrošača i smanjenje okolišnog opterećenja veterinarskim lijekovima (Frieri i sur., 2017; Ghimpețeanu i sur., 2022).

2.3. Antimikrobna rezistencija (AMR)

Antimikrobna rezistencija (AMR) postaje sve veći izazov u proizvodnji mlijeka, osobito zbog intenzivne uporabe antibiotika u liječenju i prevenciji mastitisa. Brojne studije su potvrdile sveprisutnost rezistentnih bakterija kod mliječnih krava, uključujući različite vrste *Staphylococcus spp.*, *Escherichia coli* i druge uzročnike mastitisa, koji iskazuju varijabilnu, često visoku, razinu rezistencije na više klasa antibiotika (Sandhu i sur., 2025; Maksimović i sur., 2024; Rodríguez & Gomez, 2022). Nobrega i sur. (2018) utvrdili su da je čak 10% izolata non-aureus stafilokoka iz kanadskih mliječnih farmi pokazuje rezistenciju na β -laktame i tetracikline, dok je multidrug rezistencija bila prisutna kod 2% izolata. Iako je rezistencija na antibiotike koji su ključni u humanoj medicini (npr. vankomicin, linezolid) bila niska, prisutnost gena kao što su *blaZ*, *mecA*, *erm*, *msrA* i *tet* jasno ukazuje na potencijal za širenje rezistencije između životinja i prema ljudima. Langhorne i sur. (2024) su analizirali mikrobiološke izolacije iz sjevernih američkih stada i ustanovili visoku stopu rezistencije na eritromicin i penicilin kod izolata *Streptococcus uberis* i *Streptococcus dysgalactiae*. Slično tome, Calvopiña Montenegro i sur. (2024) identificirali su visoke stope rezistencije kod *E. coli* izolata na cefalosporine i fluorokinolone, posebice kod farmi s nekontroliranom primjenom antibiotika. Peña-Mosca i sur. (2025) upozoravaju da se AMR geni sve češće otkrivaju i u bakterijama koje pripadaju normalnoj mikrobioti vimena, što implicira da i bez vidljivih kliničkih znakova infekcije postoji rizik horizontalnog prijenosa otpornih gena unutar stada. U istraživanju Kovačević i sur. (2022b) u Hrvatskoj, pronađena je statistički značajna povezanost između ukupne potrošnje antibiotika u farmama i pojave AMR kod uzročnika mastitisa. Ovo upućuje na važnost uvođenja strožih kontrolnih mehanizama za racionalnu uporabu antibiotika u mliječnom govedarstvu.

Virto i sur. (2022) dodatno upozoravaju da problemi AMR-a u stočarskoj proizvodnji ne ostaju izolirani na razini životinja, već mogu imati šire implikacije na javno zdravstvo zbog prijenosa otpornih bakterija putem mlijeka, okoliša i direktnog kontakta. Naročito je zabrinjavajuća prisutnost gena kao što su *mecA*, *tetM*, *ermC* i *blaZ*, koji su već dobro poznati u humanoj patologiji. Učestalost multirezistentnih bakterija sve se češće bilježi i u slučajevima subkliničkog mastitisa, čime se povećava rizik od nehotične transmisije rezistentnih sojeva u zdravu populaciju stada (Pascu i sur., 2022; Hailu i sur., 2021). Fergestad i sur. (2021) izvještavaju da je 42% izolata *Staphylococcus aureus* iz sirovog mlijeka imalo genetske markere za više od tri različita sustava rezistencije, uključujući β -laktame, makrolide i aminoglikozide. McDougall i sur. (2021a) ističu da čak i u stadima koja prakticiraju selektivnu terapiju zasušivanja, dolazi do povremenog izbijanja mastitisa uzrokovanog rezistentnim bakterijama, što dodatno naglašava potrebu za mikrobiološkom kontrolom i dijagnostikom prije terapijske intervencije. Zabrinjavajuće je i zapažanje da genetska podloga rezistencije može se održavati i u izoliranim okolišnim bakterijama, posebno u vodi i tlu u blizini farmi (Garzon i sur., 2023; Ferreira i sur., 2022). Ova tzv. "rezervoarna funkcija okoliša" dodatno komplicira napore u kontroli AMR-a jer se rezistentni geni mogu horizontalno prenositi i na ljudske patogene (Paramasivam i sur., 2023).

Uz vertikalni prijenos mutacija, horizontalni prijenos gena rezistencije (ARG) ključan je mehanizam širenja antimikrobne rezistencije među bakterijama. Horizontalni prijenos odvija se putem transformacije (prijenos slobodnog DNA iz okoliša), transdukcije (prijenos DNA pomoću bakteriofaga) i konjugacije (prijenos plazmida putem spolnog pilusa između stanica). U kontekstu AMR-a, konjugacija ima posebno važnu ulogu jer omogućuje prijenos više gena rezistencije na jednom plazmidu, često posredovan transpozonomima, integronima i ISCR elementima (Christaki i sur., 2020). Ovaj mehanizam olakšava prijenos višestruke rezistencije, čak i između bakterijskih vrsta koje inače nisu povezane (Christaki i sur., 2020; Frieri i sur., 2017). Također, okolišna žarišta poput postrojenja za obradu otpadnih voda, područja gnojidbe i gastrointestinalnog trakta životinja smatraju se „hotspotovima“ za horizontalni prijenos gena otpornosti, gdje visoka gustoća bakterija i selekcijski pritisak antibiotika potiču razmjenu ARG-ova (Christaki i sur., 2020; Frieri i sur., 2017). Ove dinamične razmjene genetskog materijala potiču pojavu multirezistentnih sojeva bakterija, što predstavlja značajan izazov za kontrolu AMR-a u stočarstvu i ljudskoj medicini.

Povezivanje životinjskog, ljudskog i okolišnog sektora u tzv. „One Health“ pristup prepoznato je kao nužan okvir za razumijevanje i upravljanje AMR-om. Takav integrirani pristup naglašava međusobnu povezanost ekosustava i potrebu za usklađenim intervencijama u veterinarskoj i

humanoj medicini te zaštititi okoliša (Bennani i sur., 2020; Christaki i sur., 2020; Ly i sur., 2024). Prema izvješću Tambić Andrašević i sur. (2018), u Hrvatskoj je AMR prepoznata kao rastući problem ne samo u bolnicama već i u veterinarskom sektoru, s rastućim brojem izolata rezistentnih na β -laktame, kinolone i sulfonamide. Nadalje, istraživanja javnog mnijenja pokazuju da percepcija AMR-a u društvu još uvijek nije dovoljno razvijena odnosno mnogi potrošači nisu svjesni da antibiotici korišteni u proizvodnji mlijeka mogu imati utjecaj na njihovo zdravlje (Casseri i sur., 2022; Wemette i sur., 2021). Upravo zato je edukacija proizvođača, potrošača i veterinarskog kadra ključna komponenta uspješne kontrole širenja AMR-a. Na kraju, ekonomski modeli ukazuju da je moguće ostvariti značajnu uštedu i smanjiti štete povezane s AMR-om primjenom racionalne uporabe antibiotika, uključujući selektivne terapijske protokole, što istodobno štiti zdravlje životinja i smanjuje rizike za humanu populaciju (Kaniyamattam i sur., 2022).

2.4. Ekološki utjecaji antibiotika iz stočarske proizvodnje

Antibiotici korišteni u stočarskoj proizvodnji, osobito na mliječnim farmama, dopijevaju u okoliš primarno putem stajskog gnoja i otpadnih voda, predstavljajući izvor kontaminacije tla i vodenih ekosustava. Većina primijenjenih antibiotika se ne metabolizira u potpunosti, već se izlučuje urinom i fecesom, pri čemu zadržavaju svoju biološku aktivnost (Virto i sur., 2022; Ferreira i sur., 2022). Prema Europskoj agenciji za lijekove, u 31 europskoj zemlji u 2021. godini prodano je preko 5.000 tona veterinarskih antimikrobnih sredstava, pri čemu je najveći udio bio namijenjen životinjama u proizvodnji (European Medicines Agency, 2023). Nekontrolirana primjena i nepravilno zbrinjavanje antibiotika rezultiraju njihovom akumulacijom u okolišu. Antibiotici poput tetraciklina, makrolida i sulfonamida mogu ostati aktivni u tlu i vodi tjednima do mjesecima, ovisno o kemijskim svojstvima spoja, pH vrijednosti i temperaturi (Ghimpețeanu i sur., 2022; Sachi i sur., 2019). Antibiotici unešeni u okoliš ne ostaju izolirani odnosno mogu se sorbirati na čestice tla, bioakumulirati u biljkama te biti transportirani oborinskim vodama u površinske i podzemne vode (Kovalakova i sur., 2020). Ovaj kružni tok stvara trajno opterećenje za mikrobiološke zajednice i ekosustavne usluge tla i voda. Tako okoliš djeluje kao rezervoar otpornih bakterija i ARG-a, koji mogu horizontalno prenijeti rezistenciju na ljudske patogene (Ferreira i sur., 2022). Posebno su ugroženi ekosustavi u blizini intenzivnih farmi i vodotokova u koje se odvodi stajski gnoj ili otpadna voda, gdje je dokumentirana smanjena bioraznolikost, narušeni mikrobni ciklusi i prisutnost rezidualnih antibiotika u vodenim organizmima (Robles-Jimenez i sur., 2021).

Kovalakova i sur. (2020) detaljno su obradili pojavu i toksičnost antibiotika u vodenom okolišu, potvrđujući da antibiotici iz animalne proizvodnje mogu dugotrajno utjecati na bioraznolikost vodenih organizama, uključujući fitoplankton, beskralježnjake i ribe. Isti autori su pokazali da koncentracije antibiotika u vodenim ekosustavima često dosežu razine koje imaju subletalne ili kronične učinke, uključujući smanjenje funkcionalne raznolikosti i promjene u hranidbenim mrežama. Rizzo i sur. (2013) naglašavaju da urbana postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda (WWTP) postaju važna žarišta širenja bakterija otpornih na antibiotike (ARB) i gena otpornosti (ARG) u okoliš. Ovi procesi dodatno kompliciraju upravljanje ekološkim rizicima povezanima s antibioticima jer otpadne vode iz stočarstva i urbanih sredina često završavaju u istim recipijentima (npr. rijekama i podzemnim vodama), stvarajući sinergijski učinak na selekcijski pritisak za antimikrobnu rezistenciju. EFSA je utvrdila da hranjenje teladi mlijekom koje sadrži ostatke antibiotika značajno povećava izlučivanje rezistentnih bakterija fekalijama, čime se kontaminira okoliš i potencijalno ugrožava druge životinje i ljude putem vodenih sustava (Ricci i sur., 2017). Nadalje, prisutnost antibiotika u okolišu može inducirati horizontalni prijenos gena otpornosti među bakterijama različitih vrsta, uključujući i patogene od značaja za javno zdravlje (Christaki i sur., 2020). U dokumentu Directive 2000/60/EC Europskog parlamenta (EP, 2000) naglašava se da voda nije komercijalni proizvod, već prirodni resurs koji treba zaštititi. Direktiva poziva na smanjenje emisija opasnih tvari, uključujući i antimikrobne ostatke, te zahtijeva očuvanje ekološkog statusa voda (EP, 2000). Ekotoksikološki učinci antibiotika uključuju smanjenje funkcionalne raznolikosti tla, poremećaje u ciklusu dušika i ugljika te promjene u sastavu zajednica algi, beskralješnjaka i riba (Ferroni i sur., 2020; Bayle i sur., 2021; Kovalakova i sur., 2020).

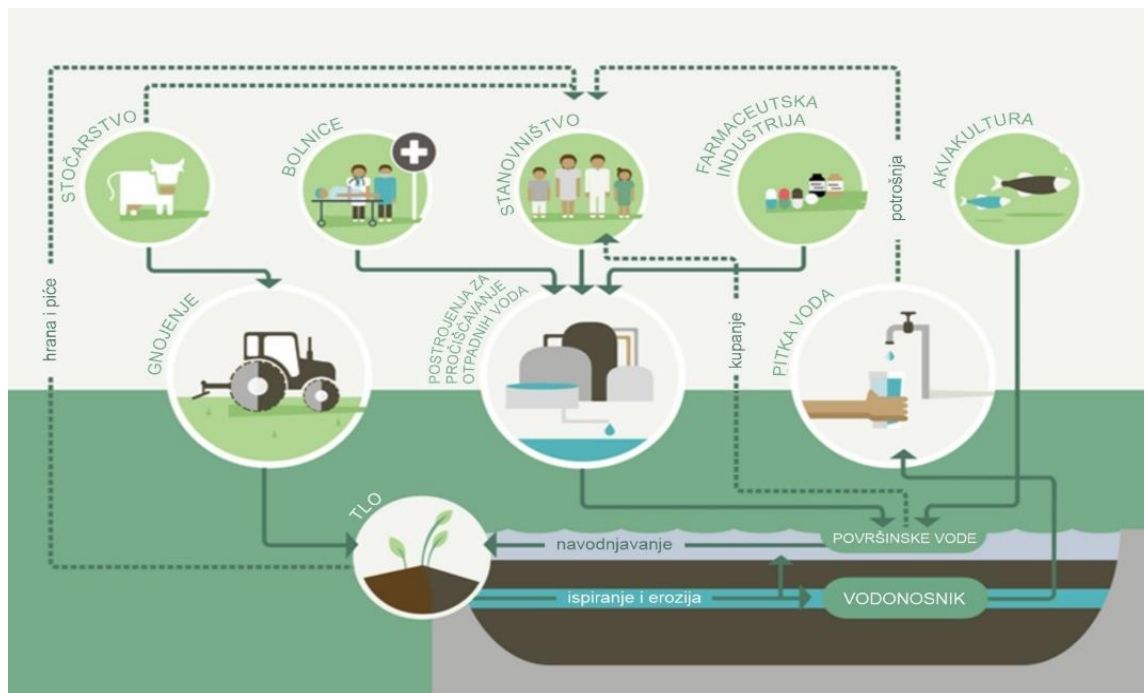
Uz direktne učinke, važno je naglasiti i rizike za zdravlje ljudi. Patel i sur. (2022) izvješćuju o značajnoj prehrambenoj izloženosti ostacima antibiotika putem konzumacije kontaminiranih biljaka ili vode, što pridonosi razvoju AMR u humanim patogenima. Studije pokazuju da čak i niske koncentracije antibiotika u okolišu mogu djelovati kao selekcijski pritisak, promovirajući otpornost u bakterijskim zajednicama (Bennani i sur., 2020; Rizzo i sur., 2013).

S obzirom na navedeno, nužna je implementacija različitih mjera, uključujući pravilno zbrinjavanje stajskog gnoja, zabranu hranjenja teladi otpadnim mlijekom tijekom karence, razvoj tehnologija za dekontaminaciju antibiotika u gnojavci i vodi te nadzor urbanih postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda. EFSA (2017) navodi mogućnosti poput β -laktamaza, povišenja pH vrijednosti i termičke obrade kao potencijalno učinkovite strategije za razgradnju ostataka antibiotika prije njihove aplikacije na tlo ili ispuštanja u vodotokove.

2.5. Kružno kretanje antibiotika i otpornosti u okolišu

Antibiotici koji se koriste u stočarskoj proizvodnji ne završavaju samo u životinjskim proizvodima, već ulaze u okoliš kroz složene procese koji uključuju izlučivanje aktivnih metabolita, stajski gnoj, gnojevku i otpadne vode s farmi. Ovi antibiotici dopijevaju u okolišne kompartimente u značajnim količinama, pri čemu zadržavaju svoju biološku aktivnost i predstavljaju izvor kontinuiranog opterećenja za ekosustave (Sachi i sur., 2019; Ferreira i sur., 2022). Većina antibiotika koji se koriste u liječenju i prevenciji mastitisa, uključujući β -laktame, tetracikline i makrolide, ne razgrađuje se potpuno u organizmu životinje, što omogućuje njihov unos u okoliš kroz fekalije, urin i ostatke mlijeka tijekom perioda karence (Kovalakova i sur., 2020). Jednom u okolišu, antibiotici pokazuju specifična fizikalno-kemijska svojstva koja određuju njihovu mobilnost i trajanje u različitim ekološkim nišama. Mogu se sorbirati na mineralne i organske čestice tla, smanjujući svoju bioraspoloživost, ili ostati otopljeni u vodenoj fazi, gdje su podložni transportu oborinskim i podzemnim vodama (Virto i sur., 2022). Pritom se bioakumuliraju u biljkama i mikroorganizmima, ulazeći u hranidbene lance i dodatno proširujući rizik za širenje antimikrobne rezistencije (Ferreira i sur., 2022). Upravo ta sposobnost bioakumulacije i transporta antibiotika u okolišu oblikuje njihov kružni tok, od stočarske proizvodnje, preko tla i voda, sve do ljudskog prehrambenog lanca, čime se širi opasnost za javno zdravlje i okoliš. Sachi i sur. (2019) navode da se antibiotici u okolišu zadržavaju biološku aktivnost dulje vrijeme, i do nekoliko mjeseci, što predstavlja ozbiljan izazov za mikrobiološke zajednice u tlu i vodenim ekosustavima. Takva prisutnost antibiotika djeluje kao trajni selekcijski pritisak na bakterijske populacije, potičući evoluciju otpornosti ne samo kod patogenih bakterija, nego i kod širokog spektra okolišnih, nepatogenih bakterija (Christaki i sur., 2020). Ovaj proces dovodi do stvaranja skrivenih rezervoara antimikrobne otpornosti koji postaju važni izvori rezistentnih sojeva kada dođe do kontakta s patogenima relevantnim za zdravlje ljudi i životinja. Horizontalni prijenos gena antimikrobne rezistencije (ARG) u okolišu jedan je od ključnih mehanizama širenja otpornosti. Ovaj proces omogućuje prijenos ARG-a među bakterijama koje nisu nužno povezane filogenetski ili ekološki, čime se ubrzava širenje otpornosti u mikrobnjoj zajednici (Christaki i sur., 2020). Mehanizmi horizontalnog prijenosa uključuju transformaciju (preuzimanje slobodnog DNA iz okoliša), transdukciju (prijenos putem bakteriofaga) i osobito konjugaciju (prijenos plazmida pomoću spolnog pilusa), a ključnu ulogu u tom procesu imaju mobilni genetički elementi poput plazmida, transpozona i integrona, koji ne samo da prenose gene rezistencije nego i omogućuju njihovu stabilnu integraciju u genome domaćina (Christaki i sur., 2020; Ferreira i sur., 2022).

Rizzo i sur. (2013) navode da su vlažni ekosustavi, kao što su riječni tokovi, zone utjecaja postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda i područja intenzivnog gnojenja, posebno povoljni za horizontalni prijenos ARG-a. Visoka gustoća bakterijskih populacija i prisutnost antibiotika kao selekcijskog pritiska čine te sustave žarištima za razmjenu genetskog materijala. Rezultat je formiranje okolišnog rezervoara otpornosti koji može služiti kao trajni izvor ARG-a za patogene bakterije koje koloniziraju ljude i životinje (Ricci i sur., 2017). Okolišni mikrobiom može poslužiti kao rezervoar i vektor za prijenos ARG-a na zoonotske i humane patogene, osobito kod lošeg upravljanja gnojivom, čime se povećava rizik za prehrambeni lanac (Ferreira i sur., 2022). Ova složena povezanost ekološkog, životinjskog i ljudskog sektora naglašava potrebu za pristupom temeljenim na konceptu One Health, integriranom okviru koji prepoznaje neraskidivu povezanost zdravlja ljudi, životinja i okoliša (Bennani i sur., 2020). Zaštita okoliša od emisija antibiotika ključna je ne samo za ekološku ravnotežu, već i za sprječavanje antimikrobne rezistencije. Racionalna uporaba antibiotika, razvoj bioloških i fitoterapijskih alternativa te tehnička rješenja za dekontaminaciju otpadnih voda mogu značajno smanjiti emisije antibiotika. Njihova integracija u stočarsku proizvodnju čuva bioraznolikost i javno zdravlje, u skladu s ciljevima Zelenog plana EU i konceptom One Health.



Slika 1. Shema kruženja antibiotika u okolišu. (Vikesland i sur., 2017).

2.6. Strategija „od polja do stola“ i smanjenje antibiotika u EU

Strategija „od polja do stola“ (*Farm to Fork Strategy*) predstavlja jedan od ključnih instrumenata Europske komisije za provedbu Zelenog plana EU (*European Green Deal*) i uspostavljanje održivijeg prehrambenog sustava. Jedan od njezinih najvažnijih ciljeva jest smanjenje ukupne prodaje antimikrobnih sredstava za 50 % do 2030. godine, posebice u sektoru stočarstva, kao odgovor na sve izraženiji problem antimikrobne rezistencije, AMR (EC, 2020). AMR predstavlja prijetnju zdravlju ljudi, životinja i okoliša, a u EU je odgovorna za preko 25.000 smrtnih slučajeva godišnje i procijenjenih 1,5 milijardi eura gubitaka u zdravstvu i produktivnosti (EC, 2017). Zbog toga EU provodi integrirani pristup „Jedno zdravlje“ (One Health), koji obuhvaća humane i veterinarske lijekove te okoliš, s ciljem smanjenja selekcijskog pritiska koji antibiotici vrše na mikroorganizme (EC, 2017).



Slika 2. One health koncept (<https://www.efsa.europa.eu/en/topics/one-health>)

Nadalje, kroz pristup „Jedno zdravlje“ (One Health), posebna se pozornost posvećuje: promicanju razborite uporabe antibiotika (Garzon i sur., 2023); jačanju sustava nadzora i praćenja uporabe i rezistencije (EFSA i sur., 2021); razvoju alternativa antibiotskoj terapiji,

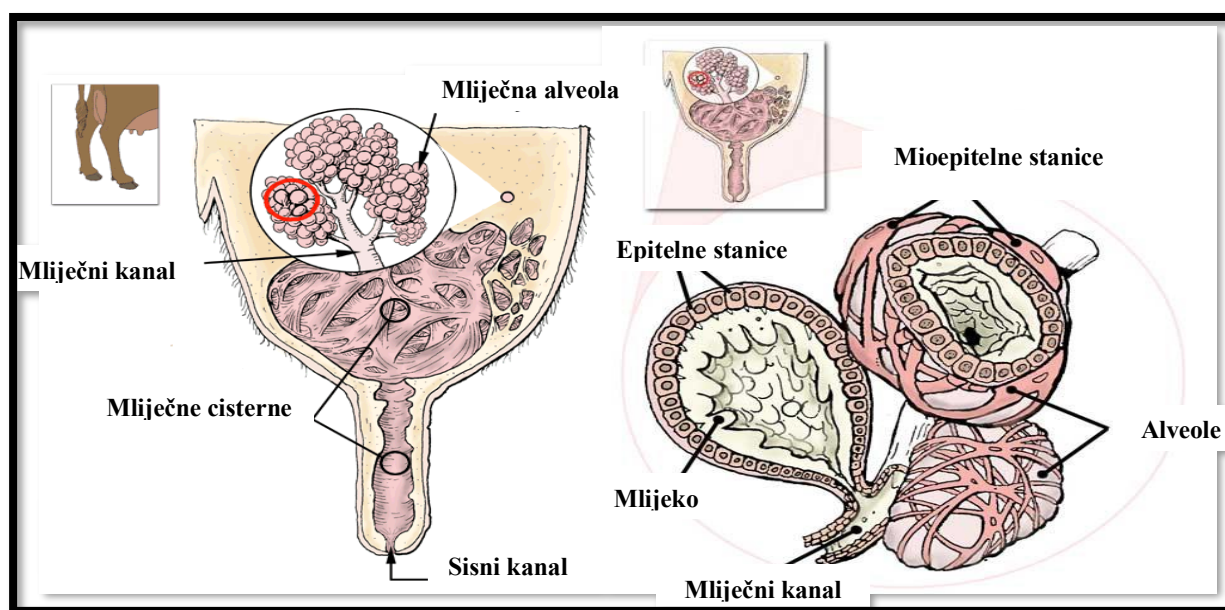
poput cijepljenja i probiotika (Farrell i sur., 2021); te boljoj dostupnosti brze dijagnostike i digitalnih alata za donošenje odluka o liječenju (Gerber i sur., 2021). U skladu s preporukama iz Akcijskog plana „Jedno zdravlje“, EU je uvela nova pravila za veterinarske lijekove i medikamentiranu hranu, uključujući rezervaciju pojedinih antibiotika isključivo za humanu uporabu i zabranu profilaktičke primjene u odsutnosti kliničke indikacije (EP&C, 2003). Hillerton i sur. (2017) navode da se time naglašava potreba za selektivnim pristupima, poput ciljanih terapija zasušivanja, koji zamjenjuju zastarjelu blanket praksu.

Jedan od najvažnijih aspekata strategije je stvaranje europskog prostora dobre prakse, u kojem su sve države članice pozvane razviti nacionalne akcijske planove usklađene s EU smjernicama. To uključuje unaprjeđenje praksi biološke sigurnosti, nadzor nad prodajom i uporabom antibiotika, te zajedničke aktivnosti u praćenju AMR u zoonotskim patogenima i komensalnim bakterijama (EC, 2017). Za provedbu ovih ciljeva, ključno je i povećanje razine svijesti među proizvođačima, veterinarima i potrošačima. Llanos-Soto i sur. (2021) navode da javnost nedovoljno razumije vezu između uporabe antibiotika u životinja i razvoja rezistencije u humanim patogenima. EU stoga podržava edukacijske kampanje i inicijative poput Europskog dana svijesti o antibioticima.

U konačnici, strategija „od polja do stola“ prepoznaje potrebu za uravnoteženjem između poljoprivredne produktivnosti, dobrobiti životinja, sigurnosti hrane i zaštite okoliša, a smanjenje uporabe antibiotika u stočarstvu ključan je korak u tom procesu. Kao takva, ova strategija predstavlja model integriranog upravljanja rizicima AMR-a i može poslužiti kao referentni okvir i za globalne politike borbe protiv otpornosti (EC, 2020; 2017).

2.7. Stvaranje i lučenje mlijeka u krava

Vime (lat. *mamma*) je kožna žlijezda u kojoj se stvara mlijeko (slika 2.). Vime u krava tvore četiri potpuno odijeljene četvrti. Najveći dio četvrti čini žljezdano tkivo u kojem se stvara mlijeko. Žljezdano je tkivo obavijeno vezivnim, koje spaja sve četvrti u cjelinu, vime. U žljezdanom se tkivu nalaze alveole u kojima se stvara i izlučuje mlijeko. Na alveole se nastavljaju manji, a potom sve veći mliječni kanali kojima se mlijeko odvodi najprije u žljezdani a zatim u sisni dio cisterne, te preko sisnog kanala, pri mužnji (ili sisanju teleta), izvan vimena (Havranek i Rupić, 2003.). Mlijeko se stvara u žljezdanom epitelu alveola iz kemijskih tvari koje krvlju dopiju u vime. Krvlju dopremljene tvari u žljezdanim se stanicama djelomično modificiraju te izlučuju u lumen alveola. Mliječna mast, bjelancevine i laktoza sintetiziraju se u različitim organelima žljezdanih stanica.



Slika 3.: Presjek četvrti vimena i mliječnih alveola s prikazom građe (www.vet.purdue.edu)

Mlijeko se ne izlučuje samo u vrijeme mužnje ili dojenja, već je to kontinuirani proces koji teče ravnomjerno sve dok se mlijeko redovito odstranjuje iz mliječnih kanala i cisterne. Izlazi iz alveola i malih mliječnih kanalića žljezdanog tkiva su uski, a zbog viskoznosti i koloidne strukture mlijeka te kohezivnih sila, stvara se relativno jak otpor otjecanju mlijeka. Zbog toga se mlijeko sporo premješta u veće mliječne kanale i cisterne, pri čemu se u lumenu alveola održava tlak od oko 2 do 4 kPa, što omogućuje nesmetano stvaranje novog mlijeka. Ukoliko dođe do punjenja velikih kanala i cisterni mlijekom, tlak u mliječnom sustavu raste, povećava

se otpor protoku, a stvaranje i lučenje mlijeka postupno usporava. Kada tlak u alveolama i kanalićima dosegne razinu tlaka u krvnim žilama, proces laktacije prestaje (Havranek i Rupić, 2003). U takvim uvjetima, zbog zastoja mlijeka i povećanog mehaničkog pritiska na epitelne stanice alveola, može doći do njihovog oštećenja i narušavanja lokalne imunološke obrane, čime se stvaraju povoljni uvjeti za ulazak i razmnožavanje patogenih mikroorganizama. Poremećena funkcija sisnog kanala i produžen kontakt mlijeka s unutrašnjim strukturama vimena dodatno olakšavaju razvoj infekcije. Zbog toga neredovita ili nepotpuna mužnja, kao i svaki zastoj mlijeka, predstavljaju važne predisponirajuće čimbenike za pojavu mastitisa, odnosno upale mliječne žlijezde (Radostits et al., 2007; Harmon, 1994). Nadalje, mastitis je najčešća bolest mliječnih krava i dovodi do značajnih ekonomskih gubitaka, smanjenja kvalitete mlijeka te narušavanja zdravlja i dobrobiti životinja.

2.8. Mastitis kod mliječnih krava

Mastitis je jedna od najznačajnijih i najčešćih bolesti mliječnih krava, koja ima negativne posljedice na zdravlje životinja, kvalitetu i količinu proizvedenog mlijeka, kao i na ekonomsku održivost proizvodnje. Riječ je o upalnom procesu mliječne žlijezde koji nastaje kao rezultat infekcije mikroorganizmima, najčešće bakterijama, i može se manifestirati u kliničkom i subkliničkom obliku (Ruegg, 2017; Adkins & Middleton, 2018). Učestalost mastitisa globalno varira, ali se navodi da je subklinički oblik bolesti 15 do 40 puta učestaliji od kliničkog, što ga čini posebno izazovnim za rano otkrivanje i upravljanje (Argaw, 2016). Morales-Ubaldo i sur. (2023) naglašavaju da mastitis ostaje vodeći razlog upotrebe antibiotika u mliječnom sektoru i jedan od glavnih uzroka izlučivanja krava iz proizvodnje. S obzirom na svoju kompleksnu etiologiju i multifaktorijalnu narav, mastitis se pojavljuje kao posljedica kombinacije čimbenika vezanih uz životinju, okoliš i uzročnika (Cobirka i sur., 2020). Prema Gantner i sur. (2024), prevalencija mastitisa varira između pasmina i ovisno o veličini stada, pri čemu veće farme pokazuju veću učestalost zbog veće gustoće životinja i povećanog infektivnog pritiska. Subklinički mastitis osobito je raširen među visokoproduktivnim kravama u ranoj laktaciji, kada su zahtjevi za metabolizmom i stresom najintenzivniji (Gantner i sur., 2016). Fiziološki odgovor životinje na infekciju manifestira se kroz povećanje broja somatskih stanica (SCC) u mlijeku. Visok SCC smanjuje prinos i kvalitetu mlijeka te utječe na preradbene karakteristike, posebice u proizvodnji sireva, zbog negativnog učinka na koagulacijska svojstva mlijeka (Auldist, 2020). Povećana propusnost krvno-mliječne barijere tijekom mastitisa dovodi do ulaska serumskih proteina, enzima i iona u mlijeko, čime se dodatno narušava njegova kvaliteta (Argaw, 2016). Mastitis ima i značajne ekonomske implikacije. Osim troškova liječenja i smanjenja proizvodnje, uključuje gubitke zbog izlučivanja zaraženih životinja, smanjene plodnosti i dodatnog radnog opterećenja (Kharel i sur., 2023; Ruegg, 2017). Gantner i sur. (2023a) procijenili su da ukupni troškovi povezani s mastitisom na farmama simentalskih krava u Hrvatskoj čine znatan udio u ukupnim troškovima proizvodnje, pri čemu se najveći dio odnosi na subkliničke oblike bolesti koji često prolaze nezapaženo. S obzirom na sve navedeno, mastitis predstavlja ozbiljan zdravstveni, tehnološki i ekonomski izazov u mliječnom govedarstvu te zahtijeva integrirani pristup temeljen na ranom otkrivanju, higijenskim mjerama i racionalnoj uporabi antibiotika.

2.8.1. Etiologija i epidemiologija mastitisa

Etiologija mastitisa kod mliječnih krava uključuje širok spektar bakterijskih patogena koji mogu biti klasificirani kao kontagiozni (prenose se tijekom mužnje) i okolišni (prisutni u stelji, vodi, tlu i fekalijama). Među najčešće identificiranim uzročnicima ubrajaju se *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis*, *Escherichia coli*, koagulaza negativni stafilocoki (CoNS), *Corynebacterium spp.* i *Streptococcus dysgalactiae* (Cobirka i sur., 2020; Pascu i sur., 2022; Rodríguez & Gomez, 2022). Kontagiozni patogeni, kao što je *S. aureus*, karakterizirani su kroničnim tijekom infekcije i često su povezani s višim brojem somatskih stanica, rezistencijom na terapiju i slabim odgovorom na antibiotike (Ruegg, 2017; Maksimović i sur., 2024). Nasuprot tome, okolišni uzročnici poput *E. coli* i *S. uberis* često izazivaju akutne kliničke oblike bolesti i povezani su s okolišnim uvjetima, higijenom i tehnologijom mužnje (Adkins & Middleton, 2018; Morales-Ubaldo i sur., 2023). Etiološki profil mastitisa može značajno varirati ovisno o regiji, tehnologiji uzgoja, sezoni i stadiju laktacije (Langhorne i sur., 2024; Cobirka i sur., 2020). U novijim istraživanjima, određeni CoNS sojevi više nisu smatrani benignima, već se sve češće identificiraju kao uzročnici dugotrajnih, teško lječivih infekcija (Pascu i sur., 2022). Epidemiološki, mastitis je multifaktorska bolest čija prevalencija ovisi o individualnim, okolišnim i upravljačkim čimbenicima. Rizični faktori uključuju stadij laktacije, broj laktacija (viši rizik kod starijih krava), anatomiju vimena, stresne uvjete (toplinski stres, transport), lošu higijenu mužnje i kontaminiranu opremu (Sharma i sur., 2018; Gantner i sur., 2024). Prevalencija subkliničkog mastitisa u većini komercijalnih stadâ procjenjuje se između 15 % i 40 % životinja, dok se klinički oblici pojavljuju u 2 % do 10 % krava godišnje, uz značajne razlike između farmi i regija (Suárez, 2017; Mukhamadieva i sur., 2022). Prema Narváez-Semanate i sur. (2022), prevalencija bolesti značajno se smanjuje s boljom obukom djelatnika, redovitim održavanjem mužnih aparata i pravilnim provođenjem suhostajnog programa. Moderni dijagnostički pristupi uključuju kombinaciju fizikalnih pregleda, testova na somatske stanice, mikrobiološke kulture i molekularnih metoda za identifikaciju patogena, što omogućuje precizniju terapiju i bolju kontrolu bolesti (Ruegg, 2017; Adkins & Middleton, 2018; Jamali i sur., 2018). U epidemiološkom smislu, mastitis je važan indikator ukupne razine upravljanja zdravljem i dobrobiti u stadu. Visoka učestalost bolesti često upućuje na sustavne propuste u higijeni, prehrani, mužnji ili upravljanju stresom, dok je njezino smanjenje pouzdan pokazatelj održivosti proizvodnje (Cobirka i sur., 2020; Suárez, 2017).

2.8.2. Posljedice mastitisa na proizvodnju mlijeka

Mastitis ima izravan i višestruk utjecaj na proizvodnju mlijeka, kako u kvantitativnom tako i u kvalitativnom smislu. Gubitak proizvodnje posljedica je upalnog procesa u mliječnoj žlijezdi koji dovodi do oštećenja sekretornog tkiva, smanjenja sinteze mlijeka i povećane propusnosti krvno-mliječne barijere, što rezultira promjenama u sastavu mlijeka (Ruegg, 2017; Sharma i sur., 2018). U istraživanju Gantner i sur. (2023b), pokazano je da prisutnost subkliničkog mastitisa smanjuje dnevnu proizvodnju mlijeka i do 1,5 litara po kravi, dok kod kliničkih oblika gubici mogu biti i dvostruko veći. Značajni gubici nastaju i zbog potrebe izlučivanja mlijeka tijekom i nakon tretmana, što smanjuje količinu isporučenog mlijeka te uzrokuje financijske gubitke zbog nekomercijalizacije proizvodnje (Kharel i sur., 2023; Romero i sur., 2018).

Kvalitativne promjene u mlijeku tijekom mastitisa obuhvaćaju smanjenje sadržaja laktoze, masti i kazeina, uz istodobno povećanje udjela serumskih proteina, imunoglobulina, natrija i klorida (Auldist, 2020; Paixão i sur., 2017). Te promjene nepovoljno utječu na koagulacijska svojstva mlijeka, smanjujući njegovu tehnološku iskoristivost u proizvodnji sira i fermentiranih proizvoda (Hanuš i sur., 2021). Također, visok broj somatskih stanica (SCC) povezan je s bržim kvarenjem mlijeka, većim oksidacijskim stresom i kraćim rokom trajanja (Turk i sur., 2021).

U dugoročnom smislu, mastitis smanjuje ukupnu laktacijsku krivulju i može dovesti do trajnog oštećenja tkiva mliječne žlijezde, čime se smanjuje proizvodni potencijal krave u budućim laktacijama (Gonçalves i sur., 2022; Zhang i sur., 2020). Nadalje, recidivi mastitisa negativno utječu na reproduktivne parametre i povećavaju rizik od izlučivanja životinja iz proizvodnje (Eberhart i sur., 2019; Gantner i sur., 2024).

Procjene ukupnih ekonomskih gubitaka izazvanih mastitisom uključuju i dodatne troškove liječenja, povećanu potrošnju antibiotika, smanjenje kvalitete i cijene mlijeka na otkupu, kao i povećanu radnu snagu potrebnu za njegu oboljelih životinja (Hogeveen i sur., 2019; Mijić i sur., 2019). U radu Jamali i sur. (2018), istaknuto je da su upravo subklinički oblici odgovorni za najveći dio kumulativnih gubitaka, jer često ostaju nedijagnosticirani i neadekvatno tretirani. Ukupno gledano, mastitis se smatra jednim od ključnih čimbenika koji umanjuje učinkovitost mliječne proizvodnje, narušava sigurnost hrane i povećava okolišni otisak po litri proizvedenog mlijeka, osobito kada dolazi do pojačane uporabe antibiotika i potrebe za zamjenom oboljelih životinja (Hogeveen i sur., 2019; Gantner i sur., 2023a).

2.9. Somatske stanice kao indikator zdravlja vimena

Broj somatskih stanica (SCC, somatic cell count) u mlijeku jedan je od najvažnijih pokazatelja zdravlja vimena i najšire korišten dijagnostički alat za otkrivanje subkliničkog mastitisa. Somatske stanice (SC) se uglavnom sastoje od leukocita i epitelnih stanica; te tijekom aktivnih infekcija prevladavaju neutrofili, koji mogu činiti i preko 90 % ukupnog broja stanica (Malik i sur., 2018; Alhussien i sur., 2016). Somatske stanice reflektiraju imunološki odgovor organizma na prisutnost patogena u mliječnoj žlijezdi. Njihov broj se povećava u prisutnosti intramamarnih infekcija (IMI), čime SCC služi kao izravan pokazatelj upalnog procesa (Petzer i sur., 2017). Prag od 200.000 stanica/mL široko je prihvaćen kao granica za razlikovanje zdravih i inficiranih četvrti vimena, osobito u kontekstu subkliničkih infekcija (Bobbo i sur., 2020; Petzer i sur., 2017).

Uz svoju dijagnostičku vrijednost, SCC ima i značajan tehnološki i ekonomski značaj. Povećan broj somatskih stanica u mlijeku dovodi do smanjenja sadržaja laktoze, masti i kazeina, uz istovremeno povećanje udjela serumskih proteina, enzima i soli (Zecconi i sur., 2023; Hanuš i sur., 2021). Ove promjene negativno utječu na preradbene osobine mlijeka, posebice na koagulacijska svojstva i prinos sira (Auldist, 2020). Također, visok SCC smanjuje termostabilnost mlijeka i povećava brzinu kvarenja proizvoda (Turk i sur., 2021).

SCC se koristi i kao kriterij za ocjenu kvalitete sirovog mlijeka u nacionalnim i međunarodnim standardima. U Hrvatskoj je, prema Pravilniku o kakvoći sirovog mlijeka, maksimalno dopuštena razina 400.000 stanica/mL za mlijeko prve klase (Knežević i sur., 2021). Osim dijagnostičke i tehnološke uloge, SCC omogućuje procjenu prevalencije subkliničkog mastitisa na razini stada. Krave s trajno povišenim SCC iznad 200.000 stanica/mL najčešće su nositelji infekcije, iako ne pokazuju kliničke simptome (Petzer i sur., 2017).

Redovito praćenje SCC tako omogućuje ciljano upravljanje zdravljem vimena, uključujući selekciju životinja za mikrobiološku dijagnostiku, primjenu selektivne terapije zasušivanja i optimizaciju protokola mužnje (Ivanov i sur., 2016; Oravcová, 2024). U konačnici, SCC je nezamjenjiv alat za održivo upravljanje zdravljem vimena jer omogućuje rano otkrivanje infekcija, nadzor kvalitete mlijeka i smanjenje uporabe antibiotika kroz ciljane intervencije.

2.9.1. Sastav somatskih stanica (leukociti, epitelne stanice)

Somatske stanice prisutne u mlijeku mliječnih krava potječu iz dvaju glavnih izvora, bijelih krvnih stanica (leukocita) i epitelnih stanica mliječne žlijezde. Njihov broj i sastav uvelike odražavaju fiziološko stanje i imunološki odgovor vimena na infektivni izazov, osobito u kontekstu mastitisa (Alhussien & Dang, 2018; Harmon, 2001). U zdravom vimenu somatske stanice čine pretežno makrofagi (oko 66 %), limfociti (25 %) i neutrofili (3–10 %), dok epitelne stanice čine manji, ali važan udio, obično ispod 2 % ukupne populacije (Boutinaud & Jammes, 2002; Malik i sur., 2018). Epitelne stanice potječu iz sekretornog epitela alveola i kanala mliječne žlijezde i njihova prisutnost odražava normalnu obnovu tkiva, ali i potencijalno oštećenje epitela tijekom upalnih procesa.

Kod pojave infekcije, imunološki odgovor uključuje brzu regrutaciju neutrofila, koji tada mogu činiti i do 90 % ukupnog broja somatskih stanica (Alhussien i sur., 2016). Neutrofili fagocitiraju patogene i oslobađaju enzime i citokine, što ih čini ključnim efektorima u akutnoj fazi upale. Iako učinkoviti u eliminaciji mikroorganizama, njihova aktivnost može dodatno oštetiti alveolarni epitel i time negativno utjecati na sintezu mlijeka (Harmon, 2001).

Limfociti i makrofagi imaju važnu ulogu u imunološkoj memoriji i rezoluciji upale. Makrofagi su također uključeni u uklanjanje mrtvih stanica i obnavljanje tkiva, a njihova visoka prisutnost u mlijeku zdravih krava smatra se fiziološkom (Alhussien & Dang, 2018). Promjene u sastavu somatskih stanica, osobito porast udjela neutrofila i smanjenje udjela makrofaga, ukazuju na aktivnu infekciju i mogu poslužiti kao dodatni kriterij za diferencijalnu dijagnozu mastitisa (Bobbo i sur., 2020; Zecconi i sur., 2023).

Razvoj tehnologije za rutinsko određivanje diferencijalne brojnosti somatskih stanica (DSCC) omogućuje bolju klasifikaciju upalnih stanja u mliječnoj žlijezdi. Istraživanja pokazuju da kombinacija ukupnog SCC i DSCC značajno povećava osjetljivost i specifičnost detekcije intramamarnih infekcija (Zecconi i sur., 2023; Chen i sur., 2021).

Dakle, sastav somatskih stanica nije samo odraz imunološke aktivnosti već i potencijalni dijagnostički alat za razlikovanje tipova mastitisa, faza upalnog odgovora i uspješnosti terapije. Korištenje DSCC kao komplementarnog parametra uz SCC sve se češće preporučuje u kontrolama mliječnosti i programima selektivne terapije, čime se unapređuje preciznost i učinkovitost veterinarske prakse (Bobbo i sur., 2020; Zecconi i sur., 2023).

2.9.2. Faktori koji utječu na varijabilnost SCC (paritet, stadij laktacije, sezona, stres, toplinski stres)

Broj somatskih stanica (SCC) u mlijeku podložan je utjecaju niza bioloških i okolišnih čimbenika. Među najvažnijima su redoslijed i stadij laktacije, sezona, pasmina, klimatski i mikroklimatski čimbenici te pojava toplinskog stresa. Razumijevanje tih utjecaja ključno je za pravilnu interpretaciju SCC kao dijagnostičkog alata. Tijekom laktacijskog ciklusa SCC se prirodno mijenja. Nakon telenja razine su povišene, zatim se smanjuju u srednjem stadiju laktacije i ponovno blago rastu pred kraj. U istraživanju Knežević i sur. (2021) pokazano je da se SCC u prvoj laktaciji kreće od $1.10\text{--}1.27 \times 10^5$ stanica/mL u ranoj fazi, zatim se spušta na $0.90\text{--}0.99 \times 10^5$ u srednjem stadiju, da bi u kasnijoj laktaciji narastao do 1.07×10^5 stanica/mL. Te se varijacije povezuju s hormonalnim fluktuacijama, opterećenjem metabolizma te obrambenim odgovorom organizma (Alhussien & Dang, 2018). Paritet (redoslijed laktacije) također ima značajan učinak na SCC. Kod prvotelki su vrijednosti niže, dok se kod starijih krava s višestrukim laktacijama bilježe povišene vrijednosti, što se tumači kumulativnom izloženošću patogenima i smanjenjem učinkovitosti lokalnog imunskog odgovora (Mičić i sur., 2022; Bobbo i sur., 2020). Sezonske promjene utječu na SCC kroz promjene u temperaturi, vlažnosti i kvaliteti stočne hrane. Zimi i u prijelaznim godišnjim dobima SCC je obično viši, dijelom zbog lošijih uvjeta držanja i većeg bakterijskog opterećenja. Ljetni mjeseci mogu pokazivati niži SCC, no kod visokoproduktivnih krava toplinski stres često neutralizira ovaj učinak (Bobbo i sur.; Mijić i sur., 2019). Gantner i sur. (2017) ističu da porast THI iznad 72 rezultira statistički značajnim povećanjem SCC, smanjenjem mliječnosti i narušenim biokemijskim profilom krvi. Simmentalke pokazuju višu otpornost, što se pripisuje njihovoj fiziološkoj prilagodljivosti i umjerenijoj proizvodnji (Gantner i sur., 2024). Pored klimatskih uvjeta, stresni faktori poput promjene hranidbe, preseljenja, mužnih rutina i grupiranja životinja također moduliraju SCC kroz neuroendokrine i imunološke mehanizme. Stocco i sur. (2023) naglašavaju da veći SCC često ne mora biti isključivo znak infekcije, već može ukazivati i na fiziološki stres. U konačnici, SCC je složen parametar na koji istodobno djeluju faktori povezani s životinjom te okolišni. Zato njegova interpretacija zahtijeva uzimanje u obzir niza utjecaja, uključujući paritet, stadij laktacije, sezonske uvjete i razinu stresa, kako bi se precizno procijenio zdravstveni status vimena i optimiziralo upravljanje stadom (Poljak i sur., 2021; Antanaitis i sur., 2021).

2.9.3. Klasifikacija zdravlja vimena temeljem broja somatskih stanica (zdravo, subklinički mastitis, klinički mastitis)

Klasifikacija zdravlja vimena pomoću broja somatskih stanica (SCC) temelj je suvremenih dijagnostičkih pristupa u mliječnom govedarstvu. SCC predstavlja broj leukocita i epitelnih stanica u mlijeku, koji se značajno povećava kao odgovor na infekciju mliječne žlijezde. To ga čini jednim od najsenzitivnijih i najbrže dostupnih indikatora za klasifikaciju infektivnog statusa vimena (Malik i sur., 2018; Cobirka i sur., 2020).

Prema opće prihvaćenim kriterijima, četvrti vimena s vrijednostima **SCC < 200.000 stanica/mL** smatraju se zdravima. Zeconi i sur. (2019) navode da je u ovom rasponu udio neutrofila je nizak, a funkcionalna struktura epitelnog tkiva je očuvana, bez vidljivih znakova upale ili promjena u sastavu mlijeka.

U rasponu **SCC između 200.000 i 400.000 stanica/mL** najčešće se radi o subkliničkom mastitisu. Iako ne postoje vanjski simptomi bolesti, prisutna je intramamarna infekcija koja može uzrokovati pad mliječnosti i pogoršanje kvalitete mlijeka (Bobbo i sur., 2020).

Vrijednosti **SCC > 400.000 stanica/mL** povezane su s kliničkim mastitisom i najčešće su praćene izraženim kliničkim znakovima poput otoka, bolnosti, i promjena u izgledu mlijeka (Cobirka i sur., 2020; Adkins & Middleton, 2018).

Klasifikacija zdravlja vimena na temelju SCC nije strogo binarna, već se koristi u dijagnostičkom kontinuumu. Tako su predloženi dodatni pragovi poput 100.000 stanica/mL za selekciju životinja u programima kontrolirane reprodukcije, te 1.000.000 stanica/mL za identifikaciju kroničnih infekcija koje su terapijski rezistentne (Zeconi i sur., 2019; Cobirka i sur., 2020). Nadalje, McDougall i sur. (2021b) su pokazali da SCC mjeren pri kraju laktacije može biti vrlo koristan pokazatelj prisutnosti intramamarne infekcije i rizika za buduću laktaciju. Tako se SCC koristi u selektivnoj terapiji zasušivanja (SDCT) kako bi se izbjegla nepotrebna primjena antibiotika kod zdravih životinja, čime se pridonosi kontroli i prevenciji antimikrobne rezistencije.

Osim ukupnog SCC, sve se više naglašava važnost korištenja diferencijalne brojnosti somatskih stanica (DSCC) kao dodatnog alata u klasifikaciji zdravlja vimena. Kombinacija SCC i udjela neutrofila (PMN) u mlijeku povećava dijagnostičku preciznost u razlikovanju između fizioloških i patoloških porasta somatskih stanica (Bobbo i sur., 2020; Zeconi i sur., 2023). Lipkens i sur. (2019b) su u longitudinalnom istraživanju pokazali da dinamika SCC i DSCC tijekom suhostaja može predvidjeti rizik ponovne infekcije u narednoj laktaciji.

Nadalje, korištenje SCC kao dijagnostičkog alata također ima regulatornu i komercijalnu dimenziju. U Europskoj uniji, mlijeko prve klase ne smije premašivati prag od 400.000 stanica/mL (Knežević i sur., 2021). Time SCC služi i kao alat za ocjenu kvalitete mlijeka na tržištu, što dodatno motivira proizvođače na održavanje zdravlja vimena i smanjenje pojave mastitisa. U konačnici, SCC i njegova klasifikacijska vrijednost omogućuju rano otkrivanje bolesti, selektivnu primjenu terapije i donošenje odluka u reproduktivskom i proizvodnom menadžmentu, čineći ga nezaobilaznim alatom za održivu proizvodnju mlijeka.

2.10. Metode liječenja i prevencije mastitisa

Liječenje i prevencija mastitisa predstavljaju ključne komponente upravljanja zdravljem stada u mliječnom govedarstvu, s obzirom na ekonomske gubitke i potencijalne rizike za zdravlje ljudi povezane s antimikrobnom rezistencijom. Tradicionalno, liječenje mastitisa uključuje primjenu antibiotika intramamarno kod kliničkih slučajeva, dok se kod težih oblika koristi i sistemska primjena lijekova (Maksimović i sur., 2024). Osim antibiotske terapije, sve se više naglašava važnost suportivnih mjera kao što su protuupalna terapija i poboljšanje uvjeta držanja, što doprinosi bržem oporavku i obnovi tkiva (Mukhamadieva i sur., 2022).

U sklopu preventivskih strategija, praksa terapije zasušenja mliječnih krava (Dry Cow Therapy, DCT) dugo je bila standard, a uključivala je primjenu antibiotika svim krava pri kraju laktacije kako bi se spriječile nove infekcije tijekom suhostajnog razdoblja (Maksimović i sur., 2024; Zhang i sur., 2020). Međutim, suvremeni pristupi ističu važnost ciljane terapije, temeljene na individualnoj procjeni rizika, čime se minimizira nepotrebna uporaba antimikrobnih sredstava i pridonosi održivosti proizvodnje. Prevencija infekcija temelji se na integriranom upravljanju čimbenicima rizika, uključujući pravilnu higijenu mužnje, optimalne uvjete smještaja, uravnoteženu prehranu i kontinuirano praćenje zdravlja vimena. Gonçalves i sur. (2022) ističu važnost dosljedne primjene protokola mužnje, poput pred- i postdipanja sisa, korištenja jednokratnih ubrusa te redovite sanacije ležišta. Održavanje niske razine somatskih stanica u mlijeku također je važan element u prevenciji subkliničkog mastitisa, kao i edukacija farmjera o pravilnom prepoznavanju ranih znakova bolesti (Sandhu i sur., 2025).

Razvoj novih terapijskih pristupa dodatno podupire napore u smanjenju ovisnosti o antibioticima. Alternativni pristupi, uključujući korištenje bakteriofaga, probiotika, imunostimulansa i biljnih ekstrakata, istražuju se kao održive zamjene konvencionalnim antibioticima, posebno u kontekstu zabrinutosti zbog AMR (Li i sur., 2023; Fergestad i sur., 2021). Takve strategije mogu doprinijeti obnovi imunološke ravnoteže životinje i smanjenju

potrebe za antimikrobnom terapijom. Dodatno, pravilna dijagnostika ima ključnu ulogu u učinkovitoj kontroli mastitisa. Redovito praćenje zdravstvenog statusa mliječnih žlijezda, mikrobiološka analiza uzoraka mlijeka te upotreba brzih dijagnostičkih testova omogućuju ranu identifikaciju infekcija i promptno djelovanje (Rodríguez & Gomez, 2022). Nadalje, pravovremena identifikacija patogena omogućava racionalniji izbor antimikrobnog sredstva i skraćuje trajanje liječenja. Za uspješnu primjenu mjera liječenja i prevencije mastitisa nužna je edukacija svih uključenih aktera; uzgajivača, veterinaru i tehničkog osoblja. Nadalje, širenje znanja o antimikrobnoj rezistenciji, pravilnoj uporabi antibiotika i alternativnim metodama liječenja čini temelj odgovornog veterinarskog upravljanja u skladu s načelima održive poljoprivrede i zaštite javnog zdravlja (Nobrega i sur., 2020).

2.10.1. Blanket terapija vs. selektivna terapija zasušivanja (SDCT)

Blanket dry cow therapy (BDCT) predstavlja tradicionalnu metodu prevencije i liječenja intramamarnih infekcija (IMI) u krava pri kraju laktacije, gdje se svim životinjama, neovisno o njihovom zdravstvenom statusu, intramamarno primjenjuju antibiotici. Ova praksa značajno je pridonijela smanjenju incidencije mastitisa u ranoj laktaciji, jer omogućuje istodobno izlječenje postojećih i prevenciju novih infekcija tijekom suhostaja (Kabera i sur., 2021). BDCT se posebno pokazala korisnom u vremenu kada je prevalencija subkliničkog mastitisa bila visoka i kada nisu postojale sofisticirane dijagnostičke metode za identifikaciju zaraženih životinja.

Međutim, s porastom svijesti o antimikrobnoj rezistenciji i nužnosti racionalne uporabe antibiotika, BDCT se sve više dovodi u pitanje, posebice u stadima s niskom prevalencijom IMI (Lipkens i sur., 2023; McCubbin i sur., 2023). Potencijalni negativni učinci BDCT uključuju nepotrebnu izloženost zdravih životinja antibioticima, povećanje troškova terapije, smanjenje učinkovitosti antimikrobnih sredstava i stvaranje ostataka lijekova u mlijeku i mesu (Kabera i sur., 2021; Rowe i sur., 2023).

Selektivna terapija zasušivanja (Selective Dry Cow Therapy, SDCT) nudi alternativni pristup koji omogućuje primjenu antibiotika samo kod krava ili četvrti s potvrđenom infekcijom. Identifikacija inficiranih životinja provodi se temeljem mikrobiološke analize mlijeka, broja somatskih stanica (SCC), povijesti kliničkog mastitisa te često i uz korištenje komercijalnih brzih testova na farmi (Rowe i sur., 2023; McCubbin i sur., 2022). Također, unutarnji teat sealanti (ITS), najčešće na bazi bizmut subnitrata, koriste se kod zdravih četvrti kao fizička barijera protiv ulaska patogena tijekom suhostaja (Kabera i sur., 2021; Lipkens i sur., 2023). Suvremeni pristupi selektivnoj terapiji zasušivanja sve češće uključuju višestupanjske

dijagnostičke protokole. U najnovijem istraživanju, Navaei i sur. (2025) koristili su kombinaciju SCC analize, mikrobiološke kulture i antibiograma kako bi selekcionirali životinje za SDCT. Krave sa SCC > 200.000 stanica/mL upućene su na mikrobiološku pretragu, a antibiotici su primijenjeni isključivo kod potvrđenih infekcija, i to prema osjetljivosti uzročnika. Usporedbom s konvencionalnim BDCT pristupom, ova metoda rezultirala je višom stopom izlječenja infekcija (91,8 % vs. 75,5 %; $P = 0,0006$), nižom učestalošću novih IMI tijekom suhostaja (3,6 % vs. 9,0 %; $P = 0,0006$) te smanjenjem pojavnosti kliničkog mastitisa nakon telenja (4,5 % vs. 11,8 %; $P = 0,015$). Sve četvrti, neovisno o statusu infekcije, bile su dodatno zaštićene ITS-om. Ovi rezultati ističu potencijal visoko preciznog SDCT-a za optimizaciju liječenja, očuvanje zdravlja vimena i smanjenje nepotrebne uporabe antibiotika na razini stada.

Nadalje, u velikoj metaanalizi koja je uključila 12 pokusa s više od 8000 četvrti, Kabera i sur. (2021) pokazali su da SDCT, uz upotrebu ITS-a kod nezaraženih četvrti, nije povezan s povećanim rizikom od novih IMI tijekom suhostaja, niti s većom učestalošću kliničkog mastitisa, padom proizvodnje mlijeka ili povećanjem SCC u ranom stadiju iduće laktacije. Naprotiv, kada ITS nije korišten, SDCT je bio povezan sa značajno većim rizikom od novih infekcija ($RR = 2.00$; 95% CI: 1.41–2.84) i većom prevalencijom IMI pri telenju ($RR = 1.57$; 95% CI: 1.19–2.06), u usporedbi s BDCT-om (Kabera i sur., 2021).

Unatoč dokazima o ekvivalentnoj učinkovitosti SDCT-a u specifičnim uvjetima, njegova primjena zahtijeva dosljednu provedbu dijagnostike, edukaciju osoblja, logističku pripremljenost i pravovremenu odluku o izboru terapije. Pri implementaciji SDCT pristupa ključno je da stado bude u dobrom zdravstvenom stanju, s niskim brojem SCC u tanku (<250.000 stanica/mL), te da postoji dobra dokumentacija o mastitisu i liječenju na individualnoj razini (Lipkens i sur., 2023; Rowe i sur., 2023).

Osim učinaka na zdravlje vimena, SDCT ima važan ekonomski potencijal. Prema ekonomskoj evaluaciji Vissio i sur. (2023), troškovi liječenja na razini farme mogu se značajno smanjiti primjenom SDCT-a, osobito u kombinaciji s internim teat sealantima. Istraživanje je pokazalo da SDCT omogućuje racionalizaciju potrošnje antimikrobnih lijekova bez kompromitiranja proizvodnih rezultata, osobito u stadima s niskom učestalošću IMI. Također, modeli odlučivanja koji kombiniraju podatke o SCC i kliničkom mastitisu tijekom laktacije pokazali su se dovoljno preciznima za pouzdanu selekciju kandidata za SDCT (Rowe i sur., 2023).

Važno je naglasiti da uspjeh SDCT-a u velikoj mjeri ovisi o kriterijima selekcije krava za liječenje. Najčešće korišteni parametri uključuju SCC pragove (npr. < 200.000 stanica/mL), odsutnost kliničkog mastitisa u posljednjoj trećini laktacije, negativne rezultate mikrobioloških

pretraga mlijeka te povijest liječenja (McCubbin i sur., 2023; Maćešić i sur., 2022). Kombinacija tih indikatora omogućuje smanjenje lažno negativnih rezultata i poboljšava točnost odluka u praksi. Primjena brzih dijagnostičkih metoda na farmi dodatno povećava operativnu učinkovitost selektivne terapije i smanjuje potrebu za laboratorijskom analizom u svim slučajevima (Rowe i sur., 2023). Iako SDCT pokazuje jasne prednosti u smanjenju upotrebe antibiotika i održavanju zdravlja vimena, njegova implementacija zahtijeva sveobuhvatan pristup upravljanju zdravljem stada. Ključne komponente uključuju redovito praćenje zdravlja vimena, kvalitetnu evidenciju, edukaciju osoblja te integraciju s drugim preventivnim mjerama poput pravilne mužnje, sanacije ležišta i optimizacije prehrane (Guadagnini i sur., 2023).

Zaključno, dostupni znanstveni dokazi snažno podupiru primjenu SDCT-a kao učinkovite i održive alternative BDCT-u u uvjetima niske prevalencije IMI i uz istodobnu primjenu internog teat sealanta. Uspjeh ovog pristupa ovisi o dostupnosti dijagnostičkih alata, tehničkoj osposobljenosti osoblja i dobroj upravljačkoj praksi. Takav pristup usklađen je s One Health načelima smanjenja antimikrobne uporabe u stočarskoj proizvodnji bez kompromisa po pitanju dobrobiti životinja i kvalitete proizvoda (Lipkens i sur., 2023; Kabera i sur., 2021).

2.10.2. Pokazatelji za odabir krava za SDCT (somatske stanice, mikrobiološki nalazi)

Odabir krava za selektivnu terapiju zasušivanja (SDCT) temelji se na preciznoj dijagnostici zdravstvenog statusa vimena, čime se omogućuje racionalna primjena antibiotika i smanjuje rizik od razvoja antimikrobne rezistencije. Najrašireniji kriterij u praksi i literaturi za odluku o uključivanju krave u SDCT protokol je broj somatskih stanica (SCC), koji se koristi kao neinvazivan, jeftin i dostupan pokazatelj upale vimena. Pragovi SCC-a koji se najčešće primjenjuju u selekciji variraju, ali se najčešće koristi vrijednost od **200.000 stanica/mL**, iako neki autori za prvorotke preporučuju konzervativnije pragove poput 100.000 ili 150.000 stanica/mL zbog njihove veće osjetljivosti na infekcije nakon telenja (McParland i sur., 2019; Kiesner i sur., 2016; Scherpenzeel i sur., 2016). Kod krava u višim laktacijama prag od 200.000 stanica/mL omogućuje visoku razinu specifičnosti u identifikaciji zdravih jedinki, dok istovremeno zadržava prihvatljivu osjetljivost u detekciji subkliničkih infekcija.

Međutim, upotreba samo jedne mjere SCC-a neposredno prije zasušenja može biti nedovoljna jer može podcijeniti učestalost infekcija kod krava s prolazno sniženim brojem somatskih stanica. Stoga se preporučuje korištenje geometrijske sredine iz više (najčešće tri) uzastopne kontrole mliječnosti kako bi se povećala točnost predikcije prisutnosti ili odsutnosti

intramamarne infekcije (Kiesner i sur., 2016; McCubbin i sur., 2022). Dodatno, diferencijalno brojanje somatskih stanica (DSCC), koje uključuje analizu omjera limfocita i neutrofila, nudi bolji uvid u prirodu upalnog procesa i može pomoći u diferencijaciji između fizioloških i patoloških stanja mliječne žlijezde (Zecconi i sur., 2023).

Pored SCC-a, mikrobiološka kultura mlijeka predstavlja najtočniju metodu za identifikaciju zaraženih četvrti. Iako je logistički i financijski zahtjevnija, kultura je osobito korisna u farmama s visokim standardima kontrole mastitisa i dobro organiziranim sustavima uzorkovanja. Prisutnost specifičnih patogena, poput *Staphylococcus aureus* ili *Streptococcus uberis*, upućuje na potrebu za antibiotskom terapijom, dok odsutnost patogena u zdravim četvrtima može opravdati izostavljanje antibiotika i primjenu samo unutarnjih teat sealanata, ITS (Adkins & Middleton, 2018; McCubbin i sur., 2023). Važnost višestruke provjere zdravstvenog statusa životinje potvrđuju i Navaei i sur. (2025) te ističu da se pouzdanost selekcije znatno povećava kada se SCC koristi kao inicijalni filter, a mikrobiološka potvrda kao odlučujući kriterij za uključivanje u terapiju. Isti autori naglašavaju da kombinirani pristup omogućuje preciznije izdvajanje krava koje zaista zahtijevaju antibiotski tretman, čime se minimizira nepotrebna primjena antibiotika bez kompromisa po pitanju zdravlja vimena. Takvi modeli selekcije, iako zahtjevniji u izvedbi, predstavljaju smjer razvoja SDCT-a usklađen s principima racionalne veterinarske prakse. Nadalje, brze on-farm metode kulture, poput Minnesota Easy Culture Systema ili 3M Petrifilm, omogućuju farmerima i veterinarima donošenje informiranih odluka bez čekanja na laboratorijske rezultate (Rowe, 2020).

Dodatne informacije koje se često uključuju u selekcijske modele su povijest kliničkog mastitisa tijekom laktacije, rezultati California Mastitis Testa (CMT), paritet i podaci o proizvodnji mlijeka. Na primjer, krave koje nisu imale klinički mastitis u tekućoj laktaciji i koje imaju stabilno nisku razinu SCC-a tijekom više kontrola smatraju se niskorizičnima i mogu se zasušiti bez antibiotika, samo s ITS-om (Rowe i sur., 2020; Bobbo i sur., 2020). Povijest mastitisa, posebice ako uključuje više od jedne epizode ili epizode uzrokovane visokopatogenim mikroorganizmima, značajno povećava vjerojatnost subklinične infekcije i treba se uzeti u obzir kod odlučivanja (Kiesner i sur., 2016; Adkins & Middleton, 2018).

Nadalje, na razini stada, uspješna implementacija SDCT-a ovisi i o ukupnom zdravstvenom statusu krava, razini SCC-a u spremniku mlijeka (poželjno < 250.000 stanica/mL), tehničkoj opremljenosti, kvaliteti evidencije i educiranosti osoblja. Scherpenzeel i sur. (2016) navode da različiti pragovi SCC-a (npr. 150.000, 100.000, 50.000) imaju različite učinke na prevalenciju subkliničkog mastitisa i potrošnju antibiotika, no ne utječu značajno na ukupne troškove liječenja, dok su najniži pragovi omogućili i do 60% smanjenja potrošnje antibiotika.

Iako SCC ostaje najučinkovitiji i najdostupniji alat za selekciju, njegova kombinacija s mikrobiološkom analizom i CMT testom omogućuje donošenje sigurnijih i preciznijih odluka. Visoka osjetljivost CMT testa za detekciju infekcija uzrokovanih velikim patogenima (npr. *Staphylococcus aureus*) čini ga korisnim dodatnim alatom, posebice u uvjetima ograničene dostupnosti laboratorija (Adkins & Middleton, 2018; Maćešić i sur., 2016).

U konačnici, selekcija krava za SDCT zahtijeva integraciju više parametara, od kojih SCC, mikrobiološka kultura i klinička povijest imaju najveću težinu u donošenju odluka. Precizna selekcija omogućuje ne samo smanjenje nepotrebne uporabe antibiotika, već i održavanje zdravlja vimeni i proizvodne sposobnosti krava, čime se doprinosi i ekonomičnosti i održivosti mliječne proizvodnje (McCubbin i sur., 2022; Zecconi i sur., 2020).

2.11. Kontrola mliječnosti kao alat u upravljanju zdravljem krava

Kontrola mliječnosti predstavlja temeljni alat za upravljanje zdravljem, proizvodnjom i ekonomikom stada u suvremenom mliječnom govedarstvu. Praćenjem parametara mliječnosti na razini pojedinačne krave omogućuje se rano prepoznavanje zdravstvenih poremećaja, uključujući subklinički i klinički mastitis, metaboličke poremećaje i poremećaje plodnosti. Sustavi kontrole mliječnosti tradicionalno uključuju bilježenje količine mlijeka, udjela masti i proteina, broja somatskih stanica (SCC), kao i dodatne pokazatelje poput uree, laktoze ili parametara energetske ravnoteže (Miglior i sur., 2006; Ivanov i sur., 2016).

Redovita kontrola mliječnosti, posebice uz primjenu A4 metode (bilježenje obje mužnje na testni dan), omogućuje precizno praćenje promjena u proizvodnji mlijeka i kvaliteti, što može poslužiti kao indirektan pokazatelj zdravstvenog statusa krava. Primjerice, pad udjela laktoze i porast SCC često prethode pojavi subkliničkih i kliničkih simptoma mastitisa, dok promjene u udjelu ureje mogu ukazivati na neuravnoteženu prehranu ili metabolički stres (Miglior i sur., 2006; Gantner i sur., 2022).

Implementacijom naprednih modela analize test-day zapisa (npr. linearna regresija, test interval metoda), moguće je pouzdano procijeniti dnevne i laktacijske količine mlijeka čak i kod alternativnih metoda uzorkovanja (npr. AT4, AT6), pri čemu ključnu ulogu ima pravilna korekcija na interval između mužnji (Gantner i sur., 2009; Gantner i sur., 2008). Rezultati istraživanja pokazuju da procjene dnevne proizvodnje temeljene na jutarnjoj mužnji, uz uključivanje vremena između mužnji kao kovarijable, daju vrlo visoku korelaciju s stvarnim dnevnim prinosima ($r > 0,98$), dok jednostavno udvostručavanje jutarnjeg ili večernjeg zapisa može dovesti do značajne pristranosti (Gantner i sur., 2009).

Napredak u preciznoj poljoprivredi (Precision Dairy Farming, PDF) dodatno povećava značaj kontrole mliječnosti kao integriranog alata za upravljanje zdravljem. Sustavi s više senzora omogućuju kontinuirano praćenje parametara poput električne provodljivosti mlijeka, temperature vimena, broja koraka i uzoraka hranjenja, čime se otkriva disfunkcija puno ranije od pojave kliničkih znakova bolesti (Kleen & Guatteo, 2023; Lasser i sur., 2021). Integracijom ovih podataka u digitalne modele odlučivanja moguće je automatizirati ranu detekciju mastitisa i drugih bolesti, čime se smanjuje upotreba antibiotika i optimizira zdravlje stada.

Osim toga, kontrola mliječnosti ima ključnu ulogu u genetskom unaprjeđenju stada. Korištenjem podataka o SCC, mlijećnoj proizvodnji i sastavu mlijeka iz kontrola, moguće je selekcionirati krave s boljim zdravstvenim profilom, duljim životnim vijekom i većom

ekonomskom vrijednosti (Miglior i sur., 2006; Gantner i sur., 2008). To doprinosi održivosti proizvodnje smanjenjem stope zamjene krava i povećanjem funkcionalne dugovječnosti.

Na razini gospodarstva, pravilno interpretirani rezultati kontrole mliječnosti omogućuju donošenje informiranih odluka o hranidbi, selekciji, reprodukcijским strategijama i veterinarskim intervencijama. Na primjer, povećani SCC u više uzastopnih kontrola, osobito pred kraj laktacije, može biti indikator za uključivanje krave u selektivnu terapiju zasušivanja (Green i sur., 2007). Također, analiza laktacijskih krivulja i uvođenje indeksa poput MUN i laktoze pružaju dodatne uvide u metaboličko zdravlje i potencijalnu nevidljivu patnju životinja (Miglior i sur., 2006).

Kontrola mliječnosti danas predstavlja mnogo više od praćenja količine i kvalitete proizvedenog mlijeka u selekcijske svrhe; ona se razvila u složen i višedimenzionalan sustav nadzora koji, integriran s digitalnim tehnologijama i naprednom analitikom, omogućuje implementaciju preventivno orijentiranih, individualiziranih i održivih strategija upravljanja zdravljem, plodnošću i produktivnošću krava. Uvođenje digitalnih sustava u sustav kontrole mliječnosti čini temelj transformacije tradicionalnog mliječnog govedarstva u moderno, učinkovito i etički odgovorno stočarstvo, usklađeno s principima održive poljoprivrede i dobrobiti životinja (Karthick et al., 2020; Balaine et al., 2020; Lokhorst et al., 2019).

2.12. Utjecaj mastitisa i SDCT-a na emisiju antibiotika u okoliš

S obzirom na činjenicu da se u mliječnom govedarstvu najveći udio antibiotika koristi upravo za liječenje i prevenciju infekcija mliječne žlijezde, ukupna potrošnja antimikrobnih sredstava uvelike određuje razinu njihove emisije u okoliš. Tradicionalna praksa blanket terapije zasušivanja mliječnih krava (BDCT), kojom se sve krave tretiraju antibiotikom bez obzira na njihov status intramamarnе infekcije, uzrokuje znatno veću uporabu antibiotika u usporedbi sa selektivnim pristupima. Diaz (2003) i Sarmah i sur. (2006) su pokazali da se između 30 % i 70 % primijenjenih antibiotika izlučuje u okoliš u aktivnom obliku, čime predstavljaju direktan izvor onečišćenja. Značajan je podatak da se antibiotici poput tetraciklina i makrolida u tlu i vodi zadržavaju biološki aktivni i do nekoliko mjeseci, što povećava rizik za selekciju otpornih mikroorganizama (Sachi i sur., 2019). Takva biološka aktivnost antibiotika u okolišu djeluje kao trajni selekcijski pritisak za razvoj i održavanje antimikrobne rezistencije u mikrobnim zajednicama (Christaki i sur., 2020; Ferreira i sur., 2022). Nadalje, prisutnost aktivnih antibiotika u okolišu potiče horizontalni prijenos gena rezistencije (ARG), čime okoliš postaje rezervoar otpornih sojeva koji mogu imati implikacije na zdravlje ljudi i životinja (Christaki i sur., 2020). Ova povezanost dodatno naglašava potrebu za One Health pristupom u upravljanju upotrebom antibiotika i zaštiti okoliša. Ostaci antibiotika dospijevaju u mlijeko, urin, feces i kontaminiraju gnojnicu i tla, odakle mogu dospjeti u vodotokove i podzemne vode, što nosi rizik za razvoj antimikrobne rezistencije u okolišnim mikrobnim zajednicama (Ferroni i sur., 2020; Nobrega i sur., 2018).

Uvođenje selektivne terapije zasušivanja mliječnih krava (SDCT), koja se temelji na dijagnostičkim pokazateljima poput broja somatskih stanica ili mikrobiološke analize, predstavlja održiviji pristup managementu mastitisa na mliječnim farmama. SDCT omogućuje znatno smanjenje ukupne potrošnje antibiotika, što izravno utječe na količinu antimikrobnih ostataka koji dospijevaju u okoliš. Na primjer, studije provedene u Nizozemskoj pokazuju da je prelaskom s BDCT na SDCT došlo do smanjenja primjene antibiotika za 35 %, dok su pokazatelji zdravlja vimena ostali stabilni (Vanhoudt i sur., 2018). Usporedna istraživanja u drugim zemljama potvrđuju ove nalaze, pokazujući da SDCT smanjuje upotrebu antibiotika za 30–55 %, uz održanu razinu udjela izliječenih krava i nisku incidenciju novih infekcija (McCubbin i sur., 2023; Lipkens i sur., 2023).

Smanjena uporaba antibiotika pozitivno se odražava na okoliš. Ostatci antibiotika u stajskom gnoju predstavljaju značajan vektor za prijenos gena antimikrobne rezistencije u okolišne bakterije, koje potom mogu djelovati kao rezervoari otpornosti. Nobrega i sur. (2018) pokazali

su da je među izolatima koagulaza-negativnih stafilokoka iz mliječnih krava zabilježena prisutnost brojnih gena rezistencije, uključujući i one koji se smatraju prijetnjom za javno zdravlje. Ova genetska otpornost može se horizontalno širiti među vrstama putem okolišnih puteva, što dodatno pojačava važnost racionalne upotrebe antibiotika na farmama.

Osim utjecaja na antimikrobnu rezistenciju, prisutnost antibiotika u okolišu može imati negativne posljedice na razgradnju organske tvari u tlu, mikrobiološku raznolikost i funkcije ekosustava (Virto i sur., 2022). Ferreira i sur. (2022) upozoravaju da se čak i male koncentracije određenih antibiotika mogu akumulirati u okolišu kroz kontinuirano korištenje gnojnice kao gnojiva, uz potencijalne negativne posljedice za poljoprivredne sustave i ljudsko zdravlje.

Ekološki aspekti SDCT-a dodatno dobivaju na važnosti u kontekstu europskih i globalnih strategija za smanjenje uporabe antibiotika u stočarstvu. Primjena selektivne terapije zasušivanja mliječnih krava doprinosi ciljevima inicijativa poput EU One Health akcijskog plana za borbu protiv antimikrobne rezistencije, jer omogućuje učinkovitu prevenciju i liječenje intramamarnih infekcija bez nepotrebnog opterećenja okoliša (Bennani i sur., 2020). Obzirom na navedeno, selektivna terapija zasušivanja mliječnih krava nije samo veterinarski opravdana strategija, već i ključni alat za smanjenje okolišnog opterećenja antibioticima. Njezina implementacija, uz odgovarajuću dijagnostiku, edukaciju i sustavno praćenje, predstavlja konkretan doprinos održivosti mliječne proizvodnje i očuvanju javnog zdravlja.

2.13. Alternativni pristupi u prevenciji mastitisa i smanjenju uporabe antibiotika

U suvremenom mliječnom govedarstvu sve se više pažnje pridaje razvoju alternativnih strategija koje imaju za cilj smanjenje uporabe antibiotika, osobito u kontekstu prevencije mastitisa. Tradicionalne metode oslanjale su se prvenstveno na blanket primjenu antimikrobnih lijekova, što je značajno pridonijelo porastu antimikrobne rezistencije (AMR) i ostataka antibiotika u okolišu (Garzon i sur., 2023; Mukhamadieva i sur., 2022). Suvremeni pristupi temelje se na integraciji različitih biotehnoloških, fitoterapijskih i upravljačkih mjera koje istovremeno štite zdravlje životinja, okoliš i potrošače. Jedna od ključnih inovacija jest upotreba biljnih ekstrakata i fitopreparata u liječenju i prevenciji mastitisa. Kovačević i sur. (2022a) analizirali su ekonomske i terapijske učinke fitoformulacije na bazi eteričnih ulja u usporedbi s konvencionalnim antibioticima i pokazali da biljni pripravci mogu rezultirati smanjenjem ukupnih troškova liječenja te značajnim smanjenjem količine odbačenog mlijeka zbog karence. Slično tome, Tomanić i sur. (2023) ističu kako je integracija fitoterapije s postojećim protokolima upravljanja zdravljem vimena pridonijela smanjenju učestalosti kliničkog

mastitisa, uz očuvanje proizvodnih parametara. Uz fitoterapiju, naglašava se i uloga probiotika i imunomodulatora. Li i sur. (2023) razmatraju niz alternativnih terapijskih pristupa u liječenju mastitisa, uključujući upotrebu bakteriofaga, peptida i prirodnih antimikrobnih tvari koje pokazuju selektivno djelovanje na patogene mastitisa, uz istovremeno očuvanje korisne mikrobiote. U tom kontekstu, istraživanja pokazuju da pravilna kolonizacija mikrobioma vimena može smanjiti rizik od infekcija i potrebe za antibioticima (Bonsaglia i sur., 2017; Tomanić i sur., 2023).

Precizno upravljanje stočarskom proizvodnjom (eng. Precision Livestock Farming – PLF) dodatno unapređuje preventivne strategije. Tehnologije poput automatskog mjerenja somatskih stanica, praćenja metabolita mlijeka i senzora za otkrivanje ponašanja životinja omogućuju ranu detekciju bolesti i pravovremenu intervenciju (Kleen & Guatteo, 2023; Hu i sur., 2021). Nadalje, metabolomika, kao dio sustavnih pristupa u biologiji, omogućuje identifikaciju biomarkera mastitisa u mlijeku i pruža nove smjernice za dijagnostiku i terapiju (Hu i sur., 2021). Edukacija farmatora i tehničkog osoblja također se pokazala ključnom u postizanju učinkovitog smanjenja uporabe antibiotika. Garzon i sur. (2023) proveli su longitudinalnu intervencijsku studiju kojom su dokazali da edukacija zaposlenika na farmama o principima antimikrobne odgovornosti dovodi do značajnog povećanja znanja, promjene stavova i racionalnijeg korištenja antibiotika u praksi. U tom kontekstu, ekološke koristi alternativnih pristupa, poput primjene probiotika i fitoterapije, posebno su naglašene. Primjena probiotika, kao što su sojevi *Lactobacillus* i *Lactococcus*, ne samo da štiti zdravlje vimena kroz kompetitivnu isključenost patogena, već i smanjuje emisiju antibiotika u okoliš, čime se ublažava selekcijski pritisak na okolišne mikrobne zajednice i rizik za razvoj rezistencije (Angelopoulou, 2019; Tomanić i sur., 2023). Isto tako, fitoterapija, temeljem upotrebe biljnih ekstrakata i eteričnih ulja (npr. majčina dušica, ružmarin, origano), pokazala je višestruke prednosti – od antimikrobnog djelovanja do imunomodulacijskih učinaka – uz istodobno minimalan utjecaj na okoliš zbog niske bioakumulacije i razgradivosti biljnih spojeva (Tomanić i sur., 2023; Kovačević i sur., 2022a).

Znanstvena literatura potvrđuje da upotreba ovih alternativnih pristupa smanjuje potrebu za antimikrobnim lijekovima, što ima direktne ekološke posljedice. Kovačević i sur. (2022a) ističu da primjena fitoformulacija smanjuje količinu odbačenog mlijeka zbog karence, dok Li i sur. (2023) pokazuju kako sinergijsko djelovanje biljnih spojeva i probiotika može smanjiti učestalost kliničkog mastitisa i time potrebu za agresivnim terapijama. Time se ostvaruje značajan doprinos održivosti i zaštiti One Health integriteta jer se sprječava unos biološki aktivnih antibiotika u okoliš, očuvavajući tako mikrobiološku raznolikost tla i vodenih

ekosustava (Ferreira i sur., 2022). Integracija alternativnih pristupa u upravljanje zdravljem krava pruža dvostruku korist: unapređenje dobrobiti životinja i smanjenje utjecaja stočarstva na okoliš. Takva praksa predstavlja put prema održivoj i odgovornoj poljoprivredi, u skladu s ciljevima Zelenog plana EU i principima One Health paradigme (Tomanić i sur., 2023). Uspješna prevencija mastitisa i smanjenje uporabe antibiotika zahtijevaju integrirani pristup koji uključuje kombinaciju tehnologije, obrazovanja i alternativnih terapijskih metoda. Ove strategije usklađene su s ciljevima EU o održivosti poljoprivrede te predstavljaju važan doprinos smanjenju antimikrobne rezistencije i očuvanju ekosustava (Maćešić i sur., 2022).

2.14. Praktični benefiti smanjenja uporabe antibiotika u mliječnom govedarstvu

Smanjenje uporabe antibiotika u mliječnom govedarstvu donosi niz praktičnih koristi koje obuhvaćaju ekonomske, zdravstvene, okolišne i društvene aspekte proizvodnje mlijeka. Glavni pokretač ove promjene proizlazi iz sve izraženije potrebe za usklađivanjem s EU politikama, poput strategije „od polja do stola“, koja predviđa smanjenje uporabe antimikrobnih sredstava za 50 % do 2030. godine, s ciljem zaštite zdravlja ljudi, životinja i okoliša (EC, 2020). Implementacija selektivne terapije zasušivanja (SDCT) umjesto rutinske blanket primjene antibiotika kod zasušivanja pokazala se kao ključna praksa u tom kontekstu (McCubbin i sur., 2022). Ekonomskim aspektima pristupilo se kroz niz modela koji pokazuju da farme koje provode SDCT ostvaruju niže troškove liječenja, manju potrošnju lijekova i smanjene gubitke uzrokovane odbacivanjem mlijeka zbog karence (Rowe i sur., 2021; Scherpenzeel i sur., 2018). Nadalje, SDCT ne utječe negativno na zdravlje vimena ili mliječnost krava kada se primjenjuje uz dobar nadzor i korištenje unutarnjih teat sealanata kod zdravih životinja (Niemi i sur., 2021b). Ova praksa je, u usporedbi s blanket terapijom, povezana s boljom ekonomskom učinkovitošću i održivijim korištenjem resursa (Pavesi i sur., 2023; Vissio i sur., 2023).

Smanjenjem uporabe antibiotika dolazi i do izravnih koristi za sigurnost hrane. Manja prisutnost ostataka antibiotika u mlijeku smanjuje rizik za zdravlje potrošača, ali i za mliječnu industriju jer se smanjuju potencijalni negativni utjecaji na tehnološke procese poput fermentacije i proizvodnje sireva (Sachi i sur., 2019). Održivost proizvodnje dodatno je pojačana smanjenjem učestalosti kontaminacije okoliša antibioticima, čime se smanjuje rizik od razvoja i širenja antimikrobne rezistencije u vodenim i kopnenim ekosustavima (Robles-Jimenez i sur., 2021; Christaki i sur., 2020).

Zdravstvene koristi uključuju i očuvanje učinkovitosti antimikrobnih sredstava u veterinarskoj i humanoj medicini. Korištenjem SDCT-a, samo krave s povećanim rizikom od infekcije

primaju antibiotike, čime se smanjuje selekcijski pritisak na razvoj rezistentnih bakterijskih sojeva (Tomanić i sur., 2023; Nobrega i sur., 2018). Time se uspostavlja ravnoteža između potrebe za učinkovitim liječenjem i zaštite zdravlja javnosti. Na razini stada, farme koje su prešle na selektivnu terapiju i redovito provode praćenje broja somatskih stanica bilježe bolju ukupnu zdravstvenu sliku, manju učestalost kliničkog mastitisa i višu razinu kontrole kvalitete mlijeka (Guadagnini i sur., 2023; Scherpenzeel i sur., 2014). Time se izravno pridonosi boljoj dobrobiti životinja, što je u skladu sa sve većim zahtjevima tržišta i potrošača za etičkom i transparentnom proizvodnjom (Mikić i sur., 2023).

Važno je istaknuti da je u Hrvatskoj ova tranzicija podržana kroz nacionalne strategije i programe, poput Programa razvoja sektora mljekarstva Ministarstva poljoprivrede, koji potiče unaprjeđenje higijenskih i zdravstvenih standarda na farmama (Ministarstvo poljoprivrede RH, 2024). Osim toga, koristi SDCT-a prepoznate su i u kontekstu ruralnog razvoja jer povećanje održivosti proizvodnje osigurava dugoročni opstanak manjih i srednjih farmi, što pridonosi demografskoj i gospodarskoj stabilnosti ruralnih područja (Antunović i sur., 2024).

Naposljetku, smanjenje uporabe antibiotika u mliječnom govedarstvu predstavlja važan korak prema integraciji okolišnih, zdravstvenih i ekonomskih ciljeva u suvremenim proizvodnim sustavima. Ovakav pristup potvrđuje da zaštita zdravlja životinja i ljudi može i mora biti usklađena s ekonomskom održivošću i zaštitom okoliša. Kroz kombinaciju tehničkih rješenja, edukacije farmera i sustavne potpore, moguće je uspješno implementirati mjere koje istodobno smanjuju troškove, povećavaju kvalitetu proizvoda i štite prirodne resurse (Gantner i sur., 2023a; Cameron i sur., 2014).

3. CILJ ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA

Glavni cilj planiranog istraživanja je procjena smanjenja uporabe antibiotika prilikom zasušivanja mliječnih krava te posljedično smanjenje njihove emisije u okoliš prevencijom nepotrebne primjene antibiotika prilikom zasušivanja.

Sa svrhom realizacije planiranog cilja potrebno je realizirati sljedeće ciljeve:

1. utvrditi fenotipsku varijabilnost dnevnih svojstava mliječnosti (dnevna količina mlijeka, dnevni sadržaj mliječne masti, dnevni sadržaj proteina, dnevna količina mliječne masti, dnevna količina proteina, dnevni sadržaj laktoze i broj somatskih stanica),
2. utvrditi kovarijabilnost broja somatskih stanica i dnevnih svojstava mliječnosti (dnevna količina mlijeka, dnevni sadržaj mliječne masti, dnevni sadržaj proteina, dnevna količina mliječne masti, dnevna količina proteina, dnevni sadržaj laktoze),
3. utvrditi frekvenciju pojavnosti subkliničkog i kliničkog mastitisa u populaciji mliječnih krava (holstein i simentalke pasmine) na području Republike Hrvatske,
4. utvrditi značajnost utjecaja zdravstvenog stanja krave (zdrava, subklinički te klinički mastitis) na dnevna svojstva mliječnosti (dnevna količina mlijeka, dnevni sadržaj mliječne masti, dnevni sadržaj proteina, dnevni sadržaj laktoze),
5. utvrditi pojavnost krava koje imaju manje od 200.000 somatskih stanica (zdrave životinje) pri posljednjoj te posljednjoj i pretposljednjoj kontroli mliječnosti prije zasušenja,
6. procijeniti smanjenje uporabe antibiotika u slučaju prevencije nepotrebne primjene antibiotika prilikom zasušivanja.
7. procijeniti emisiju antibiotika u okoliš temeljem dostupnih podataka iz baze podataka i literature u različitim scenarijima okolišnih čimbenika i primijenjene tehnologije proizvodnje.

Hipoteza planiranoga istraživanja je da se prevencijom nepotrebne primjene antibiotika prilikom zasušivanja krava može smanjiti emisija antibiotika sa mliječnih farmi u okoliš.

Temeljem smanjenja uporabe antibiotika kod zasušivanja krava mogu se napraviti kvantitativne procjene smanjenja njihovih emisija u okoliš pod različitim scenarijima.

4. MATERIJAL I METODE RADA

Realizacija planiranog istraživanja podrazumijevala je provedbu analitičkog istraživanja prilikom čega se koristila baza podataka kontrole mliječnosti krava pod uzgojno-seleksijskim radom preuzeta od Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu (HAPIH).

Kontrola mliječnosti podrazumijeva sustavno prikupljanje podataka o proizvodnim karakteristikama mliječnih grla uključenih u programe uzgojno-seleksijskog rada. Ovi proizvodni parametri, zajedno s informacijama o porijeklu, činili su osnovu za procjenu uzgojne vrijednosti grla i omogućavaju provođenje seleksijskih postupaka u skladu s uzgojnim programom specifičnim za svaku pasminu. Rezultati kontrole mliječnosti u govedarstvu također pružaju ključne informacije uzgajivačima za optimizaciju upravljanja mliječnim stadima. Prema smjernicama Međunarodnog komiteta za kontrolu proizvodnje (International Committee for Animal Recording, ICAR, 2009.), referentna metoda za provedbu kontrole mliječnosti je metoda A4. ICAR također dozvoljava korištenje alternativnih metoda pod uvjetom da se rezultati matematički prilagode kako bi bili usporedivi s referentnom metodom. Ovaj standardizirani pristup osigurava preciznost i usporedivost podataka unutar nacionalnih i međunarodnih okvira uzgoja i proizvodnje mlijeka. Nadalje, kontrola mliječnosti u Republici Hrvatskoj provodi se sukladno alternativnoj metodi AT4 i BT4 (Gantner i Barać, 2016). Pri alternativnoj metodi kontrola mliječnosti vrši se samo pri jednoj mužnji, naizmjenice, ili pri jutarnjoj ili pri večernjoj mužnji, no uglavnom je prva kontrola u laktaciji pri večernjoj mužnji (ICAR, 2009.). Pri uzimanju uzoraka i mjerenju količine mlijeka mora biti nazočan kontrolni asistent HAPIH-a (AT4) ili za isto educirani uzgajivač (BT4). Kontrolor/uzgajivač je dužan zabilježiti vrijeme početka kontrolne i vrijeme početka ranije mužnje radi izračuna dužine intervala između mužnji. Prema ICAR-u (2009.) utvrđene količine mlijeka po pojedinoj mužnji korigiraju se odgovarajućim koeficijentima, tj. dnevna količina mlijeka procjenjuje se na temelju prethodno izrađenog i testiranog statističkog modela uvažavajući dužinu intervala između mužnji. Korekcijski faktori rabe se i za projekciju pojedinih komponenata mlijeka (mliječne masti i bjelančevina), dok se za sadržaj laktoze, ureje te broj somatskih stanica trenutno ne vrši korekcija.

Uzorci mlijeka analizirani su u Središnjem laboratoriju za kontrolu kvalitete mlijeka (SLKM), HAPIH-a. Postupak uzimanja uzoraka mlijeka prilikom kontrole mliječnosti kao i laboratorijska ispitivanja uzoraka propisuje ICAR. Nadalje, uzorci mlijeka ispitani su na kemijski sastav koji je uključivao sadržaj mliječne masti, bjelančevina, laktoze, suhe tvari, suhe

tvari bez masti, uree i točke leđišta, te dodatno na sadržaj kazeina, slobodnih masnih kiselina, pH vrijednost mlijeka i sadržaj ketonskih tijela u mlijeku.

Analiza mlijeka u SLKM vršila se sukladno akreditiranim laboratorijskim metodama, odnosno koristila se infracrvena spektrofotometrija za određivanje udjela mliječne masti, bjelancevina, laktoze i uree te fluoro-opto-elektronska metoda za brojanje somatskih stanica. Nadalje, analiza mlijeka ispitivana je na četiri MilkoScan analizatora, dva MilkoScan FT 6000 i dva MilkoScan 7 RM, koji se nalaze u combi sustavu zajedno sa Fossomatic analizatorima za utvrđivanje broja somatskih stanica. Tijekom realizacije ovoga istraživanja rezultati kontrole mliječnosti preuzeti su u elektronskoj formi od HAPIH-a te su statistički analizirani na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek (FAZOS).

Početna baza podataka kontrole mliječnosti obuhvaćala je 5.691.083 zapisa na kontrolni dan (*test-day record*) holstein te 6.913.063 zapisa na kontrolni dan (*test-day record*) simentalke pasmine. Nadalje, statističkoj analizi baze podataka kontrole mliječnosti krava prethodila je logična kontrola podataka. Definiran je istraživački period od 10 godina, i to od 01.01.2013. do 31.12.2022. godine, te su analizirani podaci svih krava pod selekcijskim obuhvatom na području Hrvatske. Zapisi na kontrolni dan (*test-day record*) sa sljedećim vrijednostima pojedinog svojstva: dnevna količina mlijeka < 3 kg, > 100 kg; dnevni sadržaj mliječne masti $< 1,5\%$, $> 9\%$; dnevni sadržaj bjelancevina $< 1\%$, $> 7\%$; dnevni sadržaj laktoze $< 3\%$, $> 6\%$ izbrisani su iz baze podataka. Nadalje, zapisi na kontrolni dan (*test-day record*) s nedostajućim ili nelogičnim vrijednostima za stadij laktacije (< 5 dana, > 400 dana), redoslijed laktacije (< 1 , > 10), datum teljenja, datum kontrole mliječnosti, šifrom farme, te oznakom regije uzgoja izbrisani su iz baze podataka. Nakon logične kontrole podataka baza podataka sadržavala je 2.509.222 zapisa na kontrolni dan (*test-day record*) holstein te 2.835.101 zapisa na kontrolni dan (*test-day record*) simentalke pasmine. Na korigiranoj bazi podataka, provodila se analiza distribucije pojedinih svojstava te deriviranje novih potrebnih varijabli.

Obzirom na stadij laktacije, krave su grupirane u četiri: < 100 dana, $100 - 199$ dana, $200 - 299$ dana, i ≥ 300 dana u laktaciji; te u jedanaest razreda: < 30 dana, $30 - 59$ dana, $60 - 89$ dana, $90 - 119$ dana, $120 - 149$ dana, $150 - 179$ dana, $180 - 209$ dana, $210 - 239$ dana, $240 - 269$ dana, $270 - 299$ dana, i ≥ 300 dana u laktaciji. Obzirom na redoslijed laktacije, krave su grupirane u četiri različita razreda: 1., 2., 3. i ≥ 4 . laktacija. Nadalje, obzirom na datum kontrole mliječnosti, zapisi na kontrolni dan (*test-day record*) grupirani su u četiri sezone: zima (prosinac, siječanj i veljača), proljeće (ožujak, travanj i svibanj), ljeto (lipanj, srpanj i kolovoz) i jesen (rujan, listopad i studeni). U ovisnosti o veličini stada odnosno broju krava u proizvodnji na pojedinoj mliječnoj farmi formirano je šest razreda za holstein pasminu: < 5 krava, $5 - 9$ krava, $10 - 49$

krava, 50 – 199 krava, 200 – 499 krava, $i \geq 500$ krava, te pet razreda za simentalSKU pasminu: < 5 krava, 5 – 9 krava, 10 – 49 krava, 50 – 199 krava, $i \geq 200$ krava. U ovisnosti o regiji uzgoja odnosno lokaciji mliječne, zapisi na kontrolni dan (*test-day record*) grupirni u tri regije: istočna Hrvatska, središnja Hrvatska te mediteranska Hrvatska. Nadalje, u ovisnosti o nivou produktivnosti, krave su grupirane u četiri razreda, i to holstein pasmina: < 16 kg kg/dan, 16 – 23 kg/dan, 24 – 31 kg/dan, $i > 31$ kg; te simentalSKA pasmina: < 12 kg/dan, 12 – 15 kg/dan, 16 – 29 kg/dan, $i > 20$ kg/dan. Obrada podataka provodila se zasebno za obje pasmine u kontroli mliječnosti, i to za holstein te simentalSKU pasminu goveda.

Nadalje, analiza fenotipske varijabilnosti dnevnih svojstava mliječnosti (dnevna količina mlijeka, dnevni sadržaj mliječne masti, dnevni sadržaj proteina, dnevna količina mliječne masti, dnevna količina proteina, broj somatskih stanica, dnevni sadržaj laktoze, i dnevni sadržaj ureje) podrazumijevala je utvrđivanje osnovnih statističkih parametara varijabilnosti ($\bar{X}$, SD, KV, min, max) i to ukupno u cijeloj bazi te u ovisnosti o razredima pojedinih utjecaja; stadij i redoslijed laktacije, sezona, veličina stada, regija uzgoja, te nivo produktivnosti.

Analiza kovarijabilnosti broja somatskih stanica i dnevnih svojstava mliječnosti (dnevna količina mlijeka, dnevni sadržaj mliječne masti, dnevni sadržaj proteina, dnevna količina mliječne masti, dnevna količina proteina, dnevni sadržaj laktoze i dnevni sadržaj ureje) podrazumijevala je utvrđivanje Pearsonovog koeficijenta korelacije i to ukupno u cijeloj bazi te u ovisnosti o razredima pojedinih utjecaja; stadij i redoslijed laktacije, sezona, veličina stada, regija uzgoja, te nivo produktivnosti.

Pojavnost subkliničkog i kliničkog mastitisa u populaciji mliječnih krava definirana je sukladno broju somatskih stanica na dan, SCC (zdravstveni status krave), pri čemu je $SCC < 200.000/\text{ml}$ indicirao zdrave krave, SCC u intervalu od 200.000/ml do 400.000/ml indicirao je subklinički mastitis, dok je $SCC > 400.000/\text{ml}$ indicirao klinički mastitis. Frekvencija pojavnosti subkliničkog i kliničkog mastitisa u populaciji mliječnih krava (holstein i simentalSke pasmine) bila je definirana kao broj (N) te udio (%) krava u pojedinom razredu zdravstvenog statusa krave (sukladno SCC) od ukupnog broja životinja. Frekvencije pojavnosti subkliničkog i kliničkog mastitisa u populaciji mliječnih krava na području Republike Hrvatske utvrđene su ukupno u cijeloj bazi te u ovisnosti o razredima pojedinih utjecaja; stadij i redoslijed laktacije, sezona, veličina stada, regija uzgoja, te nivo produktivnosti.

Utjecaj zdravstvenog stanja krave (zdrave, subklinički mastitis, klinički mastitis) na dnevna svojstva mliječnosti (dnevna količina mlijeka, dnevni sadržaj mliječne masti, dnevni sadržaj proteina, dnevni sadržaj laktoze, koncentracija ureje) analiziran je odabranim statističkim

modelom zasebno po razredima pojedinih utjecaja; stadij i redoslijed laktacije, sezona, veličina stada, regija uzgoja te nivo produktivnosti pomoću sljedećeg statističkog modela:

$$y_{ijklmnop} = \mu + A_i + L_j + P_k + S_l + F_m + R_n + T_o + M_p + e_{ijklmnop}$$

gdje je:

$y_{ijklmnop}$ = dnevno svojstvo mliječnosti procijenjeno modelom;

μ = intercept;

A_i = fiksni efekt dobi pri prvom teljenju i ($i = 21, \dots, 36$ mjeseci) *samo za prvotelke;

L_j = stadij laktacije ($j = 1, \dots, 4$ / $j = 1, \dots, 11$);

P_k = fiksni efekt redoslijeda laktacije k ($k = 1., 2., 3., \geq 4$);

S_l = fiksni efekt sezone kontrole mliječnosti l ($l =$ proljeće, ljeto, jesen, zima);

F_m = fiksni efekt razreda veličine stada m ($m = 1, \dots, 6$ za holstein; $m = 1, \dots, 5$ za simentalSKU pasminu);

R_n = fiksni efekt regije uzgoja n ($n =$ istočna, središnja, mediteranska);

T_o = fiksni efekt nivoa produktivnosti o ($o = 1, \dots, 4$);

M_p = fiksni efekt zdravstvenog stanja krave ($p =$ zdrave, subklinički mastitis, klinički mastitis);

$e_{ijklmnop}$ = pogreška modela.

Signifikantnost razlika između procijenjenih srednjih vrijednosti (LSmeans) dnevnih svojstava mliječnosti (dnevna količina mlijeka, dnevni sadržaj mliječne masti, dnevni sadržaj proteina, dnevni sadržaj laktoze, koncentracija ureje) ovisno o zdravstvenom stanju krave (zdrave, subklinički mastitis, klinički mastitis) testirana je Scheffeovom metodom višestrukih usporedbi koristeći MIXED proceduru SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2019).

Pojavnosti krava koje su imale manje od 200.000 somatskih stanica (zdrave životinje) pri posljednjoj i preposljednjoj kontroli mliječnosti prije zasušenja u populaciji mliječnih krava bila je definirana kao broj (N) te udio (%) krava s $SCC < 200.000$ od ukupnog broja životinja. Pojavnosti ovih životinja utvrđivalo se ukupno u cijeloj bazi te u ovisnosti o razredima pojedinih utjecaja; stadij i redoslijed laktacije, sezona, veličina stada, regija uzgoja te nivo produktivnosti.

Procjena količine i ekonomske vrijednosti smanjenja uporabe antibiotika pri zasušivanju mliječnih krava provodila se temeljem izračuna uporabe antibiotika prilikom zasušenja u svih krava u proizvodnji (*blanket terapija*), u ovisnosti o zdravstvenom stanju krave (zdrave: $SCC < 200.000/ml$; subklinički mastitis: $SCC 200.000 - 400.000$; te klinički mastitis $SCC > 400.000$). Za potrebe ovog izračuna bila su definirana dva različita tretmana koja su u rutinskoj uporabi na mliječnim farmama u Hrvatskoj. Količina uporabljenog antibiotika procijenjena je

množenjem ukupnog broja krava standardnom dozom primijenjenom po tretmanu, kao što je prikazano u jednadžbama:

1. prvi tretman:

$$\text{Količina antibiotika cefapirina (Cefa-Safe)} = n * 300 \text{ mg cefapirina} * 4 \text{ četvrti vimena}$$

2. drugi tretman:

$$\text{Količina antibiotika kloksacilin (Mastidry)} = n * 600 \text{ mg kloksacilin} * 4 \text{ četvrti vimena}$$

$$\text{Količina antibiotika ampicilin (Mastidry)} = n * 300 \text{ mg ampicilin} * 4 \text{ četvrti vimena}$$

n – broj krava.

Ekonomska vrijednost utrošenih antibiotika pri zasušivanju mliječnih krava procijenjena je temeljem tržišnih cijena veterinarsko-medicinskih proizvoda, dostavljenih u službenoj ponudi dobavljača (Medical Intertrade, 2025). Cijena po gramu aktivne tvari izračunata je za svaki pripravak zasebno, na temelju ukupne mase djelatnih tvari sadržanih u pakiranju i pripadajuće maloprodajne cijene.

Za pripravak Cefa-Safe, koji sadrži 20 injektora po 300 mg cefapirina, ukupna masa aktivne tvari iznosi 6 g. Cijena pakiranja iznosila je 127,64 €, a jedinična cijena po gramu izračunata je prema sljedećoj jednadžbi:

$$\text{Cijena po gramu (Cefa-Safe)} = 127,64 \text{ €} \div 6 \text{ g} = 21,27 \text{ €/g}$$

Za pripravak Mastidry, koji sadrži 24 injektora s ukupno 900 mg aktivne tvari po injektoru (600 mg kloksacilina + 300 mg ampicilina), ukupna masa djelatnih tvari iznosi 21,6 g. Cijena pakiranja iznosila je 60,06 €, a jedinična cijena po gramu izračunata je kako slijedi:

$$\text{Cijena po gramu (Mastidry)} = 60,06 \text{ €} \div 21,6 \text{ g} = 2,78 \text{ €/g}$$

Ukupna ekonomska vrijednost antibiotika u svakoj skupini krava (npr. zdrave, subklinički i klinički mastitis) izračunata je množenjem ukupne količine primijenjene djelatne tvari u gramima s prethodno utvrđenom cijenom po gramu. Jednadžba korištena za sve skupine i tretmane bila je sljedeća:

$$\text{Ukupna vrijednost (€/skupina)} = \text{Suma (g)} \times \text{cijena po gramu (€/g)}$$

gdje je:

Suma (g) = ukupna masa aktivne tvari primijenjena u određenoj skupini krava;

Cijena po gramu (€/g) = tržišna vrijednost izračunata za svaki pripravak zasebno.

Nadalje, selektivna terapija zasušivanja (SDCT) podrazumijeva da se antibiotici primjenjuju samo kod krava s indiciranim mastitisom, dok bi u zdravih krava ta količina bila nepotrebna, stoga procijenjena količina antibiotika uporabljena u zdravih životinja predstavlja količinu smanjenja uporabe antibiotika pri zasušivanju mliječnih krava. Procjena količine i ekonomske

vrijednosti smanjenja uporabe antibiotika pri zasušivanju mliječnih krava utvrđena je ukupno u cijeloj bazi te u ovisnosti o razredima pojedinih utjecaja; stadij i redoslijed laktacije, sezona, veličina stada, regija uzgoja te nivo produktivnosti.

Za potrebe ekološke procjene emisije antibiotika korišteni su podaci o ukupnim količinama primijenjenih aktivnih tvari, izračunati temeljem standardnih doza po životinji i broja provedenih terapija. Pretpostavka da se 60 % primijenjenog antibiotika izlučuje u aktivnom obliku temelji se na literaturnim izvorima (Berendsen i sur., 2015; Thiele-Bruhn, 2003). **Predviđena koncentracija u okolišu (PEC)** izračunata je primjenom pojednostavljenog modela disperzije, u kojem se **1 g antibiotika smatra ekvivalentom 1.000 µg/L u vodenom okolišu**. Za procjenu rizika korištene su **referentne vrijednosti PNEC (predviđena koncentracija bez učinka)** i **pragovi MIC (minimalna inhibitorna koncentracija)**, preuzeti iz znanstvene i regulatorne literature (ECHA, 2024; EUCAST QC Tables, 2023; Tell i sur., 2019; Bengtsson-Palme i Larsson, 2016).

Procjena emisije antibiotika u okoliš temeljem dostupnih podataka iz baze podataka i literature u različitim scenarijima okolišnih čimbenika i primijenjene tehnologije proizvodnje temeljila se na bazi podataka kontrole mliječnosti koja sadrži podatke o ambijentalnoj temperaturi i relativnoj vlazi (analizirani period kontrole mliječnosti od 01.01.2005. do 31.12.2012. godine). Temperatura zraka i relativna vlaga u farmskim objektima mjereni su na kontrolni dan prilikom provedbe kontrole mliječnosti. Logična kontrola podataka te deriviranje novih potrebnih varijabli provedeno je na već opisani način. Nakon logične kontrole podataka baza podataka sadržavala je 2.369.515 zapisa na kontrolni dan (*test-day record*) holstein te 2.902.390 zapisa na kontrolni dan (*test-day record*) simentalne pasmine. Vrijednosti temperaturno-humidnog indeksa (THI) izračunate se sukladno formuli (Kibler, 1964.):

$$THI = 1.8 \times Ta - (1 - RH) \times (Ta - 14.3) + 32$$

gdje je:

Ta – izmjerena ambijentalna temperatura zraka u objektu u °C,

RH – izmjerena relativna vlaga u objektu (%).

Osnovni statistički parametri dnevne količine mlijeka, broja somatskih stanica (u 000 te logaritmirani) te okolišnih parametara (ambijentalna temperatura, relativna vlaga te temperaturno-humidni indeks) u korištenoj bazi podataka prikazani su u nastavku zasebno za svaku pasminu (holstein te simentalnu).

Tablica 1. Osnovni statistički parametri dnevne količine mlijeka, broja somastkih stanica te okolišnih parametara u holstein te simentalne pasmine

Statistički parametar	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
Svojstvo	Holstein pasmina					
DKM, kg	2369515	20,89	8,63	41,29	3,00	99,90
SCC (000)	2369515	425,46	979,25	230,16	1,00	26846,00
SCClog	2369515	7,11	2,07	29,09	0,00	14,71
Ta	1140262	15,65	7,77	49,64	1,00	50,00
RH	1171065	68,46	12,74	18,61	20,00	99,00
THI	1129960	59,48	11,45	19,19	33,93	113,79
Svojstvo	Simentalska pasmina					
DKM, kg	2902390	15,66	5,85	37,35	3,00	99,68
SCC (000)	2902390	351,23	827,97	235,74	1,00	17783,00
SCClog	2902390	6,84	2,08	30,37	0,00	14,12
Ta	1387566	15,93	7,35	46,13	1,00	50,00
RH	1399631	70,84	10,70	15,11	20,00	99,00
THI	1383683	60,10	11,03	18,35	33,93	119,14

*DKM – dnevna količina mlijeka, kg; SCC (000) – broj somatskih stanica u tisućama; SCClog – logaritmirani broj somatskih stanica; Ta – ambijentalna temperatura; RH – relativna vlaga; THI – temperaturno-humidni indeks

Procjena je podrazumijevala razvoj statističkih modela za procjenu kretanja broja somatskih stanica (SCC) temeljem ambijentalne temperature, relativne vlage te temperaturno-humidnog indeksa kao uvriježene mjere toplinskog stresa u mliječnim goveda koristeći GLM proceduru u SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2019) i to zasebno za svaku pasminu (holstein te simentalnu). Razvijeni statistički modeli predstavljaju jednadžbe za predikciju kretanja broja somatskih stanica, te uporabu antibiotika u različitim scenarijima promjene okoliša.

Za procjenu broj somatskih stanica temeljem okolišnih parametara (ambijentalne temperature, relativne vlage te temperaturno-humidnog indeksa) odabrana su dva statistička modela: A i B, pri čemu model A podrazumijeva linearnu regresiju broja somatskih stanica na izmjerenu ambijentalnu temperaturu, relativnu vlagu ili temperaturno-humidni indeks, dok model B uz linearnu regresiju sadrži i korekciju na sljedeće fiksne utjecaje analizirane tijekom ovoga istraživanja: stadij i redoslijed laktacije, sezona, veličina stada, regija uzgoja te nivo produktivnosti životinje. U nastavku su prikazani odabrani statistički modeli:

$$A \quad y_{ij} = \mu + b_1 o_i + e_{ij}$$

$$B \quad y_{ijklmnop} = \mu + b_1 o_i + L_j + P_k + S_l + F_m + R_n + T_o + e_{ijklmnop}$$

gdje je:

$y_{ijklmnop}$ = broj somatskih stanica procijenjen modelom;

μ = intercept;

b_1 = koeficijent regresije,

α_i = fiksni efekt okolišnog utjecaja i (α_i = ambijentalna temperatura / relativne vlage / temperaturno-humidni indeks),

L_j = stadij laktacije ($j = 1, \dots, 4$ / $j = 1, \dots, 11$);

P_k = fiksni efekt redoslijeda laktacije k ($k = 1., 2., 3., \geq 4$);

S_l = fiksni efekt sezone kontrole mliječnosti l (l = proljeće, ljeto, jesen, zima);

F_m = fiksni efekt razreda veličine stada m ($m = 1, \dots, 6$ za holstein; $m = 1, \dots, 5$ za simentalSKU pasminu),

R_n = fiksni efekt regije uzgoja n (n = istočna, središnja, mediteranska);

T_o = fiksni efekt nivoa produktivnosti o ($o = 1, \dots, 4$);

$e_{ijklmnop}$ = pogreška modela.

Nadalje, procjena emisije antibiotika u okoliš u različitim scenarijima okolišnih čimbenika izvršena je uporabom *modela A uvažavajući ambijentalnu temperaturu, T_a* odnosno *procjenom broja somatskih stanica primjenom linearne regresije na ambijentalnu temperaturu, T_a* , te posljedičnim izračunom frekvencije pojavnosti krava u pojedinom razredu zdravstvenog statusa (zdrava, subklinički ili klinički mastitis) i procjenom količine i ekonomske vrijednosti uporabe antibiotika u 4 različita scenarija:

- povećanje prosječne ambijentalne temperature za 1,0°C,
- povećanje prosječne ambijentalne temperature za 1,4°C,
- povećanje prosječne ambijentalne temperature za 1,3°C,
- povećanje prosječne ambijentalne temperature za 2,0°C,

Za logičnu kontrolu baza podataka, derivaciju potrebnih novih varijabli te statističku analizu koristio se SAS (SAS Institute Inc., 2000), dok se za grafičku prezentaciju rezultata koristio SAS Enterprise Guide (SAS Institute Inc., 2000).

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1. Fenotipska varijabilnost dnevnih svojstava mliječnosti krava holstein pasmine

Analiza fenotipske varijabilnosti dnevnih svojstava mliječnosti holstein krava provedena je u odnosu na različite čimbenike: redni broj laktacije, broj dana u laktaciji (po 4 skupine i po 11 razreda), regija uzgoja, sezona kontrole mliječnosti, veličina stada i dnevna koičina mlijeka.

5.1.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

U ovoj analizi prikazana je fenotipska varijabilnost dnevnih proizvodnih svojstava mlijeka u odnosu na redoslijed laktacije. Analiza se temelji na velikom broju zapisa (više od 2,5 milijuna), što omogućuje pouzdano tumačenje trendova među različitim paritetima. Dnevna količina mlijeka pokazuje najnižu prosječnu vrijednost u prvoj laktaciji (24,4 kg), zatim raste i dostiže maksimum u drugoj (27,2 kg) i trećoj laktaciji (27,1 kg), da bi ponovno opala u četvrtoj laktaciji (24,6 kg). Ovakav trend je u skladu s očekivanjima, s obzirom na fiziološki razvoj i kasniji pad proizvodnog kapaciteta krava. Standardna devijacija (SD) i koeficijent varijabilnosti (KV) rastu s brojem laktacija, što ukazuje na povećanu proizvodnu varijabilnost kod starijih krava. Udio mliječne masti ostaje stabilan kroz sve četiri laktacije s prosjekom od 4,1 % do 4,2 %. Dnevna proizvodnja mliječne masti pokazuje blagi rast do treće laktacije (1,1 kg), dok u četvrtoj blago opada (1,0 kg). KV vrijednosti za ovu varijablu dosežu najviši iznos u četvrtoj laktaciji (50,7 %), što može biti indikator povećane raznolikosti u mliječnoj masti u kasnijim paritetima. Udio proteina također pokazuje stabilne prosječne vrijednosti kroz sve laktacije (3,4 %), dok dnevna proizvodnja proteina raste do treće laktacije (0,9 kg), a zatim u četvrtoj ponovno pada (0,8 kg). Slično ostalim varijablama, varijabilnost (izražena kroz SD i KV) raste s dobi krave. Broj somatskih stanica ($\cdot 10^3/\text{ml}$) bilježi izrazit rast s porastom rednog broja laktacije – od 298,3 u prvoj do 698,5 u četvrtoj. Time raste i SD, dok se KV smanjuje, što upućuje na povećane prosječne vrijednosti, ali i smanjenu relativnu raznolikost. Sličan trend vidljiv je i kod logaritamski transformiranog broja somatskih stanica (SSC log), čija prosječna vrijednost raste od 6,6 do 7,9. Udio laktoze pokazuje blagi pad – s 4,6 % u prvoj na 4,4 % u četvrtoj laktaciji, što je u skladu s očekivanim fiziološkim promjenama. Koncentracija uree u mlijeku također opada – s 22,7 mmol/L u drugoj laktaciji na 21,1 mmol/L u četvrtoj. Porast SD i KV vrijednosti za ureu sugerira veću varijabilnost među starijim kravama, što može biti povezano s hranidbom i metabolizmom dušičnih spojeva.

Tablica 2. Osnovni statistički parametri proizvodnih pokazatelja mlijeka prema rednom broju laktacije

Redoslijed laktacije	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	880463		24,4		8,01		32,882		3		98,2	
2	679635		27,2		10,88		39,965		3		99,5	
3	443267		27,1		11,37		41,877		3		98,9	
4	505857		24,6		10,94		44,511		3		99,4	
Ukupno	2509222		25,7		10,17		39,605		3		99,5	
Redoslijed laktacije	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	880463		4,1		0,93		22,536		1,5		9	
2	679635		4,2		0,99		23,74		1,5		9	
3	443267		4,2		0,99		23,939		1,5		9	
4	505857		4,1		0,98		23,802		1,5		9	
Ukupno	2509222		4,1		0,97		23,379		1,5		9	
Redoslijed laktacije	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	880463		3,4		0,41		11,923		1,5		7	
2	679635		3,4		0,44		12,664		1,7		6,9	
3	443267		3,4		0,43		12,752		1,5		6,9	
4	505857		3,4		0,44		12,962		1,6		6,9	
Ukupno	2509222		3,4		0,43		12,506		1,5		7	
Redoslijed laktacije	Broj somatskih stanica, *10 ³ /ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	880293		298,3		802,8		269,151		1		15103	
2	679483		401,8		964,7		240,109		1		22330	
3	443186		520,2		1136		218,414		1		15441	
4	505698		698,5		1356		194,191		1		16625	
Ukupno	2508660		446,2		1048		234,97		1		22330	
Redoslijed laktacije	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	880463		4,6		0,2		4,299		3		5,5	
2	679635		4,5		0,21		4,711		3		5,6	
3	443267		4,5		0,23		5,065		3		5,3	
4	505857		4,4		0,24		5,543		3		5,9	
Ukupno	2509222		4,5		0,22		4,999		3		5,9	

5.1.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

U nastavku je prikazana analiza osnovnih statističkih pokazatelja proizvodnih svojstava mlijeka krava Holstein pasmine, razvrstanih prema stadiju laktacije u četiri skupine: 1–100, 101–200, 201–300, te više od 300 dana u laktaciji. Dnevna količina mlijeka pokazuje jasan silazni trend s napredovanjem dana u laktaciji. Najviša prosječna proizvodnja zabilježena je u prvoj skupini krava (< 100 dana u laktaciji) s 30,5 kg, dok se ta vrijednost smanjuje na 18,7 kg u skupini s više od 300 dana. Standardna devijacija (SD) i koeficijent varijabilnosti (KV) prate sličan trend, pri čemu je najveća varijabilnost zabilježena u kasnijim stadijima laktacije (KV = 38,76 % u četvrtoj skupini), što ukazuje na veće razlike u proizvodnji među kravama u kasnijim fazama. Udio mliječne masti u mlijeku raste kako laktacija napreduje – od 4,0 % u prvoj skupini do 4,4 % u četvrtoj, uz smanjenje dnevne proizvodnje mliječne masti s 1,2 kg na 0,8 kg. Ovaj fenomen je rezultat smanjene ukupne količine mlijeka u kasnijim fazama, unatoč povećanom udjelu masti. Sličan obrazac uočen je i za proteine: udio proteina raste od 3,1 % do 3,7 %, dok dnevna proizvodnja opada s 1,0 kg na 0,7 kg. To potvrđuje da sastav mlijeka postaje koncentriraniji, dok volumenska proizvodnja opada. Broj somatskih stanica ($\times 10^3/\text{ml}$) i njegov logaritamski prikaz također pokazuju porast s napredovanjem laktacije. Prosječni broj SSC raste s $425,6 \times 10^3$ u prvoj skupini na $462,2 \times 10^3$ u četvrtoj, dok SccLog raste s 6,8 na 7,5. Time se potvrđuje povezanost kasnijih stadija laktacije s većim rizikom od subkliničkih infekcija, što se u literaturi često povezuje sa smanjenom imunološkom otpornošću krava i produljenom izloženošću patogenima.

Udio laktoze pokazuje blago smanjenje kroz laktacijske skupine (od 4,5 % na 4,4 %), dok koncentracija uree oscilira – s najvišom vrijednosti od 22,9 mmol/L u drugoj skupini, te najnižom u četvrtoj (21,3 mmol/L). Ove promjene mogu ukazivati na promjene u metabolizmu dušika te različite prehrambene režime tijekom laktacije.

Tablica 3. Osnovni statistički parametri proizvodnih pokazatelja mlijeka prema stadiju laktacije (četiri skupine)

Stadij laktacije	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N		$\bar{X}$		SD		KV		Min		Maks	
1	707514		30,5		10,69		35,041		3		98,9	
2	741451		27,4		9,6		35,035		3		99,5	
3	674763		22,7		8,29		36,555		3		99,4	
4	385494		18,7		7,25		38,761		3		98,9	
Ukupno	2509222		25,7		10,17		39,605		3		99,5	
Stadij laktacije	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N		$\bar{X}$		SD		KV		Min		Maks	
1	707514		4		1,07		26,455		1,5		9	
2	741451		4		0,93		23,119		1,5		9	
3	674763		4,2		0,9		21,274		1,5		9	
4	385494		4,4		0,9		20,5		1,5		9	
Ukupno	2509222		4,1		0,97		23,379		1,5		9	
Stadij laktacije	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N		$\bar{X}$		SD		KV		Min		Maks	
1	707514		3,1		0,36		11,539		1,5		7	
2	741451		3,4		0,35		10,465		1,5		7	
3	674763		3,6		0,37		10,478		1,6		7	
4	385494		3,7		0,43		11,365		1,7		6,9	
Ukupno	2509222		3,4		0,43		12,506		1,5		7	
Stadij laktacije	Broj somatskih stanica, *10 ³ /ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N		$\bar{X}$		SD		KV		Min		Maks	
1	707353		425,6		1051		246,918		1		16625	
2	741294		452,4		1079		238,464		1		12091	
3	674602		451,8		1034		228,817		1		15441	
4	385411		462,2		1009		218,22		1		22330	
Ukupno	2508660		446,2		1048		234,97		1		22330	
Stadij laktacije	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N		$\bar{X}$		SD		KV		Min		Maks	
1	707514		4,5		0,21		4,639		3		5,9	
2	741451		4,5		0,2		4,534		3		5,5	
3	674763		4,5		0,23		5,054		3		5,5	
4	385494		4,4		0,25		5,762		3		5,6	
Ukupno	2509222		4,5		0,22		4,999		3		5,9	

5.1.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

U tablici 4. prikazani su osnovni statistički pokazatelji proizvodnih svojstava mlijeka u odnosu na broj dana u laktaciji podijeljenih u jedanaest razreda. Parametri uključuju broj promatranja (N), srednju vrijednost ($\bar{X}$), standardnu devijaciju (SD), koeficijent varijabilnosti (KV), minimalnu (Min) i maksimalnu (Maks) vrijednost. Dnevna količina mlijeka najviša je u razredima između 31 i 90 dana (prosječno 30,8–31,5 kg), što odgovara vrhuncu laktacijske krivulje. U razredu <30 dana prosjek je nešto niži (29,1 kg), što je u skladu s postporođajnim prilagodbama krave. Od 91. dana nadalje, bilježi se postupan pad proizvodnje, sve do razreda >300 dana, gdje je najniža prosječna vrijednost (18,7 kg). Ovi podaci potvrđuju standardni obrazac laktacijske krivulje – porast nakon teljenja, zatim plato, i naposljetku pad kako se približava kraj laktacije. Sličan obrazac uočen je i kod dnevne proizvodnje mliječne masti i proteina. Najveće količine zabilježene su u prvim danima nakon teljenja, s postupnim opadanjem kako laktacija odmiče. Udio mliječne masti i proteina, međutim, raste s trajanjem laktacije – od 3,9 % i 3,2 % u prvih 60 dana, do 4,4 % i 3,7 % u razredu >300 dana. To se može objasniti smanjenjem volumena mlijeka uz istovremeno povećanje koncentracije njegovih sastojaka. Broj somatskih stanica (SSC) i njegov logaritamski prikaz (ScLog) pokazuju postupan porast od ranih prema kasnijim fazama laktacije. Najviša prosječna vrijednost SSC ($462,1 \times 10^3/\text{ml}$) zabilježena je u razredu >300 dana, dok je najniža ($405,4 \times 10^3/\text{ml}$) u razredu 31–60 dana. Ovi podaci odražavaju rastuću izloženost krava subkliničkim infekcijama i smanjen imunitet kako laktacija napreduje. Udio laktoze ostaje relativno stabilan kroz sve razrede (4,4–4,6 %), uz blagi pad u kasnijim fazama laktacije, što može biti pokazatelj narušene funkcije epitela mliječne žlijezde u starijim razredima. Koncentracija uree pokazuje određene oscilacije – najviša je u razredima od 121 do 180 dana (23,0–23,1 mmol/L), a najniža u prvim danima laktacije (21,0 mmol/L), što može biti povezano s promjenama u metabolizmu i prilagodbama u hranidbi.

Tablica 4. Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mlijeka prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Dani u laktaciji	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
< 30	174549		29,1		10,24		35,202		3		98,1	
31-60	228506		31,5		11,07		35,131		3		97,7	
61-90	228393		30,8		10,64		34,55		3		98,9	
91-120	227148		29,5		10,15		34,429		3		99,5	
121-150	224155		28,2		9,7		34,447		3		96	
151-180	220357		26,7		9,27		34,79		3		99,4	
181-210	216957		25,2		8,89		35,197		3		99,4	
211-240	212334		23,8		8,46		35,501		3		99,2	
241-270	203575		22,4		8,09		36,187		3		97,1	
271-300	182429		20,9		7,72		36,908		3		99,2	
> 300	390819		18,7		7,26		38,746		3		98,9	
Ukupno	2509222		25,7		10,17		39,605		3		99,5	
Dani u laktaciji	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N	X̄	SD	KV	Min	Maks	N	X̄	SD	KV	Min	Maks
< 30	174549	4,4	1,21	27,4	1,5	9	174549	1,3	0,59	45,778	0	7,9
31-60	228506	3,9	1,02	25,831	1,5	9	228506	1,2	0,56	45,228	0,1	6,6
61-90	228393	3,9	0,97	24,852	1,5	9	228393	1,2	0,52	43,667	0	6,8
91-120	227148	3,9	0,95	24,091	1,5	9	227148	1,2	0,49	42,201	0,1	5,1
121-150	224155	4	0,94	23,437	1,5	9	224155	1,1	0,46	41,444	0,1	5,9
151-180	220357	4,1	0,92	22,71	1,5	9	220357	1,1	0,44	40,75	0,1	6,3
181-210	216957	4,1	0,91	22,1	1,5	9	216957	1	0,42	40,364	0,1	5,4
211-240	212334	4,2	0,9	21,623	1,5	9	212334	1	0,39	40,044	0	4,8
241-270	203575	4,2	0,89	21,084	1,5	9	203575	0,9	0,38	40,187	0,1	6,3
271-300	182429	4,3	0,89	20,727	1,5	9	182429	0,9	0,36	40,397	0	7,5
> 300	390819	4,4	0,9	20,507	1,5	9	390819	0,8	0,34	41,703	0,1	5,8
Ukupno	2509222	4,1	0,97	23,379	1,5	9	2509222	1,1	0,47	45,193	0	7,9
Dani u laktaciji	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N	X̄	SD	KV	Min	Maks	N	X̄	SD	KV	Min	Maks
< 30	174549	3,2	0,4	12,339	1,5	7	174549	0,9	0,34	35,792	0,1	3,8
31-60	228506	3,1	0,34	11,006	1,8	6,8	228506	1	0,35	36,063	0,1	3
61-90	228393	3,1	0,34	10,841	1,8	6,8	228393	1	0,34	35,374	0,1	3,5
91-120	227148	3,3	0,34	10,567	1,8	6,9	227148	1	0,34	35,015	0,1	3,3
121-150	224155	3,3	0,35	10,371	1,5	7	224155	0,9	0,33	34,857	0,1	3,2
151-180	220357	3,4	0,35	10,25	2	7	220357	0,9	0,32	35,069	0,1	3,8
181-210	216957	3,5	0,35	10,151	2	6,8	216957	0,9	0,31	35,443	0,1	3,8
211-240	212334	3,5	0,36	10,185	2,1	6,9	212334	0,8	0,3	35,691	0,1	4,9
241-270	203575	3,6	0,37	10,335	1,9	6,9	203575	0,8	0,29	36,249	0,1	3,9
271-300	182429	3,6	0,39	10,599	1,6	7	182429	0,8	0,28	36,882	0,1	4,1
> 300	390819	3,7	0,43	11,358	1,7	6,9	390819	0,7	0,27	38,424	0,1	4,3
Ukupno	2509222	3,4	0,43	12,506	1,5	7	2509222	0,9	0,33	37,757	0,1	4,9

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Dani u laktaciji	Broj somatskih stanica, *10 ³ /ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
< 30	174516	458,4	1103	240,591	1	10422	174516	7	2,15	30,711	0	13,3
31-60	228461	405,4	1018	251,128	1	16625	228461	6,7	2,23	33,37	0	14
61-90	228326	419,7	1038	247,376	1	9999	228326	6,8	2,23	32,923	0	13,3
91-120	227098	438,4	1073	244,833	1	9999	227098	6,9	2,19	31,883	0	13,3
121-150	224109	449,8	1081	240,292	1	12091	224109	7	2,15	30,798	0	13,6
151-180	220309	456,4	1081	236,877	1	10476	220309	7,1	2,1	29,691	0	13,4
181-210	216912	459,3	1073	233,653	1	10868	216912	7,2	2,06	28,741	0	13,4
211-240	212288	454,8	1048	230,353	1	15441	212288	7,2	2	27,655	0	13,9
241-270	203524	450,6	1030	228,699	1	14076	203524	7,3	1,94	26,634	0	13,8
271-300	182385	446,9	1004	224,64	1	13751	182385	7,4	1,89	25,603	0	13,7
> 300	390732	462,1	1009	218,314	1	22330	390732	7,5	1,82	24,178	0	14,4
Ukupno	2508660	446,2	1048	234,97	1	22330	2508660	7,1	2,08	29,225	0	14,4
Dani u laktaciji	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
< 30	174549	4,5	0,23	5,058	3	5,9	174549	21	8,96	42,655	0,5	59,9
31-60	228506	4,6	0,2	4,449	3	5,8	228506	21,4	9	42,036	0,5	59,9
61-90	228393	4,6	0,2	4,388	3	5,5	228393	22,2	9,07	40,86	0,5	59,9
91-120	227148	4,5	0,2	4,422	3	5,5	227148	22,7	9,13	40,139	0,5	59,9
121-150	224155	4,5	0,2	4,449	3	5,4	224155	23,1	9,17	39,747	0,5	59,9
151-180	220357	4,5	0,2	4,543	3	5,3	220357	23	9,19	39,993	0,5	59,9
181-210	216957	4,5	0,21	4,687	3	5,5	216957	22,8	9,17	40,229	0,5	59,9
211-240	212334	4,5	0,22	4,858	3	5,5	212334	22,5	9,1	40,413	0,5	59,9
241-270	203575	4,5	0,23	5,086	3	5,3	203575	22,2	9,02	40,643	0,5	59,9
271-300	182429	4,4	0,24	5,322	3	5,3	182429	21,9	8,97	40,989	0,5	59,9
> 300	390819	4,4	0,25	5,758	3	5,6	390819	21,3	9,04	42,369	0,5	59,9
Ukupno	2509222	4,5	0,22	4,999	3	5,9	2509222	22,2	9,1	41,071	0,5	59,9

5.1.4. Analiza prema regiji uzgoja

U ovoj analizi prikazani su osnovni statistički parametri proizvodnih pokazatelja mlijeka u odnosu na regiju uzgoja krava. Regije su podijeljene na središnju, istočnu i mediteransku Hrvatsku, a parametri uključuju prosječnu vrijednost ($\bar{X}$), standardnu devijaciju (SD), koeficijent varijabilnosti (KV), te minimalne (Min) i maksimalne (Maks) vrijednosti. U prosjeku, najviša dnevna količina mlijeka zabilježena je u istočnoj Hrvatskoj (27,3 kg), dok je najniža vrijednost zabilježena u središnjoj regiji (23,3 kg). Mediteranska regija pokazuje sličnu razinu proizvodnje (24,1 kg), uz nešto viši koeficijent varijabilnosti u odnosu na istočnu regiju.

Tablica 5. Osnovni statistički parametri proizvodnih pokazatelja mlijeka prema regiji uzgoja

Hrvatska regija uzgoja	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
Središnja	953964	23,3	9,32	39,917	3	99,4						
Istočna	1440575	27,3	10,43	38,162	3	99,5						
Mediteran	114683	24,1	9,46	39,284	3	98,9						
Ukupno	2509222	25,7	10,17	39,605	3	99,5						
Hrvatska regija uzgoja	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
Središnja	953964	4,1	0,94	22,774	1,5	9	953964	1	0,43	44,854	0	7,9
Istočna	1440575	4,2	0,99	23,724	1,5	9	1440575	1,1	0,5	44,098	0	7,5
Mediteran	114683	3,9	0,9	23,131	1,5	9	114683	0,9	0,4	43,489	0,1	5,7
Ukupno	2509222	4,1	0,97	23,379	1,5	9	2509222	1,1	0,47	45,193	0	7,9
Hrvatska regija uzgoja	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
Središnja	953964	3,4	0,44	12,995	1,6	7	953964	0,8	0,3	38,747	0,1	4,9
Istočna	1440575	3,4	0,42	12,134	1,5	7	1440575	0,9	0,33	35,807	0,1	4,1
Mediteran	114683	3,4	0,43	12,83	1,9	6,9	114683	0,8	0,3	37,593	0,1	3,5
Ukupno	2509222	3,4	0,43	12,506	1,5	7	2509222	0,9	0,33	37,757	0,1	4,9
Hrvatska regija uzgoja	Broj somatskih stanica, *10 ³ /ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
Središnja	953619	496,7	1103	221,981	1	9999	953619	7,3	2,08	28,431	0	13,3
Istočna	1440364	416,6	1018	244,427	1	22330	1440364	7	2,06	29,517	0	14,4
Mediteran	114677	397,1	935,1	235,473	1	9999	114677	6,9	2,1	30,362	0	13,3
Ukupno	2508660	446,2	1048	234,97	1	22330	2508660	7,1	2,08	29,225	0	14,4
Hrvatska regija uzgoja	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
Središnja	953964	4,5	0,22	4,899	3	5,9	953964	20,1	9,71	48,298	0,5	59,9
Istočna	1440575	4,5	0,23	5,06	3	5,6	1440575	23,5	8,36	35,653	0,5	59,9
Mediteran	114683	4,5	0,22	4,982	3	5,2	114683	23	9,64	41,905	0,5	59,9
Ukupno	2509222	4,5	0,22	4,999	3	5,9	2509222	22,2	9,1	41,071	0,5	59,9

Udio mliječne masti bio je najviši u istočnoj Hrvatskoj (4,2 %), dok je u mediteranskoj regiji bio najniži (3,9 %). Dnevna proizvodnja mliječne masti varirala je od 0,9 kg u mediteranskoj do 1,1 kg u istočnoj regiji. Sadržaj proteina bio je prilično stabilan kroz sve tri regije, s prosjekom od 3,4 %. Dnevna proizvodnja proteina bila je najviša u istočnoj regiji (0,9 kg), dok je u ostalim regijama zabilježena nešto niža vrijednost (0,8 kg). Broj somatskih stanica (SSC) bio je najviši u središnjoj regiji ($496,7 \times 10^3/\text{mL}$), dok su niže vrijednosti zabilježene u istočnoj ($416,6 \times 10^3/\text{mL}$) i mediteranskoj regiji ($397,1 \times 10^3/\text{mL}$). Sličan trend uočen je i za logaritamski prikaz SSC. Udio laktoze ostao je konstantan u sve tri regije, s prosječnom vrijednošću od 4,5 %, dok je koncentracija uree varirala – najviša je zabilježena u istočnoj Hrvatskoj (23,5 mmol/L), a najniža u središnjoj (20,1 mmol/L).

5.1.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

U tablici 6. prikazani su osnovni statistički parametri proizvodnih pokazatelja mlijeka krava u odnosu na sezonu kontrole mliječnosti. Podaci uključuju broj opažanja (N), prosječnu vrijednost ($\bar{X}$), standardnu devijaciju (SD), koeficijent varijabilnosti (KV), te minimalne (Min) i maksimalne (Maks) vrijednosti. Najveća prosječna dnevna količina mlijeka zabilježena je tijekom zime (26,4 kg), dok su niže vrijednosti zabilježene u jesenskom (24,8 kg) i proljetnom (25,3 kg) razdoblju. Ljeto pokazuje visoku razinu proizvodnje (26,0 kg), što je relativno neočekivano s obzirom na to da su ljetni mjeseci često povezani s toplinskim stresom kod krava. Standardne devijacije u svim sezonama su slične, ali nešto više u ljetu i zimi, što ukazuje na veću varijabilnost unutar tih sezona. Udio mliječne masti pokazuje male sezonske varijacije, s najvišim vrijednostima u ljetu (4,3 %) i jeseni (4,2 %), dok su proljeće i zima nešto niži (4,0–4,1 %). Dnevna proizvodnja mliječne masti bila je najviša ljeti (1,1 kg), a najniža u proljeće (1,0 kg), uz slične standardne devijacije i koeficijente varijabilnosti. Udio proteina u mlijeku varirao je uže, s rasponom od 3,3 % do 3,5 %, gdje je najviša vrijednost zabilježena ljeti i u jesen. Dnevna proizvodnja proteina bila je nešto veća zimi i ljeti (0,9 kg), dok su jesen i proljeće pokazivale blago niže vrijednosti (0,8 kg). Koeficijenti varijabilnosti ukazuju na sličnu razinu varijabilnosti među sezonama. Broj somatskih stanica (SSC) bio je najviši u proljeće ($479,1 \times 10^3/\text{ml}$) i jesen ($475,2 \times 10^3/\text{ml}$), dok je najniži broj zabilježen zimi ($408,4 \times 10^3/\text{ml}$), što upućuje na potencijalno bolju higijensku i zdravstvenu situaciju u zimskom razdoblju. Logaritamski prikaz SSC (SccLog) pokazuje gotovo jednake vrijednosti u svim sezonama (7,0–7,2), ali s većom standardnom devijacijom u proljeće i jesen. Udio laktoze ostaje stabilan kroz sve sezone (4,5 %), s neznatno većom varijabilnošću u jesen. Koncentracija uree u mlijeku pokazuje

najviše vrijednosti u proljeće (24,3 mmol/L), dok su najniže koncentracije zabilježene ljeti (21,0 mmol/L). Ove razlike mogu biti posljedica sezonskih promjena u obroku i fiziološkom statusu životinja.

Tablica 6. Osnovni statistički pokazatelji mliječnosti prema sezoni kontrole mliječnosti

Godišnje doba	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
Jesen	598395		24,8		9,98		40,277		3		99,2	
Zima	680522		26,4		10,4		39,355		3		99,2	
Proljeće	583716		25,3		9,57		37,748		3		99,4	
Ljeto	646589		26		10,54		40,524		3		99,5	
Ukupno	2509222		25,7		10,17		39,605		3		99,5	
Godišnje doba	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
Jesen	598395		4,2		0,98		23,353		1,5		9	
Zima	680522		4,1		0,96		23,234		1,5		9	
Proljeće	583716		4		0,91		22,929		1,5		9	
Ljeto	646589		4,3		1		23,283		1,5		9	
Ukupno	2509222		4,1		0,97		23,379		1,5		9	
Godišnje doba	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
Jesen	598395		3,5		0,44		12,713		1,6		7	
Zima	680522		3,4		0,41		12,118		1,6		7	
Proljeće	583716		3,3		0,39		11,865		1,5		6,9	
Ljeto	646589		3,5		0,44		12,548		1,5		7	
Ukupno	2509222		3,4		0,43		12,506		1,5		7	
Godišnje doba	Broj somatskih stanica, *10 ³ /ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
Jesen	598086		475,2		1095		230,491		1		9999	
Zima	680451		408,4		981,1		240,262		1		16625	
Proljeće	583637		479,1		1110		231,657		1		9999	
Ljeto	646486		429,4		1013		235,931		1		22330	
Ukupno	2508660		446,2		1048		234,97		1		22330	
Godišnje doba	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
Jesen	598395		4,5		0,24		5,298		3		5,8	
Zima	680522		4,5		0,21		4,715		3		5,9	
Proljeće	583716		4,5		0,22		4,834		3		5,6	
Ljeto	646589		4,5		0,23		5,067		3		5,5	
Ukupno	2509222		4,5		0,22		4,999		3		5,9	

5.1.6. Analiza prema veličini stada

U tablici 7. prikazani su osnovni statistički parametri proizvodnih pokazatelja mlijeka u odnosu na veličinu stada. Podaci uključuju prosječnu vrijednost ($\bar{X}$), standardnu devijaciju (SD), koeficijent varijabilnosti (KV), te minimalne (Min) i maksimalne (Maks) vrijednosti. Prosječna dnevna količina mlijeka značajno se povećava s veličinom stada. Najniža prosječna vrijednost zabilježena je u skupinama s manje od 5 krava (18,5 kg), dok je najveća u skupinama s 201–500 i više od 500 krava (29,2 i 29,1 kg). Ovaj trend sugerira da su veća stada povezana s višom razinom proizvodnje mlijeka, vjerojatno zahvaljujući boljoj genetskoj osnovi, intenzivnijem sustavu upravljanja, standardiziranoj hranidbi i boljoj veterinarskoj skrbi. Standardna devijacija također raste s veličinom stada, što ukazuje na veću varijabilnost proizvodnje unutar većih sustava. Koeficijent varijabilnosti (KV) pokazuje blagi pad s povećanjem veličine stada, što ukazuje na veću konzistentnost proizvodnje kod većih proizvođača. Udio mliječne masti ostaje stabilan kroz sve kategorije, s prosječnom vrijednošću između 4,1 i 4,2 %, dok se dnevna proizvodnja masti povećava s veličinom stada, s 0,7 kg u najmanjim do 1,2 kg u najvećim stadima. Ovakav trend očekivan je zbog više količine mlijeka, uz zadržan sličan sastav. Udio proteina također je relativno stabilan (oko 3,4–3,5 %), no dnevna proizvodnja proteina pokazuje značajan porast – od 0,6 kg u najmanjim do 1,0 kg u najvećim stadima. Ovaj rast reflektira povećanu ukupnu mliječnu proizvodnju. Broj somatskih stanica (SSC) pokazuje negativan trend s povećanjem veličine stada.

Tablica 7. Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mlijeka prema veličini stada

Veličina stada	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
< 5	281163		18,5		7,21		38,876		3		98,9	
6-10	149027		20,5		7,93		38,694		3		95,9	
11-50	487975		23		8,65		37,579		3		98,9	
51-200	497427		26,2		9,8		37,316		3		99,5	
201-500	513709		29,2		10,28		35,19		3		99,4	
> 500	579921		29,1		10,34		35,571		3		99,2	
Ukupno	2509222		25,7		10,17		39,605		3		99,5	
Dani u laktaciji	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
< 5	281163		4,1		0,93		22,942		1,5		9	
6-10	149027		4,1		0,9		22,169		1,5		9	
11-50	487975		4,1		0,94		22,773		1,5		9	
51-200	497427		4,1		0,99		24,021		1,5		9	
201-500	513709		4,1		1,01		24,613		1,5		9	
> 500	579921		4,2		0,95		22,566		1,5		9	
Ukupno	2509222		4,1		0,97		23,379		1,5		9	
Dani u laktaciji	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
< 5	281163		3,3		0,46		13,854		1,6		7	
6-10	149027		3,4		0,45		13,425		1,9		6,9	
11-50	487975		3,4		0,45		13,084		1,5		7	
51-200	497427		3,5		0,43		12,475		1,5		6,9	
201-500	513709		3,4		0,41		11,831		1,8		6,9	
> 500	579921		3,4		0,39		11,465		1,7		6,9	
Ukupno	2509222		3,4		0,43		12,506		1,5		7	
Dani u laktaciji	Broj somatskih stanica, *10³/ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
< 5	281054		571,4		1172		205,129		1		9999	
6-10	148952		520,9		1113		213,641		1		9999	
11-50	487803		479,8		1083		225,663		1		9999	
51-200	497349		444,8		1063		238,917		1		9999	
201-500	513643		437,4		1045		238,895		1		15441	
> 500	579859		347		910,7		262,454		1		22330	
Ukupno	2508660		446,2		1048		234,97		1		22330	

Dani u laktaciji	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
< 5	281163	4,4	0,23	5,247	3	5,9	281163	17,8	10,81	60,717	0,5	59,9
6-10	149027	4,5	0,22	5,019	3	5,8	149027	19,2	10,4	54,122	0,5	59,9
11-50	487975	4,5	0,22	4,832	3	5,4	487975	20,3	9,59	47,305	0,5	59,9
51-200	497427	4,5	0,22	4,829	3	5,3	497427	22,8	8,73	38,215	0,5	59,9
201-500	513709	4,5	0,22	4,819	3	5,3	513709	24,4	7,72	31,714	0,5	59,9
> 500	579921	4,5	0,23	5,167	3	5,3	579921	24,1	7,46	30,942	0,5	59,9
Ukupno	2509222	4,5	0,22	4,999	3	5,9	2509222	22,2	9,1	41,071	0,5	59,9

Najveće vrijednosti bilježe se u najmanjim stadima (<5 krava – $571,4 \times 10^3/\text{ml}$), dok je najniža vrijednost zabilježena u najvećim stadima (>500 krava – $347 \times 10^3/\text{ml}$). Logaritamski prikaz (SccLog) potvrđuje taj obrazac, gdje manje farme imaju viši prosječni log SSC. Ovi nalazi upućuju na potencijalno bolju kontrolu zdravlja vimena i prevenciju mastitisa u većim sustavima. Udio laktoze ostaje konstantan u svim skupinama (4,4–4,5 %), dok koncentracija uree pokazuje zanimljiv obrazac: najmanje farme imaju najnižu prosječnu vrijednost (17,8 mmol/L), dok farme s 201–500 i >500 krava imaju najviše (24,1–24,4 mmol/L). Ova razlika može biti posljedica različitih strategija hranidbe i učinkovitosti iskorištavanja dušika u obroku.

5.1.7. Analliza prema dnevnoj količini mlijeka

U tablici 8. prikazani su osnovni statistički pokazatelji mlijeka razvrstanih prema skupinama dnevne količine mlijeka. Kategorije su formirane prema proizvodnom volumenu (≤ 16 kg, 16–24 kg, 24–32 kg, >32 kg). Podaci uključuju broj promatranja (N), prosječnu vrijednost ($\bar{X}$), standardnu devijaciju (SD), koeficijent varijabilnosti (KV), minimalnu i maksimalnu vrijednost. S porastom količine proizvedenog mlijeka primijećen je i rast dnevne proizvodnje mliječne masti i proteina. U skupini s najvećom količinom mlijeka (>32 kg), zabilježene su najviše prosječne vrijednosti dnevne proizvodnje masti (1,6 kg) i proteina (1,3 kg), dok su te vrijednosti najniže u skupini ≤ 16 kg. Udio masti i proteina u mlijeku, međutim, pokazuje blagi pad s porastom proizvodnje – udio masti pada s 4,3 % na 4,0 %, a udio proteina s 3,6 % na 3,2 %, što ukazuje na učinak razrjeđenja kod visoko produktivnih krava. Broj somatskih stanica (SSC) i njegov logaritamski prikaz (SccLog) pokazuje negativan trend s porastom dnevne količine mlijeka. Najviši prosječni broj somatskih stanica zabilježen je u skupini s najnižom proizvodnjom ($633,3 \times 10^3/\text{ml}$), dok se kod najviših proizvodnji bilježi pad na $331,9 \times 10^3/\text{ml}$.

Tablica 8. Osnovni statistički parametri pokazatelja mlijeka prema skupinama dnevne količine mlijeka

Dnevna količina mlijeka	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	440613		12,2		2,8		22,932		3		16	
2	736314		20		2,29		11,433		16		24	
3	695528		27,8		2,33		8,384		24		32	
4	636767		39,2		6,16		15,703		32,1		99,5	
Ukupno	2509222		25,7		10,17		39,605		3		99,5	
Dnevna količina mlijeka	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N	X̄	SD	KV	Min	Maks	N	X̄	SD	KV	Min	Maks
1	440613	4,3	0,99	22,863	1,5	9	440613	0,5	0,17	31,834	0	1,4
2	736314	4,2	0,92	21,824	1,5	9	736314	0,8	0,2	24,4	0,2	2,1
3	695528	4,1	0,93	22,614	1,5	9	695528	1,1	0,27	23,973	0,4	2,9
4	636767	4	1,03	25,717	1,5	9	636767	1,6	0,48	30,441	0,5	7,9
Ukupno	2509222	4,1	0,97	23,379	1,5	9	2509222	1,1	0,47	45,193	0	7,9
Dnevna količina mlijeka	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N	X̄	SD	KV	Min	Maks	N	X̄	SD	KV	Min	Maks
1	440613	3,6	0,5	14,099	1,6	7	440613	0,4	0,11	26,348	0,1	1,1
2	736314	3,5	0,44	12,604	1,5	6,9	736314	0,7	0,12	16,589	0,3	1,6
3	695528	3,4	0,38	11,299	1,5	7	695528	0,9	0,13	13,468	0,4	2
4	636767	3,2	0,33	10,227	1,8	6,9	636767	1,3	0,21	16,718	0,6	4,9
Ukupno	2509222	3,4	0,43	12,506	1,5	7	2509222	0,9	0,33	37,757	0,1	4,9
Dnevna količina mlijeka	Broj somatskih stanica, *10³/ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N	X̄	SD	KV	Min	Maks	N	X̄	SD	KV	Min	Maks
1	440482	633,3	1340	211,587	1	22330	440482	7,8	2	25,625	0	14,4
2	736084	487,1	1105	226,844	1	15103	736084	7,3	2,02	27,687	0	13,9
3	695407	388,9	936,5	240,799	1	16005	695407	6,9	2,03	29,312	0	14
4	636687	331,9	822,3	247,718	1	10741	636687	6,6	2,09	31,605	0	13,4
Ukupno	2508660	446,2	1048	234,97	1	22330	2508660	7,1	2,08	29,225	0	14,4
Dnevna količina mlijeka	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N	X̄	SD	KV	Min	Maks	N	X̄	SD	KV	Min	Maks
1	440613	4,4	0,27	6,264	3	5,5	440613	19,6	10,11	51,693	0,5	59,9
2	736314	4,5	0,22	4,817	3	5,9	736314	21	9,33	44,492	0,5	59,9
3	695528	4,5	0,2	4,312	3	5,5	695528	23	8,55	37,084	0,5	59,9
4	636767	4,6	0,18	3,999	3	5,3	636767	24,4	7,95	32,607	0,5	59,9
Ukupno	2509222	4,5	0,22	4,999	3	5,9	2509222	22,2	9,1	41,071	0,5	59,9

To ukazuje na bolju zdravstvenu statusnu kontrolu i manju učestalost mastitisa kod visoko proizvodnih grla. Logaritamske vrijednosti SSC prate isti obrazac – s 7,8 u skupini ≤ 16 kg padaju na 6,6 u skupini >32 kg. Udio laktoze raste s količinom mlijeka, od 4,4 % do 4,6 %, što je u skladu s općim pokazateljima dobrog zdravlja vimena i manje prisutnosti upalnih procesa. Slično, koncentracija uree također raste s količinom mlijeka – s 19,6 mmol/L u skupini ≤ 16 kg na 24,4 mmol/L u skupini >32 kg, što može biti posljedica intenzivnijeg metabolizma proteina i različitih strategija hranidbe kod visoko proizvodnih krava.

5.2. Fenotipska varijabilnost dnevnih svojstava mliječnosti krava simentalke pasmine

Analiza fenotipske varijabilnosti dnevnih svojstava mliječnosti simentalke pasmine krava provedena je u odnosu na različite čimbenike: redni broj laktacije, broj dana u laktaciji (po 4 skupine i po 11 razreda), regija uzgoja, sezona kontrole mliječnosti, veličina stada i dnevna količina mlijeka.

5.2.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

U tablici 9. prikazani su osnovni statistički parametri proizvodnih svojstava mlijeka simentalčkih krava u odnosu na redoslijed laktacije. Podaci obuhvaćaju prosječnu vrijednost ($\bar{X}$), standardnu devijaciju (SD), koeficijent varijabilnosti (KV), te minimalne (Min) i maksimalne (Maks) vrijednosti. Dnevna količina mlijeka pokazuje blagi rast od prve (16,8 kg) do treće laktacije (17,9 kg), dok se u četvrtoj bilježi blago smanjenje na 16,9 kg. Ovaj trend može ukazivati na to da simentalke krave dosežu proizvodni vrhunac u trećoj laktaciji, nakon čega dolazi do stagnacije ili blagog pada. Standardna devijacija i koeficijent varijabilnosti također rastu do treće laktacije, što upućuje na povećanu heterogenost u proizvodnji mlijeka kod starijih krava. Udio mliječne masti ostaje stabilan kroz sve laktacije i prosječno iznosi 4,2 %, dok se dnevna proizvodnja mliječne masti kreće oko 0,7 kg i pokazuje vrlo blage promjene između pariteta. Sličan obrazac prisutan je i kod udjela proteina, s prosječnim vrijednostima od 3,4–3,5 %, dok dnevna proizvodnja proteina ostaje stabilna na 0,6 kg. Broj somatskih stanica (SSC) i njegov logaritamski prikaz (SccLog) značajno rastu s redoslijedom laktacije. Dok je u prvoj laktaciji prosječan SSC iznosio $287 \times 10^3/\text{ml}$, u četvrtoj se povećava na $509 \times 10^3/\text{ml}$, što upućuje na višu učestalost subkliničkih infekcija kod starijih krava. SccLog prati isti trend, raste od 6,5 do 7,4 kroz četiri laktacije, uz istovremeni pad koeficijenta varijabilnosti.

Tablica 9. Osnovni statistički parametri svojstava mlijeka simentalских krava prema redosljedu laktacije

Redoslijed laktacije	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	691958		16,8		5,75		34,252		3		98,9	
2	591141		17,6		6,72		38,194		3		99,3	
3	480116		17,9		6,9		38,565		3		99,3	
4	1071886		16,9		6,53		38,567		3		99,3	
Ukupno	2835101		17,2		6,47		37,618		3		99,3	
Redoslijed laktacije	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	691958		4,2		0,89		21,176		1,5		9	
2	591141		4,2		0,92		21,88		1,5		9	
3	480116		4,2		0,93		22,25		1,5		9	
4	1071886		4,1		0,94		22,756		1,5		9	
Ukupno	2835101		4,2		0,92		22,124		1,5		9	
Redoslijed laktacije	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	691958		3,4		0,44		12,936		1,1		6,9	
2	591141		3,5		0,46		13,179		1,8		7	
3	480116		3,4		0,45		13,18		1,6		6,9	
4	1071886		3,4		0,45		13,112		1,6		7	
Ukupno	2835101		3,4		0,45		13,124		1,1		7	
Redoslijed laktacije	Broj somatskih stanica, *10 ³ /ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	691600		287,2		773,4		269,322		1		9999	
2	590844		342,8		846,8		247,034		1		9999	
3	479875		396,8		926		233,332		1		9999	
4	1071395		509,2		1076		211,23		1		9999	
Ukupno	2833714		401,3		941,5		234,617		1		9999	
Redoslijed laktacije	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	691958		4,6		0,2		4,311		3		5,8	
2	591141		4,5		0,21		4,645		3		5,8	
3	480116		4,5		0,22		4,901		3		5,9	
4	1071886		4,4		0,24		5,415		3		6	
Ukupno	2835101		4,5		0,23		5,041		3		6	

Udio laktoze u mlijeku blago se smanjuje s brojem laktacija – od 4,6 % u prvoj do 4,4 % u četvrtoj – što može biti povezano s promjenama u zdravstvenom statusu vimena. Koncentracija uree u mlijeku također pokazuje lagani pad s redoslijedom laktacije, s vrijednostima od 17,6 mmol/L u prvoj do 17,0 mmol/L u četvrtoj laktaciji, uz visoku varijabilnost (KV preko 60 %), što može ukazivati na razlike u hranidbi i metaboličkoj učinkovitosti. Ovi podaci pružaju uvid u fenotipske promjene koje prate napredovanje krava kroz laktacijske cikluse i korisni su za daljnje upravljanje uzgojem i zdravljem simentalčkih krava.

5.2.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

U tablici 10. prikazani su osnovni statistički pokazatelji proizvodnih svojstava mlijeka krava simentalčke pasmine u odnosu na četiri stadija laktacije (<100, 100–200, 200–300 i >300 dana). Podaci obuhvaćaju prosječnu vrijednost ($\bar{X}$), standardnu devijaciju (SD), koeficijent varijabilnosti (KV), te minimalne (Min) i maksimalne (Maks) vrijednosti. Najveća dnevna količina mlijeka zabilježena je u prvoj skupini (<100 dana) s prosječnom vrijednošću od 20,7 kg, dok vrijednosti zatim kontinuirano opadaju kroz naredne stadije, do 13,4 kg u posljednjoj skupini (>300 dana). Ovakav trend u skladu je s laktacijskom krivuljom, gdje je početni stadij karakteriziran naglim porastom mliječnosti, nakon čega slijedi faza postupnog opadanja. Sličan obrazac opažen je i kod dnevne proizvodnje mliječne masti i proteina, gdje su najveće vrijednosti zabilježene u ranoj laktaciji, a najmanje u kasnijim fazama. Međutim, udio mliječne masti i proteina u postotku raste s duljinom trajanja laktacije. Udio masti raste s 4,0 % u prvoj skupini do 4,5 % u četvrtoj, dok udio proteina raste s 3,2 % na 3,8 %. Ovo ukazuje na to da, iako se volumen mlijeka smanjuje, koncentracija njegovih sastojaka raste kako laktacija odmiče. Broj somatskih stanica (SSC) i njegov logaritamski prikaz (SccLog) također pokazuju uzlazni trend kroz stadije laktacije. Najniže vrijednosti zabilježene su u prvoj skupini ($386 \times 10^3/\text{ml}$, log 6,7), dok se najviše pojavljuju u četvrtoj skupini ($432 \times 10^3/\text{ml}$, log 7,4). To ukazuje na povećanu učestalost subkliničkih mastitisa u kasnijim stadijima laktacije. Koncentracija laktoze blago opada kroz stadije, s 4,5 % u ranoj laktaciji na 4,4 % u četvrtoj skupini, što može biti povezano s povećanom incidencijom upalnih procesa. Koncentracija uree pokazuje blagi porast s trajanjem laktacije, što može odražavati promjene u metabolizmu dušika i različite hranidbene režime.

Tablica 10. Osnovni statistički parametri svojstava mlijeka prema broju dana u laktaciji – simentalna pasmina

Stadij laktacije	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	825114		20,7		6,7		32,304		3		98,9	
2	876096		17,5		5,9		33,771		3		99,3	
3	767940		14,9		5,31		35,662		3		99,3	
4	365951		13,4		5,16		38,46		3		99,3	
Ukupno	2835101		17,2		6,47		37,618		3		99,3	
Stadij laktacije	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	825114		4		0,95		23,673		1,5		9	
2	876096		4,1		0,88		21,63		1,5		9	
3	767940		4,3		0,89		20,596		1,5		9	
4	365951		4,5		0,92		20,59		1,5		9	
Ukupno	2835101		4,2		0,92		22,124		1,5		9	
Stadij laktacije	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	825114		3,2		0,39		12,214		1,4		6,9	
2	876096		3,4		0,38		11,093		1,1		7	
3	767940		3,6		0,4		11,033		1,5		6,8	
4	365951		3,8		0,46		12,187		1,6		7	
Ukupno	2835101		3,4		0,45		13,124		1,1		7	
Stadij laktacije	Broj somatskih stanica, *10 ³ /ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	824694		386,3		960,6		248,631		1		9999	
2	875698		398,6		944,3		236,922		1		9999	
3	767562		405,8		918,4		226,348		1		9999	
4	365760		432		938,1		217,139		1		9999	
Ukupno	2833714		401,3		941,5		234,617		1		9999	
Stadij laktacije	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
1	825114		4,5		0,21		4,554		3		6	
2	876096		4,5		0,21		4,768		3		6	
3	767940		4,5		0,23		5,271		3		5,9	
4	365951		4,4		0,26		5,788		3		5,8	
Ukupno	2835101		4,5		0,23		5,041		3		6	

5.2.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

U tablici 11. prikazani su osnovni statistički parametri za dnevna proizvodna svojstva mlijeka krava simentalne pasmine, razvrstanih prema broju dana u laktaciji u jedanaest razreda. Prikaz uključuje broj opažanja (N), aritmetičku sredinu ($\bar{X}$), standardnu devijaciju (SD), koeficijent varijabilnosti (KV), te minimalne i maksimalne vrijednosti za svaki razred. Dnevna količina mlijeka pokazuje jasan silazni trend kako laktacija napreduje. Najviša prosječna vrijednost (21,7 kg) zabilježena je u prvih 30 dana, dok se već u razredu >300 dana bilježi prosječnih 13,4 kg. Slično tome, standardna devijacija i koeficijent varijabilnosti također se smanjuju u sredini laktacije, a zatim ponovno rastu u kasnijim razdobljima, što upućuje na veće oscilacije proizvodnje u početnim i završnim fazama laktacije. Udio mliječne masti pokazuje postupni porast s napredovanjem laktacije, od 3,9–4,0 % u ranim razredima do 4,5 % u najkasnijem (>300 dana). Međutim, dnevna proizvodnja mliječne masti opada kroz laktaciju, što je posljedica smanjenja volumena mlijeka, unatoč rastućem udjelu masti. Udio proteina također raste tijekom laktacije, s 3,1–3,3 % u ranoj fazi do 3,8 % u završnim danima. Dnevna proizvodnja proteina smanjuje se proporcionalno padu volumena mlijeka, iako je taj pad nešto blaži nego kod masti. Broj somatskih stanica i njegov logaritamski prikaz (SccLog) bilježe stalan porast s duljinom trajanja laktacije, što je u skladu s očekivanjima i ukazuje na povećani rizik od subkliničkih infekcija u kasnijim fazama. U prvih 30 dana SSC iznosi prosječnih $415,6 \times 10^3/\text{ml}$, dok u razredu >300 dana doseže $431,6 \times 10^3/\text{ml}$. SccLog raste s 6,9 na 7,4. Udio laktoze ostaje stabilan na oko 4,5 %, dok koncentracija uree u mlijeku raste s napredovanjem laktacije. Početne vrijednosti (16,5 mmol/L) u razredu <30 dana povećavaju se do 17,7 mmol/L u najduljem razredu. Koeficijent varijabilnosti za ureu ostaje vrlo visok kroz sve razrede (>60 %), što ukazuje na velike razlike među pojedinim kravama i moguće varijacije u hranidbenom statusu. Sveukupno, rezultati jasno potvrđuju značajan utjecaj dana u laktaciji na sva analizirana svojstva, pri čemu su trendovi u skladu s fiziološkim i metaboličkim promjenama koje se očekuju tijekom trajanja laktacije.

Tablica 11. Osnovni statistički parametri svojstava mlijeka simentalских krava prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Dani u laktaciji	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
< 30	207639		21,7		6,61		30,459		3		93,9	
31-60	261906		21,2		6,85		32,326		3		97,2	
61-90	266406		20		6,58		32,816		3		98,9	
91-120	265973		18,9		6,26		33,078		3		98,2	
121-150	264719		17,9		5,95		33,25		3		99,3	
151-180	260462		17		5,68		33,479		3		94,2	
181-210	255910		16,2		5,48		33,908		3		98	
211-240	249973		15,4		5,33		34,532		3		99	
241-270	234114		14,7		5,22		35,605		3		98,7	
271-300	196731		14		5,18		36,852		3		99,3	
> 300	371268		13,4		5,16		38,437		3		99,3	
Ukupno	2835101		17,2		6,47		37,618		3		99,3	
Dani u laktaciji	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
< 30	207639		4,2		1,03		24,471		1,5		9	
31-60	261906		3,9		0,93		23,669		1,5		9	
61-90	266406		3,9		0,89		22,807		1,5		9	
91-120	265973		4		0,88		22,27		1,5		9	
121-150	264719		4		0,87		21,646		1,5		9	
151-180	260462		4,1		0,88		21,424		1,5		9	
181-210	255910		4,2		0,88		20,934		1,5		9	
211-240	249973		4,3		0,88		20,677		1,5		9	
241-270	234114		4,3		0,88		20,464		1,5		9	
271-300	196731		4,4		0,89		20,376		1,5		9	
> 300	371268		4,5		0,92		20,593		1,5		9	
Ukupno	2835101		4,2		0,92		22,124		1,5		9	
Dani u laktaciji	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
< 30	207639		3,3		0,42		12,682		1,9		6,9	
31-60	261906		3,1		0,36		11,781		1,4		6,6	
61-90	266406		3,2		0,37		11,695		1,8		6,6	
91-120	265973		3,3		0,37		11,32		1,5		7	
121-150	264719		3,4		0,37		11,015		1,9		6,6	
151-180	260462		3,4		0,37		10,752		1,9		6,8	
181-210	255910		3,5		0,37		10,594		1,1		6,7	
211-240	249973		3,6		0,38		10,619		1,7		6,7	
241-270	234114		3,6		0,4		10,899		2		6,7	
271-300	196731		3,7		0,42		11,303		1,6		6,8	
> 300	371268		3,8		0,46		12,179		1,6		7	
Ukupno	2835101		3,4		0,45		13,124		1,1		7	

Dani u laktaciji	Broj somatskih stanica, *10 ³ /ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
< 30	207556	415,6	1024	246,373	1	9999	207556	6,9	2,17	31,642	0	13,3
31-60	261790	370,9	937,6	252,792	1	9999	261790	6,6	2,24	33,739	0	13,3
61-90	266246	380	938,9	247,042	1	9999	266246	6,7	2,22	33,166	0	13,3
91-120	265829	388,9	945,4	243,117	1	9999	265829	6,8	2,17	31,866	0	13,3
121-150	264590	396,1	943,1	238,104	1	9999	264590	6,9	2,12	30,589	0	13,3
151-180	260352	402,1	946,3	235,356	1	9999	260352	7	2,07	29,446	0	13,3
181-210	255785	404,5	939,3	232,219	1	9999	255785	7,1	2,01	28,237	0	13,3
211-240	249870	403,1	919,1	228,015	1	9999	249870	7,2	1,96	27,287	0	13,3
241-270	233998	403,9	910,1	225,358	1	9999	233998	7,2	1,91	26,438	0	13,3
271-300	196623	411,3	918,9	223,405	1	9999	196623	7,3	1,88	25,755	0	13,3
> 300	371075	431,6	937	217,095	1	9999	371075	7,4	1,86	24,983	0	13,3
Ukupno	2833714	401,3	941,5	234,617	1	9999	2833714	7	2,07	29,475	0	13,3
Dani u laktaciji	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
< 30	207639	4,5	0,21	4,672	3	5,4	207639	16,5	9,93	60,11	0,5	59,9
31-60	261906	4,5	0,2	4,455	3	6	261906	16,5	10,25	62,258	0,5	59,9
61-90	266406	4,5	0,2	4,508	3	5,8	266406	16,9	10,51	62,204	0,5	59,9
91-120	265973	4,5	0,21	4,595	3	5,7	265973	17,3	10,6	61,382	0,5	59,9
121-150	264719	4,5	0,21	4,686	3	5,9	264719	17,5	10,64	60,867	0,5	59,9
151-180	260462	4,5	0,22	4,817	3	5,8	260462	17,6	10,66	60,606	0,5	59,9
181-210	255910	4,5	0,22	4,952	3	6	255910	17,6	10,64	60,628	0,5	59,9
211-240	249973	4,5	0,23	5,123	3	5,9	249973	17,6	10,63	60,446	0,5	59,9
241-270	234114	4,5	0,24	5,3	3	5,8	234114	17,6	10,61	60,357	0,5	59,9
271-300	196731	4,4	0,24	5,499	3	5,9	196731	17,7	10,61	59,949	0,5	59,9
> 300	371268	4,4	0,26	5,786	3	5,8	371268	17,7	10,61	59,901	0,5	59,9
Ukupno	2835101	4,5	0,23	5,041	3	6	2835101	17,3	10,54	60,849	0,5	59,9

5.2.4. Analiza prema regiji uzgoja

Rezultati pokazuju relativno ujednačenu dnevnu količinu mlijeka između regija uzgoja simentalnih krava, s blagom prednošću u istočnoj Hrvatskoj (17,3 kg) u odnosu na središnju (17,2 kg) i mediteransku Hrvatsku (16,5 kg). Međutim, u mediteranskoj regiji zabilježena je i najveća varijabilnost (KV = 40,81 %), što može ukazivati na veći utjecaj okolišnih i menadžerskih čimbenika. Udio mliječne masti bio je najviši u središnjoj Hrvatskoj (4,2 %), dok je u istočnoj i mediteranskoj regiji iznosio 4,1 %. I dnevna proizvodnja mliječne masti bila je nešto veća u središnjoj regiji (0,7 kg), s najmanjom varijabilnošću među regijama.

Kod udjela proteina nisu zabilježene veće razlike – sve tri regije imale su prosjek od 3,4–3,5 %, dok je dnevna proizvodnja proteina bila ujednačena na 0,6 kg. Broj somatskih stanica bio je nešto viši u istočnoj Hrvatskoj ($416,5 \times 10^3/\text{ml}$), što može ukazivati na veći rizik od subkliničkih infekcija.

Tablica 12. Osnovni statistički pokazatelji proizvodnih svojstava mlijeka krava simentalske pasmine prema regiji uzgoja

Hrvatska regija uzgoja	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks						
Središnja	2112534	17,2	6,5	37,822	3	99,3						
Istočna	661767	17,3	6,35	36,653	3	99,3						
Mediteran	60800	16,5	6,73	40,812	3	96,7						
Ukupno	2835101	17,2	6,47	37,618	3	99,3						
Hrvatska regija uzgoja	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
Središnja	2112534	4,2	0,91	21,678	1,5	9	2112534	0,7	0,31	42,968	0	6,6
Istočna	661767	4,1	0,95	23,299	1,5	9	661767	0,7	0,3	42,092	0	6,3
Mediteran	60800	4,1	0,96	23,592	1,5	9	60800	0,7	0,3	45,614	0,1	6,5
Ukupno	2835101	4,2	0,92	22,124	1,5	9	2835101	0,7	0,3	42,846	0	6,6
Hrvatska regija uzgoja	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
Središnja	2112534	3,4	0,45	13,139	1,1	7	2112534	0,6	0,22	37,699	0,1	4,8
Istočna	661767	3,5	0,45	13,057	1,6	7	661767	0,6	0,22	36,438	0,1	4,7
Mediteran	60800	3,4	0,45	13,027	1,9	6,7	60800	0,6	0,23	40,522	0,1	3,9
Ukupno	2835101	3,4	0,45	13,124	1,1	7	2835101	0,6	0,22	37,472	0,1	4,8
Hrvatska regija uzgoja	Broj somatskih stanica, *10 ³ /ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
Središnja	2111354	397,4	928,2	233,553	1	9999	2111354	7	2,07	29,548	0	13,3
Istočna	661568	416,5	987,1	237,008	1	9999	661568	7,1	2,06	29,144	0	13,3
Mediteran	60792	369,7	886,7	239,862	1	9999	60792	6,9	2,08	30,378	0	13,3
Ukupno	2833714	401,3	941,5	234,617	1	9999	2833714	7	2,07	29,475	0	13,3
Hrvatska regija uzgoja	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
Središnja	2112534	4,5	0,22	4,99	3	6	2112534	16,5	10,1	61,235	0,5	59,9
Istočna	661767	4,5	0,23	5,169	3	6	661767	19,7	11,43	57,876	0,5	59,9
Mediteran	60800	4,5	0,24	5,331	3	5,8	60800	20	11,08	55,431	0,5	59,9
Ukupno	2835101	4,5	0,23	5,041	3	6	2835101	17,3	10,54	60,849	0,5	59,9

Sličan obrazac uočen je i kod logaritamskog prikaza broja somatskih stanica, koji je blago viši u istočnoj (7,1) nego u središnjoj i mediteranskoj regiji (7,0 i 6,9). Udio laktoze pokazuje stabilne vrijednosti od 4,5 % u sve tri regije, dok koncentracija uree varira – najniža je u središnjoj (16,5 mmol/L), a najviša u istočnoj Hrvatskoj (19,7 mmol/L), što može biti povezano s različitim pristupima hranidbi. Koeficijent varijabilnosti za ureu bio je također najniži u mediteranskoj regiji, što može ukazivati na dosljedniju hranidbu unutar manjih sustava. Sve u svemu, iako su razlike relativno male, određeni uzgojni čimbenici specifični za regiju utječu na proizvodne i kvalitativne karakteristike mlijeka kod simentalskih krava.

5.2.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

U Tablici 13. prikazani su osnovni statistički parametri proizvodnih i biokemijskih svojstava mlijeka krava simentalke pasmine prema godišnjim dobima kada je obavljena kontrola mliječnosti. Analizirani su prosjek ($\bar{X}$), standardna devijacija (SD), koeficijent varijabilnosti (KV), minimalna i maksimalna vrijednost za svaki promatrani parametar. Najveća prosječna dnevna količina mlijeka zabilježena je zimi (17,6 kg), dok je najniža bila u jesenskom razdoblju (16,7 kg). Standardna devijacija i koeficijent varijabilnosti relativno su slični između sezona, što ukazuje na stabilnost proizvodnje tijekom godine. Udio mliječne masti bio je najviši ljeti (4,4 %), a najniži u proljeće (3,9 %), dok je dnevna proizvodnja mliječne masti ostala ujednačena (prosjek 0,7 kg). U pogledu proteina, vrijednosti su se kretale između 3,3 % i 3,5 %, bez većih sezonskih odstupanja, dok je dnevna proizvodnja proteina također bila stabilna, u prosjeku 0,6 kg. Broj somatskih stanica (SSC) pokazuje nešto niže vrijednosti zimi ($365 \times 10^3/\text{ml}$), što može ukazivati na bolju zdravstvenu zaštitu i manji stres u hladnijim mjesecima. Ljeti i u jeseni, SSC raste iznad $420 \times 10^3/\text{ml}$. Logaritamski broj SSC kretao se između 6,9 i 7,1, što je u skladu s fiziološkim očekivanjima za ovu pasminu. Udio laktoze pokazao je stabilnost (prosječno 4,5 %), dok su razlike u koncentraciji uree bile izraženije – najveća u proljeće (20,8 mmol/L), a najniža u ljeto (14,9 mmol/L), što može biti rezultat sezonskih promjena u obrocima i iskoristivosti dušika u hranidbi. Ovi rezultati ukazuju na postojanje umjerenih sezonskih varijacija u većini analiziranih pokazatelja, s naglašenijim razlikama kod parametara vezanih uz metabolizam i zdravstveno stanje, dok su osnovni proizvodni pokazatelji (količina mlijeka, masti i proteina) ostali stabilni kroz sva godišnja doba.

Tablica 13. Osnovni statistički parametri proizvodnih i biokemijskih pokazatelja mlijeka prema sezoni kontrole mliječnosti

Godišnje doba	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
Jesen	714884		16,7		6,25		37,331		3		98,2	
Zima	764159		17,6		6,65		37,788		3		99,3	
Proljeće	632960		17,3		6,32		36,497		3		99,3	
Ljeto	723098		17,1		6,58		38,473		3		98,9	
Ukupno	2835101		17,2		6,47		37,618		3		99,3	
Godišnje doba	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
Jesen	714884		4,2		0,94		22,202		1,5		9	
Zima	764159		4,1		0,89		21,625		1,5		9	
Proljeće	632960		3,9		0,87		22,181		1,5		9	
Ljeto	723098		4,4		0,93		21,308		1,5		9	
Ukupno	2835101		4,2		0,92		22,124		1,5		9	
Godišnje doba	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
Jesen	714884		3,5		0,45		12,951		1,7		7	
Zima	764159		3,4		0,44		12,915		1,4		7	
Proljeće	632960		3,3		0,42		12,828		1,1		7	
Ljeto	723098		3,5		0,45		12,811		1,5		7	
Ukupno	2835101		3,4		0,45		13,124		1,1		7	
Godišnje doba	Broj somatskih stanica, *10 ³ /ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
Jesen	713939		428,3		992,8		231,799		1		9999	
Zima	763987		365		873,5		239,295		1		9999	
Proljeće	632889		430,2		1009		234,649		1		9999	
Ljeto	722899		387,6		894,2		230,705		1		9999	
Ukupno	2833714		401,3		941,5		234,617		1		9999	
Godišnje doba	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N		X̄		SD		KV		Min		Maks	
Jesen	714884		4,4		0,24		5,337		3		5,9	
Zima	764159		4,5		0,21		4,727		3		5,9	
Proljeće	632960		4,5		0,22		4,873		3		6	
Ljeto	723098		4,5		0,23		5,075		3		6	
Ukupno	2835101		4,5		0,23		5,041		3		6	

5.2.6. Analiza prema veličini stada

U tablici 13. prikazani su osnovni statistički parametri proizvodnih i biokemijskih pokazatelja mlijeka krava simentalne pasmine u odnosu na veličinu stada. Prikazani su broj opažanja (N), prosječne vrijednosti ($\bar{X}$), standardna devijacija (SD), koeficijent varijabilnosti (KV), te minimalne (Min) i maksimalne (Maks) vrijednosti. Prosječna dnevna količina mlijeka raste s veličinom stada – od 15,8 kg u najmanjim stadima (<5 krava) do 20,5 kg u najvećim stadima (>200 krava). Ovaj trend upućuje na potencijalno bolju genetiku, uvjete držanja i hranidbu u većim proizvodnim sustavima. Standardna devijacija i koeficijent varijabilnosti također se povećavaju s veličinom stada, što ukazuje na veću heterogenost u proizvodnji unutar većih sustava. Udio mliječne masti ostaje relativno stabilan (prosječno 4,1–4,2 %), bez značajnih oscilacija među kategorijama stada, dok je dnevna proizvodnja mliječne masti veća u većim stadima, gdje dostiže prosječno 0,8 kg u stadima >200 krava. Slično se ponaša i dnevna proizvodnja proteina, koja raste od 0,5 kg u najmanjim do 0,7 kg u najvećim stadima, dok se udio proteina kreće između 3,4 % i 3,5 %. Zanimljivo je da je broj somatskih stanica (SSC) najniži u najvećim stadima ($249,9 \times 10^3/\text{ml}$), dok se u manjim stadima kreće iznad $400 \times 10^3/\text{ml}$. Isto vrijedi i za logaritamski prikaz SSC, gdje su najniže vrijednosti zabilježene u skupini >200 krava (6,4), što može ukazivati na bolje higijenske uvjete, veterinarsku skrb i sustave kontrole zdravlja vimen u većim proizvodnim jedinicama. Udio laktoze ostaje stabilan kroz sve skupine (oko 4,5 %), dok koncentracija uree pokazuje značajnu razliku: u najmanjim stadima iznosi 16,3 mmol/L, a u najvećima 27,5 mmol/L. Ova razlika može ukazivati na drugačije strategije hranidbe, osobito u pogledu ravnoteže proteina i energije u obroku.

Tablica 14. Osnovni statistički parametri proizvodnih i biokemijskih pokazatelja mlijeka prema veličini stada

Veličina stada	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N		$\bar{X}$		SD		KV		Min		Maks	
< 5	808730		15,8		5,81		36,735		3		99,3	
6-10	619394		16,7		6,03		36,185		3		99,3	
11-50	990564		18,1		6,66		36,74		3		99,3	
51-200	398501		18,3		7,11		38,761		3		99,3	
> 200	17912		20,5		8,87		43,271		3		92,3	
Ukupno	2835101		17,2		6,47		37,618		3		99,3	
Veličina stada	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N		$\bar{X}$		SD		KV		Min		Maks	
< 5	808730		4,1		0,97		23,447		1,5		9	
6-10	619394		4,2		0,89		21,444		1,5		9	
11-50	990564		4,2		0,9		21,471		1,5		9	
51-200	398501		4,2		0,92		21,82		1,5		9	
> 200	17912		4,1		1,06		25,963		1,5		9	
Ukupno	2835101		4,2		0,92		22,124		1,5		9	
Veličina stada	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N		$\bar{X}$		SD		KV		Min		Maks	
< 5	808730		3,4		0,45		13,425		1,6		7	
6-10	619394		3,4		0,45		13,21		1,1		7	
11-50	990564		3,5		0,45		12,873		1,8		7	
51-200	398501		3,5		0,44		12,708		1,4		6,8	
> 200	17912		3,5		0,39		11,201		2,2		6,2	
Ukupno	2835101		3,4		0,45		13,124		1,1		7	
Veličina stada	Broj somatskih stanica, *10 ³ /ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N		$\bar{X}$		SD		KV		Min		Maks	
< 5	808357		399,5		939,9		235,308		1		9999	
6-10	619021		413		950		230,008		1		9999	
11-50	990124		405,5		954,8		235,484		1		9999	
51-200	398302		383		906,8		236,732		1		9999	
> 200	17910		249,9		664,2		265,812		1		9999	
Ukupno	2833714		401,3		941,5		234,617		1		9999	
Veličina stada	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N		$\bar{X}$		SD		KV		Min		Maks	
< 5	808730		4,5		0,23		5,199		3		6	
6-10	619394		4,5		0,22		4,992		3		5,9	
11-50	990564		4,5		0,22		4,906		3		6	
51-200	398501		4,5		0,23		5,024		3		5,9	
> 200	17912		4,4		0,27		6,012		3		5,2	
Ukupno	2835101		4,5		0,23		5,041		3		6	

5.2.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

U Tablici 15. Osnovni statistički parametri proizvodnih pokazatelja mlijeka simentalских krava prema razredima dnevne količine mlijeka, prikazani su broj opažanja (N), prosječne vrijednosti ($\bar{X}$), standardna devijacija (SD), koeficijent varijabilnosti (KV), te minimalne (Min) i maksimalne (Maks) vrijednosti za proizvodne pokazatelje mlijeka u četiri razreda volumena dnevne proizvodnje. Prosječna dnevna količina mlijeka raste proporcionalno razredu: od 9,5 kg u skupini krava s proizvodnjom do 12 kg, do 25,2 kg u skupini koja premašuje 20 kg dnevno. Standardna devijacija i koeficijent varijabilnosti također rastu s razredom, osobito u najvišoj kategoriji, što ukazuje na veću varijabilnost unutar te skupine. Udio mliječne masti ne pokazuje značajne oscilacije (od 4,1 do 4,3 %), ali je dnevna proizvodnja mliječne masti značajno veća kod krava s većom proizvodnjom mlijeka – od 0,4 kg u prvoj do 1,0 kg u četvrtoj skupini. Udio proteina pokazuje silazni trend (3,6 % u prvoj, do 3,3 % u najvišoj skupini), dok dnevna proizvodnja proteina raste (od 0,3 do 0,8 kg), što je u skladu s povećanjem volumena mlijeka. Broj somatskih stanica opada s povećanjem količine mlijeka – u skupini s <12 kg iznosi $503 \times 10^3/\text{ml}$, dok u najvišoj iznosi $319,6 \times 10^3/\text{ml}$, a isto vrijedi i za log SSC (od 7,5 do 6,6). Udio laktoze ostaje stabilan oko 4,5 % u svim skupinama, dok koncentracija uree raste od 16,4 mmol/L u prvoj skupini do 18,6 mmol/L u skupini krava s dnevnom proizvodnjom iznad 20 kg, što može biti povezano s razinama proteina u obroku.

Tablica 15. Osnovni statistički parametri proizvodnih pokazatelja mlijeka prema razredima dnevne količine mlijeka

Dnevna količina mlijeka	Dnevna količina mlijeka, kg											
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks						
1	590418	9,5	1,86	19,671	3	12						
2	741276	14	1,15	8,204	12	16						
3	694683	17,9	1,21	6,769	16	20						
4	808724	25,2	4,85	19,207	20	99,3						
Ukupno	2835101	17,2	6,47	37,618	3	99,3						
Dnevna količina mlijeka	Udio mliječne masti, %						Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
1	590418	4,3	0,98	22,866	1,5	9	590418	0,4	0,12	29,995	0	1,1
2	741276	4,2	0,92	21,931	1,5	9	741276	0,6	0,14	23,289	0,2	1,4
3	694683	4,1	0,89	21,557	1,5	9	694683	0,7	0,17	22,496	0,2	1,8
4	808724	4,1	0,89	21,887	1,5	9	808724	1	0,3	29,54	0,3	6,6
Ukupno	2835101	4,2	0,92	22,124	1,5	9	2835101	0,7	0,3	42,846	0	6,6
Dnevna količina mlijeka	Udio proteina, %						Dnevna proizvodnja proteina, kg					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
1	590418	3,6	0,49	13,873	1,1	7	590418	0,3	0,08	23,014	0,1	0,8
2	741276	3,5	0,45	12,906	1,5	7	741276	0,5	0,07	15,066	0,2	1
3	694683	3,4	0,43	12,687	1,7	7	694683	0,6	0,09	14,109	0,3	1,4
4	808724	3,3	0,4	12,104	1,4	6,7	808724	0,8	0,18	22,06	0,4	4,8
Ukupno	2835101	3,4	0,45	13,124	1,1	7	2835101	0,6	0,22	37,472	0,1	4,8
Dnevna količina mlijeka	Broj somatskih stanica, *10 ³ /ml						Logaritamski broj somatskih stanica					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
1	590211	503	1115	221,635	1	9999	590211	7,5	2,01	26,92	0	13,3
2	740882	426,6	980,5	229,827	1	9999	740882	7,2	2,03	28,386	0	13,3
3	694275	382,8	902,1	235,639	1	9999	694275	7	2,06	29,524	0	13,3
4	808346	319,6	777,5	243,266	1	9999	808346	6,6	2,09	31,464	0	13,3
Ukupno	2833714	401,3	941,5	234,617	1	9999	2833714	7	2,07	29,475	0	13,3
Dnevna količina mlijeka	Udio laktoze, %						Koncentracija uree, mmol/L					
	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks	N	$\bar{X}$	SD	KV	Min	Maks
1	590418	4,4	0,27	6,097	3	5,9	590418	16,4	10,77	65,609	0,5	59,9
2	741276	4,5	0,22	4,997	3	6	741276	16,7	10,56	63,363	0,5	59,9
3	694683	4,5	0,21	4,583	3	6	694683	17,3	10,46	60,42	0,5	59,9
4	808724	4,5	0,19	4,147	3	5,9	808724	18,6	10,29	55,367	0,5	59,9
Ukupno	2835101	4,5	0,23	5,041	3	6	2835101	17,3	10,54	60,849	0,5	59,9

5.3. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i dnevnih svojstava mliječnosti krava Holstein pasmine

5.3.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

U Tablici 16. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava Holstein pasmine prema redoslijedu laktacije (paritetu) prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log transformacije (SccLog) s dnevnim proizvodnim svojstvima mlijeka, uključujući dnevnu količinu mlijeka, udio i dnevnu količinu mliječne masti, udio i dnevnu količinu proteina, udio laktoze i koncentraciju uree.

Tablica 16. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema redoslije-du laktacije (paritetu)

Redoslijed laktacije		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
1	SCC	-0,09474	0,05561	-0,05204	0,0773	-0,0724	-0,23614	-0,01335
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		880293	880293	880293	880293	880293	880293	880293
	SccLog	-0,16182	0,11236	-0,07501	0,13211	-0,12034	-0,28967	-0,04578
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		880293	880293	880293	880293	880293	880293	880293
2	SCC	-0,10618	0,04455	-0,07147	0,08535	-0,08888	-0,26442	-0,0269
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		679483	679483	679483	679483	679483	679483	679483
	SccLog	-0,2426	0,08812	-0,16799	0,18626	-0,19939	-0,34079	-0,06705
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		679483	679483	679483	679483	679483	679483	679483
3	SCC	-0,10658	0,0419	-0,07464	0,09549	-0,08745	-0,30019	-0,02967
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		443186	443186	443186	443186	443186	443186	443186
	SccLog	-0,23198	0,06995	-0,1701	0,18458	-0,19016	-0,36987	-0,06736
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		443186	443186	443186	443186	443186	443186	443186
4	SCC	-0,09927	0,03981	-0,0706	0,10534	-0,07631	-0,34341	-0,02625
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		505698	505698	505698	505698	505698	505698	505698
	SccLog	-0,20861	0,06078	-0,15643	0,17247	-0,1676	-0,40458	-0,064
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		505698	505698	505698	505698	505698	505698	505698

U svim paritetima utvrđena je negativna korelacija SCC i SccLog s dnevnom količinom mlijeka, pri čemu su koeficijenti korelacije jače izraženi kod log-transformirane vrijednosti (npr. $-0,16182$ u 1. paritetu i $-0,2426$ u 2. paritetu za SccLog). Slično, dnevna količina mliječne masti i proteina također pokazuje negativnu povezanost s brojem somatskih stanica, dok su korelacije s udjelima masti i proteina blago pozitivne. Najjače negativne korelacije zabilježene su između SCC i udjela laktoze (npr. $-0,34341$ u 4. paritetu), a još izraženije za log transformaciju SCC (do $-0,40458$). Koncentracija uree pokazuje niske, ali statistički značajne negativne korelacije. Sve korelacije su visoko značajne ($p < 0,0001$), a broj opažanja po paritetu vrlo je velik, čime se potvrđuje pouzdanost rezultata.

5.3.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

U Tablici 17. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava Holstein pasmine prema broju dana u laktaciji (stadiju laktacije) prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log transformacije (SccLog) s proizvodnim pokazateljima mlijeka, u četiri skupine dana u laktaciji (stadiji laktacije). Prikazana su korelacijska povezivanja s dnevnom količinom mlijeka, udjelima i količinama mliječne masti i proteina, udjelom laktoze i koncentracijom uree.

U svim stadijima laktacije, broj somatskih stanica (SCC) i njegova log transformacija (SccLog) pokazali su negativne korelacije s dnevnom količinom mlijeka, pri čemu su korelacije konzistentno jače kod log transformacije (npr. $-0,15584$ u 1. stadiju i $-0,18953$ u 4. stadiju). Dnevna proizvodnja mliječne masti i proteina također je u negativnoj vezi sa SCC, dok su korelacije s njihovim udjelima blago pozitivne. Najizraženije negativne korelacije uočene su s udjelom laktoze, posebno kod SccLog, gdje dostižu vrijednosti do $-0,38242$ u 2. stadiju laktacije. Koncentracija uree također je pokazala statistički značajne, ali slabije negativne korelacije. Sve korelacije su visoko značajne ($p < 0,0001$), a veliki broj opažanja dodatno potvrđuje stabilnost rezultata.

Tablica 17. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema broju dana u laktaciji

Stadij laktacije		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
1	SCC	-0,09995	0,06011	-0,04808	0,10963	-0,0713	-0,32871	-0,04069
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		707353	707353	707353	707353	707353	707353	707353
	SccLog	-0,15584	0,09647	-0,06926	0,13715	-0,11452	-0,36987	-0,08264
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		707353	707353	707353	707353	707353	707353	707353
2	SCC	-0,10864	0,04324	-0,07054	0,09494	-0,08604	-0,34146	-0,03713
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		741294	741294	741294	741294	741294	741294	741294
	SccLog	-0,16356	0,0661	-0,10242	0,1074	-0,13354	-0,38242	-0,08045
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		741294	741294	741294	741294	741294	741294	741294
3	SCC	-0,10368	0,03448	-0,07716	0,0792	-0,08574	-0,30238	-0,0247
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		674602	674602	674602	674602	674602	674602	674602
	SccLog	-0,17556	0,05525	-0,1294	0,09682	-0,1507	-0,37226	-0,05972
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		674602	674602	674602	674602	674602	674602	674602
4	SCC	-0,09643	0,02229	-0,07911	0,06023	-0,08321	-0,27431	-0,01202
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		385411	385411	385411	385411	385411	385411	385411
	SccLog	-0,18953	0,03979	-0,15543	0,08809	-0,16804	-0,37399	-0,03164
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		385411	385411	385411	385411	385411	385411	385411

5.3.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

U Tablici 18. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava Holstein pasmine prema broju dana u laktaciji (11 razreda) prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log transformacije (SccLog) s dnevnim proizvodnim svojstvima mlijeka. Analiza je provedena unutar jedanaest vremenskih razreda laktacije (od <30 dana do >300 dana). Negativna korelacija između SCC i dnevne količine mlijeka uočena je u svim razredima, krećući se od -0,096 do -0,113, dok je korelacija

sa SccLog nešto izraženija (od $-0,149$ do $-0,190$). Sličan obrazac vrijedi i za dnevnu proizvodnju mliječne masti i proteina, gdje su korelacije umjereno negativne, najviše izražene u srednjim razredima laktacije (npr. $-0,137$ za logSCC i dnevnu proizvodnju masti u razredu 271–300 dana). U suprotnosti s time, korelacije između SCC i udjela mliječne masti te udjela proteina su blago pozitivne, ali niskog intenziteta. Najjače negativne povezanosti dosljedno se bilježe za udio laktoze, s koeficijentima između $-0,274$ i $-0,381$ (SccLog), dok je korelacija s koncentracijom uree slabija, ali prisutna u svim razredima (do $-0,086$). Sve vrijednosti korelacija statistički su visoko značajne ($p < 0,0001$), uz veliki broj opažanja po razredu, što ukazuje na pouzdanost dobivenih rezultata.

Tablica 18. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Dani u laktaciji		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
< 30	SCC	-0,0983	0,06572	-0,04206	0,11567	-0,06662	-0,30929	-0,02341
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		174516	174516	174516	174516	174516	174516	174516
	SccLog	-0,16235	0,11016	-0,06389	0,15958	-0,11229	-0,36196	-0,05688
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		174516	174516	174516	174516	174516	174516	174516
31-60	SCC	-0,09864	0,05741	-0,04953	0,10882	-0,07176	-0,33419	-0,04445
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		228461	228461	228461	228461	228461	228461	228461
	SccLog	-0,14986	0,08707	-0,07121	0,12576	-0,11364	-0,36195	-0,08633
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		228461	228461	228461	228461	228461	228461	228461
61-90	SCC	-0,10015	0,05242	-0,05364	0,10363	-0,0734	-0,34133	-0,04947
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		228326	228326	228326	228326	228326	228326	228326
	SccLog	-0,1494	0,07558	-0,07789	0,11618	-0,1143	-0,37351	-0,0915
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		228326	228326	228326	228326	228326	228326	228326
91-120	SCC	-0,1033	0,0471	-0,06095	0,10349	-0,07757	-0,34757	-0,04534
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		227098	227098	227098	227098	227098	227098	227098
	SccLog	-0,1496	0,06916	-0,08398	0,10964	-0,11749	-0,38089	-0,091
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		227098	227098	227098	227098	227098	227098	227098

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

121-150	SCC	-0,10505	0,04337	-0,06483	0,09497	-0,08179	-0,34682	-0,03966
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		224109	224109	224109	224109	224109	224109	224109
	SccLog	-0,15396	0,06641	-0,0911	0,10245	-0,12453	-0,38273	-0,08302
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		224109	224109	224109	224109	224109	224109	224109
151-180	SCC	-0,11211	0,04445	-0,07395	0,09404	-0,08979	-0,34214	-0,03331
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		220309	220309	220309	220309	220309	220309	220309
	SccLog	-0,16497	0,06209	-0,10698	0,10117	-0,13653	-0,38086	-0,07577
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		220309	220309	220309	220309	220309	220309	220309
181-210	SCC	-0,11314	0,04098	-0,07908	0,08901	-0,09175	-0,32635	-0,02991
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		216912	216912	216912	216912	216912	216912	216912
	SccLog	-0,16979	0,06121	-0,11524	0,09665	-0,14277	-0,37939	-0,07122
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		216912	216912	216912	216912	216912	216912	216912
211-240	SCC	-0,11054	0,03773	-0,08024	0,08114	-0,09181	-0,31135	-0,02483
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		212288	212288	212288	212288	212288	212288	212288
	SccLog	-0,17052	0,05599	-0,12155	0,0904	-0,14596	-0,37232	-0,06066
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		212288	212288	212288	212288	212288	212288	212288
241-270	SCC	-0,10231	0,03493	-0,07531	0,08421	-0,08272	-0,30146	-0,02399
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		203524	203524	203524	203524	203524	203524	203524
	SccLog	-0,17224	0,05235	-0,1274	0,09501	-0,1472	-0,37102	-0,06008
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		203524	203524	203524	203524	203524	203524	203524
271-300	SCC	-0,10106	0,0271	-0,07947	0,07377	-0,08403	-0,29145	-0,02175
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		182385	182385	182385	182385	182385	182385	182385
	SccLog	-0,17776	0,04805	-0,13711	0,09289	-0,15374	-0,36989	-0,04993
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		182385	182385	182385	182385	182385	182385	182385
> 300	SCC	-0,09629	0,02217	-0,07907	0,06032	-0,08304	-0,27428	-0,01248
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		390732	390732	390732	390732	390732	390732	390732
	SccLog	-0,1895	0,03957	-0,15556	0,08813	-0,16799	-0,37389	-0,03196
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		390732	390732	390732	390732	390732	390732	390732

5.3.4. Analiza prema regiji uzgoja

U Tablici 19. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava Holstein pasmine prema regiji uzgoja prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log transformacije (SccLog) s dnevnim proizvodnim svojstvima mlijeka, razvrstani po trima hrvatskim regijama: Središnja, Istočna i Mediteranska Hrvatska. U sve tri regije bilježi se negativna korelacija između SCC i dnevne količine mlijeka, koja je najslabija u Istočnoj Hrvatskoj ($-0,092$) i najjača u Mediteranskoj regiji ($-0,104$), dok log-transformirani SCC pokazuje izraženiju negativnu povezanost (do $-0,205$ u Mediteranu). Korelacija između SCC i udjela mliječne masti je slabo pozitivna u svim regijama, a najviša u Mediteranu ($0,074$), dok su korelacije s dnevnom proizvodnjom mliječne masti negativne, osobito za SccLog ($-0,127$ u Istočnoj Hrvatskoj i $-0,119$ u Središnjoj). Udio proteina korelira pozitivno sa SCC, ali slabije, dok dnevna proizvodnja proteina pokazuje konzistentno negativne vrijednosti korelacije.

Tablica 19. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema regiji uzgoja

Hrvatska regija uzgoja		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
Središnja	SCC	-0,0943	0,04244	-0,06473	0,08679	-0,07324	-0,32692	-0,02228
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		953619	953619	953619	953619	953619	953619	953619
	SccLog	-0,18002	0,08449	-0,11855	0,15508	-0,13714	-0,39142	-0,0573
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		953619	953619	953619	953619	953619	953619	953619
Istočna	SCC	-0,09233	0,04312	-0,05787	0,08047	-0,07613	-0,29731	-0,02777
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		1440364	1440364	1440364	1440364	1440364	1440364	1440364
	SccLog	-0,19491	0,07961	-0,12652	0,15644	-0,15937	-0,37791	-0,05822
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		1440364	1440364	1440364	1440364	1440364	1440364	1440364
Mediteran	SCC	-0,10351	0,07437	-0,05575	0,10669	-0,07967	-0,32917	-0,01084
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0002
		114677	114677	114677	114677	114677	114677	114677
	SccLog	-0,20479	0,13767	-0,11048	0,17159	-0,16127	-0,40159	-0,0399
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		114677	114677	114677	114677	114677	114677	114677

Udio laktoze ima najjaču negativnu povezanost sa SCC u svim regijama (do $-0,401$ za SccLog u Mediteranu), što je najizraženiji pojedinačni odnos u ovoj analizi. Korelacija između SCC i

koncentracije uree je u svim regijama slaba, ali statistički značajna i negativna (najizraženija u Istočnoj Hrvatskoj: $-0,058$ za SccLog).

Sve korelacije su statistički visoko značajne ($p < 0,0001$), što potvrđuje dosljednost i pouzdanost nalaza na velikom broju opažanja.

5.3.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

U Tablici 20. kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava Holstein pasmine prema sezoni kontrole mliječnosti prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log transformacije (SccLog) s dnevnim proizvodnim svojstvima mlijeka, i to u četiri godišnja doba: jeseni, zime, proljeća i ljeta.

Tablica 20. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema sezoni kontrole mliječnosti

Godišnje doba		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
Jesen	SCC	-0,10293	0,04828	-0,06872	0,09752	-0,08245	-0,31568	-0,03558
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		598086	598086	598086	598086	598086	598086	598086
	SccLog	-0,20046	0,08918	-0,13396	0,17355	-0,15959	-0,4002	-0,06717
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		598086	598086	598086	598086	598086	598086	598086
Zima	SCC	-0,0871	0,0366	-0,05788	0,06972	-0,07276	-0,30379	-0,03677
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		680451	680451	680451	680451	680451	680451	680451
	SccLog	-0,19487	0,07653	-0,13023	0,14101	-0,16109	-0,37372	-0,08334
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		680451	680451	680451	680451	680451	680451	680451
Proljeće	SCC	-0,09783	0,05315	-0,05856	0,09358	-0,07576	-0,30669	0,00924
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		583637	583637	583637	583637	583637	583637	583637
	SccLog	-0,1784	0,08335	-0,10966	0,13813	-0,14274	-0,35467	-0,01073
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		583637	583637	583637	583637	583637	583637	583637
Ljeto	SCC	-0,09966	0,04548	-0,06666	0,08	-0,08411	-0,31204	-0,06888
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		646486	646486	646486	646486	646486	646486	646486
	SccLog	-0,21544	0,09082	-0,14586	0,16642	-0,17717	-0,40082	-0,12068
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		646486	646486	646486	646486	646486	646486	646486

U svim godišnjim dobima utvrđena je negativna korelacija između SCC i dnevne količine mlijeka, pri čemu su najniže vrijednosti zabilježene ljeti (SCC: $-0,100$; SccLog: $-0,215$), što upućuje na izraženiju osjetljivost mliječnosti na povišen broj somatskih stanica tijekom toplijih mjeseci.

Udio mliječne masti pokazuje blago pozitivnu povezanost sa SCC ($0,037$ do $0,053$), dok dnevna proizvodnja mliječne masti pokazuje konzistentnu negativnu korelaciju (do $-0,146$ za SccLog ljeti). Korelacija između SCC i udjela proteina je pozitivna, ali niska, dok je povezanost s dnevnim proizvodnjom proteina negativna i izraženija, osobito ljeti (SccLog: $-0,177$). Udio laktoze pokazuje najjaču negativnu povezanost sa SCC, naročito tijekom ljeta i jeseni (SccLog: $-0,401$ i $-0,400$), što potvrđuje konzistentnu osjetljivost ovog pokazatelja na promjene u zdravlju vimena. Korelacija između SCC i koncentracije uree varira ovisno o sezoni – dok je blago negativna u većini godišnjih doba, u proljeće je gotovo neutralna ili čak blago pozitivna za SCC ($0,009$) i neznatno negativna za SccLog ($-0,011$). Sve korelacije su statistički visoko značajne ($p < 0,0001$), a sezonske razlike potvrđuju važnost prilagodbe upravljanja stadima u skladu s godišnjim dobima.

5.3.6. Analiza prema veličini stada

U Tablici 21. kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava Holstein pasmine prema veličini stada prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log transformacije (SccLog) s dnevnim proizvodnim svojstvima mlijeka, i to u šest kategorija veličine stada, od najmanjih (<5 krava) do najvećih (>500 krava).

Kod svih veličina stada zabilježene su negativne korelacije SCC i SccLog s dnevnim količinom mlijeka, pri čemu se nešto jače povezanosti uočavaju kod većih stada, osobito kod SccLog (npr. $-0,185$ za >500 krava). Udio mliječne masti pokazuje blagu pozitivnu povezanost, dok su korelacije s dnevnim proizvodnjom mliječne masti negativne, jače kod log-transformed SCC (do $-0,112$). Uočava se i dosljedna negativna povezanost između SCC i dnevne proizvodnje proteina, s jačim vrijednostima u većim stadima (do $-0,150$). Udio laktoze pokazuje jednu od najsnažnijih negativnih povezanosti sa SCC i SccLog, osobito kod manjih stada (npr. SccLog: $-0,403$ za <5 krava), dok je koncentracija uree slabo negativno povezana u svim kategorijama (od $-0,012$ do $-0,063$). Sve korelacije su statistički značajne ($p < 0,0001$), a rezultati sugeriraju da se u većim stadima uočava jača veza između zdravlja vimena i proizvodnih karakteristika mlijeka.

Tablica 21. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema veličini stada

Veličina stada		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
< 5	SCC	-0,08041	0,0582	-0,04294	0,10513	-0,04797	-0,34676	-0,01199
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		281054	281054	281054	281054	281054	281054	281054
	SccLog	-0,15031	0,10508	-0,07909	0,17567	-0,09198	-0,40264	-0,03499
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		281054	281054	281054	281054	281054	281054	281054
6-10	SCC	-0,09039	0,0522	-0,05803	0,1057	-0,06085	-0,32018	-0,01211
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		148952	148952	148952	148952	148952	148952	148952
	SccLog	-0,16434	0,10003	-0,09784	0,17859	-0,10876	-0,37906	-0,0355
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		148952	148952	148952	148952	148952	148952	148952
11-50	SCC	-0,08945	0,04288	-0,05889	0,08533	-0,06712	-0,31816	-0,01239
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		487803	487803	487803	487803	487803	487803	487803
	SccLog	-0,16544	0,08614	-0,10172	0,15125	-0,12076	-0,38489	-0,04112
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		487803	487803	487803	487803	487803	487803	487803
51-200	SCC	-0,08058	0,04507	-0,04565	0,08117	-0,06247	-0,30485	-0,01941
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		497349	497349	497349	497349	497349	497349	497349
	SccLog	-0,16538	0,08358	-0,09744	0,15201	-0,12757	-0,3694	-0,05271
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		497349	497349	497349	497349	497349	497349	497349
201-500	SCC	-0,09043	0,0483	-0,04896	0,0929	-0,07052	-0,32095	-0,03713
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		513643	513643	513643	513643	513643	513643	513643
	SccLog	-0,17834	0,09293	-0,09609	0,17829	-0,13459	-0,38472	-0,06317
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		513643	513643	513643	513643	513643	513643	513643
> 500	SCC	-0,07669	0,04698	-0,04212	0,06823	-0,0631	-0,26837	-0,00742
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		579859	579859	579859	579859	579859	579859	579859
	SccLog	-0,18531	0,09137	-0,11153	0,15616	-0,15033	-0,3722	-0,02607
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		579859	579859	579859	579859	579859	579859	579859

5.3.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

U Tablici 22. kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava Holstein pasmine prema razredima dnevne količine mlijeka, prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log transformacije (SccLog) s proizvodnim svojstvima mlijeka, unutar četiri razreda volumena dnevne proizvodnje. Korelacija SCC i SccLog s dnevnom količinom mlijeka u svim je razredima negativna i statistički značajna, no relativno slaba, osobito u višim proizvodnim skupinama. Najjača negativna povezanost zabilježena je u razredu 1 (<12 kg): SCC (-0,056), SccLog (-0,098). Udio mliječne masti pokazuje konzistentnu pozitivnu povezanost sa SCC i SccLog kroz sve razrede, ali vrijednosti su niske.

Tablica 22. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema razredima dnevne količine mlijeka

Dnevna količina mlijeka		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
1	SCC	-0,05594	0,03705	-0,0178	0,09238	-0,00564	-0,3146	-0,00135
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0002	<,0001	0,3707
		440482	440482	440482	440482	440482	440482	440482
	SccLog	-0,09816	0,06761	-0,02656	0,15124	-0,01137	-0,39586	-0,0176
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		440482	440482	440482	440482	440482	440482	440482
2	SCC	-0,03123	0,02115	0,00438	0,04823	0,01419	-0,29958	-0,00596
		<,0001	<,0001	0,0002	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		736084	736084	736084	736084	736084	736084	736084
	SccLog	-0,06456	0,05052	0,01513	0,09728	0,0286	-0,36329	-0,02785
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		736084	736084	736084	736084	736084	736084	736084
3	SCC	-0,02377	0,03351	0,02384	0,04466	0,02256	-0,28862	-0,01909
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		695407	695407	695407	695407	695407	695407	695407
	SccLog	-0,04772	0,06232	0,04281	0,09266	0,04807	-0,3448	-0,03805
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		695407	695407	695407	695407	695407	695407	695407
4	SCC	-0,02354	0,04567	0,02612	0,05823	0,01389	-0,26581	-0,03131
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		636687	636687	636687	636687	636687	636687	636687
	SccLog	-0,05958	0,06927	0,0282	0,11484	0,01589	-0,30752	-0,04989
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		636687	636687	636687	636687	636687	636687	636687

Korelacije s dnevnom proizvodnjom mliječne masti su niske i variraju od blago negativnih u nižim razredima do blago pozitivnih u višim, sličan obrazac vrijedi i za dnevnu proizvodnju proteina. Udio proteina pokazuje neujednačen obrazac – u prvom razredu je blago pozitivan, a u drugima varira s niskim koeficijentima. Udio laktoze pokazuje konzistentnu umjerenu negativnu povezanost sa SCC i SccLog, s najsnažnijim korelacijama u razredu 1 (SccLog: – 0,396). Koncentracija uree pokazuje vrlo slabu do slabu negativnu povezanost sa SCC i SccLog, najizraženiju u višim razredima dnevne proizvodnje. Sve korelacije su statistički značajne ($p < 0,0001$), osim povezanosti između SCC i koncentracije uree u razredu 1 ($p = 0,3707$). Rezultati sugeriraju da je povezanost broja somatskih stanica s proizvodnim svojstvima najizraženija kod krava s nižom proizvodnjom mlijeka.

5.4. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i dnevnih svojstava mliječnosti krava simentalske pasmine

5.4.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

U Tablici 23. kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava simentalske pasmine prema redoslijedu laktacije (paritetu) prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log transformacije (SccLog) s proizvodnim svojstvima mlijeka u četiri redoslijeda laktacije.

Tablica 23. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema redoslijedu laktacije

Redoslijed laktacije		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
1	SCC	-0,05224	0,05965	-0,01548	0,07844	-0,02489	-0,26345	-0,00703
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		691600	691600	691600	691600	691600	691600	691600
	SccLog	-0,10654	0,12566	-0,02677	0,16283	-0,04682	-0,34439	-0,03674
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		691600	691600	691600	691600	691600	691600	691600
2	SCC	-0,07073	0,04839	-0,03969	0,07875	-0,04702	-0,27555	-0,00935
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		590844	590844	590844	590844	590844	590844	590844
	SccLog	-0,16854	0,11391	-0,09278	0,18547	-0,10764	-0,36293	-0,03449
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		590844	590844	590844	590844	590844	590844	590844
3	SCC	-0,07726	0,05322	-0,04317	0,08662	-0,0526	-0,29422	-0,00699
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		479875	479875	479875	479875	479875	479875	479875
	SccLog	-0,17512	0,11125	-0,09997	0,19028	-0,11527	-0,37595	-0,03071
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		479875	479875	479875	479875	479875	479875	479875
4	SCC	-0,07756	0,05266	-0,04276	0,09848	-0,04915	-0,34016	-0,00458
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		1071395	1071395	1071395	1071395	1071395	1071395	1071395
	SccLog	-0,15883	0,09824	-0,09039	0,18447	-0,10086	-0,41653	-0,01834
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		1071395	1071395	1071395	1071395	1071395	1071395	1071395

Kod svih pariteta zabilježene su statistički značajne korelacije između SCC/SccLog i proizvodnih svojstava mlijeka. Korelacija između SCC i dnevne količine mlijeka je negativna u svim laktacijama i kreće se od -0,052 (prvi paritet) do -0,078 (četvrti paritet), dok su

korelacije sa SccLog nešto izraženije, u rasponu od $-0,107$ do $-0,175$, što ukazuje na slab, ali konzistentan negativan odnos – s porastom SCC opada dnevna količina mlijeka. Udio mliječne masti pokazuje slab pozitivni odnos sa SCC ($0,043$ – $0,060$) i izraženiji sa SccLog ($0,098$ – $0,126$), što je u skladu s poznatom inverznom vezom između volumena i koncentracije sastojaka mlijeka. Korelacije između SCC/SccLog i dnevne proizvodnje mliječne masti te proteina su negativne i blage, no jače izražene kod log transformacije. Udio proteina pokazuje konzistentnu slabiju pozitivnu povezanost sa SCC i umjereniju sa SccLog. Udio laktoze pokazuje najsnažniju negativnu korelaciju od svih varijabli, osobito kod SccLog (od $-0,344$ u 1. paritetu do $-0,417$ u 4. paritetu), potvrđujući da viša razina somatskih stanica značajno smanjuje udio laktoze u mlijeku. Korelacije s koncentracijom uree su vrlo slabe (blizu nule) za SCC, ali nešto izraženije za SccLog (do $-0,037$ u 1. i $-0,018$ u 4. paritetu). Ovi rezultati potvrđuju slab, ali stabilan negativan odnos između broja somatskih stanica i volumena/proizvodnje mlijeka, kao i izraženiju negativnu povezanost s udjelom laktoze, neovisno o redoslijedu laktacije.

5.4.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

U Tablici 24. kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava simentalske pasmine prema broju dana u laktaciji (četiri skupine) prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log transformacije (SccLog) s dnevnim proizvodnim svojstvima mlijeka unutar četiri stadija laktacije. U svim stadijima laktacije opažena je slaba negativna korelacija između SCC i dnevne količine mlijeka, u rasponu od $-0,059$ u četvrtoj skupini do $-0,079$ u prvoj. Kod log transformiranog SCC (SccLog), taj je odnos izraženiji (od $-0,108$ do $-0,117$), što ukazuje da više vrijednosti SCC dosljedno prate smanjenje proizvodnje mlijeka. Udio mliječne masti pokazuje slab pozitivan odnos sa SCC ($0,033$ do $0,060$), a izraženije sa SccLog ($0,066$ do $0,096$), što je očekivano zbog koncentracijskih promjena u smanjenom volumenu mlijeka. Dnevna proizvodnja mliječne masti i proteina negativno korelira sa SCC i još izraženije sa SccLog, osobito u prvim dvjema fazama laktacije. Udio proteina korelira pozitivno sa SCC ($0,070$ – $0,116$), dok je s logaritamskim SCC taj odnos još jači ($0,116$ – $0,170$). Udio laktoze pokazuje najjaču negativnu korelaciju u svim skupinama, s vršnim vrijednostima u stadiju 1 (SccLog = $-0,418$), što ukazuje da povišeni SCC značajno smanjuje udio laktoze u mlijeku.

Tablica 24. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema broju dana u laktaciji (četiri skupine)

Stadij laktacije		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
1	SCC	-0,07868	0,05988	-0,03137	0,11637	-0,03932	-0,35512	-0,01078
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		824694	824694	824694	824694	824694	824694	824694
	ScLog	-0,11677	0,09563	-0,04008	0,17028	-0,05442	-0,41764	-0,03468
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		824694	824694	824694	824694	824694	824694	824694
2	SCC	-0,07548	0,0486	-0,04036	0,08461	-0,04963	-0,33157	-0,01417
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		875698	875698	875698	875698	875698	875698	875698
	ScLog	-0,11671	0,08671	-0,05407	0,12757	-0,07473	-0,4058	-0,0457
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		875698	875698	875698	875698	875698	875698	875698
3	SCC	-0,0669	0,03767	-0,04152	0,07508	-0,04622	-0,29687	-0,00536
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		767562	767562	767562	767562	767562	767562	767562
	ScLog	-0,11237	0,07177	-0,06337	0,11854	-0,07762	-0,38539	-0,03405
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		767562	767562	767562	767562	767562	767562	767562
4	SCC	-0,05884	0,03268	-0,0386	0,06994	-0,04	-0,28585	-0,00065
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,6956
		365760	365760	365760	365760	365760	365760	365760
	ScLog	-0,10797	0,06624	-0,06595	0,11595	-0,07448	-0,38435	-0,01911
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		365760	365760	365760	365760	365760	365760	365760

Korelacije s koncentracijom uree su vrlo niske, iako nešto izraženije kod ScLog (do -0,046), dok SCC pokazuje zanemarivu povezanost s tim pokazateljem. Ovi rezultati potvrđuju stabilan obrazac slabe do umjerene negativne povezanosti SCC-a s volumenskim i kvalitativnim pokazateljima proizvodnje mlijeka u svim stadijima laktacije.

5.4.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

U Tablici 25. kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava simentalne pasmine prema broju dana u laktaciji (11 razreda) prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log transformacije (SccLog) s dnevnim proizvodnim svojstvima mlijeka u jedanaest razreda dana laktacije.

Tablica 25. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Dani u laktaciji		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
< 30	SCC	-0,08097	0,05983	-0,02873	0,13329	-0,03209	-0,36403	-0,00111
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,6115
		207556	207556	207556	207556	207556	207556	207556
	SccLog	-0,11304	0,0976	-0,0287	0,18927	-0,03834	-0,43141	-0,01536
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		207556	207556	207556	207556	207556	207556	207556
31-60	SCC	-0,08051	0,05738	-0,03466	0,11709	-0,04346	-0,35444	-0,01062
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		261790	261790	261790	261790	261790	261790	261790
	SccLog	-0,12328	0,08817	-0,05085	0,16804	-0,06538	-0,41002	-0,03612
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		261790	261790	261790	261790	261790	261790	261790
61-90	SCC	-0,08203	0,05779	-0,03853	0,10156	-0,04935	-0,35107	-0,01645
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		266246	266246	266246	266246	266246	266246	266246
	SccLog	-0,12169	0,0928	-0,05102	0,15059	-0,0691	-0,41302	-0,04404
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		266246	266246	266246	266246	266246	266246	266246
91-120	SCC	-0,0771	0,05606	-0,03627	0,09281	-0,0472	-0,34544	-0,01602
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		265829	265829	265829	265829	265829	265829	265829
	SccLog	-0,11394	0,0882	-0,04831	0,134	-0,06795	-0,41047	-0,04501
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		265829	265829	265829	265829	265829	265829	265829
121-150	SCC	-0,07531	0,04997	-0,03896	0,08601	-0,04873	-0,33953	-0,01416
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		264590	264590	264590	264590	264590	264590	264590
	SccLog	-0,11029	0,08625	-0,04792	0,12393	-0,06915	-0,40486	-0,04691
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		264590	264590	264590	264590	264590	264590	264590

151-180	SCC	-0,07418	0,04895	-0,0395	0,08373	-0,04901	-0,32984	-0,01392
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		260352	260352	260352	260352	260352	260352	260352
	SccLog	-0,11194	0,08392	-0,05171	0,11907	-0,07345	-0,40391	-0,045
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		260352	260352	260352	260352	260352	260352	260352
181-210	SCC	-0,07511	0,04031	-0,04488	0,08117	-0,051	-0,31298	-0,01361
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		255785	255785	255785	255785	255785	255785	255785
	SccLog	-0,11042	0,07719	-0,05529	0,11537	-0,07426	-0,39605	-0,04781
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		255785	255785	255785	255785	255785	255785	255785
211-240	SCC	-0,06772	0,03896	-0,04059	0,07439	-0,04694	-0,30335	-0,0065
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0012
		249870	249870	249870	249870	249870	249870	249870
	SccLog	-0,10863	0,07342	-0,05696	0,11121	-0,07519	-0,38853	-0,0381
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		249870	249870	249870	249870	249870	249870	249870
241-270	SCC	-0,06756	0,03488	-0,044	0,07486	-0,04728	-0,29005	-0,0032
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,1219
		233998	233998	233998	233998	233998	233998	233998
	SccLog	-0,11166	0,06546	-0,06653	0,11443	-0,07847	-0,38253	-0,03112
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		233998	233998	233998	233998	233998	233998	233998
271-300	SCC	-0,06251	0,03631	-0,03901	0,07703	-0,04166	-0,29109	-0,00224
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,32
		196623	196623	196623	196623	196623	196623	196623
	SccLog	-0,10782	0,06613	-0,0644	0,12242	-0,0731	-0,38206	-0,02621
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		196623	196623	196623	196623	196623	196623	196623
> 300	SCC	-0,05892	0,03265	-0,03869	0,07037	-0,03994	-0,28579	-0,00093
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,5691
		371075	371075	371075	371075	371075	371075	371075
	SccLog	-0,10791	0,06625	-0,06587	0,11638	-0,07427	-0,38425	-0,01935
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		371075	371075	371075	371075	371075	371075	371075

Rezultati pokazuju dosljednu negativnu korelaciju između SCC i dnevne količine mlijeka u svim razredima dana laktacije (od $-0,059$ do $-0,081$), a taj je odnos izraženiji kada se promatra log transformacija SCC (od $-0,108$ do $-0,123$). Udio mliječne masti pokazuje nisku pozitivnu povezanost sa SCC i SccLog (SCC od $0,033$ do $0,060$; SccLog od $0,066$ do $0,098$), što se može objasniti koncentracijskim efektima uslijed smanjene proizvodnje mlijeka. Dnevna proizvodnja mliječne masti i proteina korelira negativno s SCC i još jače s SccLog (npr. SccLog korelacija s dnevnom količinom mliječne masti od $-0,029$ do $-0,067$). Udio proteina bilježi slab pozitivni

odnos sa SCC (0,070–0,133) te umjereno viši sa SccLog (do 0,189 u najranijem razredu laktacije). Udio laktoze ima najjaču negativnu korelaciju sa SCC i posebno s log SCC (od –0,285 do –0,431), što je u skladu s poznatim učinkom upalnih stanja na sintezu laktoze. Korelacija SCC s koncentracijom uree je općenito vrlo niska i često statistički beznačajna, dok je SccLog u većoj mjeri negativno povezan (do –0,048). Opaža se da je u ranim stadijima laktacije korelacija jača, osobito za parametre koji ukazuju na kvalitetu i količinu mlijeka, što ukazuje na povećanu osjetljivost mliječne žlijezde na upalne promjene u tim fazama.

5.4.4. Analiza prema regiji uzgoja

U Tablici 26. kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava simentalke pasmine prema regiji uzgoja prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log-transformacije (SccLog) s dnevnim proizvodnim svojstvima mlijeka u trima hrvatskim regijama uzgoja: središnjoj, istočnoj i mediteranskoj.

Tablica 26. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema regiji uzgoja

Hrvatska regija uzgoja		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
Središnja	SCC	-0,07628	0,04836	-0,04476	0,08677	-0,05093	-0,32269	-0,00927
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		2111354	2111354	2111354	2111354	2111354	2111354	2111354
	SccLog	-0,15852	0,09793	-0,09208	0,17729	-0,10141	-0,40985	-0,03146
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		2111354	2111354	2111354	2111354	2111354	2111354	2111354
Istočna	SCC	-0,05758	0,04913	-0,02338	0,07916	-0,03245	-0,30557	-0,01129
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		661568	661568	661568	661568	661568	661568	661568
	SccLog	-0,12903	0,11096	-0,04974	0,16296	-0,07386	-0,39789	-0,03985
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		661568	661568	661568	661568	661568	661568	661568
Mediteran	SCC	-0,07687	0,08348	-0,02693	0,07349	-0,05735	-0,34907	-0,00092
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,8199
		60792	60792	60792	60792	60792	60792	60792
	SccLog	-0,13854	0,14336	-0,05277	0,15608	-0,09326	-0,43037	-0,0178
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		60792	60792	60792	60792	60792	60792	60792

U svim regijama zabilježena je negativna korelacija SCC-a s dnevnom količinom mlijeka, pri čemu je ona najizraženija u središnjoj Hrvatskoj (SCC: –0,076; SccLog: –0,159), dok je

najslabija u istočnoj regiji (SCC: $-0,058$; SccLog: $-0,129$). Udio mliječne masti pozitivno korelira s brojem somatskih stanica, a korelacija je nešto izraženija u mediteranskoj regiji (SCC: $0,083$; SccLog: $0,143$). Dnevna proizvodnja mliječne masti i proteina u svim regijama pokazuje blagu do umjerenu negativnu povezanost s brojem somatskih stanica, što je očekivano s obzirom na učinak mastitisa na sekrecijsku funkciju mliječne žlijezde. Udio proteina pokazuje nisku pozitivnu korelaciju sa SCC (do $0,087$ u središnjoj regiji), a negativnu korelaciju s dnevnim proizvodnjom proteina. Najjače negativne povezanosti bilježe se za udio laktoze, gdje su korelacije s log SCC-om vrlo izražene (od $-0,398$ do $-0,430$), osobito u mediteranskoj regiji, što potvrđuje osjetljivost sinteze laktoze na upalne promjene u mliječnoj žlijezdi. Korelacija između broja somatskih stanica i koncentracije uree u mlijeku je vrlo niska u sve tri regije, a u mediteranskoj regiji gotovo zanemariva (SCC: $-0,0009$; SccLog: $-0,018$).

5.4.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

U Tablici 27. kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava simentalke pasmine prema sezoni kontrole mliječnosti prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log-transformacije (SccLog) s dnevnim proizvodnim svojstvima mlijeka u četiri godišnja doba: jeseni, zime, proljeća i ljeta. U svim godišnjim dobima zabilježena je negativna korelacija broja somatskih stanica s dnevnim količinom mlijeka, s najnižim vrijednostima zabilježenim ljeti (SccLog: $-0,166$), a najslabijom zimi (SCC: $-0,065$). Udio mliječne masti pokazuje pozitivnu korelaciju sa SCC, a najizraženija je u proljeće (SCC: $0,067$), dok je najmanja ljeti (SCC: $0,042$). Korelacije s dnevnim proizvodnjom mliječne masti i proteina su negativne, što ukazuje na smanjenje sinteze ovih komponenti s porastom broja somatskih stanica. Udio proteina pokazuje pozitivnu povezanost sa SCC, dok je dnevna proizvodnja proteina u negativnoj korelaciji. Udio laktoze je u svim sezonama u umjereno jakoj negativnoj korelaciji s brojem somatskih stanica, najizraženije ljeti (SccLog: $-0,427$), što ukazuje na sezonski utjecaj upalnih procesa na sintezu laktoze. Korelacija između SCC-a i koncentracije uree također je negativna, s izraženijim vrijednostima tijekom ljeta (SccLog: $-0,060$), dok je najslabija u proljeće (SCC: $0,009$), s minimalnim ili zanemarivim utjecajem.

Tablica 27. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema sezoni kontrole mliječnosti

Godišnje doba		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
Jesen	SCC	-0,07461	0,05006	-0,04176	0,09316	-0,04677	-0,32036	-0,01328
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		713939	713939	713939	713939	713939	713939	713939
	SccLog	-0,14532	0,10058	-0,07783	0,17877	-0,08755	-0,42179	-0,03228
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		713939	713939	713939	713939	713939	713939	713939
Zima	SCC	-0,06503	0,04615	-0,03539	0,07674	-0,04289	-0,30953	-0,01468
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		763987	763987	763987	763987	763987	763987	763987
	SccLog	-0,14821	0,09848	-0,0817	0,1692	-0,09458	-0,39225	-0,04033
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		763987	763987	763987	763987	763987	763987	763987
Proljeće	SCC	-0,07205	0,06713	-0,02996	0,09223	-0,04381	-0,3172	0,00855
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		632889	632889	632889	632889	632889	632889	632889
	SccLog	-0,13684	0,11244	-0,06169	0,15667	-0,08553	-0,38069	-0,00408
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0012
		632889	632889	632889	632889	632889	632889	632889
Ljeto	SCC	-0,07244	0,04229	-0,04396	0,08645	-0,048	-0,32925	-0,03549
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		722899	722899	722899	722899	722899	722899	722899
	SccLog	-0,16631	0,09376	-0,1009	0,18757	-0,10723	-0,42714	-0,0604
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		722899	722899	722899	722899	722899	722899	722899

5.4.6. Analiza prema veličini stada

U Tablici 28. kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava simentalke pasmine prema veličini stada prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log-transformacije (SccLog) s dnevnim proizvodnim pokazateljima mlijeka, u šest kategorija veličine stada. Korelacija između broja somatskih stanica i dnevne količine mlijeka u svim skupinama stada bila je negativna i statistički značajna, a najizraženija u najvećim stadima (201–500 krava; SccLog: –0,260), što upućuje na jasnu povezanost većeg opterećenja upalama s nižom proizvodnjom. Udio mliječne masti bio je u pozitivnoj korelaciji sa SCC, pri čemu su vrijednosti bile konzistentne, s blagim porastom u manjim stadima. Dnevna proizvodnja mliječne masti i proteina pokazuje negativnu korelaciju sa SCC i SccLog u svim skupinama, pri čemu su korelacije izraženije u većim

stadima, naročito za log-transformaciju. Udio proteina bio je pozitivno povezan sa SCC, dok je dnevna proizvodnja proteina, očekivano, u negativnoj korelaciji. Udio laktoze pokazuje dosljednu i izraženu negativnu korelaciju s brojem somatskih stanica (npr. SccLog do -0,424), pri čemu su vrijednosti bile najniže u srednjim i većim kategorijama stada. Koncentracija uree pokazuje uglavnom vrlo slabu negativnu korelaciju s SCC i SccLog, uz statistički beznačajnu povezanost u najvećim stadima (>200 krava).

Tablica 28. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema veličini stada

Veličina stada		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
< 5	SCC	-0,05559	0,06315	-0,01519	0,09329	-0,02472	-0,3281	0,00564
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		808357	808357	808357	808357	808357	808357	808357
	SccLog	-0,1196	0,11728	-0,04107	0,18411	-0,05501	-0,41397	-0,0126
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		808357	808357	808357	808357	808357	808357	808357
6-10	SCC	-0,06972	0,04504	-0,03905	0,08934	-0,04159	-0,32089	-0,00609
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		619021	619021	619021	619021	619021	619021	619021
	SccLog	-0,14412	0,09299	-0,07916	0,18199	-0,08171	-0,40851	-0,02675
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		619021	619021	619021	619021	619021	619021	619021
11-50	SCC	-0,07887	0,04373	-0,04817	0,08109	-0,05554	-0,31271	-0,01632
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		990124	990124	990124	990124	990124	990124	990124
	SccLog	-0,16503	0,09928	-0,09464	0,17019	-0,1107	-0,40346	-0,03794
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		990124	990124	990124	990124	990124	990124	990124
51-200	SCC	-0,08614	0,03572	-0,05943	0,0752	-0,06634	-0,32292	-0,0145
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		398302	398302	398302	398302	398302	398302	398302
	SccLog	-0,18224	0,08105	-0,12148	0,15713	-0,13538	-0,4121	-0,05009
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		398302	398302	398302	398302	398302	398302	398302
201-500	SCC	-0,08574	0,08167	-0,03704	0,0791	-0,0714	-0,26061	0,00038
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,9591
		17910	17910	17910	17910	17910	17910	17910
	SccLog	-0,26021	0,20666	-0,12383	0,22038	-0,21953	-0,42406	-0,0057
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,446
		17910	17910	17910	17910	17910	17910	17910

5.4.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

U Tablici 29. kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka krava simentalne pasmine prema dnevnoj količini mlijeka, prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i njegove log-transformacije (ScLog) s dnevnim proizvodnim svojstvima mlijeka, u četiri razreda dnevne proizvodnje mlijeka.

Tablica 29. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema dnevnoj količini mlijeka

Dnevna količina mlijeka		Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Dnevna proizvodnja mliječne masti, kg	Udio proteina, %	Dnevna proizvodnja proteina, kg	Udio laktoze, %	Koncentracija uree, mmol/L
1	SCC	-0,04277	0,04857	0,0068	0,09868	0,01852	-0,32022	0,00679
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		590211	590211	590211	590211	590211	590211	590211
	ScLog	-0,08271	0,10168	0,02122	0,18203	0,03405	-0,41711	-0,00581
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		590211	590211	590211	590211	590211	590211	590211
2	SCC	-0,01386	0,03823	0,0309	0,06765	0,05011	-0,31329	0,00179
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,1233
		740882	740882	740882	740882	740882	740882	740882
	ScLog	-0,02997	0,08895	0,07303	0,14982	0,11185	-0,39469	-0,01533
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		740882	740882	740882	740882	740882	740882	740882
3	SCC	-0,01194	0,04129	0,03612	0,06479	0,05232	-0,30981	-0,00299
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0126
		694275	694275	694275	694275	694275	694275	694275
	ScLog	-0,02979	0,0887	0,07611	0,14426	0,1153	-0,38795	-0,01762
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		694275	694275	694275	694275	694275	694275	694275
4	SCC	-0,03206	0,04578	0,01319	0,05559	0,00273	-0,30081	-0,02083
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0139	<,0001	<,0001
		808346	808346	808346	808346	808346	808346	808346
	ScLog	-0,07164	0,0856	0,01732	0,13153	0,01007	-0,37456	-0,03986
		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
		808346	808346	808346	808346	808346	808346	808346

U svim razredima dnevne količine mlijeka zabilježena je negativna i statistički značajna korelacija SCC i ScLog s dnevnim količinom mlijeka, ali s manjim apsolutnim vrijednostima u srednjim i višim razredima (npr. ScLog: -0,07164 u najvišoj skupini), što ukazuje na nešto slabiju, ali i dalje prisutnu povezanost između povećanog broja somatskih stanica i smanjene proizvodnje mlijeka. Udio mliječne masti pokazuje pozitivnu povezanost s SCC i ScLog u svim skupinama, s nešto višim koeficijentima u prvom razredu, a sličan trend se primjećuje i

za udio proteina. S druge strane, dnevna proizvodnja mliječne masti i proteina pokazuje uglavnom vrlo slabu pozitivnu korelaciju s SCC (npr. SCC: 0,0068 do 0,0761), dok su korelacije izraženije kod SccLog, posebno u drugoj i trećoj skupini, što sugerira da viša proizvodnja komponenata mlijeka može biti povezana s nešto višim vrijednostima SCC, ali u slabom opsegu. Udio laktoze dosljedno pokazuje negativnu korelaciju sa SCC i SccLog u svim razredima, što je u skladu s poznatim patofiziološkim učincima mastitisa. Koeficijenti korelacije log-transformiranih vrijednosti broja somatskih stanica s udjelom laktoze kreću se od $-0,37456$ do $-0,41711$. Korelacija između koncentracije uree i SCC pokazuje vrlo male i statistički granične ili beznačajne vrijednosti u nekim razredima (npr. SCC: 0,00679 u 1. skupini), dok log-transformirane vrijednosti pokazuju nešto dosljednije, ali još uvijek slabe negativne povezanosti (do $-0,03986$).

5.5. Frekvencijska pojavnost subkliničkog i kliničkog mastitisa kod krava holstein pasmine

5.5.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

U Tablici 30. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema redoslijedu laktacije prikazana je raspodjela krava u tri kategorije zdravstvenog statusa vimena – klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis – unutar četiri pariteta.

Tablica 30. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema redoslijedu laktacije

Redoslijed laktacije	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
1	N	125214	650740	104509	880463
	%	14,22	73,91	11,87	100
2	N	137098	445488	97049	679635
	%	20,17	65,55	14,28	100
3	N	116219	255389	71659	443267
	%	26,22	57,62	16,17	100
4	N	176684	240654	88519	505857
	%	34,93	47,57	17,5	100

Dobiveni rezultati ukazuju na jasan trend porasta učestalosti mastitisa s porastom redoslijeda laktacije. U prvom paritetu, mastitis je zabilježen kod 14,22 % krava, dok se taj udio povećava na 20,17 % u drugom, 26,22 % u trećem te doseže 34,93 % u četvrtom paritetu. Paralelno s tim, bilježi se postupan pad udjela krava sa zdravim vimenom – s 73,91 % u prvoj do samo 47,57 % u četvrtoj laktaciji. Udio krava u rizičnoj skupini također pokazuje rastući trend – od 11,87 % u prvoj do 17,50 % u četvrtoj laktaciji. Ovi rezultati potvrđuju kumulativni učinak laktacija na zdravlje vimena. S porastom broja laktacija povećava se izloženost krava subkliničkim i kliničkim oblicima mastitisa, a istovremeno se smanjuje udio životinja koje imaju optimalan zdravstveni status. Time se naglašava potreba za posebnim nadzorom i preventivnim mjerama kod višelaktacijskih krava kako bi se očuvala njihova mliječna funkcija i opće zdravlje.

5.5.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

U Tablici 31. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema broju dana u laktaciji prikazana je raspodjela krava u tri kategorije zdravstvenog statusa vimena – klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis – unutar četiri skupine dana laktacije.

Tablica 31. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema broju dana u laktaciji

Stadij laktacije	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
1	N	145645	478909	82960	707514
	%	20,59	67,69	11,73	100
2	N	162017	482927	96507	741451
	%	21,85	65,13	13,02	100
3	N	153234	413755	107774	674763
	%	22,71	61,32	15,97	100
4	N	94319	216680	74495	385494
	%	24,47	56,21	19,32	100

Dobiveni rezultati ukazuju na postupni porast učestalosti mastitisa s napredovanjem stadija laktacije. U prvoj skupini (<100 dana), mastitis je zabilježen kod 20,59 % krava, dok se udio povećava na 21,85 % u drugoj, 22,71 % u trećoj i doseže 24,47 % u četvrtoj skupini (>300 dana). Paralelno s tim, udio krava sa zdravim vimenom opada – s 67,69 % u prvoj skupini na 56,21 % u četvrtoj. Udio krava u rizičnoj skupini također pokazuje rast – od 11,73 % do 19,32 %. Ovi podaci ukazuju na kumulativni utjecaj trajanja laktacije na pogoršanje zdravstvenog statusa vimena, što zahtijeva pažljivije praćenje i ciljanje preventivnih mjera u kasnijim fazama laktacije.

5.5.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

U Tablici 32. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema broju dana u laktaciji (11 razreda) prikazana je raspodjela krava u tri kategorije zdravstvenog statusa vimena, klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis – kroz jedanaest razreda dana laktacije.

Tablica 32. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Dani u laktaciji	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
< 30	N	38314	114088	22147	174549
	%	21,95	65,36	12,69	100
31-60	N	45159	157588	25759	228506
	%	19,76	68,96	11,27	100
61-90	N	46478	155798	26117	228393
	%	20,35	68,21	11,44	100
91-120	N	47680	152354	27114	227148
	%	20,99	67,07	11,94	100
121-150	N	48546	147337	28272	224155
	%	21,66	65,73	12,61	100
151-180	N	48543	142140	29674	220357
	%	22,03	64,5	13,47	100
181-210	N	48779	137426	30752	216957
	%	22,48	63,34	14,17	100
211-240	N	47903	132165	32266	212334
	%	22,56	62,24	15,2	100
241-270	N	46334	124709	32532	203575
	%	22,76	61,26	15,98	100
271-300	N	41893	108880	31656	182429
	%	22,96	59,68	17,35	100
> 300	N	95586	219786	75447	390819
	%	24,46	56,24	19,3	100

Dobiveni rezultati pokazuju postupan porast učestalosti mastitisa kako laktacija odmiče, pri čemu se udio krava s mastitisom povećava s 21,95 % u razredu <30 dana na 24,46 % u razredu >300 dana. Istovremeno se bilježi pad udjela krava sa zdravim vimenom – s 65,36 % na početku laktacije na 56,24 % u kasnijem stadiju (>300 dana). Udio krava u rizičnoj skupini također raste, od 12,69 % u prvoj skupini do 19,30 % u posljednjem razredu. Ovaj trend ukazuje na kumulativni učinak trajanja laktacije na pogoršanje zdravstvenog statusa vimena, uz sve veći

rizik od subkliničkih i kliničkih oblika mastitisa. Rezultati ističu važnost redovitog praćenja zdravlja vimena tijekom cijelog laktacijskog ciklusa, osobito u kasnijim razdobljima kada je izloženost patogenima i fiziološki stres veći.

5.5.4. Analiza prema regiji uzgoja

U Tablici 33. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema regiji uzgoja prikazana je raspodjela krava u tri kategorije zdravstvenog statusa vimena – klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis – unutar triju hrvatskih regija: središnje, istočne i mediteranske.

Tablica 33. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema regiji uzgoja

Hrvatska regija uzgoja	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
Središnja	N	240930	562413	150621	953964
	%	25,26	58,96	15,79	100
Istočna	N	290634	954010	195931	1440575
	%	20,17	66,22	13,6	100
Mediteran	N	23651	75848	15184	114683
	%	20,62	66,14	13,24	100

Rezultati pokazuju značajne regionalne razlike u učestalosti mastitisa. Najviša prevalencija mastitisa zabilježena je u središnjoj Hrvatskoj, gdje 25,26 % krava pokazuje znakove bolesti, dok se u istočnoj i mediteranskoj regiji taj udio kreće oko 20 %. Paralelno s tim, središnja regija ima i najmanji udio krava sa zdravim vimenom (58,96 %), za razliku od istočne (66,22 %) i mediteranske (66,14 %) regije. Udio krava u rizičnoj skupini također je viši u središnjoj Hrvatskoj (15,79 %) u odnosu na ostale dvije regije, gdje se kreće oko 13 %. Ove razlike ukazuju na potencijalni utjecaj upravljačkih praksi, okolišnih uvjeta i razina zdravstvene zaštite u različitim regijama, te sugeriraju potrebu za regionalno prilagođenim strategijama prevencije i kontrole mastitisa.

5.5.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

U Tablici 34. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema sezoni kontrole mliječnosti prikazana je raspodjela krava u tri kategorije zdravstvenog statusa vimena – klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis – tijekom četiri godišnja doba.

Tablica 34. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema sezoni kontrole mliječnosti

Godišnje doba	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
Jesen	N	140663	367990	89742	598395
	%	23,51	61,5	15	100
Zima	N	138861	447107	94554	680522
	%	20,41	65,7	13,89	100
Proljeće	N	136591	362465	84660	583716
	%	23,4	62,1	14,5	100
Ljeto	N	139100	414709	92780	646589
	%	21,51	64,14	14,35	100

Rezultati pokazuju umjerene sezonske varijacije u učestalosti mastitisa. Najviši udio krava s mastitisom zabilježen je u jesenskom razdoblju (23,51 %), vrlo blisko proljetnom (23,40 %), dok su najniže vrijednosti uočene zimi (20,41 %) i ljeti (21,51 %). Paralelno s tim, najveći udio zdravih krava registriran je zimi (65,70 %), a najmanji u jeseni (61,50 %). Udio krava u rizičnoj skupini pokazuje blage razlike među sezonama – kreće se od 13,89 % zimi do 15,00 % u jeseni. Ovi rezultati sugeriraju da prijelazna godišnja doba (proljeće i jesen) mogu predstavljati veći izazov za zdravlje vimena, vjerojatno zbog fluktuacija u okolišnim uvjetima, što može utjecati na imunološki odgovor i higijenske uvjete. Time se ističe potreba za pojačanom kontrolom i preventivnim mjerama upravo u tim periodima godine.

5.5.6. Analiza prema veličini stada

U Tablici 35. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema veličini stada prikazana je raspodjela životinja u kategorije klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis unutar šest razreda veličine stada. Dobiveni rezultati jasno ukazuju na obrnutu povezanost između učestalosti mastitisa i veličine stada. Najveći udio mastitisa bilježi se u najmanjim stadima (<5 krava) s čak 30,15 %, dok se ta učestalost postupno smanjuje do najnižih 16,45 % u stadima većim od 500 krava. Paralelno s tim, udio krava sa zdravim vimenom raste s porastom veličine stada – od 52,63 % u najmanjoj do 71,22 % u najvećoj skupini.

Tablica 35. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema veličini stada

Veličina stada	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
< 5	N	84769	147988	48406	281163
	%	30,15	52,63	17,22	100
6-10	N	40739	83438	24850	149027
	%	27,34	55,99	16,67	100
11-50	N	118514	293762	75699	487975
	%	24,29	60,2	15,51	100
51-200	N	107070	320922	69435	497427
	%	21,52	64,52	13,96	100
201-500	N	108741	333144	71824	513709
	%	21,17	64,85	13,98	100
> 500	N	95382	413017	71522	579921
	%	16,45	71,22	12,33	100

Rizična skupina također pokazuje blagi trend smanjenja – s 17,22 % (<5 krava) na 12,33 % (>500 krava). Ovi rezultati sugeriraju da veća stada, vjerojatno zahvaljujući boljoj organizaciji, tehničkim resursima i redovnijem veterinarskom nadzoru, ostvaruju nižu prevalenciju mastitisa i viši udio krava s optimalnim zdravstvenim statusom vimena. Nasuprot tome, manja gospodarstva mogu biti izložena izazovima u održavanju higijene i provedbi učinkovitih protumastitičnih mjera.

5.5.7. Analliza prema dnevnoj količini mlijeka

U Tablici 36. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema dnevnoj količini mlijeka prikazana je distribucija životinja u kategorije klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis unutar četiri razreda dnevne proizvodnje mlijeka. Dobiveni rezultati ukazuju na jasan negativan trend između učestalosti mastitisa i volumena dnevne proizvodnje mlijeka. U najnižem proizvodnom razredu (1), mastitis je zabilježen kod 30,60 % krava, dok se taj udio postupno smanjuje na 23,82 % u drugom, 19,33 % u trećem te doseže najnižu vrijednost od 17,36 % u četvrtom razredu (>30 kg).

Tablica 36. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema dnevnoj količini mlije-ka

Dnevna količina mlijeka	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
1	N	134819	221048	84746	440613
	%	30,6	50,17	19,23	100
2	N	175379	445584	115351	736314
	%	23,82	60,52	15,67	100
3	N	134478	471358	89692	695528
	%	19,33	67,77	12,9	100
4	N	110539	454281	71947	636767
	%	17,36	71,34	11,3	100

Istovremeno se udio zdravih životinja povećava – od 50,17 % u prvoj skupini do 71,34 % u najvišoj. Udio krava u rizičnoj skupini također pokazuje silazni trend – s 19,23 % u prvom razredu na 11,30 % u četvrtom. Ovi rezultati jasno pokazuju da su krave nižeg proizvodnog kapaciteta podložnije mastitisu, dok one s većim dnevnim izlučivanjem mlijeka češće zadržavaju zdravlje vimena. To može ukazivati na povezanost između općeg fiziološkog stanja krave i rizika od upalnih procesa, gdje više proizvodne krave imaju bolji imunološki status ili su podložnije nadzoru i pravilnijoj njezi.

5.6. Frekvencijska pojavnost subkliničkog i kliničkog mastitisa kod krava simentalске pasmine

5.6.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

U Tablici 37. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalске pasmine prema redoslijedu laktacije prikazana je raspodjela krava u tri kategorije zdravstvenog statusa vimena – klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis – unutar četiri pariteta. Dobiveni rezultati pokazuju jasan porast učestalosti mastitisa s povećanjem redoslijeda laktacije. U prvom paritetu, mastitis je zabilježen kod 14,48 % krava, dok se taj udio povećava na 18,06 % u drugom, 21,34 % u trećem te doseže 27,75 % u četvrtom paritetu. Istovremeno dolazi do pada udjela krava sa zdravim vimenom – s 73,37 % u prvoj na 54,54 % u četvrtoj laktaciji. Udio krava u rizičnoj skupini također raste, s 12,15 % u prvoj na 17,71 % u četvrtoj laktaciji.

Tablica 37. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalске pasmine prema redoslijedu laktaci-je

Redoslijed laktacije	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
1	N	100171	507704	84083	691958
	%	14,48	73,37	12,15	100
2	N	106766	398683	85692	591141
	%	18,06	67,44	14,5	100
3	N	102464	301331	76321	480116
	%	21,34	62,76	15,9	100
4	N	297489	584596	189801	1071886
	%	27,75	54,54	17,71	100

Ovi podaci potvrđuju kumulativni učinak redoslijeda laktacije na zdravlje vimena. Veći broj laktacija povećava rizik izloženosti subkliničkim i kliničkim oblicima mastitisa, što rezultira smanjenjem udjela životinja sa stabilnim zdravstvenim statusom. Ovi nalazi naglašavaju važnost dodatne pažnje, prevencije i monitoringa kod višelaktacijskih krava radi očuvanja njihove produktivnosti i zdravlja.

5.6.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

U Tablici 38. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema broju dana u laktaciji prikazana je raspodjela krava u kategorije klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis, unutar četiri skupine koje predstavljaju različite stadije laktacije. Dobiveni rezultati pokazuju postupan porast učestalosti mastitisa kako napreduje laktacija. U prvoj skupini (najraniji stadij), mastitis je zabilježen kod 20,01 % krava, dok se taj udio povećava na 21,04 % u drugoj, 22,06 % u trećoj te doseže 24,07 % u četvrtoj skupini. Istodobno se udio krava sa zdravim vimenom smanjuje – sa 67,15 % u prvoj skupini na 56,70 % u četvrtoj. Udio krava u rizičnoj skupini također pokazuje rastući trend, s 12,83 % u najranijem do 19,23 % u najkasnijem stadiju laktacije. Ovi rezultati upućuju na povećanu osjetljivost mliječne žlijezde na razvoj mastitisa u kasnijim fazama laktacije, što može biti posljedica kumulativnog stresa, hormonalnih promjena i dulje izloženosti mikroorganizmima. Važnost redovitog praćenja zdravlja vimena tijekom cijelog razdoblja laktacije, osobito u njezinim kasnijim fazama, time dolazi dodatno do izražaja

Tablica 38. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema broju dana u laktaciji

Stadij laktacije	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
1	N	165138	554105	105871	825114
	%	20,01	67,15	12,83	100
2	N	184289	564482	127325	876096
	%	21,04	64,43	14,53	100
3	N	169389	466228	132323	767940
	%	22,06	60,71	17,23	100
4	N	88074	207499	70378	365951
	%	24,07	56,7	19,23	100

5.6.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

U Tablici 39. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema broju dana u laktaciji prikazana je raspodjela krava u kategorije klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis, unutar četiri skupine koje predstavljaju različite stadije laktacije. Dobiveni rezultati pokazuju postupan porast učestalosti mastitisa kako napreduje laktacija. U prvoj skupini (najraniji stadij), mastitis je zabilježen kod 20,01 % krava, dok se taj udio povećava na 21,04 % u drugoj, 22,06 % u trećoj te doseže 24,07 % u četvrtoj skupini. Istodobno se udio krava sa zdravim vimenom smanjuje – sa 67,15 % u prvoj skupini na 56,70 % u četvrtoj.

Tablica 39. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema broju dana u laktaciji

Dani u laktaciji	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
< 30	N	43593	136673	27373	207639
	%	20,99	65,82	13,18	100
31-60	N	50652	178876	32378	261906
	%	19,34	68,3	12,36	100
61-90	N	52953	179204	34249	266406
	%	19,88	67,27	12,86	100
91-120	N	54230	175892	35851	265973
	%	20,39	66,13	13,48	100
121-150	N	55319	171992	37408	264719
	%	20,9	64,97	14,13	100
151-180	N	55281	166526	38655	260462
	%	21,22	63,93	14,84	100
181-210	N	54987	160449	40474	255910
	%	21,49	62,7	15,82	100
211-240	N	54515	153820	41638	249973
	%	21,81	61,53	16,66	100
241-270	N	51478	141665	40971	234114
	%	21,99	60,51	17,5	100
271-300	N	44569	116636	35526	196731
	%	22,65	59,29	18,06	100
> 300	N	89313	210581	71374	371268
	%	24,06	56,72	19,22	100

Udio krava u rizičnoj skupini također pokazuje rastući trend, s 12,83 % u najranijem do 19,23 % u najkasnijem stadiju laktacije. Ovi rezultati upućuju na povećanu osjetljivost mliječne

žlijezde na razvoj mastitisa u kasnijim fazama laktacije, što može biti posljedica kumulativnog stresa, hormonalnih promjena i dulje izloženosti mikroorganizmima. Važnost redovitog praćenja zdravlja vimena tijekom cijelog razdoblja laktacije, osobito u njezinim kasnijim fazama, time dolazi dodatno do izražaja.

5.6.4. Analiza prema regiji uzgoja

U Tablici 40. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema regiji uzgoja prikazana je raspodjela životinja u kategorije klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis, u tri hrvatske regije: središnjoj, istočnoj i mediteranskoj. Dobiveni rezultati pokazuju relativno ujednačene vrijednosti učestalosti mastitisa između regija. Najviša pojavnost zabilježena je u istočnoj Hrvatskoj (21,70 %), a najniža u mediteranskoj regiji (19,76 %).

Tablica 40. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema regiji uzgoja

Hrvatska regija uzgoja	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
Središnja	N	451275	1336384	324875	2112534
	%	21,36	63,26	15,38	100
Istočna	N	143599	415666	102502	661767
	%	21,7	62,81	15,49	100
Mediteran	N	12016	40264	8520	60800
	%	19,76	66,22	14,01	100

Udio krava sa zdravim vimenom (kategorija zdrava) najviši je u mediteranskoj Hrvatskoj (66,22 %), a najniži u istočnoj (62,81 %), dok su udjeli u kategoriji subklinički mastitis ujednačeni, u rasponu od 14,01 % do 15,49 %. Ovi rezultati upućuju na slične obrasce zdravstvenog statusa vimena među regijama, s blagim prednostima za mediteransko područje, moguće zbog manjih stada, drukčijih uvjeta držanja ili manje intenzivne proizvodnje.

5.6.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

U Tablici 41. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalске pasmine prema sezoni kontrole mliječnosti prikazana je raspodjela životinja u kategorije klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis za sva četiri godišnja doba. Rezultati pokazuju sezonske varijacije u učestalosti mastitisa. Najviša pojavnost zabilježena je tijekom jeseni (22,68 %) i proljeća (22,58 %), dok je najniža zimi (19,49 %), što ukazuje na potencijalni utjecaj okolišnih faktora kao što su vlaga i temperatura na zdravlje vimen. Udio krava sa zdravim vimenom najveći je u zimskom razdoblju (65,71 %), dok je najniži u jeseni (61,50 %). Kategorija risk bilježi ujednačene udjele kroz sva godišnja doba (od 14,80 % do 15,81 %), s nešto višim vrijednostima u jesen i ljeto. Ovi nalazi ukazuju na povećanu ranjivost mliječne žlijezde u prijelaznim sezonama te potvrđuju važnost prilagođenih mjera prevencije i kontrole mastitisa u tim razdobljima.

Tablica 41. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalске pasmine prema sezoni kontrole mliječnosti

Godišnje doba	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
Jesen	N	162171	439662	113051	714884
	%	22,68	61,5	15,81	100
Zima	N	148918	502163	113078	764159
	%	19,49	65,71	14,8	100
Proljeće	N	142937	394213	95810	632960
	%	22,58	62,28	15,14	100
Ljeto	N	152864	456276	113958	723098
	%	21,14	63,1	15,76	100

5.6.6. Analiza prema veličini stada

U Tablici 42. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema veličini stada prikazana je raspodjela krava u kategorije klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis unutar šest kategorija veličine stada.

Tablica 42. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema veličini stada

Veličina stada	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
< 5	N	172959	511508	124263	808730
	%	21,39	63,25	15,37	100
6-10	N	138171	383583	97640	619394
	%	22,31	61,93	15,76	100
11-50	N	212310	626287	151967	990564
	%	21,43	63,23	15,34	100
51-200	N	81170	257435	59896	398501
	%	20,37	64,6	15,03	100
201-500	N	2280	13501	2131	17912
	%	12,73	75,37	11,9	100

Dobiveni rezultati pokazuju blage razlike u učestalosti mastitisa među različitim veličinama stada. U manjim stadima (<5 i 6–10 krava), udio krava s mastitisom iznosi oko 21–22 %, dok je u srednje velikim skupinama (11–50 i 51–200 krava) učestalost slična, oko 20–21 %. Najniža pojavnost mastitisa zabilježena je u najvećim stadima (201–500 krava), gdje iznosi samo 12,73 %, dok je udio zdravih krava u toj skupini najviši (75,37 %). Kategorija risk pokazuje stabilne vrijednosti u većini skupina, s blagim padom u najvećem razredu. Ovi nalazi ukazuju na potencijalnu prednost većih sustava uzgoja u boljoj kontroli zdravlja vimena, vjerojatno zahvaljujući organiziranim veterinarskim praksama i boljim higijenskim standardima.

5.6.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

U Tablici 43. frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema dnevnoj količini mlijeka prikazana je raspodjela krava u zdravstvene kategorije klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis unutar četiri razreda proizvodnje mlijeka.

Tablica 43. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema dnevnoj količini mlijeka

Dnevna količina mlijeka	Pojavnost	Klinički Mastitis	Zdravo	Subklinički mastitis	Ukupno
1	N	155577	326417	108424	590418
	%	26,35	55,29	18,36	100
2	N	167385	453386	120505	741276
	%	22,58	61,16	16,26	100
3	N	142137	449592	102954	694683
	%	20,46	64,72	14,82	100
4	N	141791	562919	104014	808724
	%	17,53	69,61	12,86	100

Rezultati pokazuju jasan negativan trend između razine dnevne proizvodnje mlijeka i učestalosti mastitisa. U prvoj skupini, s najnižom proizvodnjom, zabilježen je najviši udio krava s mastitisom (26,35 %), dok se taj udio smanjuje s porastom količine proizvedenog mlijeka te u četvrtom razredu iznosi 17,53 %. Paralelno s tim, raste udio zdravih krava – s 55,29 % u prvoj skupini na 69,61 % u najvišoj. Udio krava u rizičnoj skupini također opada – s 18,36 % u prvoj na 12,86 % u četvrtoj skupini. Ovi podaci sugeriraju da krave s višom mliječnošću imaju bolji zdravstveni status vimena, što može biti rezultat boljih uvjeta držanja, prehrane i selekcijskog pritiska u proizvodno superiornijim kategorijama.

5.7. Značajnost utjecaja zdravstvenog stanja krave na dnevna svojstva mliječnosti kod holstein pasmine krava

5.7.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

U tablici 44. prikazane su Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih parametara proizvodnje mlijeka u odnosu na zdravstveni status krava i s obzirom na razrede redoslijeda laktacije (I., II., III. i IV.+). Prikazani su podaci za tri zdravstvena statusa vimena – normalno, subkliničko i kliničko stanje – unutar svakog pariteta. Dobiveni rezultati ukazuju na dosljedan obrazac smanjenja proizvodnih svojstava i pogoršanja zdravstvenih pokazatelja s pogoršanjem zdravstvenog statusa vimena. Za sve paritete, krave sa zdravim vimenom (status zdrava) ostvaruju najviše vrijednosti dnevne količine mlijeka i najniže vrijednosti broja somatskih stanica (SccLog), dok klinički oboljeli imaju najniže vrijednosti mliječne proizvodnje i najviše vrijednosti SccLog.

Tablica 44. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i redoslijedu laktacije

Redoslijed laktacije	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
1.	Normalni	24,13 ^A	4,02 ^A	3,37 ^A	4,58 ^A	5,71 ^A	22,11 ^A
	Subklinički	23,99 ^B	4,10 ^B	3,40 ^B	4,53 ^B	8,02 ^B	21,75 ^{B2}
	Klinički	23,91 ^C	4,12 ^C	3,43 ^C	4,46 ^C	9,95 ^C	21,86 ^{B3}
2.	Normalni	24,06 ^A	4,08 ^A	3,42 ^A	4,52 ^A	5,83 ^A	22,21 ^A
	Subklinički	24,79 ^B	4,12 ^B	3,46 ^B	4,46 ^B	8,02 ^B	21,77 ^{Bb}
	Klinički	24,60 ^C	4,13 ^C	3,48 ^C	4,39 ^C	10,02 ^C	21,66 ^{Bc}
3.	Normalni	25,24 ^A	4,09 ^A	3,38 ^A	4,49 ^A	5,96 ^A	22,14 ^A
	Subklinički	24,97 ^B	4,12 ^B	3,42 ^B	4,43 ^B	8,06 ^B	21,65 ^B
	Klinički	24,79 ^C	4,13 ^B	3,44 ^C	4,35 ^C	10,09 ^C	21,44 ^C
4. +	Normalni	25,08 ^A	4,05 ^A	3,34 ^A	4,47 ^A	6,04 ^A	22,17 ^A
	Subklinički	24,81 ^B	4,08 ^B	3,38 ^B	4,41 ^B	8,08 ^B	21,69 ^B
	Klinički	24,63 ^C	4,09 ^C	3,41 ^C	4,31 ^C	10,16 ^C	21,38 ^C

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$), različitim malim slovima visoko značajno ($p < 0,01$), a različitim brojevima značajno ($p < 0,05$).

Kod logaritamskog broja somatskih stanica razlike između skupina su izrazito izražene i dosljedne (npr. u 1. laktaciji: 5,71 kod zdravih krava naspram 9,95 kod klinički oboljelih), što dodatno potvrđuje dijagnostičku osjetljivost ovog pokazatelja. Također, udio laktoze pokazuje

kontinuirani pad od normalnog prema kliničkom statusu, što je u skladu s fiziološkim odgovorom na upalu. Kod koncentracije uree u mlijeku uočavaju se nešto manje razlike, ali su u pojedinim razredima ipak statistički značajne ($p < 0,05$), primjerice u 1. i 2. laktaciji. Udio mliječne masti i proteina blago raste s pogoršanjem zdravlja vimena, što može biti posljedica koncentracijskog efekta uslijed smanjenja ukupnog volumena mlijeka. Ukupno gledano, podaci potvrđuju negativan utjecaj subkliničkog i kliničkog mastitisa na proizvodna svojstva, s jasnom i statistički potvrđenom gradacijom između skupina unutar svakog razreda laktacije.

5.7.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

U tablici 45. prikazane su Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih proizvodnih parametara mlijeka u odnosu na zdravstveni status krava i s obzirom na četiri skupine dana u laktaciji (<100, 100–200, 200–300 i >300 dana). Prikazane su vrijednosti za tri zdravstvena statusa vimena – normalni, subklinički i klinički – unutar svake faze laktacije. Dobiveni rezultati pokazuju dosljedan obrazac pogoršanja zdravstvenih pokazatelja i smanjenja proizvodnih svojstava u skladu s pogoršanjem zdravlja vimena. U svim stadijima laktacije, krave s normalnim zdravstvenim statusom pokazuju najviše vrijednosti dnevne količine mlijeka i najniže vrijednosti logaritamskog broja somatskih stanica (SCClog), dok su kod klinički oboljelih krava te vrijednosti najnepovoljnije. Slično, udio laktoze se smanjuje s pogoršanjem zdravstvenog statusa, što je posebno izraženo u skupini iznad 300 dana laktacije (npr. 4,48 kod zdravih krava i 4,33 kod klinički oboljelih). Udio mliječne masti i proteina pokazuje blagi porast kod krava sa subkliničkim i kliničkim oblikom mastitisa, što može biti rezultat smanjenja volumena mlijeka. Koncentracija uree također pokazuje statistički značajne razlike, osobito u skupinama s dužom laktacijom (npr. >300 dana), gdje se javljaju male ali značajne razlike označene malim slovima i brojevima. Općenito, nalazi potvrđuju negativan učinak mastitisa na proizvodne osobine i podržavaju važnost rane detekcije i kontrole upalnih procesa tijekom cijele laktacije.

Tablica 45. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i broju dana u laktaciji

Stadij laktacije	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
< 100 dana	Normalni	25,72 ^A	3,96 ^A	3,12 ^A	4,54 ^A	5,61 ^A	21,35 ^A
	Subklinički	25,45 ^B	4,05 ^B	3,17 ^B	4,48 ^B	8,12 ^B	20,77 ^B
	Klinički	25,11 ^C	4,09 ^C	3,20 ^C	4,40 ^C	10,18 ^C	20,50 ^C
100 – 200 dana	Normalni	24,93 ^A	3,97 ^A	3,33 ^A	4,53 ^A	5,81 ^A	22,65 ^A
	Subklinički	24,74 ^B	4,02 ^B	3,36 ^B	4,47 ^B	8,10 ^B	22,16 ^B
	Klinički	24,58 ^C	4,02 ^B	3,39 ^C	4,39 ^C	10,14 ^C	22,02 ^C
200 – 300 dana	Normalni	24,12 ^A	4,11 ^A	3,52 ^A	4,50 ^A	6,05 ^A	22,52 ^A
	Subklinički	23,93 ^B	4,15 ^B	3,54 ^B	4,44 ^B	8,05 ^B	22,16 ^{Bb}
	Klinički	23,85 ^C	4,14 ^B	3,57 ^C	4,36 ^C	10,00 ^C	22,06 ^{Bc}
> 300 dana	Normalni	23,75 ^A	4,21 ^A	3,67 ^A	4,48 ^A	6,23 ^A	22,27 ^{Aa}
	Subklinički	23,47 ^B	4,23 ^B	3,69 ^B	4,41 ^B	8,02 ^B	22,16 ^b
	Klinički	23,35 ^C	4,22 ^B	3,71 ^C	4,33 ^C	9,86 ^C	22,06 ^{Bb}

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$), a različitim malim slovima značajno ($p < 0,05$).

5.7.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

U tablici 46. prikazane su Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih proizvodnih parametara mlijeka u odnosu na zdravstveni status krava i s obzirom na jedanaest razreda dana u laktaciji. U svakoj skupini dana (<30 do >300), prikazane su vrijednosti za tri zdravstvena statusa vimena – normalni, subklinički i klinički – za dnevnu količinu mlijeka, sastav mlijeka, broj somatskih stanica i koncentraciju uree. Rezultati pokazuju dosljedan obrazac sniženja proizvodnih svojstava i pogoršanja zdravstvenih pokazatelja kod krava s mastitisom, osobito u kasnijim stadijima laktacije. Dnevna količina mlijeka je najviša kod zdravih krava u ranijim razredima (<60 dana), a s pogoršanjem zdravstvenog statusa i napredovanjem laktacije pokazuje postupan pad – npr. od 25,98 kg u razredu 31–60 dana (normalne) na 23,35 kg u razredu >300 dana (kliničke).

Tablica 46. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i broju dana u laktaciji (11 razreda)

Dani u laktaciji	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
< 30	Normalni	25,43 ^A	4,30 ^A	3,22 ^A	4,49 ^A	5,75 ^A	20,76 ^A
	Subklinički	25,22 ^B	4,41 ^B	3,27 ^B	4,43 ^B	8,10 ^B	20,25 ^B
	Klinički	24,91 ^C	4,48 ^C	3,31 ^C	4,34 ^C	10,17 ^C	20,12 ^B
31-60	Normalni	25,98 ^A	3,87 ^A	3,02 ^A	4,56 ^A	5,53 ^A	21,03 ^A
	Subklinički	25,68 ^B	3,96 ^B	3,08 ^B	4,50 ^B	8,14 ^B	20,47 ^B
	Klinički	25,28 ^C	4,00 ^C	3,11 ^C	4,42 ^C	10,19 ^C	20,14 ^C
61-90	Normalni	25,75 ^A	3,84 ^A	3,11 ^A	4,56 ^A	5,59 ^A	21,83 ^A
	Subklinički	25,44 ^B	3,91 ^{Bb}	3,16 ^B	4,50 ^B	8,14 ^B	21,23 ^B
	Klinički	25,09 ^C	3,93 ^{Bc}	3,19 ^C	4,41 ^C	10,20 ^C	20,86 ^C
91-120	Normalni	25,37 ^A	3,88 ^A	3,21 ^A	4,55 ^A	5,68 ^A	22,42 ^A
	Subklinički	25,10 ^B	3,93 ^B	3,26 ^B	4,49 ^B	8,12 ^B	21,77 ^{B2}
	Klinički	24,89 ^C	3,95 ^B	3,29 ^C	4,41 ^C	10,18 ^C	21,60 ^{B3}
121-150	Normalni	25,03 ^A	3,95 ^A	3,30 ^A	4,53 ^A	5,77 ^A	22,70 ^A
	Subklinički	24,83 ^B	4,01 ^B	3,34 ^B	4,48 ^B	8,11 ^B	22,17 ^B
	Klinički	24,66 ^C	4,01 ^B	3,37 ^C	4,40 ^C	10,16 ^C	22,02 ^B
151-180	Normalni	24,75 ^A	4,01 ^A	3,36 ^A	4,52 ^A	5,86 ^A	22,76 ^A
	Subklinički	24,61 ^B	4,05 ^B	3,39 ^B	4,47 ^B	8,10 ^B	22,32 ^B
	Klinički	24,44 ^C	4,05 ^B	3,43 ^C	4,39 ^C	10,13 ^C	22,18 ^B
181-210	Normalni	24,50 ^A	4,05 ^A	3,42 ^A	4,51 ^A	5,93 ^A	22,62 ^A
	Subklinički	24,34 ^B	4,09 ^B	3,35 ^B	4,46 ^B	8,08 ^B	22,22 ^B
	Klinički	24,24 ^C	4,09 ^B	3,48 ^C	4,37 ^C	10,09 ^C	22,11 ^B
211-240	Normalni	24,26 ^A	4,08 ^A	3,48 ^A	4,50 ^A	6,00 ^A	22,56 ^A
	Subklinički	24,08 ^B	4,11 ^B	3,50 ^B	4,45 ^B	8,06 ^B	22,17 ^B
	Klinički	23,99 ^C	4,11 ^B	3,53 ^C	4,37 ^C	10,03 ^C	22,19 ^B
241-270	Normalni	24,07 ^A	4,12 ^A	3,53 ^A	4,50 ^A	6,07 ^A	22,52 ^A
	Subklinički	23,89 ^{Bb}	4,15 ^B	3,55 ^B	4,44 ^B	8,05 ^B	22,15 ^B
	Klinički	23,83 ^{Bc}	4,15 ^B	3,58 ^C	4,36 ^C	9,98 ^C	22,00 ^B
271-300	Normalni	23,86 ^A	4,16 ^A	3,59 ^A	4,49 ^A	6,13 ^A	22,39 ^A
	Subklinički	23,64 ^B	4,19 ^B	3,61 ^B	4,43 ^B	8,03 ^B	22,10 ^B
	Klinički	23,56 ^C	4,19 ^B	3,63 ^C	4,35 ^C	9,93 ^C	21,97 ^B
> 300	Normalni	23,75 ^A	4,21 ^A	3,67 ^A	4,48 ^A	6,23 ^A	22,27 ^{Aa}
	Subklinički	23,47 ^B	4,23 ^B	3,68 ^B	4,41 ^B	8,02 ^B	22,15 ^b
	Klinički	23,35 ^C	4,22 ^B	3,71 ^C	4,33 ^C	9,86 ^C	22,06 ^{Bb}

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$), različitim malim slovima visoko značajno ($p < 0,01$), a različitim brojevima značajno ($p < 0,05$).

Slično tome, logaritamska vrijednost broja somatskih stanica (SCClog) sustavno raste od 5,53–5,75 kod zdravih krava do iznad 10 kod kliničkih slučajeva, neovisno o razredu laktacije. Udio

laktoze također se smanjuje sa zdravljem vimena – s prosječnih 4,56 % kod zdravih krava u ranim razredima do 4,33 % kod kliničkih krava u kasnoj laktaciji. Zanimljivo je da udio mliječne masti i proteina pokazuje blagi rast kod subkliničkih i kliničkih slučajeva, ali je to vjerojatno posljedica relativnog smanjenja volumena mlijeka, a ne poboljšanja sastava. Koncentracija uree također pokazuje statistički značajne, ali manje izražene razlike, pri čemu su one najjasnije u ranim razredima, a postupno se izjednačuju u kasnijima. Ovi rezultati jasno potvrđuju negativan utjecaj mastitisa na sve proizvodne pokazatelje i ukazuju na potrebu za intenzivnijim nadzorom i prevencijom, osobito u naprednim fazama laktacije.

5.7.4. Analiza prema regiji uzgoja

U tablici 47. prikazane su Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih proizvodnih parametara mlijeka kod krava u tri hrvatske regije – središnjoj, istočnoj i mediteranskoj – u odnosu na zdravstveni status vimena (normalni, subklinički i klinički).

Tablica 47. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i regiji uzgoja

Hrvatska regija uzgoja	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
Središnja	Normalni	24,83 ^A	4,12 ^A	3,38 ^A	4,53 ^A	5,97 ^A	20,59 ^A
	Subklinički	24,62 ^B	4,18 ^B	3,42 ^B	4,48 ^B	8,09 ^B	20,17 ^B
	Klinički	24,51 ^C	4,18 ^B	3,44 ^C	4,39 ^C	10,08 ^C	20,11 ^B
Istočna	Normalni	25,11 ^A	4,11 ^A	3,41 ^A	4,52 ^A	5,90 ^A	22,83 ^A
	Subklinički	24,82 ^B	4,15 ^B	3,44 ^B	4,45 ^B	8,11 ^B	22,41 ^B
	Klinički	24,63 ^C	4,16 ^C	3,47 ^C	4,38 ^C	10,13 ^C	22,16 ^C
Mediteran	Normalni	24,69 ^A	3,88 ^A	3,35 ^A	4,50 ^A	5,74 ^A	23,21 ^{Aa}
	Subklinički	24,43 ^B	3,96 ^B	3,39 ^B	4,44 ^B	8,05 ^B	22,90 ^b
	Klinički	24,24 ^C	4,00 ^C	3,44 ^C	4,36 ^C	10,00 ^C	22,90 ^{Bb}

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$), a različitim malim slovima visoko značajno ($p < 0,01$).

Parametri uključuju količinu mlijeka, sastav mlijeka, broj somatskih stanica i koncentraciju uree. Rezultati ukazuju na dosljedan obrazac pogoršanja zdravstvenog statusa vimena i pada proizvodnih pokazatelja u sve tri regije s prelaskom iz normalnog u subklinički i klinički status. Dnevna količina mlijeka najviša je kod zdravih krava, s blagim, ali statistički značajnim padom kod subkliničkih i kliničkih slučajeva – npr. u središnjoj regiji s 24,83 kg (normalni) na 24,51

kg (klinički), a u mediteranskoj regiji s 24,69 kg na 24,24 kg. Udio mliječne masti i proteina pokazuje tendenciju rasta s pogoršanjem zdravlja vimena, dok udio laktoze i dalje pada – što je u skladu s poznatom fiziološkom reakcijom na upalne procese. Logaritamski broj somatskih stanica raste očekivano u svim regijama – s prosjeka 5,74–5,97 kod zdravih krava do vrijednosti iznad 10 kod kliničkih slučajeva.

Koncentracija uree, iako pokazuje regionalne razlike (najviša u mediteranskoj regiji), također slijedi obrazac pada kod oboljelih životinja, pri čemu su zabilježene i značajne razlike između regija, osobito između zdravih i bolesnih krava u mediteranskom području. Ovi nalazi ukazuju na potrebu za regionalno prilagođenim strategijama upravljanja zdravljem vimena, s obzirom na specifične uvjete i izazove u svakoj regiji.

5.7.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

U tablici 48. prikazane su Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih proizvodnih parametara mlijeka kod krava tijekom različitih godišnjih doba – jeseni, zime, proljeća i ljeta – u odnosu na zdravstveni status vimena (normalni, subklinički i klinički). Parametri uključuju količinu mlijeka, sastav mlijeka, broj somatskih stanica i koncentraciju uree. Dobiveni rezultati ukazuju na dosljednu razliku između zdravstvenih statusa u svim sezonama, pri čemu je dnevna količina mlijeka uvijek najveća kod zdravih krava, a najniža kod onih s kliničkim oblikom mastitisa. Primjerice, u zimskom razdoblju razlika između normalnih i kliničkih krava iznosi 0,46 kg, dok je ljeti razlika 0,35 kg. Slično tome, udio mliječne masti i proteina raste s pogoršanjem zdravlja vimena, što je u skladu s fiziološkim odgovorom organizma na upalu. Najveći udio masti zabilježen je zimi, dok je najniži ljeti, što može odražavati utjecaj toplinskog stresa na metabolizam.

Tablica 48. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i sezoni kontrole mliječnosti

Godišnje doba	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
Jesen	Normalni	24,76 ^A	4,11 ^A	3,44 ^A	4,49 ^A	5,90 ^A	21,49 ^A
	Subklinički	24,48 ^B	4,16 ^B	3,48 ^B	4,42 ^B	8,04 ^B	21,12 ^B
	Klinički	24,34 ^C	4,17 ^B	3,51 ^C	4,33 ^C	10,04 ^C	20,86 ^C
Zima	Normalni	25,09 ^A	4,21 ^A	3,44 ^A	4,54 ^A	5,89 ^A	20,92 ^A
	Subklinički	24,80 ^B	4,25 ^B	3,48 ^B	4,48 ^B	8,04 ^B	20,34 ^B
	Klinički	24,63 ^C	4,25 ^B	3,50 ^B	4,40 ^C	10,03 ^C	19,74 ^C
Proljeće	Normalni	25,07 ^A	4,03 ^A	3,36 ^A	4,51 ^A	5,83 ^A	21,77 ^A
	Subklinički	24,82 ^B	4,08 ^B	3,39 ^B	4,46 ^B	8,04 ^B	21,34 ^B
	Klinički	24,64 ^C	4,08 ^B	3,41 ^B	4,38 ^C	10,03 ^C	21,14 ^C
Ljeto	Normalni	24,72 ^A	3,87 ^A	3,27 ^A	4,52 ^A	5,85 ^A	24,44 ^A
	Subklinički	24,52 ^B	3,93 ^B	3,29 ^B	4,46 ^B	80,60 ^B	24,29 ^B
	Klinički	24,37 ^C	3,95 ^C	3,33 ^C	4,38 ^C	10,09 ^C	24,64 ^C

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$)

Udio laktoze, kao osjetljiv parametar na mastitis, dosljedno opada kod subkliničkih i kliničkih slučajeva u svim sezonama, s najuočljivijom razlikom tijekom jeseni i ljeta. Logaritamski broj somatskih stanica, kao i očekivano, raste iz normalnog u klinički status, pri čemu su vrijednosti stabilne kroz sezonu. Značajne razlike u koncentraciji uree također su vidljive, osobito u ljetnom razdoblju, gdje je u kliničkoj skupini uočeno najviše odstupanje (24,64 mmol/L), što može upućivati na metaboličke promjene izazvane sezonskim uvjetima. Ovi nalazi potvrđuju utjecaj sezonskih faktora na proizvodne karakteristike i zdravstveno stanje vimena te sugeriraju potrebu za sezonski prilagođenim mjerama upravljanja zdravljem krava.

5.7.6. Analiza prema veličini stada

U tablici 49. prikazane su Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih proizvodnih parametara mlijeka kod krava u različitim kategorijama veličine stada – od najmanjih (<5 krava) do najvećih (>500 krava), u odnosu na zdravstveni status vimena (normalni, subklinički i klinički). Parametri uključuju količinu mlijeka, sastav mlijeka, broj somatskih stanica i koncentraciju uree.

Tablica 49. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i veličini stada

Veličina stada	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
< 5	Normalni	23,99 ^A	3,97 ^A	3,31 ^A	4,52 ^A	5,92 ^A	20,52 ^A
	Subklinički	23,84 ^B	4,06 ^B	3,37 ^B	4,45 ^B	8,02 ^B	20,20 ^B
	Klinički	23,76 ^C	4,09 ^C	3,40 ^C	4,35 ^C	9,99 ^C	20,09 ^B
6-10	Normalni	24,33 ^A	3,98 ^A	3,35 ^A	4,52 ^A	5,93 ^A	21,40 ^A
	Subklinički	24,16 ^B	4,05 ^{Bb}	3,41 ^B	4,46 ^B	8,03 ^B	21,07 ^B
	Klinički	24,05 ^C	4,07 ^{Bc}	3,44 ^C	4,37 ^C	9,99 ^C	20,89 ^B
11-50	Normalni	24,60 ^A	4,03 ^A	3,40 ^A	4,53 ^A	5,91 ^A	21,84 ^A
	Subklinički	24,42 ^B	4,07 ^{Bb}	3,43 ^B	4,47 ^B	8,07 ^B	21,26 ^B
	Klinički	24,29 ^C	4,09 ^{Bc}	3,46 ^C	4,39 ^C	10,05 ^C	21,23 ^B
51-200	Normalni	25,01 ^A	4,09 ^A	3,45 ^A	4,52 ^A	5,87 ^A	22,66 ^A
	Subklinički	24,79 ^B	4,12 ^{Bb}	3,47 ^B	4,47 ^B	8,05 ^B	22,17 ^B
	Klinički	24,64 ^C	4,13 ^{Bc}	3,50 ^C	4,39 ^C	10,09 ^C	22,12 ^B
201-500	Normalni	25,40 ^A	4,07 ^A	3,43 ^A	4,51 ^A	5,88 ^A	24,23 ^A
	Subklinički	25,10 ^B	4,12 ^B	3,46 ^B	4,46 ^B	8,06 ^B	23,73 ^B
	Klinički	24,85 ^C	4,12 ^B	3,49 ^C	4,37 ^C	10,11 ^C	23,35 ^C
> 500	Normalni	25,75 ^A	4,27 ^A	3,44 ^A	4,50 ^A	5,91 ^A	22,52 ^A
	Subklinički	25,38 ^B	4,31 ^B	3,47 ^B	4,43 ^B	8,16 ^B	22,35 ^B
	Klinički	25,11 ^C	4,32 ^B	3,49 ^C	4,36 ^C	10,17 ^C	22,04 ^C

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$), različitim malim slovima značajno ($p < 0,05$).

Dobiveni rezultati ukazuju na dosljedan obrazac u kojem se zdravstveni status vimena odražava na sve proizvodne parametre bez obzira na veličinu stada. Kod svih kategorija stada, normalno zdrave krave imaju najveću dnevnu proizvodnju mlijeka i najpovoljnije pokazatelje sastava mlijeka, dok se kod subkliničkog i kliničkog mastitisa bilježi postupni pad proizvodnje te porast udjela mliječne masti i proteina, što je fiziološki odgovor na upalne promjene u vimenima. Udio

laktoze je u svim veličinama stada najviši kod zdravih krava i opada s pogoršanjem zdravstvenog statusa. Logaritamski broj somatskih stanica raste iz normalne u kliničku skupinu, što potvrđuje progresivnost mastitisa bez obzira na veličinu farme. Sličan trend vidljiv je i kod koncentracije uree, koja je najviša u zdravih krava, a najniža kod onih s kliničkim oblikom mastitisa. Najveće razlike u parametrima zabilježene su u ekstremnim kategorijama stada – najmanja i najveća – što može ukazivati na različite uvjete upravljanja i dostupnost veterinarske skrbi. Ovi nalazi sugeriraju važnost prilagođene kontrole zdravlja vimena u svim tipovima gospodarstava, bez obzira na veličinu.

5.7.7. Analliza prema dnevnoj količini mlijeka

U tablici 50. prikazane su Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih proizvodnih parametara mlijeka kod krava, razvrstanih prema četirima razredima dnevne količine mlijeka (<20 kg, 20–30 kg, 30–40 kg i >40 kg), u odnosu na zdravstveni status vimena (normalni, subklinički i klinički). Parametri uključuju količinu mlijeka, sastav mlijeka, broj somatskih stanica i koncentraciju uree. Dobiveni rezultati pokazuju konzistentan obrazac u kojem zdravstveni status vimena utječe na sve proizvodne karakteristike neovisno o količini mlijeka. Kod svih razreda dnevne proizvodnje, krave sa zdravim vimenom imaju najviše vrijednosti za količinu mlijeka, viši udio laktoze, niži broj somatskih stanica i višu koncentraciju uree. S pogoršanjem zdravstvenog statusa (od subkliničkog do kliničkog), uočava se postupan pad količine mlijeka i laktoze, te porast udjela mliječne masti i proteina, što je tipična fiziološka reakcija na upalne promjene. Posebno je izražena razlika u broju somatskih stanica – log vrijednosti rastu od oko 5,5 u zdravih krava do preko 10 u klinički oboljelih. Uočene su i značajne razlike u koncentraciji uree, osobito u skupinama srednjeg i visokog mliječnog potencijala. Ovi rezultati ukazuju na važnost očuvanja zdravlja vimena u svim proizvodnim skupinama, pri čemu visoko proizvodne krave zahtijevaju posebnu pažnju zbog većih metaboličkih zahtjeva i potencijalne osjetljivosti na poremećaje.

Tablica 50. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i dnevnoj količini mlijeka

Dnevna količina mlijeka	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
1.	Normalni	12,44 ^A	4,27 ^A	3,54 ^A	4,43 ^A	6,26 ^A	20,86 ^A
DKM < 20	Subklinički	12,07 ^B	4,34 ^B	3,59 ^B	4,34 ^B	8,11 ^B	20,66 ^B
kg	Klinički	11,92 ^C	4,36 ^C	3,64 ^C	4,24 ^C	10,14 ^C	20,62 ^B
2.	Normalni	20,07 ^A	4,14 ^A	3,46 ^A	4,50 ^A	6,02 ^A	21,62 ^A
DKM	Subklinički	19,91 ^B	4,18 ^B	3,49 ^B	4,44 ^B	8,08 ^B	21,32 ^{Bb}
u 20 – 30 kg	Klinički	19,86 ^C	4,18 ^B	3,52 ^C	4,36 ^C	10,11 ^C	21,22 ^{Bc}
3.	Normalni	27,71 ^A	3,99 ^A	3,36 ^A	4,54 ^A	5,81 ^A	22,56 ^A
DKM	Subklinički	27,59 ^B	4,03 ^{Bb}	3,39 ^B	4,49 ^B	8,06 ^B	22,12 ^B
u 30 – 40 kg	Klinički	27,54 ^C	4,04 ^{Bc}	3,41 ^C	4,42 ^C	10,06 ^C	21,95 ^C
4.	Normalni	38,21 ^A	3,84 ^A	3,21 ^A	4,58 ^A	5,53 ^A	23,31 ^A
DKM > 40	Subklinički	37,93 ^B	3,90 ^B	3,24 ^B	4,53 ^B	8,06 ^B	22,72 ^B
kg	Klinički	37,47 ^C	3,92 ^C	3,26 ^C	4,46 ^A	10,00 ^C	22,30 ^C

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$), a različitim malim slovima visoko značajno ($p < 0,01$).

5.8. Značajnost utjecaja zdravstvenog stanja krave na dnevna svojstva mliječnosti kod simenatalske pasmine krava

5.8.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

U tablici 51. prikazane su Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih proizvodnih svojstava mlijeka simentalčkih krava u odnosu na zdravstveni status vimena (normalni, subklinički, klinički) unutar četiri pariteta (redoslijeda laktacije). Prikazani parametri uključuju količinu mlijeka, udio mliječne masti, proteina, laktoze, logaritamsku vrijednost broja somatskih stanica i koncentraciju uree u mlijeku.

Tablica 51. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalčkih krava prema zdravstvenom statusu i redoslijedu laktacije

Redoslijed laktacije	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
1.	Normalni	16,66 ^A	4,13 ^A	3,44 ^A	4,58 ^A	5,61 ^A	20,88 ^A
	Subklinički	16,56 ^B	4,21 ^B	3,50 ^B	4,50 ^B	8,04 ^B	20,28 ^B
	Klinički	16,52 ^C	4,25 ^C	3,52 ^C	4,42 ^C	9,89 ^C	20,10 ^C
2.	Normalni	17,23 ^A	4,16 ^A	3,50 ^A	4,52 ^A	5,73 ^A	20,76 ^A
	Subklinički	17,01 ^B	4,24 ^B	3,55 ^B	4,44 ^B	8,07 ^B	20,27 ^B
	Klinički	16,94 ^C	4,26 ^C	3,57 ^C	4,36 ^C	9,91 ^C	20,09 ^C
3.	Normalni	17,46 ^A	4,11 ^A	3,46 ^A	4,50 ^A	5,79 ^A	20,58 ^A
	Subklinički	17,22 ^B	4,18 ^B	3,52 ^B	4,42 ^B	8,04 ^B	20,13 ^B
	Klinički	17,13 ^C	4,22 ^C	3,54 ^C	4,34 ^C	9,90 ^C	20,10 ^C
4. +	Normalni	17,12 ^A	4,06 ^A	3,43 ^A	4,48 ^A	5,91 ^A	20,66 ^A
	Subklinički	16,93 ^B	4,13 ^B	3,48 ^B	4,39 ^B	8,08 ^B	20,32 ^B
	Klinički	16,83 ^C	4,16 ^C	3,51 ^C	4,29 ^C	9,98 ^C	20,32 ^C

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$).

Dobiveni rezultati pokazuju konzistentan obrazac sličan holstein pasmini, pri čemu se pogoršanje zdravstvenog statusa vimena negativno odražava na sve proizvodne pokazatelje. U svim paritetima krave sa zdravim vimenom (normalni status) postižu najviše vrijednosti dnevne proizvodnje mlijeka, udjela laktoze i koncentracije uree, uz istovremeno najniži broj somatskih stanica. Suprotno tome, kod kliničkog mastitisa bilježi se najmanja količina mlijeka, najniži udio laktoze i najviša logaritamska vrijednost SCC-a, što ukazuje na značajan negativan utjecaj mastitisa na sekrecijsku funkciju mliječne žlijezde. Statistički visoko značajne razlike ($p <$

0,001) prisutne su među svim zdravstvenim skupinama unutar svakog pariteta, potvrđujući jasno izražene razlike između populacija. Zanimljivo je da se, neovisno o paritetu, prosječne vrijednosti proteina i mliječne masti blago povećavaju s pogoršanjem zdravstvenog statusa, što može biti posljedica koncentracijskog efekta uslijed smanjenja volumena mlijeka kod bolesnih krava. Ukupno, ovi rezultati potvrđuju da zdravstveni status vimena ima snažan i dosljedan utjecaj na proizvodne performanse, te naglašavaju važnost prevencije i pravovremenog liječenja mastitisa tijekom svih stadija proizvodnog života.

5.8.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

U tablici 52. prikazane su Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalских krava u odnosu na zdravstveni status vimena (normalni, subklinički, klinički) unutar četiri skupine broja dana u laktaciji (<100, 100–200, 200–300 i >300 dana). Parametri uključuju dnevnu količinu mlijeka, udio mliječne masti, proteina, laktoze, logaritamski broj somatskih stanica te koncentraciju uree u mlijeku. Analizom rezultata uočava se dosljedan negativan utjecaj mastitisa na sve proizvodne pokazatelje kroz sve stadije laktacije. Krave sa zdravim vimenom (normalni status) imaju najvišu dnevnu proizvodnju mlijeka, najveći udio laktoze i najnižu vrijednost SCClog u svim skupinama dana laktacije. Suprotno tome, kod krava s kliničkim mastitisom bilježe se najniže vrijednosti za proizvodne parametre i najviše za broj somatskih stanica, što ukazuje na ozbiljan negativan utjecaj infekcije na funkcionalnost mliječne žlijezde. Razlike između skupina su visoko značajne ($p < 0,001$) za većinu parametara, dok su razlike u koncentraciji uree u <100 dana starosti između subkliničkog i kliničkog mastitisa dodatno označene kao značajne ($p < 0,01$). Također je vidljiv trend blagog smanjenja dnevne količine mlijeka i rasta udjela proteina i masti s napredovanjem stadija laktacije, što može biti posljedica fizioloških promjena u sastavu mlijeka i smanjenja volumena u kasnijim fazama. Ovi rezultati ističu važnost stalnog nadzora zdravlja vimena kroz cijelu laktaciju, uz poseban fokus na rane znakove mastitisa.

Tablica 52. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalских krava prema zdravstvenom statusu i broju dana u laktaciji

Stadij laktacije	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
< 100 dana	Normalni	17,98 ^A	3,92 ^A	3,20 ^A	4,56 ^A	5,51 ^A	19,45 ^A
	Subklinički	17,68 ^B	4,01 ^B	3,27 ^B	4,48 ^B	8,10 ^B	18,97 ^B
	Klinički	17,53 ^C	4,06 ^C	3,30 ^C	4,38 ^C	10,03 ^C	18,84 ^C
100 – 200 dana	Normalni	17,10 ^A	4,02 ^A	3,41 ^A	4,52 ^A	5,70 ^A	20,95 ^A
	Subklinički	16,94 ^B	4,10 ^B	3,45 ^B	4,44 ^B	8,05 ^B	20,41 ^B
	Klinički	16,88 ^C	4,13 ^C	3,48 ^C	4,35 ^C	9,93 ^C	20,34 ^C
200 – 300 dana	Normalni	16,38 ^A	4,27 ^A	3,64 ^A	4,49 ^A	5,98 ^A	21,62 ^A
	Subklinički	16,26 ^B	4,33 ^B	3,69 ^B	4,41 ^B	8,05 ^B	21,23 ^B
	Klinički	16,21 ^C	4,35 ^C	3,71 ^C	4,32 ^C	9,86 ^C	21,22 ^C
> 300 dana	Normalni	16,13 ^A	4,41 ^A	3,79 ^A	4,47 ^A	6,13 ^A	21,77 ^A
	Subklinički	16,00 ^B	4,47 ^B	3,84 ^B	4,38 ^B	8,05 ^B	21,53 ^B
	Klinički	15,94 ^C	4,49 ^C	3,86 ^C	4,28 ^C	9,83 ^C	21,54 ^C

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$), dok su različita mala slova statistički visoko značajna na razini $p < 0,01$.

5.8.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

U tablici 53. prikazane su Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalских krava u odnosu na zdravstveni status vimena (normalni, subklinički, klinički) unutar jedanaest razreda broja dana u laktaciji. Parametri uključuju dnevnu količinu mlijeka, udio mliječne masti, proteina, laktoze, logaritamski broj somatskih stanica te koncentraciju uree u mlijeku.

Analizom rezultata uočava se dosljedan negativan utjecaj mastitisa na dnevnu količinu mlijeka kroz svih jedanaest razreda dana u laktaciji. Najviše vrijednosti proizvodnje bilježe krave sa zdravim vimenom, dok klinički oboljeli imaju najniže vrijednosti u svakom razredu. Statistički visoko značajne razlike ($p < 0,001$) prisutne su u gotovo svim razredima između sve tri skupine (normalni, subklinički i klinički), dok su dodatne razlike uočene i na razinama $p < 0,01$ i $p < 0,05$ kod koncentracije uree. Sličan obrazac zadržava se i za ostale proizvodne pokazatelje – subklinički i klinički mastitis povezani su s višim udjelima mliječne masti i proteina, ali uz nižu laktozu i viši SCClog. Također je primjetan blagi pad volumena proizvodnje i rast koncentracije sastojaka (masti, proteina) s napredovanjem laktacije. Ovi nalazi potvrđuju potrebu za

kontinuiranim praćenjem zdravlja vimena te pravovremenim reagiranjem na rane znakove infekcija, posebice u kasnijim fazama laktacije.

Tablica 53. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalских krava prema zdravstvenom statusu i broju dana u laktaciji (11 razreda)

Dani u laktaciji	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
< 30	Normalni	17,87 ^A	4,08 ^A	3,31 ^A	4,53 ^A	5,65 ^A	19,25 ^A
	Subklinički	17,55 ^B	4,18 ^B	3,37 ^B	4,45 ^B	8,13 ^B	18,88 ^B
	Klinički	17,39 ^C	4,23 ^C	3,41 ^C	4,35 ^C	10,09 ^C	18,75 ^C
31-60	Normalni	18,16 ^A	3,86 ^A	3,12 ^A	4,57 ^A	5,44 ^A	19,18 ^A
	Subklinički	17,82 ^B	3,95 ^B	3,20 ^B	4,49 ^B	8,12 ^B	18,67 ^B
	Klinički	17,66 ^C	4,01 ^C	3,22 ^C	4,39 ^C	10,03 ^C	18,55 ^C
61-90	Normalni	17,93 ^A	3,85 ^A	3,19 ^A	4,56 ^A	5,47 ^A	19,75 ^A
	Subklinički	17,65 ^B	3,95 ^B	3,26 ^B	4,48 ^B	8,10 ^B	19,25 ^B
	Klinički	17,51 ^C	3,98 ^C	3,28 ^C	4,39 ^C	10,01 ^C	19,06 ^C
91-120	Normalni	17,61 ^A	3,90 ^A	3,28 ^A	4,55 ^A	5,53 ^A	20,39 ^A
	Subklinički	17,42 ^B	3,99 ^B	3,34 ^B	4,47 ^B	8,05 ^B	19,95 ^B
	Klinički	17,31 ^C	4,02 ^C	3,37 ^C	4,37 ^C	9,95 ^C	19,70 ^C
121-150	Normalni	17,20 ^A	3,97 ^A	3,37 ^A	4,53 ^A	5,66 ^A	20,87 ^A
	Subklinički	17,02 ^B	4,05 ^B	3,42 ^B	4,45 ^B	8,06 ^B	20,23 ^B
	Klinički	16,95 ^C	4,09 ^C	3,45 ^C	4,36 ^C	9,95 ^C	20,23 ^C
151-180	Normalni	16,96 ^A	4,06 ^A	3,45 ^A	4,51 ^A	5,75 ^A	21,17 ^A
	Subklinički	16,83 ^B	4,14 ^B	3,49 ^B	4,43 ^B	8,05 ^B	20,64 ^B
	Klinički	16,76 ^C	4,16 ^C	3,52 ^C	4,34 ^C	9,93 ^C	20,63 ^C
181-210	Normalni	16,66 ^A	4,15 ^A	3,52 ^A	4,50 ^A	5,85 ^A	21,38 ^A
	Subklinički	16,52 ^B	4,22 ^B	3,56 ^B	4,42 ^B	8,05 ^B	20,81 ^B
	Klinički	16,48 ^C	4,24 ^C	3,59 ^C	4,33 ^C	9,90 ^C	20,77 ^C
211-240	Normalni	16,47 ^A	4,21 ^A	3,59 ^A	4,50 ^A	5,93 ^A	21,46 ^A
	Subklinički	16,35 ^B	4,27 ^B	3,63 ^B	4,41 ^B	8,05 ^B	21,00 ^B
	Klinički	16,32 ^C	4,30 ^C	3,65 ^C	4,32 ^C	9,87 ^C	21,01 ^C
241-270	Normalni	16,35 ^A	4,29 ^A	3,66 ^A	4,49 ^A	6,00 ^A	21,56 ^A
	Subklinički	16,22 ^B	4,34 ^B	3,70 ^B	4,41 ^B	8,05 ^B	21,26 ^B
	Klinički	16,15 ^C	4,37 ^C	3,73 ^C	4,32 ^C	9,85 ^C	21,23 ^C
271-300	Normalni	16,19 ^A	4,36 ^A	3,72 ^A	4,49 ^A	6,06 ^A	21,85 ^A
	Subklinički	16,06 ^B	4,42 ^B	3,77 ^B	4,40 ^B	8,05 ^B	21,51 ^B
	Klinički	16,01 ^C	4,44 ^C	3,80 ^C	4,31 ^C	9,84 ^C	21,51 ^C
> 300	Normalni	16,13 ^A	4,41 ^A	3,79 ^A	4,47 ^A	6,13 ^A	21,77 ^A
	Subklinički	16,00 ^B	4,47 ^B	3,84 ^B	4,38 ^B	8,05 ^B	21,53 ^B
	Klinički	15,93 ^C	4,49 ^C	3,86 ^C	4,28 ^C	9,83 ^C	21,53 ^C

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$), dok su različita mala slova statistički visoko značajna na razini $p < 0,01$. Različiti brojevi označavaju statističku značajnost na razini $p < 0,05$.

5.8.4. Analiza prema regiji uzgoja

U tablici 54. prikazane su Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalских krava prema zdravstvenom statusu vimena (normalni, subklinički, klinički) unutar triju hrvatskih regija uzgoja – središnje, istočne i mediteranske. Uključeni su pokazatelji: dnevna količina mlijeka, udio mliječne masti, proteina i laktoze, logaritamski broj somatskih stanica te koncentracija uree u mlijeku.

Tablica 54. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalских krava prema zdravstvenom statusu i regiji uzgoja

Hrvatska regija uzgoja	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
Središnja	Normalni	16,98 ^A	4,22 ^A	3,43 ^A	4,54 ^A	5,79 ^A	17,47 ^A
	Subklinički	16,79 ^B	4,29 ^B	3,48 ^B	4,46 ^B	8,08 ^B	17,06 ^B
	Klinički	16,70 ^C	4,32 ^C	3,51 ^C	4,37 ^C	9,94 ^C	17,01 ^C
Istočna	Normalni	17,11 ^A	4,06 ^A	3,47 ^A	4,52 ^A	5,81 ^A	22,00 ^A
	Subklinički	16,91 ^B	4,15 ^B	3,53 ^B	4,43 ^B	8,05 ^B	21,49 ^B
	Klinički	16,84 ^C	4,18 ^C	3,55 ^C	4,34 ^C	9,95 ^C	21,38 ^C
Mediteran	Normalni	17,30 ^A	4,04 ^A	3,49 ^A	4,52 ^A	5,68 ^A	21,02 ^A
	Subklinički	17,13 ^B	4,15 ^B	3,53 ^B	4,43 ^B	8,06 ^B	20,85 ^B
	Klinički	17,11 ^C	4,26 ^C	3,56 ^C	4,33 ^C	9,93 ^C	20,75 ^C

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$), dok su različita mala slova statistički značajna na razini $p < 0,05$.

U svim regijama prisutan je jasan negativan utjecaj mastitisa na sve proizvodne parametre. Krave sa zdravim vimenom ostvaruju najviše vrijednosti dnevne količine mlijeka, najniži broj somatskih stanica (SCClog) i najviši udio laktoze, dok krave s kliničkim mastitisom bilježe najlošije rezultate u svim promatranim kategorijama. U središnjoj Hrvatskoj bilježi se nešto niža koncentracija uree, a istočna regija pokazuje najviše vrijednosti za taj parametar, pri čemu se između subkliničkog i kliničkog mastitisa u toj regiji utvrđuje statistički značajna razlika ($p < 0,05$). Slično, u mediteranskoj regiji nije uočen dodatni značajan pad koncentracije uree između skupina, ali su razlike u ostalim parametrima konzistentne. Ovi rezultati ukazuju na slične obrasce utjecaja mastitisa u svim regijama, uz blage regionalne specifičnosti, osobito u metaboličkim pokazateljima poput uree.

5.8.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

U tablici 55. prikazane su Procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalских krava prema zdravstvenom statusu vimena (normalni, subklinički, klinički) unutar četiri godišnja doba – jeseni, zime, proljeća i ljeta. Analizirani su pokazatelji: dnevna količina mlijeka, udio mliječne masti, proteina, laktoze, logaritamski broj somatskih stanica (SCClog) i koncentracija uree u mlijeku.

Tablica 55. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalских krava prema zdravstvenom statusu i sezoni kontrole mliječnosti

Godišnje doba	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
Jesen	Normalni	16,86 ^A	4,17 ^A	3,52 ^A	4,49 ^A	5,79 ^A	20,80 ^A
	Subklinički	16,70 ^B	4,24 ^B	3,58 ^B	4,40 ^B	8,02 ^B	20,36 ^B
	Klinički	16,61 ^C	4,27 ^C	3,61 ^C	4,30 ^C	9,90 ^C	20,15 ^C
Zima	Normalni	17,06 ^A	4,33 ^A	3,54 ^A	4,52 ^A	5,83 ^A	18,68 ^A
	Subklinički	16,85 ^B	4,40 ^B	3,60 ^B	4,43 ^B	8,05 ^B	18,01 ^B
	Klinički	16,77 ^C	4,41 ^C	3,62 ^C	4,34 ^C	9,89 ^C	17,65 ^C
Proljeće	Normalni	17,30 ^A	4,06 ^A	3,43 ^A	4,54 ^A	5,72 ^A	19,94 ^A
	Subklinički	17,09 ^B	4,13 ^B	3,48 ^B	4,47 ^B	8,03 ^B	19,43 ^B
	Klinički	17,00 ^C	4,15 ^C	3,50 ^C	4,38 ^C	9,89 ^C	19,45 ^C
Ljeto	Normalni	17,20 ^A	3,91 ^A	3,34 ^A	4,52 ^A	5,69 ^A	23,58 ^A
	Subklinički	17,01 ^B	3,99 ^B	3,38 ^B	4,44 ^B	8,04 ^B	23,52 ^B
	Klinički	16,93 ^C	4,05 ^C	3,41 ^C	4,35 ^C	9,95 ^C	23,79 ^C

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$), dok su različita mala slova statistički značajna na razini $p < 0,05$.

U svim godišnjim dobima mastitis je negativno utjecao na proizvodne pokazatelje. Zdrave krave imale su najviše vrijednosti dnevne proizvodnje mlijeka i najniže SCClog, dok su klinički oboljele imale najniže vrijednosti proizvodnje i najviše somatske stanice. Najveće razlike u koncentraciji uree zabilježene su zimi, s nižim vrijednostima kod oboljelih skupina ($p < 0,05$), što može ukazivati na promjene u metabolizmu dušika. Ljeti je koncentracija uree bila viša u svim skupinama, što se vjerojatno povezuje s hranidbom ili toplinskim stresom. Sezonske razlike potvrđuju potrebu za prilagodbom upravljanja proizvodnjom i zdravljem krava tijekom godine.

5.8.6. Analiza prema veličini stada

U tablici 56. prikazane su procijenjene srednje vrijednosti (LsMeans) dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalских krava prema zdravstvenom statusu vimena (normalni, subklinički, klinički) i veličini stada, razvrstanoj u šest kategorija (<5, 6–10, 11–50, 51–200, 201–500 krava). Obuhvaćeni su: dnevna količina mlijeka, udio mliječne masti, proteina, laktoze, SCClog i koncentracija uree. Rezultati pokazuju negativan utjecaj mastitisa na sve proizvodne pokazatelje, neovisno o veličini stada. Zdrave krave u svim kategorijama ostvaruju višu proizvodnju mlijeka, viši udio laktoze i niži SCClog, dok su te vrijednosti kod klinički oboljelih najnepovoljnije. Razlike su izrazito značajne za sve parametre ($p < 0,001$), a kod koncentracije uree u skupini 201–500 krava zabilježena je dodatna razlika između subkliničkog i kliničkog mastitisa ($p < 0,01$). S porastom veličine stada raste i dnevna količina mlijeka, što može upućivati na bolju organizaciju i učinkovitije upravljanje. Nalazi ističu važnost praćenja zdravlja vimena u svim oblicima proizvodnje, uz prednosti koje nude veći, bolje organizirani sustavi.

Tablica 56. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalских krava prema zdravstvenom statusu i veličini stada

Veličina stada	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
< 5	Normalni	16,49 ^A	4,07 ^A	3,37 ^A	4,53 ^A	5,76 ^A	17,80 ^A
	Subklinički	16,39 ^B	4,16 ^B	3,44 ^B	4,44 ^B	8,07 ^B	17,44 ^B
	Klinički	16,34 ^C	4,22 ^C	3,47 ^C	4,34 ^C	9,94 ^C	17,59 ^C
6-10	Normalni	16,61 ^A	4,11 ^A	3,40 ^A	4,53 ^A	5,78 ^A	18,37 ^A
	Subklinički	16,48 ^B	4,17 ^B	3,46 ^B	4,45 ^B	8,04 ^B	17,98 ^B
	Klinički	16,40 ^C	4,19 ^C	3,49 ^C	4,36 ^C	9,90 ^C	17,93 ^C
11-50	Normalni	17,04 ^A	4,09 ^A	3,47 ^A	4,52 ^A	5,80 ^A	19,70 ^A
	Subklinički	16,80 ^B	4,16 ^B	3,52 ^B	4,45 ^B	8,05 ^B	19,20 ^B
	Klinički	16,71 ^C	4,18 ^C	3,54 ^C	4,36 ^C	9,93 ^C	18,98 ^C
51-200	Normalni	17,85 ^A	4,15 ^A	3,54 ^A	4,54 ^A	5,82 ^A	21,00 ^A
	Subklinički	17,55 ^B	4,20 ^B	3,59 ^B	4,46 ^B	8,12 ^B	20,42 ^B
	Klinički	17,40 ^C	4,22 ^C	3,61 ^C	4,37 ^C	9,99 ^C	20,22 ^C
201-500	Normalni	17,63 ^A	4,33 ^A	3,51 ^A	4,48 ^A	5,72 ^A	24,74 ^A
	Subklinički	17,13 ^B	4,45 ^B	3,55 ^B	4,37 ^B	8,06 ^B	25,74 ^B
	Klinički	17,10 ^C	4,47 ^C	3,59 ^C	4,30 ^C	9,92 ^C	25,80 ^C

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$), dok su različita mala slova statistički visoko značajna na razini $p < 0,01$.

5.8.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

Tablica 57 prikazuje procijenjene srednje vrijednosti dnevnih proizvodnih parametara simentalskih krava s obzirom na zdravstveni status vimena (normalno, subklinički, klinički) i četiri razreda dnevne količine mlijeka (<20, 20–30, 30–40, >40 kg). Pratila se dnevna mliječnost, udio mliječne masti, proteina, laktoze, logaritamski broj somatskih stanica (SCClog) i koncentracija uree u mlijeku.

Tablica 57. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalskih krava prema zdravstvenom statusu i dnevnoj količini mlijeka

Dnevna količina mlijeka	Zdravstveni status	Dnevna količina mlijeka, kg	Udio mliječne masti, %	Udio proteina, %	Udio laktoze, %	Logaritamski broj somatskih stanica	Koncentracija uree, mmol/L
1.	Normalni	9,43 ^A	4,27 ^A	3,60 ^A	4,45 ^A	6,06 ^A	20,31 ^A
DKM < 20	Subklinički	9,25 ^B	4,36 ^B	3,67 ^B	4,34 ^B	8,10 ^B	20,11 ^B
kg	Klinički	9,13 ^C	4,41 ^C	3,72 ^C	4,23 ^C	10,00 ^C	20,18 ^C
2.	Normalni	13,98 ^A	4,18 ^A	3,50 ^A	4,51 ^A	5,89 ^A	20,06 ^A
DKM	Subklinički	13,94 ^B	4,25 ^B	3,56 ^B	4,43 ^B	8,08 ^B	19,70 ^B
u 20 – 30 kg	Klinički	13,91 ^C	4,27 ^C	3,58 ^C	4,33 ^C	9,96 ^C	19,67 ^C
3.	Normalni	17,96 ^A	4,09 ^A	3,44 ^A	4,54 ^A	5,74 ^A	20,76 ^A
DKM	Subklinički	17,91 ^B	4,16 ^B	3,48 ^B	4,46 ^B	8,05 ^B	20,30 ^B
u 30 – 40 kg	Klinički	17,89 ^C	4,19 ^C	3,50 ^C	4,37 ^C	9,92 ^C	20,25 ^C
4.	Normalni	26,14 ^A	3,98 ^A	3,34 ^A	4,57 ^A	5,47 ^A	21,91 ^A
DKM > 40	Subklinički	25,72 ^B	4,05 ^B	3,38 ^B	4,50 ^B	8,00 ^B	21,28 ^B
kg	Klinički	25,56 ^C	4,07 ^C	3,39 ^C	4,42 ^C	9,83 ^C	20,94 ^C

Srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima međusobno se statistički iznimno visoko značajno razlikuju ($p < 0,001$), dok su različita mala slova statistički značajna na razini $p < 0,05$.

Bez obzira na razred dnevne proizvodnje mlijeka, krave sa zdravim vimenom imale su najveću mliječnost, najpovoljniji kemijski sastav mlijeka i najniže vrijednosti logaritamskog broja somatskih stanica. U svim razredima proizvodnje, krave s kliničkim mastitisom pokazivale su smanjenu mliječnost, povišene vrijednosti SCClog i smanjeni udio laktoze, što ukazuje na štetan učinak mastitisa na sekretornu funkciju mliječne žlijezde. Najizraženije razlike među zdravstvenim statusima zabilježene su u razredu <20 kg, dok su u razredu 30–40 kg razlike u udjelu masti i proteina bile statistički značajne ($p < 0,05$), a u razredu >40 kg visoko značajne ($p < 0,001$).

5.9. Procjena potencijala za smanjenje uporabe antibiotika pri zasušivanju krava putem klasifikacije zdravstvenog statusa temeljenog na broju somatskih stanica kod holstein pasmine krava

Cilj ovog dijela istraživanja bio je višestruk:

- (1) utvrditi pojavnost krava koje su klasificirane kao „zdrave“ na temelju broja somatskih stanica (<200.000 SCC) pri posljednjoj i preposljednjoj kontroli mliječnosti prije zasušenja,
- (2) procijeniti potencijalno smanjenje uporabe antibiotika kroz primjenu selektivne terapije zasušivanja (SDCT), temeljem jasno definiranih kriterija zdravstvenog statusa vimena, i to za dva različita tretmana antibiotika (CeSafe i Mastydry) koji se uvriježeno apliciraju na mliječno govedarskim farmama,
- (3) procijeniti iznos potencijalne direktne uštede farme u slučaju primjene selektivne terapije zasušivanja (SDCT).

Zdrave krave identificirane su kao one s brojem somatskih stanica manjim od 200.000 pri predzadnjoj kontroli, dok su podaci utvršeni pri zadnjoj kontroli mliječnosti korišteni za daljnju klasifikaciju krava u tri skupine:

Zdrave (< 200.000 SCC),

Subklinički mastitis (200.000 – 400.000 SCC) i

Klinički mastitis (> 400.000 SCC).

Analiza je provedena kroz različite dimenzije proizvodnih i okolišnih faktora: redoslijed laktacije, stadij laktacije (4 i 11 razreda), regiju uzgoja, sezonu kontrole mliječnosti, veličinu stada i razinu dnevne količine mlijeka.

Rezultati omogućuju kvantitativnu procjenu udjela krava koje bi, temeljem objektivnih kriterija, mogle biti izuzete od antibiotske terapije pri zasušivanju, što predstavlja temelj za razvoj održivih strategija u upravljanju zdravljem stada i smanjenju antimikrobnog opterećenja okoliša.

Ekonomska procjena ukupne vrijednosti utrošenih antibiotika temelji se na tržišnim cijenama dobivenim iz službene ponude dobavljača veterinarsko-medicinskih proizvoda (Medical intertrade, 2025). Za pripravak Cefa-Safe, koji sadrži 300 mg cefapirina po injektoru, izračunata je jedinična cijena od 21,27 €/g, temeljem cijene pakiranja od 127,64 € za 20 injektora (ukupno 6 g djelatne tvari). Za pripravak Mastidry, koji kombinira 600 mg kloksacilina i 300 mg ampicilina po injektoru (ukupno 900 mg), cijena od 60,06 € za 24 injektora odgovara vrijednosti od 2,78 €/g.

Ukupna masa antibiotika po kravi procijenjena je za svaki proizvod kao 4 injektora po životinji, a vrijednosti su izražene u eurima po grupama krava prema zdravstvenom statusu. Ovaj način obračuna omogućuje preciznu usporedbu između različitih terapijskih scenarija i kvantifikaciju potencijalne uštede prilikom primjene selektivne terapije zasušivanja (SDCT).

5.9.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

U Tablici 58. prikazana je raspodjela krava holstein pasmine prema zdravstvenom statusu vimena (na temelju broja somatskih stanica pri zadnjoj kontroli) i redoslijedu laktacije.

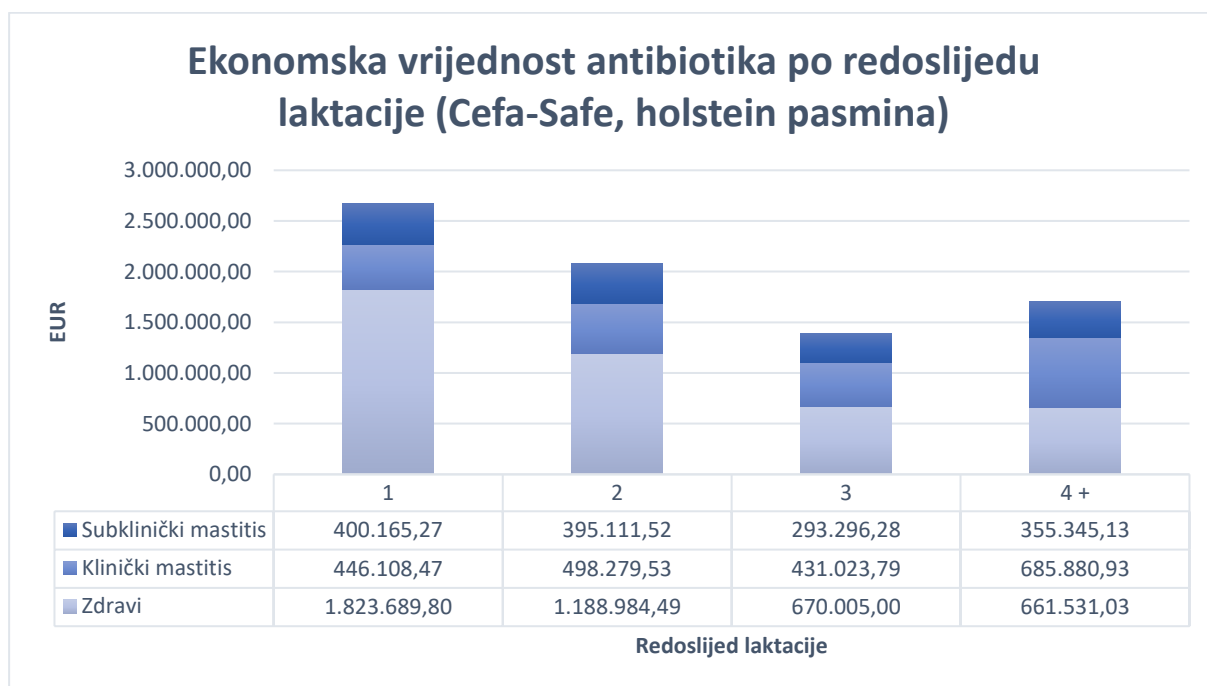
Tablica 58. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju u odnosu na redoslijed laktacije kod krava holstein pasmine

Redoslijed laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	74167	70,9	71450	85740	68,3	17478	20973,6	16,71	15678	18813,6	14,99	104606	125527,2	100
2	49765	61	46583	55899,6	57,1	19522	23426,4	23,93	15480	18576	18,97	81585	97902	100
3	28679	52,5	26250	31500	48,05	16887	20264,4	30,91	11491	13789,2	21,04	54628	65553,6	100
4 +	28511	42,74	25918	31101,6	38,85	26872	32246,4	40,28	13922	16706,4	20,87	66712	80054,4	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100
Redoslijed laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	74167	70,9	71450	85740	68,3	17478	20973,6	16,71	15678	18813,6	14,99	104606	125527,2	100
2	49765	61	46583	55899,6	57,1	19522	23426,4	23,93	15480	18576	18,97	81585	97902	100
3	28679	52,5	26250	31500	48,05	16887	20264,4	30,91	11491	13789,2	21,04	54628	65553,6	100
4 +	28511	42,74	25918	31101,6	38,85	26872	32246,4	40,28	13922	16706,4	20,87	66712	80054,4	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100
Redoslijed laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	74167	70,9	71450	171480	68,3	17478	41947,2	16,71	15678	37627,2	14,99	104606	251054,4	100
2	49765	61	46583	111799,2	57,1	19522	46852,8	23,93	15480	37152	18,97	81585	195804	100
3	28679	52,5	26250	63000	48,05	16887	40528,8	30,91	11491	27578,4	21,04	54628	131107,2	100
4 +	28511	42,74	25918	62203,2	38,85	26872	64492,8	40,28	13922	33412,8	20,87	66712	160108,8	100
Ukupno	181122	58,9	170201	408482,4	55,34	80759	193821,6	26,26	56571	135770,4	18,4	307531	738074,4	100
Redoslijed laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	74167	70,9	71450	257220	68,3	17478	62920,8	16,71	15678	56440,8	14,99	104606	376581,6	100
2	49765	61	46583	167698,8	57,1	19522	70279,2	23,93	15480	55728	18,97	81585	293706	100
3	28679	52,5	26250	94500	48,05	16887	60793,2	30,91	11491	41367,6	21,04	54628	196660,8	100
4 +	28511	42,74	25918	93304,8	38,85	26872	96739,2	40,28	13922	50119,2	20,87	66712	240163,2	100
Ukupno	181122	58,9	170201	612723,6	55,34	80759	290732,4	26,26	56571	203655,6	18,4	307531	1107112	100

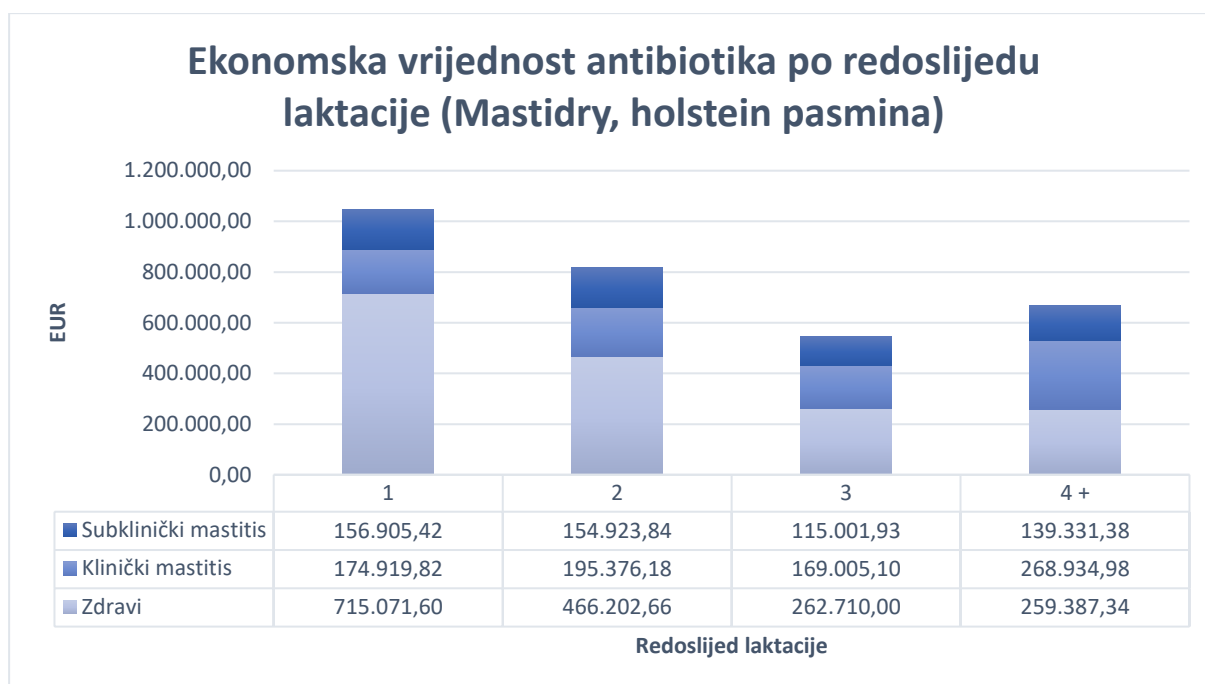
Sve krave uključene u analizu imale su vrijednost SCC manju od 200.000 pri pretposljednjoj kontroli, čime su ispunile osnovni kriterij za moguću selektivnu terapiju zasušivanja. Tablica uključuje tri zdravstvene kategorije na temelju zadnje kontrole (zdrave, rizične i mastitis), broj

krava u svakoj skupini, postotni udio te pripadajuću količinu upotrijebljenih antibiotika (u gramima) za četiri različita pripravka: Cefa-Safe, Mastidry – kloksacilin, Mastidry – ampicilin i ukupno Mastidry. Udio krava koje su pri obje kontrole ostale ispod granične vrijednosti za SCC smanjuje se s porastom pariteta – s 70,9 % u prvoj laktaciji na 42,7 % u četvrtoj i višim laktacijama. Istovremeno raste udio životinja koje pri zadnjoj kontroli prelaze vrijednosti od 200.000 SCC, bilo da su klasificirane kao rizične (200.000–400.000 SCC) ili s izraženim mastitisom (>400.000 SCC). U četvrtoj i višim laktacijama gotovo 41 % krava pripada skupini s mastitisom, dok samo 38,85 % ostaje u kategoriji zdravih.

Količina potrošenih antibiotika proporcionalna je tim promjenama – ukupna primjena Mastidry pripravka (kloksacilin + ampicilin) u prvoj laktaciji iznosi 376.582 g, dok u četvrtoj prelazi 240.000 g. Sličan obrazac bilježi se i za Cefa-Safe.



Grafikon 1. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po redosljedu laktacije (holstein pasmina)



Grafikon 2. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po redoslijedu laktacije (holstein pasmina)

Grafikoni prikazuju raspodjelu ukupne financijske vrijednosti antibiotika Cefa-Safe i Mastidry pri zasušivanju krava holstein pasmine, ovisno o redoslijedu laktacije i zdravstvenom statusu vimena. U svim paritetnim skupinama najveći udio ukupnih troškova odnosi se na terapiju zdravih krava, iako se taj udio sustavno smanjuje s porastom redoslijeda laktacije. U prvoj laktaciji, zdrave krave čine 68,3 % ukupnog troška, dok se preostalih 31,7 % odnosi na klinički i subklinički mastitis. Taj se odnos progresivno mijenja u višim laktacijama: u četvrtoj i višim laktacijama udio zdravih krava pada ispod 39 %, dok ukupni udio troškova za krave s mastitisom raste i prelazi 61 %. Posebno se ističu apsolutni iznosi troška za zdrave krave. Kod pripravka Cefa-Safe, trošak za zdrave krave u prvoj laktaciji iznosi čak 1.823.689,80 €, a i u drugoj laktaciji premašuje 1,18 milijuna eura. Kod pripravka Mastidry, iako su ukupne vrijednosti niže, trošak za zdrave krave u prvoj laktaciji doseže 715.071,60 €, a u drugoj 466.202,66 €. Ove razlike naglašavaju važnost optimizacije primjene antibiotika, jer se najveći apsolutni troškovi ostvaruju upravo u terapiji zdravih životinja, osobito u ranim stadijima laktacije..

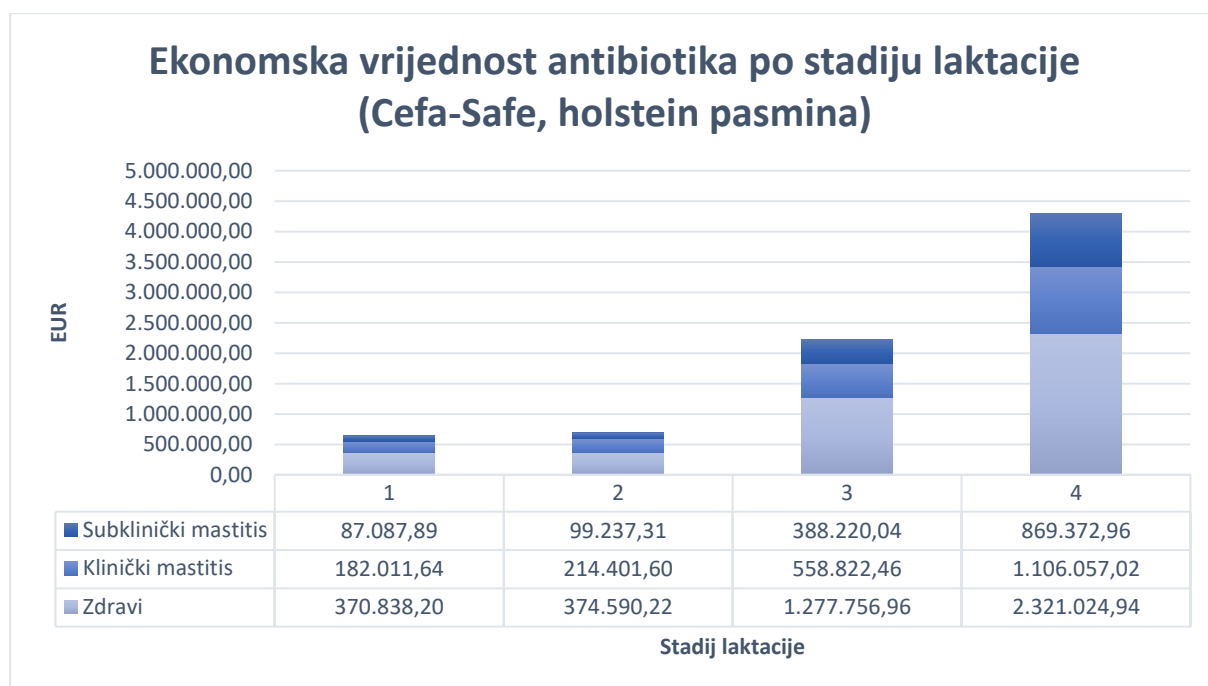
5.9.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

U Tablici 59. prikazana je raspodjela krava holstein pasmine koje su pri predzadnjoj kontroli imale manje od 200.000 somatskih stanica, razvrstanih prema stadiju laktacije u četiri skupine dana (<100, 100–200, 200–300, >300 dana).

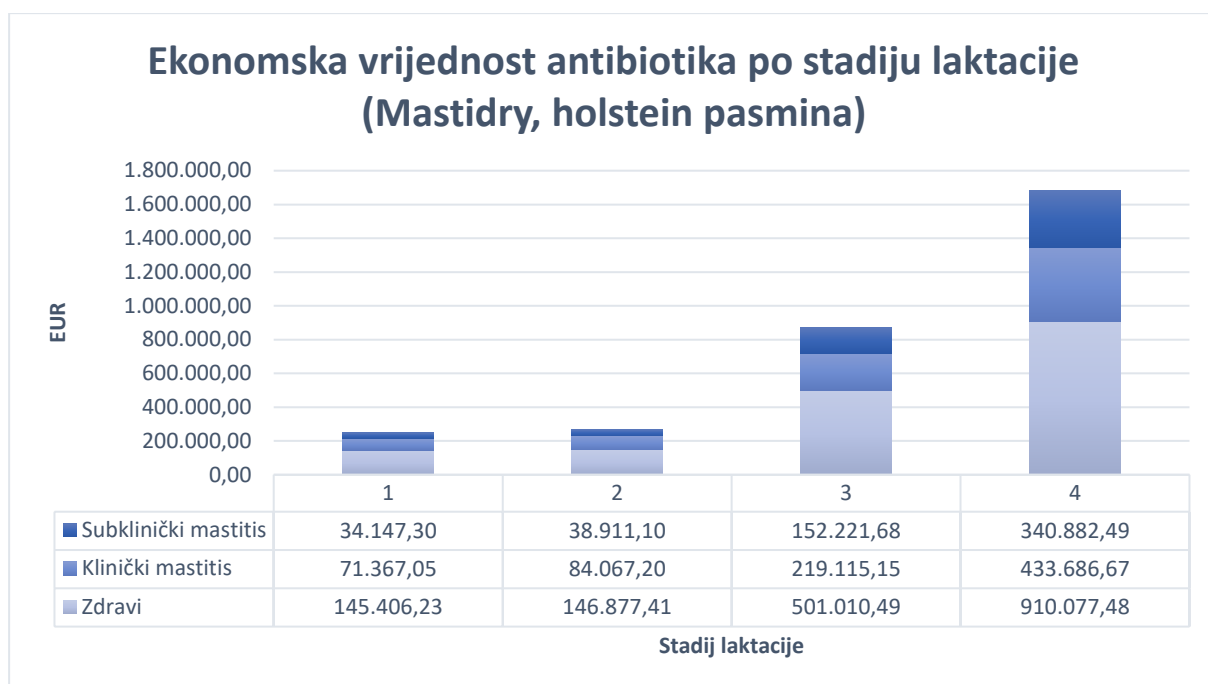
Tablica 59. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju u odnosu na stadij laktacije kod krava holstein pasmine

Stadij laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	14689	58,59	14529	17434,8	57,95	7131	8557,2	28,44	3412	4094,4	13,61	25072	30086,4	100
2	15827	58,7	14676	17611,2	54,43	8400	10080	31,15	3888	4665,6	14,42	26964	32356,8	100
3	53792	61,71	50061	60073,2	57,43	21894	26272,8	25,12	15210	18252	17,45	87165	104598	100
4	96814	57,51	90935	109122	54,02	43334	52000,8	25,74	34061	40873,2	20,23	168330	201996	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100
Stadij laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	14689	58,59	14529	17434,8	57,95	7131	8557,2	28,44	3412	4094,4	13,61	25072	30086,4	100
2	15827	58,7	14676	17611,2	54,43	8400	10080	31,15	3888	4665,6	14,42	26964	32356,8	100
3	53792	61,71	50061	60073,2	57,43	21894	26272,8	25,12	15210	18252	17,45	87165	104598	100
4	96814	57,51	90935	109122	54,02	43334	52000,8	25,74	34061	40873,2	20,23	168330	201996	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100
Stadij laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	14689	58,59	14529	34869,6	57,95	7131	17114,4	28,44	3412	8188,8	13,61	25072	60172,8	100
2	15827	58,7	14676	35222,4	54,43	8400	20160	31,15	3888	9331,2	14,42	26964	64713,6	100
3	53792	61,71	50061	120146,4	57,43	21894	52545,6	25,12	15210	36504	17,45	87165	209196	100
4	96814	57,51	90935	218244	54,02	43334	104001,6	25,74	34061	81746,4	20,23	168330	403992	100
Ukupno	181122	58,9	170201	408482,4	55,34	80759	193821,6	26,26	56571	135770,4	18,4	307531	738074,4	100
Stadij laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	14689	58,59	14529	52304,4	57,95	7131	25671,6	28,44	3412	12283,2	13,61	25072	90259,2	100
2	15827	58,7	14676	52833,6	54,43	8400	30240	31,15	3888	13996,8	14,42	26964	97070,4	100
3	53792	61,71	50061	180219,6	57,43	21894	78818,4	25,12	15210	54756	17,45	87165	313794	100
4	96814	57,51	90935	327366	54,02	43334	156002,4	25,74	34061	122619,6	20,23	168330	605988	100
Ukupno	181122	58,9	170201	612723,6	55,34	80759	290732,4	26,26	56571	203655,6	18,4	307531	1107112	100

Prikazani su zdravstveni statusi na temelju zadnje kontrole te pripadajuće količine potrošenih antibiotika (u gramima) za različite pripravke – Cefa-Safe, Mastidry s kloksacilinom, ampicilinom i njihovom sumom. Najviši udio zdravih krava zabilježen je u trećem stadiju laktacije (200–300 dana), gdje 61,7 % životinja pri obje kontrole ima SCC <200.000. Sličan udio bilježi se i u drugoj skupini (100–200 dana: 58,7 %), dok u najranijem i najkasnijem stadiju udio zdravih blago opada (58,6 % i 57,5 %). Udio krava s povišenim SCC-om (mastitis i Subklinički mastitis) raste u kasnijim fazama laktacije, pri čemu četvrta skupina (>300 dana) bilježi i najveće apsolutne vrijednosti potrošnje antibiotika. Ukupna količina Mastidry pripravaka u četvrtoj skupini prelazi 600.000 g, što je gotovo dvostruko više od količine u trećoj skupini. Ovi rezultati pokazuju da srednji stadiji laktacije (osobito 200–300 dana) predstavljaju najpovoljnije razdoblje s aspekta zdravstvenog statusa i potencijala za selektivnu terapiju. Istovremeno, kasne faze zahtijevaju oprezniji pristup i temeljitiju evaluaciju zdravstvenog rizika, budući da nose veći broj životinja s povišenim SCC-om i veću potrošnju antibiotika.



Grafikon 3. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po stadiju laktacije (holstein pasmina)



Grafikon 4. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po stadiju laktacije (holstein pasmina)

Ukupna financijska vrijednost primjene antibiotika pokazuje porast kroz stadije laktacije, s najvišim vrijednostima zabilježenim u četvrtoj skupini (>300 dana). U toj skupini, zdrave krave čine 54,0 % ukupnog troška, što odgovara iznosu od 2.321.024,94 € za Cefa-Safe i 910.077,48 € za Mastidry. U trećoj skupini (200–300 dana), udio zdravih krava iznosi 57,4 %, s pripadajućim troškovima od 1.277.756,96 € za Cefa-Safe i 501.010,49 € za Mastidry. U drugom stadiju (100–200 dana), zdrave krave sudjeluju s 54,4 % u ukupnoj vrijednosti, odnosno 374.590,22 € kod Cefa-Safe i 146.877,41 € kod Mastidry. U prvom stadiju (<100 dana), udio zdravih krava je najviši i iznosi 57,9 %, s troškovima od 370.838,20 € za Cefa-Safe i 145.406,23 € za Mastidry. Promatrajući sve stadije zajedno, udio troška za zdrave krave ostaje stabilno najviši u svim skupinama, krećući se između 54 % i 58 % ukupne vrijednosti, pri čemu upravo taj segment čini osnovu ukupne potrošnje antibiotika. Takav uzorak ukazuje na koncentraciju visoke potrošnje u kasnijim fazama laktacije, pri čemu udjeli zdravih krava u tim fazama određuju dominantan potencijal za racionalizaciju terapije.

5.9.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

U Tablici 60. prikazana je raspodjela krava holstein pasmine koje su pri predzadnjoj kontroli bile klasificirane kao „zdrave“ (SCC <200.000), prema jedanaest razreda dana u laktaciji. Prikazan je zdravstveni status pri zadnjoj kontroli i pripadajuća količina potrošenih antibiotika (u gramima) za Cefa-Safe, Mastidry s ampicilinom i kloksacilinom, te njihovom sumom.

Tablica 60. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema danima u laktaciji (11 raz-reda) kod krava holstein pasmine

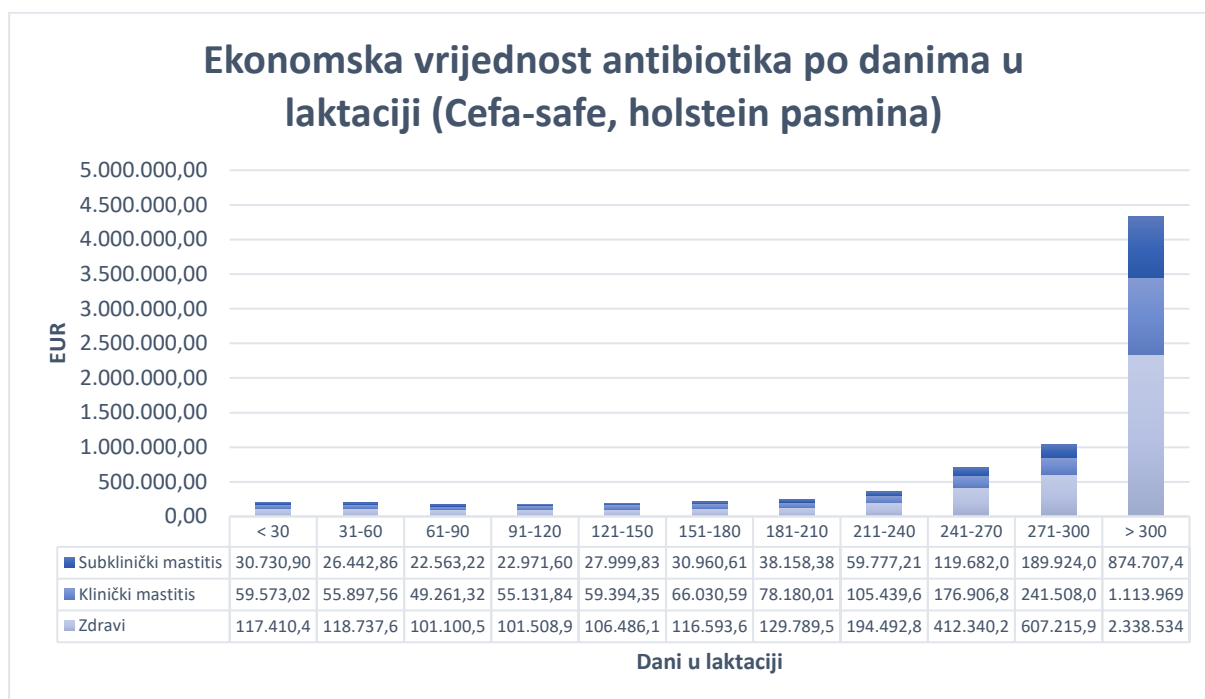
Dani u laktaciji	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 30	4598	56,5	4600	5520	56,52	2334	2800,8	28,68	1204	1444,8	14,79	8138	9765,6	100
31-60	4588	58,24	4652	5582,4	59,05	2190	2628	27,8	1036	1243,2	13,15	7878	9453,6	100
61-90	4122	60,84	3961	4753,2	58,46	1930	2316	28,49	884	1060,8	13,05	6775	8130	100
91-120	4240	60,25	3977	4772,4	56,52	2160	2592	30,69	900	1080	12,79	7037	8444,4	100
121-150	4519	59,49	4172	5006,4	54,92	2327	2792,4	30,63	1097	1316,4	14,44	7596	9115,2	100
151-180	4909	58,66	4568	5481,6	54,59	2587	3104,4	30,92	1213	1455,6	14,5	8368	10041,6	100
181-210	5489	56,92	5085	6102	52,73	3063	3675,6	31,76	1495	1794	15,5	9643	11571,6	100
211-240	8159	57,89	7620	9144	54,07	4131	4957,2	29,31	2342	2810,4	16,62	14093	16911,6	100
241-270	17193	61,9	16155	19386	58,16	6931	8317,2	24,95	4689	5626,8	16,88	27775	33330	100
271-300	25746	63,27	23790	28548	58,46	9462	11354,4	23,25	7441	8929,2	18,29	40693	48831,6	100
> 300	97559	57,55	91621	109945,2	54,04	43644	52372,8	25,74	34270	41124	20,21	169535	203442	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100

Dani u laktaciji	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 30	4598	56,5	4600	5520	56,52	2334	2800,8	28,68	1204	1444,8	14,79	8138	9765,6	100
31-60	4588	58,24	4652	5582,4	59,05	2190	2628	27,8	1036	1243,2	13,15	7878	9453,6	100
61-90	4122	60,84	3961	4753,2	58,46	1930	2316	28,49	884	1060,8	13,05	6775	8130	100
91-120	4240	60,25	3977	4772,4	56,52	2160	2592	30,69	900	1080	12,79	7037	8444,4	100
121-150	4519	59,49	4172	5006,4	54,92	2327	2792,4	30,63	1097	1316,4	14,44	7596	9115,2	100
151-180	4909	58,66	4568	5481,6	54,59	2587	3104,4	30,92	1213	1455,6	14,5	8368	10041,6	100
181-210	5489	56,92	5085	6102	52,73	3063	3675,6	31,76	1495	1794	15,5	9643	11571,6	100
211-240	8159	57,89	7620	9144	54,07	4131	4957,2	29,31	2342	2810,4	16,62	14093	16911,6	100
241-270	17193	61,9	16155	19386	58,16	6931	8317,2	24,95	4689	5626,8	16,88	27775	33330	100
271-300	25746	63,27	23790	28548	58,46	9462	11354,4	23,25	7441	8929,2	18,29	40693	48831,6	100
> 300	97559	57,55	91621	109945,2	54,04	43644	52372,8	25,74	34270	41124	20,21	169535	203442	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100

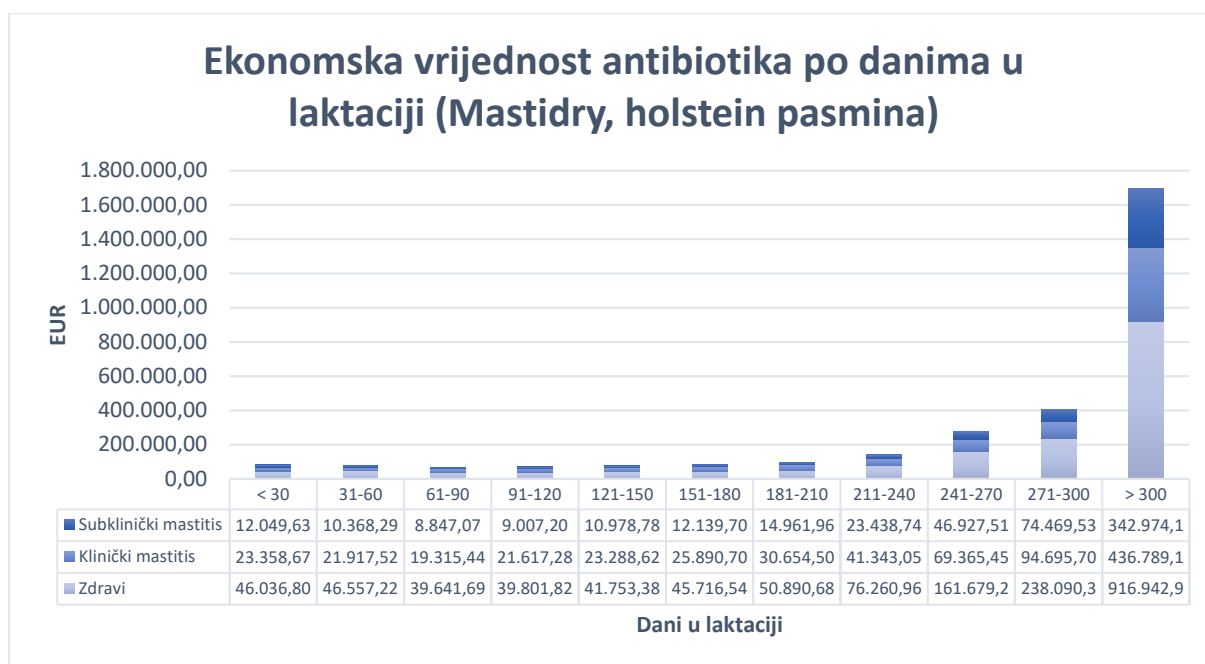
Dani u laktaciji	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 30	4598	56,5	4600	11040	56,52	2334	5601,6	28,68	1204	2889,6	14,79	8138	19531,2	100
31-60	4588	58,24	4652	11164,8	59,05	2190	5256	27,8	1036	2486,4	13,15	7878	18907,2	100
61-90	4122	60,84	3961	9506,4	58,46	1930	4632	28,49	884	2121,6	13,05	6775	16260	100
91-120	4240	60,25	3977	9544,8	56,52	2160	5184	30,69	900	2160	12,79	7037	16888,8	100
121-150	4519	59,49	4172	10012,8	54,92	2327	5584,8	30,63	1097	2632,8	14,44	7596	18230,4	100
151-180	4909	58,66	4568	10963,2	54,59	2587	6208,8	30,92	1213	2911,2	14,5	8368	20083,2	100
181-210	5489	56,92	5085	12204	52,73	3063	7351,2	31,76	1495	3588	15,5	9643	23143,2	100
211-240	8159	57,89	7620	18288	54,07	4131	9914,4	29,31	2342	5620,8	16,62	14093	33823,2	100
241-270	17193	61,9	16155	38772	58,16	6931	16634,4	24,95	4689	11253,6	16,88	27775	66660	100
271-300	25746	63,27	23790	57096	58,46	9462	22708,8	23,25	7441	17858,4	18,29	40693	97663,2	100
> 300	97559	57,55	91621	219890,4	54,04	43644	104745,6	25,74	34270	82248	20,21	169535	406884	100
Ukupno	181122	58,9	170201	408482,4	55,34	80759	193821,6	26,26	56571	135770,4	18,4	307531	738074,4	100
Dani u laktaciji	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 30	4598	56,5	4600	16560	56,52	2334	8402,4	28,68	1204	4334,4	14,79	8138	29296,8	100
31-60	4588	58,24	4652	16747,2	59,05	2190	7884	27,8	1036	3729,6	13,15	7878	28360,8	100
61-90	4122	60,84	3961	14259,6	58,46	1930	6948	28,49	884	3182,4	13,05	6775	24390	100
91-120	4240	60,25	3977	14317,2	56,52	2160	7776	30,69	900	3240	12,79	7037	25333,2	100
121-150	4519	59,49	4172	15019,2	54,92	2327	8377,2	30,63	1097	3949,2	14,44	7596	27345,6	100
151-180	4909	58,66	4568	16444,8	54,59	2587	9313,2	30,92	1213	4366,8	14,5	8368	30124,8	100
181-210	5489	56,92	5085	18306	52,73	3063	11026,8	31,76	1495	5382	15,5	9643	34714,8	100
211-240	8159	57,89	7620	27432	54,07	4131	14871,6	29,31	2342	8431,2	16,62	14093	50734,8	100
241-270	17193	61,9	16155	58158	58,16	6931	24951,6	24,95	4689	16880,4	16,88	27775	99990	100
271-300	25746	63,27	23790	85644	58,46	9462	34063,2	23,25	7441	26787,6	18,29	40693	146494,8	100
> 300	97559	57,55	91621	329835,6	54,04	43644	157118,4	25,74	34270	123372	20,21	169535	610326	100
Ukupno	181122	58,9	170201	612723,6	55,34	80759	290732,4	26,26	56571	203655,6	18,4	307531	1107112	100

Udio zdravih krava je najviši u razredima 241–270 dana (61,9 %) i 271–300 dana (63,27 %), što ukazuje na povoljan zdravstveni status vimena u srednjem do kasnog stadija laktacije. S druge strane, razredi <30 dana (56,5 %) i >300 dana (57,55 %) bilježe nešto niži udio zdravih jedinki. Najveće količine antibiotika potrošene su u najvišem razredu (>300 dana), što je u skladu s njegovim udjelom u ukupnoj populaciji (najviše krava ulazi u ovu kategoriju). Ukupna potrošnja Mastidry pripravaka u ovom razredu prelazi 610 kg, a sama kategorija doprinosi s više od 20 % subkliničkog mastitisa i kliničkog mastitisa jedinki. U srednjim razredima (npr. 91–150 dana), udio krava u mastitis i Subklinički mastitis skupinama prelazi 30 %, što pokazuje

osjetljivost tog stadija za pogoršanje zdravlja vimena. Istovremeno, količina potrošenih antibiotika u tim razredima čini značajan dio ukupne uporabe, ali manji nego u kasnijim fazama laktacije. Ovi nalazi potvrđuju da klasifikacija prema broju dana u laktaciji može pomoći u prepoznavanju razreda s većim udjelom zdravih krava pogodnih za selektivnu terapiju te razreda u kojima je potrebna intenzivnija kontrola zdravlja vimena radi ograničavanja nepotrebne primjene antibiotika.



Grafikon 5. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po danima u laktaciji (holstein pasmina)



Grafikon 6. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po danima u laktaciji (holstein pasmina)

Grafikoni prikazuju raspodjelu financijske vrijednosti primjene antibiotika Cefa-Safe i Mastidry u odnosu na broj dana u laktaciji, razvrstanih u jedanaest razreda. U svim razredima prevladava trošak vezan uz zdrave krave, pri čemu se u razredu >300 dana bilježi izrazita koncentracija ukupne potrošnje. U tom najkasnijem stadiju laktacije, zdrave krave čine 58,6 % ukupnog troška, s pripadajućim iznosom od 2.338.534,40 € za Cefa-Safe i 916.942,97 € za Mastidry. Klinički mastitis u istom razredu iznosi 1.113.969,46 € za Cefa-Safe i 436.789,15 € za Mastidry, dok je trošak za subklinički mastitis 874.707,48 € odnosno 342.974,16 €. U pretposljednem razredu (271–300 dana), udio zdravih krava iznosi 57,5 %, a iznosi su 607.215,96 € za Cefa-Safe i 238.090,32 € za Mastidry. U rasponu 241–270 dana udio zdravih krava iznosi 57,4 %, uz vrijednosti od 412.340,22 € i 161.679,24 €. U srednjim i ranim fazama laktacije (<240 dana), pojedinačni iznosi su niži, a udjeli zdravih krava uglavnom se kreću između 52 % i 55 %, primjerice 55,0 % u razredu 121–150 dana (Cefa-Safe: 106.486,13 €; Mastidry: 41.753,38 €) i 54,2 % u razredu 91–120 dana (Cefa-Safe: 101.508,95 €; Mastidry: 39.801,82 €). Takva raspodjela ukazuje na sve izraženiju dominaciju troška za zdrave krave u završnim stadijima laktacije, čime upravo ova skupina životinja predstavlja ključnu točku za moguće smanjenje nepotrebne primjene antibiotika.

5.9.4. Analiza prema regiji uzgoja

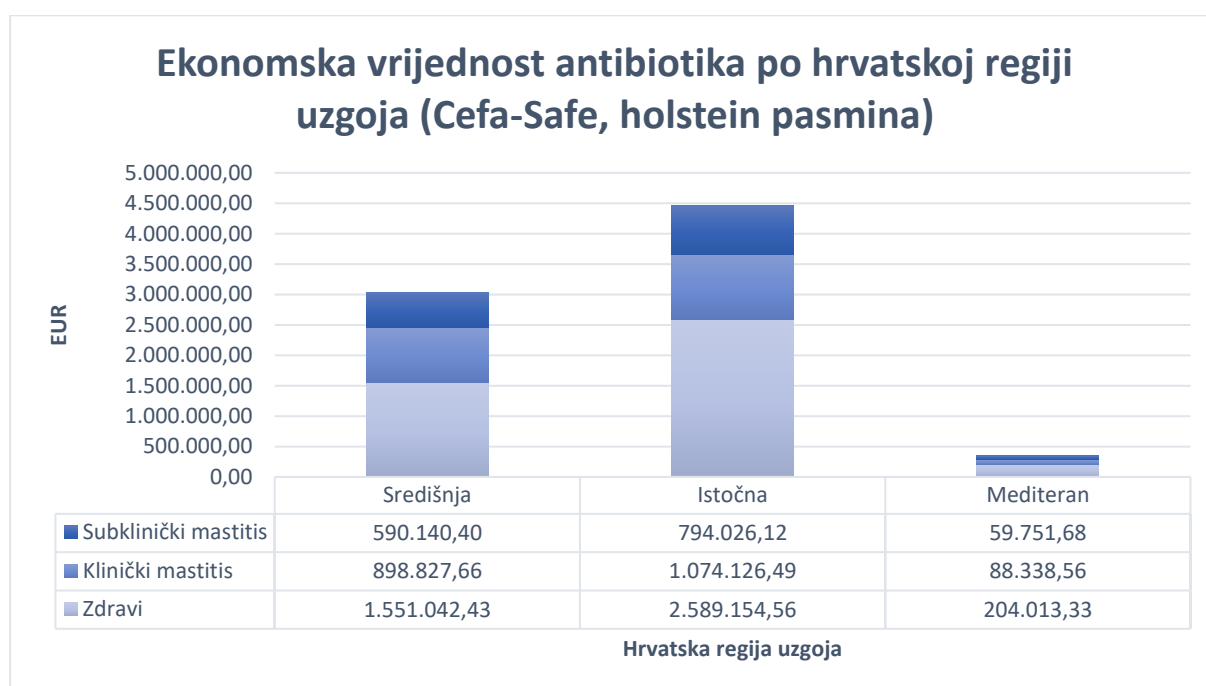
U Tablici 61. prikazana je raspodjela holstein krava koje su pri predzadnjoj kontroli bile klasificirane kao „zdrave“ (SCC <200.000), prema tri regije uzgoja u Republici Hrvatskoj: Središnja, Istočna i Mediteranska Hrvatska. Tablica prikazuje zdravstveni status pri zadnjoj kontroli mliječnosti te pripadajuću potrošnju antibiotika (u gramima) za Cefa-Safe, Mastidry s kloksacilinom i ampicilinom, kao i njihovu ukupnu vrijednost.

Tablica 61. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema regiji uzgoja kod krava holstein pasmine

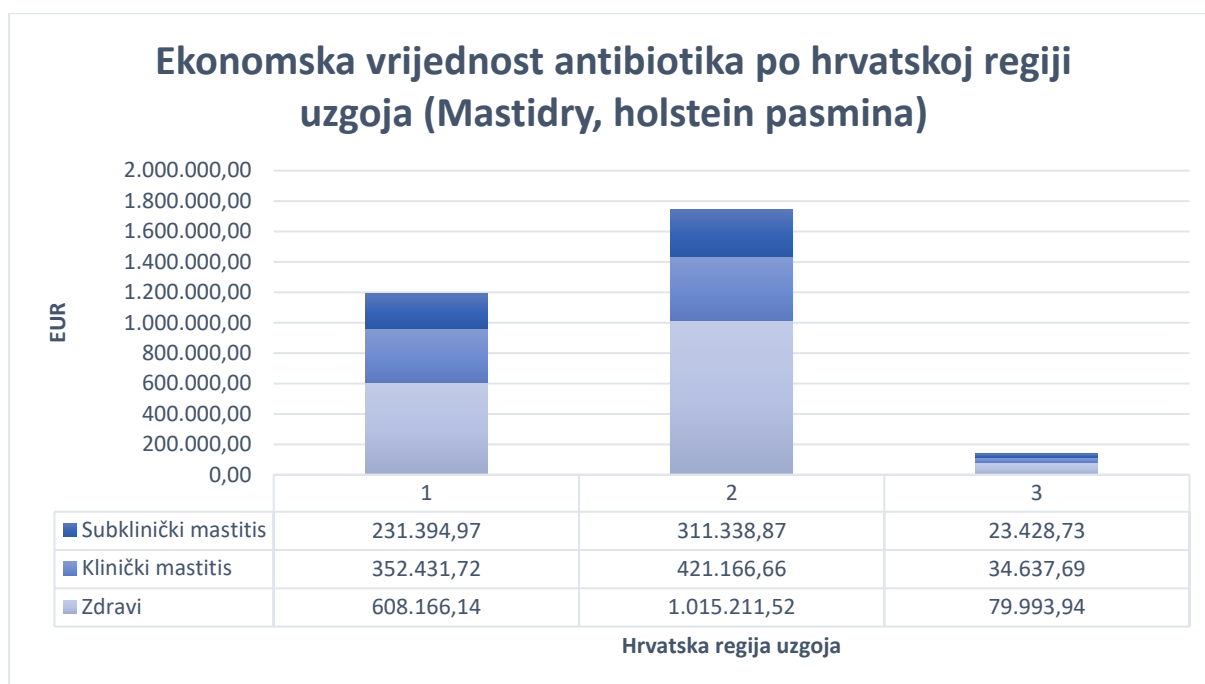
Hrvatska regija uzgoja	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Središnja	64606	54,24	60768	72921,6	51,02	35215	42258	29,57	23121	27745,2	19,41	119104	142924,8	100
Istočna	107913	61,79	101440	121728	58,09	42083	50499,6	24,1	31109	37330,8	17,81	174632	209558,4	100
Mediteran	8603	62,36	7993	9591,6	57,94	3461	4153,2	25,09	2341	2809,2	16,97	13795	16554	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100
Hrvatska regija uzgoja	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Središnja	64606	54,24	60768	72921,6	51,02	35215	42258	29,57	23121	27745,2	19,41	119104	142924,8	100
Istočna	107913	61,79	101440	121728	58,09	42083	50499,6	24,1	31109	37330,8	17,81	174632	209558,4	100
Mediteran	8603	62,36	7993	9591,6	57,94	3461	4153,2	25,09	2341	2809,2	16,97	13795	16554	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100
Hrvatska regija uzgoja	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Središnja	64606	54,24	60768	145843,2	51,02	35215	84516	29,57	23121	55490,4	19,41	119104	285849,6	100
Istočna	107913	61,79	101440	243456	58,09	42083	100999,2	24,1	31109	74661,6	17,81	174632	419116,8	100
Mediteran	8603	62,36	7993	19183,2	57,94	3461	8306,4	25,09	2341	5618,4	16,97	13795	33108	100
Ukupno	181122	58,9	170201	408482,4	55,34	80759	193821,6	26,26	56571	135770,4	18,4	307531	738074,4	100
Hrvatska regija uzgoja	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Središnja	64606	54,24	60768	218764,8	51,02	35215	126774	29,57	23121	83235,6	19,41	119104	428774,4	100
Istočna	107913	61,79	101440	365184	58,09	42083	151498,8	24,1	31109	111992,4	17,81	174632	628675,2	100
Mediteran	8603	62,36	7993	28774,8	57,94	3461	12459,6	25,09	2341	8427,6	16,97	13795	49662	100
Ukupno	181122	58,9	170201	612723,6	55,34	80759	290732,4	26,26	56571	203655,6	18,4	307531	1107112	100

Najveći udio zdravih krava pri zadnjoj kontroli zabilježen je u Mediteranskoj regiji (57,94 %), dok je u Središnjoj regiji taj udio najniži (51,02 %). Najveći broj ukupnih životinja uključenih

u analizu dolazi iz Istočne regije, koja pokazuje uravnotežen omjer između skupina, uz najnižu potrošnju antibiotika po životinji. Količinski, potrošnja antibiotika je najveća u Istočnoj regiji (više od 628 kg), što je očekivano s obzirom na brojnost krava u toj regiji. Mediteranska regija, iako s najmanje jedinki, pokazuje najniže ukupne količine potrošnje, ali i najviši relativni udio zdravih krava, što upućuje na potencijal za širu primjenu selektivne terapije. Središnja regija bilježi viši udio krava u mastitis i Subklinički mastitis skupinama u odnosu na ostale, što se odražava i na višu potrošnju antibiotika, osobito u kategoriji Mastidry – kloksacilin. Ti rezultati ukazuju na važnost regionalno prilagođenih strategija za upravljanje zdravljem vimena i optimizaciju antibiotske terapije pri zasušivanju.



Grafikon 7. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po hrvatskoj regiji uzgoja (holstein pasmina)



Grafikon 8. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po hrvatskoj regiji uzgoja (holstein pasmina)

Grafikoni prikazuju regionalnu raspodjelu financijske vrijednosti primjene antibiotika Cefa-Safe i Mastidry kod holstein pasmine u tri hrvatske regije uzgoja: istočnoj, središnjoj i mediteranskoj. U svim regijama najveći udio ukupnih troškova odnosi se na zdrave krave, pri čemu su razlike među regijama izražene u apsolutnim iznosima. U istočnoj Hrvatskoj, gdje je ukupna potrošnja najviša, zdrave krave čine 58,0 % ukupnog troška, što iznosi 2.589.154,56 € za Cefa-Safe i 1.015.211,52 € za Mastidry. U istoj regiji trošak kliničkog mastitisa iznosi 1.074.126,49 € za Cefa-Safe i 421.166,66 € za Mastidry, dok je za subklinički mastitis utrošeno 794.026,12 € i 311.338,87 €. U središnjoj Hrvatskoj udio zdravih krava iznosi 58,0 %, a apsolutni trošak je 1.551.042,43 € za Cefa-Safe te 608.166,14 € za Mastidry. Istovremeno, klinički mastitis iznosi 898.827,66 € (Cefa-Safe) i 352.431,72 € (Mastidry), dok su vrijednosti za subklinički mastitis 590.140,40 € i 231.394,97 €. Na području Mediterana, ukupne vrijednosti su znatno niže, no raspodjela ostaje ista: udio zdravih krava iznosi 58,0 %, uz trošak od 204.013,33 € za Cefa-Safe i 79.993,94 € za Mastidry, dok su troškovi za klinički mastitis 88.338,56 € i 34.637,69 €, a za subklinički 59.751,68 € i 23.428,73 €. Ova regionalna analiza potvrđuje da bez obzira na ukupnu razinu potrošnje, obrasci distribucije troška ostaju dosljedni, pri čemu upravo zdrave krave čine najveći iznos u svim regijama i predstavljaju najvažniji cilj za racionalizaciju terapije.

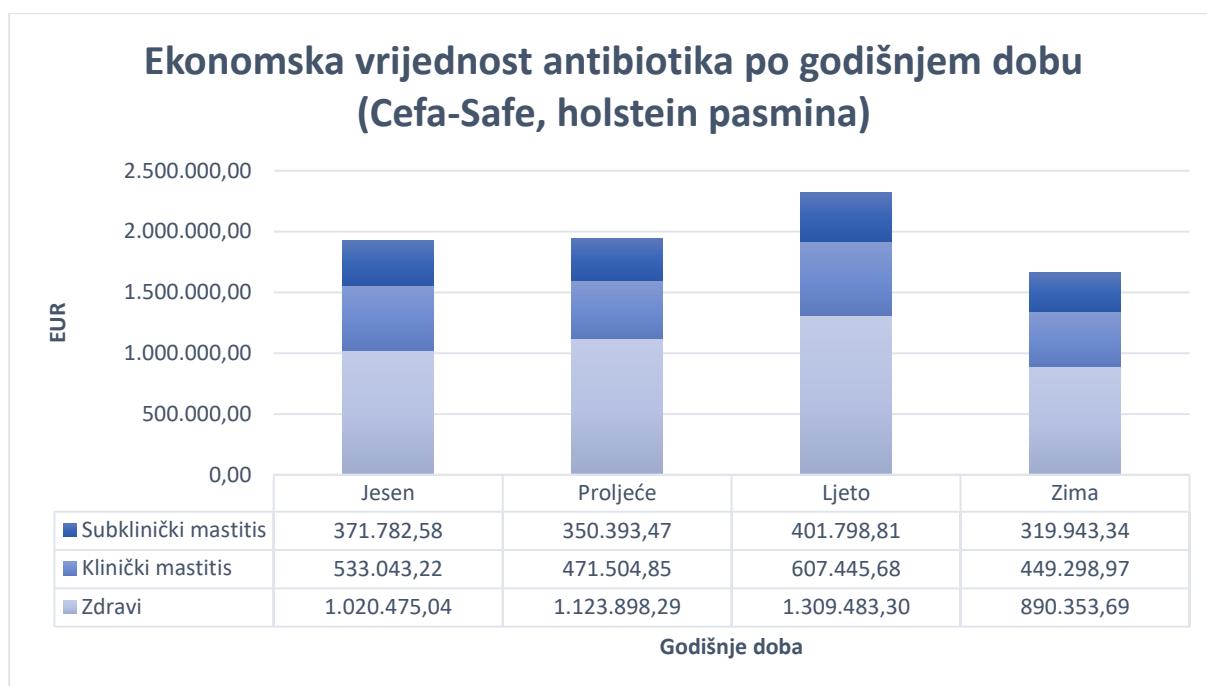
5.9.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

U Tablici 62. prikazana je raspodjela krava holstein pasmine, koje su pri predzadnjoj kontroli bile klasificirane kao „zdrave“ (SCC <200.000), prema godišnjem dobu kada je provedena zadnja kontrola mliječnosti (jesen, proljeće, ljeto, zima).

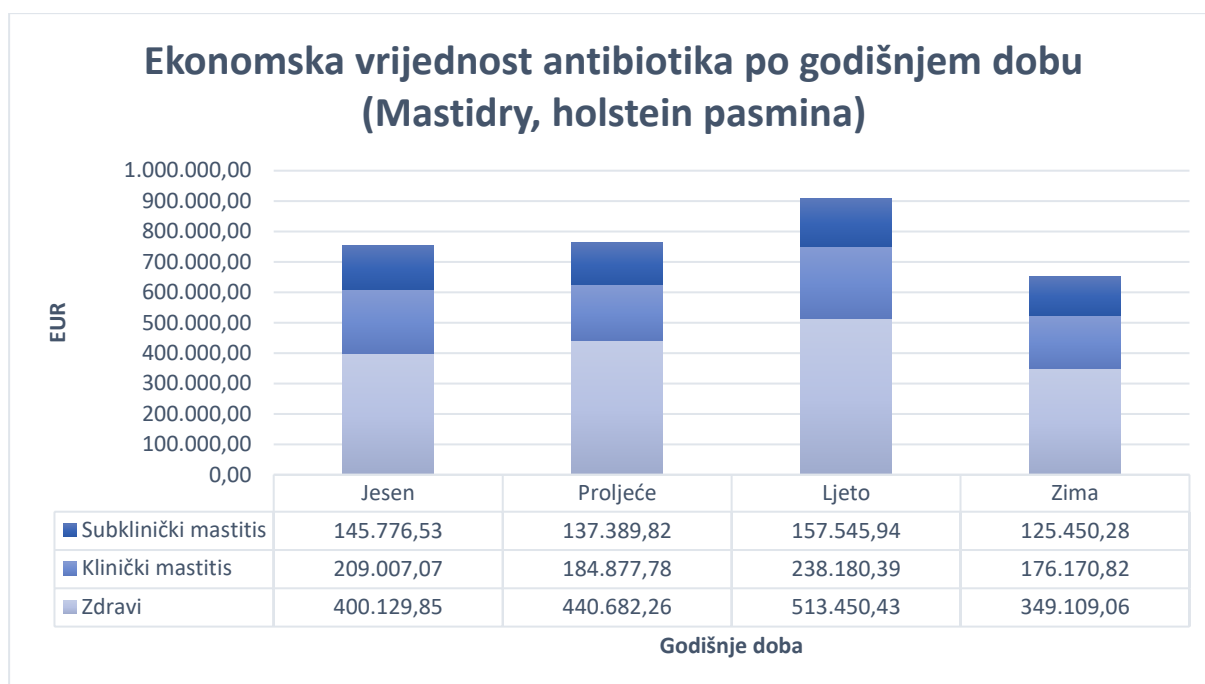
Tablica 62. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema sezoni kontrole mliječnosti kod krava holstein pasmine

Godišnje doba	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Jesen	43110	57,15	39981	47977,2	53	20884	25060,8	27,69	14566	17479,2	19,31	75431	90517,2	100
Proljeće	46036	60,39	44033	52839,6	57,76	18473	22167,6	24,23	13728	16473,6	18,01	76234	91480,8	100
Ljeto	55440	61,03	51304	61564,8	56,47	23799	28558,8	26,2	15742	18890,4	17,33	90845	109014	100
Zima	36536	56,19	34883	41859,6	53,65	17603	21123,6	27,07	12535	15042	19,28	65021	78025,2	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100
Godišnje doba	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Jesen	43110	57,15	39981	47977,2	53	20884	25060,8	27,69	14566	17479,2	19,31	75431	90517,2	100
Proljeće	46036	60,39	44033	52839,6	57,76	18473	22167,6	24,23	13728	16473,6	18,01	76234	91480,8	100
Ljeto	55440	61,03	51304	61564,8	56,47	23799	28558,8	26,2	15742	18890,4	17,33	90845	109014	100
Zima	36536	56,19	34883	41859,6	53,65	17603	21123,6	27,07	12535	15042	19,28	65021	78025,2	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100
Godišnje doba	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Jesen	43110	57,15	39981	95954,4	53	20884	50121,6	27,69	14566	34958,4	19,31	75431	181034,4	100
Proljeće	46036	60,39	44033	105679,2	57,76	18473	44335,2	24,23	13728	32947,2	18,01	76234	182961,6	100
Ljeto	55440	61,03	51304	123129,6	56,47	23799	57117,6	26,2	15742	37780,8	17,33	90845	218028	100
Zima	36536	56,19	34883	83719,2	53,65	17603	42247,2	27,07	12535	30084	19,28	65021	156050,4	100
Ukupno	181122	58,9	170201	408482,4	55,34	80759	193821,6	26,26	56571	135770,4	18,4	307531	738074,4	100
Godišnje doba	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Jesen	43110	57,15	39981	143931,6	53	20884	75182,4	27,69	14566	52437,6	19,31	75431	271551,6	100
Proljeće	46036	60,39	44033	158518,8	57,76	18473	66502,8	24,23	13728	49420,8	18,01	76234	274442,4	100
Ljeto	55440	61,03	51304	184694,4	56,47	23799	85676,4	26,2	15742	56671,2	17,33	90845	327042	100
Zima	36536	56,19	34883	125578,8	53,65	17603	63370,8	27,07	12535	45126	19,28	65021	234075,6	100
Ukupno	181122	58,9	170201	612723,6	55,34	80759	290732,4	26,26	56571	203655,6	18,4	307531	1107112	100

Tablica uključuje broj jedinki po klasifikaciji zdravstvenog statusa i ukupnu potrošnju antibiotika po skupinama za četiri različita antibiotska pripravka – Cefa-Safe, Mastidry s kloksacilinom i ampicilinom, te njihovu sumu. Najveći udio zdravih krava pri zadnjoj kontroli zabilježen je u ljetnim (56,47 %) i proljetnim mjesecima (57,76 %), dok je taj udio nešto niži u jesenskom (53 %) i zimskom razdoblju (53,65 %). Usporedno, sezona zime pokazuje najveći udio krava u mastitis skupini (27,07 %) te najvišu potrošnju antibiotika u odnosu na broj jedinki. Ljetni mjeseci, s druge strane, bilježe najveću ukupnu potrošnju antibiotika (preko 327 kg), što je povezano s najvećim brojem zasušenih krava u tom razdoblju. Podaci ukazuju na potencijalne sezonske razlike u zdravlju vimena i obrascima antibiotske terapije. Ljeto i proljeće pružaju najveću priliku za selektivno zasušivanje zbog većeg udjela zdravih krava, dok jesensko-zimski mjeseci zahtijevaju veću pažnju i nadzor radi povećane učestalosti mastitisa i s njim povezane veće potrošnje antibiotika. Ovi nalazi mogu poslužiti kao osnova za sezonski prilagođene strategije SDCT-a.



Grafikon 9. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po godišnjem dobu (holstein pasmina)



Grafikon 10. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po godišnjem dobu (holstein pasmina)

Grafikoni prikazuju sezonsku raspodjelu financijske vrijednosti primjene antibiotika Cefa-Safe i Mastidry kod holstein pasmine, razvrstanu po godišnjim dobima. U svim sezonama najveći udio ukupnog troška odnosi se na zdrave krave, s izraženim sezonskim razlikama u apsolutnim iznosima. Ljeti je zabilježena najveća ukupna potrošnja: zdrave krave sudjeluju s 59,0 % ukupnog iznosa, što čini 1.309.483,30 € za Cefa-Safe i 513.450,43 € za Mastidry. U istom razdoblju, trošak kliničkog mastitisa iznosi 607.445,68 € (Cefa-Safe) i 238.180,39 € (Mastidry), dok subklinički mastitis iznosi 401.798,81 € i 157.545,94 €. Tijekom proljeća, udio zdravih krava iznosi 59,7 %, uz vrijednosti od 1.123.898,29 € (Cefa-Safe) i 440.682,26 € (Mastidry), dok su za klinički mastitis iznosi 471.504,85 € i 184.877,78 €, a za subklinički 350.393,47 € i 137.389,82 €. U jesen se trošak za zdrave krave blago smanjuje na 1.020.475,04 € za Cefa-Safe i 400.129,85 € za Mastidry, s udjelom od 58,4 %, a u zimi je taj udio najmanji (56,2 %) uz trošak od 890.353,69 € i 349.109,06 €. Ova raspodjela pokazuje da je sezonski maksimum potrošnje antibiotika koncentriran ljeti, kada su i troškovi za sve zdravstvene skupine najviši, no troškovno dominiraju zdrave krave, čime upravo one ostaju glavni čimbenik u ukupnoj potrošnji i ključna meta za optimizaciju terapijskih odluka u sezonskom kontekstu.

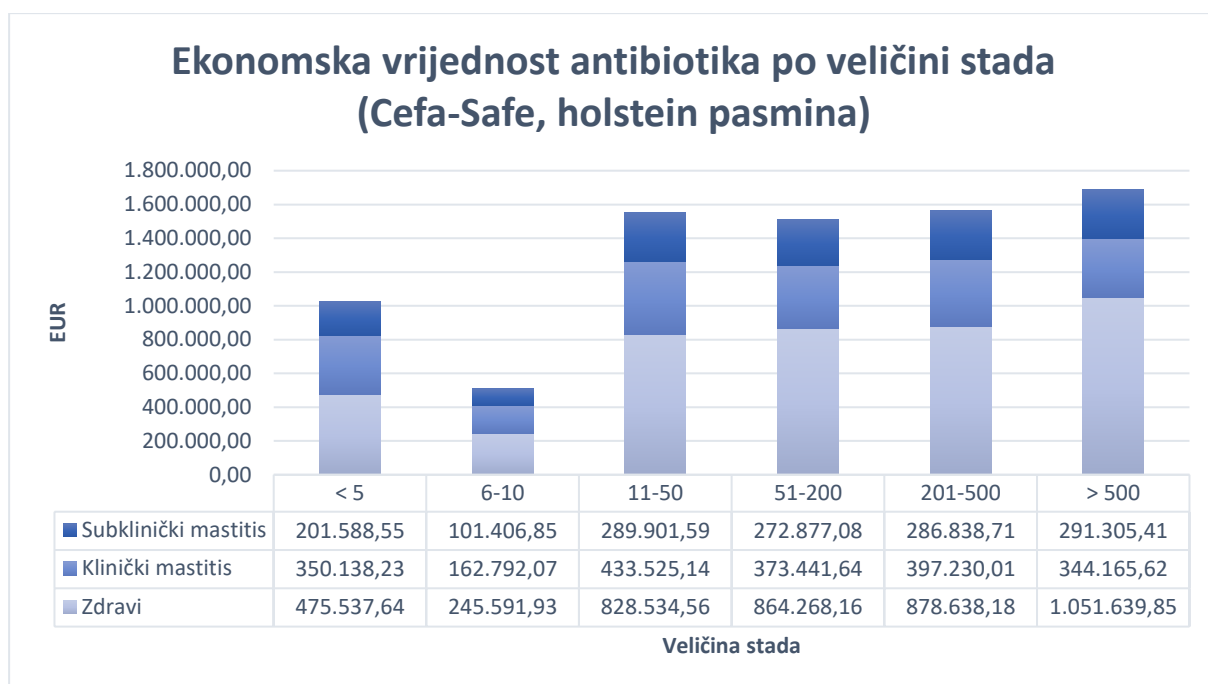
5.9.6. Analiza prema veličini stada

U Tablici 63. prikazana je raspodjela krava holstein pasmine, koje su pri predzadnjoj kontroli bile klasificirane kao „zdrave“ (SCC <200.000), prema veličini stada (šest kategorija: <5, 6–10, 11–50, 51–200, 201–500 i >500 krava). Tablica uključuje broj jedinki, njihovu klasifikaciju prema zdravstvenom statusu pri zadnjoj kontroli (zdrave, klinički mastitis, subklinički mastitis), te pripadajuću potrošnju antibiotika za četiri različita pripravka – Cefa-Safe, Mastidry s ampicilinom, Mastidry s kloksacilinom te sumu za Mastidry. Rezultati pokazuju jasan trend rasta udjela zdravih jedinki s povećanjem veličine stada – od 48,7 % u najmanjim stadima (<5 krava) do 66,6 % u stadima s više od 500 krava. Paralelno, udio krava s mastitisom se smanjuje, što upućuje na bolju prevenciju i nadzor zdravlja u većim i organiziranim sustavima. Ukupna potrošnja antibiotika također proporcionalno raste s veličinom stada, ali uz povoljniju distribuciju prema zdravijim skupinama, što sugerira da veća stada imaju potencijal za širu primjenu selektivne terapije zasušivanja (SDCT). Time se potvrđuje značajan prostor za racionalizaciju uporabe antibiotika upravo u manjim i srednjim gospodarstvima, gdje su udjeli Subklinički mastitish i mastitisnih jedinki viši.

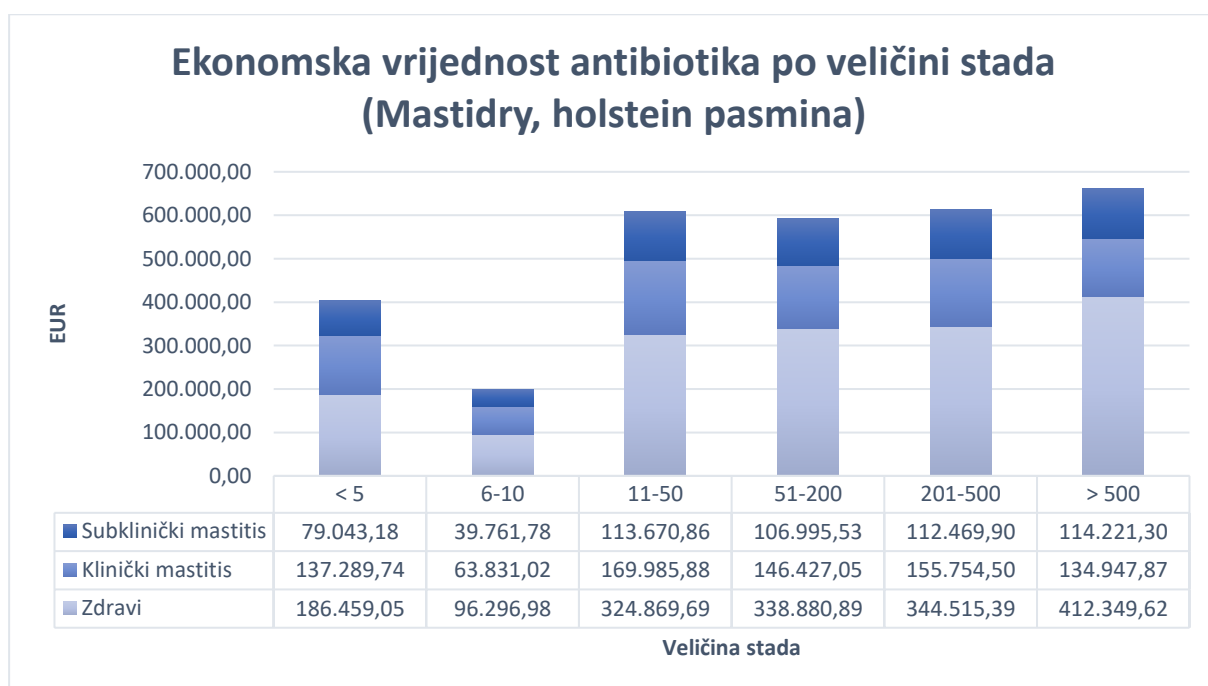
Grafikoni prikazuju raspodjelu financijske vrijednosti primjene antibiotika Cefa-Safe i Mastidry kod holstein pasmine u šest kategorija veličine stada. U svim kategorijama najveći udio troška odnosi se na zdrave krave, u rasponu od 55 % do 59 %. U kategoriji >500 krava, ukupni trošak iznosi 1.687.110,88 € za Cefa-Safe i 661.518,79 € za Mastidry, pri čemu zdrave krave sudjeluju s 1.051.639,85 € odnosno 412.349,62 €. U razredima 201–500 i 51–200 krava, vrijednosti za zdrave krave kreću se između 864.000 € i 878.000 € (Cefa-Safe) te 338.000 € i 344.000 € (Mastidry). I u manjim stadima, poput 11–50 krava, trošak za zdrave životinje ostaje dominantan – 828.534,56 € za Cefa-Safe i 324.869,69 € za Mastidry. U najmanjim skupinama (<5 i 6–10 krava), ukupni iznosi su niži, no udio zdravih krava ostaje najveći. Ova distribucija potvrđuje da su zdrave krave glavni izvor troška u svim kategorijama, bez obzira na veličinu stada.

Tablica 63. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema veličini stada kod krava holstein pasmine

Veličina stada	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 5	19610	48,72	18631	22357,2	46,29	13718	16461,6	34,08	7898	9477,6	19,62	40247	48296,4	100
6-10	10283	51,48	9622	11546,4	48,18	6378	7653,6	31,93	3973	4767,6	19,89	19973	23967,6	100
11-50	34403	56,58	32461	38953,2	53,39	16985	20382	27,93	11358	13629,6	18,68	60804	72964,8	100
51-200	35915	60,68	33861	40633,2	57,21	14631	17557,2	24,72	10691	12829,2	18,06	59183	71019,6	100
201-500	36921	60,3	34424	41308,8	56,23	15563	18675,6	25,42	11238	13485,6	18,36	61225	73470	100
> 500	43990	66,55	41202	49442,4	62,33	13484	16180,8	20,4	11413	13695,6	17,27	66099	79318,8	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100
Veličina stada	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 5	19610	48,72	18631	22357,2	46,29	13718	16461,6	34,08	7898	9477,6	19,62	40247	48296,4	100
6-10	10283	51,48	9622	11546,4	48,18	6378	7653,6	31,93	3973	4767,6	19,89	19973	23967,6	100
11-50	34403	56,58	32461	38953,2	53,39	16985	20382	27,93	11358	13629,6	18,68	60804	72964,8	100
51-200	35915	60,68	33861	40633,2	57,21	14631	17557,2	24,72	10691	12829,2	18,06	59183	71019,6	100
201-500	36921	60,3	34424	41308,8	56,23	15563	18675,6	25,42	11238	13485,6	18,36	61225	73470	100
> 500	43990	66,55	41202	49442,4	62,33	13484	16180,8	20,4	11413	13695,6	17,27	66099	79318,8	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100
Veličina stada	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 5	19610	48,72	18631	44714,4	46,29	13718	32923,2	34,08	7898	18955,2	19,62	40247	96592,8	100
6-10	10283	51,48	9622	23092,8	48,18	6378	15307,2	31,93	3973	9535,2	19,89	19973	47935,2	100
11-50	34403	56,58	32461	77906,4	53,39	16985	40764	27,93	11358	27259,2	18,68	60804	145929,6	100
51-200	35915	60,68	33861	81266,4	57,21	14631	35114,4	24,72	10691	25658,4	18,06	59183	142039,2	100
201-500	36921	60,3	34424	82617,6	56,23	15563	37351,2	25,42	11238	26971,2	18,36	61225	146940	100
> 500	43990	66,55	41202	98884,8	62,33	13484	32361,6	20,4	11413	27391,2	17,27	66099	158637,6	100
Ukupno	181122	58,9	170201	408482,4	55,34	80759	193821,6	26,26	56571	135770,4	18,4	307531	738074,4	100
Veličina stada	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 5	19610	48,72	18631	67071,6	46,29	13718	49384,8	34,08	7898	28432,8	19,62	40247	144889,2	100
6-10	10283	51,48	9622	34639,2	48,18	6378	22960,8	31,93	3973	14302,8	19,89	19973	71902,8	100
11-50	34403	56,58	32461	116859,6	53,39	16985	61146	27,93	11358	40888,8	18,68	60804	218894,4	100
51-200	35915	60,68	33861	121899,6	57,21	14631	52671,6	24,72	10691	38487,6	18,06	59183	213058,8	100
201-500	36921	60,3	34424	123926,4	56,23	15563	56026,8	25,42	11238	40456,8	18,36	61225	220410	100
> 500	43990	66,55	41202	148327,2	62,33	13484	48542,4	20,4	11413	41086,8	17,27	66099	237956,4	100
Ukupno	181122	58,9	170201	612723,6	55,34	80759	290732,4	26,26	56571	203655,6	18,4	307531	1107112	100



Grafikon 11. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po veličini stada (holstein pasmina)



Grafikon 12. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po veličini stada (holstein pasmina)

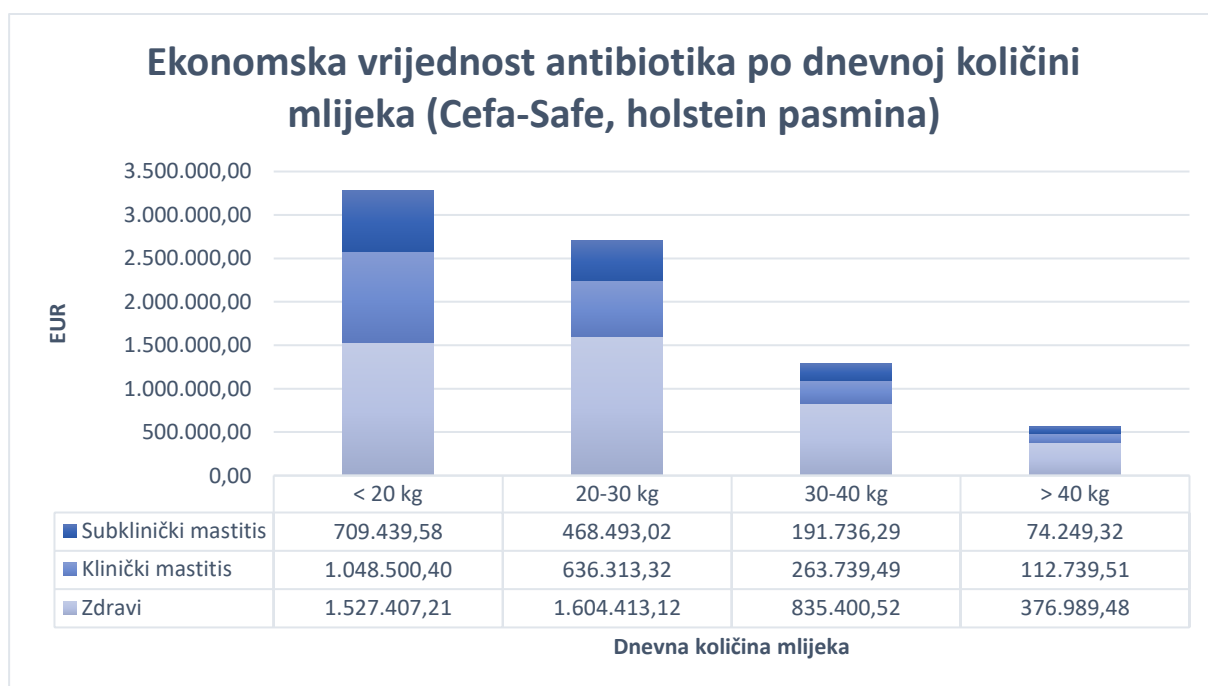
5.9.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

U Tablici 64. prikazana je raspodjela holstein krava koje su pri predzadnjoj kontroli bile klasificirane kao zdrave (SCC <200.000), prema dnevnoj količini mlijeka (<20 kg, 20–30 kg, 30–40 kg, >40 kg).

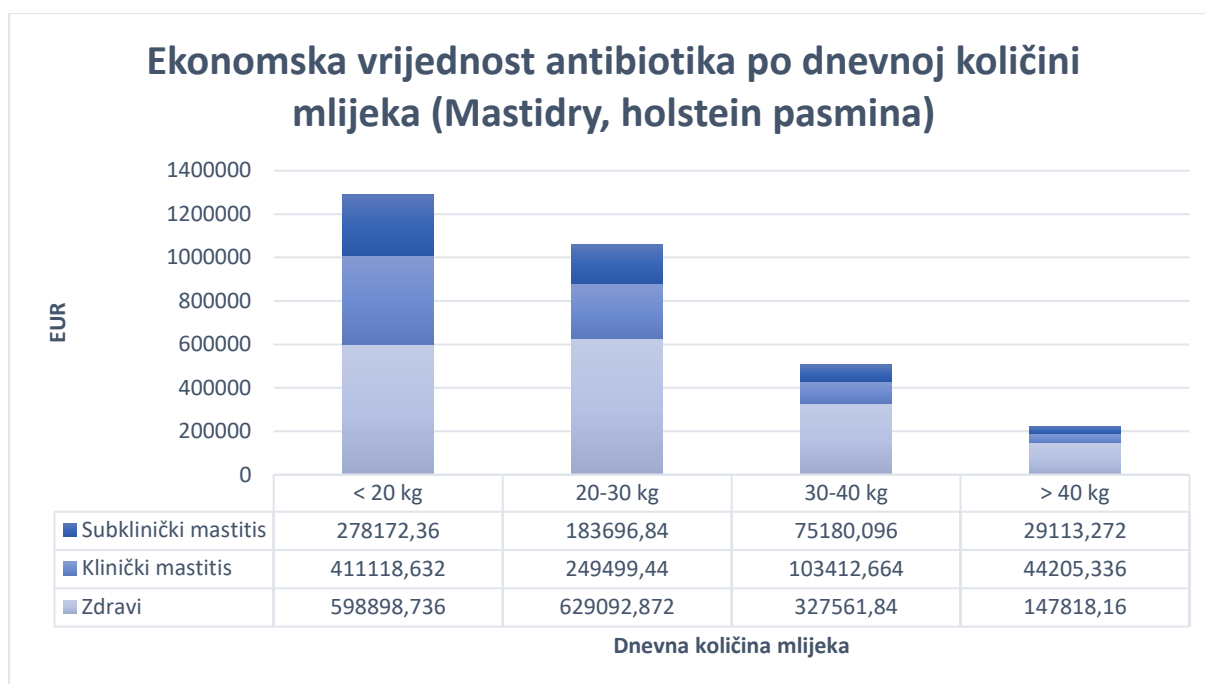
Tablica 64. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju u odnosu na dnevnu količinu mli-jeka kod holstein pasmine

Dnevna količina mlijeka	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 20 kg	67611	52,53	59842	71810,4	46,49	41079	49294,8	31,91	27795	33354	21,59	128716	154459,2	100
20-30 kg	65116	61,35	62859	75430,8	59,22	24930	29916	23,49	18355	22026	17,29	106144	127372,8	100
30-40 kg	33337	65,92	32730	39276	64,72	10333	12399,6	20,43	7512	9014,4	14,85	50575	60690	100
> 40 kg	15058	68,15	14770	17724	66,84	4417	5300,4	19,99	2909	3490,8	13,17	22096	26515,2	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100
Dnevna količina mlijeka	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 20 kg	67611	52,53	59842	71810,4	46,49	41079	49294,8	31,91	27795	33354	21,59	128716	154459,2	100
20-30 kg	65116	61,35	62859	75430,8	59,22	24930	29916	23,49	18355	22026	17,29	106144	127372,8	100
30-40 kg	33337	65,92	32730	39276	64,72	10333	12399,6	20,43	7512	9014,4	14,85	50575	60690	100
> 40 kg	15058	68,15	14770	17724	66,84	4417	5300,4	19,99	2909	3490,8	13,17	22096	26515,2	100
Ukupno	181122	58,9	170201	204241,2	55,34	80759	96910,8	26,26	56571	67885,2	18,4	307531	369037,2	100
Dnevna količina mlijeka	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 20 kg	67611	52,53	59842	143620,8	46,49	41079	98589,6	31,91	27795	66708	21,59	128716	308918,4	100
20-30 kg	65116	61,35	62859	150861,6	59,22	24930	59832	23,49	18355	44052	17,29	106144	254745,6	100
30-40 kg	33337	65,92	32730	78552	64,72	10333	24799,2	20,43	7512	18028,8	14,85	50575	121380	100
> 40 kg	15058	68,15	14770	35448	66,84	4417	10600,8	19,99	2909	6981,6	13,17	22096	53030,4	100
Ukupno	181122	58,9	170201	408482,4	55,34	80759	193821,6	26,26	56571	135770,4	18,4	307531	738074,4	100
Dnevna količina mlijeka	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 20 kg	67611	52,53	59842	215431,2	46,49	41079	147884,4	31,91	27795	100062	21,59	128716	463377,6	100
20-30 kg	65116	61,35	62859	226292,4	59,22	24930	89748	23,49	18355	66078	17,29	106144	382118,4	100
30-40 kg	33337	65,92	32730	117828	64,72	10333	37198,8	20,43	7512	27043,2	14,85	50575	182070	100
> 40 kg	15058	68,15	14770	53172	66,84	4417	15901,2	19,99	2909	10472,4	13,17	22096	79545,6	100
Ukupno	181122	58,9	170201	612723,6	55,34	80759	290732,4	26,26	56571	203655,6	18,4	307531	1107112	100

Tablica uključuje broj jedinki i pripadajuće vrijednosti potrošnje antibiotika na temelju zdravstvenog statusa pri zadnjoj kontroli (zdrave, klinički mastitis, subklinički mastitis), te potrošnju za antibiotike Cefa-Safe, Mastidry (ampicilin i kloksacilin) te njihovu sumu. Rezultati pokazuju izražen trend porasta udjela zdravih krava s porastom dnevne količine mlijeka – od 52,5 % u skupini <20 kg do 68,2 % kod krava koje proizvode >40 kg dnevno. Istovremeno se udio krava s mastitisom i u rizičnoj skupini smanjuje s većom mliječnosti, što može ukazivati na povezanost između visoke proizvodnje i boljeg zdravlja vimena. Potrošnja antibiotika po skupinama pokazuje najvišu ukupnu potrošnju u skupini <20 kg, dok skupine s većom mliječnosti imaju manji relativni udio terapija, iako zbog manjih apsolutnih brojeva (broj krava) ukupna potrošnja nije zanemariva. Ovi nalazi podupiru tezu da visoko produktivne krave, unatoč povećanom metaboličkom opterećenju, mogu imati stabilniji zdravstveni status vimena ako se pravilno upravlja hranidbom i okolišnim uvjetima.



Grafikon 13. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po dnevnoj količini mlijeka (holstein pasmina)



Grafikon 14. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po dnevnoj količini mlijeka (holstein pasmina)

Grafikoni prikazuju raspodjelu financijske vrijednosti primjene antibiotika Cefa-Safe i Mastidry u odnosu na dnevnu količinu proizvedenog mlijeka. U svim kategorijama najveći udio ukupnih troškova odnosi se na zdrave krave, s blagim padom udjela u višim razredima proizvodnje. U skupini <20 kg, trošak za zdrave krave iznosi 1.527.407,21 € kod Cefa-Safe i 598.898,74 € kod Mastidry, što čini 49,3 % ukupne potrošnje. U razredu 20–30 kg, udio zdravih krava raste na 59,7 %, s iznosima od 1.604.413,12 € (Cefa-Safe) i 629.092,87 € (Mastidry). U skupini 30–40 kg zadržava se visok udio (oko 59,5 %), uz trošak od 835.400,52 € i 327.561,84 €. U najvišem proizvodnom razredu (>40 kg), udio zdravih krava blago opada na 58,3 %, uz trošak od 376.989,48 € kod Cefa-Safe i 147.818,16 € kod Mastidry. Troškovi povezani s mastitisom proporcionalno se smanjuju u višim razredima proizvodnje. Ova raspodjela pokazuje da se najveći apsolutni iznosi antibiotika troše kod krava koje daju manje od 30 kg mlijeka dnevno, ali bez obzira na razred proizvodnje, zdrave krave čine najveći troškovni udio i ostaju ključna skupina za racionalizaciju terapije.

5.9.8. Analiza ukupne ekonomske vrijednosti antibiotika – holstein pasmina

Analiza ekonomskih pokazatelja vezanih uz terapije zasušivanja kod holstein pasmine obuhvatila je ukupno 307.531 slučaj primjene antibiotika, koji su raspoređeni prema zdravstvenom statusu krava pri zadnjoj kontroli mliječnosti. Od toga se 170.201 terapija (55,34 %) odnosila na krave koje su bile klinički zdrave, dok je kod 80.759 krava (26,26 %) zabilježen klinički mastitis, a kod 56.571 krava (18,40 %) subklinički mastitis.

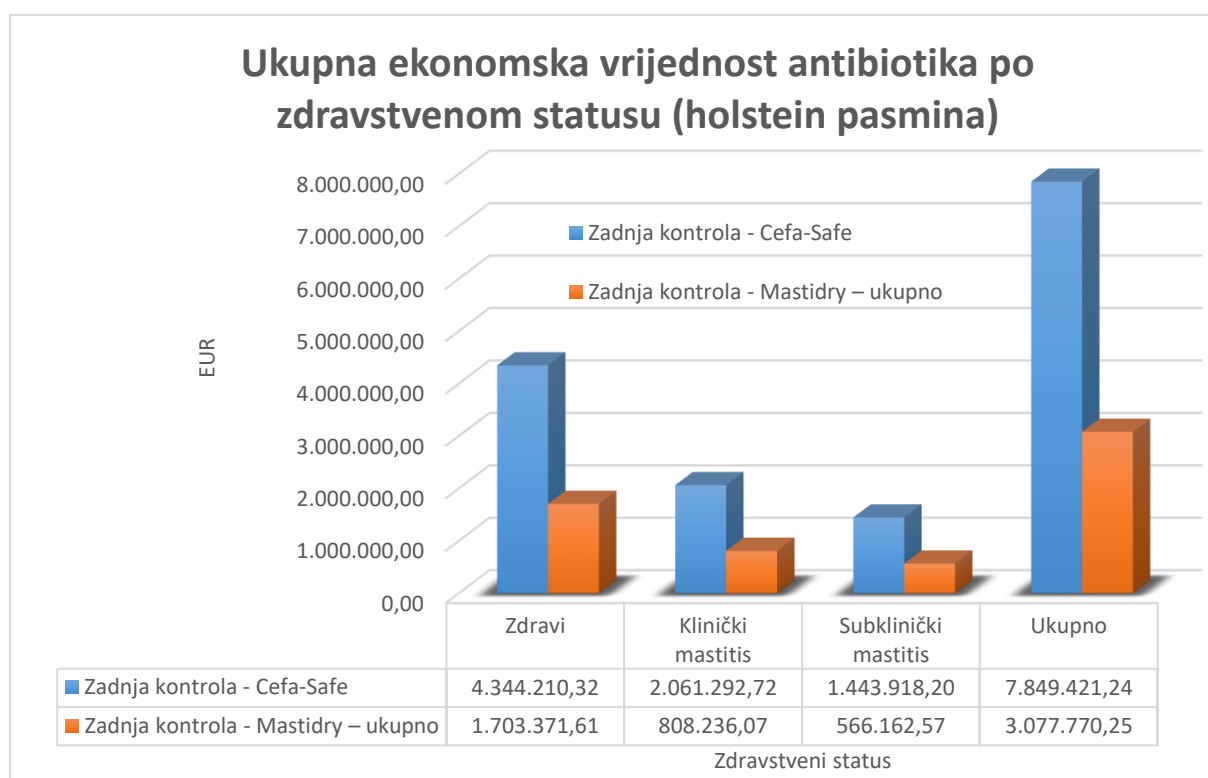
Tablica 65. Primjena antibiotika pri zasušivanju holstein krava prema zdravstvenom statusu: broj tretmana, ukupna masa i ekonomski trošak

	Zdravi			
	N	Suma (g)	€	%
Zadnja kontrola Cefa-Safe -	170.201,00	204.241,20	4.344.210,32	55,34
Zadnja kontrola Mastidry – ukupno -	170.201,00	612.723,60	1.703.371,61	55,34
	Klinički mastitis			
	N	Suma (g)	€	%
Zadnja kontrola Cefa-Safe -	80.759,00	96.910,80	2.061.292,72	26,26
Zadnja kontrola Mastidry – ukupno -	80.759,00	290.732,40	808.236,07	26,26
	Subklinički mastitis			
	N	Suma (g)	€	%
Zadnja kontrola Cefa-Safe -	56.571,00	67.885,20	1.443.918,20	18,40
Zadnja kontrola Mastidry – ukupno -	56.571,00	203.655,60	566.162,57	18,40
	Ukupno			
	N	Suma (g)	€	%
Zadnja kontrola Cefa-Safe -	307.531,00	369.037,20	7.849.421,24	100,00
Zadnja kontrola Mastidry – ukupno -	307.531,00	1.107.111,60	3.077.770,25	100,00

Primjenom pripravka Cefa-Safe kod zdravih krava utrošeno je 204.241,20 grama antibiotika, s ukupnim troškom od 4.344.210,32 €. Usporedno, kod istih krava Mastidry je primijenjen u količini od 612.723,60 grama, uz pripadajući trošak od 1.703.371,61 €. Ovi iznosi predstavljaju

potencijalnu financijsku uštedu koja bi se mogla ostvariti primjenom selektivnog pristupa, odnosno izbjegavanjem terapije zasušivanja kod zdravih krava.

Kod krava s kliničkim mastitisom, trošak primjene Cefa-Safe iznosio je 2.061.292,72 €, dok je za Mastidry iznosio 808.236,07 €. U slučaju subkliničkog mastitisa, troškovi su iznosili 1.443.918,20 € za Cefa-Safe, odnosno 566.162,57 € za Mastidry. Ukupno, primjena Cefa-Safe rezultirala je potrošnjom od 369.037,20 grama aktivne tvari i troškom od 7.849.421,24 €, dok je kod Mastidry pripravka ukupna potrošnja iznosila 1.107.111,60 grama, uz ukupan trošak od 3.077.770,25 €.



Grafikon 15. Ukupna ekonomska vrijednost antibiotika po zdravstvenom statusu (holstein pasmina)

Financijski učinci prikazani su u Tablici 65 i na Grafikonu 15, koji jasno ilustriraju raspodjelu troškova po zdravstvenim kategorijama i razlike među primijenjenim pripravcima. Dominantni udio troška u skupini zdravih krava dodatno naglašava ekonomski značaj ciljanog pristupa u provedbi SDCT-a, osobito u pogledu optimizacije upotrebe antibiotika i smanjenja nepotrebnih troškova.

5.9.9. Ekološka procjena emisije antibiotika kod holstein krava: kvantifikacija i analiza rizika

Ovo poglavlje prikazuje kvantitativnu procjenu potencijalne emisije antibiotika u okoliš, temeljenu na primjeni dvaju pripravaka za terapiju zasušivanja holstein krava, Cefa-Safe (aktivna tvar: *cephapirin*) i Mastidry (kombinacija *kloksacilina* i *ampicilina*). Budući da su pripravci međusobno isključivi, emisija se procjenjuje odvojeno za svaki scenarij primjene, ovisno o korištenom pripravku. Svi izračuni temelje se na agregiranim podacima za populaciju holstein krava u Republici Hrvatskoj, čime se procjena odnosi na nacionalnu razinu.

Emisija antibiotika u okoliš primarno nastaje putem izlučivanja aktivnih metabolita u urinu i fecesu, koji se zatim preko stajskog gnoja unose u tlo i vodne ekosustave. Prema literaturi, prosječno 60 % primijenjenog antibiotika izlučuje se u aktivnom obliku (Berendsen i sur., 2015; Thiele-Bruhn, 2003).

Ukupne mase korištenih tvari tijekom terapije zasušivanja holstein krava ($n = 307.531$) iznose:

Cefa-Safe (cephapirin): 369.037,20 g

Mastidry (kloksacilin + ampicilin): 1.107.111,60 g

Procijenjena emisija u okoliš, uz pretpostavku 60 % izlučivanja:

Cephapirin: $369.037,20 \times 0,60 = 221.422,32 \text{ g}$

Mastidry: $1.107.111,60 \times 0,60 = 664.266,96 \text{ g}$

Budući da Mastidry sadrži dvije aktivne tvari u omjeru 2:1 (kloksacilin : ampicilin), masa se raspodjeljuje:

Kloksacilin: $664.266,96 \times 2/3 = 442.844,64 \text{ g}$

Ampicilin: $664.266,96 \times 1/3 = 221.422,32 \text{ g}$

Za procjenu rizika koristi se omjer PEC/PNEC (predviđena koncentracija u okolišu / predviđena koncentracija bez učinka). PEC je izračunat prema pojednostavljenom modelu u kojem 1 g antibiotika raspoređen u 1 m³ okoliša rezultira koncentracijom od 1.000 µg/L, pri čemu se pretpostavlja homogena disperzija tvari u vodenom mediju, bez uzimanja u obzir razrjeđenja, adsorpcije ili degradacije (Tell i sur., 2019; Bengtsson-Palme i Thiele-Bruhn, 2003).

Za svaku djelatnu tvar korištene su sljedeće referentne vrijednosti:

Tablica 66. Procijenjena emisija antibiotika u okoliš kod holstein krava i pripadajući PEC/PNEC omjeri

Tvar	PEC (µg/L)	PNEC (µg/L)	PEC/PNEC
Cephapirin	221,42	0,05 (ECHA, 2024)	4.428
Kloksacilin	442,84	0,13 (EUCAST QC Tables, 2023)*	3.407
Ampicilin	221,42	0,60 (Tell i sur., 2019)	369

* vrijednost se temelji na najnižem MIC rasponu, korištenom kao prag za selekciju otpornosti (Bengtsson-Palme & Larsson, 2016).

Izvor: procjena autora prema podacima iz ECHA (2024), EUCAST QC (2023), Tell i sur. (2019), Bengtsson-Palme & Larsson (2016).

Minimalna inhibitorna koncentracija (MIC) označava najnižu koncentraciju antibiotika koja inhibira rast mikroorganizama in vitro. U ovom istraživanju, najniža eksperimentalno utvrđena MIC vrijednost korištena je kao prag za selekcijski pritisak u okolišu, sukladno preporukama Bengtsson-Palme i Larsson (2016).

Omjeri PEC/PNEC veći od 1 ukazuju na potencijalni rizik za okoliš, dok omjeri iznad 10 upućuju na vjerojatnu selekciju za rezistenciju. Vrijednosti iznad 1.000, prema kriterijima predloženima u znanstvenim smjernicama, predstavljaju visok rizik za funkcionalne mikrobne zajednice tla i vode, osobito u zonama visoke izloženosti (Bengtsson-Palme & Larsson, 2016; Tell et al., 2019). Posebno zabrinjava primjena antibiotika kod zdravih životinja, gdje ne postoji jasna terapijska potreba.

U istraživanju je zabilježeno da je 170.201 krava (55,34 %) bila bez znakova kliničkog ili subkliničkog mastitisa pri zadnjoj kontroli, ali je svejedno tretirana.

Primijenjene količine antibiotika kod tih zdravih životinja iznosile su:

Cefa-Safe: 204.241,20 g

Mastidry: 612.723,60 g

Procijenjena emisija izlučivanjem (60 %):

Cefa-Safe (cephapirin): $204.241,20 \times 0,60 = 122.544,72$ g

Mastidry (kombinacija kloksacilina i ampicilina): $612.723,60 \times 0,60 = 367.634,16$ g

Ukoliko bi se terapija izostavila kod zdravih krava, potencijalna godišnja ušteda u emisiji antibiotika u okoliš bila bi 122,5 kg cephapirina ili 367,6 kg kombinacije penicilinskih

antibiotika, ovisno o korištenom pripravku. Ove količine višestruko premašuju ekotoksikološke pragove sigurnosti te bi njihovo izbjegavanje značajno smanjilo ukupno opterećenje okoliša. Zaključno, rezultati ovog poglavlja pokazuju da blanket pristup terapiji zasušivanja značajno doprinosi opterećenju okoliša aktivnim tvarima koje mogu uzrokovati poremećaj mikrobiološke ravnoteže i potencijalno pridonijeti razvoju antimikrobne rezistencije. Primjena SDCT-a utemeljena na individualnoj procjeni zdravstvenog statusa omogućuje ne samo racionalniju uporabu antibiotika, već i značajno smanjenje njihove emisije u okoliš, s očekivanim pozitivnim učinkom na tlo, vodu i šire ekosustave.

5.10. Procjena potencijala za smanjenje uporabe antibiotika pri zasušivanju krava putem klasifikacije zdravstvenog statusa temeljenog na broju somatskih stanica kod simentalke pasmine krava

U ovom poglavlju analizirana je mogućnost za racionalizaciju i potencijalno smanjenje uporabe antibiotika kod zasušivanja simentalnih krava, koristeći podatke o zdravstvenom statusu vimena procijenjenom putem broja somatskih stanica u dvije kontrole mliječnosti neposredno prije zasušenja – posljednjoj i preposljednjoj. Krave su klasificirane kao:

Zdrave – broj somatskih stanica < 200.000 u obje kontrole,

Subklinički mastitis – broj somatskih stanica između 200.000 i 400.000 u jednoj ili obje kontrole,

Klinički mastitis – broj somatskih stanica > 400.000 u barem jednoj kontroli.

Analizom je procijenjen broj i udio krava koje zadovoljavaju kriterije za selektivno zasušivanje bez uporabe antibiotika, čime se može smanjiti nepotrebna uporaba antimikrobnih sredstava i smanjiti njihova emisija u okoliš. Nadalje, prikazana je distribucija krava po ovoj klasifikaciji kroz različite proizvodne i okolišne faktore, uključujući paritet, stadij laktacije, regiju uzgoja, sezonu i veličinu stada.

Ekonomski aspekt uporabe antibiotika u ovom dijelu istraživanja također je razrađen na temelju tržišnih cijena dobivenih iz ponude dobavljača veterinarskih lijekova (Medical intertrade, 2025). Za pripravak Cefa-Safe, cijena od 127,64 € za pakiranje od 20 injektoru (300 mg po injektoru) daje iznos od 21,27 €/g, dok pripravak Mastidry, koji sadrži ukupno 900 mg aktivnih tvari po injektoru, ima cijenu od 2,78 €/g temeljem cijene od 60,06 € za 24 injektora.

Vrijednosti su preračunate po ukupnoj masi antibiotika korištenoj po skupinama krava (zdrave, klinički mastitis, subklinički mastitis), a zatim sumirane prema proizvodnim i okolišnim kriterijima. Ovaj pristup omogućuje identifikaciju skupina s najvećim potencijalom za racionalizaciju terapije i smanjenje antimikrobne potrošnje.

5.10.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

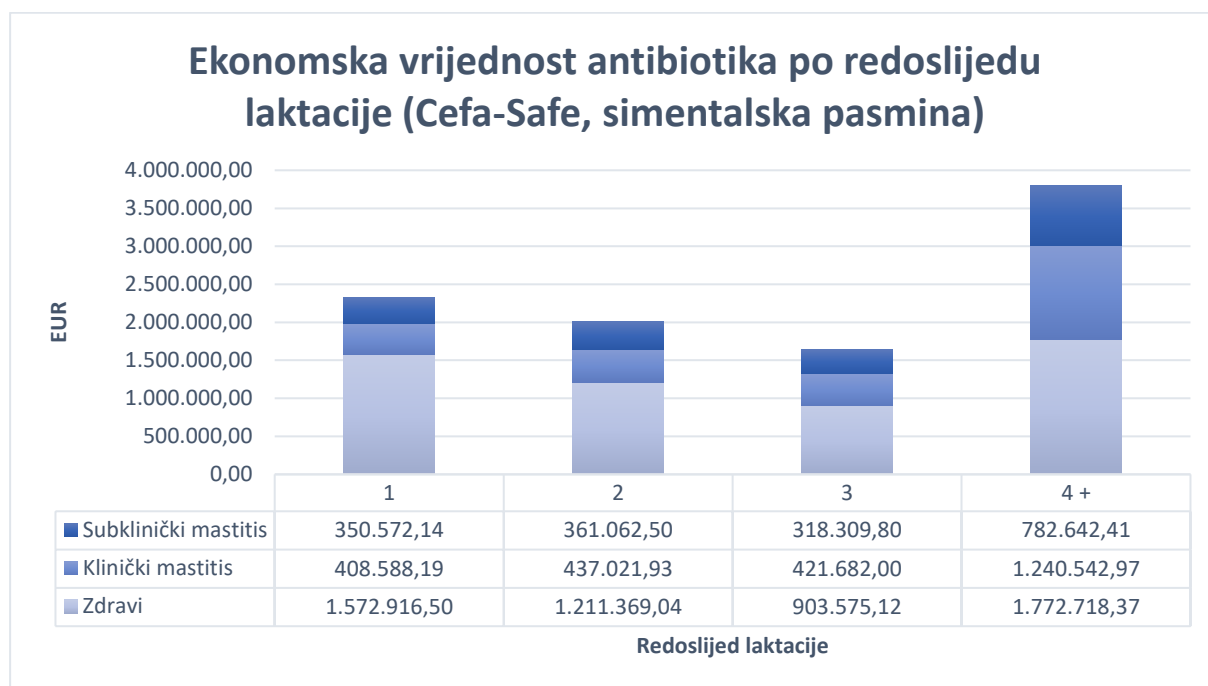
U Tablici 67. prikazana je distribucija simentalских krava koje su pri predzadnjoj kontroli bile klasificirane kao zdrave (SCC <200.000), raspoređene prema redoslijedu laktacije (od prve do četvrte i više).

Tablica 67. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju u odnosu na redoslijed laktacije kod simentalске pasmine

Redoslijed laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	64249	70,32	61625	73950	67,45	16008	19209,6	17,52	13735	16482	15,03	91368	109641,6	100
2	50198	63,76	47460	56952	60,28	17122	20546,4	21,75	14146	16975,2	17,97	78728	94473,6	100
3	37801	58,7	35401	42481,2	54,98	16521	19825,2	25,66	12471	14965,2	19,37	64393	77271,6	100
4 +	74641	50,19	69453	83343,6	46,7	48603	58323,6	32,68	30663	36795,6	20,62	148719	178462,8	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Redoslijed laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	64249	70,32	61625	73950	67,45	16008	19209,6	17,52	13735	16482	15,03	91368	109641,6	100
2	50198	63,76	47460	56952	60,28	17122	20546,4	21,75	14146	16975,2	17,97	78728	94473,6	100
3	37801	58,7	35401	42481,2	54,98	16521	19825,2	25,66	12471	14965,2	19,37	64393	77271,6	100
4 +	74641	50,19	69453	83343,6	46,7	48603	58323,6	32,68	30663	36795,6	20,62	148719	178462,8	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Redoslijed laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloraksilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	64249	70,32	61625	147900	67,45	16008	38419,2	17,52	13735	32964	15,03	91368	219283,2	100
2	50198	63,76	47460	113904	60,28	17122	41092,8	21,75	14146	33950,4	17,97	78728	188947,2	100
3	37801	58,7	35401	84962,4	54,98	16521	39650,4	25,66	12471	29930,4	19,37	64393	154543,2	100
4 +	74641	50,19	69453	166687,2	46,7	48603	116647,2	32,68	30663	73591,2	20,62	148719	356925,6	100
Ukupno	226889	59,21	213939	513453,6	55,83	98254	235809,6	25,64	71015	170436	18,53	383208	919699,2	100
Redoslijed laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	64249	70,32	61625	221850	67,45	16008	57628,8	17,52	13735	49446	15,03	91368	328924,8	100
2	50198	63,76	47460	170856	60,28	17122	61639,2	21,75	14146	50925,6	17,97	78728	283420,8	100
3	37801	58,7	35401	127443,6	54,98	16521	59475,6	25,66	12471	44895,6	19,37	64393	231814,8	100
4 +	74641	50,19	69453	250030,8	46,7	48603	174970,8	32,68	30663	110386,8	20,62	148719	535388,4	100
Ukupno	226889	59,21	213939	770180,4	55,83	98254	353714,4	25,64	71015	255654	18,53	383208	1379549	100

Tablica uključuje broj krava i odgovarajuću potrošnju antibiotika za tri skupine zdravstvenog statusa pri zadnjoj kontroli (zdrave, rizične i mastitis), za antibiotike Cefa-Safe i Mastidry (ampicilin i kloksacilin), kao i njihovu sumu. Dobiveni podaci pokazuju jasan trend smanjenja udjela zdravih krava i porasta udjela onih s mastitisom i u rizičnoj skupini s porastom broja laktacija. U prvoj laktaciji čak 70,3 % krava bilo je klasificirano kao zdravo, dok taj udio u četvrtoj i višim laktacijama pada na 50,2 %. Istodobno, udio krava s mastitisom raste s 17,5 % u prvoj na 32,7 % u četvrtoj i višim, dok rizične krave čine do 20,6 % u najvišem paritetu.

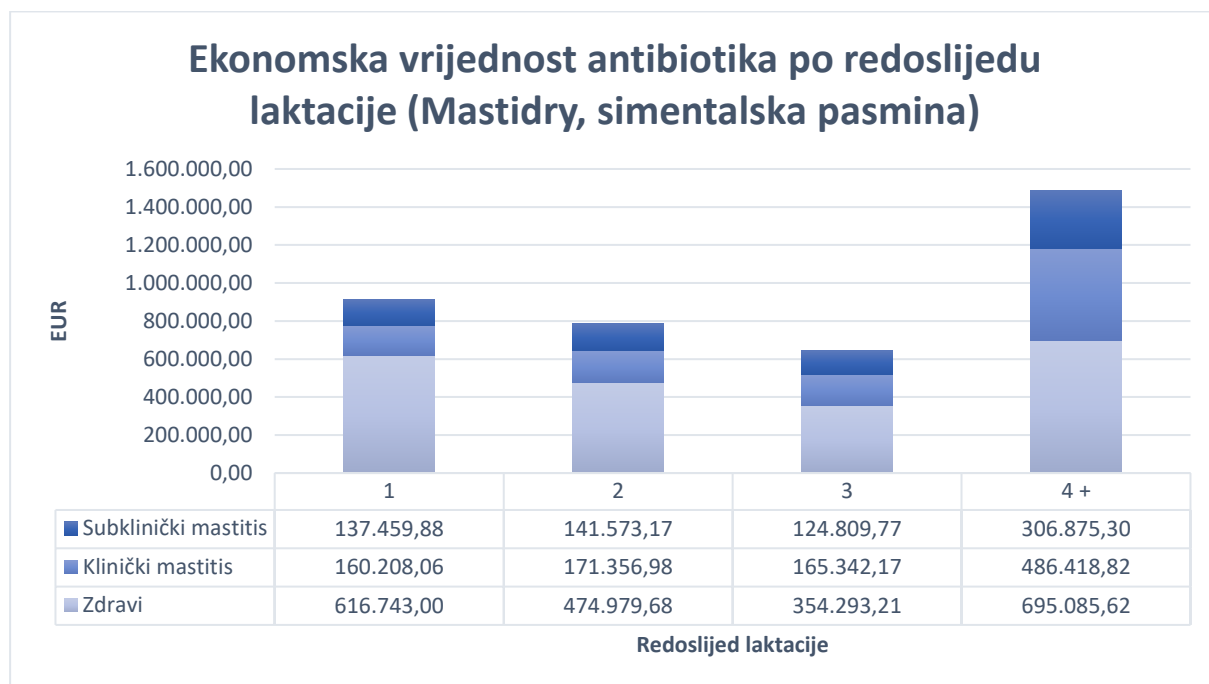
Ukupna potrošnja antibiotika najviša je upravo kod višelaktacijskih krava, pri čemu je kod skupine 4+ zabilježena gotovo dvostruko veća potrošnja u odnosu na prvu laktaciju. Ovi rezultati naglašavaju važnost praćenja i selekcije starijih krava pri odlučivanju o uključivanju u selektivnu terapiju zasušivanja.



Grafikon 16. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po redoslijedu laktacije (simentalska pasmina)

Grafikoni prikazuju raspodjelu ekonomske vrijednosti primjene antibiotika Cefa-Safe i Mastidry po redoslijedu laktacije kod simentalske pasmine. U svim skupinama najveći udio troška odnosi se na zdrave krave, s udjelima koji se kreću od 54,2 % do 59,1 %. U prvoj laktaciji, trošak za zdrave krave iznosi 1.572.916,50 € (Cefa-Safe) i 616.743,00 € (Mastidry), dok u četvrtoj i višim laktacijama ti iznosi rastu na 1.772.718,37 € i 695.085,62 €. U istom razredu, klinički mastitis iznosi 1.240.542,97 € za Cefa-Safe i 486.418,82 € za Mastidry, dok

su iznosi za subklinički mastitis 782.642,41 € i 306.875,30 €. U drugoj i trećoj laktaciji troškovi su nešto niži, no obrasci raspodjele ostaju isti – primjerice, u trećoj laktaciji udio zdravih krava iznosi 54,2 %, uz trošak od 903.575,12 € (Cefa-Safe) i 354.293,21 € (Mastidry). Ova raspodjela potvrđuje da se najveći apsolutni i relativni troškovi ostvaruju na zdravim životinjama, osobito u prvoj i četvrtoj laktaciji, što ukazuje na jasan potencijal za optimizaciju terapije u tim skupinama.



Grafikon 17. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po redoslijedu laktacije (simentalska pasmina)

5.10.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

U Tablici 68. prikazana je distribucija simentalčkih krava koje su bile zdrave (SCC <200.000) pri predzadnjoj kontroli, razvrstanih prema stadiju laktacije u četiri skupine dana (1–75, 76–150, 151–225 i >225 dana u laktaciji). U tablici je također prikazana raspodjela krava prema zdravstvenom statusu pri zadnjoj kontroli (zdrave, rizične i mastitis), uz pripadajuću potrošnju antibiotika za tri skupine – Cefa-Safe, Mastidry (ampicilin i kloksacilin), te njihovu ukupnu potrošnju.

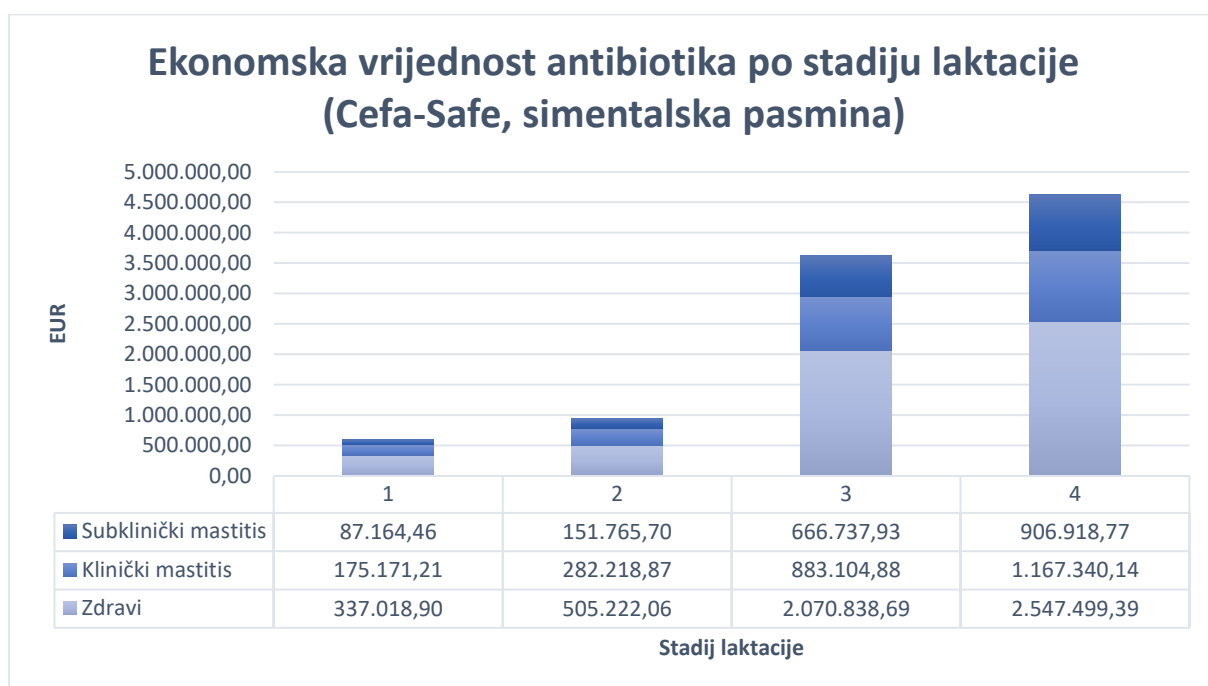
U prvoj skupini (do 75 dana), zabilježen je najniži udio zdravih krava (57,4 %), dok se u trećoj skupini (151–225 dana) taj udio penje na 61,0 %, uz najmanji udio mastitisa (24,4 %). Rizične krave čine u prosjeku 18–19 %, a blago rastu s napredovanjem laktacije. Najveća ukupna

potrošnja antibiotika zabilježena je u četvrtoj skupini (>225 dana), s preko 650 tisuća grama ukupne mase, što je i očekivano s obzirom na veći broj krava u toj skupini.

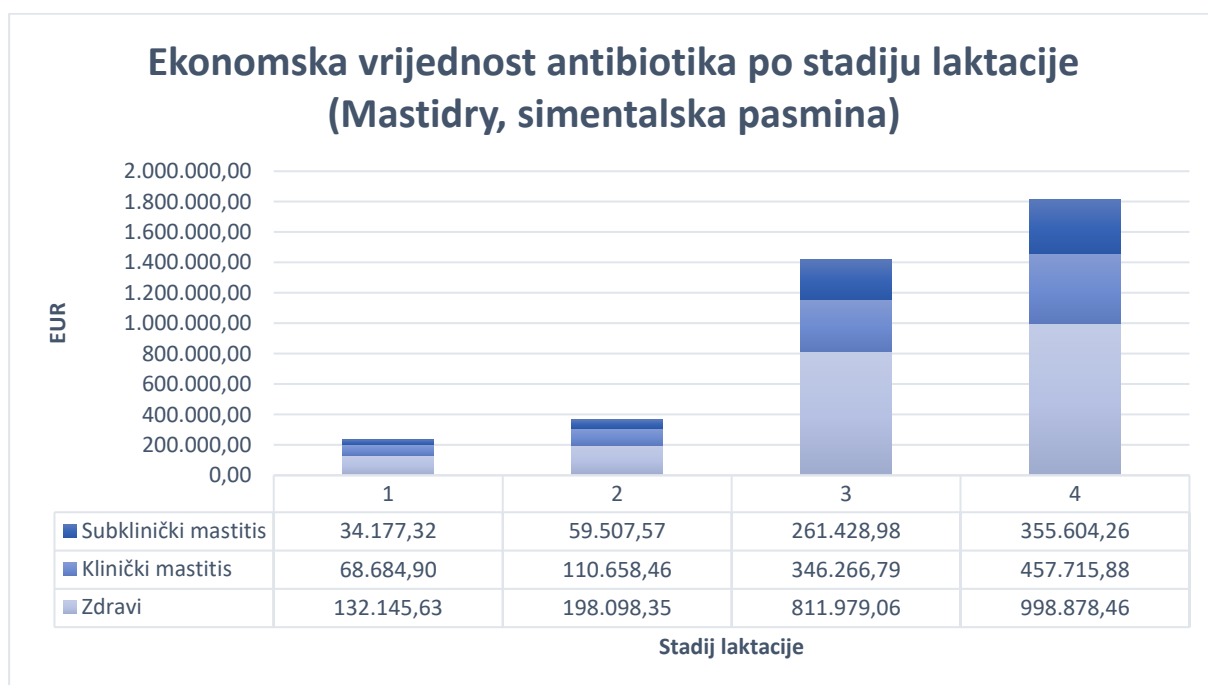
Tablica 68. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema stadiju laktacije kod si-mentalske pasmine

Stadij laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	13489	57,44	13204	15844,8	56,23	6863	8235,6	29,23	3415	4098	14,54	23482	28178,4	100
2	20999	57,07	19794	23752,8	53,79	11057	13268,4	30,05	5946	7135,2	16,16	36797	44156,4	100
3	86588	61,04	81133	97359,6	57,19	34599	41518,8	24,39	26122	31346,4	18,41	141854	170224,8	100
4	105813	58,44	99808	119769,6	55,12	45735	54882	25,26	35532	42638,4	19,62	181075	217290	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Stadij laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	13489	57,44	13204	15844,8	56,23	6863	8235,6	29,23	3415	4098	14,54	23482	28178,4	100
2	20999	57,07	19794	23752,8	53,79	11057	13268,4	30,05	5946	7135,2	16,16	36797	44156,4	100
3	86588	61,04	81133	97359,6	57,19	34599	41518,8	24,39	26122	31346,4	18,41	141854	170224,8	100
4	105813	58,44	99808	119769,6	55,12	45735	54882	25,26	35532	42638,4	19,62	181075	217290	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Stadij laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	13489	57,44	13204	31689,6	56,23	6863	16471,2	29,23	3415	8196	14,54	23482	56356,8	100
2	20999	57,07	19794	47505,6	53,79	11057	26536,8	30,05	5946	14270,4	16,16	36797	88312,8	100
3	86588	61,04	81133	194719,2	57,19	34599	83037,6	24,39	26122	62692,8	18,41	141854	340449,6	100
4	105813	58,44	99808	239539,2	55,12	45735	109764	25,26	35532	85276,8	19,62	181075	434580	100
Ukupno	226889	59,21	213939	513453,6	55,83	98254	235809,6	25,64	71015	170436	18,53	383208	919699,2	100
Stadij laktacije	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
1	13489	57,44	13204	47534,4	56,23	6863	24706,8	29,23	3415	12294	14,54	23482	84535,2	100
2	20999	57,07	19794	71258,4	53,79	11057	39805,2	30,05	5946	21405,6	16,16	36797	132469,2	100
3	86588	61,04	81133	292078,8	57,19	34599	124556,4	24,39	26122	94039,2	18,41	141854	510674,4	100
4	105813	58,44	99808	359308,8	55,12	45735	164646	25,26	35532	127915,2	19,62	181075	651870	100
Ukupno	226889	59,21	213939	770180,4	55,83	98254	353714,4	25,64	71015	255654	18,53	383208	1379549	100

Rezultati ukazuju na povezanost duljine laktacije i zdravstvenog statusa vimena, pri čemu se čini da srednji stadiji laktacije donose najbolji zdravstveni status. To sugerira da bi informacije o broju dana u laktaciji mogle biti korisne pri odlučivanju o selektivnom pristupu terapiji zasušivanja.



Grafikon 18. Ekonomska vrijednost antibiotika po stadiju laktacije (Cefa-Safe, simentalska pasmina)



Grafikon 19 Ekonomska vrijednost antibiotika po stadiju laktacije (Mastidry, simentalska pasmina)

Grafikoni prikazuju ekonomsku vrijednost primjene antibiotika Cefa-Safe i Mastidry po stadiju laktacije kod simentalske pasmine. U svim stadijima najveći udio troška otpada na zdrave krave, s posebno izraženim porastom u trećem i četvrtom stadiju. U četvrtom stadiju, trošak za zdrave krave iznosi 2.547.499,39 € za Cefa-Safe i 998.878,46 € za Mastidry, što predstavlja 57,3 % ukupnog troška u toj fazi. Klinički mastitis pritom iznosi 1.167.340,14 € i 457.715,88 €, a subklinički 906.918,77 € i 355.604,26 €. U trećem stadiju (200–300 dana), udio zdravih krava doseže 58,4 %, uz iznose od 2.070.838,69 € za Cefa-Safe i 811.979,06 € za Mastidry. U prvoj i drugoj fazi ukupni troškovi su niži, no udjeli zdravih krava ostaju najviši – primjerice, u drugoj fazi 505.222,06 € za Cefa-Safe i 198.098,35 € za Mastidry. Ovakva distribucija potvrđuje da se troškovi terapije najviše koncentriraju u kasnijim stadijima laktacije, gdje zdrave krave čine ključan udio ukupne potrošnje antibiotika, što upućuje na mogućnost znatne racionalizacije u tim fazama.

5.10.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

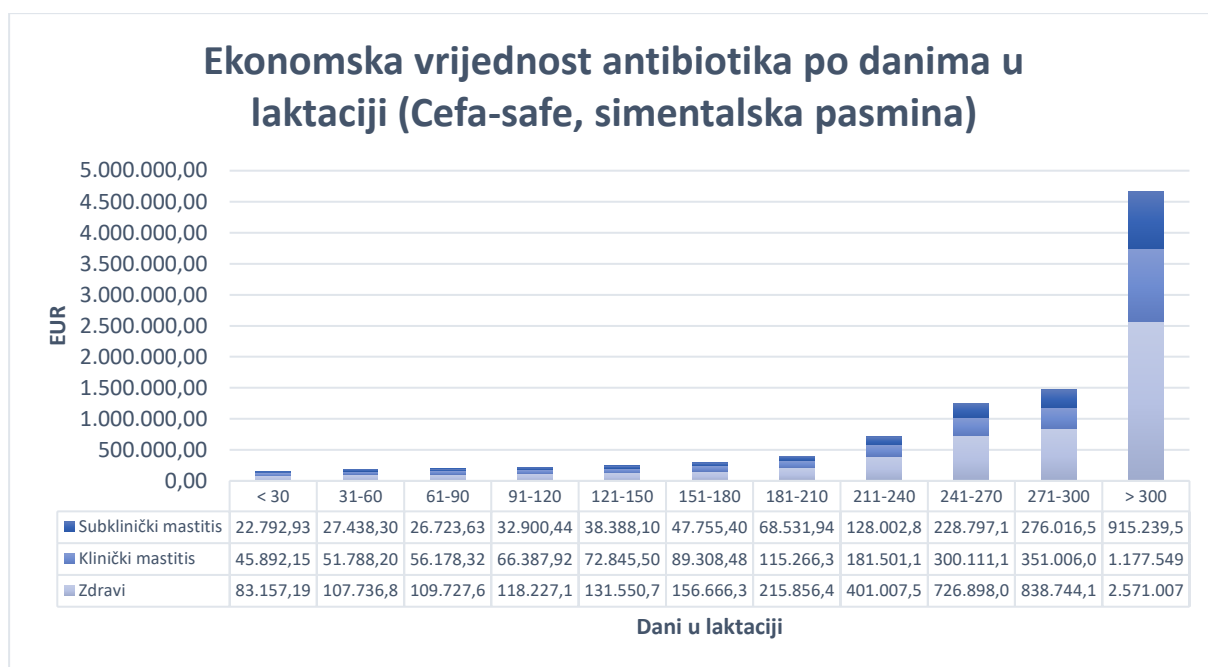
U Tablici 69. prikazana je raspodjela simentalskih krava prema broju dana u laktaciji. Krave su razvrstane u 11 razreda. Prikazan je i njihov zdravstveni status pri predzadnjoj kontroli i zadnjoj kontroli u tri kategorije (zdrave, klinički mastitis, subklinički mastitis), zajedno s pripadajućom potrošnjom antibiotika u četiri scenarija: Cefa-Safe, Mastidry–ampicilin, Mastidry–kloksacilin i ukupno. Uočava se da udio zdravih krava raste od ranih stadija laktacije (npr. <30 dana: 54,7 %) prema srednjim razredima (npr. 241–270 dana: 61,7 %), dok se kasnije stabilizira. Najviši udio mastitisa zabilježen je u srednjem rasponu dana (npr. 91–150 dana: >30 %), a rizične krave čine u prosjeku oko 14–20 % u svim razredima. Najveći broj životinja nalazi se u kategoriji >300 dana laktacije, što je i glavni doprinos ukupnoj potrošnji antibiotika u svim scenarijima. Ukupna potrošnja antibiotika postupno raste s povećanjem broja dana u laktaciji, kulminirajući s više od 650.000 g u skupini >300 dana. Ovi nalazi ukazuju na značaj praćenja dinamike laktacije za donošenje odluka o selektivnoj terapiji zasušivanja i optimizaciji uporabe antibiotika.

Tablica 69. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema broju dana u laktaciji (11 razreda) kod simentalske pasmine

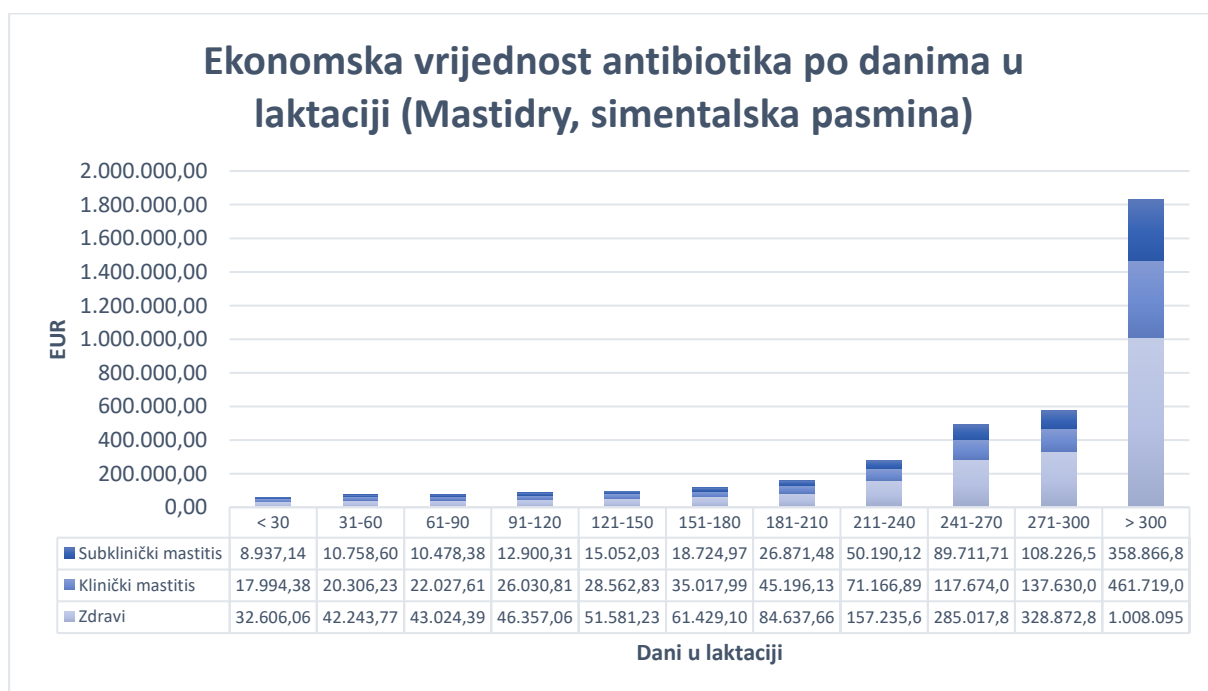
Dani u laktaciji	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno			
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis						
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	
< 30	3255	54,72	3258	3909,6	54,77	1798	2157,6	30,22	893	1071,6	15,01	5949	7138,8	100	
31-60	4225	57,68	4221	5065,2	57,62	2029	2434,8	27,7	1075	1290	14,68	7325	8790	100	
61-90	4477	59,32	4299	5158,8	56,96	2201	2641,2	29,16	1047	1256,4	13,87	7547	9056,4	100	
91-120	4926	57,8	4632	5558,4	54,35	2601	3121,2	30,52	1289	1546,8	15,13	8522	10226,4	100	
121-150	5416	56,94	5154	6184,8	54,18	2854	3424,8	30	1504	1804,8	15,81	9512	11414,4	100	
151-180	6628	57,59	6138	7365,6	53,34	3499	4198,8	30,4	1871	2245,2	16,26	11508	13809,6	100	
181-210	8904	56,87	8457	10148,4	54,01	4516	5419,2	28,84	2685	3222	17,15	15658	18789,6	100	
211-240	16483	59,21	15711	18853,2	56,44	7111	8533,2	25,55	5015	6018	18,02	27837	33404,4	100	
241-270	30358	61,7	28479	34174,8	57,88	11758	14109,6	23,9	8964	10756,8	18,22	49201	59041,2	100	
271-300	35383	61,61	32861	39433,2	57,22	13752	16502,4	23,95	10814	12976,8	18,83	57427	68912,4	100	
> 300	106834	58,47	100729	120874,8	55,13	46135	55362	25,25	35858	43029,6	19,62	182722	219266,4	100	
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100	

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Dani u laktaciji	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 30	3255	54,72	3258	3909,6	54,77	1798	2157,6	30,22	893	1071,6	15,01	5949	7138,8	100
31-60	4225	57,68	4221	5065,2	57,62	2029	2434,8	27,7	1075	1290	14,68	7325	8790	100
61-90	4477	59,32	4299	5158,8	56,96	2201	2641,2	29,16	1047	1256,4	13,87	7547	9056,4	100
91-120	4926	57,8	4632	5558,4	54,35	2601	3121,2	30,52	1289	1546,8	15,13	8522	10226,4	100
121-150	5416	56,94	5154	6184,8	54,18	2854	3424,8	30	1504	1804,8	15,81	9512	11414,4	100
151-180	6628	57,59	6138	7365,6	53,34	3499	4198,8	30,4	1871	2245,2	16,26	11508	13809,6	100
181-210	8904	56,87	8457	10148,4	54,01	4516	5419,2	28,84	2685	3222	17,15	15658	18789,6	100
211-240	16483	59,21	15711	18853,2	56,44	7111	8533,2	25,55	5015	6018	18,02	27837	33404,4	100
241-270	30358	61,7	28479	34174,8	57,88	11758	14109,6	23,9	8964	10756,8	18,22	49201	59041,2	100
271-300	35383	61,61	32861	39433,2	57,22	13752	16502,4	23,95	10814	12976,8	18,83	57427	68912,4	100
> 300	106834	58,47	100729	120874,8	55,13	46135	55362	25,25	35858	43029,6	19,62	182722	219266,4	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Dani u laktaciji	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 30	3255	54,72	3258	7819,2	54,77	1798	4315,2	30,22	893	2143,2	15,01	5949	14277,6	100
31-60	4225	57,68	4221	10130,4	57,62	2029	4869,6	27,7	1075	2580	14,68	7325	17580	100
61-90	4477	59,32	4299	10317,6	56,96	2201	5282,4	29,16	1047	2512,8	13,87	7547	18112,8	100
91-120	4926	57,8	4632	11116,8	54,35	2601	6242,4	30,52	1289	3093,6	15,13	8522	20452,8	100
121-150	5416	56,94	5154	12369,6	54,18	2854	6849,6	30	1504	3609,6	15,81	9512	22828,8	100
151-180	6628	57,59	6138	14731,2	53,34	3499	8397,6	30,4	1871	4490,4	16,26	11508	27619,2	100
181-210	8904	56,87	8457	20296,8	54,01	4516	10838,4	28,84	2685	6444	17,15	15658	37579,2	100
211-240	16483	59,21	15711	37706,4	56,44	7111	17066,4	25,55	5015	12036	18,02	27837	66808,8	100
241-270	30358	61,7	28479	68349,6	57,88	11758	28219,2	23,9	8964	21513,6	18,22	49201	118082,4	100
271-300	35383	61,61	32861	78866,4	57,22	13752	33004,8	23,95	10814	25953,6	18,83	57427	137824,8	100
> 300	106834	58,47	100729	241749,6	55,13	46135	110724	25,25	35858	86059,2	19,62	182722	438532,8	100
Ukupno	226889	59,21	213939	513453,6	55,83	98254	235809,6	25,64	71015	170436	18,53	383208	919699,2	100
Dani u laktaciji	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 30	3255	54,72	3258	11728,8	54,77	1798	6472,8	30,22	893	3214,8	15,01	5949	21416,4	100
31-60	4225	57,68	4221	15195,6	57,62	2029	7304,4	27,7	1075	3870	14,68	7325	26370	100
61-90	4477	59,32	4299	15476,4	56,96	2201	7923,6	29,16	1047	3769,2	13,87	7547	27169,2	100
91-120	4926	57,8	4632	16675,2	54,35	2601	9363,6	30,52	1289	4640,4	15,13	8522	30679,2	100
121-150	5416	56,94	5154	18554,4	54,18	2854	10274,4	30	1504	5414,4	15,81	9512	34243,2	100
151-180	6628	57,59	6138	22096,8	53,34	3499	12596,4	30,4	1871	6735,6	16,26	11508	41428,8	100
181-210	8904	56,87	8457	30445,2	54,01	4516	16257,6	28,84	2685	9666	17,15	15658	56368,8	100
211-240	16483	59,21	15711	56559,6	56,44	7111	25599,6	25,55	5015	18054	18,02	27837	100213,2	100
241-270	30358	61,7	28479	102524,4	57,88	11758	42328,8	23,9	8964	32270,4	18,22	49201	177123,6	100
271-300	35383	61,61	32861	118299,6	57,22	13752	49507,2	23,95	10814	38930,4	18,83	57427	206737,2	100
> 300	106834	58,47	100729	362624,4	55,13	46135	166086	25,25	35858	129088,8	19,62	182722	657799,2	100
Ukupno	226889	59,21	213939	770180,4	55,83	98254	353714,4	25,64	71015	255654	18,53	383208	1379549	100



Grafikon 20. Ekonomska vrijednost antibiotika po danima u laktaciji (Cefa-Safe, simentalska pasmina)



Grafikon 21. Ekonomska vrijednost antibiotika po danima u laktaciji (Mastidry, simentalska pasmina)

Na grafikonu je prikazana ekonomska vrijednost primjene antibiotika Cefa-Safe i Mastidry kod simentalskih krava u funkciji broja dana u laktaciji, razvrstanih u jedanaest razreda. Rezultati pokazuju jasan porast ukupne potrošnje antibiotika s dužinom trajanja laktacije, s najvišim vrijednostima zabilježenima u razredu >300 dana. U tom razredu trošak za zdrave krave iznosi 2.571.007,00 € za Cefa-Safe i 1.008.095,83 € za Mastidry, što čini 57,2 % ukupne potrošnje. Klinički mastitis iznosi 1.177.549,74 € i 461.719,08 €, dok je potrošnja za subklinički mastitis 915.239,59 € i 358.866,86 €. U svim razredima, ekonomski teret terapije kod zdravih krava premašuje trošak liječenja mastitisa, a osobito se to ističe u najduljim fazama laktacije. Od razreda 181–210 dana nadalje primjetan je kontinuiran porast ukupnih vrijednosti, s naglašenim skokom između razreda 271–300 i >300 dana. U razredu 271–300 dana trošak za zdrave krave iznosi 838.744,16 € (Cefa-Safe) i 328.872,89 € (Mastidry), što također potvrđuje dominaciju zdravih krava u ukupnoj potrošnji. Ovi nalazi ukazuju da najdulje faze laktacije imaju ključan doprinos ukupnoj potrošnji antibiotika i predstavljaju stratešku točku za provođenje selektivne terapije, uz preporuku uključivanja podataka o danima u laktaciji u sustave odlučivanja o terapiji.

5.10.4. Analiza prema regiji uzgoja

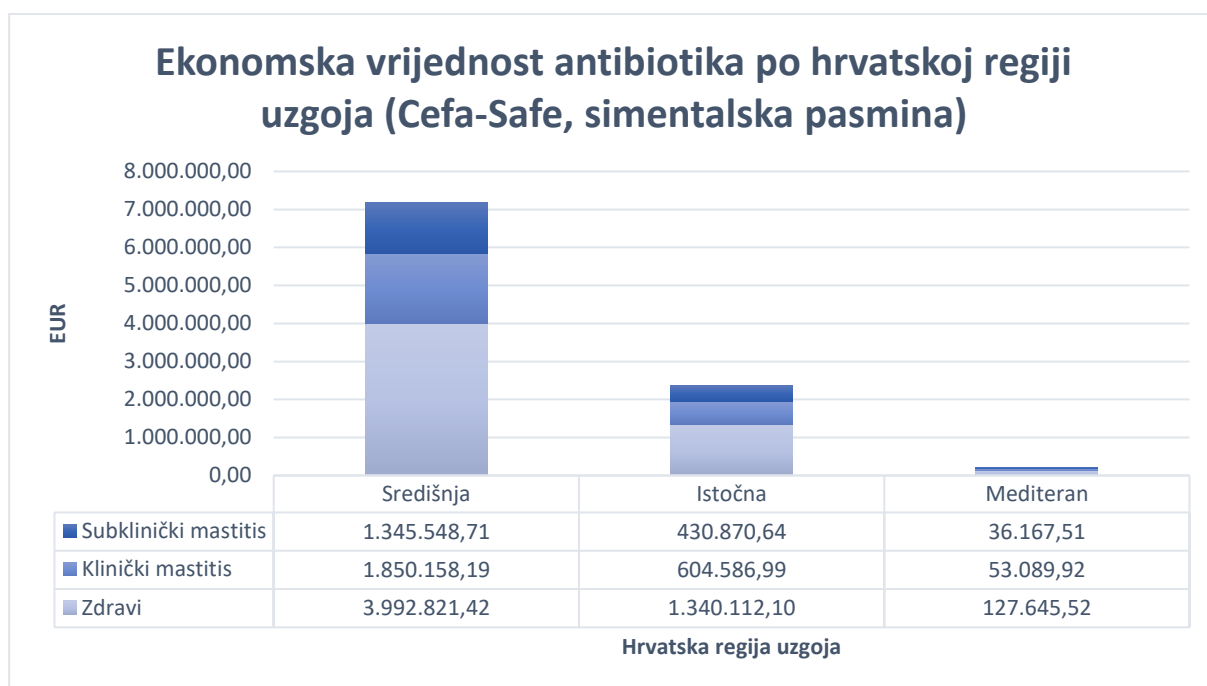
U Tablici 70. prikazana je raspodjela simentalских krava koje su pri predzadnjoj kontroli bile klasificirane kao zdrave (SCC <200.000), razvrstanih prema tri regije uzgoja u Republici Hrvatskoj: Središnja, Istočna i Mediteranska. Zdravstveni status pri zadnjoj kontroli prikazan je kroz tri kategorije: zdrave, klinički mastitis, subklinički mastitis, uz pripadajuću potrošnju antibiotika u četiri scenarija.

Tablica 70. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema regiji uzgoja kod simental-ske pasmine

Hrvatska regija uzgoja	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Središnja	166421	59,09	156434	187720,8	55,54	72487	86984,4	25,74	52717	63260,4	18,72	281638	337965,6	100
Istočna	55157	59,26	52504	63004,8	56,41	23687	28424,4	25,45	16881	20257,2	18,14	93072	111686,4	100
Mediteran	5311	62,5	5001	6001,2	58,85	2080	2496	24,48	1417	1700,4	16,67	8498	10197,6	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Hrvatska regija uzgoja	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Središnja	166421	59,09	156434	187720,8	55,54	72487	86984,4	25,74	52717	63260,4	18,72	281638	337965,6	100
Istočna	55157	59,26	52504	63004,8	56,41	23687	28424,4	25,45	16881	20257,2	18,14	93072	111686,4	100
Mediteran	5311	62,5	5001	6001,2	58,85	2080	2496	24,48	1417	1700,4	16,67	8498	10197,6	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Hrvatska regija uzgoja	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Središnja	166421	59,09	156434	375441,6	55,54	72487	173968,8	25,74	52717	126520,8	18,72	281638	675931,2	100
Istočna	55157	59,26	52504	126009,6	56,41	23687	56848,8	25,45	16881	40514,4	18,14	93072	223372,8	100
Mediteran	5311	62,5	5001	12002,4	58,85	2080	4992	24,48	1417	3400,8	16,67	8498	20395,2	100
Ukupno	226889	59,21	213939	513453,6	55,83	98254	235809,6	25,64	71015	170436	18,53	383208	919699,2	100
Hrvatska regija uzgoja	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Središnja	166421	59,09	156434	563162,4	55,54	72487	260953,2	25,74	52717	189781,2	18,72	281638	1013897	100
Istočna	55157	59,26	52504	189014,4	56,41	23687	85273,2	25,45	16881	60771,6	18,14	93072	335059,2	100
Mediteran	5311	62,5	5001	18003,6	58,85	2080	7488	24,48	1417	5101,2	16,67	8498	30592,8	100
Ukupno	226889	59,21	213939	770180,4	55,83	98254	353714,4	25,64	71015	255654	18,53	383208	1379549	100

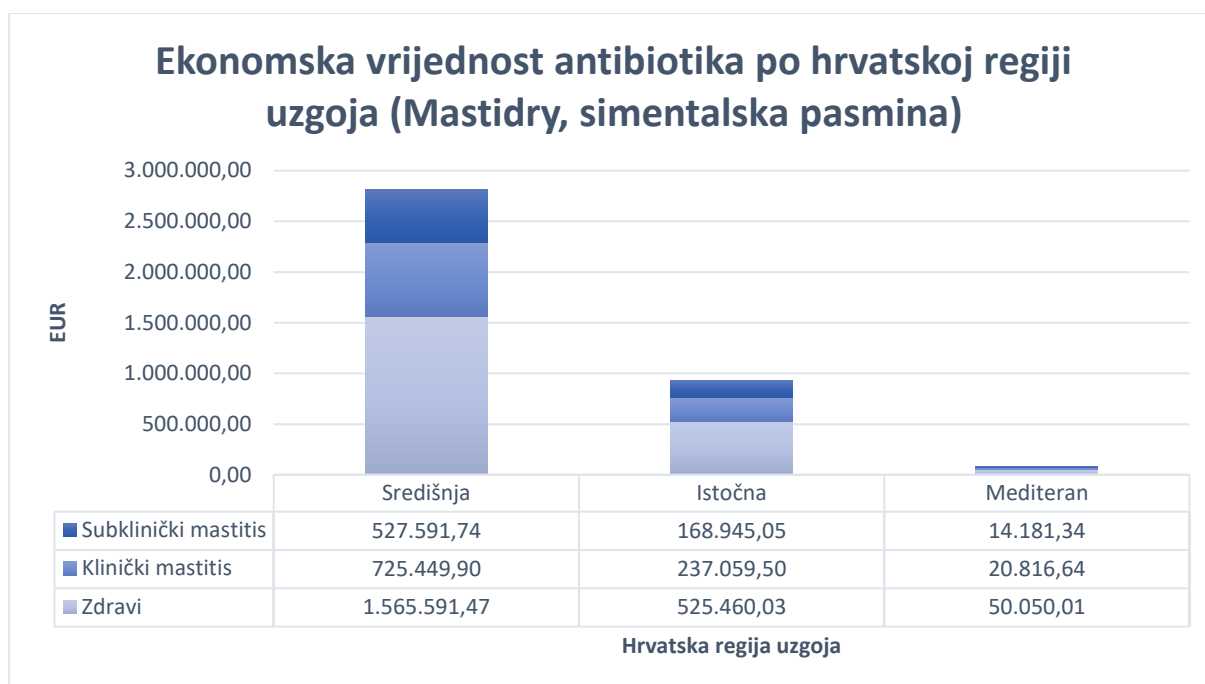
Najveći broj opažanja zabilježen je u Središnjoj Hrvatskoj (n = 281.638), gdje je zabilježen i najniži udio zdravih krava pri zadnjoj kontroli (55,54 %), dok je najviši udio zdravih opažen u

Mediteranskoj regiji (58,85 %), iako je tamo i najmanji broj jedinki ($n = 8.498$). Udio krava s mastitisom kreće se od 24,48 % do 25,74 %, dok je udio Subklinički mastitish životinja najniži u Mediteranskoj regiji (16,67 %). Potrošnja antibiotika slijedi distribuciju broja životinja po regijama, pri čemu je u Središnjoj Hrvatskoj zabilježena ukupna potrošnja od preko 1.000.000 g, što čini oko 74 % ukupne potrošnje u svim regijama. Ovi rezultati ukazuju na regionalne razlike u zdravstvenom statusu krava i potrošnji antibiotika, što može biti korisno u kreiranju ciljano orijentiranih strategija za smanjenje uporabe antibiotika u stočarskoj proizvodnji.



Grafikon 22. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po hrvatskoj regiji uzgoja (simentalska pasmina)

Grafikoni prikazuju raspodjelu ekonomske vrijednosti primjene antibiotika Cefa-Safe i Mastidry kod simentalske pasmine po hrvatskim regijama uzgoja. U sve tri regije najveći udio troška otpada na zdrave krave, s najsnažnijim opterećenjem zabilježenim u središnjoj Hrvatskoj.



Grafikon 23. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po hrvatskoj regiji uzgoja (simentalska pasmina)

Tamo ukupni trošak iznosi 7.188.528,32 € za Cefa-Safe i 2.818.633,11 € za Mastidry, od čega je na zdrave krave utrošeno 3.992.821,42 € (55,5 %) i 1.565.591,47 € (55,5 %). Klinički mastitis u toj regiji iznosi 1.850.158,19 € za Cefa-Safe i 725.449,90 € za Mastidry, dok su iznosi za subklinički mastitis 1.345.548,71 € i 527.591,74 €. U istočnoj Hrvatskoj trošak za zdrave krave iznosi 1.340.112,10 € (Cefa-Safe) i 525.460,03 € (Mastidry), uz slične obrasce raspodjele. U mediteranskoj regiji ukupni iznosi su niži, ali i ovdje dominira terapija zdravih krava – 127.645,52 € kod Cefa-Safe i 50.050,01 € kod Mastidry, što čini više od 56 % ukupnog troška. Ovi rezultati potvrđuju da bez obzira na geografsku lokaciju uzgoja, najveći apsolutni i relativni teret terapije i dalje otpada na krave bez znakova infekcije, što dodatno ističe potencijal za racionalizaciju terapijske prakse.

5.10.5. Analiza prema sezoni kontrole mlječnosti

U Tablici 71. prikazana je raspodjela simentalских krava koje su pri predzadnjoj kontroli bile klasificirane kao zdrave (SCC <200.000), razvrstanih prema godišnjem dobu u kojem je provedena kontrola mlječnosti.

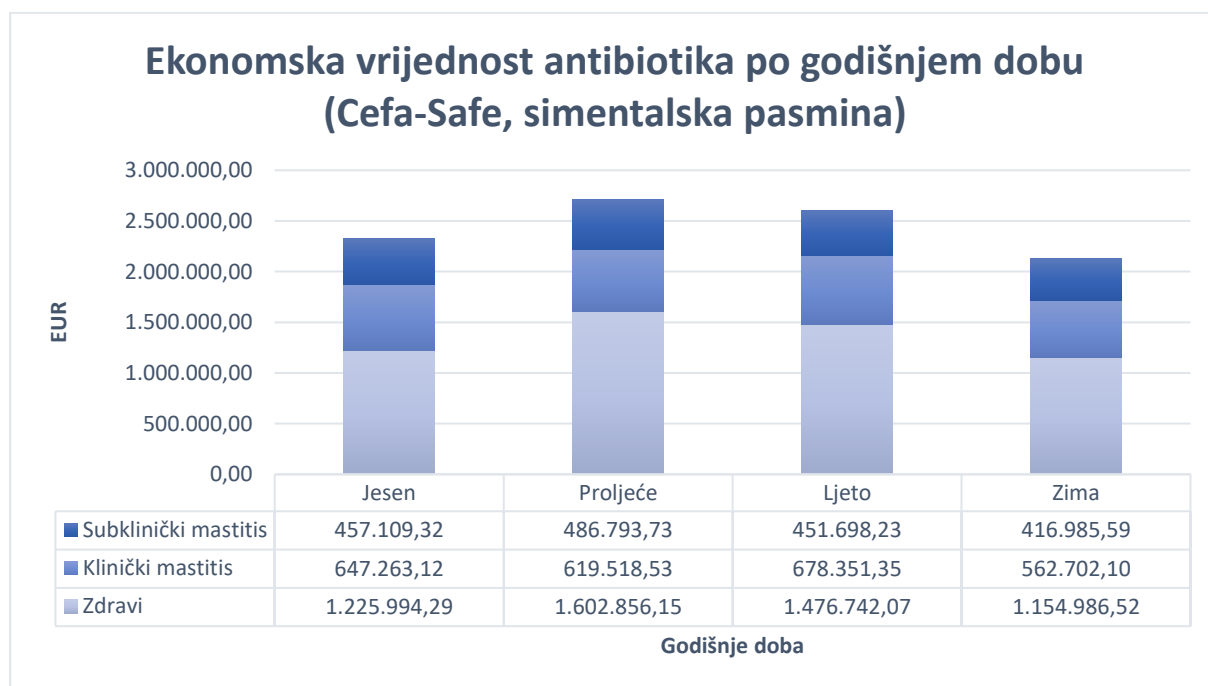
Tablica 71. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema godišnjem dobu kontrole mlječnosti kod simentalске pasmine

Godišnje doba	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Jesen	52248	57,23	48033	57639,6	52,61	25359	30430,8	27,78	17909	21490,8	19,62	91301	109561,2	100
Proljeće	64773	61,02	62798	75357,6	59,16	24272	29126,4	22,87	19072	22886,4	17,97	106142	127370,4	100
Ljeto	62516	61,21	57857	69428,4	56,65	26577	31892,4	26,02	17697	21236,4	17,33	102131	122557,2	100
Zima	47352	56,62	45251	54301,2	54,11	22046	26455,2	26,36	16337	19604,4	19,53	83634	100360,8	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Godišnje doba	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Jesen	52248	57,23	48033	57639,6	52,61	25359	30430,8	27,78	17909	21490,8	19,62	91301	109561,2	100
Proljeće	64773	61,02	62798	75357,6	59,16	24272	29126,4	22,87	19072	22886,4	17,97	106142	127370,4	100
Ljeto	62516	61,21	57857	69428,4	56,65	26577	31892,4	26,02	17697	21236,4	17,33	102131	122557,2	100
Zima	47352	56,62	45251	54301,2	54,11	22046	26455,2	26,36	16337	19604,4	19,53	83634	100360,8	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Godišnje doba	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Jesen	52248	57,23	48033	115279,2	52,61	25359	60861,6	27,78	17909	42981,6	19,62	91301	219122,4	100
Proljeće	64773	61,02	62798	150715,2	59,16	24272	58252,8	22,87	19072	45772,8	17,97	106142	254740,8	100
Ljeto	62516	61,21	57857	138856,8	56,65	26577	63784,8	26,02	17697	42472,8	17,33	102131	245114,4	100
Zima	47352	56,62	45251	108602,4	54,11	22046	52910,4	26,36	16337	39208,8	19,53	83634	200721,6	100
Ukupno	226889	59,21	213939	513453,6	55,83	98254	235809,6	25,64	71015	170436	18,53	383208	919699,2	100
Godišnje doba	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
Jesen	52248	57,23	48033	172918,8	52,61	25359	91292,4	27,78	17909	64472,4	19,62	91301	328683,6	100
Proljeće	64773	61,02	62798	226072,8	59,16	24272	87379,2	22,87	19072	68659,2	17,97	106142	382111,2	100
Ljeto	62516	61,21	57857	208285,2	56,65	26577	95677,2	26,02	17697	63709,2	17,33	102131	367671,6	100
Zima	47352	56,62	45251	162903,6	54,11	22046	79365,6	26,36	16337	58813,2	19,53	83634	301082,4	100
Ukupno	226889	59,21	213939	770180,4	55,83	98254	353714,4	25,64	71015	255654	18,53	383208	1379549	100

Zdravstveni status pri zadnjoj kontroli prikazan je kroz tri kategorije (zdrave, klinički mastitis, subklinički mastitis), uz pripadajuću procijenjenu potrošnju antibiotika po scenarijima.

Najveći broj opažanja zabilježen je tijekom ljeta ($n = 102.131$), dok je najmanje zimi ($n = 83.634$). U svim sezonama, udio zdravih krava iznosi između 54 % i 59 %, a najviši je u proljeće (59,16 %), što sugerira povoljnije uvjete za zdravlje vimena u tom razdoblju. Udio krava s mastitisom je najviši zimi (26,36 %), a udio Subklinički mastitish varira od 17,33 % (ljetu) do 19,62 % (jesen).

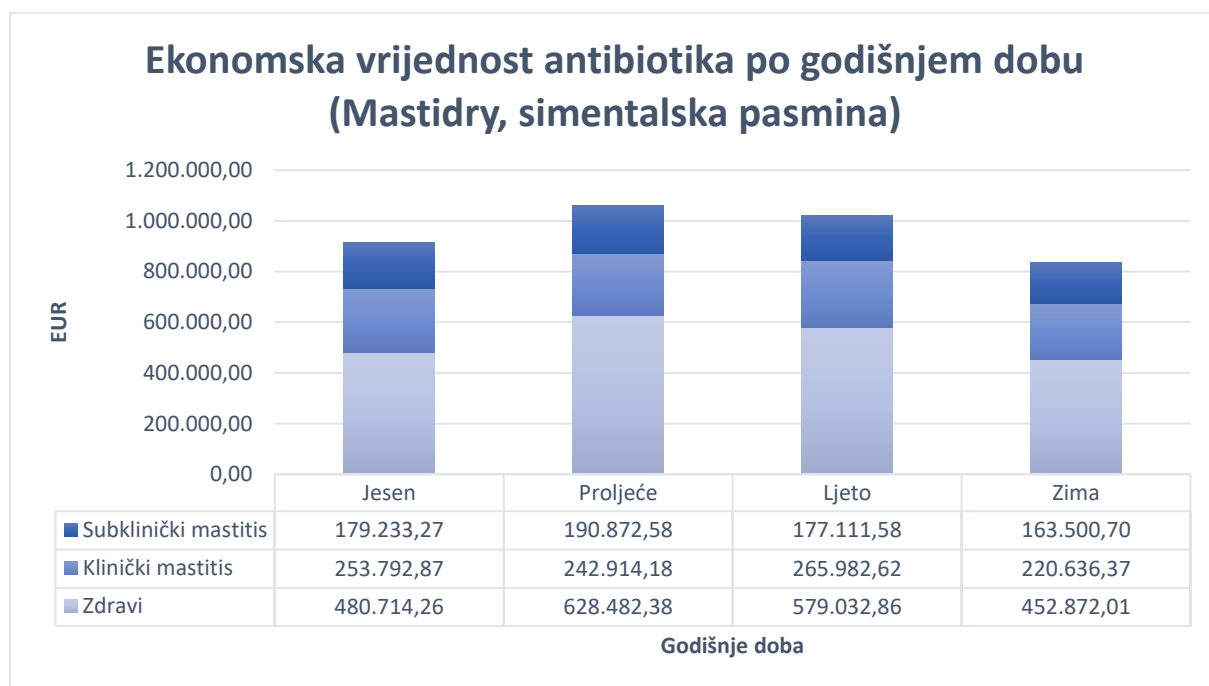
Ukupna potrošnja antibiotika bila je najviša tijekom ljeta (preko 367.000 g) i proljeća (više od 382.000 g), što je posljedica većeg broja zasušivanja u tim razdobljima. Ovi nalazi naglašavaju važnost sezonskog praćenja zdravstvenog statusa krava kako bi se pravovremeno poduzele preventivne mjere i osigurala racionalna uporaba antibiotika.



Grafikon 24. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po godišnjem dobu (simentalska pasmina)

Grafikoni prikazuju sezonsku raspodjelu ekonomske vrijednosti primjene antibiotika Cefa-Safe i Mastidry kod simentalske pasmine. U svim godišnjim dobima najveći udio ukupnog troška otpada na zdrave krave, s udjelima između 56 % i 60 %. U proljeće se bilježi najveća ukupna potrošnja: 2.709.143,41 € za Cefa-Safe i 1.062.268,14 € za Mastidry, od čega je na zdrave krave utrošeno 1.602.856,15 € i 628.482,38 €. Ljeti se vrijednosti također zadržavaju na visokoj razini, s ukupnim troškom od 2.606.791,65 € (Cefa-Safe) i 1.022.126,06 € (Mastidry), pri čemu

trošak za zdrave krave iznosi 1.476.742,07 € i 579.032,86 €. U jesenskom razdoblju udio zdravih krava iznosi 57,2 %, uz iznose od 1.225.994,29 € (Cefa-Safe) i 480.714,26 € (Mastidry), dok je zimi taj udio najniži 55,0 % – uz pripadajuće vrijednosti od 1.154.986,52 € i 452.872,01 €. Bez obzira na sezonsku dinamiku ukupne potrošnje, troškovna dominacija terapije zdravih krava ostaje konstanta u svim godišnjim dobima, što potvrđuje važnost njihove selekcije kao ciljne skupine u optimizaciji terapijskih protokola.



Grafikon 25. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po godišnjem dobu (simentalska pasmina)

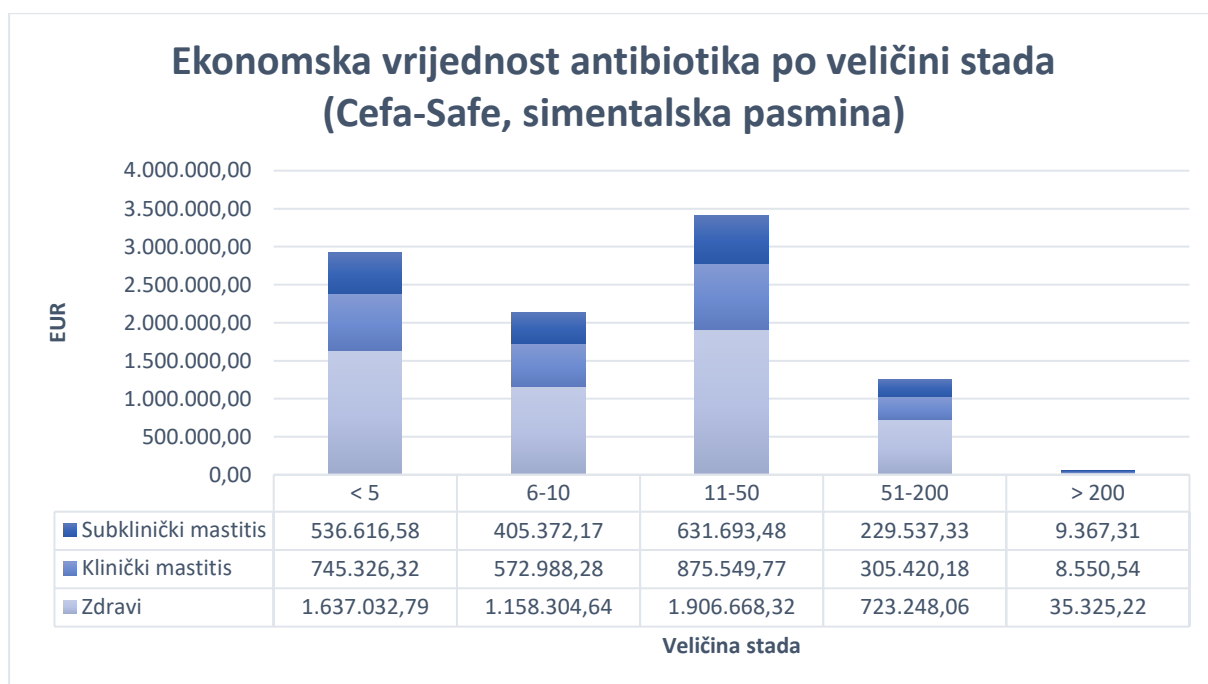
5.10.6. Analiza prema veličini stada

U Tablici 72. prikazana je raspodjela simentalskih krava koje su pri predzadnjoj kontroli bile klasificirane kao zdrave (SCC <200.000), razvrstanih prema veličini stada iz kojeg potječu. Zdravstveni status pri zadnjoj kontroli prikazan je kroz tri kategorije – zdravi, mastitis i Subklinički mastitis – uz procijenjenu ukupnu potrošnju antibiotika pri zasušivanju.

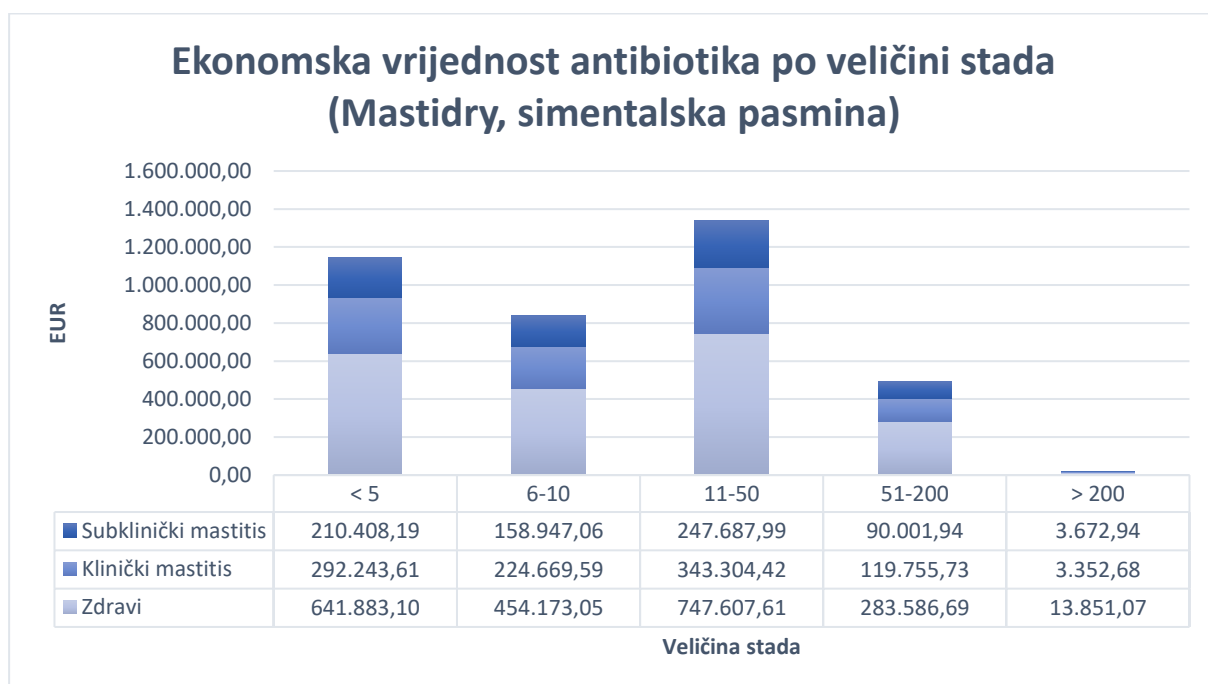
Najviše krava potječe iz stada veličine 11–50 grla ($n = 133.753$), a najmanje iz vrlo velikih farmi s više od 200 krava ($n = 2.086$). Udio zdravih krava raste s veličinom stada, od 59,5 % u najmanjim (do 5 krava) do 69,2 % u najvećim stadima (>200). Nasuprot tome, manja stada bilježe viši udio mastitisnih i Subklinički mastitish krava, što ukazuje na potencijalno slabiju razinu zdravstvenog upravljanja u manjim uzgojima. Procijenjena ukupna potrošnja antibiotika najviša je u srednjim i velikim stadima, osobito u skupini 11–50 krava (preko 481.000 g), što je i očekivano s obzirom na broj životinja. Ipak, relativno veći udio zdravih krava u većim stadima otvara mogućnost značajnog smanjenja uporabe antibiotika kroz selektivnu terapiju zasušivanja, posebice u komercijalnim proizvodnim sustavima.

Tablica 72. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema veličini stada kod simen-talske pasmine

Veličina stada	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 5	68090	59,54	64137	76964,4	56,08	29201	35041,2	25,53	21024	25228,8	18,38	114362	137234,4	100
6-10	48305	57,7	45381	54457,2	54,21	22449	26938,8	26,82	15882	19058,4	18,97	83712	100454,4	100
11-50	79143	59,17	74701	89641,2	55,85	34303	41163,6	25,65	24749	29698,8	18,5	133753	160503,6	100
51-200	29908	60,67	28336	34003,2	57,48	11966	14359,2	24,27	8993	10791,6	18,24	49295	59154	100
> 200	1443	69,18	1384	1660,8	66,35	335	402	16,06	367	440,4	17,59	2086	2503,2	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Veličina stada	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 5	68090	59,54	64137	76964,4	56,08	29201	35041,2	25,53	21024	25228,8	18,38	114362	137234,4	100
6-10	48305	57,7	45381	54457,2	54,21	22449	26938,8	26,82	15882	19058,4	18,97	83712	100454,4	100
11-50	79143	59,17	74701	89641,2	55,85	34303	41163,6	25,65	24749	29698,8	18,5	133753	160503,6	100
51-200	29908	60,67	28336	34003,2	57,48	11966	14359,2	24,27	8993	10791,6	18,24	49295	59154	100
> 200	1443	69,18	1384	1660,8	66,35	335	402	16,06	367	440,4	17,59	2086	2503,2	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Veličina stada	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 5	68090	59,54	64137	153928,8	56,08	29201	70082,4	25,53	21024	50457,6	18,38	114362	274468,8	100
6-10	48305	57,7	45381	108914,4	54,21	22449	53877,6	26,82	15882	38116,8	18,97	83712	200908,8	100
11-50	79143	59,17	74701	179282,4	55,85	34303	82327,2	25,65	24749	59397,6	18,5	133753	321007,2	100
51-200	29908	60,67	28336	68006,4	57,48	11966	28718,4	24,27	8993	21583,2	18,24	49295	118308	100
> 200	1443	69,18	1384	3321,6	66,35	335	804	16,06	367	880,8	17,59	2086	5006,4	100
Ukupno	226889	59,21	213939	513453,6	55,83	98254	235809,6	25,64	71015	170436	18,53	383208	919699,2	100
Veličina stada	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 5	68090	59,54	64137	230893,2	56,08	29201	105123,6	25,53	21024	75686,4	18,38	114362	411703,2	100
6-10	48305	57,7	45381	163371,6	54,21	22449	80816,4	26,82	15882	57175,2	18,97	83712	301363,2	100
11-50	79143	59,17	74701	268923,6	55,85	34303	123490,8	25,65	24749	89096,4	18,5	133753	481510,8	100
51-200	29908	60,67	28336	102009,6	57,48	11966	43077,6	24,27	8993	32374,8	18,24	49295	177462	100
> 200	1443	69,18	1384	4982,4	66,35	335	1206	16,06	367	1321,2	17,59	2086	7509,6	100
Ukupno	226889	59,21	213939	770180,4	55,83	98254	353714,4	25,64	71015	255654	18,53	383208	1379549	100



Grafikon 26. Ekonomska vrijednost antibiotika po veličini stada (Cefa-Safe, simentalska pasmina)



Grafikon 27 Ekonomska vrijednost antibiotika po veličini stada (Mastidry, simentalska pasmina)

Grafikoni prikazuju raspodjelu ekonomske vrijednosti primjene antibiotika Cefa-Safe i Mastidry kod simentalke pasmine u odnosu na veličinu stada. U svim kategorijama najveći udio ukupnog troška otpada na zdrave krave, a najviši apsolutni iznosi zabilježeni su u kategoriji 11–50 krava. U toj skupini trošak za zdrave krave iznosi 1.906.668,32 € (Cefa-Safe) i 747.607,61 € (Mastidry), što čini oko 58 % ukupnog troška. Slijede kategorije <5 krava i 6–10 krava, gdje trošak za zdrave krave također značajno dominira – primjerice, u skupini <5 krava on iznosi 1.637.032,79 € (Cefa-Safe) i 641.883,10 € (Mastidry). U većim kategorijama (51–200 i >200 krava), ukupni iznosi su manji, ali obrasci raspodjele ostaju isti – zdrave krave sudjeluju s više od polovice ukupne potrošnje. Primjerice, u kategoriji 51–200 krava trošak za zdrave krave iznosi 723.248,06 € (Cefa-Safe) i 283.586,69 € (Mastidry), dok u najrjeđoj skupini >200 krava ti iznosi padaju na 35.325,22 € i 13.851,07 €. Ovi nalazi potvrđuju da bez obzira na veličinu stada, ekonomski teret terapije ostaje prvenstveno vezan uz zdrave životinje, što dodatno naglašava potrebu za selektivnim pristupom u svim sustavima proizvodnje.

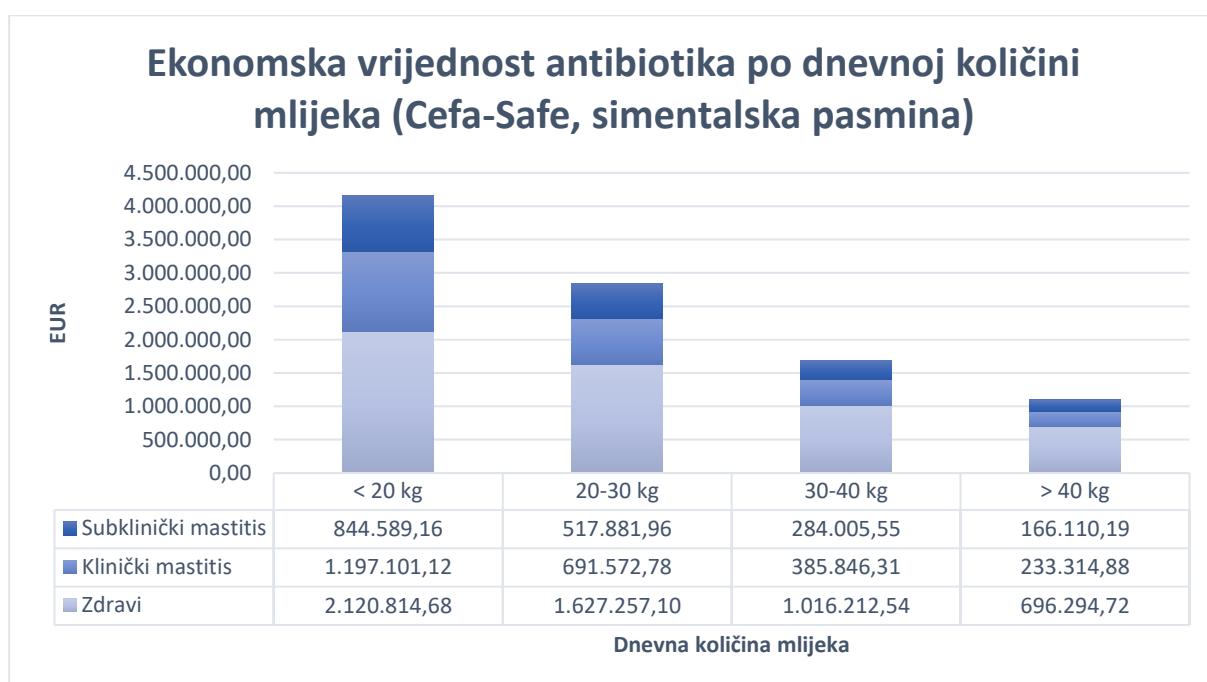
5.10.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

U Tablici 73. prikazana je raspodjela krava simentalke pasmine prema prosječnoj dnevnoj količini mlijeka, grupiranih u četiri kategorije (<20 kg, 20–30 kg, 30–40 kg i >40 kg). Za svaku skupinu prikazan je zdravstveni status krava pri predzadnjoj i zadnjoj kontroli te odgovarajuća potrošnja antibiotika.

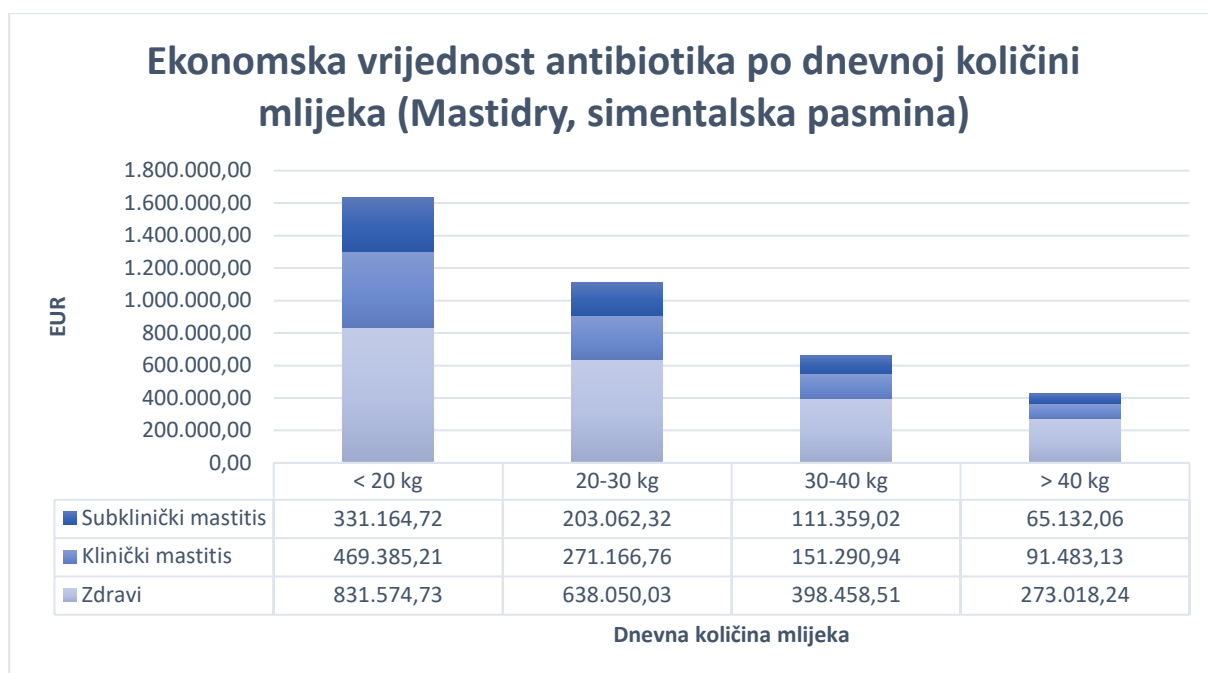
Tablica 73. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema dnevnoj količini mlijeka kod simentalke pasmine

Dnevna količina mlijeka	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Cefa-Safe									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 20 kg	91293	55,98	83091	99709,2	50,95	46901	56281,2	28,76	33090	39708	20,29	163082	195698,4	100
20-30 kg	66628	59,95	63754	76504,8	57,36	27095	32514	24,38	20290	24348	18,26	111139	133366,8	100
30-40 kg	41183	62,34	39814	47776,8	60,27	15117	18140,4	22,88	11127	13352,4	16,84	66058	79269,6	100
> 40 kg	27785	64,72	27280	32736	63,55	9141	10969,2	21,29	6508	7809,6	15,16	42929	51514,8	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Dnevna količina mlijeka	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ampicilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 20 kg	91293	55,98	83091	99709,2	50,95	46901	56281,2	28,76	33090	39708	20,29	163082	195698,4	100
20-30 kg	66628	59,95	63754	76504,8	57,36	27095	32514	24,38	20290	24348	18,26	111139	133366,8	100
30-40 kg	41183	62,34	39814	47776,8	60,27	15117	18140,4	22,88	11127	13352,4	16,84	66058	79269,6	100
> 40 kg	27785	64,72	27280	32736	63,55	9141	10969,2	21,29	6508	7809,6	15,16	42929	51514,8	100
Ukupno	226889	59,21	213939	256726,8	55,83	98254	117904,8	25,64	71015	85218	18,53	383208	459849,6	100
Dnevna količina mlijeka	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – kloksacilin									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 20 kg	91293	55,98	83091	199418,4	50,95	46901	112562,4	28,76	33090	79416	20,29	163082	391396,8	100
20-30 kg	66628	59,95	63754	153009,6	57,36	27095	65028	24,38	20290	48696	18,26	111139	266733,6	100
30-40 kg	41183	62,34	39814	95553,6	60,27	15117	36280,8	22,88	11127	26704,8	16,84	66058	158539,2	100
> 40 kg	27785	64,72	27280	65472	63,55	9141	21938,4	21,29	6508	15619,2	15,16	42929	103029,6	100
Ukupno	226889	59,21	213939	513453,6	55,83	98254	235809,6	25,64	71015	170436	18,53	383208	919699,2	100
Dnevna količina mlijeka	Predzadnja kontrola zdravi		Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno									Ukupno		
			Zdravi			Klinički mastitis			Subklinički mastitis					
	N	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%	N	Suma(g)	%
< 20 kg	91293	55,98	83091	299127,6	50,95	46901	168843,6	28,76	33090	119124	20,29	163082	587095,2	100
20-30 kg	66628	59,95	63754	229514,4	57,36	27095	97542	24,38	20290	73044	18,26	111139	400100,4	100
30-40 kg	41183	62,34	39814	143330,4	60,27	15117	54421,2	22,88	11127	40057,2	16,84	66058	237808,8	100
> 40 kg	27785	64,72	27280	98208	63,55	9141	32907,6	21,29	6508	23428,8	15,16	42929	154544,4	100
Ukupno	226889	59,21	213939	770180,4	55,83	98254	353714,4	25,64	71015	255654	18,53	383208	1379549	100

Rezultati pokazuju pozitivan trend između razine proizvodnje i udjela zdravih krava – od 56 % u skupini <20 kg do gotovo 65 % u skupini >40 kg. Istovremeno, najniži udjeli mastitisa i Subklinički mastitish jedinki također su zabilježeni u najvišoj proizvodnoj skupini (>40 kg), s 21,3 % i 15,2 %. Procijenjena potrošnja antibiotika raste s povećanjem proizvodnje, ali to je rezultat većeg udjela zdravih krava koje su kandidatkinje za izostavljanje terapije. Udio zdravih jedinki unutar svake skupine značajan je za procjenu potencijala smanjenja uporabe antibiotika, posebno u skupinama s većom mliječnom proizvodnjom. Ovi nalazi sugeriraju da visoko produktivne krave, uz adekvatno praćenje zdravstvenog statusa, predstavljaju važan cilj za selektivni pristup terapiji zasušivanja.



Grafikon 28. Ekonomska vrijednost antibiotika po dnevnoj količini mlijeka (Cefa-Safe, simentalaska pasmina)



Grafikon 29. Ekonomska vrijednost antibiotika po dnevnoj količini mlijeka (Mastidry, simentalna pasmina)

Grafikoni prikazuju raspodjelu ekonomske vrijednosti primjene antibiotika Cefa-Safe i Mastidry kod simentalne pasmine u odnosu na dnevnu količinu mlijeka. U svim proizvodnim razredima najveći udio troška otpada na zdrave krave, s postupnim padom ukupnih iznosa u višim kategorijama proizvodnje. U razredu <20 kg dnevno, trošak za zdrave krave iznosi 2.120.814,68 € za Cefa-Safe i 831.574,73 € za Mastidry, što predstavlja 52,2 % ukupnog troška. U razredu 20–30 kg vrijednosti iznose 1.627.257,10 € (Cefa-Safe) i 638.050,03 € (Mastidry), a u razredu 30–40 kg 1.016.212,54 € i 398.458,51 €, pri čemu udjeli zdravih krava ostaju dominantni – oko 58 %. U najvišoj skupini (>40 kg), trošak za zdrave krave iznosi 696.294,72 € (Cefa-Safe) i 273.018,24 € (Mastidry), uz zadržan udio od 57,2 %. Bez obzira na razinu mliječne proizvodnje, najveći apsolutni i relativni troškovi ostaju vezani uz zdrave životinje, što potvrđuje da su upravo one glavni nositelji ukupne potrošnje antibiotika i stoga ključna skupina za racionalizaciju terapije.

5.10.8. Analiza ukupne ekonomske vrijednosti antibiotika – simentalska pasmina

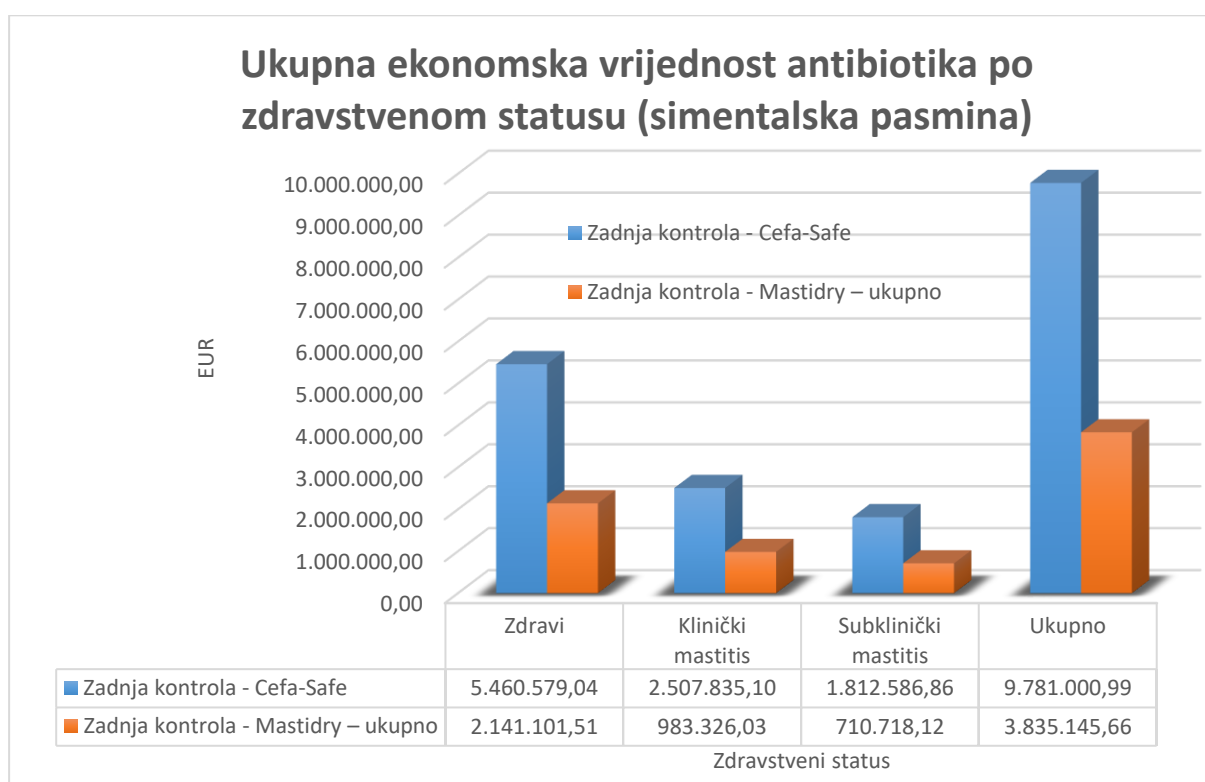
Analiza ekonomske vrijednosti terapije zasušivanja kod simentalske pasmine obuhvatila je ukupno 383.208 slučajeva primjene antibiotika, raspoređenih prema zdravstvenom statusu krava pri zadnjoj kontroli mliječnosti. Od navedenog broja, 213.939 terapija (55,83 %) odnosilo se na krave koje su bile klinički zdrave. Kod 98.254 krave (25,64 %) zabilježen je klinički mastitis, dok je 71.015 krava (18,53 %) imalo subklinički oblik infekcije.

Tablica 74. Primjena antibiotika pri zasušivanju simentalske pasmine krava prema zdravstvenom statusu: broj tretmana, ukupna masa i ekonomski trošak

	Zdravi			
	N	Suma (g)	€	%
Zadnja kontrola - Cefa-Safe	213.939,00	256.726,80	5.460.579,04	55,83
Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno	213.939,00	770.180,40	2.141.101,51	55,83
	Klinički mastitis			
	N	Suma (g)	€	%
Zadnja kontrola - Cefa-Safe	98.254,00	117.904,80	2.507.835,10	25,64
Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno	98.254,00	353.714,40	983.326,03	25,64
	Subklinički mastitis			
	N	Suma (g)	€	%
Zadnja kontrola - Cefa-Safe	71.015,00	85.218,00	1.812.586,86	18,53
Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno	71.015,00	255.654,00	710.718,12	18,53
	Ukupno			
	N	Suma (g)	€	%
Zadnja kontrola - Cefa-Safe	383.208,00	459.849,60	9.781.000,99	100,00
Zadnja kontrola - Mastidry – ukupno	383.208,00	1.379.548,80	3.835.145,66	100,00

Primjenom pripravka Cefa-Safe kod zdravih krava utrošeno je 256.726,80 grama antibiotika, uz ukupni trošak od 5.460.579,04 €. Kod istih krava, Mastidry je primijenjen u količini od 770.180,40 grama, uz ekonomski iznos od 2.141.101,51 €. Ovi podaci predstavljaju potencijalne uštede koje bi se mogle ostvariti primjenom selektivnog pristupa terapiji, odnosno izbjegavanjem nepotrebne uporabe antibiotika kod životinja bez indikacije.

Kod krava s kliničkim mastitisom, trošak primjene Cefa-Safe iznosio je 2.507.835,10 €, uz primijenjenih 117.904,80 grama antibiotika, dok je kod Mastidry pripravka trošak bio 983.326,03 €, uz 353.714,40 grama aktivne tvari. U skupini krava sa subkliničkim mastitisom, ukupni trošak primjene Cefa-Safe iznosio je 1.812.586,86 €, dok je za Mastidry iznosio 710.718,12 €.



Grafikon 30. Ukupna ekonomska vrijednost antibiotika po zdravstvenom statusu (simentalska pasmina)

Kumulativno, za terapije zasušivanja simentalčkih krava primijenjeno je 459.849,60 grama Cefa-Safe-a uz trošak od 9.781.000,99 €, te 1.379.548,80 grama Mastidry-a uz trošak od 3.835.145,66 €. Tablica 74 i Grafikon 30 prikazuju raspodjelu troškova po zdravstvenim skupinama, potvrđujući ekonomski potencijal SDCT-a kao racionalnog modela u upravljanju terapijom zasušivanja.

5.10.9. Ekološka procjena emisije antibiotika kod simentalskih krava: kvantifikacija i analiza rizika

Ovo poglavlje prikazuje kvantitativnu procjenu potencijalne emisije antibiotika u okoliš, temeljenu na primjeni dvaju pripravaka za terapiju zasušivanja simentalskih krava – Cefa-Safe (aktivna tvar: cephapirin) i Mastidry (kombinacija kloksacilina i ampicilina). Budući da se pripravci koriste alternativno, procjena emisije prikazana je zasebno za svaki scenarij. Svi izračuni temelje se na agregiranim podacima za populaciju simentalskih krava u Republici Hrvatskoj.

Emisija antibiotika u okoliš prvenstveno se odvija izlučivanjem aktivnih metabolita putem urina i fecesa, nakon čega oni putem stajskog gnoja dospijevaju u tlo i vodene ekosustave. Prema dostupnoj literaturi, od 30% do 90% primijenjenog antibiotika izlučuje se u aktivnom obliku (Berendsen i sur., 2015; Thiele-Bruhn, 2003).

Ukupne mase korištenih tvari tijekom terapije zasušivanja simentalskih krava ($n = 383.208$) iznose:

Cefa-Safe (cephapirin): 459.849,60 g

Mastidry (kloksacilin + ampicilin): 1.379.548,80 g

Procijenjena emisija u okoliš, uz konzervativnu pretpostavku od 60 % izlučivanja:

Cephapirin: $459.849,60 \times 0,60 = 275.909,76 \text{ g}$

Mastidry: $1.379.548,80 \times 0,60 = 827.729,28 \text{ g}$

Budući da Mastidry sadrži dvije aktivne tvari u omjeru 2:1 (kloksacilin : ampicilin), masa se raspodjeljuje na:

Kloksacilin: $827.729,28 \times 2/3 = 551.819,52 \text{ g}$

Ampicilin: $827.729,28 \times 1/3 = 275.909,76 \text{ g}$

Za procjenu rizika koristi se omjer PEC/PNEC (predviđena koncentracija u okolišu / predviđena koncentracija bez učinka). PEC je izračunat prema pojednostavljenom modelu u kojem 1 g antibiotika raspoređen u 1 m³ okoliša rezultira koncentracijom od 1.000 µg/L, bez razmatranja razrjeđenja, adsorpcije ili degradacije (Tell i sur., 2019; Bengtsson-Palme i Thiele-Bruhn, 2003).

Tablica 75. Procijenjena emisija antibiotika u okoliš kod simentalčkih krava i pripadajući PEC/PNEC omjeri

Tvar	PEC (µg/L)	PNEC (µg/L)	PEC/PNEC
Cephapirin	275,91	0,05 (ECHA, 2024)	5.518
Kloksacilin	551,82	0,13 (EUCAST QC Tables, 2023)*	4.245
Ampicilin	275,91	0,60 (Tell i sur., 2019)	459

* vrijednost se temelji na najnižem MIC rasponu, korištenom kao prag za selekciju otpornosti (Bengtsson-Palme & Larsson, 2016).

Izvor: procjena autora prema podacima iz ECHA (2024), EUCAST QC (2023), Tell i sur. (2019), Bengtsson-Palme & Larsson (2016).

Minimalna inhibitorna koncentracija (MIC) označava najnižu koncentraciju antibiotika koja inhibira rast mikroorganizama in vitro. U ovom istraživanju, najniža eksperimentalno utvrđena MIC vrijednost korištena je kao prag za selekcijski pritisak u okolišu, sukladno preporukama Bengtsson-Palme i Larsson (2016).

Omjeri PEC/PNEC veći od 1 upućuju na potencijalni ekološki rizik, a vrijednosti iznad 10 sugeriraju povećanu vjerojatnost selekcije za antimikrobnu rezistenciju. Vrijednosti iznad 1.000, osobito kao u slučaju cephapirina, predstavljaju ozbiljan rizik za funkcionalne mikrobne zajednice tla i vode (Bengtsson-Palme & Larsson, 2016; Tell i sur., 2019).

U populaciji simentalčkih krava, 213.939 životinja (55,83 %) bilo je zdravo pri zadnjoj kontroli, ali je svejedno tretirano antibioticima.

Primijenjene količine kod tih krava iznosile su:

Cefa-Safe: 256.726,80 g → emisija: 154.036,08 g

Mastidry: 770.180,40 g → emisija: 462.108,24 g

Ovisno o korištenom pripravku, izostavljanje terapije kod zdravih krava moglo bi smanjiti godišnju emisiju antibiotika u okoliš za 154 kg cephapirina ili 462 kg kombinacije kloksacilina i ampicilina, čime bi se značajno smanjilo ukupno opterećenje tla i voda antimikrobnim tvarima.

Zaključno, rezultati ovog poglavlja pokazuju da blanket pristup zasušivanju krava antibiotikom nosi znatno veći okolišni otisak. Implementacija selektivne terapije (SDCT), uzimajući u obzir zdravstveni status životinja, ne samo da smanjuje nepotrebnu uporabu antibiotika već izravno doprinosi očuvanju okolišnog zdravlja i otpornosti ekosustava.

5.11. Utjecaj mikroklimatskih čimbenika na broj somatskih stanica i procjena smanjenja primjene antibiotika u odnosu na okolišne uvjete

5.11.1. Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava

U Tablici 76. prikazani su rezultati jednostavne linearne regresije (OLS) između varijable relativna vlažnost zraka i broja somatskih stanica (SCC) kod holstein krava.

Tablica 76. Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava – OLS model

Parameter	Procjena	Standard	Pr > t
		Greška	
Intercept	367,8025643	4,95116005	<,0001
Vlaga	0,875304	0,07110267	<,0001

U Tablici 77. prikazani su rezultati višestruke regresije (GLM modela) koja uključuje varijable: vlaga, redosljed laktacije, stadij laktacije, regija uzgoja, godišnje doba, veličina stada i dnevna količina mlijeka. U Tablici 76. utvrđen je pozitivan i statistički značajan učinak relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica, s procijenjenim koeficijentom od 0,8753 ($P < 0,0001$). To znači da se pri svakom porastu relativne vlažnosti zraka za jedan postotni bod, broj somatskih stanica povećava u prosjeku za približno 875 stanica po mililitru. Iako se ovaj porast čini numerički umjeren, njegova statistička značajnost ukazuje na dosljednu povezanost između mikroklimatskih uvjeta i SCC-a kada se vlaga promatra izolirano.

Tablica 77. Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava – GLM model

Parameter		Procjena	Standard	Pr > t
			Greška	
	Intercept	274,6331317	8,5635563	<,0001
	Vlaga	0,0224965	0,0726914	0,7570000
Redoslijed laktacije	1	-294,7864252	2,6158790	<,0001
	2	-184,4352477	2,7493465	<,0001
	3	-97,7701585	3,0650892	<,0001
	4 +	0,0000000	,	,
Stadij laktacije	1	59,6792472	2,7667705	<,0001
	2	67,3162689	2,7964541	<,0001
	3	24,5341304	2,7476774	<,0001
	4	0,0000000	,	,
Hrvatska regija uzgoja	Središnja	44,2877400	5,2743601	<,0001
	Istočna	48,9228039	5,1551057	<,0001
	Mediteran	0,0000000	,	,
Godišnje doba	Jesen	32,7567914	2,4991159	<,0001
	Proljeće	-12,6740559	2,5546045	<,0001
	Ljeto	54,3682875	2,6382676	<,0001
	Zima	0,0000000	,	,
Veličina stada	< 5	48,1598927	3,6809489	<,0001
	6-10	84,0951449	3,8147709	<,0001
	11-50	39,5484506	3,4877258	<,0001
	51-200	31,2241386	3,8121460	<,0001
	201-500	38,9041469	3,2808885	<,0001
	> 500	0,0000000	,	,
Dnevna količina mlijeka	< 20 kg	317,8902909	3,5635014	<,0001
	20-30 kg	177,0769996	3,3824070	<,0001
	30-40 kg	87,8525048	3,4445297	<,0001
	> 40 kg	0,0000000	,	,

Suprotno tome, rezultati iz Tablice 77. pokazuju da učinak vlage gubi statističku značajnost (Estimate = 0,0225; P = 0,757) kada se u model uključe dodatne varijable. Ovaj nalaz upućuje na to da je veza između vlage i SCC-a u jednostavnom modelu vjerojatno bila posljedica djelovanja drugih čimbenika, prvenstveno sezonskih i regionalnih razlika. U GLM modelu izražen je snažan utjecaj ljeta i regije istočne Hrvatske, kao i veličine stada i razine mliječnosti, što dodatno potvrđuje važnost višefaktorskog pristupa u tumačenju okolišnih utjecaja na zdravlje vimena.

5.11.2. Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava

U Tablici 78. prikazani su rezultati jednostavne linearne regresije (OLS) između varijable temperatura zraka i broja somatskih stanica (SCC) kod holstein krava.

U Tablici 79. prikazani su rezultati višestruke regresije (GLM modela) koja uključuje varijable: temperatura, redoslijed laktacije, stadij laktacije, regija uzgoja, godišnje doba, veličina stada i dnevna količina mlijeka.

Tablica 78. Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava – OLS model

Parameter	Procjena	Standard	Pr > t
		Greška	
Intercept	377,4456374	2,07322974	<,0001
TEMP	3,3924895	0,11864965	<,0001

U Tablici 78. utvrđen je izrazito značajan i pozitivan učinak temperature na broj somatskih stanica, s procijenjenim koeficijentom od 3,3925 ($P < 0,0001$). To znači da se pri svakom porastu temperature za jedan stupanj Celzija, broj somatskih stanica povećava u prosjeku za približno 3.393 stanice po mililitru. Ovaj nalaz ukazuje na jasan negativan utjecaj toplinskog stresa na zdravlje vimena i osjetljivost SCC-a na okolišne promjene. Rezultati višestruke regresije iz Tablice 79. potvrđuju značaj temperature čak i kada se u model uključe dodatni čimbenici povezani s produkcijom i okolišem. Iako je koeficijent nešto manji (Procjena = 2,5813; $P < 0,0001$), zadržava visoku razinu statističke značajnosti. Ova stabilnost efekta temperature između jednostavnog i višestrukog modela upućuje na to da je utjecaj temperature na SCC kod holstein krava neovisan i robustan, za razliku od, primjerice, vlage. U GLM modelu, dodatni prediktori poput redoslijeda i stadija laktacije, regije, godišnjeg doba te veličine stada i mliječnosti također su pokazali značajan utjecaj, no temperatura zadržava svoju važnost. Najveći negativni učinak i dalje je vidljiv kod nižih pariteta i u proljetnom razdoblju, dok su toplije sezone i regije istočne i središnje Hrvatske povezane s višim SCC-om. Ovi nalazi dodatno potvrđuju da povećanje vanjske temperature ima izravan negativan učinak na zdravlje vimena, neovisno o drugim čimbenicima, što je od posebne važnosti u kontekstu klimatskih promjena i planiranja strategija smanjenja primjene antibiotika.

Tablica 79. Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava – GLM model

Parameter		Procjena	Standard	Pr > t
			Greška	
	Intercept	249,9632241	7,2028722	<,0001
	Temperatura	2,5813092	0,1590968	<,0001
Redoslijed laktacije	1	-296,3473932	2,6601653	<,0001
	2	-186,3990316	2,7962281	<,0001
	3	-98,2405823	3,1193456	<,0001
	4 +	0,0000000	,	,
Stadij laktacije	1	58,2246328	2,8126876	<,0001
	2	68,4091746	2,8440281	<,0001
	3	24,3277830	2,7937408	<,0001
	4	0,0000000	,	,
Hrvatska regija uzgoja	Središnja	46,1439695	5,3140736	<,0001
	Istočna	57,4612775	5,2076479	<,0001
	Mediteran	0,0000000	,	,
Godišnje doba	Jesen	14,0353587	2,7865830	<,0001
	Proljeće	-29,3276302	2,7998320	<,0001
	Ljeto	14,4298197	3,6246749	<,0001
	Zima	0,0000000	,	,
Veličina stada	< 5	50,1269109	3,7475720	<,0001
	6-10	87,1461566	3,8813247	<,0001
	11-50	42,1281344	3,5578670	<,0001
	51-200	36,4291814	3,8950738	<,0001
	201-500	39,0462237	3,3945248	<,0001
	> 500	0,0000000	,	,
Dnevna količina mlijeka	< 20 kg	317,5967612	3,6521986	<,0001
	20-30 kg	176,4305468	3,4713634	<,0001
	30-40 kg	88,2067717	3,5443197	<,0001
	> 40 kg	0,0000000	,	,

5.11.3. Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod holstein krava

U Tablici 80. prikazani su rezultati jednostavne linearne regresije (OLS) između varijable THI indeks (Temperature Humidity Index) i broja somatskih stanica (SCC) kod holstein krava.

U Tablici 81. prikazani su rezultati višestruke regresije (GLM modela) koja uključuje varijable: THI, redoslijed laktacije, stadij laktacije, regija uzgoja, godišnje doba, veličina stada i dnevna količina mlijeka.

Tablica 80. Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod holstein krava – OLS model

Parameter	Procjena	Standard	Pr > t
		Greška	
Intercept	293,5805662	4,91483272	<,0001
THI	2,302516	0,08087083	<,0001

Tablica 81. Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod holstein krava – GLM model

Parameter		Procjena	Standard	Pr > t
			Greška	
	Intercept	182,0447165	9,0269900	<,0001
	THI	1,8522778	0,1090040	<,0001
Redoslijed laktacije	1	-296,3826749	2,6725491	<,0001
	2	-186,6155370	2,8082128	<,0001
	3	-98,4430149	3,1320734	<,0001
	4 +	0,0000000	,	,
Stadij laktacije	1	58,5446662	2,8266182	<,0001
	2	68,2125730	2,8580410	<,0001
	3	24,3072074	2,8076803	<,0001
	4	0,0000000	,	,
Hrvatska regija uzgoja	Središnja	44,3925235	5,3641565	<,0001
	Istočna	56,9058130	5,2641004	<,0001
	Mediterran	0,0000000	,	,
Godišnje doba	Jesen	12,6433876	2,8113954	<,0001
	Proljeće	-30,6415914	2,8258912	<,0001
	Ljeto	11,0492710	3,6637666	0,0026000
	Zima	0,0000000	,	,
Veličina stada	< 5	50,2661740	3,7594289	<,0001
	6-10	87,7624917	3,8928318	<,0001
	11-50	42,7353149	3,5711905	<,0001
	51-200	34,9131529	3,9371105	<,0001
	201-500	39,2831117	3,4204668	<,0001
	> 500	0,0000000	,	,
Dnevna količina mlijeka	< 20 kg	318,4124073	3,6752542	<,0001
	20-30 kg	176,8149251	3,4940715	<,0001
	30-40 kg	87,7753894	3,5678946	<,0001
	> 40 kg	0,0000000	,	,

U Tablici 80. prikazan je statistički značajan pozitivan učinak THI indeksa na broj somatskih stanica, s procijenjenim koeficijentom od 2,3025 ($P < 0,0001$). To znači da se s porastom THI indeksa za jednu jedinicu može očekivati povećanje SCC za približno 2.303 stanice po mililitru. Ovaj rezultat potvrđuje osjetljivost holstein krava na kombinirani toplinsko-vlažni stres te implicira da viši indeksi mikroklimatskog opterećenja dovode do pogoršanja zdravlja vimena.

U Tablici 81. rezultati višestruke regresije također potvrđuju značajan utjecaj THI-a, iako s nešto nižim koeficijentom (Procjena = 1,8523; $P < 0,0001$). I nakon kontrole za varijable kao što su paritet, sezona, regija i veličina stada, THI ostaje snažan i neovisan prediktor SCC-a. Uključivanje dodatnih varijabli omogućuje precizniju interpretaciju – primjerice, potvrđeno je da toplije sezone (ljetno) i istočna regija dodatno pojačavaju SCC, dok je SCC niži u proljeće i u višim klasama mliječnosti. Također, i u ovom modelu najniži pariteti pokazuju znatno viši SCC. Ukupno, rezultati ukazuju na to da THI kao složeni pokazatelj toplinskog opterećenja ima stabilan i robustan utjecaj na SCC kod holstein krava te je korisniji od pojedinačnih varijabli poput temperature ili vlage. U kontekstu planiranja selektivne terapije zasušivanja (SDCT), THI može poslužiti kao koristan alat za procjenu rizika od porasta SCC u određenim uvjetima okoline.

5.11.4. Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod simentalčkih krava

U Tablici 82. prikazani su rezultati jednostavne linearne regresije (OLS) između varijable relativna vlažnost zraka i broja somatskih stanica (SCC) kod simentalčkih krava.

U Tablici 83. prikazani su rezultati višestruke regresije (GLM modela) koja uključuje varijable: vlaga, redosljed laktacije, stadij laktacije, regija uzgoja, godišnje doba, veličina stada i dnevna količina mlijeka

Tablica 82. Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod simentalčkih krava – OLS model

Parameter	Procjena	Standard	Pr > t
		Greška	
Intercept	287,3952106	4,59711504	<,0001
HUM	0,7876175	0,06416503	<,0001

U Tablici 82. utvrđen je značajan pozitivan učinak relativne vlažnosti zraka na SCC, s procijenjenim koeficijentom od 0,7876 ($P < 0,0001$). To znači da se s porastom vlažnosti za jedan postotni bod očekuje povećanje broja somatskih stanica za oko 788 stanica po mililitru. Ova vrijednost pokazuje da simentalčke krave imaju osjetljiv odgovor SCC-a na mikroklimatsku vlagu, sličan, ali nešto slabiji nego u holstein krava prema OLS modelu. Rezultati iz Tablice 83. pokazuju da vlažnost zadržava statističku značajnost i unutar

višestrukog modela (Procjena = 0,6000; $P < 0,0001$), što znači da je njezin učinak na SCC neovisan i stabilan čak i kad se kontroliraju svi ostali čimbenici. Iako je intenzitet učinka nešto manji nego u OLS modelu, njegova ustrajna značajnost sugerira da vlaga igra konzistentnu ulogu u formiranju SCC kod simentalskih krava.

Tablica 83. Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod simentalskih krava – GLM model

Parameter		Procjena	Standard	Pr > t
			Greška	
	Intercept	256,3937931	10,9663832	<,0001
	Vlaga	0,6000258	0,0651341	<,0001
Redoslijed laktacije	1	-202,9522339	1,7830043	<,0001
	2	-140,9221681	1,8700049	<,0001
	3	-91,8888127	2,0064451	<,0001
	4 +	0,0000000	,	,
Stadij laktacije	1	37,8597913	2,4061730	<,0001
	2	14,9056169	2,3059802	<,0001
	3	-7,3576793	2,2911350	0,0013000
	4	0,0000000	,	,
Hrvatska regija uzgoja	Središnja	-20,5436451	6,0507632	0,0007000
	Istočna	11,7839053	6,1653459	0,0560000
	Mediteran	0,0000000	,	,
Godišnje doba	Jesen	27,1410452	1,8659304	<,0001
	Proljeće	-15,1817276	1,9439778	<,0001
	Ljeto	30,8509925	2,0176595	<,0001
	Zima	0,0000000	,	,
Veličina stada	< 5	38,1612709	7,9110140	<,0001
	6-10	33,5870140	7,8848896	<,0001
	11-50	17,3676493	7,8815630	0,0276000
	51-200	-27,0883002	9,0355107	0,0027000
	> 200	0,0000000	,	,
Dnevna količina mlijeka	< 20 kg	195,8376344	2,1945864	<,0001
	20-30 kg	109,5204691	2,1054914	<,0001
	30-40 kg	61,1963143	2,1332512	<,0001
	> 40 kg	0,0000000	,	,

U modelu su dodatno značajni i drugi prediktori – posebno godišnje doba (npr. ljeto: +30,85), veličina stada i paritet, koji zajedno s vlagom definiraju složeni okolišno-proizvodni kontekst. Važno je napomenuti da se regija „Središnja Hrvatska“ u ovom modelu čak povezuje s nižim SCC (Procjena = -20,54), za razliku od holstein krava, što može upućivati na pasminske razlike u otpornosti ili sustavima držanja. Rezultati ukazuju da relativna vlažnost zraka kod

simentalskih krava ima stabilan i značajan utjecaj na SCC, te bi trebala biti uzeta u obzir pri procjeni rizika za razvoj mastitisa i pri donošenju odluka o selektivnoj primjeni antibiotika pri zasušivanju.

5.11.5. Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod simentalskih krava

U Tablici 84. prikazani su rezultati jednostavne linearne regresije (OLS) između varijable temperatura zraka i broja somatskih stanica (SCC) kod simentalskih krava.

U Tablici 85. prikazani su rezultati višestruke regresije (GLM modela) koja uključuje varijable: temperatura, redoslijed laktacije, stadij laktacije, regija uzgoja, godišnje doba, veličina stada i dnevna količina mlijeka.

Tablica 84. Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod simentalskih krava – OLS model

Parameter	Procjena	Standard	Pr > t
		Greška	
Intercept	325,8218598	1,64734657	<,0001
TEMP	1,0890605	0,0938879	<,0001

U Tablici 84. utvrđen je značajan i pozitivan učinak temperature zraka na broj somatskih stanica, s procijenjenim koeficijentom od 1,0891 ($P < 0,0001$). To znači da se s porastom temperature za 1 °C može očekivati prosječno povećanje SCC za oko 1.089 stanica po mililitru. U usporedbi s holstein kravama, intenzitet ovog učinka je znatno niži, što ukazuje na moguću veću otpornost simentalske pasmine na toplinski stres.

U Tablici 85., u kojoj su dodatno uključeni proizvodni i okolišni faktori, temperatura zadržava statističku značajnost, iako s nižim koeficijentom (Procjena = 0,5439; $P < 0,0001$). To pokazuje da je utjecaj temperature djelomično posredovan drugim varijablama, ali ostaje stabilan i relevantan čimbenik.

Tablica 85. Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod simentalских krava – GLM model

Parameter		Procjena	Standard	Pr > t
			Greška	
	Intercept	292,9993922	10,5109642	<,0001
	Temperatura	0,5438746	0,1237538	<,0001
Redoslijed laktacije	1	-203,2834423	1,7918130	<,0001
	2	-140,9641274	1,8792876	<,0001
	3	-91,7039842	2,0166616	<,0001
	4 +	0,0000000	,	,
Stadij laktacije	1	38,4752996	2,4208891	<,0001
	2	15,3453888	2,3196075	<,0001
	3	-7,3616428	2,3044990	0,0014000
	4	0,0000000	,	,
Hrvatska regija uzgoja	Središnja	-20,5620109	6,0450148	0,0007000
	Istočna	11,3534091	6,1727900	0,0659000
	Mediterran	0,0000000	,	,
Godišnje doba	Jesen	22,8186066	2,0320263	<,0001
	Proljeće	-20,5057329	2,0658332	<,0001
	Ljeto	20,7379665	2,6499921	<,0001
	Zima	0,0000000	,	,
Veličina stada	< 5	39,0106789	8,1178103	<,0001
	6-10	34,5240924	8,0910254	<,0001
	11-50	19,2442675	8,0852385	0,0173000
	51-200	-22,8748122	9,2158529	0,0131000
	> 200	0,0000000	,	,
Dnevna količina mlijeka	< 20 kg	196,8238878	2,2058846	<,0001
	20-30 kg	110,2119750	2,1161323	<,0001
	30-40 kg	61,4534663	2,1442912	<,0001
	> 40 kg	0,0000000	,	,

Među dodatnim prediktorima, posebno se ističu godišnje doba (npr. ljeto: +20,74), paritet i veličina stada, a vidljiv je i učinak regije, iako s manjom pouzdanošću. S obzirom na to da temperatura pokazuje neovisan i značajan utjecaj na SCC, iako blaži nego kod holstein krava, rezultati ukazuju na važnost praćenja toplinskih uvjeta i kod simentalске pasmine. U kontekstu selektivne terapije zasušivanja, temperature viša od prosjeka mogu predstavljati dodatni rizik za porast SCC, osobito kod krava u nižim laktacijama i u periodima povećanog okolišnog stresa.

5.11.6. Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod simentalских krava

U Tablici 86. prikazani su rezultati jednostavne linearne regresije (OLS) između varijable THI indeks (Temperature-Humidity Index) i broja somatskih stanica (SCC) kod simentalских krava. U Tablici 87. prikazani su rezultati višestruke regresije (GLM modela) koja uključuje varijable: THI, redosljed laktacije, stadij laktacije, regija uzgoja, godišnje doba, veličina stada i dnevna količina mlijeka.

Tablica 86. Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod simentalских krava – OLS model

Parameter	Procjena	Standard	Pr > t
		Greška	
Intercept	299,6177331	3,83066662	<,0001
THI	0,7272504	0,06269403	<,0001

U Tablici 86. utvrđen je značajan pozitivan učinak THI indeksa na SCC, s procijenjenim koeficijentom od 0,7273 ($P < 0,0001$). To znači da se porast THI za jednu jedinicu povezuje s prosječnim povećanjem broja somatskih stanica za oko 727 stanica po mililitru. U usporedbi s holstein kravama, ovaj je učinak blaži, što može odražavati veću otpornost simentalске pasmine na toplinsko-vlažne uvjete. Rezultati iz Tablice 87. pokazuju da THI zadržava statističku značajnost i u višestrukom modelu (Procjena = 0,3832; $P < 0,0001$), iako je učinak dodatno umanjen nakon kontrole za druge varijable. To ukazuje na to da određeni dio utjecaja THI-a može biti objašnjen sezonom, veličinom stada i proizvodnim karakteristikama, ali i dalje ostaje statistički neovisan prediktor SCC-a. Ostale varijable u GLM modelu, poput redosljeda laktacije, stadija laktacije, sezonskih faktora i veličine stada, značajno utječu na SCC, pri čemu su vrijednosti najviše u ljeto i kod manjih stadijskih i proizvodnih kategorija. Također, regija Središnje Hrvatske i niži pariteti pokazuju negativne ili manje zaštitne efekte. Zaključno, THI indeks ima stabilan, iako umjeren učinak na SCC kod simentalских krava. Njegova primjena kao okolišnog pokazatelja može biti korisna u strategijama nadzora zdravlja vimena i pri procjeni vremenskih rizika za racionalno planiranje selektivne terapije zasušivanja.

Tablica 87. Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod simentalских krava – GLM model

Parameter		Procjena	Standard	Pr > t
			Greška	
	Intercept	278,4964891	11,3103052	<,0001
	THI	0,3831967	0,0828183	<,0001
Redoslijed laktacije	1	-203,3960124	1,7950915	<,0001
	2	-140,9931587	1,8824706	<,0001
	3	-91,7561331	2,0199806	<,0001
	4 +	0,0000000	,	,
Stadij laktacije	1	38,5260284	2,4252589	<,0001
	2	15,4622564	2,3236221	<,0001
	3	-7,1734881	2,3084146	0,0019000
	4	0,0000000	,	,
Hrvatska regija uzgoja	Središnja	-20,1687534	6,0598323	0,0009000
	Istočna	11,9958615	6,1890732	0,0526000
	Mediterran	0,0000000	,	,
Godišnje doba	Jesen	22,4956052	2,0409998	<,0001
	Proljeće	-20,9558910	2,0722713	<,0001
	Ljeto	20,3395355	2,6597479	<,0001
	Zima	0,0000000	,	,
Veličina stada	< 5	39,0183066	8,1237913	<,0001
	6-10	34,5549709	8,0970627	<,0001
	11-50	19,3664831	8,0913518	0,0167000
	51-200	-23,2710676	9,2282545	0,0117000
	> 200	0,0000000	,	,
Dnevna količina mlijeka	< 20 kg	196,8783018	2,2101910	<,0001
	20-30 kg	110,1136254	2,1203651	<,0001
	30-40 kg	61,3250075	2,1486893	<,0001
	> 40 kg	0,0000000	,	,

5.11.7. Utjecaj klimatskih scenarija na zdravstveni status holstein krava

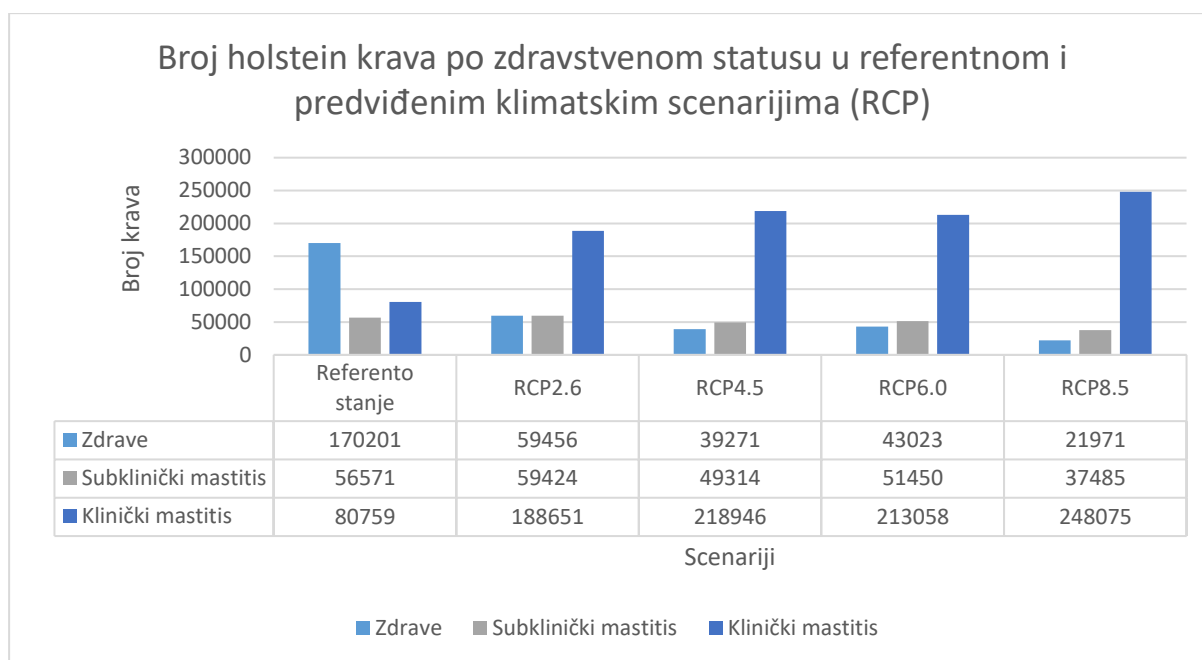
Porast prosječne godišnje temperature, projiciran kroz klimatske scenarije Međuvladinog panela za klimatske promjene (IPCC), predstavlja značajan okolišni stresni čimbenik u mliječnom govedarstvu. Prema IPCC Synthesis Reportu (2014), do kraja 21. stoljeća očekuje se porast globalne srednje površinske temperature u rasponu od 0,3 do 1,7 °C za scenarij RCP2.6, 1,1 do 2,6 °C za RCP4.5, 1,4 do 3,1 °C za RCP6.0 i 2,6 do 4,8 °C za RCP8.5. U ovoj analizi korištene su srednje vrijednosti tih raspona (+1,0 °C, +1,4 °C, +1,3 °C i +2,0 °C) kao referentne točke za simulaciju utjecaja klimatskih promjena na zdravstveni status holstein krava. Simulacija je temeljena na prethodno utvrđenoj regresijskoj povezanosti između

temperature i broja somatskih stanica (SCC). Jednostavna linearna regresija (OLS) pokazala je da se SCC povećava za 3.392 stanice/mL pri svakom porastu temperature za 1 °C ($P < 0,0001$). Višestruka regresijska analiza (GLM), koja uključuje dodatne prediktore poput redoslijeda i stadija laktacije, regije uzgoja, godišnjeg doba, veličine stada i dnevne količine mlijeka, potvrđuje utjecaj temperature s nešto nižim, ali i dalje visoko značajnim koeficijentom (Procjena = 2,5813; $P < 0,0001$). Ovi nalazi ukazuju na stabilan, izravan i robustan utjecaj porasta temperature na porast SCC-a, neovisno o ostalim okolišnim i produkcijskim varijablama. Uzimajući u obzir definicijske pragove za klasifikaciju zdravstvenog statusa krava prema SCC (zdrave: <200.000 stanica/mL, subklinički mastitis: 200.000–1.000.000 stanica/mL, klinički mastitis: >1.000.000 stanica/mL), provedena je redistribucija krava ($N = 307.531$) po zdravstvenim skupinama u svakoj temperaturnoj projekciji. Rezultati su prikazani u Tablici 86.

Tablica 88. Raspodjela zdravstvenog statusa holstein krava prema klimatskim scenarijima (RCP)

Zdravstveni status		Zdrave		Subklinički mastitis		Klinički mastitis		Ukupno	
Scenariji	ΔT (°C)	N	%	N	%	N	%	N	%
Referentno stanje	0	170201	55,34	56571	18,40	80759	26,26	307531	100,00
RCP2.6	1,0	59456	19,33	59424	19,32	188651	61,34	307531	100,00
RCP4.5	1,4	39271	12,77	49314	16,04	218946	71,19	307531	100,00
RCP6.0	1,3	43023	13,99	51450	16,73	213058	69,28	307531	100,00
RCP8.5	2,0	21971	7,14	37485	12,19	248075	80,67	307531	100,00

Vizualni prikaz promjena po zdravstvenim skupinama dodatno je prikazan u Grafikonu 31, koji jasno ističe pad broja zdravih krava te proporcionalan porast kliničkog mastitisa s porastom temperature. Analiza pokazuje jasan trend smanjenja udjela zdravih krava i porasta broja jedinki s kliničkim mastitisom pri svakoj projekciji porasta temperature. U referentnom stanju, udio zdravih krava iznosi 55,34 %, dok se u scenariju RCP8.5 ($\Delta T = +2$ °C) taj udio smanjuje na svega 7,14 %. Istovremeno, udio krava s kliničkim mastitisom raste s 26,26 % na 80,67 %, dok se udio subkliničkih slučajeva smanjuje s 18,40 % na 12,19 %. Promjene su progresivne i jasno uočljive u svim RCP varijantama, a najizraženije su u RCP8.5 scenariju.



Grafikon 31. Broj holstein krava po zdravstvenom statusu u referentnom i predviđenim klimatskim scenarijima (RCP)

S obzirom na to da se u referentnom stanju terapija zasušivanja provodi kod svih krava (blanket pristup), ukupna količina primijenjenih antibiotika iznosi 369.037,20 g za pripravak Cefa-Safe i 1.107.111,60 g za Mastidry. Uvođenjem selektivne terapije (SDCT), koja podrazumijeva primjenu antibiotika samo kod subklinički i klinički bolesnih krava, otvara se prostor za znatnu redukciju potrošnje. Međutim, klimatski scenariji s porastom temperature, poput RCP8.5, u kojima udio zdravih krava pada ispod 10 %, gotovo u potpunosti onemogućuju primjenu SDCT-a. Posljedično, ukupna količina antibiotika ostaje nepromijenjena, ali se gubi mogućnost njezina smanjenja, čime se zadržava visoka razina emisije u okoliš putem stajskog gnoja i otpadnih voda. Ovi nalazi potvrđuju da klimatske promjene, posredovane povećanjem temperature zraka i porastom SCC-a, predstavljaju ozbiljan izazov za očuvanje zdravlja stada i održivost terapijskih praksi. U svrhu prilagodbe, nužno je razviti okolišno osjetljive protokole praćenja zdravlja vimena, poboljšati mikroklimatske uvjete u stajskim objektima i uvesti preventivne mjere posebno usmjerene na toplu razdoblja i osjetljive regije. Takve mjere ključne su za očuvanje učinkovitosti selektivne terapije i smanjenje okolišnog rizika povezanog s antimikrobnom rezistencijom.

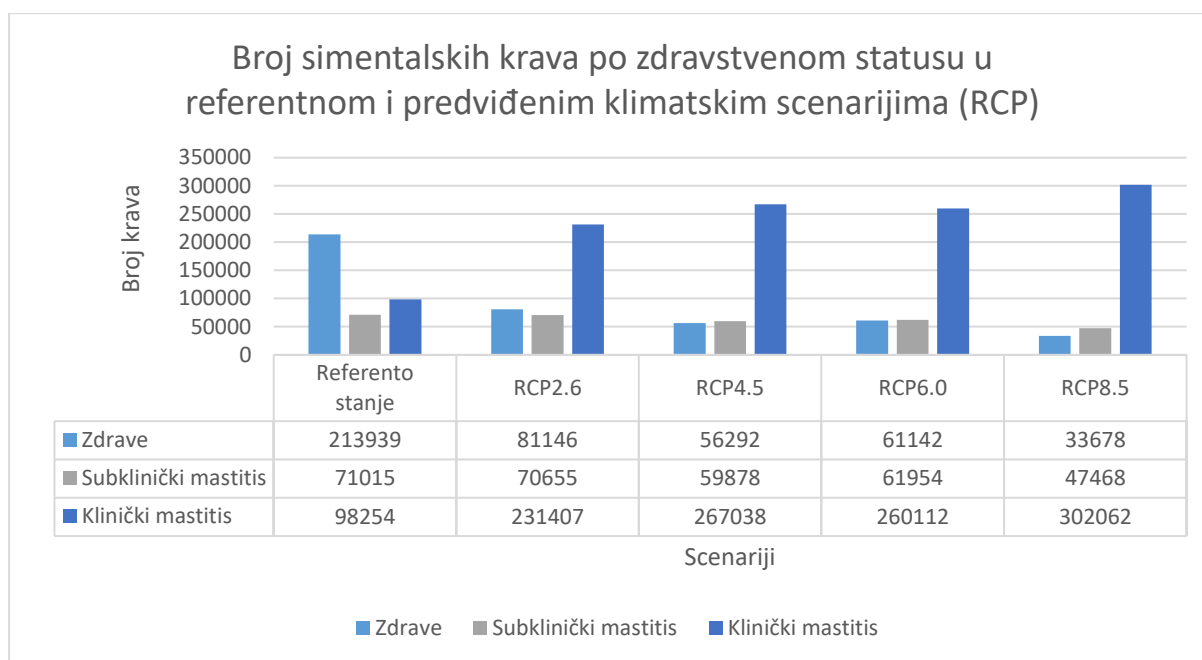
5.11.8. Utjecaj klimatskih scenarija na zdravstveni status simentalskih krava

Kao i kod holstein pasmine, klimatske promjene predstavljaju važan okolišni čimbenik koji može utjecati na zdravlje vimena kod simentalskih krava. Prema IPCC Synthesis Reportu (2014), do kraja 21. stoljeća očekuje se porast globalne srednje temperature u rasponu od 0,3 do 1,7 °C za scenarij RCP2.6, 1,1 do 2,6 °C za RCP4.5, 1,4 do 3,1 °C za RCP6.0 i 2,6 do 4,8 °C za RCP8.5. U ovoj procjeni korištene su srednje vrijednosti tih raspona (+1,0 °C, +1,4 °C, +1,3 °C i +2,0 °C) kao referentne točke za simulaciju utjecaja klimatskih promjena na zdravstveni status simentalskih krava. Za potrebe projekcije primijenjen je isti regresijski model kao u prethodnoj analizi za holstein pasminu. Jednostavna linearna regresija (OLS) pokazala je da se broj somatskih stanica povećava za 3.392 stanice/mL pri svakom porastu temperature za 1 °C ($P < 0,0001$). Višestruka regresijska analiza (GLM), koja uključuje dodatne čimbenike poput redoslijeda i stadija laktacije, regije uzgoja, godišnjeg doba, veličine stada i dnevne količine mlijeka, potvrdila je taj učinak s nešto nižim, ali statistički vrlo značajnim koeficijentom (Procjena = 2,5813; $P < 0,0001$). Budući da se ti fiziološki mehanizmi temelje na univerzalnim reakcijama mliječnih krava na toplinski stres, isti model korišten je i za simulaciju kod simentalske populacije. Uzimajući u obzir pragove za klasifikaciju zdravstvenog statusa (zdrave: <200.000 stanica/mL, subklinički mastitis: 200.000–1.000.000 stanica/mL, klinički mastitis: >1.000.000 stanica/mL), provedena je redistribucija krava po skupinama za svaki klimatski scenarij. Rezultati su prikazani u Tablici 86.

Tablica 89. Raspodjela zdravstvenog statusa simentalskih krava prema klimatskim scenarijima (RCP)

Zdravstveni status		Zdrave		Subklinički mastitis		Klinički mastitis		Ukupno	
Scenariji	ΔT (°C)	N	%	N	%	N	%	N	%
Referento stanje	0	213939	55,83	71015	18,53	98254	25,64	383208	100,00
RCP2.6	1,0	81146	21,18	70655	18,44	231407	60,39	383208	100,00
RCP4.5	1,4	56292	14,69	59878	15,63	267038	69,68	383208	100,00
RCP6.0	1,3	61142	15,96	61954	16,17	260112	67,88	383208	100,00
RCP8.5	2,0	33678	8,79	47468	12,39	302062	78,82	383208	100,00

Vizualni prikaz promjena zdravstvenih kategorija u odnosu na klimatske projekcije prikazan je u Grafikonu 32, koji dodatno naglašava izražen pad broja zdravih krava i porast kliničkih slučajeva pri višim temperaturama.



Grafikon 32. Broj simentalских krava po zdravstvenom statusu u referentnom i predviđenim klimatskim scenarijima (RCP)

U referentnom stanju, udio zdravih krava iznosi 55,83 %, dok se klinički mastitis javlja kod 25,64 % krava. U scenariju RCP8.5, pri porastu temperature od 2,0 °C, broj zdravih krava smanjuje se na svega 8,79 %, dok se udio kliničkih slučajeva povećava na 78,82 %. Udio subkliničkih slučajeva također se smanjuje, s početnih 18,53 % na 12,39 %. Sve analizirane klimatske projekcije pokazuju progresivan pad udjela zdravih jedinki, što izravno utječe na mogućnost provedbe selektivne terapije zasušivanja (SDCT). U uvjetima blanket terapije, ukupna količina primijenjenih antibiotika kod simentalских krava u referentnom scenariju iznosi 459.849,60 g za Cefa-Safe i 1.379.548,80 g za Mastidry. Iako se te količine ne povećavaju u klimatskim scenarijima, mogućnost njihove redukcije znatno se smanjuje. U RCP2.6, s udjelom zdravih krava od 21,18 %, SDCT još ima potencijal primjene. Međutim, u RCP4.5 i RCP6.0 taj se udio već spušta ispod 17 %, dok RCP8.5 s udjelom zdravih ispod 9 % gotovo u potpunosti eliminira mogućnost selektivnog pristupa. Posljedično, zadržava se visoka razina potrošnje antibiotika, a time i emisije njihovih ostataka u okoliš, što povećava rizik za nastanak i širenje antimikrobne rezistencije. Ovi rezultati ukazuju na potrebu za strateškim prilagodbama u upravljanju zdravljem stada s obzirom na očekivane klimatske promjene. Preporučuje se razvoj preciznih sustava praćenja SCC-a, prilagodba mikroklimatskih uvjeta u stajama te pojačane preventivne mjere u toplijim sezonama i regijama. Očuvanje udjela zdravih krava ključno je ne samo za ekonomsku učinkovitost proizvodnje, već i za smanjenje ekološkog otiska mliječnog sektora.

6. RASPRAVA

6.1. Fenotipska varijabilnost dnevnih svojstava mliječnosti krava holstein pasmine

6.1.1. Analiza prema rednom broju laktacije (paritet)

Dobiveni rezultati jasno potvrđuju da redosljed laktacije ima značajan utjecaj na proizvodne pokazatelje mlijeka kod krava. Opaženi porast dnevne količine mlijeka do treće laktacije, s njezinim kasnijim padom u četvrtoj, u skladu je s prethodnim istraživanjima koja su utvrdila da krave postižu maksimalnu proizvodnju u trećem paritetu, nakon čega dolazi do opadanja uslijed fiziološkog opterećenja organizma i smanjenja funkcionalne sposobnosti mliječne žlijezde (Gantner i sur., 2009). Stabilnost udjela mliječne masti i proteina tijekom različitih pariteta potvrđuje genetski determiniran karakter tih komponenti. Međutim, iako se prosječni udjeli masti i proteina ne mijenjaju značajno, ukupna dnevna proizvodnja tih sastojaka raste do treće laktacije, a zatim opada u četvrtoj zbog smanjenja volumena mlijeka. Takva dinamika jasno ilustrira važnost uzimanja u obzir apsolutne proizvodnje komponenti, a ne samo njihovih udjela (Heck i sur., 2009). Broj somatskih stanica i logaritamski prikaz SCC (SccLog) pokazuju jasan porast s porastom rednog broja laktacije, što je u skladu s literaturom koja ukazuje na veću učestalost subkliničkih infekcija i manju otpornost vimena kod starijih krava (Duffield i sur., 2009). Ova pojava zahtijeva dodatnu pozornost u nadzoru i upravljanju zdravljem vimena kod viših pariteta. Pad koncentracije uree u mlijeku od druge prema četvrtoj laktaciji može se objasniti smanjenom učinkovitosti metabolizma proteina i mogućim promjenama u strategijama hranidbe, a ne isključivo smanjenjem apsorpcije dušika. Umanjenje uree može ukazivati na nižu razinu suvišnog dušika i veću potrebu za preciznijim balansiranjem proteinske komponente obroka (Miglior i sur., 2006). Napokon, porast koeficijenta varijacije (KV) kroz više laktacije ukazuje na rastuću heterogenost proizvodnih svojstava među starijim životinjama. Ta varijabilnost vjerojatno proizlazi iz kumulativnih efekata genetike, zdravstvenog statusa i okolišnih faktora (Gantner i sur., 2004). Upravo zbog toga uzgojni i upravljački programi trebaju integrirati redosljed laktacije kao važnu varijablu u analizi performansi i strategijama selekcije.

6.1.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

Dobiveni rezultati jasno ukazuju na izražene promjene u proizvodnim svojstvima mlijeka tijekom različitih stadija laktacije. Opažen silazni trend dnevne količine mlijeka od ranog prema kasnijim stadijima laktacije u skladu je s dobro poznatom laktacijskom krivuljom, pri čemu je najviša proizvodnja zabilježena u prvih 100 dana nakon telenja, kada je sekrecijska aktivnost mliječne žlijezde najizraženija (Gantner i sur., 2008). Udio mliječne masti i proteina raste kako laktacija napreduje, što je posljedica smanjenja ukupnog volumena mlijeka i koncentracijskog efekta (Heck i sur., 2009). Međutim, iako se udjeli povećavaju, dnevna proizvodnja masti i proteina pokazuje silazni trend, potvrđujući smanjenje apsolutne proizvodnje mliječnih komponenti u kasnijim fazama laktacije. Porast broja somatskih stanica (SCC) i logaritamski prikaz (SecLog) tijekom trajanja laktacije dodatno podupiru povezanost produljene laktacije s većim rizikom od subkliničkih mastitisa. Ova pojava može se objasniti smanjenjem funkcionalne otpornosti mliječne žlijezde i duljom izloženošću patogenima (Hill i sur., 2009). Blagi pad udjela laktoze u kasnijim fazama laktacije može se povezati s mogućim oštećenjima epitela mliječne žlijezde i upalnim procesima koji remete sintezu laktoze, što je potvrđeno i u drugim radovima (Miglior i sur., 2006). S obzirom na to da je laktoza glavni osmotski regulator sekrecije mlijeka, promjene u njezinoj koncentraciji često ukazuju na promjene u funkciji stanica epitela. Koncentracija uree oscilira kroz stadije laktacije, bez jasno izraženog linearnog trenda. Ova pojava može biti rezultat promjena u proteinskoj ravnoteži obroka i razlika u učinkovitosti metabolizma dušika u različitim fazama fiziološkog stanja krava (Sadeghi-Sefidmazgi & Amer, 2015). Ukupno gledano, rezultati potvrđuju da stadij laktacije značajno utječe na kvantitativne i kvalitativne osobine mlijeka. Ti se obrasci trebaju pažljivo razmotriti pri evaluaciji performansi krava, odlukama o hranidbi i upravljanju zdravljem stada. Ukupno gledano, rezultati potvrđuju da stadij laktacije značajno utječe na kvantitativne i kvalitativne osobine mlijeka. Ti se obrasci trebaju pažljivo razmotriti pri evaluaciji performansi krava, odlukama o hranidbi i upravljanju zdravljem stada.

6.1.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Dobiveni rezultati potvrđuju uobičajen oblik laktacijske krivulje. Najveća dnevna količina mlijeka bilježi se u razredima između 31. i 90. dana laktacije, što odgovara razdoblju maksimalne aktivnosti mliječne žlijezde. U razredu <30 dana prosjek je nešto niži, što je u skladu s fiziološkom prilagodbom nakon teljenja. Nakon 90. dana primjećuje se postupni pad proizvodnje, s najnižim vrijednostima u razredu >300 dana, što odražava kraj funkcionalnog ciklusa laktacije (Gantner i sur., 2016). Dnevna proizvodnja mliječne masti i proteina slijedi sličan trend, dok udio tih sastojaka raste s napredovanjem laktacije. Ove promjene posljedica su smanjenog volumena mlijeka, pri čemu se koncentracija suhih tvari povećava. Slične pojave zabilježene su u istraživanju o sezonskoj varijabilnosti sastava mlijeka, gdje su masnoća i proteini osjetljiviji na promjene od laktoze (Heck i sur., 2009). Rast broja somatskih stanica (SCC) i logaritamskog prikaza (ScLog) kroz trajanje laktacije upućuje na smanjenu otpornost vimena i dulju izloženost mikroorganizmima u kasnijim fazama. Najniže vrijednosti bilježe se u ranoj laktaciji, a najviše nakon 300 dana, što je u skladu s nalazima o rastu SCC s napredovanjem laktacije (Gantner i sur., 2016). Laktoza pokazuje blagi silazni trend u kasnijim razredima, što može ukazivati na oštećenje epitelnog tkiva i smanjenu funkcionalnost sekretornih stanica. Smanjena koncentracija laktoze može biti znak narušene sinteze u uvjetima upale ili povećanog SCC (Miglior i sur., 2006). Koncentracija uree u mlijeku varira tijekom laktacije. Najniže vrijednosti zabilježene su u ranim razredima, dok je najveća sredinom laktacije. Ove oscilacije mogu biti rezultat promjena u metabolizmu proteina i hranidbenim strategijama, osobito tijekom razdoblja intenzivne proizvodnje (Henao-Velásquez i sur., 2014). Zaključno, analiza po 11 razreda dana u laktaciji otkriva sustavne promjene u količini, sastavu i pokazateljima kvalitete mlijeka. Ovi podaci ključni su za optimizaciju hranidbe, kontrole zdravlja i ekonomskog upravljanja stadom u različitim fazama laktacije.

6.1.4. Analiza prema regiji uzgoja

Rezultati pokazuju značajne razlike u proizvodnim parametrima mlijeka između tri regije uzgoja u Hrvatskoj. Najviša prosječna dnevna količina mlijeka zabilježena je u istočnoj regiji (27,3 kg), dok je najniža vrijednost utvrđena u središnjoj Hrvatskoj (23,3 kg). Takve regionalne razlike mogu biti posljedica različitih sustava upravljanja, veličine farmi i hranidbenih praksi, što potvrđuju i rezultati Nantapo i Muchenje (2014), koji su pokazali da su proizvodni rezultati značajno povezani s uvjetima okoliša i sezonalnosti u mliječnom govedarstvu. Udio mliječne

masti bio je najviši u istočnoj regiji (4,2 %), dok je najniži zabilježen u mediteranskoj regiji (3,9 %). Ovo je u skladu s nalazima Heck i sur. (2009), koji su ukazali da temperatura i sezonski uvjeti mogu značajno utjecati na udio masti i proteina u mlijeku, pri čemu više temperature obično smanjuju sadržaj masti. Dnevna proizvodnja masti i proteina također je bila najveća u istočnoj Hrvatskoj, što je izravna posljedica veće ukupne proizvodnje mlijeka. Iako je udio proteina bio relativno stabilan u svim regijama (3,4 %), razlike u apsolutnoj proizvodnji potvrđuju utjecaj količine mlijeka na proizvodnju pojedinih komponenti. Broj somatskih stanica (SCC) bio je najviši u središnjoj Hrvatskoj ($496,7 \times 10^3/\text{mL}$), dok su niže vrijednosti zabilježene u istočnoj i mediteranskoj regiji. Viši SCC u središnjoj regiji može ukazivati na lošiju higijenu mužnje ili veću izloženost stresu, što je ranije povezano sa smanjenjem kvalitete mlijeka i većom učestalošću subkliničkog mastitisa (Nantapo & Muchenje, 2014). Koncentracija uree pokazala je izražene razlike među regijama. Najviša vrijednost zabilježena je u istočnoj Hrvatskoj (23,5 mmol/L), a najniža u središnjoj (20,1 mmol/L). Ove razlike najvjerojatnije proizlaze iz različitih prehrambenih režima i sadržaja sirovih proteina u obrocima. Henao-Velásquez i sur. (2014) naglasili su da je koncentracija uree u mlijeku osjetljiv pokazatelj ravnoteže dušika u obroku te da varira ovisno o fazi laktacije i načinu hranidbe. Udio laktoze bio je ujednačen među regijama, s prosječnim vrijednostima oko 4,5 %, što ukazuje na relativnu stabilnost ovog pokazatelja u promatranim proizvodnim uvjetima. Zaključno, regija uzgoja ima mjerljiv utjecaj na proizvodne performanse mliječnih krava. Rezultati podupiru potrebu za regionalno prilagođenim strategijama hranidbe i upravljanja stokom, osobito u kontekstu optimizacije zdravlja vimena i učinkovitosti konverzije hranjiva.

6.1.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

Dobiveni rezultati pokazuju da sezona kontrole mliječnosti ima mjerljiv utjecaj na proizvodne pokazatelje krava. Najviša prosječna dnevna količina mlijeka zabilježena je tijekom zime (26,4 kg), dok su nešto niže vrijednosti opažene u proljeće i jesen. Ljeto, iako često povezano s toplinskim stresom, također pokazuje visoku razinu proizvodnje (26,0 kg). Ovakav obrazac moguće je djelomično objasniti razlikama u hranidbenim režimima i prilagodbi uvjetima okoliša, a potvrđen je i u studiji Nantapo i Muchenje (2014), u kojoj su veće količine mlijeka zabilježene u toplijim sezonama kod krava držanih na pašnjaku. Udio mliječne masti pokazuje sezonske oscilacije – najviša vrijednost zabilježena je u ljetnim mjesecima (4,3 %), a najniža u proljeće (4,0 %). Ove promjene odgovaraju nalazima Heck i sur. (2009), koji su pokazali da su postotci masti i proteina viši zimi, a niži ljeti, uz najmanju sezonsku varijaciju kod laktoze.

Dnevna proizvodnja masti bila je ujednačena, s blagim porastom u ljetu, što se može povezati s povećanjem energetske komponente obroka tijekom tog razdoblja. Udio proteina u mlijeku varirao je između 3,3 % i 3,5 %, pri čemu su najviše vrijednosti uočene u jesen i ljetu. Apsolutna proizvodnja proteina bila je viša u zimskom i ljetnom razdoblju (0,9 kg), što je izravno povezano s većim volumenom mlijeka. Broj somatskih stanica (SCC) bio je najniži zimi ($408,4 \times 10^3/\text{mL}$), a najviši u proljeće ($479,1 \times 10^3/\text{mL}$) i jesen ($475,2 \times 10^3/\text{mL}$). Takav uzorak podudara se s nalazima Nantapo i Muchenje (2014), koji su istaknuli osjetljivost zdravlja vimena u prijelaznim sezonama zbog povećanih izazova u okolišnim uvjetima. Udio laktoze ostao je stabilan tijekom cijele godine (4,5 %), što potvrđuje njezinu relativnu neosjetljivost na sezonske promjene, kako je već utvrđeno u istraživanju Heck i sur. (2009), gdje je laktoza opisana kao komponenta s najmanjom sezonskom varijabilnošću. Koncentracija uree u mlijeku pokazuje najveće sezonske razlike – najviša vrijednost zabilježena je u proljeće (24,3 mmol/L), a najniža ljeti (21,0 mmol/L). Ove promjene mogu se pripisati razlikama u sadržaju bjelancevina i ravnoteži energije u obroku, osobito u razdoblju intenzivnijeg pašnjaka. Henao-Velásquez i sur. (2014) su utvrdili značajnu povezanost između sezonskih faktora, dana u laktaciji i koncentracije ureje u mlijeku, što dodatno podupire ove nalaze. Uzimajući u obzir sve parametre, sezona kontrole mliječnosti očito utječe na kvantitativne i kvalitativne osobine mlijeka, te bi se u upravljanju stajama i hranidbenim strategijama trebale uzeti u obzir specifičnosti svakog godišnjeg doba radi očuvanja stabilnosti proizvodnje i zdravlja stada.

6.1.6. Analiza prema veličini stada

Dobiveni rezultati jasno pokazuju da veličina stada ima značajan utjecaj na proizvodne pokazatelje mlijeka krava. Prosječna dnevna količina mlijeka postupno raste s veličinom stada – od 18,5 kg kod farmi s manje od 5 krava, do 29,1–29,2 kg kod farmi s više od 200 grla. Ovakav uzlazni trend može se pripisati boljim upravljačkim praksama, optimiziranoj hranidbi, selekciji genetskog potencijala i učinkovitijoj veterinarskoj skrbi u većim sustavima, što potvrđuju i podaci iz ekonomskih analiza hrvatskih farmi različitih veličina (Očić i sur., 2022). Udio mliječne masti ostaje stabilan između 4,1 i 4,2 % u svim skupinama, dok se dnevna proizvodnja masti povećava proporcionalno s volumenom mlijeka – od 0,7 kg kod najmanjih do 1,2 kg kod najvećih stadima. Sličan obrazac uočen je i kod proteina, čiji udio se kreće između 3,3 % i 3,5 %, a dnevna proizvodnja varira od 0,6 kg u najmanjim do 1,0 kg u najvećim farmama. Stabilnost sastava mlijeka uz porast volumena proizvodnje u većim stadima potvrđuje veći stupanj standardizacije upravljanja i hranidbe. Broj somatskih stanica (SSC) pokazuje

negativan trend s povećanjem veličine stada. Najviša vrijednost zabilježena je u skupinama s manje od 5 krava ($571,4 \times 10^3/\text{mL}$), dok su najniže vrijednosti zabilježene kod farmi s više od 500 grla ($347 \times 10^3/\text{mL}$). Logaritamski prikaz SSC potvrđuje taj obrazac. Ovi rezultati sugeriraju da veći sustavi imaju razvijenije mjere prevencije mastitisa i higijenskog nadzora, što je u skladu s prethodnim istraživanjima koja ukazuju na pozitivnu korelaciju između veličine stada i učinkovitosti kontrole zdravlja vimena (Hill i sur., 2009). Udio laktoze ostaje stabilan u svim skupinama (4,4–4,5 %), dok koncentracija uree u mlijeku pokazuje izražen porast s veličinom stada, od 17,8 mmol/L kod najmanjih do 24,4 mmol/L kod farmi s 201–500 krava. Ova razlika može biti rezultat intenzivnijih obroka s višim udjelom proteina u većim sustavima, što je također utvrđeno u istraživanjima koja su analizirala povezanost veličine stada i koncentracije ureje (Henao-Velásquez i sur., 2014). Zaključno, veličina stada predstavlja važan čimbenik u varijabilnosti proizvodnih i kvalitativnih svojstava mlijeka. Veći sustavi pokazuju višu razinu proizvodnje i bolju kontrolu zdravlja stada, ali i veće zahtjeve u pogledu optimizacije hranidbe. Ovi nalazi mogu poslužiti kao osnova za diferencirani pristup u savjetodavnim i razvojnim strategijama prema veličini gospodarstava.

6.1.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

Rezultati analize jasno pokazuju da se s povećanjem dnevne količine mlijeka mijenja i kemijski sastav mlijeka te zdravstveni pokazatelji. Udio mliječne masti i proteina pokazuje tendenciju opadanja s rastom volumena mlijeka, što potvrđuje razrjeđujući učinak većeg proizvodnog kapaciteta. Međutim, ukupna dnevna proizvodnja masti i proteina raste, što je u skladu s nalazima Gantner i sur. (2009), koji su pokazali visoku povezanost između volumena proizvodnje i dnevnih prinosa sastojaka kod holštajnskih krava. Broj somatskih stanica (SCC) i logaritamski prikaz (SccLog) bilježe pad s rastom proizvodnje. Najviši SCC zabilježen je kod krava s najnižom proizvodnjom, dok su najniže vrijednosti zabilježene u skupinama koje proizvode više od 32 kilograma dnevno. Ovaj obrazac ukazuje na bolju zdravstvenu kontrolu i nižu učestalost mastitisa kod visoko proizvodnih grla, što je potvrđeno i u istraživanju Henao-Velásquez i sur. (2014), koji su ukazali na povezanost viših razina SCC s poremećenom funkcijom epitela mliječne žlijezde. Udio laktoze raste s količinom proizvedenog mlijeka, od 4,4 % u skupini s najmanjom proizvodnjom do 4,6 % u skupini s najvišom. To potvrđuje dobar sekretorni kapacitet dojke i manju prisutnost upalnih procesa. Povećana koncentracija laktoze u visoko proizvodnih krava također je pokazatelj bolje funkcionalnosti mliječne žlijezde i manjih oštećenja tkiva (Miglior i sur., 2006). Koncentracija uree u mlijeku također pokazuje

rast s povećanjem proizvodnje, od 19,6 mmol/L u skupini s ≤ 16 kilograma do 24,4 mmol/L u skupini s više od 32 kilograma. Henao-Velásquez i sur. (2014) navode da je koncentracija uree osjetljiv pokazatelj hranidbenog statusa i metabolizma dušika, pri čemu više vrijednosti mogu upućivati na intenzivniju upotrebu proteina u obroku. Zaključno, viša dnevna mliječnost povezana je s povoljnijim zdravstvenim pokazateljima, većom ukupnom proizvodnjom mliječnih sastojaka i nižim udjelima masti i proteina, što zajedno upućuje na visoku učinkovitost visoko proizvodnih krava pod uvjetima optimalnog upravljanja i hranidbe.

6.2. Fenotipska varijabilnost dnevnih svojstava mliječnosti krava simentalke pasmine

6.2.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

Rezultati jasno pokazuju da redoslijed laktacije ima mjerljiv utjecaj na proizvodne pokazatelje mlijeka kod krava simentalke pasmine. Dnevna količina mlijeka postupno raste do treće laktacije, nakon čega se u četvrtoj bilježi pad. Takav obrazac potvrđuje da je vrhunac proizvodnog kapaciteta najčešće dosegnut u trećem paritetu, a zatim dolazi do fiziološkog opadanja, što je u skladu s rezultatima Gantner i sur. (2016), gdje su slični trendovi uočeni i kod drugih pasmina. Udio mliječne masti i proteina ostaje stabilan kroz sve laktacije, dok se dnevna proizvodnja masti i proteina povećava do treće laktacije, a zatim stagnira. Ove promjene proizlaze iz promjene volumena mlijeka, dok je sastav relativno stabilan, što podupire tezu o genetskoj konstantnosti udjela sastojaka mlijeka (Gantner i sur., 2009). Broj somatskih stanica i njegov logaritamski prikaz rastu s porastom rednog broja laktacije, što potvrđuje poznatu povezanost viših pariteta s većim rizikom od subkliničkih infekcija. Potreba za intenzivnijim veterinarskim nadzorom kod starijih krava podržana je nalazima o pogoršanju zdravlja vimena u kasnijim laktacijama (Henao-Velásquez i sur., 2014). Koncentracija uree pokazuje blagi pad s brojem laktacija, što može biti posljedica promjena u učinkovitosti metabolizma dušika i strategijama hranidbe. Slični obrasci opisani su u studiji Henao-Velásquez i sur. (2014), gdje se navodi smanjena efikasnost iskorištavanja proteina u kasnijim paritetima. Udio laktoze pokazuje blagu tendenciju opadanja s paritetom, što može ukazivati na smanjenu funkcionalnost epitela mliječne žlijezde ili veću učestalost upalnih procesa. Ukupna varijabilnost proizvodnih pokazatelja raste s rednim brojem laktacije, što upućuje na veću heterogenost među starijim kravama. To se može pripisati kombinaciji genetskih, zdravstvenih i okolišnih faktora, kako je također sugerirano u literaturi (Gantner i sur., 2009). Zaključno, redoslijed laktacije važan je čimbenik u razumijevanju varijabilnosti proizvodnih i zdravstvenih parametara kod simentalčkih krava, te zahtijeva prilagođen pristup u vođenju stada i ocjeni uzgojnih performansi.

6.2.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

Dobiveni rezultati pokazuju jasan obrazac smanjenja dnevne količine mlijeka s napredovanjem stadija laktacije, što odgovara obliku tipične laktacijske krivulje. Najviša proizvodnja zabilježena je u prvoj skupini, unutar prvih 100 dana laktacije, a potom slijedi postupan pad, osobito izražen u kasnijim stadijima, iznad 300 dana. Ovaj pad volumena proizvodnje može se pripisati fiziološkoj iscrpljenosti organizma i promjenama u endokrinom statusu krava u kasnijim fazama laktacije, što je potvrđeno i u istraživanjima Gantner i sur. (2009). Iako se ukupna količina mlijeka smanjuje, udio mliječne masti i proteina u postotku raste, što se može objasniti učincima razrjeđenja i smanjenjem volumena mlijeka, pri čemu dolazi do koncentracije čvrstih tvari. Pritom dnevna proizvodnja masti i proteina opada, u skladu s padom mliječnosti. Ovakav obrazac ima praktičan značaj u ekonomskim modelima otkupa mlijeka, budući da niže količine s višim udjelom komponenti ne kompenziraju gubitke u volumenu. Broj somatskih stanica i logaritamski prikaz pokazuju uzlazni trend prema kasnijim fazama laktacije. Ova pojava potvrđuje poznatu povezanost kasnijih stadija laktacije s povećanim rizikom od subkliničkih mastitisa i smanjenom funkcionalnošću obrambenog sustava vimena, što je u skladu s nalazima Henao-Velásquez i sur. (2014). Koncentracija uree u mlijeku također pokazuje porast prema kasnijim stadijima, što ukazuje na promjene u metabolizmu dušika i učinkovitosti iskorištavanja proteina iz obroka. Ovakav obrazac također je dokumentiran u radu Henao-Velásquez i sur. (2014), koji navode povezanost između razine ureje i trajanja laktacije. Udio laktoze pokazuje blagu silaznu tendenciju u kasnijim fazama, što može biti povezano s narušenom funkcijom epitela mliječne žlijezde i povećanom učestalošću upalnih procesa. Istodobno, varijabilnost proizvodnih svojstava, izražena kroz koeficijent varijabilnosti, raste u kasnijim skupinama, što ukazuje na veću heterogenost među kravama. To se može povezati s različitim zdravstvenim statusima i individualnim odgovorima na okolišne i hranidbene uvjete.

6.2.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Dobiveni rezultati potvrđuju izražen utjecaj broja dana u laktaciji na proizvodna svojstva mlijeka kod krava simentalne pasmine. Dnevna količina mlijeka pokazuje jasan silazni trend s napredovanjem laktacije, pri čemu se najviše vrijednosti bilježe u ranim fazama, dok kasniji stadiji donose postupan pad volumena. Ovakav obrazac potvrđen je u radu Gantner i sur. (2009), gdje se ističe tipičan oblik laktacijske krivulje i fiziološki uzroci njezine dinamike. Sličan trend uočen je i kod dnevne proizvodnje mliječne masti i proteina – najviše apsolutne

vrijednosti zabilježene su između 30. i 90. dana, dok kasnije faze donose pad, unatoč porastu udjela masti i proteina u mlijeku. Ova pojava rezultat je smanjenja volumena mlijeka, što dovodi do koncentracije krutih tvari. Slični obrasci zabilježeni su i kod sezonskih varijacija, gdje je promjenjiv udio masti i proteina usko povezan s količinom proizvedenog mlijeka (Heck i sur., 2009). Broj somatskih stanica i logaritamski prikaz bilježe porast prema kasnijim fazama laktacije, što potvrđuje povećan rizik od subkliničkih infekcija i osjetljivost epitela dojke, osobito u završnim razredima. Ovakav obrazac ranije su potvrdili Henao-Velásquez i sur. (2014), ukazujući na potrebu za pojačanim veterinarskim nadzorom u toj fazi. Koncentracija uree pokazuje blagi, ali postojan rast prema kraju laktacije, što može ukazivati na promjene u učinkovitosti metabolizma dušika i moguće razlike u sastavu obroka. Henao-Velásquez i sur. (2014) navode da razine uree značajno variraju ovisno o stadiju laktacije i hranidbenim faktorima, što dodatno potvrđuje ovaj trend. Udio laktoze ostaje relativno stabilan u srednjim stadijima, ali pokazuje blagu tendenciju opadanja prema krajnjim razredima. Ta pojava može biti povezana s pogoršanjem zdravlja epitela mliječne žlijezde i većom izloženosti upalnim procesima. Istodobno, porast koeficijenta varijabilnosti u početnim i završnim fazama laktacije ukazuje na veću individualnu heterogenost među kravama, što može biti posljedica različitih fizioloških odgovora na opterećenja povezana s laktacijom i hranidbom. Takvi obrasci potvrđuju važnost sezonski i stadijski prilagođenog upravljanja u sustavima proizvodnje mlijeka, osobito u planiranju hranidbe, veterinarske skrbi i genetske selekcije.

6.2.4. Analiza prema regiji uzgoja

Rezultati analize prema regiji uzgoja ukazuju na određene, ali ne drastične razlike u proizvodnim pokazateljima mlijeka simentalских krava između hrvatskih regija. Istočna Hrvatska pokazala je nešto višu dnevnu količinu mlijeka u odnosu na druge regije, što se može povezati s većim sustavima držanja, intenzivnijim upravljanjem i potencijalno boljom genetskom osnovom stada. Slične razlike u volumenu mlijeka među regijama ranije su zabilježene i u istraživanju Nantapo i Muchenje (2014), koje ističe utjecaj okolišnih uvjeta i upravljačkih praksi na proizvodne performanse. Središnja Hrvatska, iako s nešto nižim volumenom proizvodnje, pokazuje viši udio mliječne masti i proteina, što upućuje na koncentriranije mlijeko. To se može objasniti manjim volumenom, ali većim udjelom suhih tvari, što je u skladu s opažanjima Heck i sur. (2009), koji su istaknuli sezonsku i regionalnu varijabilnost sastava mlijeka. Mediteranska regija ima najnižu mliječnost i najviši koeficijent varijabilnosti, što ukazuje na veću heterogenost u uvjetima držanja i hranidbi. To može biti

posljedica sezonskih klimatskih oscilacija, ograničene dostupnosti kvalitetne voluminozne hrane i manjeg intenziteta proizvodnje. Viši broj somatskih stanica u istočnoj regiji može biti rezultat većeg opterećenja krava i gušće populacije stada, dok nešto niže vrijednosti u mediteranskoj regiji mogu biti povezane s manjim stadima i boljim individualnim nadzorom. Ovakvi regionalni obrasci u SCC vrijednostima već su zabilježeni u radu Nantapo i Muchenje (2014), gdje je istaknuta uloga menadžmenta i gustoće stada u kontroli zdravlja vimena. Koncentracija uree pokazuje regionalne razlike, pri čemu viša razina u istočnoj regiji može ukazivati na hranidbene strategije s većim udjelom sirovih proteina. Henao-Velásquez i sur. (2014) ističu da koncentracija ureje reflektira ravnotežu dušika u obroku, što dodatno potvrđuje važnost prilagodbe prehrane lokalnim uvjetima. Zaključno, utvrđene razlike među regijama ukazuju na potrebu za regionalno specifičnim pristupima u uzgojno-seleksijskim i menadžerskim mjerama kako bi se optimizirala produktivnost i kvaliteta mlijeka unutar populacije simentalских krava u Hrvatskoj.

6.2.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

Dobiveni rezultati upućuju na postojanje umjerenih sezonskih varijacija u proizvodnim i biokemijskim pokazateljima mlijeka simentalских krava. Najveća prosječna dnevna količina mlijeka zabilježena je tijekom zime, što je u skladu s nalazima Nantapo i Muchenje (2014), koji navode da hladniji okolišni uvjeti pozitivno utječu na unos hrane i opće zdravstveno stanje krava. Suprotno tome, najniže vrijednosti uočene su tijekom jeseni, što bi moglo biti povezano s promjenama u kvaliteti voluminozne hrane i prijelazom između ispaše i stajske hranidbe. Udio mliječne masti bio je najviši ljeti, što odgovara nalazima Heck i sur. (2009), koji su pokazali da se pri smanjenoj proizvodnji mlijeka povećava koncentracija masti, osobito u uvjetima povišenih temperatura. Proljetni pad udjela masti i proteina uočen je i kod drugih pasmina te se često povezuje s brzim porastom količine mlijeka na početku laktacije. Ipak, dnevna proizvodnja masti i proteina ostaje ujednačena kroz sezone, što ukazuje na relativnu stabilnost apsolutne količine sastojaka mlijeka kod simentalских krava. Broj somatskih stanica pokazuje najniže vrijednosti zimi, a najviše u proljeće i jesen. Ovakav obrazac upućuje na veću izloženost patogenima u vlažnijim i promjenjivim uvjetima te na moguće sezonske oscilacije u imunosnom odgovoru krava, što je u skladu s opažanjima Nantapo i Muchenje (2014). Koncentracija uree pokazuje sezonske oscilacije, s najvišim vrijednostima u proljeće i najnižima ljeti. Ove promjene mogu se povezati s bilanciranjem obroka, posebno omjerom energije i proteina, što izravno utječe na metabolizam dušika. Henao-Velásquez i sur. (2014)

ističu da su razine ureje u mlijeku osjetljiv pokazatelj prehrambenog statusa i prilagodbe hranidbi tijekom različitih faza proizvodnje. Uzimajući u obzir sve promjene, sezonske razlike u pokazateljima mlijeka kod simentalskih krava potvrđuju potrebu za ciljanim prilagodbama u upravljanju i hranidbi stada tijekom godine, kako bi se održala optimalna razina proizvodnje i zdravlja životinja.

6.2.6. Analiza prema veličini stada

Raspon prosječne dnevne količine mlijeka zabilježen je između 15,8 kg u najmanjim stadima, s manje od pet krava, i 20,5 kg u stadima s više od 200 krava. Ovaj jasan uzlazni trend potvrđuje povezanost veličine proizvodne jedinice s višom razinom mliječnosti, što se može pripisati boljim uvjetima držanja, standardiziranom upravljanju, selekciji i hranidbi u većim sustavima. Slične nalaze su izvijestili Očić i sur. (2022), koji su u svojoj ekonomskoj analizi specijaliziranih farmi ukazali na razlike u produktivnosti povezane s veličinom gospodarstva. Paralelno s rastom volumena mlijeka raste i dnevna proizvodnja mliječne masti i proteina, dok se njihov udio u mlijeku zadržava na relativno stabilnoj razini od približno 4,1 do 4,2 posto za mast i 3,4 do 3,5 posto za proteine. Ovakav obrazac ukazuje na to da se sastav mlijeka manje mijenja pod utjecajem okolišnih uvjeta u odnosu na količinu proizvedenog mlijeka, što je u skladu s analizom Heck i sur. (2009), koji su utvrdili nisku sezonsku varijabilnost osnovnih sastojaka mlijeka. Posebno je zanimljiv nalaz da se broj somatskih stanica značajno smanjuje s povećanjem veličine stada – s prosječnih 399,5 tisuća stanica po mililitru u najmanjoj skupini do 249,9 tisuća u najvećoj. Sličan obrazac prisutan je i kod logaritamskog prikaza SCC, gdje najveća stada bilježe najniže vrijednosti. Ovi nalazi upućuju na bolje razvijene sustave nadzora kvalitete i zdravlja u većim sustavima, uključujući učinkovitiju higijenu mužnje i preventivne veterinarske mjere. Nantapo i Muchenje (2014) ističu povezanost veličine sustava s boljim kontrolnim praksama i manjom učestalošću mastitisa. Koncentracija uree u mlijeku pokazuje izražen porast s veličinom stada, od 16,3 mmol/L u najmanjim stadima do čak 27,5 mmol/L u najvećima. Takve razlike mogu biti odraz različitih strategija hranidbe, osobito u pogledu formulacije obroka i upravljanja dušikom. Henao-Velásquez i sur. (2014) ukazali su na osjetljivost razine uree na promjene u ravnoteži proteina i energije u obroku, pri čemu viši udjeli proteina bez odgovarajuće energetske potpore dovode do porasta koncentracije uree. Zaključno, veličina stada predstavlja važan čimbenik koji utječe na proizvodne i zdravstvene parametre mlijeka simentalskih krava, te zahtijeva prilagođene pristupe u planiranju upravljanja, hranidbe i selekcije.

6.2.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

Rezultati pokazuju da s porastom dnevne količine mlijeka dolazi do postupnog smanjenja udjela mliječne masti i proteina, dok se apsolutna proizvodnja tih komponenti povećava. Takav obrazac posljedica je učinka razrjeđenja, gdje veći volumen mlijeka snižava koncentraciju sastojaka, ali povećava njihov ukupni prinos. Ovi nalazi potvrđeni su u istraživanju Gantner i sur. (2009), u kojem je zabilježena visoka korelacija između volumena mlijeka i dnevne proizvodnje sastojaka. U stadiju proizvodnje do 12 kilograma mlijeka dnevno, prosječna proizvodnja mliječne masti i proteina iznosi 0,4 i 0,3 kilograma, dok u skupinama s više od 20 kilograma dosežu 1,0 i 0,8 kilograma. Ovakav trend dodatno potvrđuje da visoka mliječnost ne znači nužno smanjenu kvalitetu, već ukazuje na veću ukupnu efikasnost proizvodnje. Broj somatskih stanica pokazuje jasan pad s porastom volumena proizvodnje, što je u skladu s pretpostavkom da su visoko proizvodne krave češće u sustavima intenzivne proizvodnje s učinkovitijom kontrolom zdravlja vimen. Nantapo i Muchenje (2014) također su istaknuli da veća proizvodnja često korelira s boljim higijenskim standardima i kraćim razmacima mužnje, što može utjecati na smanjenje vrijednosti SCC. Udio laktoze pokazuje blagi porast s količinom proizvedenog mlijeka, što može biti pokazatelj bolje funkcionalnosti epitela mliječne žlijezde i niže učestalosti upalnih procesa. Henao-Velásquez i sur. (2014) navode da se viši udio laktoze obično bilježi kod zdravih grla s nižim razinama somatskih stanica. Koncentracija uree raste sa svakom višom skupinom proizvodnje, što može upućivati na promjene u omjeru proteina i energije u obroku. Takva pojava može biti posljedica veće količine fermentabilnog dušika u hranidbi, pri čemu neravnoteža između dušičnih spojeva i energije dovodi do povećanja razine uree u mlijeku. Ova povezanost potvrđena je u istraživanju Henao-Velásquez i sur. (2014), gdje se koncentracija uree koristi kao pokazatelj učinkovitosti prehrane i metabolizma proteina. Zaključno, rezultati pokazuju da viša dnevna mliječnost nije povezana s narušenom kvalitetom mlijeka, već s većom ukupnom proizvodnjom sastojaka i boljim zdravstvenim pokazateljima, pod uvjetom da su ispunjeni uvjeti optimalnog upravljanja i hranidbe.

6.3. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i dnevnih svojstava mliječnosti krava holstein pasmine

6.3.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

Dobiveni rezultati ukazuju na postojanu negativnu povezanost broja somatskih stanica s dnevnim svojstvima mliječnosti u svim paritetima, pri čemu su korelacije snažnije izražene za log-transformirane vrijednosti SCC, što potvrđuje veću osjetljivost tog pokazatelja u detekciji odnosa. Negativne korelacije između SCC i dnevne količine mlijeka, kao i dnevne količine mliječne masti i proteina, upućuju na to da viša razina somatskih stanica može biti povezana s nižom proizvodnjom, što je u skladu s nalazima Alhussien i Dang (2018), koji su istaknuli da povećani SCC značajno narušava sekretornu funkciju mliječne žlijezde. Pozitivne korelacije između SCC i udjela masti i proteina moguće je objasniti relativnim povećanjem koncentracije tih sastojaka kao posljedice smanjenog volumena mlijeka, što rezultira višim postotnim udjelima bez stvarnog povećanja apsolutne proizvodnje. Takva tumačenja potvrđena su i u radu Stocco i sur. (2023), koji naglašavaju da udio sastojaka u mlijeku može rasti čak i kada ukupna proizvodnja pada zbog zdravstvenih poremećaja vimena. Najizraženije negativne korelacije uočene su s udjelom laktoze, što podupire hipotezu o poremećaju u sintezi laktoze tijekom upalnih procesa u mliječnoj žlijezdi. To je u skladu s rezultatima Antanaitis i sur. (2021), koji navode da smanjenje laktoze može biti rani biomarker subkliničkog mastitisa. S obzirom na vrlo visoku statističku značajnost i veliki broj opažanja, rezultati pružaju čvrst temelj za interpretaciju povezanosti SCC s proizvodnim svojstvima kroz različite paritete, što može imati važne implikacije u sustavima kontrole mliječnosti i strategijama za očuvanje zdravlja vimena.

6.3.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

Dobiveni rezultati jasno potvrđuju stabilnu i negativnu povezanost između broja somatskih stanica i ključnih dnevnih proizvodnih svojstava u svim stadijima laktacije. Log-transformirani pokazatelj SCC (SccLog) dosljedno pokazuje snažnije korelacije, što potvrđuje njegovu veću osjetljivost i interpretativnu vrijednost. Posebno je izražena negativna korelacija između SccLog i dnevne količine mlijeka, što potvrđuje da povećanje broja somatskih stanica nepovoljno djeluje na mliječnost kroz sve faze laktacije. Takav obrazac već je potvrđen u radu Alhussien i Dang (2018), gdje je utvrđeno da povećane razine SCC direktno utječu na pad proizvodnje mlijeka. Uočena negativna povezanost s dnevnom količinom mliječne masti i

proteina također ukazuje na smanjenje ukupne proizvodnje sastojaka mlijeka pri višim razinama SCC. Istovremeno, blago pozitivne korelacije s udjelima masti i proteina mogu se objasniti smanjenjem volumena mlijeka, pri čemu koncentracija tih sastojaka relativno raste. Slična tumačenja nalaze se i u radu Stocco i sur. (2023), koji navode da smanjenje volumena mlijeka rezultira povećanim postotnim udjelima sastojaka, iako apsolutne količine opadaju. Udjel laktoze pokazuje najjače negativne korelacije u svim skupinama, što dodatno podupire njegovu vrijednost kao osjetljivog biomarkera zdravlja vimena. Ova veza podržana je rezultatima Antanaitis i sur. (2021), koji su istaknuli da smanjenje udjela laktoze odražava oštećenje sekretornog epitela i poremećaj u sintezi laktoze uslijed upalnih procesa. Negativne, ali slabije korelacije između SccLog i koncentracije uree upućuju na moguće, ali ograničene povezanosti između zdravlja vimena i metabolizma dušika. Iako nisu snažno izražene, ove povezanosti mogu ukazivati na kompleksne interakcije između zdravstvenog statusa i prehrambene efikasnosti. Visoka statistička značajnost i velik broj opažanja potvrđuju robusnost nalaza i dosljednost utvrđenih odnosa kroz sve faze laktacije, čime se dodatno naglašava važnost integriranog praćenja SCC i proizvodnih pokazatelja u sustavima kontrole mliječnosti.

6.3.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Rezultati iz Tablice 18. dodatno potvrđuju već uočeni obrazac negativne povezanosti broja somatskih stanica s proizvodnim pokazateljima mlijeka tijekom laktacije. Negativna korelacija između SCC i dnevne količine mlijeka zadržava konzistentnost kroz svih jedanaest razreda, pri čemu log-transformirani SCC (SccLog) pokazuje izraženije povezanosti, što je u skladu s nalazima Alhussien i Dang (2018), koji navode da log transformacija poboljšava interpretaciju promjena SCC i njihove povezanosti s funkcionalnim parametrima mliječne žlijezde. Kod dnevne proizvodnje mliječne masti i proteina također je uočen negativan trend, s najjačim korelacijama sredinom laktacije, što može ukazivati na veću osjetljivost komponenti mlijeka na zdravstveni status vimena u tom razdoblju. S druge strane, korelacije s udjelima masti i proteina su blago pozitivne i niskog intenziteta, što može biti posljedica relativnog povećanja koncentracije sastojaka pri smanjenoj ukupnoj proizvodnji mlijeka. Ovaj obrazac već je opisan i u radu Stocco i sur. (2023), koji su ukazali na povezanost između smanjenog volumena i relativnog porasta koncentracije sastojaka. Udio laktoze ponovno se ističe kao najosjetljiviji pokazatelj, s najjačim negativnim korelacijama kroz sve faze laktacije. Smanjenje udjela laktoze dosljedno je povezano s povišenim vrijednostima SCC, što potvrđuje nalaze Antanaitis

i sur. (2021), koji su identificirali laktozu kao vrijedan biomarker narušenog zdravlja vimena i ranog mastitisa. Korelacije s koncentracijom uree su slabije, ali dosljedno negativne, što može ukazivati na suptilne metaboličke promjene povezane s upalnim procesima i promjenama u iskorištavanju dušika u organizmu. Henao-Velásquez i sur. (2014) navode da koncentracija uree može odražavati neizravne učinke promjena u zdravlju životinja na hranidbeni status. Ukupno gledano, stabilnost i statistička značajnost utvrđenih povezanosti kroz čitav raspon dana u laktaciji potvrđuju konzistentan utjecaj SCC na proizvodna svojstva mlijeka i dodatno naglašavaju važnost njegove kontrole u svim fazama proizvodnog ciklusa krava holstein pasmine.

6.3.4. Analiza prema regiji uzgoja

Rezultati prikazani u Tablici 19. potvrđuju dosljedan obrazac negativne povezanosti između broja somatskih stanica i proizvodnih svojstava mlijeka u sve tri hrvatske regije. Iako se intenzitet korelacija blago razlikuje među regijama, smjer i statistička značajnost ostaju stabilni. Negativna korelacija između SCC i dnevne količine mlijeka najizraženija je u Mediteranskoj regiji, dok log-transformirani SCC dodatno pojačava povezanost, što upućuje na osjetljiviju reakciju proizvodnje mlijeka na povišenu razinu somatskih stanica u tom području. Alhussien i Dang (2018) ističu da se log-transformacija SCC često koristi za preciznije otkrivanje odnosa između zdravstvenog statusa i proizvodnje. Udio mliječne masti pokazuje blagu pozitivnu povezanost sa SCC u svim regijama, što se može pripisati smanjenju volumena mlijeka i relativnom porastu koncentracije sastojaka. Nasuprot tome, dnevna proizvodnja mliječne masti pokazuje negativne vrijednosti, osobito u Središnjoj i Istočnoj Hrvatskoj. Sličan obrazac prisutan je i kod proteina – udio bilježi blage pozitivne korelacije, dok dnevna proizvodnja pokazuje jasnu negativnu povezanost sa SCC. Ovi nalazi u skladu su s opažanjima Stocco i sur. (2023), koji su ukazali da udio sastojaka može ostati stabilan ili čak rasti, dok ukupna količina pada zbog zdravstvenih problema. Udio laktoze se ponovno izdvaja kao najosjetljiviji pokazatelj, s najsnažnijom negativnom korelacijom u Mediteranskoj regiji. Takav rezultat potvrđuje vrijednost laktoze kao biomarkera narušenog zdravlja vimena, što je dokumentirano i u istraživanju Antanaitis i sur. (2021), koji su istaknuli da je pad laktoze u mlijeku snažno povezan s upalnim procesima. Koncentracija uree pokazuje slabije, ali konzistentno negativne korelacije, osobito izražene u Istočnoj Hrvatskoj. Ove povezanosti mogu upućivati na posredni utjecaj zdravstvenog statusa vimena na učinkovitost iskorištavanja dušika, što je ranije opisano u radu Henao-Velásquez i sur. (2014). Visoka statistička značajnost svih korelacija, zajedno s

velikim brojem opažanja, potvrđuje robusnost rezultata i ukazuje na univerzalnu, ali regijski nijansiranu povezanost između zdravlja vimena i proizvodnih pokazatelja mlijeka kod holstein krava.

6.3.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

Sezonska analiza prikazana u Tablici 20. dodatno potvrđuje dosljednu negativnu povezanost između broja somatskih stanica i ključnih proizvodnih svojstava mlijeka kod krava holstein pasmine, pri čemu su razlike među godišnjim dobima jasno izražene. Najniže vrijednosti korelacija između SCC i dnevne količine mlijeka zabilježene su tijekom ljeta, što ukazuje na veći negativni utjecaj povišenog SCC u uvjetima viših temperatura. Ovakav učinak može se povezati s toplinskim stresom i povećanim mikrobiološkim pritiskom, što potvrđuju i nalazi Nantapo i Muchenje (2014), koji navode smanjenje mliječnosti i povećanje SCC pod utjecajem okolišnih čimbenika. Udio mliječne masti pokazuje konzistentno blagu pozitivnu povezanost sa SCC, dok je dnevna proizvodnja masti negativno povezana, osobito tijekom ljeta. Taj rezultat može se pripisati smanjenju volumena mlijeka kod krava s povišenim SCC, što u konačnici smanjuje apsolutnu količinu proizvedene masti. Sličan obrazac opažen je i za proteine – udio pokazuje blagu pozitivnu korelaciju, dok dnevna proizvodnja bilježi negativne vrijednosti, najizraženije u toplijem dijelu godine. Ove odnose dodatno potvrđuju rezultati Stocco i sur. (2023), koji ukazuju na disocijaciju između postotnih i apsolutnih pokazatelja sastava mlijeka pri različitim razinama SCC. Udio laktoze ponovno se ističe kao najosjetljiviji parametar, s najsnažnijim negativnim korelacijama u jeseni i ljeti. Ovi rezultati potvrđuju nalaze Antanaitis i sur. (2021), koji su istaknuli laktozu kao ključni pokazatelj narušene funkcije mliječne žlijezde i jedan od najpouzdanijih biomarkera subkliničkih upala vimena. Koncentracija uree, iako statistički značajno povezana sa SCC, pokazuje najmanju sezonsku dosljednost. U proljeće su uočene i blago pozitivne vrijednosti, što može biti rezultat promjene u omjeru proteina i energije u obroku i različitim strategijama hranidbe, koje utječu na metabolizam dušika. Henao-Velásquez i sur. (2014) naglašavaju važnost interpretacije ureje u kontekstu prehrane, zdravstvenog statusa i okolišnih uvjeta. Rezultati jasno ukazuju na potrebu za sezonski prilagođenim strategijama kontrole zdravlja vimena, s osobitim naglaskom na preventivne mjere i pojačani monitoring tijekom ljetnih mjeseci, kada su negativni učinci SCC na proizvodna svojstva najizraženiji.

6.3.6. Analiza prema veličini stada

Analiza prikazana u Tablici 21. potvrđuje stabilnu negativnu povezanost između broja somatskih stanica (SCC) i dnevne količine mlijeka kod krava holstein pasmine u svih šest kategorija veličine stada. Ova povezanost izraženija je u većim sustavima proizvodnje – primjerice, korelacija između SccLog i dnevne količine mlijeka doseže $-0,185$ u stadima s više od 500 krava. Ovakvi nalazi ukazuju na snažniji učinak zdravlja vimena na volumensku proizvodnju u većim sustavima, što je djelomično u skladu s nalazima Nantapo i Muchenje (2014), koji su istaknuli utjecaj veličine gospodarstva na razinu somatskih stanica i higijenske standarde. Udio mliječne masti pokazuje blagu pozitivnu korelaciju sa SCC, dok dnevna proizvodnja masti, kao i proteina, dosljedno pokazuje negativne vrijednosti. Intenzitet tih korelacija pojačan je u većim stadima – na primjer, korelacija između SccLog i dnevne proizvodnje proteina doseže $-0,150$ u skupini s više od 500 krava. Ovakvi obrasci ukazuju na to da veći broj somatskih stanica ne utječe nužno na koncentraciju sastojaka, ali znatno smanjuje njihovu apsolutnu proizvodnju, što je u skladu s opažanjima Stocco i sur. (2023). S druge strane, udio proteina korelira pozitivno, ali vrlo blago, što može biti rezultat učinka razrjeđenja u nižim volumenima mlijeka. Najizraženija negativna povezanost dosljedno se pojavljuje za udio laktoze, osobito u manjim stadima – SccLog dostiže $-0,403$ u kategoriji manjih od pet krava. To može ukazivati na jači utjecaj subkliničkih i kliničkih mastitisa u sustavima s manje razvijenim kontrolnim mjerama. Antanaitis i sur. (2021) navode da je laktoza izuzetno osjetljiv pokazatelj promjena u zdravlju vimena, čime se potvrđuje i uloga SCC kao prediktora njezine razine. Koncentracija uree pokazuje najslabiju, ali statistički značajnu povezanost sa SCC u svim skupinama veličine stada. Najizraženije negativne vrijednosti uočene su u srednje velikim i velikim stadima, što može ukazivati na posredne promjene u metabolizmu dušika i hranidbenim obrascima u uvjetima pojačanog zdravstvenog stresa. Henao-Velásquez i sur. (2014) ističu povezanost koncentracije uree sa statusom proteina i energije u obroku, koji može biti poremećen u uvjetima narušene funkcije mliječne žlijezde. Ukupno gledano, ovi rezultati upućuju na to da veličina stada može utjecati na jačinu odnosa između zdravlja vimena i proizvodnih svojstava, pri čemu veća stada pokazuju izraženije obrasce povezanosti, što može biti posljedica veće standardizacije uvjeta držanja i sofisticiranijih sustava nadzora.

6.3.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

Analiza prikazana u Tablici 22. potvrđuje da su korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i dnevne količine mlijeka negativne u svim razredima proizvodnje, ali slabijeg intenziteta u usporedbi s drugim varijablama. Najizraženije su u skupini krava s najnižom proizvodnjom, gdje $ScLog$ doseže $-0,098$, dok se ta povezanost postupno smanjuje s povećanjem volumena mlijeka. Takvi nalazi u skladu su s opažanjima Nantapo i Muchenje (2014), koji su ukazali na to da negativan učinak povišenog SCC na proizvodnju mlijeka postaje izraženiji kod krava nižeg genetskog i produkcijskog potencijala. Udio mliječne masti pokazuje dosljedno blage pozitivne korelacije u svim razredima, dok korelacije s dnevnom proizvodnjom mliječne masti prelaze iz negativnih u nižim skupinama u pozitivne u višim, što može ukazivati na metaboličku prilagodbu organizma na povećani volumen mlijeka. Sličan obrazac prisutan je i kod dnevne proizvodnje proteina, gdje se bilježe niske, ali uglavnom pozitivne korelacije, osobito u višim proizvodnim razredima. Udio proteina pokazuje nisku i neujednačenu povezanost sa SCC, što može biti posljedica kompleksnih interakcija između zdravstvenog statusa vimena, metabolizma i genetskog potencijala. Ovi obrasci u skladu su s opažanjima Stocco i sur. (2023), koji su istaknuli varijabilan odgovor sastava mlijeka na promjene u zdravlju vimena ovisno o razini proizvodnje. Najstabilnije i najsnažnije negativne korelacije utvrđene su između SCC, odnosno $ScLog$, i udjela laktoze. U skupini s najnižom proizvodnjom mlijeka $ScLog$ korelira s udjelom laktoze do $-0,396$, što potvrđuje ranije utvrđenu ulogu laktoze kao osjetljivog indikatora subkliničkih mastitisa. Ova povezanost podupire nalaze Antanaitis i sur. (2021), koji su utvrdili da smanjenje udjela laktoze reflektira oštećenje sekretornih stanica i prisutnost upalnih procesa. Koncentracija uree pokazuje vrlo niske vrijednosti korelacija sa SCC, najčešće negativne, iako u prvoj skupini razlika nije statistički značajna. Henao-Velásquez i sur. (2014) navode da je koncentracija uree više podložna prehrambenim utjecajima nego direktnim fiziološkim odgovorima na promjene u zdravlju vimena. Ukupno, ovi nalazi ukazuju na to da su promjene u broju somatskih stanica najosjetljivije u nižim razredima proizvodnje, gdje negativan utjecaj na sastav i volumen mlijeka dolazi više do izražaja, dok viši proizvodni kapaciteti pokazuju djelomičnu otpornost na negativne učinke SCC.

6.4. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i dnevnih svojstava mliječnosti krava simentalke pasmine

6.4.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

Analiza kovarijabilnosti između broja somatskih stanica i proizvodnih svojstava mlijeka kod krava simentalke pasmine prema redoslijedu laktacije (Tablica 23.) pokazuje dosljedan obrazac negativne povezanosti između SCC i dnevne količine mlijeka. Vrijednosti korelacija postupno se pojačavaju od prvog do četvrtog pariteta, dok su vrijednosti za log-transformirani SCC (SccLog) izraženije, što ukazuje na veću osjetljivost ovog pokazatelja u detekciji promjena vezanih uz zdravlje vimena. Alhussien i Dang (2018) ističu da log-transformacija SCC osigurava bolju interpretaciju u epidemiološkim i proizvodnim modelima. Sličan trend zabilježen je i kod dnevne proizvodnje mliječne masti i proteina, gdje su korelacije sa SCC slabe, ali negativne, dok SccLog pokazuje izraženije negativne vrijednosti. Ovi obrasci ukazuju na postupni pad proizvodnje s porastom SCC, što je već ranije dokumentirano kod različitih pasmina (Stocco i sur., 2023). Udio mliječne masti pokazuje blagu pozitivnu korelaciju sa SCC, koja je izraženija kod SccLog, što može upućivati na relativni porast koncentracije masti uslijed smanjenja volumena mlijeka i promjena u propusnosti kapilara mliječne žlijezde. Udio proteina pokazuje stabilnu, iako nisku, pozitivnu povezanost sa SCC, dok SccLog dostiže umjerenije vrijednosti – što može biti rezultat upalno induciranih promjena u sintezi proteina mliječnog seruma. Najizraženiji negativni odnos dosljedno je utvrđen između SCC i udjela laktoze. Već kod osnovnih vrijednosti SCC korelacije dostižu $-0,343$, dok SccLog prelazi $-0,417$, potvrđujući da je laktoza iznimno osjetljiv pokazatelj narušenih funkcija mliječne žlijezde. Antanaitis i sur. (2021) su potvrdili da se smanjenje laktoze može koristiti kao rani biomarker subkliničkog mastitisa i promjena u integritetu epitela dojke. Korelacije između SCC i koncentracije uree ostaju vrlo niske i blizu nule, dok kod SccLog dostižu nešto izraženije, ali još uvijek slabe negativne vrijednosti. Henao-Velásquez i sur. (2014) napominju da razine uree više odražavaju promjene u hranidbenom statusu nego izravno stanje zdravlja vimena. Ovi nalazi potvrđuju postojanu i značajnu povezanost između zdravstvenog statusa vimena i ključnih svojstava mlijeka kod simentalke pasmine, s posebno izraženim utjecajem na udio laktoze i dnevnu proizvodnju, neovisno o redoslijedu laktacije.

6.4.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

Analiza kovarijabilnosti broja somatskih stanica i proizvodnih svojstava mlijeka kod simentalne pasmine prema broju dana u laktaciji (Tablica 24.) pokazuje konzistentnu, iako slabiju, negativnu povezanost SCC s dnevnom količinom mlijeka u svim stadijima, s najsnažnijim učinkom u ranoj laktaciji. Takav obrazac potvrđuje povećanu osjetljivost mliječne žlijezde na upalne procese u početnim fazama laktacije, što je također istaknuto u istraživanju Alhussien i Dang (2018). Log-transformirani SCC (SccLog) pokazuje izraženije korelacije kroz sve skupine, osobito kod dnevne proizvodnje masti i proteina, što ukazuje na veću preciznost log-transformacije u otkrivanju povezanosti sa zdravljem vimena. Udio mliječne masti pokazuje slabu, ali dosljednu pozitivnu korelaciju sa SCC, dok se intenzitet povezanosti pojačava kod SccLog, što se može tumačiti kao posljedica smanjenog volumena mlijeka i koncentracijskog efekta. Stocco i sur. (2023) opisali su slične pojave kod pasmina u intenzivnoj proizvodnji. Dnevna proizvodnja masti i proteina pokazuje negativne korelacije, koje se dodatno naglašavaju pri korištenju SccLog, što je naročito izraženo u kasnijim stadijima. Nasuprot tome, udio proteina pokazuje blagu pozitivnu povezanost sa SCC, što bi moglo ukazivati na stabilnost proteinske frakcije unatoč upalnim procesima u mliječnoj žlijezdi. Udio laktoze dosljedno bilježi najjače negativne korelacije u svim skupinama, a posebice u ranoj laktaciji, gdje SccLog dostiže vrijednost od $-0,418$. Ovaj nalaz potvrđuje već ranije utvrđenu ulogu laktoze kao osjetljivog pokazatelja narušene sekretorne funkcije vimena, što je dodatno poduprto rezultatima Antanaitis i sur. (2021). Korelacija između SCC i koncentracije uree ostaje vrlo niska i blizu nule, iako SccLog pokazuje blagi negativni trend u stadijima 1 i 2. Henao-Velásquez i sur. (2014) su naglasili da urea može biti više odraz nutritivnih i hranidbenih čimbenika nego izravni pokazatelj zdravlja vimena. Ovi rezultati ukazuju na stabilan obrazac povezanosti SCC sa svim ključnim proizvodnim svojstvima mlijeka kroz cijelu laktaciju, s izraženijim utjecajem u ranim fazama i dominantnim učinkom na udio laktoze, čime se dodatno naglašava važnost sustavnog praćenja zdravlja vimena od početka laktacijskog ciklusa.

6.4.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Analiza kovarijabilnosti broja somatskih stanica prema broju dana u laktaciji u 11 razreda (Tablica 25.) pokazuje stabilan obrazac negativnih korelacija između SCC i proizvodnih svojstava mlijeka kod simentalke pasmine. U svim razredima dana u laktaciji prisutna je negativna povezanost SCC-a s dnevnom količinom mlijeka, pri čemu su korelacije izraženije za log-transformirani SCC (ScLog). Ovi nalazi potvrđuju da povećani broj somatskih stanica smanjuje količinu proizvedenog mlijeka, osobito u ranijim fazama laktacije, što je u skladu s rezultatima Alhussien i Dang (2018), koji ističu da su krave osjetljivije na upalne procese u početku laktacije. Udio mliječne masti pokazuje slab, ali dosljedan pozitivan odnos sa SCC i ScLog, što se može pripisati koncentracijskim efektima u uvjetima smanjenog volumena mlijeka. Slično su opisali Stocco i sur. (2023), navodeći da se koncentracija pojedinih sastojaka povećava relativno, iako ukupna proizvodnja pada. Korelacije s dnevnom proizvodnjom masti i proteina su negativne u svim razredima, izraženije kod log-transformiranih vrijednosti, što ukazuje na kvantitativni gubitak vrijednih sastojaka uslijed narušene funkcije mliječne žlijezde. Udio proteina pokazuje blagu pozitivnu povezanost sa SCC, izraženiju za ScLog, što se može objasniti relativnom stabilnošću sinteze proteina tijekom blažih upalnih procesa. Najizraženije negativne korelacije kroz sve razrede utvrđene su za udio laktoze, posebno u razredima s ranim danima laktacije. Vrijednosti ScLog korelacija dosežu do $-0,431$, čime se još jednom potvrđuje da je laktoza vrlo osjetljiv i pouzdan biomarker narušenog zdravlja mliječne žlijezde. Antanaitis i sur. (2021) naglasili su važnost laktoze kao ranog indikatora subkliničkih mastitisa i promjena u funkciji epitela dojke. Korelacije s koncentracijom uree ostaju vrlo slabe i u nekim razredima statistički neznajne, osobito za SCC, dok ScLog pokazuje nešto izraženije, ali još uvijek niske negativne vrijednosti. Henao-Velásquez i sur. (2014) ističu da razine uree više reflektiraju nutritivni status nego izravno stanje zdravlja vimena, što može objasniti nisku razinu povezanosti. Zaključno, podaci potvrđuju da su prvi stadiji laktacije najosjetljiviji na porast SCC, a da log-transformirani SCC (ScLog) pruža jasniji i precizniji uvid u povezanost sa smanjenjem volumena i kvalitete mlijeka. Udio laktoze potvrđuje se kao najsnažnije pogođeni pokazatelj u svim fazama laktacije.

6.4.4. Analiza prema regiji uzgoja

Rezultati prikazani u Tablici 26. ukazuju na dosljedan negativan odnos između broja somatskih stanica (SCC) i dnevne količine mlijeka kod krava simentalke pasmine u sve tri hrvatske regije uzgoja. Najizraženije vrijednosti zabilježene su u središnjoj Hrvatskoj (SccLog: $-0,159$), dok su najslabije u istočnoj regiji (SccLog: $-0,129$), što može ukazivati na razlike u upravljanju, intenzitetu proizvodnje ili veterinarskoj skrbi među regijama. Ovakve razlike ranije su potvrđene i u istraživanju Nantapo i Muchenje (2014), gdje je utvrđena geografska varijabilnost učestalosti mastitisa i razina SCC. Udio mliječne masti pokazuje blagu pozitivnu povezanost sa SCC, najuočljiviju u mediteranskoj regiji, što se može objasniti smanjenjem volumena mlijeka i posljedičnim porastom koncentracije masti. Ove promjene dosljedne su s nalazima Stocco i sur. (2023), koji ističu da koncentracija masti u mlijeku može ostati relativno visoka čak i kada volumen opada uslijed narušenog zdravlja vimena. Dnevna proizvodnja masti i proteina pokazuje negativne korelacije, osobito izražene kod log-transformacije SCC, što dodatno potvrđuje kvantitativni gubitak važnih komponenti mlijeka u uvjetima povišenog broja somatskih stanica. S druge strane, udio proteina pokazuje pozitivnu povezanost sa SCC, ali je istovremeno dnevna proizvodnja proteina u negativnoj korelaciji, što ukazuje na relativno očuvanje koncentracije uslijed opadanja volumena. Najizraženije negativne korelacije zabilježene su za udio laktoze, posebno u mediteranskoj regiji (SccLog: $-0,430$). Ovaj nalaz potvrđuje visoku osjetljivost sinteze laktoze na prisutnost somatskih stanica i subklinička upalna stanja mliječne žlijezde. Antanaitis i sur. (2021) istaknuli su da je smanjenje udjela laktoze snažan i pouzdan indikator narušenog zdravlja vimena. Korelacije između SCC i koncentracije uree bile su vrlo niske u svim regijama, a u mediteranskoj regiji gotovo neutralne. Ova pojava sugerira da urea, kao pokazatelj metabolizma dušika, nije značajno povezana s razinom SCC, što je u skladu s nalazima Henao-Velásquez i sur. (2014), koji naglašavaju da je urea više povezana s hranidbenim statusom nego s upalnim procesima. Zaključno, iako se intenzitet povezanosti razlikuje među regijama, prisutan je jasan i dosljedan obrazac negativnog utjecaja povišenog SCC na količinske i kvalitativne pokazatelje mlijeka, s posebno izraženim učinkom na laktozu i dnevnu proizvodnju masti i proteina.

6.4.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

Analiza prikazana u Tablici 27. potvrđuje dosljednu negativnu povezanost između broja somatskih stanica (SCC) i dnevne količine mlijeka kod simentalских krava u svim godišnjim dobima, s najizraženijom korelacijom tijekom ljeta (SccLog: $-0,166$). Ovakvi nalazi ukazuju na veću osjetljivost krava na toplinski stres i povećanu učestalost subkliničkih upalnih stanja u toplijim razdobljima, što je u skladu s opažanjima Nantapo i Muchenje (2014), koji ističu utjecaj sezonskih promjena na zdravstveni status vimena i razinu mliječnosti. Udio mliječne masti pokazuje blagu pozitivnu povezanost sa SCC, najjaču u proljeće, što se može objasniti koncentracijskim učinkom zbog smanjenja volumena mlijeka. Ipak, dnevna proizvodnja masti i proteina bilježi negativne korelacije sa SCC i izraženije sa SccLog, što potvrđuje kvantitativni gubitak osnovnih komponenti mlijeka uslijed zdravstvenih poremećaja žlijezde. Udio proteina korelira pozitivno sa SCC (do $0,094$), no istodobno je dnevna proizvodnja proteina u negativnoj korelaciji, najizraženije tijekom ljeta (SccLog: $-0,107$), što upućuje na to da se povećanje koncentracije događa na račun smanjene ukupne količine mlijeka. Ovi obrasci potvrđuju opažanja Stocco i sur. (2023), koji su također izvijestili o diskrepanciji između relativnog i apsolutnog sadržaja sastojaka u mlijeku u uvjetima smanjenog zdravlja vimena. Udio laktoze dosljedno pokazuje najsnažniju negativnu korelaciju sa SCC, s najizraženijom vrijednošću tijekom ljeta (SccLog: $-0,427$), čime se potvrđuje visoka osjetljivost sinteze laktoze na prisutnost upalnih procesa u mliječnoj žlijezdi. Antanaitis i sur. (2021) navode da se pad udjela laktoze može koristiti kao rani i pouzdan pokazatelj narušene funkcije mliječnog epitela. Korelacije između SCC i koncentracije uree ostaju niske, no tijekom ljeta bilježe se izraženije negativne vrijednosti (SccLog: $-0,060$), dok su u proljeće gotovo neutralne. Henao-Velásquez i sur. (2014) istaknuli su da je koncentracija uree osjetljiva na promjene u prehrani, ali također može reflektirati metaboličke oscilacije vezane uz upalne uvjete i stres. Zaključno, rezultati pokazuju da sezona značajno utječe na povezanost između SCC i proizvodnih svojstava mlijeka, pri čemu su negativni učinci povišenih vrijednosti SCC osobito izraženi u ljetnim mjesecima. To dodatno naglašava potrebu za pojačanim mjerama kontrole zdravlja vimena u razdobljima visokih okolišnih stresora.

6.4.6. Analiza prema veličini stada

Analiza prikazana u Tablici 28. pokazuje da broj somatskih stanica (SCC) i njegova log-transformacija (SccLog) imaju konzistentno negativnu korelaciju s dnevnom količinom mlijeka u svim kategorijama veličine stada, s najsnažnijim vrijednostima u najvećim stadima (SccLog: $-0,260$). Ovi nalazi sugeriraju da veći proizvodni sustavi, unatoč boljoj tehnologiji i organizaciji, mogu biti podložniji izazovima vezanim uz mastitis, što posljedično rezultira smanjenjem mliječnosti. Nantapo i Muchenje (2014) također su primijetili da veličina gospodarstva može utjecati na kontrolu zdravlja vimena, ovisno o intenzitetu proizvodnje i kapacitetima nadzora. Udio mliječne masti pokazuje pozitivnu korelaciju sa SCC, s najvišim vrijednostima u najmanjim stadima (<5 krava), što se može objasniti manjim volumenom mlijeka i posljedičnim koncentracijskim učinkom. S druge strane, dnevna proizvodnja masti pokazuje negativnu korelaciju u svim veličinama stada, izraženiju u većim sustavima (npr. SccLog: $-0,124$ u skupini 201–500 krava). Ovaj obrazac je u skladu s opažanjima Stocco i sur. (2023), koji navode da apsolutna proizvodnja opada uslijed upale, dok relativna koncentracija može ostati stabilna ili porasti. Udio proteina također pokazuje blagu pozitivnu korelaciju sa SCC, dok je dnevna proizvodnja proteina u dosljedno negativnoj povezanosti, s izraženijim vrijednostima u većim stadima (npr. SccLog: $-0,220$). To upućuje na kvantitativni gubitak proteina u mlijeku, iako se postotna vrijednost može prividno očuvati. Najizraženije negativne povezanosti zabilježene su između SCC i udjela laktoze. Korelacije sa SccLog dosežu do $-0,424$, osobito u srednje velikim i velikim stadima. To potvrđuje visoku osjetljivost laktoze na promjene u zdravlju vimena, što je u skladu s nalazima Antanaitis i sur. (2021), koji su istaknuli laktozu kao pouzdan biomarker upalnih procesa u mliječnoj žlijezdi. Koncentracija uree u mlijeku pokazuje vrlo slabe korelacije sa SCC. U najvećim kategorijama stada korelacije su praktički zanemarive i statistički beznačajne (SccLog: $-0,006$), što potvrđuje prethodne zaključke Henao-Velásquez i sur. (2014), da je urea više povezana s prehrambenim faktorima nego s izravnim zdravstvenim promjenama u vimenu. Zaključno, ovi rezultati sugeriraju da veća stada pokazuju jaču povezanost između povišenog broja somatskih stanica i smanjenja proizvodnih pokazatelja mlijeka, osobito u pogledu količine i kvalitete. Posebnu pažnju treba posvetiti nadzoru zdravlja vimena u velikim sustavima, gdje čak i male oscilacije mogu imati značajan gospodarski učinak.

6.4.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

U Tablici 29. uočava se da su korelacije između broja somatskih stanica (SCC) i dnevne količine mlijeka u svih četiri razreda proizvodnje negativne i statistički značajne, s izraženijim vrijednostima u skupinama niže mliječnosti. Iako je intenzitet korelacija slabiji u višim razredima (npr. ScLog : $-0,072$ u najvišoj skupini), to i dalje ukazuje na postojanu povezanost višeg SCC s padom proizvodnje, ali u manjoj mjeri kod visoko produktivnih krava. Ovakvi nalazi u skladu su s rezultatima Nantapo i Muchenje (2014), koji navode da je utjecaj zdravstvenog statusa vimena izraženiji u stadijima s manjim genetskim potencijalom. Udio mliječne masti i proteina pokazuje blagu pozitivnu povezanost sa SCC i ScLog , naročito izraženu u razredima s manjom proizvodnjom (npr. ScLog i udio masti: $0,102$ u prvom razredu). Ovaj trend moguće je objasniti koncentracijskim učinkom uslijed manjeg volumena mlijeka. Stocco i sur. (2023) navode da relativne koncentracije pojedinih sastojaka mogu ostati povišene iako ukupna proizvodnja opada. Dnevna proizvodnja mliječne masti i proteina ima vrlo nisku, ali pozitivnu korelaciju sa SCC, nešto izraženiju kod ScLog (npr. $0,076$ za mast i $0,115$ za protein u trećem razredu). To može ukazivati da veća apsolutna količina sastojaka mlijeka nije nužno povezana s nižim SCC i boljim zdravljem vimena, već može odražavati metaboličke ili upravljačke razlike među kravama. Udio laktoze dosljedno pokazuje negativnu povezanost sa SCC i ScLog , s najsnažnijim korelacijama kod log-transformiranog pokazatelja (npr. $-0,417$ u prvom razredu). Ovi rezultati potvrđuju prethodne nalaze da je laktoza vrlo osjetljiv biomarker funkcionalnog statusa mliječne žlijezde, što dodatno potkrepljuju istraživanja Antanaitis i sur. (2021). Korelacija SCC s koncentracijom uree u mlijeku ostaje vrlo slaba i ponegdje čak pozitivna (npr. SCC: $0,007$ u prvom razredu), dok ScLog pokazuje blage, ali konzistentnije negativne vrijednosti (npr. $-0,040$ u najvišem razredu). Ovi rezultati podupiru zaključke Henao-Velásquez i sur. (2014) da koncentracija uree ima ograničenu dijagnostičku vrijednost u kontekstu somatskih stanica i zdravlja vimena. Zaključno, analiza potvrđuje da povezanost između SCC i proizvodnih svojstava mlijeka slabi s porastom dnevne količine mlijeka, ali ostaje prisutna u svim razredima, s najizraženijim signalom kod udjela laktoze, što dodatno naglašava njegovu dijagnostičku vrijednost.

6.5. Frekvencijska pojavnost subkliničkog i kliničkog mastitisa krava kod krava holstein pasmine

6.5.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

Dobiveni rezultati iz Tablice 30. potvrđuju već poznati trend porasta učestalosti mastitisa s porastom redoslijeda laktacije, što se u literaturi objašnjava akumulacijom oštećenja mliječne žlijezde, smanjenjem imunološke otpornosti i produženom izloženošću patogenima (Seegers i sur., 2003; Sharma i sur., 2018). Udio životinja s dijagnosticiranim mastitisom kontinuirano raste kroz naredne paritete – od 20,17 % u drugom, 26,22 % u trećem, do 34,93 % u četvrtom, što jasno ukazuje na progresivnu narušenost zdravlja vimena s povećanjem broja laktacija. Istovremeno, udio zdravih životinja opada sa 73,91 % u prvoj laktaciji na svega 47,57 % u četvrtoj, što potvrđuje da se sposobnost održavanja zdravog statusa vimena smanjuje s dobi. Udio krava svrstavanih u rizičnu skupinu – što često ukazuje na prisutnost subkliničkog mastitisa – također pokazuje rast, od 11,87 % u prvoj do 17,50 % u četvrtoj laktaciji. Slične obrasce frekvencijske pojavnosti i rizika razvoja mastitisa opisali su Gantner i sur. (2023a), koji su naglasili da subklinički mastitis često prethodi pojavi kliničkih oblika bolesti i značajno pridonosi ukupnim gubicima u proizvodnji mlijeka. Ovi nalazi ukazuju na potrebu za diferenciranim pristupom upravljanju zdravljem vimena, osobito kod višelaktacijskih krava koje zahtijevaju pojačani veterinarski nadzor, češće kontrole broja somatskih stanica te ciljane preventivne mjere, osobito u kritičnim fazama laktacijskog ciklusa. Kharel i sur. (2023) dodatno ističu ekonomske gubitke povezane s neprepoznatim i neliječenim subkliničkim oblikom mastitisa, naglašavajući važnost ranog otkrivanja i sustavne kontrole u uzgojnoj praksi.

6.5.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

U Tablici 31. prikazana je raspodjela krava Holstein pasmine u tri kategorije zdravstvenog statusa vimena – klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis – unutar četiri skupine dana laktacije. Dobiveni rezultati ukazuju na postupni porast učestalosti mastitisa s napredovanjem stadija laktacije. U prvoj skupini (<100 dana), mastitis je zabilježen kod 20,59 % krava, dok se udio povećava na 21,85 % u drugoj skupini (100–200 dana), 22,71 % u trećoj (200–300 dana), te doseže 24,47 % u četvrtoj skupini (>300 dana). Istovremeno se bilježi jasan pad udjela krava sa zdravim vimenom – od 67,69 % u prvoj skupini na 65,13 % u drugoj, 61,32 % u trećoj i samo 56,21 % u četvrtoj skupini. Udio krava koje se nalaze u rizičnoj skupini, odnosno s

povišenim brojem somatskih stanica bez kliničkih znakova, također pokazuje kontinuirani rast – od 11,73 % u najranijoj fazi do 19,32 % u završnom stadiju laktacije. Ovi nalazi jasno ukazuju na to da dulje trajanje laktacije povećava vjerojatnost narušavanja zdravlja vimena, bilo kroz manifestaciju subkliničkog ili kliničkog mastitisa. Sličan trend ranije su opisali Green i sur. (2002) i Bradley i sur. (2015), koji ističu da imunološki odgovor krava u kasnijim fazama laktacije može biti oslabljen, što povećava osjetljivost na infekcije. Osim toga, produljena izloženost okolišnim, mehaničkim i mikrobiološkim stresorima tijekom laktacije može dodatno oslabiti funkcionalnost epitelne barijere vimena, što olakšava prodor patogenih mikroorganizama. Stoga se rezultati ove analize mogu smatrati dodatnom potvrdom potrebe za prilagođenim strategijama upravljanja zdravljem stada u skladu sa stadijem laktacije. Posebnu pozornost potrebno je usmjeriti na krave u kasnijim fazama proizvodnje, s ciljem ranog prepoznavanja i suzbijanja subkliničkih i kliničkih oblika mastitisa, čime se može očuvati kvaliteta i količina proizvedenog mlijeka te smanjiti ekonomski gubici povezani s bolestima vimena.

6.5.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

U Tablici 32. prikazana je frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava Holstein pasmine kroz jedanaest razreda dana laktacije, pri čemu su krave raspoređene u tri kategorije zdravstvenog statusa vimena – klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis. Dobiveni rezultati pokazuju jasan i postupan porast učestalosti mastitisa s napredovanjem dana laktacije. Udio krava s mastitisom raste s 21,95 % u razredu <30 dana, zatim se stabilizira u srednjim razredima (151–300 dana) s vrijednostima od 22,03 % do 22,96 %, te doseže najviših 24,46 % u skupini >300 dana. Paralelno s time bilježi se kontinuirani pad udjela krava sa zdravim vimenom – od 65,36 % na početku laktacije do samo 56,24 % u najkasnijem razredu. Posebno je izražen i porast udjela krava u rizičnoj skupini, koji se penje s 12,69 % u prvom razredu na 19,30 % u završnoj skupini (>300 dana), što dodatno potvrđuje progresivnu narušenost zdravlja vimena s napredovanjem laktacije. Ovi rezultati odražavaju kumulativne fiziološke i okolišne izazove koji se javljaju kako laktacija odmiče – uključujući hormonalne promjene, zamor mliječne žlijezde, učestalije mikrotraume, pad učinkovitosti imunološkog odgovora te povećanu izloženost patogenima iz okoliša. Slične obrasce učestalosti i etiologije mastitisa u kasnijim fazama laktacije zabilježio je Harmon (1994), koji naglašavaju ulogu produžene manipulacije vimena i većeg broja mužnji u povećanju ranjivosti na infekcije. Rezultati ove analize dodatno naglašavaju potrebu za ciljanim i fazno prilagođenim mjerama upravljanja zdravljem vimena

tijekom cijele laktacije, s naglaskom na srednje i kasne stadije. U tom kontekstu, integracija rutinske kontrole broja somatskih stanica, optimizirane hranidbene strategije, higijenskih uvjeta te pravilne tehnike mužnje predstavlja ključ za očuvanje proizvodnog potencijala i smanjenje rizika od pojave kliničkog i subkliničkog mastitisa.

6.5.4. Analiza prema regiji uzgoja

U Tablici 33. prikazana je frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava Holstein pasmine u tri kategorije zdravstvenog statusa vimena – klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis – u tri hrvatske regije: središnjoj, istočnoj i mediteranskoj. Rezultati pokazuju izražene regionalne razlike u prevalenciji mastitisa, s najvišom učestalošću u središnjoj Hrvatskoj, gdje je mastitis dijagnosticiran kod 25,26 % krava. U usporedbi, istočna i mediteranska regija bilježe znatno niže vrijednosti – 20,17 % i 20,62 %. Središnja Hrvatska također ima najniži udio krava sa zdravim vimenom – svega 58,96 %, dok je u istočnoj i mediteranskoj regiji taj udio viši od 66 %, što ukazuje na bolji ukupni zdravstveni status vimena u tim područjima. Udio životinja u rizičnoj skupini – što najčešće ukazuje na subkliničke infekcije – najveći je u središnjoj Hrvatskoj (15,79 %), dok je u istočnoj i mediteranskoj regiji nešto niži (13,60 % i 13,24 %). Ove razlike mogu se objasniti nizom čimbenika uključujući tip i veličinu farmi, razlike u upravljanju, higijenskim praksama, genetskoj osnovi stada te razini veterinarskog nadzora. Hill i sur. (2009) istaknuli su da veći sustavi, uz lošiju kontrolu mužnje i veći stres, mogu biti povezani s povećanom učestalošću mastitisa. U tom kontekstu, povećana prevalencija u središnjoj Hrvatskoj može odražavati višu razinu intenzifikacije proizvodnje, veću veličinu stada i veće mikroklimatsko opterećenje po grlu. Zaključno, rezultati ukazuju na potrebu za regionalno diferenciranim strategijama upravljanja zdravljem vimena, s naglaskom na preventivne mjere, edukaciju uzgajivača, optimizaciju uvjeta mužnje, sanitacije i redoviti veterinarski nadzor, osobito u regijama s većim opterećenjem bolesti.

6.5.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

U Tablici 34. prikazana je frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava Holstein pasmine tijekom četiri godišnja doba, razvrstana u tri kategorije zdravstvenog statusa vimena – klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis. Rezultati ukazuju na izražene, iako umjerene sezonske varijacije u prevalenciji mastitisa. Najviši udio krava s mastitisom zabilježen je u jesenskom razdoblju (23,51 %), vrlo slično proljetnom (23,40 %), dok su nešto niže vrijednosti uočene tijekom ljeta (21,51 %) i najniže u zimskom razdoblju (20,41 %). Najveći udio krava sa zdravim vimenom registriran je tijekom zime (65,70 %), dok je najniži u jesen (61,50 %), što upućuje na povoljniji zdravstveni status vimena u hladnijem dijelu godine. Udio krava koje se nalaze u rizičnoj skupini pokazuje manja, ali zamjetna sezonska kolebanja – s najvišom vrijednosti u jesen (15,00 %) i najnižom zimi (13,89 %). Ovakvi sezonski obrasci mogu se povezati s promjenama u okolišnim uvjetima, uključujući temperaturu, vlagu i mikrobiološko opterećenje u staji, što zajedno utječe na imunološki odgovor životinja i osjetljivost mliječne žlijezde na infekcije. Suárez (2017) istaknuo je kako je imunološka kompetencija krava izravno povezana s vanjskim stresorima, a sezonske oscilacije temperature i vlažnosti predstavljaju značajan izazov za održavanje zdravlja vimena. Prijelazna godišnja doba, poput proljeća i jeseni, dodatno su rizična zbog češćih temperaturnih fluktuacija, pojačanog stvaranja blata, povećane vlažnosti i promjenjivih sanitarnih uvjeta mužnje. Takvi uvjeti mogu pogodovati razvoju patogenih mikroorganizama i povećati incidenciju mastitisa, osobito subkliničkog. Zaključno, rezultati ove analize naglašavaju potrebu za sezonski diferenciranim strategijama nadzora i prevencije mastitisa, s posebnim naglaskom na jesensko i proljetno razdoblje kada su uvjeti za narušavanje zdravlja vimena najnepovoljniji. Redovita kontrola broja somatskih stanica, optimizacija mikroklimatskih uvjeta i preventivna higijena mužnje ključne su mjere za očuvanje zdravlja stada tijekom cijele godine.

6.5.6. Analiza prema veličini stada

U Tablici 35. prikazana je frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava Holstein pasmine prema veličini stada, razvrstanih u šest kategorija. Rezultati jasno ukazuju na negativan trend između prevalencije mastitisa i veličine stada. Najviša učestalost mastitisa zabilježena je u najmanjim stadima (<5 krava), s udjelom od 30,15 %, dok se taj udio postupno smanjuje s porastom broja krava u stadu, dosegnuvši najnižu vrijednost od 16,45 % u kategoriji stada s više od 500 krava. Suprotan obrazac uočen je kod udjela krava sa zdravim vimenom, koji raste s povećanjem

veličine stada – od 52,63 % u najmanjim do 71,22 % u najvećim stadima – što ukazuje na bolji zdravstveni status vimena u većim proizvodnim sustavima. Udio životinja u rizičnoj skupini također se blago smanjuje, s 17,22 % u najmanjim stadima na 12,33 % u najvećim. Ovi obrasci mogu se djelomično objasniti boljom infrastrukturom, primjenom naprednih higijenskih protokola, automatizacijom mužnje te sustavnim veterinarskim nadzorom, koji su karakteristični za veće farme. Hill i sur. (2009) naglasili su da veći proizvodni sustavi, iako izloženiji rizicima, imaju bolje razvijene sustave upravljanja zdravljem stada, što uključuje redovito praćenje broja somatskih stanica, precizno bilježenje bolesti i organiziranje intervencije. S druge strane, manja gospodarstva, često ograničena u ljudskim i financijskim resursima, mogu imati poteškoća u provedbi preventivnih mjera, standardizaciji postupaka mužnje i pravodobnoj dijagnostici subkliničkih infekcija. Nedostatak edukacije, tehničke podrške i pristupa modernim alatima može dodatno pogoršati zdravstveni status u tim sustavima. Rezultati ističu važnost institucionalne podrške manjim proizvođačima, osobito kroz edukaciju, dostupnost savjetodavnih usluga i poticanje ulaganja u osnovne higijenske i dijagnostičke alate. Cilj takvih mjera trebao bi biti smanjenje prevalencije mastitisa i unaprjeđenje opće zdravstvene zaštite krava na manjim farmama, čime se osigurava konkurentnost i održivost sektora mliječnog govedarstva.

6.5.7. Analliza prema dnevnoj količini mlijeka

U Tablici 36. prikazana je frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava Holstein pasmine prema razredima dnevne količine mlijeka, kroz tri kategorije zdravstvenog statusa vimena – klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis. Rezultati ukazuju na jasan negativan trend između prevalencije mastitisa i volumena dnevne proizvodnje. U najnižem proizvodnom razredu (<15 kg), mastitis je zabilježen kod 30,60 % krava, dok se udio postupno smanjuje na 23,82 % u drugom, 19,33 % u trećem i doseže najnižu vrijednost od 17,36 % u najvišem proizvodnom razredu (>30 kg). Udio krava sa zdravim vimenom raste s porastom proizvodnje – od 50,17 % u najnižem do 71,34 % u najvišem razredu – što sugerira da visoko produktivne krave imaju bolji prosječni zdravstveni status vimena. Rizična skupina također pokazuje silazni trend, s 19,23 % u najnižem razredu na 11,30 % u najvišem. Ovi nalazi ukazuju da su krave s nižom proizvodnjom podložnije mastitisu, što može biti posljedica već postojećih upalnih procesa koji narušavaju sekrecijsku funkciju mliječne žlijezde, ali i općenitog slabijeg zdravstvenog statusa tih životinja. Batavani i sur. (2007) navode da smanjenje mliječnosti može biti jedan od prvih znakova subkliničke infekcije, što dodatno potvrđuje ovakve obrasce. Visokoproizvodne krave,

zbog svoje ekonomske vrijednosti, češće su predmet sustavnijeg nadzora, pravilnije higijene mužnje i dostupnije veterinarske skrbi, što doprinosi očuvanju zdravlja vimena i nižoj prevalenciji mastitisa (Ruegg, 2017; Suárez, 2017). Zaključno, rezultati ove analize naglašavaju da proizvodna efikasnost može poslužiti kao neizravan pokazatelj zdravlja vimena. Potrebno je razviti dodatne mjere nadzora, osobito kod krava s nižom dnevnom proizvodnjom, kako bi se pravovremeno identificirale i suzbile infekcije koje mogu negativno utjecati na mliječnost, kvalitetu mlijeka i dugoročni reproduktivni potencijal.

6.6. Frekvencijska pojavnost subkliničkog i kliničkog mastitisa kod krava simentalke pasmine

6.6.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

U Tablici 37. prikazana je frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema redoslijedu laktacije, razvrstanih u tri kategorije zdravstvenog statusa vimena – klinički mastitis, zdravo i subklinički mastitis – unutar četiri pariteta. Dobiveni rezultati jasno pokazuju porast učestalosti mastitisa s povećanjem redoslijeda laktacije. Udio krava s mastitisom raste sa 14,48 % u prvom paritetu na 18,06 % u drugom, 21,34 % u trećem, te doseže 27,75 % u četvrtom paritetu. Istovremeno, udio životinja sa zdravim vimenom pokazuje silazni trend – od 73,37 % u prvom na svega 54,54 % u četvrtom paritetu – što ukazuje na postupnu degradaciju zdravstvenog statusa vimena kako se krave približavaju kasnijim laktacijama. Rizična skupina, koja uključuje životinje s povišenim brojem somatskih stanica bez kliničkih znakova, također bilježi rast s 12,15 % u prvom na 17,71 % u četvrtom paritetu. Ovi nalazi podupiru prethodna istraživanja koja ukazuju na kumulativni učinak višestrukih laktacija na zdravlje vimena, uključujući češće epizode upalnih stanja, povećanu izloženost patogenima te smanjenu učinkovitost lokalnog i sistemskog imunološkog odgovora (Batavani i sur., 2007; Sharma i sur., 2018). Suárez (2017) dodatno naglašava da kronični učinci mastitisa u višim paritetima smanjuju produktivnost i skraćuju ukupni eksploatacijski vijek životinja. Zaključno, višelaktacijske krave predstavljaju osjetljiviju skupinu u kontekstu zdravlja vimena i zahtijevaju pojačan veterinarski nadzor, redovitu kontrolu broja somatskih stanica, optimizaciju uvjeta mužnje te ciljane preventivne mjere. Implementacija sustavnih protokola za rano otkrivanje mastitisa može doprinijeti očuvanju zdravlja i produženju proizvodnog vijeka ovih krava, čime se osigurava veća ekonomska isplativost uzgoja.

6.6.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

Dobiveni rezultati prikazani u Tablici 38. ukazuju na postupno povećanje učestalosti mastitisa s napredovanjem laktacije kod krava simentalke pasmine. Udio krava s dijagnosticiranim mastitisom raste s 20,01 % u prvoj skupini (<100 dana) na 24,07 % u četvrtoj skupini (>300 dana), što potvrđuje da kasniji stadiji laktacije nose veći rizik od razvoja upalnih stanja mliječne žlijezde. Istodobno, primjećuje se kontinuirani pad udjela krava sa zdravim vimenom – od 67,15 % na početku laktacije do 56,70 % u završnom stadiju – što dodatno ističe negativan utjecaj

produljenog trajanja laktacije na zdravlje vimena. Rizična skupina također pokazuje uzlazni trend – od 12,83 % u prvoj do 19,23 % u četvrtoj skupini – što dodatno potvrđuje da se s trajanjem laktacije povećava broj životinja s povišenim brojem somatskih stanica, ali bez kliničkih znakova bolesti. Ovi rezultati potvrđuju ranije utvrđene obrasce u literaturi prema kojima produljena laktacija uzrokuje akumulaciju stresa, mikrotrauma i imunološkog opterećenja mliječne žlijezde, čime se povećava osjetljivost na infekcije (Harmon, 1994). Također, promjene u hormonalnoj ravnoteži i povećana izloženost okolišnim patogenima tijekom kasnijih stadija laktacije doprinose većoj učestalosti subkliničkih i kliničkih oblika mastitisa. Zaključno, nalazi snažno upućuju na potrebu za intenzivnijim praćenjem zdravlja krava u kasnijim fazama laktacije, s naglaskom na ranu dijagnostiku, higijenu mužnje i optimizaciju uvjeta držanja. Provođenje ciljane prevencije u ovom razdoblju ključno je za smanjenje prevalencije mastitisa, očuvanje dugoročne produktivnosti i poboljšanje dobrobiti životinja.

6.6.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

U Tablici 39. prikazana je frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema broju dana u laktaciji, razvrstanih u jedanaest razreda. Rezultati pokazuju postupan porast učestalosti mastitisa kako laktacija odmiče – od 20,99 % u prvom razredu (<30 dana) do 24,06 % u razredu >300 dana. Paralelno s tim, udio krava sa zdravim vimenom kontinuirano opada s 65,82 % na početku do 56,72 % na kraju laktacije. Udio krava u rizičnoj skupini, karakteriziranih povišenim brojem somatskih stanica bez kliničkih znakova, također raste – s 13,18 % u prvim danima laktacije na 19,22 % u posljednjem razredu. Najniža prevalencija mastitisa zabilježena je u razredima 31–60 i 61–90 dana, što se može povezati s fiziološkom stabilizacijom krava nakon poroda i uspostavom ravnoteže u funkciji mliječne žlijezde. No već od razreda 121–150 dana nadalje uočava se jasan trend pogoršanja zdravstvenog statusa vimena, s rastućim udjelima mastitisa i rizične skupine te padom udjela zdravih životinja. Ovaj obrazac potvrđuje nalaze ranijih istraživanja (Harmon, 1994), koja upućuju na to da se povećani rizik od mastitisa u kasnijim stadijima laktacije može objasniti kumulativnim učinkom fiziološkog i mehaničkog stresa, smanjenjem imunološke učinkovitosti i eventualnim opadanjem standarda u provedbi higijenskih mjera. Zaključno, rezultati ističu potrebu za kontinuiranim praćenjem zdravstvenog statusa vimena tijekom cijelog laktacijskog ciklusa, uz poseban naglasak na razdoblje od 150. dana nadalje, kada se rizik od mastitisa značajno povećava. U tom razdoblju ciljane intervencije poput prilagodbe hranidbe, poboljšanja

higijenskih praksi i optimizacije tehnike mužnje mogle bi imati najveći preventivni učinak i doprinijeti očuvanju produktivnosti i dobrobiti krava.

6.6.4. Analiza prema regiji uzgoja

Rezultati prikazani u Tablici 40. upućuju na relativno ujednačenu frekvenciju pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine između triju regija Republike Hrvatske, iako postoje blage razlike u prevalenciji. Najviša učestalost mastitisa zabilježena je u istočnoj regiji (21,70 %), dok je najniža u mediteranskoj regiji (19,76 %). Ove razlike mogu odražavati raznolikost u intenzitetu proizvodnje, tehnologiji mužnje, strukturi stada i razini opće skrbi za životinje. Udio zdravih krava najviši je u mediteranskoj regiji (66,22 %), koja ujedno bilježi i najniži udio životinja u rizičnoj skupini (14,01 %). Nasuprot tome, središnja i istočna regija pokazuju nešto niži udio zdravih životinja, uz blago povećan broj slučajeva mastitisa i rizičnih stanja. Ovi obrasci mogu biti povezani s veličinom stada i načinom upravljanja – gospodarstva u mediteranskoj regiji često su manja i omogućuju individualniji pristup životinjama, što pridonosi boljoj higijeni mužnje i većem nadzoru nad zdravljem vimena. S druge strane, veći i intenzivniji proizvodni sustavi, karakteristični za istočnu i dijelom središnju Hrvatsku, unatoč prednostima organizirane infrastrukture, suočavaju se s izazovima poput većeg mikrobiološkog opterećenja, većeg broja životinja po jedinici prostora i većom učestalošću manipulacije, što može povećati rizik od infekcija (Ruegg, 2017). Ipak, razlike među regijama nisu drastične, što upućuje na to da se zdravstveni status vimena u sve tri regije kreće unutar sličnog raspona. Ova relativna ujednačenost dodatno ističe potrebu za nacionalno usklađenim standardima u nadzoru zdravlja vimena, uključujući edukaciju uzgajivača, uniformirane protokole za kontrolu mastitisa i ciljane intervencije neovisno o geografskoj lokaciji ili veličini sustava proizvodnje.

6.6.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

Rezultati prikazani u Tablici 41. pokazuju izražene sezonske razlike u učestalosti mastitisa kod krava simentalke pasmine. Najviši udio krava s dijagnosticiranim mastitisom zabilježen je u jesenskom (22,68 %) i proljetnom razdoblju (22,58 %), dok je najniža prevalencija utvrđena tijekom zime (19,49 %). Istodobno, udio krava sa zdravim vimenom bio je najviši zimi (65,71 %), a najniži u jeseni (61,50 %), što upućuje na moguće povoljne učinke stabilnijih okolišnih uvjeta i smanjenog mikrobiološkog opterećenja tijekom hladnijeg razdoblja godine. Raspodjela životinja u kategoriji rizičnog zdravstvenog statusa (risk) pokazuje manju sezonsku varijabilnost, s nešto višim vrijednostima u jesenskim (15,81 %) i ljetnim mjesecima (15,76 %). Ovi nalazi ukazuju na to da su prijelazna godišnja doba osobito izazovna za održavanje zdravlja vimena, što je vjerojatno posljedica povećane vlažnosti zraka, fluktuacija temperature i ventilacijskih uvjeta te posljedičnog povećanog mikrobiološkog opterećenja u okolišu mužnje. Ranija istraživanja (Sharma i sur., 2018) također potvrđuju da toplinski stres i promjene u uvjetima držanja mogu povećati osjetljivost mliječne žlijezde na infekcije. Osim toga, varijabilnost u kvaliteti hrane, osobito u prijelaznim razdobljima između ispaše i stajske hranidbe, može dodatno utjecati na opći imunološki status krava. Zaključno, ovi rezultati naglašavaju potrebu za sezonski prilagođenim preventivnim mjerama u upravljanju zdravljem vimena, s posebnim naglaskom na proljetne i jesenske mjesece. U tom smislu, pravovremena provedba mjera poput optimizacije ventilacije, prilagodbe prehrane, učestalije kontrole somatskih stanica i dosljedne higijenske prakse može znatno pridonijeti smanjenju incidencije mastitisa tijekom cijele godine.

6.6.6. Analiza prema veličini stada

Dobiveni rezultati prikazani u Tablici 42. ukazuju na postojanje razlika u učestalosti mastitisa kod krava simentalke pasmine s obzirom na veličinu stada, pri čemu se nazire silazni trend pojavnosti mastitisa s porastom broja životinja u stadu. U najmanjoj kategoriji (<5 krava), mastitis je zabilježen kod 21,39 % krava, dok se u skupini s 6–10 krava udio dodatno povećava na 22,31 %, što može ukazivati na poteškoće manjih gospodarstava u provedbi standardiziranih higijenskih i preventivnih mjera. U srednje velikim skupinama (11–50 i 51–200 krava), pojava mastitisa iznosi približno 21 %, bez većih odstupanja. Najniža učestalost mastitisa zabilježena je u skupini od 201–500 krava, gdje je mastitis dijagnosticiran kod svega 12,73 % životinja. Paralelno s time, najveći udio zdravih krava zabilježen je upravo u ovoj skupini

(75,37 %), što vjerojatno odražava višu razinu organizacije, dostupnost veterinarskih i tehničkih resursa, te učinkovitiju implementaciju biosigurnosnih protokola i protumastitičnih strategija. Udio krava u rizičnoj skupini ostaje relativno stabilan kroz većinu skupina, uz blagi pad u najvećim stadima (11,90 %), što dodatno potvrđuje bolju učinkovitost nadzora i preventivnih mjera u velikim sustavima. Ovi rezultati dosljedni su s prethodnim istraživanjima koja su ukazala na to da veći proizvodni sustavi, iako izloženi izazovima gustoće stada, često raspolažu boljom infrastrukturom, osposobljenim kadrom i stalnim nadzorom nad zdravljem stada, što doprinosi manjoj prevalenciji mastitisa (Ruegg, 2017; Hill i sur., 2009). Zaključno, nalazi naglašavaju potrebu za intenzivnijom podrškom malim i srednjim gospodarstvima, uključujući edukaciju farmera, dostupnost savjetodavnih i veterinarskih usluga te poticanje uvođenja osnovnih mjera za nadzor i prevenciju mastitisa kako bi se smanjile razlike u zdravstvenom statusu vimena među različitim tipovima proizvodnih sustava.

6.6.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

Dobiveni rezultati prikazani u Tablici 43. jasno ukazuju na negativnu povezanost između dnevne količine proizvedenog mlijeka i učestalosti mastitisa kod krava simentalke pasmine. U skupini s najnižom proizvodnjom mlijeka, mastitis je zabilježen kod 26,35 % krava, dok se taj udio postupno smanjuje u višim proizvodnim razredima te doseže najnižu vrijednost od 17,53 % u skupini s najvećim dnevnim izlučivanjem mlijeka. Paralelno s tim, udio krava sa zdravim vimenom pokazuje uzlazni trend – od 55,29 % u prvoj skupini do 69,61 % u najvišoj proizvodnoj kategoriji. Udio krava u rizičnoj skupini također se smanjuje, s 18,36 % na početku do 12,86 % u skupini krava s najvećom mliječnošću. Ovi obrasci upućuju na povezanost između proizvodnog kapaciteta i zdravstvenog statusa vimena. Više proizvodne krave najvjerojatnije su podložnije učestalijem nadzoru, optimalnijoj prehrani, unaprijeđenim higijenskim uvjetima i selektivnoj veterinarskoj skrbi, što rezultira nižom prevalencijom mastitisa. Osim toga, moguće je da se u visoko proizvodnim populacijama selekcijski preferiraju genetski superiorne i zdravije jedinice koje pokazuju veću otpornost na upalne procese i duže ostaju u proizvodnom ciklusu (Berry & Hillerton, 2002; Kharel i sur., 2023). Zaključno, ovi nalazi naglašavaju potrebu za ciljanim mjerama potpore i upravljanja zdravljem vimena, osobito kod krava s nižom dnevnom proizvodnjom, gdje su zdravstveni rizici izraženiji. U tom kontekstu, prioriteti bi trebali uključivati dosljedno praćenje somatskih stanica, optimizaciju obroka te edukaciju uzgajivača o pravilnim tehnikama mužnje i preventivnim strategijama.

6.7. Značajnost utjecaja zdravstvenog stanja krave na dnevna svojstva mliječnosti kod holstein pasmine krava

6.7.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

Rezultati prikazani u Tablici 44. ukazuju na jasan i dosljedan utjecaj zdravstvenog statusa vimena na proizvodna svojstva krava holstein pasmine kroz sve paritete. U svim razredima redoslijeda laktacije, krave sa zdravim vimenom (normalni status) ostvaruju najviše vrijednosti dnevne količine mlijeka i udjela laktoze, uz najniže vrijednosti logaritamskog broja somatskih stanica (SccLog), što ukazuje na optimalnu funkcionalnost mliječne žlijezde (Gantner i sur., 2023b; Suárez, 2017). Suprotno tome, krave s kliničkim mastitisom dosljedno ostvaruju najslabije proizvodne rezultate, uz značajno višu razinu SccLog, koja u nekim slučajevima prelazi vrijednosti od 10, što jasno upućuje na izražen upalni proces (Turk i sur., 2021; Sharma i sur., 2018). Subklinički mastitis također negativno utječe na sve promatrane parametre, iako u manjoj mjeri (Chen i sur., 2023). Kod udjela masti i proteina prisutan je blagi porast u skupinama s mastitisom, što se može pripisati koncentracijskom efektu zbog smanjenog volumena mlijeka (Batavani i sur., 2007). U slučaju koncentracije uree razlike su manje izražene, ali u pojedinim paritetima statistički značajne ($p < 0,05$ i $p < 0,01$), što može upućivati na metaboličke promjene povezane s bolešću i/ili promjenama u hranidbi (Djoković i sur., 2019). Ovi rezultati potvrđuju negativan i statistički značajan utjecaj mastitisa na sve proizvodne pokazatelje, s izraženom gradacijom između normalnog, subkliničkog i kliničkog statusa unutar svakog pariteta.

6.7.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

Rezultati prikazani u tablici 45. ukazuju na jasan negativan učinak pogoršanja zdravstvenog statusa vimena na proizvodne osobine krava kroz sve faze laktacije. U svim skupinama dana laktacije, krave sa zdravim vimenom ostvaruju najviše vrijednosti dnevne količine mlijeka, najveći udio laktoze te najniže vrijednosti SccLog, što potvrđuje njihovu bolju funkcionalnost mliječne žlijezde (Antanaitis i sur., 2021; Gantner i sur., 2023). Suprotno tome, kod krava s kliničkim mastitisom zabilježeni su najmanji volumeni proizvodnje i najveće vrijednosti SccLog, osobito izražene u ranom (<100 dana) i kasnom (>300 dana) stadiju laktacije (Turk i sur., 2021; Sharma i sur., 2018). Udio mliječne masti i proteina raste s pogoršanjem zdravlja vimena, što se može povezati s koncentracijskim učinkom uslijed smanjenog volumena mlijeka

(Batavani i sur., 2007). Koncentracija uree u mlijeku pokazuje statistički značajne razlike u kasnijim stadijima laktacije, gdje su vrijednosti kod zdravih krava nešto više u odnosu na one s mastitisom, što može biti odraz učinkovitijeg metabolizma dušika (Djoković i sur., 2019). Također, razlike označene malim slovima i brojevima ($p < 0,05$) upućuju na dodatnu osjetljivost parametara poput uree u razlikovanju subkliničkog i kliničkog mastitisa. Ovi nalazi potvrđuju potrebu za stalnim nadzorom zdravlja vimena i provođenjem preventivnih mjera kako bi se održala optimalna proizvodnja mlijeka kroz cijeli laktacijski ciklus.

6.7.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Rasprava pokazuje da zdravstveni status vimena značajno utječe na sve promatrane proizvodne parametre tijekom različitih faza laktacije. U svim razredima dana, krave sa zdravim vimenom dosljedno postižu najviše vrijednosti dnevne proizvodnje mlijeka i najniže vrijednosti SccLog, dok su kod klinički oboljelih krava ti pokazatelji najnepovoljniji (Seegers i sur., 2003; Schukken i sur., 2003). Pad proizvodnje mlijeka vidljiv je kako s napredovanjem laktacije, tako i s pogoršanjem zdravstvenog statusa, osobito izražen u razredima iznad 300 dana (Hadrich i sur., 2018; Turk i sur., 2021). Logaritamska vrijednost broja somatskih stanica značajno raste u bolesnim skupinama, potvrđujući njegovu važnost kao pokazatelja upalnih promjena (Antanaitis i sur., 2021). Udio laktoze, koji je važan za ukupnu kvalitetu mlijeka, opada s razvojem mastitisa, što je potvrđeno i u ranijim istraživanjima koja ukazuju na njegovu osjetljivost kao biomarkera oštećenja sekretornih stanica (Costa i sur., 2020). Blagi porast udjela masti i proteina u oboljelih krava najvjerojatnije proizlazi iz koncentracijskog učinka smanjene proizvodnje (Batavani i sur., 2007). Uočene razlike u koncentraciji uree, iako manje izražene, također su statistički značajne, posebno u ranim fazama laktacije, što može ukazivati na promjene u metabolizmu proteina pod utjecajem upalnih stanja (Djoković i sur., 2019). Prikazani rezultati potvrđuju kako mastitis negativno utječe na mliječnu proizvodnju i sastav mlijeka u svim fazama laktacije, čime dodatno ističu važnost rane dijagnostike i provođenja stalnog zdravstvenog nadzora nad vimenom.

6.7.4. Analiza prema regiji uzgoja

Rezultati prikazani u Tablici 47. potvrđuju da, bez obzira na regiju uzgoja, mastitis ima dosljedno negativan utjecaj na proizvodne parametre mlijeka. U sve tri regije – središnjoj, istočnoj i mediteranskoj – krave sa zdravim vimenom postižu najviše vrijednosti dnevne

količine mlijeka, dok se kod subkliničkih i kliničkih slučajeva bilježi pad proizvodnje. Iako su razlike relativno male, one su statistički značajne i u skladu s nalazima Seegers i sur. (2003), koji su utvrdili da čak i subklinički oblici mastitisa značajno umanjuju mliječnost. Logaritamski broj somatskih stanica pokazuje vrlo izražen porast u oboljelim skupinama, potvrđujući njegovu dijagnostičku vrijednost kao osjetljivog pokazatelja upalnih procesa (Antanaitis i sur., 2021). Udio laktoze dosljedno se smanjuje s pogoršanjem zdravlja vimena, što je u skladu s rezultatima Costa i sur. (2020), koji su naglasili njegovu pouzdanost kao ranog biomarkera subkliničkog mastitisa. Istovremeno, udjeli mliječne masti i proteina nešto su viši kod oboljelih krava, što se najvjerojatnije može pripisati koncentracijskom učinku smanjenog volumena mlijeka (Batavani i sur., 2007). Regionalne razlike, iako ograničenog intenziteta, posebno su izražene u vrijednostima koncentracije uree, gdje su u mediteranskoj regiji uočene visoko značajne razlike između zdravih i bolesnih životinja. To može ukazivati na različite hranidbene režime i pristupe u formulaciji obroka među regijama (Djoković i sur., 2019). Ovi nalazi naglašavaju potrebu za regionalno specifičnim strategijama upravljanja zdravljem vimena koje bi uzimale u obzir lokalne proizvodne uvjete, klimatske čimbenike i intenzitet uzgoja.

6.7.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

Rezultati iz Tablice 48. jasno potvrđuju da zdravstveni status vimena značajno utječe na sve proizvodne pokazatelje mlijeka neovisno o sezoni. U svako godišnje doba, krave sa zdravim vimenom ostvaruju najveću dnevnu proizvodnju mlijeka, dok se kod subkliničkih i posebno kliničkih slučajeva bilježi smanjenje proizvodnje, iako su razlike relativno male (do 0,46 kg), ali statistički značajne, što je u skladu s nalazima Seegers i sur. (2003) i Hadrich i sur. (2018). Udio mliječne masti i proteina pokazuje tendenciju rasta s pogoršanjem zdravlja vimena, što se može objasniti koncentracijskim učinkom manjeg volumena mlijeka (Batavani i sur., 2007). Promjene u udjelu laktoze dosljedno prate zdravstveni status, s nižim vrijednostima u skupinama oboljelih krava, osobito izraženima u jesenskom i ljetnom razdoblju, što je u skladu s rezultatima Antanaitis i sur. (2021) i Costa i sur. (2020), koji ističu osjetljivost laktoze kao biomarkera upale. Broj somatskih stanica (SCClog) pokazuje stabilan rast prema kliničkom statusu u svim sezonama, čime potvrđuje svoju pouzdanost kao standardnog pokazatelja mastitisa (Malik i sur., 2018). Zanimljiv je nalaz da je koncentracija uree najviša ljeti kod klinički oboljelih krava (24,64 mmol/L), što može upućivati na pojačani metabolički stres pod utjecajem visokih temperatura i promjena u energetske i proteinskom balansu hranidbe (Djoković i sur., 2019; Benedet i sur., 2019). Ovi nalazi ukazuju na važnost sezonski

prilagođenih strategija kontrole mastitisa i optimizacije hranidbe, osobito u ljetnim mjesecima kada toplinski stres dodatno ugrožava zdravlje i proizvodni potencijal krava.

6.7.6. Analiza prema veličini stada

Rezultati iz Tablice 49. pokazuju dosljedan negativan utjecaj pogoršanog zdravstvenog statusa vimena na sve promatrane proizvodne parametre neovisno o veličini stada. U svim kategorijama, krave sa zdravim vimenom ostvaruju najvišu dnevnu količinu mlijeka i najniže vrijednosti logaritamskog broja somatskih stanica, dok se kod subkliničkih i kliničkih slučajeva bilježi pad proizvodnje te porast SCClog vrijednosti, što je u skladu s rezultatima Seegers i sur. (2003) i Sharma i sur. (2018). Udio mliječne masti i proteina blago raste kod oboljelih krava, što se može pripisati koncentracijskom učinku smanjenog volumena mlijeka (Batavani i sur., 2007). S druge strane, udio laktoze dosljedno opada s pogoršanjem zdravstvenog statusa, što potvrđuje njenu osjetljivost kao biomarkera mastitisa (Antanaitis i sur., 2021; Costa i sur., 2020). Koncentracija uree u mlijeku generalno je najviša kod zdravih krava, iako su statistički značajne razlike uočene samo u nekim kategorijama veličine stada, primjerice kod stadâ s 6–10 i 11–50 krava (Djoković i sur., 2019). Posebno je uočljivo da su razlike između zdravstvenih statusa izraženije u najmanjim (<5 krava) i najvećim (>500 krava) stadima, što može ukazivati na razlike u upravljanju, dostupnosti resursa i veterinarskoj skrbi, što je ranije zabilježeno i kod Ruegg (2017). Unatoč tome što su najveće vrijednosti mliječne proizvodnje zabilježene u većim stadima, učinak mastitisa ostaje izražen u svim kategorijama. Ovi nalazi potvrđuju potrebu za standardiziranim pristupom u prevenciji i kontroli mastitisa u svim veličinama gospodarstava, uz prilagodbu upravljačkih strategija uvjetima i kapacitetima pojedinih sustava proizvodnje.

6.7.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

Rezultati prikazani u Tablici 50. jasno ukazuju na dosljedan negativan učinak pogoršanog zdravstvenog statusa vimena na sve analizirane proizvodne parametre neovisno o razredu dnevne proizvodnje mlijeka. U svakom od četiri razreda (<20, 20–30, 30–40 i >40 kg), krave sa zdravim vimenom ostvaruju najviše vrijednosti dnevne količine mlijeka, udjela laktoze i koncentracije uree, te najniže vrijednosti logaritamskog broja somatskih stanica. Ove razlike potvrđuju važnost SCClog kao osjetljivog pokazatelja zdravstvenog statusa vimena, što je ranije naglašeno i kod Antanaitis i sur. (2021) i Sharma i sur. (2011). Pogoršanje zdravstvenog statusa, u rasponu od subkliničkog do kliničkog mastitisa, rezultira postupnim padom volumena

mlijeka i udjela laktoze, dok se udio masti i proteina povećava, što je u skladu s koncentracijskim učinkom uslijed smanjenog volumena mlijeka (Batavani i sur., 2007). Opažene razlike u koncentraciji uree, osobito izražene u skupinama s većom proizvodnjom, mogu se dovesti u vezu s prehrambenim strategijama i metaboličkim opterećenjem, što su potvrdili i Miglior i sur. (2006) te Djoković i sur. (2019). Dobiveni nalazi potvrđuju važnost diferenciranog pristupa u nadzoru zdravlja vimen, pri čemu visoko proizvodne krave zahtijevaju pojačani veterinarski nadzor i preciznije upravljanje kako bi se spriječili metabolički i infektivni poremećaji koji značajno utječu na ukupnu proizvodnju i dobrobit životinja.

6.8. Značajnost utjecaja zdravstvenog stanja krave na dnevna svojstva mliječnosti kod simenatalske pasmine krava

6.8.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

Rezultati prikazani u Tablici 51. potvrđuju da zdravstveni status vimena ima izrazito značajan utjecaj na sve proizvodne pokazatelje mlijeka kod simentalskih krava kroz sve paritete. Krave sa zdravim vimenom dosljedno su ostvarivale najviše vrijednosti dnevne količine mlijeka, udjela laktoze i koncentracije uree, dok su te vrijednosti bile najniže kod krava s kliničkim mastitisom, što je u skladu s rezultatima koje su izvijestili Antanaitis i sur. (2021) i Sharma i sur. (2011). Posebno je izražen pad udjela laktoze te porast logaritamskih vrijednosti broja somatskih stanica (SCClog) u kliničkim slučajevima, što ukazuje na snažne upalne procese i narušenu sekretornu funkciju mliječne žlijezde (Costa i sur., 2020; Hadrich i sur., 2018). Visoko značajne razlike ($p < 0,001$) među zdravstvenim skupinama unutar svakog pariteta ukazuju na stabilan i snažan učinak mastitisa bez obzira na broj laktacija, što je ranije zabilježeno i kod Seegers i sur. (2003). Povećanje udjela masti i proteina kod subkliničkih i kliničkih slučajeva vjerojatno proizlazi iz koncentracijskog efekta uslijed smanjenog volumena mlijeka (Batavani i sur., 2007). Ovi nalazi jasno potvrđuju da mastitis, čak i u subkliničkom obliku, negativno utječe na kvantitativne i kvalitativne parametre mlijeka, čime se dodatno naglašava važnost kontinuiranog zdravstvenog nadzora, sustavnog monitoringa somatskih stanica i implementacije učinkovitih preventivnih mjera kroz cijeli proizvodni ciklus.

6.8.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

Dobiveni rezultati pokazuju dosljedan negativan učinak mastitisa na proizvodne osobine simentalskih krava tijekom cijele laktacije. U svim skupinama dana laktacije, krave sa zdravim vimenom ostvarile su najviše vrijednosti dnevne količine mlijeka, udjela laktoze i koncentracije uree, dok su najniže vrijednosti zabilježene kod krava s kliničkim mastitisom. Posebno je izražena razlika u logaritamskim vrijednostima broja somatskih stanica (SCClog), koje variraju od 5,51 kod zdravih do iznad 10 kod kliničkih slučajeva, što potvrđuje mastitis kao ozbiljan upalni proces koji negativno utječe na sekretornu funkciju mliječne žlijezde (Antanaitis i sur., 2021; Turk i sur., 2021). Uočen je blagi, ali konzistentan porast udjela mliječne masti i proteina kod subkliničkih i kliničkih slučajeva, što se može pripisati koncentracijskom učinku uslijed smanjenja volumena mlijeka (Batavani i sur., 2007; Benedet i sur., 2019). Najizraženije razlike

u koncentraciji uree zabilježene su u ranoj fazi laktacije (<100 dana), pri čemu su statistički značajne ($p < 0,01$), što može ukazivati na ranu metaboličku reakciju na infektivni stres (Djokovic i sur., 2019; Miglior i sur., 2006). S napredovanjem laktacije zabilježen je trend opadanja dnevne količine mlijeka i istodobnog porasta udjela masti i proteina, što odražava fiziološki tok laktacije (Soyeurt i sur., 2011). Navedeni nalazi dodatno potvrđuju potrebu za redovitim praćenjem zdravstvenog statusa vimena i provođenjem pravovremenih preventivnih i terapijskih mjera tijekom svih faza proizvodnog ciklusa.

6.8.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Dobiveni rezultati pokazuju jasan i konzistentan negativan učinak mastitisa na proizvodne parametre simentalskih krava kroz svih jedanaest razreda dana u laktaciji. Dnevna količina mlijeka u svakom je razredu najviša kod krava sa zdravim vimenom, a najniža kod klinički oboljelih, pri čemu su razlike statistički visoko značajne ($p < 0,001$). S pogoršanjem zdravstvenog statusa bilježi se porast udjela mliječne masti i proteina, što se može objasniti koncentracijskim učinkom uslijed smanjenja ukupne proizvodnje mlijeka (Batavani i sur., 2007; Benedet i sur., 2019). Suprotno tome, udio laktoze sustavno opada, potvrđujući svoju osjetljivost kao pokazatelja upalnih promjena u mliječnoj žlijezdi (Antanaitis i sur., 2021; Costa i sur., 2020). Logaritamski broj somatskih stanica (SCClog) pokazuje stabilan i izražen porast kroz sve razrede – kod zdravih krava vrijednosti se kreću oko 5,5–6,0, dok kod kliničkih slučajeva prelaze 9,8–10,0, što jasno upućuje na prisutnost izraženih upalnih procesa (Turk i sur., 2021; Sharma i sur., 2018). Iako su razlike u koncentraciji uree manje izražene, u više razreda zabilježene su statistički značajne vrijednosti ($p < 0,01$ i $p < 0,05$), osobito u srednjim fazama laktacije, što može ukazivati na metaboličke prilagodbe u odgovoru na upalu (Djokovic i sur., 2019; Miglior i sur., 2006). Uz utjecaj zdravstvenog statusa, potvrđen je i očekivani fiziološki obrazac smanjenja volumena mlijeka i porasta koncentracije sastojaka s napredovanjem laktacije (Soyeurt i sur., 2011). Ovi nalazi dodatno naglašavaju potrebu za ranom dijagnostikom i učinkovitim upravljanjem mastitisom tijekom cijelog laktacijskog ciklusa, s posebnim naglaskom na kasnije faze kada su posljedice najizraženije.

6.8.4. Analiza prema regiji uzgoja

Rezultati analize potvrđuju dosljedan negativan učinak mastitisa na sve proizvodne pokazatelje simentalских krava u sve tri analizirane regije. U svim regijama krave sa zdravim vimenom bilježe najvišu dnevnu količinu mlijeka, najveći udio laktoze i najniže vrijednosti logaritamskog broja somatskih stanica (SCClog), dok se kod klinički oboljelih krava redovito pojavljuju najnepovoljniji rezultati. Udio mliječne masti i proteina blago raste s pogoršanjem zdravstvenog statusa, što je u skladu s ranije opisanim koncentracijskim učinkom pri smanjenju volumena mlijeka (Batavani i sur., 2007; Benedet i sur., 2019). Premda je osnovni obrazac prisutan u sve tri regije, uočene su blage regionalne razlike. U istočnoj Hrvatskoj zabilježene su najviše vrijednosti koncentracije uree, uz statistički značajnu razliku između subkliničke i kliničke skupine ($p < 0,05$), što može ukazivati na specifične razlike u hranidbi i metabolizmu dušika (Djokovic i sur., 2019; Miglior i sur., 2006). U mediteranskoj regiji koncentracija uree nije pokazala značajan pad između bolesnih skupina, no ostale proizvodne razlike (mliječnost, laktoza, SCClog) ostaju izražene i statistički potvrđene. Ovi nalazi potvrđuju da, neovisno o geografskom kontekstu, mastitis ima jasno izražen negativan utjecaj na proizvodna svojstva krava. Istovremeno, rezultati ukazuju na potencijalnu potrebu za regijski prilagođenim pristupima u dijagnostici i upravljanju zdravljem vimena, osobito kada su u pitanju metabolički pokazatelji poput uree, čija interpretacija može varirati ovisno o lokalnim uvjetima uzgoja i sustavima hranidbe.

6.8.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

U svim godišnjim dobima jasno je izražen negativan utjecaj mastitisa na proizvodne karakteristike simentalских krava. Kod zdravih krava dosljedno su zabilježene najviše vrijednosti dnevne količine mlijeka i udjela laktoze, dok su subklinički i klinički mastitis povezani sa smanjenjem proizvodnje i porastom broja somatskih stanica (SCClog), pri čemu klinički oboljele krave imaju najnepovoljnije pokazatelje. Ovakvi rezultati potvrđuju nalaze ranijih studija koje ukazuju na snažnu povezanost mastitisa s gubitkom mliječnosti i smanjenjem kvalitete mlijeka (Batavani i sur., 2007; Benedet i sur., 2019). Udio mliječne masti i proteina raste s pogoršanjem zdravstvenog statusa, što vjerojatno odražava koncentracijski efekt uslijed smanjenog volumena mlijeka. Uočen je stabilan pad udjela laktoze u oboljelih krava, što dodatno potvrđuje njezinu osjetljivost kao pokazatelja subkliničkih upala (Antanaitis i sur., 2021; Costa i sur., 2020). Sezonski obrasci također upućuju na određene specifičnosti –

zimi je izraženiji pad koncentracije uree kod krava s mastitisom, što može ukazivati na smanjenje učinkovitosti iskorištavanja proteina u hladnijim uvjetima (Djokovic i sur., 2019). Suprotno tome, ljeti je zabilježena viša koncentracija uree u svih skupina, što se može povezati s utjecajem toplinskog stresa i promjenama u prehrani bogatoj fermentabilnim dušikom (Benedet i sur., 2019; Aly i sur., 2022). Iako osnovni obrazac povezanosti zdravstvenog statusa i proizvodnih pokazatelja ostaje konzistentan tijekom cijele godine, izražene razlike među sezonama naglašavaju potrebu za sezonski prilagođenim strategijama upravljanja, osobito u pogledu prevencije mastitisa i optimizacije hranidbe.

6.8.6. Analiza prema veličini stada

U svim razredima veličine stada prisutan je dosljedan obrazac pogoršanja proizvodnih pokazatelja s narušavanjem zdravstvenog statusa vimena. Zdrave krave ostvaruju najveću dnevnu proizvodnju mlijeka, najviši udio laktoze i najniži broj somatskih stanica, dok su kod kliničkih slučajeva vrijednosti najnepovoljnije, što potvrđuje nalaze o negativnom utjecaju mastitisa na funkcionalnost mliječne žlijezde (Batavani i sur., 2007; Benedet i sur., 2019). Posebno je izražena razlika u logaritamskom broju somatskih stanica (SCClog), koji raste iz normalnog prema kliničkom statusu u svim kategorijama, potvrđujući njegovu dijagnostičku osjetljivost (Antanaitis i sur., 2021). Udio mliječne masti i proteina pokazuje blagi porast s pogoršanjem zdravstvenog stanja, što može biti posljedica koncentracijskog efekta uslijed smanjene proizvodnje (Costa i sur., 2020). Zanimljivo, razlike u koncentraciji uree također su značajne, a u stadima s 201–500 krava dodatno je potvrđena visoka značajnost između subkliničkog i kliničkog mastitisa ($p < 0,01$), što može ukazivati na metaboličke razlike i utjecaj menadžmenta hranidbe (Djokovic i sur., 2019). Uz to, vidljiv je trend rasta prosječne proizvodnje mlijeka s veličinom stada, što sugerira veću učinkovitost i organiziranost većih sustava (Ruegg, 2017). Unatoč tim prednostima, negativan utjecaj mastitisa ostaje izražen i u velikim stadima, što potvrđuje potrebu za stalnim nadzorom zdravlja vimena bez obzira na opseg proizvodnje.

6.8.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

Rezultati pokazuju dosljedan negativan utjecaj pogoršanog zdravstvenog statusa vimena na sve proizvodne parametre u svim razredima dnevne količine mlijeka. Krave sa zdravim vimenom postižu najviše vrijednosti mliječnosti, udjela laktoze i koncentracije uree, te najniže vrijednosti logaritamskog broja somatskih stanica (SCClog), dok klinički oboljele bilježe obrnute trendove. Ovi rezultati sukladni su nalazima Benedet i sur. (2019), koji ističu da se mastitis negativno odražava na količinu i kvalitetu mlijeka, neovisno o proizvodnom razredu. Uz smanjenu količinu mlijeka, prisutan je i porast udjela mliječne masti i proteina kod bolesnih krava, što se može pripisati koncentracijskom učinku uslijed niže proizvodnje (Costa i sur., 2020; Hanuš i sur., 2021). U razredu <20 kg, razlike su izrazito izražene, dok su u srednjim i višim proizvodnim razredima također prisutne, ali nešto blaže. Ipak, i u razredu >40 kg vidljive su jasne razlike između zdravih i oboljelih krava, što ukazuje da i visokoproduktivne krave značajno gube na kvaliteti mlijeka u slučaju mastitisa (Green i sur., 2002). Uočena statistička značajnost ($p < 0,001$ i $p < 0,05$) dodatno potvrđuje važnost kontinuiranog praćenja zdravstvenog statusa vimena u svim proizvodnim skupinama. Ovi nalazi naglašavaju da visokoproduktivne krave, iako osjetljivije, imaju potencijal za očuvanje mliječnosti uz odgovarajuće upravljanje zdravljem vimena (Ruegg, 2017).

6.9. Procjena potencijala za smanjenje uporabe antibiotika pri zasušivanju krava putem klasifikacije zdravstvenog statusa temeljenog na broju somatskih stanica kod holstein pasmine krava

6.9.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

Dobiveni rezultati potvrđuju izraženu povezanost između redoslijeda laktacije i narušavanja zdravstvenog statusa vimena u trenutku zadnje kontrole, što je ključni trenutak za odluku o primjeni terapije pri zasušivanju. U prvom paritetu 68,3 % krava ostaje u kategoriji zdravih (<200.000 SCC), dok taj udio u četvrtoj i višim laktacijama pada na svega 38,85 %, uz istovremeni značajan porast udjela krava s izraženim mastitisom, koji doseže 40,28 %. Ovakav obrazac ukazuje na paritet kao značajan čimbenik rizika, što se može tumačiti kao posljedica kumulativnih laktacijskih stresova, ponovljene izloženosti patogenima te slabljenja imunološke funkcije s dobi (Pavesi i sur., 2023; McCubbin i sur., 2023). U praktičnom smislu, ovi nalazi imaju veliku važnost za implementaciju selektivne terapije zasušivanja (SDCT). Visok udio zdravih krava u nižim paritetima, osobito prvorotki, ukazuje na to da se u toj skupini SDCT može primijeniti s većom sigurnošću i smanjenim rizikom za kasniji razvoj infekcija (Lipkens i sur., 2019b). Nasuprot tome, kod krava viših pariteta prisutnost većeg udjela jedinki s povišenim SCC-om nameće potrebu za opreznijim pristupom, uključujući dodatne dijagnostičke kriterije poput mikrobiološke analize, kako bi se smanjio rizik od nepotpunog liječenja (Cameron i sur., 2015). Količina potrošenih antibiotika uočljivo prati ovaj trend – u prvom paritetu zabilježeno je više od 376 kg korištenog pripravka Mastidry, dok se u četvrtom i višim paritetima troši oko 240 kg. Ova razlika potvrđuje da bi klasifikacija krava prema paritetu mogla znatno pridonijeti smanjenju ukupne potrošnje antibiotika bez ugrožavanja zdravlja životinja. Uvođenje kriterija pariteta uz SCC nalaze zadnje kontrole u rutinsku praksu odlučivanja o SDCT predstavlja važan korak prema racionalnijem upravljanju zdravljem stada, smanjenju antimikrobne rezistencije i ekonomičnijem korištenju resursa na farmi (Müller i sur., 2023). Budući da je najveći udio zdravih krava zabilježen upravo u prvoj laktaciji, ciljano provođenje SDCT-a u toj skupini omogućuje ostvarenje najvećeg udjela ekonomske uštede u ukupnoj potrošnji antibiotika, bez ugrožavanja zdravstvenih ishoda. Pfützner i Ózsvári (2016) pokazali su da se već i kod blago povišenih vrijednosti SCC-a bilježe znatni gubici u proizvodnji mlijeka, dok se kod zdravih krava nepotrebna terapija ne odražava u zdravstvenoj koristi, već samo u povećanju troška. Halasa i sur. (2007) dodatno potvrđuju da racionalna uporaba antimikrobnih sredstava, osobito kada se temelji na jasno definiranim rizičnim

skupinama poput viših pariteta, predstavlja jednu od najučinkovitijih ekonomskih strategija upravljanja mastitisom.

6.9.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

Rezultati prikazani u Tablici 59. upućuju na jasne razlike u zdravstvenom statusu vimena krava holstein pasmine s obzirom na stadij laktacije u trenutku zadnje kontrole, što ima izravne implikacije na odluku o primjeni terapije pri zasušivanju. Najpovoljniji udio zdravih krava (<200.000 SCC) zabilježen je u trećoj skupini (200–300 dana), gdje je 57,43 % jedinki klasificirano kao zdravo. Ova skupina predstavlja najpogodnije razdoblje za primjenu selektivne terapije zasušivanja (SDCT), budući da sadrži niži udio životinja s povišenim SCC-om i time manji rizik od potkliničkih ili kliničkih infekcija (Lipkens i sur., 2019b; Scherpenzeel i sur., 2018). Nasuprot tome, najviši udio krava sa zdravstvenim problemima zabilježen je u četvrtoj skupini (>300 dana), gdje čak 46 % jedinki pripada rizičnoj ili mastitis kategoriji, a udio zdravih pada na 54,02 %. Ova skupina također bilježi najveću apsolutnu potrošnju antibiotika, što dodatno naglašava potrebu za opreznijim pristupom u kasnijim fazama laktacije. Takva praksa uključuje korištenje dodatnih dijagnostičkih metoda, kao što su on-farm testovi i mikrobiološka analiza, u svrhu preciznijeg odlučivanja o liječenju (Guadagnini i sur., 2023). Najraniji stadij laktacije (<100 dana) pokazuje relativno povoljan udio zdravih krava (57,95 %), no i dalje postoji rizik zbog osjetljivosti mliječne žlijezde u peripartalnom razdoblju, kao što su opisali Aly i sur. (2022) i Rowe i sur. (2020), koji ističu povećanu učestalost upalnih stanja neposredno nakon telenja. Zaključno, treći stadij laktacije (200–300 dana) pokazuje najveći potencijal za sigurnu i racionalnu primjenu SDCT, dok bi odluke u prvoj i četvrtoj skupini trebale biti poduprte dodatnim informacijama kako bi se izbjegla neprimjerena uporaba ili izostavljanje terapije. Ovakav pristup podržava ciljeve odgovorne veterinarske prakse i racionalnog korištenja antibiotika u mliječnom govedarstvu (Mondini i sur., 2023). Financijski podaci dodatno naglašavaju važnost vremenskog okvira unutar laktacije za optimizaciju terapije. U četvrtoj skupini (>300 dana), gdje je potrošnja antibiotika najveća, zdravim je kravama primijenjeno više od 2,3 milijuna eura vrijednosti Cefa-Safe terapije ili oko 910.000 eura Mastidry pripravaka. S obzirom na to da se radi o kravama bez dijagnostičke indikacije, to predstavlja izravnu priliku za ekonomsku uštedu bez štetnih posljedica po zdravlje. Halasa i sur. (2007) navode da upravo precizno određivanje vremena i indikacije za primjenu terapije rezultira znatnim smanjenjem ukupnih troškova liječenja, uz očuvanje produktivnosti. Također, DeGraves i Fetrow (1993) upozoravaju da empirijska primjena antibiotika bez znakova

infekcije dovodi do nepotrebnog ekonomskog opterećenja farme, osobito kada se primjenjuje u skupinama s većom koncentracijom zdravih životinja.

6.9.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Rezultati analize prema broju dana u laktaciji pokazuju jasne varijacije u zdravstvenom statusu vimena pri zadnjoj kontroli, što ima izravne implikacije za donošenje odluka o primjeni antibiotika pri zasušivanju krava holstein pasmine. Najviši udio zdravih krava (<200.000 SCC) zabilježen je u razredima 241–270 dana (61,9 %) i 271–300 dana (63,27 %), što ukazuje na to da srednji do kasni stadiji laktacije predstavljaju najpovoljniji okvir za sigurnu primjenu selektivne terapije zasušivanja (SDCT). Ovakvi nalazi podudaraju se s istraživanjima koja naglašavaju da uspješnost SDCT ovisi o preciznoj klasifikaciji zdravlja vimena neposredno prije zasušivanja (Pavesi i sur., 2023; Müller i sur., 2023). Nasuprot tome, u najranijem (<30 dana) i najkasnijem razredu (>300 dana) zabilježen je niži udio zdravih krava (56,52 % i 54,04 %), uz istovremeno viši udio jedinki s povišenim SCC-om. Posebno se ističe razred >300 dana, u kojem je prisutna najbrojnija skupina krava i zabilježena najveća ukupna potrošnja antibiotika – preko 610 kg Mastidry pripravaka. Više od 20 % krava u ovom razredu klasificirano je kao rizične ili s izraženim mastitisom, što dodatno potvrđuje potrebu za opreznijim pristupom i uključivanjem dodatnih dijagnostičkih kriterija, kao što su bakteriološki nalazi ili prethodna anamneza mastitisa (Guadagnini i sur., 2023; McCubbin i sur., 2023). Zanimljivo je da i u razredima od 91 do 150 dana, unatoč tome što predstavljaju sredinu laktacijskog ciklusa, udio rizičnih i mastitis-pozitivnih jedinki doseže i do 30 %, uz visoku potrošnju antibiotika (npr. preko 27.000 g u razredu 121–150 dana). To upućuje na potrebu za dodatnim nadzorom upravo u ovom razdoblju, koje se u drugim aspektima često percipira kao stabilno, ali u praksi pokazuje osjetljivost na pogoršanje zdravlja vimena. Ukupno gledano, rezultati potvrđuju korisnost stratifikacije krava prema broju dana u laktaciji kao pouzdanog alata za ciljano upravljanje zdravljem vimena i racionalizaciju uporabe antibiotika. Srednji razredi, osobito 241–300 dana, pokazuju najveći potencijal za sigurnu i učinkovitu primjenu SDCT, dok rani i kasni stadiji zahtijevaju pojačani dijagnostički nadzor i individualizirani pristup, čime se podržavaju ciljevi odgovorne antimikrobne politike u mliječnom govedarstvu (Dziuba i sur., 2023). Ekonomska analiza dodatno potvrđuje opravdanost diferenciranog pristupa. U razredu >300 dana trošak terapije zdravih krava Mastidry pripravcima iznosi više od 910.000 €, što predstavlja više od polovice ukupnog troška za taj razred. Kod pripravka Cefa-Safe, trošak za zdrave krave prelazi 2,33 milijuna eura. S obzirom na to da se radi o životinjama bez znakova infekcije, takva

primjena nosi znatan ekonomski teret bez proporcionalne zdravstvene koristi. Halasa i sur. (2007) upozoravaju da visoki troškovi terapije kod zdravih krava nisu opravdani u kontekstu smanjenog rizika, dok Pfützner i Ózsvári (2016) ističu kako su ekonomski gubici značajniji kad se antibiotici koriste nekritički i empirijski, bez potvrđenih indikacija.

6.9.4. Analiza prema regiji uzgoja

Rezultati analize prema regiji uzgoja ukazuju na jasne prostorne razlike u zdravstvenom statusu vimena krava holstein pasmine u trenutku zadnje kontrole prije zasušivanja, što ima izravne implikacije na izbor strategije primjene selektivne terapije zasušivanja (SDCT). Najpovoljniji udio zdravih krava (<200.000 SCC) zabilježen je u Mediteranskoj Hrvatskoj, gdje 57,94 % životinja ispunjava kriterije za isključivanje antibiotika, što potvrđuje potencijal za sigurnu i štedljivu primjenu SDCT u ovoj regiji. Slični su nalazi ranije zabilježeni u manjim, tradicionalnijim sustavima držanja, u kojima individualizirani nadzor i rjeđa mehanizacija mogu doprinijeti boljoj higijeni mužnje i manjoj učestalosti mastitisa (Rowe i sur., 2020; Scherpenzeel i sur., 2018). Nasuprot tome, Središnja Hrvatska bilježi najniži udio zdravih životinja (51,02 %), uz istovremeno najveći udio krava s izraženim mastitisom (29,57 %) i povišenim SCC-om (19,41 %), što zajedno čini čak 48,98 % krava koje zahtijevaju oprezniji terapijski pristup. Ovakvi rezultati ukazuju na povećani rizik od neadekvatne zaštite vimena u slučaju izostavljanja antibiotika te opravdavaju potrebu za dodatnim dijagnostičkim kriterijima (npr. mikrobiološkim pretragama ili analizom povijesti bolesti) kod donošenja odluka o primjeni SDCT u ovoj regiji (Guadagnini i sur., 2023; McCubbin i sur., 2023). Istočna Hrvatska, kao regija s najvećim brojem jedinki u uzorku, bilježi srednje vrijednosti – 58,09 % zdravih, 24,10 % s mastitisom i 17,81 % u rizičnoj skupini – što sugerira uravnotežen zdravstveni profil, uz razumljivo najvišu apsolutnu potrošnju antibiotika (više od 628 kg Mastidry pripravka), koja je proporcionalna brojnosti stoke. Iako se zdravlje vimena u ovoj regiji čini stabilnim, veličina populacije implicira da bi i manji postoci pogrešne selekcije mogli imati značajan učinak na ukupnu potrošnju antibiotika, što je osobito važno u kontekstu racionalnog upravljanja antimikrobnom terapijom (Capel, 2022). Ovi rezultati potvrđuju da bi regija uzgoja trebala biti važan čimbenik u razvoju prilagođenih modela za SDCT. U regijama s povoljnim zdravstvenim pokazateljima, kao što je Mediteranska Hrvatska, SDCT može biti učinkovit alat za smanjenje nepotrebne uporabe antibiotika bez ugrožavanja zdravlja krava. Suprotno tome, u regijama s višim udjelom bolesnih i rizičnih životinja (npr. Središnja Hrvatska), uvođenje dodatnih mjera nadzora i dijagnostike neophodno je kako bi se osigurala

odgovorna i učinkovita terapijska praksa pri zasušivanju (Mondini i sur., 2023). Ekonomske razlike između regija dodatno pojačavaju potrebu za lokalno specifičnim pristupom primjeni antibiotika pri zasušivanju. U istočnoj regiji, iako je zdravstveni profil relativno povoljan, veliki broj životinja generira najvišu ukupnu financijsku potrošnju antibiotika, što potvrđuje nalaze DeGravesa i Fetrowa (1993) o proporcionalnom rastu troškova liječenja s veličinom populacije. Nadalje, Scherpenzeel i sur. (2018) ističu da i manje promjene u prevalenciji mastitisa mogu imati značajan ekonomski učinak pri primjeni različitih strategija terapije zasušivanja, osobito u velikim sustavima, što dodatno opravdava razvoj regionalno prilagođenih SDCT modela u Hrvatskoj.

6.9.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti ukazuje na izražene sezonske razlike u zdravstvenom statusu vimena krava holstein pasmine pri zadnjoj kontroli prije zasušivanja – trenutku ključnom za odluku o primjeni antibiotika. Najviši udio zdravih krava (<200.000 SCC) zabilježen je tijekom proljeća (57,76 %) i ljeta (56,47 %), što sugerira povoljnije uvjete za očuvanje zdravlja vimena u toplijim mjesecima godine. Slični sezonski obrasci opisani su i u prethodnim istraživanjima, gdje se ističe da umjerenije temperature i bolja ventilacija ljeti mogu doprinijeti boljem imunološkom odgovoru i manjoj izloženosti patogenima (Kayano i sur., 2018; Wagemann-Fluxá i sur., 2024). S druge strane, jesensko (53,00 %) i zimsko razdoblje (53,65 %) bilježe niži udio zdravih krava, uz istovremeno viši udio krava sa znakovima mastitisa i povišenim brojem somatskih stanica. Zima se posebno izdvaja s najvećim udjelom kliničkog mastitisa (27,07 %), što se može povezati s otežanim okolišnim uvjetima kao što su smanjena ventilacija, viša vlažnost zraka i gušći kontakt među životinjama u zatvorenim objektima, što povećava rizik od prijenosa uzročnika mastitisa (Tomazi i sur., 2018; Sharma i sur., 2018). Suprotno tome, ljeto, iako s većim udjelom zdravih krava, bilježi i najveću ukupnu potrošnju antibiotika pri zasušivanju (preko 327 kg Mastidry pripravka), što je očekivano s obzirom na najveći broj zasušenih krava u tom razdoblju (90.845 jedinki), a što je potvrđeno i u drugim studijama koje povezuju sezonske vrhunce s organizacijom proizvodnog ciklusa (Rowe i sur., 2020). Dobiveni rezultati potvrđuju važnost sezonski prilagođenog pristupa u odlučivanju o primjeni selektivne terapije zasušivanja (SDCT). U proljetnim i ljetnim mjesecima, zbog većeg udjela zdravih životinja, postoji veći potencijal za sigurnu provedbu SDCT bez narušavanja zdravlja vimena. Nasuprot tome, u jesenskim i zimskim uvjetima, gdje je prisutan viši rizik od subkliničkih i kliničkih infekcija, preporučuje se primjena dodatnih

dijagnostičkih mjera (npr. mikrobiološke analize mlijeka ili pregled povijesti bolesti) prije izostavljanja antibiotika (McCubbin i sur., 2023; Mondini i sur., 2023). Integracija sezonskih čimbenika u algoritam odlučivanja o SDCT-u može pridonijeti smanjenju nepotrebne uporabe antibiotika, očuvanju zdravlja vimena te ostvarenju ciljeva održive veterinarske prakse i kontrole antimikrobne rezistencije u mliječnom govedarstvu. U analizi sezonskih razlika u potrošnji antibiotika pri zasušivanju, ekonomski aspekt dodatno potvrđuje potrebu za diferenciranim pristupom. Ljetni mjeseci, iako pokazuju veći udio zdravih krava, nose i najveće apsolutne troškove antibiotika zbog većeg broja zasušenih grla. Sezonske fluktuacije u prevalenciji mastitisa izravno utječu na ukupne troškove liječenja, uključujući cijenu antibiotika, izgubljenu proizvodnju i dodatnu radnu snagu, čime se opravdava strategija sezonski prilagođene primjene SDCT (Halasa et al., 2007). Nadalje, pravovremeno prepoznavanje razdoblja s većim udjelom zdravih životinja omogućuje značajne uštede, osobito kada se SDCT provodi u uvjetima smanjene incidencije infekcija (DeGraves & Fetrow, 1993). To je posebno relevantno za proljetne i ljetne mjesece, gdje visoki udio zdravih krava (preko 56 %) pruža temelj za ekonomičniju primjenu terapije bez narušavanja zdravlja stada.

6.9.6. Analiza prema veličini stada

Rezultati analize jasno ukazuju na povezanost između veličine stada i zdravstvenog statusa vimena holstein krava pri zadnjoj kontroli mliječnosti, što izravno utječe na odluke o primjeni terapije pri zasušivanju. U najmanjim stadima (<5 krava) udio zdravih krava (<200.000 SCC) iznosi tek 46,29 %, dok u najvećim stadima (>500 krava) dostiže 62,33 %, što ukazuje na bolji zdravstveni status u većim i organiziranijim proizvodnim sustavima. Paralelno s tim, udio krava s dijagnosticiranim mastitisom opada s 34,08 % u najmanjoj kategoriji na 20,4 % u najvećoj, što potvrđuje veću učinkovitost u kontroli zdravlja vimena u velikim stadima (McCubbin i sur., 2023; Mondini i sur., 2023). Ovi obrasci imaju izravne implikacije za strategiju primjene selektivne terapije zasušivanja (SDCT). Veća stada, s višim udjelom zdravih i nižim udjelom rizičnih životinja, nude veći potencijal za sigurnu i široku primjenu SDCT, što omogućuje racionalizaciju uporabe antibiotika bez ugrožavanja zdravlja životinja. Slični nalazi zabilježeni su i u ranijim istraživanjima koja ističu da sustavna provedba SDCT uz standardizirane protokole može biti učinkovita upravo u velikim proizvodnim sustavima (Pavesi i sur., 2023). S druge strane, u najmanjim stadima (<10 krava) više od polovice krava pripada skupinama s povišenim SCC-om ili izraženim mastitisom, što upućuje na potrebu za opreznijim pristupom i dodatnim dijagnostičkim mjerama, poput mikrobiološke analize mlijeka, prije izostavljanja

antibiotske terapije (Guadagnini i sur., 2023). Iako ukupna količina utrošenih antibiotika raste s veličinom stada (od 144,9 kg u najmanjoj do 237,9 kg u najvećoj kategoriji), u velikim stadima ta potrošnja sve više uključuje životinje s potvrđenim zdravstvenim indikacijama, što potvrđuje učinkovitije ciljanje terapije. Suprotno tome, u manjim stadima veća proporcija antibiotika primjenjuje se na heterogenije populacije, što povećava rizik od nepotrebne uporabe (Hill i sur., 2009). Dobiveni rezultati podupiru potrebu za veličinom stada prilagođenim modelima SDCT, pri čemu veća gospodarstva mogu sigurnije proširiti primjenu ovog pristupa uz standardizirane protokole nadzora, dok manja gospodarstva trebaju dodatnu edukaciju, tehničku podršku i pristup dijagnostici kako bi se smanjio rizik od suboptimalne primjene i poboljšala učinkovitost zasušivanja u uvjetima ograničenih resursa. Ekonomski podaci potvrđuju da ukupna financijska vrijednost primjene antibiotika raste s veličinom stada, ali s povoljnijom distribucijom prema zdravim životinjama. Takva racionalnija potrošnja u većim stadima rezultat je organiziranijeg sustava nadzora i preciznijeg odlučivanja, što je u skladu s nalazima Kaniyamattam i sur. (2022), koji su pokazali da sustavno provođenje SDCT-a u velikim gospodarstvima značajno smanjuje nepotrebnu uporabu antibiotika i troškove liječenja. S druge strane, Hill i sur. (2009) istaknuli su da su manja gospodarstva sklonija "blanket" pristupu zbog nedostatka dijagnostičkih alata i resursa, što može dovesti do previsoke potrošnje antibiotika i slabije ekonomske učinkovitosti. To ukazuje na potrebu za ciljanim edukacijskim programima i pristupačnim dijagnostičkim rješenjima za mala gospodarstva kako bi se optimizirala primjena SDCT-a.

6.9.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

Rezultati analize prema dnevnoj količini mlijeka ukazuju na izražen pozitivan odnos između razine proizvodnje i zdravstvenog statusa vimena krava holstein pasmine pri zadnjoj kontroli. U skupini krava s nižom dnevnom proizvodnjom (<20 kg) udio zdravih jedinki iznosi 46,49 %, dok taj udio kontinuirano raste s povećanjem mliječnosti – 59,22 % u skupini 20–30 kg, 64,72 % u skupini 30–40 kg te 66,84 % kod krava koje daju više od 40 kg dnevno. Paralelno s time, udio životinja s povišenim brojem somatskih stanica i kliničkim znakovima mastitisa značajno opada u skupinama s višom proizvodnjom, što potvrđuju i drugi autori koji ukazuju na povezanost bolje proizvodnje s povoljnijim zdravljem vimena (Lipkens i sur., 2019b; Vanhoudt i sur., 2018). Ovi nalazi upućuju na to da visokoproduktivne krave, koje ujedno bilježe povoljniji zdravstveni status, predstavljaju potencijalno idealne kandidate za primjenu selektivne terapije zasušivanja (SDCT). Viši zdravstveni standard u ovim skupinama može biti

rezultat unaprijeđenog upravljanja farmom – uključujući selekciju, hranidbu, kontrolu zdravlja i higijenske uvjete – što omogućuje postizanje visoke proizvodnje uz istovremeno očuvanje zdravlja vimen (Müller i sur., 2023). S druge strane, krave s nižom dnevnom proizvodnjom čine skupinu s najnižim udjelom zdravih životinja te istovremeno bilježe najveću apsolutnu potrošnju antibiotika (više od 463 kg Mastidry pripravaka). Iako je ovaj podatak djelomično uvjetovan većim brojem krava u toj kategoriji, značajna prisutnost subkliničkog i kliničkog mastitisa dodatno naglašava potrebu za opreznijim pristupom u donošenju odluka o terapiji (McCubbin i sur., 2023). Ukupna potrošnja antibiotika opada u skupinama s višom proizvodnjom – primjerice, u skupini >40 kg iznosi svega 79,5 kg – što dodatno potvrđuje da viša mliječnost može biti povezana s racionalnijim korištenjem antimikrobnih sredstava. Ovi nalazi podupiru korištenje dnevne količine mlijeka kao korisnog dodatnog kriterija u procjeni podobnosti za SDCT. Dok se visokoproizvodne krave, uz uredan SCC, mogu uključiti u SDCT protokole s visokim stupnjem sigurnosti, krave s niskom mliječnošću zahtijevaju dodatne dijagnostičke pretrage kako bi se smanjio rizik od podliječenja i razvoja mastitisa u narednoj laktaciji (Guadagnini i sur., 2023). Ekonomski gledano, krave s nižom dnevnom proizvodnjom mlijeka (<20 kg), koje istovremeno bilježe viši udio kliničkog i subkliničkog mastitisa, generiraju znatno veće ukupne troškove antibiotika. Ova skupina pokazuje viši apsolutni trošak terapije zbog većeg broja zahvaćenih jedinki i niže selektivnosti u primjeni terapije, što je u skladu s nalazima Pfütznera i Ózsvárij (2016), koji su utvrdili da su troškovi liječenja mastitisa viši kod krava s nižom razinom proizvodnje. Nadalje, Romero et al. (2018) su pokazali da i kod subkliničkog mastitisa ukupni financijski gubici značajno ovise o razini proizvodnje, pri čemu su niže proizvodne skupine ekonomski ranjivije zbog većih relativnih gubitaka po jedinici mlijeka.

6.9.8. Analiza ukupne ekonomske vrijednosti antibiotika – holstein pasmina

Rezultati prikazani u Tablici 65. i na Grafikonu 15 jasno ukazuju na značajan ekonomski potencijal za smanjenje troškova povezanih s terapijama zasušivanja kod holstein krava, osobito u skupini zdravih životinja. Naime, čak 55,34 % svih zabilježenih terapija odnosi se na krave koje nisu pokazivale znakove mastitisa pri zadnjoj kontroli. U ovim slučajevima primjena antibiotika se temelji na principu blanket terapije (BDCT), bez mikrobiološke indikacije, što otvara mogućnost za selektivnu terapiju zasušivanja (SDCT). Ukupna količina antibiotika Cefa-Safe primijenjena na zdravim kravama iznosila je 204.241,20 g, uz trošak od 4.344.210,32 €, dok je kod pripravka Mastidry ta količina bila tri puta veća (612.723,60 g), ali uz manji ukupni

trošak od 1.703.371,61 €. U slučaju potpune primjene SDCT-a, navedeni iznosi predstavljaju potencijalnu direktnu ekonomsku uštedu. Ovi rezultati podupiru nalaze istraživanja Kovačević i sur. (2022a), koji su u farmakoekonomskej analizi različitih terapija mastitisa istaknuli da racionalna uporaba antibiotika može značajno smanjiti troškove, osobito kada se eliminira nepotrebna primjena u zdravih životinja. Kaniyamattam i sur. (2022) simulacijom šest strategija smanjenja uporabe antibiotika demonstrirali su da kombinacija selektivne terapije, genetskog odabira i preciznog upravljanja zdravljem vimena može smanjiti potrošnju antibiotika i povećati dobitak po kravi za više od 1.200 USD godišnje. Njihovi nalazi potvrđuju ekonomski opravdanost smanjenja antibiotika bez negativnog utjecaja na profitabilnost, što je osobito važno u kontekstu antimikrobne rezistencije (AMR). Hommels i sur. (2021) naglašavaju da SDCT ne utječe negativno na pojavnost mastitisa u narednoj laktaciji te da može rezultirati značajnim smanjenjem troškova bez gubitaka u proizvodnji. Nadalje, Kharel i sur. (2023) su u kontekstu razvoja mliječnog sektora upozorili na ekonomske gubitke povezane s mastitisom, koji uključuju smanjenu proizvodnju mlijeka, povećane troškove liječenja, te posljedice poput neplodnosti i prijevremenog izlučivanja krava, što sve ukazuje na važnost pravovremenog i racionalnog liječenja. Konačno, važno je uvrstiti i nacionalni kontekst. Prema Očić i sur. (2022), hrvatske mliječne farme, osobito male i srednje, već sada posluju s niskim neto marginama zbog visokih troškova i niske produktivnosti. U tom kontekstu, eliminacija nepotrebnih troškova, kao što su antibiotici kod zdravih krava, može biti ključna strategija za povećanje konkurentnosti sektora.

6.9.9. Ekološka procjena emisije antibiotika kod holstein krava: kvantifikacija i analiza rizika

Rezultati kvantitativne procjene ukazuju na izražen potencijal emisije antibiotika u okoliš pri primjeni terapije zasušivanja, posebno u slučaju blanket pristupa koji uključuje i životinje bez znakova infekcije. Prema dostupnoj literaturi, između 30 % i 90 % doze antibiotika može se izlučiti u aktivnom obliku putem urina i fecesa (Berendsen et al., 2015; Thiele-Bruhn, 2003), čime stajski gnoj postaje značajan vektor za unos antimikrobnih tvari u tlo i vodu. Ti rezultati podržani su i širim analizama koje naglašavaju ulogu intenzivne stočarske proizvodnje u difuznom zagađenju prirodnih ekosustava farmaceutskim reziduala (Kovalakova et al., 2020; Wichmann et al., 2014). Procijenjeni omjeri PEC/PNEC za tri djelatne tvari korištene u ovom istraživanju – cephapirin, kloksacilin i ampicilin – iznose 4.428, 3.407 i 369, redom. Prema znanstvenim smjernicama, omjeri iznad 1 ukazuju na potencijalni ekotoksikološki rizik, dok

vrijednosti veće od 10 mogu uzrokovati selekcijski pritisak na mikrobne populacije (Tell et al., 2019; Bengtsson-Palme & Larsson, 2016). Visoki PEC/PNEC omjeri dobiveni za sve analizirane tvari ukazuju na ozbiljan rizik za funkcionalnu stabilnost mikrobnih zajednica, osobito u okolišima izravno izloženima stajskom gnoju. Dodatni problem predstavlja činjenica da je 55,34 % krava u uzorku bilo bez znakova mastitisa, ali su svejedno bile podvrgnute antimikrobnoj terapiji. Ova praksa rezultirala je nepotrebnom emisijom od približno 122,5 kg cephapirina i 367,6 kg penicilinskih antibiotika. Te količine višestruko premašuju granične vrijednosti za ekološku sigurnost, a mogu uzrokovati poremećaje mikrobnih zajednica tla, poticati horizontalni prijenos gena otpornosti (ARG) i pridonijeti selekciji rezistentnih sojeva (Barathe et al., 2024; Wichmann et al., 2014; Larsson, 2014). Eksperimentalni radovi potvrđuju da čak i vrlo niske koncentracije antibiotika, daleko ispod MIC vrijednosti, mogu selektivno pogodovati razvoju rezistentnih bakterija (Gullberg et al., 2011). To je posebno važno za cephapirin, čiji se aktivni metaboliti povezuju s učincima na gram-pozitivne bakterije poput stafilokoka i enterokoka (Christaki et al., 2020). Osim razvoja otpornosti, kontinuirana izloženost okoliša ovim spojevima može imati i šire funkcionalne posljedice. Virto et al. (2022) ističu da prisutnost antibiotika može negativno utjecati na kruženje dušika, razgradnju organske tvari i stabilnost tla, što ima izravne implikacije za poljoprivrednu produktivnost. Primjena selektivne terapije zasušivanja (SDCT), temeljene na dijagnostičkoj procjeni zdravstvenog statusa, može znatno smanjiti ukupnu količinu primijenjenih antibiotika. Takav pristup usklađen je s europskim preporukama za racionalnu uporabu antimikrobnih sredstava u stočarstvu (European Commission, 2020) i predstavlja održivu strategiju za smanjenje emisija i očuvanje učinkovitosti postojećih antibiotika. Ovakva strategija izravno odgovara načelima One Health pristupa Europske komisije, koji ističe potrebu za integriranim djelovanjem na sučelju zdravlja ljudi, životinja i okoliša, uključujući smanjenje nepotrebne upotrebe antibiotika i bolje praćenje antimikrobnih ostataka u okolišnim sustavima (European Commission, 2017). Podaci jasno upućuju na to da blanket terapija zasušivanja pridonosi značajnom ekološkom opterećenju. Ograničavanje uporabe antibiotika na stvarno indikirane slučajeve kliničkog ili subkliničkog mastitisa predstavlja mjeru s izravnim okolišnim koristima. Takva praksa omogućuje smanjenje emisije antimikrobnih tvari, očuvanje mikrobiološke ravnoteže tla i vode te doprinosi ublažavanju rizika od širenja antimikrobne rezistencije u okolišnim sustavima.

6.10. Procjena potencijala za smanjenje uporabe antibiotika pri zasušivanju krava putem klasifikacije zdravstvenog statusa temeljenog na broju somatskih stanica kod simentalske pasmine krava

6.10.1. Analiza prema redoslijedu laktacije (paritetu)

Rezultati jasno potvrđuju da redoslijed laktacije ima snažan utjecaj na zdravstveni status vimena simentalskih krava u trenutku zasušivanja. Pri zadnjoj kontroli, udio zdravih krava (<200.000 SCC) progresivno se smanjuje s 67,5 % u prvoj laktaciji na 46,7 % u četvrtoj i višim, dok se istodobno povećava udio krava s mastitisom (s 17,5 % na 32,7 %) i rizičnih jedinki (s 15,0 % na 20,6 %). Ovakav obrazac odražava kumulativni utjecaj brojnih laktacija, ponovljene izloženosti patogenima i smanjene imunološke učinkovitosti kod starijih krava, što je u skladu s nalazima Scherpenzeel i sur. (2018) i Lipkens i sur. (2019b), koji navode viši rizik od mastitisa s porastom broja laktacija. Povećana incidencija mastitisa kod starijih krava logično se odražava i na veću potrošnju antibiotika – u skupini krava četvrtog i višeg pariteta bilježi se više od 535 kg potrošenih Mastidry pripravaka, što je više nego dvostruko u odnosu na krave u prvoj laktaciji (328,9 kg). Ovi podaci potvrđuju važnost uvođenja diferenciranih protokola selektivne terapije zasušivanja (SDCT) u odnosu na starost životinje i reproduktivnu povijest (Rowe i sur., 2020; McCubbin i sur., 2023). Mlađe krave, posebno prvorotke i one u drugom paritetu, s obzirom na viši udio zdravih životinja i niži rizik od potkliničkih infekcija, predstavljaju idealne kandidatkinje za SDCT. Kod starijih krava preporučuje se primjena dodatnih dijagnostičkih kriterija (npr. bakterioloških analiza mlijeka ili anamneze mastitisa) prije donošenja odluke o izostavljanju antibiotika (Guadagnini i sur., 2023). Ovi nalazi potvrđuju potrebu da se paritet uključi kao jedan od ključnih kriterija u donošenju terapijskih odluka pri zasušivanju, u svrhu očuvanja zdravlja vimena i smanjenja nepotrebne uporabe antibiotika, što je u skladu s principima odgovorne antimikrobne prakse i strategijama suzbijanja antimikrobne rezistencije (Müller i sur., 2023). Ukupna ekonomska vrijednost terapija, koja je najviša upravo u četvrtoj i višim laktacijama, ukazuje na značajan financijski teret povezan s učestalijim mastitisom u toj skupini. Kako su pokazali Pfützner i Ózsvári (2016), troškovi liječenja mastitisa i gubitka proizvodnje znatno se povećavaju kod višelaktacijskih krava zbog duljeg trajanja bolesti i slabijeg odgovora na terapiju. Nadalje, Romero i sur. (2018) su istaknuli da je kod starijih krava izraženiji utjecaj subkliničkog mastitisa na ekonomsku isplativost, zbog kumulativnog učinka na smanjenje mliječnosti i povećanu potrošnju veterinarskih sredstava.

6.10.2. Analiza prema broju dana u laktaciji (4 skupine)

Analiza pokazuje da stadij laktacije ima značajan utjecaj na zdravstveni status vimena simentalskih krava u trenutku zasušivanja. Najviši udio zdravih krava pri zadnjoj kontroli zabilježen je u trećoj skupini (151–225 dana), gdje 57,2 % krava ostaje zdravo, dok je udio životinja s kliničkim mastitisom najniži (24,4 %). Ovi nalazi ukazuju na to da srednji stadij laktacije nosi manji rizik za narušavanje zdravlja vimena, što je u skladu s radovima koji ukazuju da razdoblja stabilne laktacije imaju nižu incidenciju novih intramamarnih infekcija (Lipkens i sur., 2019b; Vanhoudt i sur., 2018). Nasuprot tome, u četvrtoj skupini (>225 dana), iako je udio zdravih još uvijek relativno visok (55,1 %), zabilježen je porast udjela krava s mastitisom (25,3 %) i u rizičnoj skupini (19,6 %). Uz to, u toj skupini registrirana je najveća apsolutna potrošnja antibiotika (više od 651 kg), što se može povezati s većom zastupljenošću krava u populaciji i nagomilavanjem faktora rizika u kasnoj laktaciji (Guadagnini i sur., 2023; Mondini i sur., 2023). Početne faze laktacije (do 75 dana) također pokazuju niži udio zdravih krava (56,2 %), što je očekivano s obzirom na povećanu fiziološku osjetljivost i adaptaciju nakon telenja (Aly i sur., 2022; Rowe i sur., 2020). Ovi rezultati potvrđuju korisnost stratifikacije prema stadiju laktacije u donošenju odluka o selektivnoj terapiji zasušivanja (SDCT). Krave u srednjoj fazi laktacije (osobito 151–225 dana) pokazuju najpovoljniji zdravstveni status i time predstavljaju najprikladnije kandidatkinje za primjenu SDCT bez dodatne antibiotske zaštite. Nasuprot tome, krave u ranim i kasnim fazama laktacije zahtijevaju oprezniji i individualizirani pristup, temeljen na dodatnim dijagnostičkim kriterijima, čime se povećava sigurnost i učinkovitost selektivne terapije. Ekonomska vrijednost antibiotika proporcionalno raste s trajanjem laktacije, pri čemu su ukupni troškovi terapije najviši u četvrtoj skupini (>225 dana), što je rezultat kombinacije većeg broja životinja i povećane prevalencije mastitisa. Kako ističu Halasa i sur. (2007), upravo visoka učestalost intramamarnih infekcija u kasnijim fazama laktacije generira znatne izravne i neizravne troškove, uključujući povećanu uporabu antibiotika i gubitke u proizvodnji, čime se potvrđuje potreba za ekonomskom optimizacijom terapijskih protokola u skladu sa stadijem laktacije.

6.10.3. Analiza prema broju dana u laktaciji (11 razreda)

Rezultati analize jasno ukazuju na postojanje odnosa između trajanja laktacije i zdravstvenog statusa vimena kod simentalških krava. Udio zdravih krava postupno raste od 54,8 % u prvoj skupini (<30 dana) do najviših 61,7 % u razredu 241–270 dana, nakon čega se vrijednosti stabiliziraju, što upućuje na povoljniji zdravstveni profil vimena u srednjim fazama laktacije. Ovaj obrazac je u skladu s literaturom koja navodi da se stabilizacija mliječnih parametara i manja izloženost stresorima često javljaju u srednjem dijelu laktacije (Lipkens i sur., 2019b; Müller i sur., 2023). Istodobno, najveći udio krava s dijagnosticiranim mastitisom (>30 %) zabilježen je između 91. i 150. dana laktacije, što sugerira osjetljivost vimena na pojavu subkliničkih i kliničkih infekcija u tom razdoblju, potencijalno zbog intenzivne proizvodnje i povećane metaboličke aktivnosti (Guadagnini i sur., 2023). Udio rizičnih krava većinu vremena ostaje između 14 i 20 %, bez izraženog trenda, ali se prema kraju laktacije bilježi lagani porast. Skupina >300 dana, koja obuhvaća najveći broj jedinki (182.722 krave), bilježi i najveću ukupnu potrošnju antibiotika – više od 657 kg, što je očekivano s obzirom na njezinu brojnost. Unatoč tome, relativno stabilan zdravstveni status (55,1 % zdravih) sugerira da i u ovoj fazi postoji prostor za uvođenje SDCT-a, uz dodatne dijagnostičke mjere poput mikrobiološke analize mlijeka ili pregleda anamneze mastitisa (McCubbin i sur., 2023; Rowe i sur., 2020). Ova detaljna stratifikacija prema danima u laktaciji potvrđuje da srednji rasponi (osobito 241–270 dana) predstavljaju optimalan omjer zdravih i bolesnih krava za primjenu selektivne terapije zasušivanja. Nasuprot tome, rani i neki srednji razredi (npr. 91–150 dana) zahtijevaju oprezniji pristup zbog veće učestalosti mastitisa. Integracijom ovih nalaza u kliničku praksu moguće je unaprijediti odlučivanje o SDCT-u i dodatno smanjiti nepotrebnu uporabu antibiotika u skladu s principima odgovorne antimikrobne politike. Ekonomski aspekti analize dodatno potvrđuju značaj pravilne klasifikacije krava prema broju dana u laktaciji za optimizaciju uporabe antibiotika. Skupina krava s više od 300 dana u laktaciji generira najveće troškove – preko 4,6 milijuna eura za Cefa-Safe i više od 1,8 milijuna eura za Mastidry – što je u skladu s činjenicom da obuhvaća i najveći broj jedinki. Međutim, udio zdravih krava u toj skupini ostaje relativno visok (58,47 %), što implicira da znatan dio troškova nastaje zbog nepotrebne primjene antibiotika kod zdravih životinja. Halasa i sur. (2007) navode da su troškovi povezani s mastitisom, uključujući terapiju i gubitke mlijeka, značajno viši kod kroničnih slučajeva i kasnih faza laktacije zbog akumuliranih zdravstvenih komplikacija. Nadalje, Pfützner i Ózsvári (2016) ističu da se produljena primjena antibiotika, osobito pri zasušivanju, može povezati s povećanim ekonomskim opterećenjem zbog rizika od ostataka

lijekova u mlijeku i nemogućnosti isporuke mlijeka za tržište, što generira dodatne indirektne gubitke. U kontekstu SDCT-a, ekonomski nalazi podupiru važnost preciznog odlučivanja temeljenog na individualiziranim kriterijima, budući da zdravim kravama u kasnim stadijima laktacije može biti nepotrebno primijenjena skupa terapija bez stvarne koristi. Ovi zaključci su u skladu s nalazima Kaniyamattam i sur. (2022), koji pokazuju da ciljana primjena antibiotika u terapiji zasušivanja može smanjiti ukupne troškove liječenja bez negativnog utjecaja na prevalenciju mastitisa. Integracijom ovih ekonomskih uvida u kliničku praksu može se unaprijediti održivost mliječne proizvodnje, smanjiti financijski pritisak na proizvođače i osigurati usklađenost s principima odgovorne antimikrobne uporabe.

6.10.4. Analiza prema regiji uzgoja

Analiza prema regijama uzgoja otkriva izražene regionalne razlike u zdravstvenom statusu vimena kod simentalskih krava i potrošnji antibiotika pri zasušivanju. Najniži udio zdravih krava (<200.000 SCC) zabilježen je u Središnjoj Hrvatskoj (55,54 %), dok najpovoljniji zdravstveni status ima Mediteranska regija, s udjelom zdravih krava od 58,85 % te istodobno najnižim udjelom rizičnih jedinki (16,67 %). Ovi nalazi sugeriraju da bi Mediteranska regija, zbog stabilnijeg zdravstvenog profila, mogla biti najpogodnija za širu primjenu selektivne terapije zasušivanja (SDCT), što je u skladu s prethodnim studijama koje su istaknule važnost lokalnih uvjeta i zdravstvene stabilnosti pri donošenju odluka o SDCT-u (McCubbin i sur., 2023; Guadagnini i sur., 2023). Središnja Hrvatska, iako brojčano dominantna s više od 281 tisuće krava (oko 73 % ukupnog uzorka), bilježi i najvišu apsolutnu potrošnju antibiotika – više od 1.000.000 g Mastidry pripravaka, što čini oko 74 % ukupne nacionalne potrošnje. Takav obrazac ne proizlazi samo iz broja životinja, već i iz nepovoljnijeg zdravstvenog profila – s višim udjelom mastitisnih i rizičnih jedinki – što zahtijeva učestaliju primjenu terapije (Mondini i sur., 2023). Istočna Hrvatska pokazuje srednje vrijednosti – udio zdravih krava iznosi 56,41 %, a ukupna potrošnja antibiotika 335.059 g – što upućuje na uravnotežen profil stada, ali i prostor za unaprjeđenje selekcije kandidata za SDCT. Zanimljivo, u Mediteranskoj regiji niži intenzitet uzgoja i manja stada mogu pridonijeti individualiziranim pristupu i boljoj kontroli zdravlja vimena, što je u skladu s istraživanjima koja ističu važnost menadžmenta na razini farme u smanjenju prevalencije mastitisa (Capel, 2022). Ova promatranja dodatno naglašavaju potrebu za regionalnim pristupom u oblikovanju strategije SDCT-a, pri čemu se odluke ne bi smjele temeljiti samo na prosječnim nacionalnim pokazateljima, već i na lokalnim specifičnostima vezanima uz zdravstveni status, praksu mužnje i razinu dostupne dijagnostike. Zaključno,

ciljana primjena SDCT-a, uzimajući u obzir regionalne razlike u zdravstvenom statusu i praksi, može doprinijeti racionalnijoj uporabi antibiotika, očuvanju zdravlja vimena i smanjenju rizika od razvoja antimikrobne rezistencije (Rowe i sur., 2020). Ekonomska analiza potvrđuje da regionalne razlike u zdravstvenom statusu krava značajno utječu na ukupnu potrošnju antibiotika i povezane troškove, pri čemu regije s većim udjelom mastitisnih slučajeva, poput Središnje Hrvatske, generiraju znatno veće izdatke za terapiju (Guadagnini et al., 2023). Upravo u takvim regijama ciljana primjena SDCT-a, uzimajući u obzir lokalne menadžerske prakse i dostupnost dijagnostike, predstavlja ključnu strategiju za optimizaciju troškova i smanjenje antimikrobne rezistencije (Capel, 2022).

6.10.5. Analiza prema sezoni kontrole mliječnosti

Rezultati analize ukazuju na izražene sezonske razlike u zdravstvenom statusu vimena kod simentalskih krava pri zadnjoj kontroli prije zasušivanja. Najveći udio zdravih krava zabilježen je tijekom zime (65,71 %), dok su nešto niže vrijednosti uočene u jeseni (61,50 %), proljeću (62,00 %) i ljeti (63,00 %). Udio krava s mastitisom najviši je u jesenskom (22,68 %) i proljetnom (22,58 %) razdoblju, dok je najniži zimi (19,49 %). Ovakav obrazac može se djelomično objasniti sezonskim promjenama mikroklimе u objektima za držanje krava, koje utječu na ventilaciju, razinu vlage i izloženost patogenima (Department of Veterinary Sciences i sur., 2018). Jesensko razdoblje, iako klimatski blaže, često je obilježeno visokom vlagom i temperaturnim oscilacijama, što može povećati rizik od subkliničkih i kliničkih infekcija. Suprotno tome, zima, unatoč nižim temperaturama, može osigurati stabilnije mikrookruženje i manji stres, što pridonosi očuvanju zdravlja vimena. Slični sezonski obrasci uočeni su i u istraživanjima koja povezuju povećanu učestalost mastitisa s prijelaznim godišnjim dobima zbog veće dinamike okolišnih faktora (Sharma i sur., 2018; Suárez, 2017). Ljetni period, iako s povoljnijim udjelom zdravih krava, bilježi i najveću apsolutnu potrošnju antibiotika pri zasušivanju (preko 327 kg), što se može pripisati najvećem broju zasušenih krava u tom razdoblju. To dodatno potvrđuje potrebu za uravnoteženim pristupom koji kombinira kvantitativne i kvalitativne pokazatelje zdravlja pri donošenju terapijskih odluka. Dobiveni nalazi podupiru koncept sezonski diferenciranog modela primjene selektivne terapije zasušivanja (SDCT). U zimskim i ljetnim mjesecima, zbog višeg udjela zdravih krava, postoji veći potencijal za sigurnu primjenu SDCT, dok su proljetni i jesenski mjeseci indikativni za pojačani oprez i potrebu za dodatnom dijagnostikom, poput mikrobiološke analize mlijeka (Guadagnini i sur., 2023; McCubbin i sur., 2023). Ekonomska analiza potvrđuje da sezonske

varijacije u prevalenciji mastitisa i broju zasušivanja značajno utječu na ukupnu potrošnju antibiotika i povezane troškove, pri čemu proljeće i ljeto predstavljaju razdoblja s najvećim ekonomskim opterećenjem za farmu. Niemi et al. (2023) naglašavaju da su proljetni i ljetni mjeseci povezani s većim troškovima liječenja mastitisa, što se može pripisati povećanoj proizvodnji i većoj učestalosti zdravstvenih problema u tim sezonama. Nadalje, Chen et al. (2021) ističu da su ljetni mjeseci povezani s najvećim gubicima u proizvodnji mlijeka uslijed povišene razine somatskih stanica, dok Romero et al. (2018) kvantificiraju financijski učinak subkliničkog mastitisa kroz smanjenu dohodovnost i povećane troškove terapije. Ovi nalazi dodatno podupiru potrebu za sezonski prilagođenim modelima SDCT-a, u kojima bi se terapijske odluke temeljile ne samo na zdravstvenim pokazateljima pojedinih krava, već i na ekonomskim učincima u okviru specifičnih godišnjih doba. Zaključno, integracija sezonskih čimbenika u strategiju upravljanja zdravljem vimena može znatno doprinijeti racionalizaciji uporabe antibiotika i ostvarenju ciljeva održive proizvodnje i kontrole antimikrobne rezistencije u mliječnom govedarstvu.

6.10.6. Analiza prema veličini stada

Rezultati analize prema veličini stada pokazuju jasan pozitivan trend između veličine stada i udjela zdravih krava pri zadnjoj kontroli. U najvećim stadima (>200 krava), udio zdravih krava iznosi 69,2 %, dok je u najmanjim stadima (<5 krava) taj udio niži i iznosi 56,08 %. Paralelno s tim, manja stada bilježe viši udio mastitisnih i rizičnih grla, što ukazuje na moguću slabiju razinu upravljanja zdravljem i biosigurnosti u manjim uzgojima. Ovakvi nalazi su u skladu s opažanjima da manja gospodarstva češće bilježe povišeni broj somatskih stanica te sniženu kvalitetu mlijeka zbog otežane provedbe standardiziranih higijenskih i dijagnostičkih protokola (Kul i sur., 2019). Ukupna potrošnja antibiotika proporcionalna je brojnosti životinja – najviša je u stadima veličine 11–50 krava (preko 481.000 g), što je i očekivano s obzirom na broj uključenih jedinki. Ipak, treba istaknuti da se i u tim srednje velikim sustavima zapaža potencijal za primjenu selektivne terapije zasušivanja (SDCT) – s obzirom na to da više od 55 % krava ostaje u zdravoj kategoriji. U skladu s time, veća stada ne samo da bilježe viši udio zdravih životinja, već i manji udio mastitisnih i rizičnih krava, što može biti rezultat sustavne kontrole kvalitete mlijeka i organiziranog sustava upravljanja zdravljem stada (McCubbin i sur., 2023; Lipkens i sur., 2019b). Time se u tim sustavima otvara najveći potencijal za optimizaciju uporabe antibiotika, uz istovremeno zadržavanje visoke razine zaštite zdravlja vimena. Zaključno, veličina stada se pokazuje kao važan čimbenik u definiranju strategije za SDCT –

dok su manja gospodarstva izazovnija u smislu nadzora i edukacije, komercijalna stada nude veću priliku za sustavno uvođenje racionalnijih modela terapije. Ekonomsku važnost selektivne terapije zasušivanja dodatno potvrđuju rezultati koji pokazuju da se najveći troškovi terapije bilježe upravo u skupinama stada veličine 11–50 i <5 krava, gdje prevladava primjena antibiotika kod zdravih jedinki. Takva raspodjela ukazuje na značajan prostor za racionalizaciju troškova putem SDCT-a, osobito u sustavima s ograničenim resursima za dijagnostiku i kontrolu kvalitete mlijeka. Chen i sur. (2021) utvrdili su da je gubitak proizvodnje povezan s mastitisom znatno izraženiji u manjim stadima, gdje troškovi po jedinki mogu znatno opteretiti ukupnu ekonomiku proizvodnje. Nadalje, Romero i sur. (2018) pokazali su da veličina stada značajno utječe na varijabilnost ekonomskih posljedica subkliničkog mastitisa, pri čemu manji uzgoji imaju smanjenu mogućnost amortizacije gubitaka kroz veći broj proizvodnih jedinica.

6.10.7. Analiza prema dnevnoj količini mlijeka

Rezultati analize prema prosječnoj dnevnoj količini mlijeka kod simentalских krava jasno pokazuju pozitivan odnos između razine mliječne proizvodnje i zdravstvenog statusa pri zadnjoj kontroli. U najniže produktivnoj skupini (<20 kg mlijeka dnevno), udio zdravih krava iznosi 50,95 %, dok u najviše produktivnoj skupini (>40 kg) taj udio doseže 63,55 %. Paralelno, udio krava s mastitisom i u rizičnoj skupini opada s porastom proizvodnje – što sugerira da su više proizvodne krave općenito u boljem zdravstvenom stanju vimena, vjerojatno zbog unaprijeđenog menadžmenta i standardiziranih protokola mužnje i skrbi (Kul i sur., 2019). Potrošnja antibiotika u apsolutnim vrijednostima najviša je u skupini <20 kg (preko 587.000 g), što je dijelom rezultat najvećeg broja životinja i višeg udjela klinički i subklinički bolesnih krava koje zahtijevaju terapiju. Suprotno tome, najproduktivnije skupine imaju nižu relativnu potrošnju po grlu, što je u skladu s opažanjima da krave višeg genetskog potencijala, u kombinaciji s boljim uvjetima držanja, pokazuju veću otpornost na upalne procese (Berry & Hillerton, 2002). Osim toga, visoka mliječnost se nerijetko povezuje s pojačanim nadzorom zdravlja i preventivnim intervencijama, što dodatno smanjuje rizik od mastitisa (Wagemann-Fluxá i sur., 2024). Ovi nalazi potvrđuju da visoko produktivne krave, uz odgovarajući nadzor i dijagnostičku potporu, mogu biti glavni kandidati za isključivanje iz rutinske antibiotske terapije pri zasušivanju. Takav pristup već je u više istraživanja identificiran kao učinkovit način za smanjenje uporabe antibiotika, bez kompromisa po pitanju zdravlja i mliječnosti (Niemi i sur., 2021b). Tako bi se u praksi mogao ostvariti značajan doprinos smanjenju antimikrobne potrošnje, bez ugrožavanja zdravlja vimena i proizvodnih rezultata. Ekonomska

analiza potvrđuje da se najveći apsolutni troškovi antibiotika bilježe kod krava s manjom dnevnom proizvodnjom mlijeka, što je rezultat kombinacije lošijeg zdravstvenog statusa i većeg broja životinja u toj skupini. Chen i sur. (2021) ističu da gubitak proizvodnje uzrokovan povišenim SCC-om u nižim proizvodnim razredima ima veći relativni financijski utjecaj, dok Romero i sur. (2018) naglašavaju da upravo u tim skupinama postoji viši rizik od subkliničkog mastitisa i s njime povezanih skrivenih troškova. Stoga visoko produktivne krave, uz niži udio infekcija i bolji omjer koristi i rizika, predstavljaju ekonomski isplativiju ciljanu skupinu za selektivnu primjenu terapije zasušivanja.

6.10.8. Analiza ukupne ekonomske vrijednosti antibiotika – simentalska pasmina

U analizi ukupne potrošnje antibiotika pri zasušivanju simentalskih krava utvrđeno je da je u 55,83 % slučajeva (213.939 od 383.208 terapija) terapija primijenjena na kravama koje su pri zadnjoj kontroli bile zdrave. Kod tih krava utrošeno je 256.726,80 g antibiotika Cefa-Safe uz trošak od 5.460.579,04 €, dok je kod istih životinja primjenom pripravka Mastidry utrošeno 770.180,40 g antibiotika uz trošak od 2.141.101,51 €. Prema DeGravesu i Fetrowu (1993), najznačajniji udio ukupnog ekonomskog tereta mastitisa odnosi se na gubitak proizvodnje mlijeka, dok se izravni trošak antibiotika percipira kao manji, ali operativno vidljiv izdatak. Upravo zato se u praksi često zadržava blanket terapija, iako ona kod zdravih životinja ne donosi zdravstvenu korist, već isključivo generira nepotrebne troškove. Halasa i sur. (2007) navode kako su strategije koje kombiniraju smanjenje potrošnje antibiotika s preventivnim mjerama upravljanja stokom među najisplativijima u sustavima mliječnog govedarstva. Njihova analiza pokazuje da ograničavanje antibiotika samo na životinje s kliničkom ili subkliničkom indikacijom može dovesti do značajnog smanjenja ukupnih troškova liječenja, bez kompromitiranja zdravlja stada. Dodatno, rezultati Pfütznera i Ózsvárij (2016) pokazuju da se i pri razinama SCC između 50.000 i 100.000 stanica/mL bilježe gubici u proizvodnji mlijeka od 2,98 kg dnevno po kravi, dok kod SCC iznad 250.000 stanica/mL taj gubitak prelazi 6 kg dnevno. To potvrđuje važnost precizne klasifikacije životinja pri odlučivanju o terapiji. Međutim, u slučaju zdravih krava koje nemaju povišeni SCC ni znakove mastitisa, nema osnove za preventivnu antibiotsku terapiju, što dodatno naglašava potencijalne uštede. U kontekstu strukture simentalskih farmi, koje su češće male do srednje veličine i s ograničenom dostupnošću dijagnostike, ekonomska održivost proizvodnje izravno ovisi o smanjenju fiksnih i varijabilnih troškova. Poczta i sur. (2020) ističu da upravo u tim gospodarstvima optimizacija veterinarskih intervencija predstavlja važan mehanizam očuvanja konkurentnosti. Stoga,

analiza ukupne ekonomske vrijednosti antibiotika kod simentalne pasmine jasno ukazuje da bi selektivni pristup liječenju – utemeljen na SCC i kliničkoj procjeni – omogućio znatne uštede bez ugrožavanja zdravstvenog statusa stada. Takav pristup ne samo da je racionalan s veterinarskog stajališta, već predstavlja i ključni element financijske održivosti proizvodnje mlijeka.

6.10.9. Ekološka procjena emisije antibiotika kod simentalnih krava: kvantifikacija i analiza rizika

Dobiveni podaci ukazuju na znatnu emisiju antibiotika u okoliš kao rezultat terapije zasušivanja simentalnih krava, osobito u kontekstu blanket pristupa koji uključuje i krave bez znakova infekcije. Prema dostupnim podacima, približno 60 % primijenjenog antibiotika izlučuje se u aktivnom obliku putem urina i fecesa (Berendsen et al., 2015; Thiele-Bruhn, 2003), čime stajski gnoj postaje glavni medij prijenosa antimikrobnih tvari u okoliš. Ovi rezultati potvrđuju nalaze prethodnih studija koje naglašavaju ulogu stočarske proizvodnje u difuznom zagađenju tla i voda farmaceutskim reziduala (Kovalakova et al., 2020; Wichmann et al., 2014). Izračunati PEC/PNEC omjeri za cephapirin, kloksacilin i ampicilin u ovom istraživanju iznose 5.518, 4.245 i 459. U skladu sa znanstvenim kriterijima, omjeri veći od 1 ukazuju na potencijalni ekološki rizik, dok vrijednosti iznad 10 predstavljaju selekcijski pritisak na mikrobne zajednice (Tell et al., 2019; Bengtsson-Palme & Larsson, 2016). Posebnu zabrinutost izaziva visoka vrijednost za cephapirin, koja prelazi 5.000, čime se ulazi u zonu značajnog rizika za stabilnost funkcionalnih ekosustava tla i vodnih tijela. S obzirom na to da se simentalne krave češće uzgajaju u područjima s većim nagibima i složenijom hidrogeološkom mrežom, emisija antibiotika može imati dodatno izražen okolišni učinak zbog većeg rizika površinskog otjecanja i infiltracije u vodotokove, osobito u kontekstu difuznog zagađenja iz stajskog gnoja (Mijić et al., 2019). Analiza distribucije terapije pokazuje da je 55,83 % simentalnih krava u promatranom uzorku bilo bez znakova mastitisa, no unatoč tome bile su uključene u antimikrobnu terapiju. Ova praksa rezultirala je nepotrebnim ispuštanjem 154 kg cephapirina ili 462 kg kombinacije penicilinskih antibiotika (kloksacilin i ampicilin) u okoliš. Te količine višestruko premašuju sigurnosne pragove za tlo i vodu, a mogu pridonijeti destabilizaciji mikrobne zajednice i povećanju horizontalnog prijenosa gena otpornosti (Barathe et al., 2024; Wichmann et al., 2014; Larsson, 2014). Uporna prisutnost antibiotika u tlu i vodenim tijelima stvara selekcijski pritisak čak i pri niskim koncentracijama, što je eksperimentalno potvrđeno

(Gullberg et al., 2011). Beta-laktamski antibiotici, uključujući cephapirin, imaju izražen selekcijski učinak na gram-pozitivne bakterije poput enterokoka i stafilokoka (Christaki et al., 2020), a njihovo akumuliranje u okolišu može dodatno poremetiti ključne procese poput kruženja dušika i razgradnje organske tvari (Virto et al., 2022). Primjena selektivne terapije zasušivanja (SDCT), temeljene na objektivnoj dijagnostici, omogućuje znatno smanjenje nepotrebne uporabe antibiotika. Ovaj pristup usklađen je s europskim strateškim smjernicama za racionalnu primjenu antimikrobnih sredstava (European Commission, 2020), kao i s One Health konceptom koji poziva na integrirano upravljanje zdravljem ljudi, životinja i okoliša te smanjenje rizika vezanih uz širenje rezistencije u prirodnim sustavima (European Commission, 2017). Zaključno, rezultati ukazuju na to da blanket terapija zasušivanja kod simentalskih krava generira značajan okolišni otisak. Uvođenje SDCT-a, kao mjere temeljene na stvarnoj potrebi i zdravstvenom statusu životinja, predstavlja održivo rješenje koje smanjuje ekotoksikološki pritisak, čuva učinkovitost postojećih antimikrobnih sredstava i doprinosi očuvanju biološke i funkcionalne stabilnosti ekosustava.

6.11. Utjecaj mikroklimatskih čimbenika na broj somatskih stanica i procjena smanjenja primjene antibiotika u odnosu na okolišne uvjete

6.11.1. Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava

Rezultati pokazuju da relativna vlažnost zraka može imati utjecaj na broj somatskih stanica (SCC) kod holstein krava, no taj se učinak razlikuje ovisno o pristupu modeliranju. U jednostavnom regresijskom modelu, vlažnost se pokazala statistički značajnim prediktorom SCC-a. Takav nalaz podupire pretpostavku da povišena vlažnost, osobito u kombinaciji s toplinskim opterećenjem, može pogoršati mikroklimatske uvjete u objektima i povećati izloženost krava okolišnim patogenima. Vlažna stelja i kondenzacija u prostoru pospješuju preživljavanje bakterija, čime se povećava rizik od razvoja subkliničkog ili kliničkog mastitisa (Gantner i sur., 2017; Mijić i sur., 2019). Slična povezanost između visoke vlažnosti i porasta SCC-a potvrđena je i u istraživanjima koja se bave fiziološkim odgovorima krava na toplinski stres. Povišena vlažnost smanjuje učinkovitost hlađenja tijela znojenjem i disanjem, čime se narušava termoregulacija. To može kompromitirati imunološku funkciju vimena i povećati sklonost infekcijama, posebno kod visokoproduktivnih jedinki (Glavaš i sur., 2019). Istovremeno, povećano metaboličko opterećenje u visokoproduktivnih krava dodatno smanjuje njihovu otpornost na okolišne čimbenike (De Ondarza i Tricarico, 2017). U višestrukome regresijskom modelu, u kojem su uz vlagu uključeni i drugi čimbenici kao što su sezona, regija, veličina stada, razina mliječnosti i reproduktivni status, relativna vlažnost nije bila statistički značajna. To ne znači da nije važna, nego da se njezin učinak preklapa s djelovanjem drugih varijabli, osobito tijekom ljeta u istočnom dijelu Hrvatske, gdje su visoke temperature često praćene i visokom vlagom (Gantner i sur., 2017; Mijić i sur., 2019). U takvim uvjetima često dolazi do prekoračenja granične vrijednosti THI indeksa, što dodatno pogoršava zdravstveni status vimena. Iako u multivarijatnom modelu vlažnost nije prepoznata kao samostalan prediktor, nalazi iz jednostavne regresije jasno ukazuju da može imati posredan utjecaj na SCC. U stvarnim uvjetima držanja krava, mikroklimatski čimbenici ne djeluju izolirano, već u kompleksnoj međuovisnosti, pa je vlažnost korisno pratiti kao indikator ukupnog okolišnog opterećenja. Osobito je to važno u sustavima selektivne terapije zasušivanja, gdje procjena rizika od infekcije treba uzeti u obzir i okolišne uvjete tijekom laktacije (Lipkens i sur., 2019; Rico i Barrientos-Blanco, 2024). Zaključno, iako relativna vlažnost zraka nije u svim modelima dobila statističku potvrdu, njena je uloga važna u razumijevanju mehanizama koji dovode do povećanja broja somatskih stanica. U menadžmentu zdravlja vimena i prevenciji mastitisa,

preporučuje se redovito praćenje vlažnosti zraka kao dio sustava za kontrolu mikroklima i upravljanje rizicima, osobito u toplijim dijelovima godine.

6.11.2. Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava

Dobiveni rezultati jasno potvrđuju da temperatura zraka ima značajan i stabilan utjecaj na broj somatskih stanica (SCC) kod holstein krava. Statistička značajnost utvrđena je i u jednostavnom i u višestrukom modelu, što upućuje na postojan i robustan odnos između povišene temperature i povećane vrijednosti SCC-a. U jednostavnom modelu, visina regresijskog koeficijenta sugerira da su krave osjetljive na toplinski stres čak i kada drugi potencijalni okolišni ili proizvodni čimbenici nisu prisutni. Ovaj nalaz u skladu je s ranijim istraživanjima koja ukazuju da povišena temperatura nepovoljno utječe na imunološku funkciju, povećava propusnost epitela vimena i smanjuje sposobnost organizma da suzbije infekciju (Gantner i sur., 2017; Lipkens i sur., 2019b). Utjecaj temperature ostaje statistički značajan i u višestrukom modelu, unatoč uključivanju varijabli kao što su sezona, regija, veličina stada, stadij laktacije i redoslijed. Ova neovisnost učinka potvrđuje da temperatura predstavlja direktan okolišni stresor koji, bez obzira na unutarnje karakteristike stada, ima mjerljiv negativan učinak na zdravlje vimena. Posebno je važno što je taj učinak prisutan i nakon kontrole za sezonske varijacije, što implicira da temperatura nije samo indikator godišnjeg doba, već konkretna fiziološka prijetnja za životinju (Mijić i sur., 2019; Glavaš i sur., 2019). Mehanizmi djelovanja toplinskog stresa uključuju smanjenu konzumaciju hrane, povećanu potrošnju energije za termoregulaciju te aktivaciju proinflamatornih puteva koji dodatno kompromitiraju obrambeni sustav životinje (De Ondarza i Tricarico, 2017). Visoka temperatura zraka, osobito kada prelazi prag od 25 °C, povezana je s povećanjem THI vrijednosti iznad 68, što je već prepoznato kao zona rizika za narušavanje proizvodnih i zdravstvenih parametara (Gantner i sur., 2017). U kontekstu selektivne terapije zasušivanja (SDCT), stabilna povezanost između temperature i SCC-a podupire potrebu za uključivanjem meteoroloških podataka u sustave za procjenu rizika. Krave koje u ljetnim mjesecima pokazuju povišene SCC vrijednosti mogle bi biti kandidati za terapiju čak i u nedostatku kliničkih simptoma, zbog većeg rizika od postpartalne infekcije (Lipkens i sur., 2019b). Upravljanje toplinskim stresom – kroz osiguranje ventilacije, zasjenjivanja i sustava hlađenja – može pomoći u stabilizaciji SCC-a i smanjenju potrebe za antibiotskim tretmanima pri zasušivanju. Klimatske promjene, uz sve učestalije i intenzivnije toplinske valove, dodatno pojačavaju važnost ovog nalaza. Holstein krave, kao izrazito produktivna pasmina, pokazuju visoku osjetljivost na temperaturne ekstreme i imaju ograničenu sposobnost

termoregulacije, što ih čini osobito ranjivima na negativne posljedice visokih temperatura (Gantner i sur., 2017). Stoga bi u strategijama smanjenja uporabe antibiotika u mliječnom govedarstvu trebalo predvidjeti i mjere za ublažavanje toplinskog stresa, uključujući kontinuirano praćenje mikroklimatskih uvjeta i pravovremeno prilagođavanje menadžmenta. Zaključno, temperatura zraka potvrđuje se kao jedan od ključnih okolišnih čimbenika koji, neovisno o sezoni i ostalim varijablama, značajno doprinosi porastu SCC-a. Upravo zbog te uloge, njezino uključivanje u sustave za rano upozoravanje i upravljanje zdravljem vimenâ opravdano je i nužno, osobito u svjetlu klimatskih promjena i potrebe za smanjenjem uporabe antibiotika.

6.11.3. Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod holstein krava

Rezultati jasno pokazuju da je THI indeks jedan od najpouzdanijih okolišnih prediktora broja somatskih stanica (SCC) kod holstein krava. Statistička značajnost ovog parametra potvrđena je u oba modela, pri čemu su regresijski koeficijenti visoki i dosljedni. Takva stabilnost upućuje na postojan i izravan učinak toplinsko-vlažnog stresa na zdravlje vimenâ. Za razliku od pojedinačne analize temperature ili relativne vlažnosti, THI kombinira oba čimbenika i time preciznije odražava stvarne mikroklimatske uvjete u staji, kao i njihov učinak na krave (Gantner i sur., 2017; Glavaš i sur., 2019). U višestrukom modelu, učinak THI-a ostaje statistički visoko značajan i nakon kontrole za druge važne varijable poput sezone, stadija laktacije, pariteta i veličine stada. Blago smanjenje koeficijenta ukazuje na djelomično preklapanje s ostalim čimbenicima, no zadržana razina značajnosti potvrđuje da se ne radi o posrednom, već o neovisnom utjecaju THI-a. Ova robusnost čini THI pouzdanijim pokazateljem od same temperature ili vlažnosti pojedinačno, što je u skladu s fiziološkim mehanizmima djelovanja. Naime, toplinski stres uzrokovan visokom temperaturom postaje značajno pogoršan kada je prisutna i visoka vlažnost, jer krave tada ne mogu učinkovito disipirati višak topline znojenjem i disanjem (Lipkens i sur., 2019b; De Ondarza i Tricarico, 2017). Utvrđeni obrasci unutar modela potvrđuju poznate sezonske i proizvodne zakonitosti – viši SCC u ljetnim mjesecima, niži u proljetnim, viši kod krava u ranijim laktacijama te u stadima manjeg kapaciteta. U takvom kontekstu, THI se nameće kao izuzetno korisna varijabla u sustavima upravljanja zdravljem vimenâ. Njegovo redovito praćenje omogućuje prepoznavanje razdoblja povećanog rizika od pogoršanja zdravstvenog statusa vimenâ, što je ključno za precizno provođenje selektivne terapije zasušivanja (Rico i Barrientos-Blanco, 2024). Upravo zbog toga THI indeks može poslužiti kao element za ranu identifikaciju perioda u kojima bi primjena antibiotika mogla biti

opravdana, čime se pridonosi smanjenju nepotrebnog liječenja zdravih životinja. To je osobito važno kod holstein pasmine, koja pokazuje visoku osjetljivost na toplinski stres. U uvjetima klimatskih promjena, gdje se očekuju sve češći i izraženiji toplinski valovi, uloga THI-a u predikcijskim modelima zdravlja stada dobit će još veću važnost (Gantner i sur., 2017; Mijić i sur., 2019). Zaključno, THI predstavlja integrirani okolišni indikator koji dosljedno korelira s porastom SCC-a i kao takav bi trebao biti sustavno uključen u alate za upravljanje zdravljem krava i optimizaciju odluka o primjeni antibiotika pri zasušivanju. Njegova operativna primjena mogla bi značajno doprinijeti učinkovitosti sustava selektivne terapije, osobito u razdobljima visokog toplinskog opterećenja.

6.11.4. Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod simentalčkih krava

Za razliku od holstein krava, kod simentalčke pasmine relativna vlažnost zraka pokazuje stabilan i statistički značajan utjecaj na broj somatskih stanica (SCC) u oba primijenjena modela. U jednostavnom regresijskom modelu pozitivan koeficijent jasno ukazuje da porast vlažnosti korelira s povećanjem SCC-a. Takav nalaz je očekivan, budući da veća vlažnost u stajskim uvjetima smanjuje mogućnosti sušenja stelje, povećava zadržavanje vlage na koži vimena i stvara pogodnije uvjete za razmnožavanje bakterija koje uzrokuju mastitis (Gantner i sur., 2017). Značajnost učinka relativne vlažnosti zadržana je i u višestrukom modelu, i to nakon kontrole za niz drugih varijabli, uključujući sezonu, paritet, regiju, veličinu stada i razinu mliječnosti. Ova postojanost upućuje na to da je utjecaj vlažnosti na SCC kod simentalčkih krava neovisan, čime se razlikuju od holstein pasmine kod koje je učinak vlage izgubio značajnost u kompleksnijem modelu. Takva razlika može odražavati biološke specifičnosti simentalaca, kao što su otpornije strukture kože i sfinktera vimena, kao i drukčiji način ponašanja i korištenja prostora, što ih čini dugoročno izloženijima utjecaju okolišnih uvjeta poput vlage (Mičić i sur., 2022). Najviši SCC uočen je tijekom ljetnih mjeseci, što je dodatno naglašeno u uvjetima povišene vlažnosti zraka. Ta interakcija zahtijeva posebnu pažnju u upravljanju mikroklimom tijekom toplijih razdoblja godine. U ovom modelu posebno se ističe i regionalna distribucija, pri čemu je u središnjoj Hrvatskoj zabilježeno smanjenje SCC-a. Taj nalaz može ukazivati na lokalne razlike u načinu držanja, bolju prilagodbu pasmine na uvjete srednjoeuropske klime, ili učinkovitije upravljanje stajskim okolišem (Poljak i sur., 2021). Zadržavanje statističke značajnosti relativne vlažnosti i u prisutnosti niza drugih čimbenika potvrđuje potrebu za uključivanjem ove varijable u sustave praćenja i kontrole zdravlja vimena.

Kod simentalaca se relativna vlažnost može promatrati kao vrijedan okolišni indikator, s potencijalom za integraciju u algoritme koji pomažu donošenje odluka o selektivnoj primjeni antibiotika pri zasušivanju (Lipkens i sur., 2019b; Rico i Barrientos-Blanco, 2024). S obzirom na to da klimatske promjene donose sve izraženije oscilacije u temperaturi i vlažnosti, posebice u prijelaznim razdobljima godine, uloga relativne vlažnosti u održavanju zdravlja vimena kod simentalčkih krava postaje još važnija. Upravljanje vlagom unutar objekata i prilagodba ventilacije, stelje i rasporeda mužnje u skladu s vanjskim mikroklimatskim uvjetima može značajno doprinijeti prevenciji mastitisa i racionalnijem korištenju antibiotika.

6.11.5. Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod simentalčkih krava

Rezultati dobiveni za simentalčke krave pokazuju da temperatura zraka ima statistički značajan utjecaj na broj somatskih stanica (SCC) u oba modela, što potvrđuje da i kod ove pasmine mikroklimatski uvjeti, osobito toplinski stres, mogu negativno djelovati na zdravlje vimena. Iako je taj učinak prisutan, njegova je snaga blaža u usporedbi s holstein pasminom, što može upućivati na veću otpornost simentalčkih krava ili razlike u uvjetima držanja, kvaliteti ventilacije i prilagodbi fizioloških mehanizama organizma (Gantner i sur., 2017; Mijić i sur., 2019). U jednostavnom regresijskom modelu svaki porast temperature zraka za jedan stupanj Celzija bio je povezan s porastom SCC-a za nešto više od 1.000 stanica po mililitru mlijeka. U višestrukom modelu, u kojem su uključeni dodatni čimbenici poput sezone, regije, veličine stada i stadija laktacije, učinak temperature se smanjuje, no ostaje statistički značajan. To upućuje na činjenicu da temperatura dijeli dio varijabilnosti s drugim sezonski i okolišno uvjetovanim čimbenicima, ali i dalje djeluje kao neovisni prediktor (Glavaš i sur., 2019; De Ondarza i Tricarico, 2017). U skladu s očekivanjima, najveći porast SCC-a zabilježen je tijekom ljetnih mjeseci, kada se kombiniraju visoke temperature i povećana mikrobiološka opterećenja u stajskom prostoru. Povećani toplinski stres tijekom ljeta uzrokuje smanjenu konzumaciju hrane, promjene u metabolizmu i pad učinkovitosti imunološkog odgovora, što može rezultirati većom osjetljivošću na infekcije vimena (Lipkens i sur., 2019b). Nadalje, značajan utjecaj redoslijeda laktacije i veličine stada sugerira da su mlađe krave i one koje se nalaze u manjim skupinama posebno osjetljive u toplijim uvjetima, što može biti povezano s nižim rangom u hijerarhiji stada ili nedovoljnom prilagodbom na okolišne promjene (Mičić i sur., 2022). Iako je utjecaj temperature kod simentalčkih krava blaži nego kod holstein pasmine, on je i dalje dovoljno izražen da se preporuči njegovo uključivanje u sustave za praćenje i upravljanje zdravljem vimena. U kontekstu selektivne terapije zasušivanja, temperatura se nameće kao

jedan od okolišnih faktora koji može pomoći u procjeni rizika od povećanja SCC-a, a time i u donošenju odluka o potrebi primjene antibiotika. Posebnu pažnju treba posvetiti ljetnim mjesecima, kao i razdobljima rane laktacije te uvjetima u kojima su životinje izložene pojačanom okolišnom stresu (Rico i Barrientos-Blanco, 2024). Zaključno, temperatura zraka predstavlja značajan čimbenik u epidemiologiji SCC-a kod simentalskih krava. Redovito praćenje temperaturnih trendova, uz njihovu integraciju u sustave odlučivanja o SDCT-u, može pridonijeti preciznijem i učinkovitijem upravljanju zdravljem stada i smanjenju nepotrebne uporabe antibiotika.

6.11.6. Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod simentalskih krava

THI indeks pokazuje statistički značajan utjecaj na broj somatskih stanica (SCC) kod simentalskih krava u oba modela, što potvrđuje njegovu važnost kao okolišnog pokazatelja zdravstvenog stanja vimena. U jednostavnom regresijskom modelu, pozitivan koeficijent upućuje na to da porast toplinsko-vlažnog opterećenja dovodi do povećanja SCC-a. Iako je intenzitet učinka blaži nego kod holstein pasmine, nalaz je u skladu s prethodnim istraživanjima koja ukazuju na povezanost toplinskog stresa s narušenom funkcijom imunološkog sustava i povećanom osjetljivošću vimena na infekciju (Gantner i sur., 2017; Lipkens i sur., 2019b). Razlika u intenzitetu odgovora između pasmina može biti posljedica boljih adaptivnih mehanizama simentalaca, kao i razlika u načinu držanja, mikrouvjetima staja i razini izloženosti stresu. U višestrukom modelu, nakon kontrole za ključne varijable poput sezone, veličine stada, regije i proizvodnih karakteristika, koeficijent za THI ostaje statistički značajan, iako nešto niži. Takav rezultat sugerira da dio varijabilnosti koju THI objašnjava dijeli s drugim sezonskim i okolišnim čimbenicima, ali i da zadržava neovisnu ulogu u objašnjenju varijacija SCC-a (Glavaš i sur., 2019). Najizraženiji porasti SCC-a uočeni su tijekom ljetnih mjeseci i kod krava u ranijim stadijima laktacije. U tim fazama životinje su osjetljivije na fiziološke izazove, a termoregulacija je dodatno opterećena visokim temperaturama i vlagom. Nasuprot tome, u Središnjoj Hrvatskoj i kod krava viših pariteta zabilježen je blaži porast SCC-a, što može ukazivati na bolju prilagodbu uvjetima ili učinkovitije upravljanje okolišnim čimbenicima u tim skupinama (Poljak i sur., 2021). THI se u ovom kontekstu potvrđuje kao vrijedna integrirana varijabla, koja pouzdanije predviđa promjene u SCC-u nego što to mogu samostalno temperatura ili vlaga. Zbog svoje robustnosti, on predstavlja koristan alat u sustavima nadzora zdravlja vimena i ranog upozoravanja na pogoršanje okolišnih uvjeta. Kod simentalskih krava, unatoč numerički manjim učincima u odnosu na holstein pasminu, stabilnost THI-a kroz

različite modele opravdava njegovo uključivanje u modele procjene rizika (Rico i Barrientos-Blanco, 2024). U kontekstu selektivne terapije zasušivanja, praćenje THI vrijednosti može pomoći u prepoznavanju vremenskih razdoblja i skupina krava kod kojih je povećana vjerojatnost narušavanja zdravlja vimena. Na taj se način doprinosi preciznijem i racionalnijem korištenju antibiotika, osobito u razdobljima visokog toplinskog opterećenja.

6.11.7. Utjecaj klimatskih scenarija na zdravstveni status holstein krava

Simulacija utjecaja klimatskih scenarija pokazala je progresivnu redistribuciju zdravstvenog statusa holstein krava u ovisnosti o porastu temperature. U referentnim uvjetima, udio zdravih krava iznosio je 55,34 %, dok je u scenariju RCP8.5 pao na 7,14 %. Istodobno je zabilježen porast kliničkog mastitisa s 26,26 % na 80,67 %. Takva redistribucija posljedica je rasta broja somatskih stanica (SCC) uzrokovanog porastom temperature. Lambertz et al. (2014) su kvantificirali utjecaj toplinskog stresa na SCC te utvrdili da vrijednosti THI iznad 70 značajno povećavaju rizik od subkliničkog i kliničkog mastitisa. Gantner et al. (2023) su potvrdili da su povišene unutarnje temperature u stajama povezane s povećanjem SCC-a, posebno u razdobljima bez aktivne ventilacije. Dunn et al. (2014) su povezali sezonski porast temperature s povećanjem incidencije mastitisa i smanjenjem mliječnosti u komercijalnim stadima. U ovoj analizi, jednostavna linearna regresija pokazala je porast SCC-a za 3.392 stanice/mL po svakom stupnju Celzijusa, dok je višestruka regresijska analiza, uzimajući u obzir dodatne čimbenike (stadij laktacije, regija, sezona, veličina stada, dnevna proizvodnja), dala konzistentnu, nešto nižu procjenu (2.581,3 stanica/mL). Ti nalazi dosljedni su sa smjerom učinaka zabilježenih u prethodnim istraživanjima. Jawhar Safi et al. (2024) naglasili su da su holstein krave posebno osjetljive na toplinski stres zbog visoke razine metaboličke aktivnosti i smanjene sposobnosti termoregulacije. Posljedično dolazi do smanjenja funkcionalne barijere epitela vimena i povećane osjetljivosti na invaziju mikroorganizama. S obzirom na prag SCC-a za definiciju zdravih krava (<200.000 stanica/mL), evidentno je da porast temperature ograničava mogućnost identifikacije zdravih jedinki za selektivnu terapiju zasušivanja (SDCT). U scenariju RCP8.5 broj krava koje ispunjavaju kriterije za izostanak antibiotika postaje zanemariv. Posljedično, ukupna količina antibiotika ostaje nepromijenjena, unatoč teorijskom potencijalu za redukciju u početnom stanju. Wankar et al. (2024) upozoravaju da klimatske promjene smanjuju učinkovitost preventivnih strategija i povećavaju potrebu za terapijskim intervencijama. European Commission (2019) postavlja smanjenje uporabe antibiotika kao ključnu mjeru u strategiji „Od polja do stola“, čime scenariji visokog toplinskog opterećenja

postaju prijatnija za postizanje regulatornih i okolišnih ciljeva. Papakonstantinou et al. (2024) naglašavaju ulogu sustava preciznog stočarstva, osobito kontinuiranog praćenja SCC-a i mikroklima, u očuvanju učinkovitosti SDCT pristupa. Integracija senzorskih tehnologija omogućuje pravovremenu prilagodbu terapijskih protokola u skladu s promjenama okolišnih uvjeta. Zaključno, porast temperature zraka, kao parametar klimatskih promjena, ima kvantificiran i negativan utjecaj na distribuciju zdravstvenih stanja u stadu holstein krava, s izravnim posljedicama na mogućnost primjene selektivne terapije i postizanje okolišnih ciljeva u upravljanju antimikrobnom rezistencijom.

6.11.8. Utjecaj klimatskih scenarija na zdravstveni status simentalskih krava

Provedena analiza pokazuje da porast temperature, simuliran kroz RCP klimatske scenarije, rezultira jasnim smanjenjem udjela zdravih simentalskih krava i paralelnim povećanjem udjela jedinki s kliničkim mastitisom. U referentnim uvjetima, udio zdravih krava iznosio je 55,83 %, dok se u scenariju RCP8.5 (porast od +2 °C) taj udio smanjuje na 8,79 %. Istovremeno, udio krava s kliničkim mastitisom raste s 25,64 % na 78,82 %. Iako se simentalska pasmina tradicionalno smatra otpornijom na okolišne stresore u odnosu na holstein, rezultati sugeriraju da pri porastu temperature iznad 1 °C dolazi do izrazitog narušavanja zdravlja vimena. Ovi nalazi potvrđuju da toplinski stres djeluje kao univerzalni stresor, čiji se učinak manifestira kroz porast broja somatskih stanica (SCC), bez obzira na pasminu (Lambertz et al., 2014; Gantner et al., 2023). U ovoj analizi korišten je isti regresijski model kao za holstein krave, temeljen na porastu SCC-a za 3.392 stanice/mL po 1 °C u OLS modelu, odnosno 2.581,3 stanice/mL u GLM modelu. U studiji Sejian et al. (2024) istaknuto je da povećanje temperature ima kumulativni negativan učinak na fiziološku stabilnost preživača, posebno u situacijama kada su prisutni višestruki stresori. Iako simentalci bolje podnose kratkotrajna odstupanja u temperaturi, njihova sposobnost kompenzacije se smanjuje pri duljem trajanju nepovoljnih mikroklimatskih uvjeta. Time se povećava učestalost subkliničkih i kliničkih infekcija vimena. Haider et al. (2025) navode da simentalske krave uzgojene u toplijim regijama pokazuju značajan pad imunološke učinkovitosti tijekom toplinskih valova, što povećava osjetljivost na mastitis. Uz to, Sejian et al. (2024) preporučuju redefiniranje stočarskih strategija u skladu s klimatskim promjenama, uključujući selekciju otpornijih linija unutar pasmine, poboljšanja u ventilaciji i upravljanje hranidbom tijekom ljetnih mjeseci. Rezultati simulacije ukazuju da već u scenariju RCP2.6, gdje udio zdravih krava iznosi 21,18 %, selektivna terapija zasušivanja (SDCT) gubi dio svoje učinkovitosti. U scenarijima RCP4.5 i RCP6.0 udio zdravih pada ispod 17 %, dok u RCP8.5

gotovo nestaje, čime se mogućnost redukcije antibiotika svodi na minimum. Ukupna količina antibiotika tako ostaje visoka, a ekološki potencijal SDCT-a ne može biti ostvaren. Neethirajan (2023) ističe važnost integracije digitalnih sustava za nadzor zdravlja vimen i mikroklima kao temelj za održavanje učinkovitosti SDCT-a u klimatski osjetljivim regijama. Precizni senzori za kontinuirano praćenje SCC-a i THI indeksa omogućuju pravodobnu identifikaciju rizičnih jedinki i sezonsko prilagođavanje terapijskih strategija. Zaključno, iako simentalske krave u prosjeku bolje podnose okolišne fluktuacije u usporedbi s holstein pasminom, pri višim klimatskim projekcijama dolazi do istog obrasca pogoršanja zdravstvenog statusa. Očuvanje populacije zdravih krava u uvjetima povišenih temperatura zahtijeva prilagodbu sustava držanja i uvođenje tehnologija ranog upozoravanja, čime se može produljiti učinkovitost selektivne terapije i istodobno smanjiti ekološki otisak mliječnog sektora.

7. ZAKLJUČCI

Glavni cilj ovoga istraživanja bio je procijeniti mogućnosti smanjenja uporabe antibiotika prilikom zasušivanja mliječnih krava s ciljem smanjenja njihove emisije u okoliš. U tom kontekstu, analizirani su ključni pokazatelji proizvodnje i zdravlja vimena, uključujući broj somatskih stanica (SCC), te okolišni čimbenici koji utječu na prevalenciju mastitisa, kao i potencijal za racionalizaciju primjene terapije. Istraživanje je provedeno analizom baze podataka kontrole mliječnosti krava pod uzgojno-seleksijskim radom, koju vodi Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (HAPIH). Početna baza sadržavala je više od 12 milijuna zapisa, od čega je nakon logične kontrole u analizu uključeno 2.509.222 zapisa za holstein te 2.835.101 zapis za simentalne krave, u razdoblju od 1. siječnja 2013. do 31. prosinca 2022. godine. Kontrola mliječnosti provedena je metodama AT4 i BT4 u skladu sa standardima ICAR-a, dok su kemijski sastav mlijeka i SCC analizirani u akreditiranom laboratoriju SLKM HAPIH-a pomoću infracrvene spektrofotometrije i fluoro-opto-elektronske metode. Statističke analize obuhvatile su procjenu fenotipske varijabilnosti, kovarijabilnosti između SCC-a i proizvodnih svojstava, prevalenciju različitih oblika mastitisa, učinke zdravstvenog stanja vimena na mliječnost, te kvantifikaciju smanjenja uporabe antibiotika i procjenu njihove emisije u okoliš u kontekstu različitih klimatskih scenarija. Analize su provedene pomoću GLM i MIXED modela u SAS/STAT okruženju, uz korištenje korekcijskih čimbenika prema ICAR smjernicama i standardima kontrole mliječnosti.

U prvoj fazi istraživanja procijenjena je fenotipska varijabilnost dnevnih svojstava mliječnosti u odnosu na biološke, okolišne i proizvodne čimbenike. Dobiveni rezultati potvrđuju izraženu fenotipsku varijabilnost dnevnih svojstava mliječnosti kod krava holstein i simentalne pasmine, pod utjecajem bioloških, okolišnih i proizvodnih čimbenika. Dnevna količina mlijeka kretala se od 15,8 kilograma u najmanjim stadima do 29,2 kilograma u najvećim, pri čemu je najviša proizvodnja zabilježena u trećem paritetu i u razdoblju od 31. do 90. dana laktacije. Udio mliječne masti i proteina bio je relativno stabilan u rasponu od 3,3 do 4,3 posto, dok su apsolutne dnevne količine tih sastojaka rasle s povećanjem volumena mlijeka, dosežući vrijednosti veće od 1,2 kilograma masti i 1,0 kilograma proteina kod najproduktivnijih skupina. SCC povećavao se s rednim brojem laktacije i trajanjem laktacije, a kretao se u rasponu od 249 tisuća do 571 tisuću stanica po mililitru. Najniže vrijednosti utvrđene su kod krava s višom dnevnom mliječnošću i u većim stadima. Udio laktoze pokazivao je porast s količinom proizvedenog mlijeka, od 4,4 do 4,6 posto, dok je koncentracija uree u mlijeku pokazivala izraženu varijabilnost, od 16,3 do 27,5 milimola po litri, s najvišim vrijednostima u većim

stadima i kasnijim fazama laktacije. Regija uzgoja i sezona kontrole mliječnosti imale su statistički značajan utjecaj na proizvodne pokazatelje, pri čemu su najveće vrijednosti mliječnosti i najniži SCC zabilježeni tijekom zime u istočnoj Hrvatskoj, a najviše vrijednosti SCC u prijelaznim sezonama i manjim stadima. Rezultati upućuju na to da viša mliječnost nije povezana s lošijim zdravstvenim pokazateljima, već, uz primjenu adekvatnih mjera upravljanja i hranidbe, može biti povezana s boljom funkcionalnošću mliječne žlijezde i povoljnijim sastavom mlijeka. Utvrđena fenotipska varijabilnost omogućuje identifikaciju skupina životinja s optimalnim proizvodnim i zdravstvenim parametrima te predstavlja temelj za razvoj selektivnih strategija zasušivanja bez primjene antibiotika.

Slijedom prethodnih nalaza, provedena je detaljna analiza kovarijabilnosti SCC-a i dnevnih proizvodnih svojstava mlijeka s ciljem dubljeg razumijevanja njihovih međusobnih odnosa i implikacija za zdravlje vimena i učinkovitost proizvodnje. Dobiveni rezultati potvrđuju postojanu negativnu povezanost između SCC-a i dnevne količine mlijeka, kao i apsolutnih vrijednosti mliječne masti i proteina kod krava holstein i simentalke pasmine. Intenzitet korelacija bio je izraženiji kod log-transformiranih vrijednosti SCC, koje su pokazale jaču vezu s promjenama u proizvodnim pokazateljima, osobito u ranim stadijima laktacije i u stadima s nižom proizvodnjom mlijeka. Najniže vrijednosti korelacija između SccLog i dnevne količine mlijeka zabilježene su kod simentalčkih krava u ranoj laktaciji ($-0,184$) te u najmanjim stadima kod holstein krava ($-0,185$), dok je najviša negativna korelacija između SccLog i udjela laktoze iznosila $-0,431$. Udio laktoze dosljedno se pokazao kao najosjetljiviji pokazatelj povezanosti sa SCC, neovisno o pasmini, stadiju laktacije, veličini stada, sezoni, regiji uzgoja i razredu mliječnosti, što potvrđuje njegovu dijagnostičku vrijednost. Korelacije između SCC i udjela masti i proteina bile su blago pozitivne, dok su korelacije s dnevnim količinama tih sastojaka bile negativne, osobito izražene u sredini laktacije i u većim stadima. Koncentracija uree u mlijeku pokazala je nisku i nestabilnu povezanost sa SCC, najčešće ispod $-0,1$, što upućuje na ograničenu interpretativnu vrijednost tog parametra u kontekstu zdravlja vimena. Ukupno gledano, rezultati ukazuju na to da povećani SCC ima dosljedan negativan utjecaj na volumensku i sastavnu mliječnost, osobito u uvjetima niže proizvodnje, manjih stada i toplijih sezona, što ima izravne implikacije na identifikaciju rizičnih skupina krava i razvoj ciljanih strategija zasušivanja.

Nastavno na prethodno utvrđene negativne korelacije između SCC-a i proizvodnih parametara mlijeka, provedena je frekvencijska analiza prevalencije kliničkog i subkliničkog mastitisa kod krava holstein i simentalke pasmine, s ciljem preciznijeg uvida u obrasce pojavnosti bolesti u odnosu na biološke, okolišne i proizvodne čimbenike. Rezultati za holstein krave ukazuju na

progresivan porast učestalosti mastitisa s porastom pariteta, od 20,17 % u drugom do 34,93 % u četvrtom, uz istovremeni pad udjela zdravih krava sa 73,91 % u prvoj na 47,57 % u četvrtoj laktaciji. Analizom prema stadiju laktacije zabilježen je kontinuirani rast udjela mastitičnih krava s 20,59 % u ranoj do 24,47 % u kasnoj fazi (>300 dana), dok se udio zdravih krava smanjuje s 67,69 % na 56,21 %. Dodatna razrada kroz 11 razreda dana laktacije potvrđuje ovaj obrazac s najmanjim udjelom mastitisa u razredu <30 dana (21,95 %) i najvišim u razredu >300 dana (24,46 %). Usporedbom regija, središnja Hrvatska pokazuje najvišu prevalenciju mastitisa (25,26 %) i najniži udio zdravih krava (58,96 %), dok su povoljniji rezultati uočeni u istočnoj i mediteranskoj regiji. Sezonska analiza pokazuje najveću prevalenciju u jesen (23,51 %) i najmanju zimi (20,41 %), što upućuje na utjecaj okolišnih uvjeta i mikroklimatskih čimbenika. Prema veličini stada, najmanja gospodarstva bilježe najvišu prevalenciju mastitisa (30,15 %), dok su najveća stada (>500 krava) imala najnižu učestalost bolesti (16,45 %), uz istovremeni rast udjela zdravih krava s povećanjem veličine stada. Sličan obrazac utvrđen je i u odnosu na dnevnu količinu mlijeka, pri čemu se udio krava s mastitisom smanjuje s 30,60 % u razredu <15 kg na 17,36 % u razredu >30 kg, dok udio zdravih krava raste s 50,17 % na 71,34 %. Kod simentalke pasmine zabilježeni su slični trendovi, iako s nešto nižom ukupnom prevalencijom. Udio krava s mastitisom u četvrtom paritetu iznosio je 27,75 %, dok je u razredu >300 dana dosegnuo 24,06 %. Regionalne razlike bile su blaže, s najvišim udjelom mastitisa u istočnoj (21,70 %) i najnižim u mediteranskoj regiji (19,76 %). Sezonska distribucija pokazala je najvišu učestalost u jeseni (22,68 %), dok je najniža bila zimi (19,49 %). Veličina stada i dnevna količina mlijeka također su pokazali negativnu povezanost s prevalencijom mastitisa, uz najnižu učestalost bolesti u skupinama s više od 200 krava (12,73 %) i u razredu proizvodnje >30 kg (17,53 %). Ovi podaci ukazuju na dosljedan obrazac u kojemu se mastitis češće pojavljuje u višim paritetima, kasnijim fazama laktacije, manjim stadima i kod krava s nižom mliječnošću, a učestalost je dodatno modulirana sezonskim i regionalnim varijacijama. Rezultati podupiru potrebu za diferenciranim strategijama upravljanja zdravljem vimena koje uključuju ciljanu prevenciju u rizičnim skupinama i okolišima, rutinsko praćenje SCC, optimizaciju mužnje i sustavno praćenje tijekom cijele godine.

Na temelju sveobuhvatne procjene proizvodnih i zdravstvenih pokazatelja, kao i njihovih međusobnih povezanosti, nastavak istraživanja usmjeren je na evaluaciju učinkovitosti postojećih terapijskih pristupa pri zasušivanju krava, s posebnim naglaskom na mogućnosti racionalizacije uporabe antibiotika. U tom kontekstu, analiziran je utjecaj zdravstvenog statusa vimena (zdrave krave, subklinički i klinički mastitis) na dnevna svojstva mliječnosti, uključujući količinu mlijeka te dnevni sadržaj mliječne masti, proteina i laktoze. Dobiveni

rezultati potvrđuju statistički značajan negativan učinak mastitisa na sve proizvodne pokazatelje. Kod holstein krava sa zdravim vimenom, prosječna dnevna količina mlijeka iznosila je 27,5 kilograma, dok je kod onih s kliničkim mastitisom pala na 23,3 kilograma. Udio laktoze smanjio se s 4,56 % kod zdravih na 4,30 % kod klinički oboljelih, dok je SCClog porastao s 4,9 na iznad 10,0. Kod simentalских krava razlike su bile još izraženije — mliječnost se smanjila s 23,9 na 19,6 kilograma, a udio laktoze s 4,52 % na 4,18 %. Logaritamski broj somatskih stanica dosežao je vrijednosti iznad 10,0 kod kliničkih slučajeva, nasuprot prosječnim vrijednostima od 5,5–5,8 kod zdravih krava. Udio masti i proteina pokazivao je porast u oboljelih skupina, npr. udio proteina kod kliničkih holstein krava iznosio je 3,53 %, nasuprot 3,30 % kod zdravih, što se može pripisati koncentracijskom učinku. Koncentracija uree pokazala je varijabilnost, ali su u određenim uvjetima razlike bile statistički značajne — primjerice, u ljetnom razdoblju klinički bolesne holstein krave imale su prosječnu koncentraciju uree od 24,64 mmol/L, u usporedbi s 22,8 mmol/L kod zdravih. Ovi rezultati jasno ukazuju da se, unatoč nekim varijacijama među pasminama i uvjetima držanja, pogoršanje zdravstvenog statusa vimena dosljedno odražava na smanjenje volumena mlijeka, pad udjela laktoze te porast SCC-a, čime se narušava kvaliteta mlijeka i povećava terapijski rizik. Takva dijagnostička i proizvodna razdioba predstavlja ključnu osnovu za identifikaciju životinja kod kojih terapija antibioticima pri zasušivanju nije potrebna, čime se otvara prostor za selektivnu, ekonomski opravdanu i ekološki prihvatljivu racionalizaciju njihove primjene.

U sklopu istraživanja provedena je i ekološka procjena emisije antibiotika u okoliš, s ciljem kvantificiranja potencijalnog opterećenja koje proizlazi iz njihove primjene prilikom zasušivanja mliječnih krava. Analiza je obuhvatila dvije pasmine – holstein i simentalску – te dva najčešće korištena pripravka: Cefa-Safe (aktivna tvar: cephapirin) i Mastidry (aktivne tvari: kloksacilin i ampicilin). Kod holstein krava, ukupna količina cephapirina primijenjena konvencionalnom terapijom iznosila je 551.191,20 g, dok bi se selektivnim pristupom ta količina smanjila na 306.950,40 g, što predstavlja smanjenje od 44,3 %. U slučaju pripravka Mastidry, ukupna količina primijenjenih antibiotika iznosila je 1.653.242,40 g, a primjenom SDCT-a smanjila bi se na 920.076,00 g (smanjenje od 44,3 %). Kod simentalских krava, smanjenje je bilo nešto izraženije: s 459.849,60 g na 255.663,60 g kod Cefa-Safe (–44,4 %) te s 1.379.548,80 g na 764.419,20 g kod Mastidry pripravaka (–44,6 %). Uzimajući u obzir podatke iz znanstvene literature prema kojima se 30 % do 90 % primijenjenih antibiotika izlučuje nepromijenjeno putem urina i fecesa, procijenjeni volumen potencijalno emitirane aktivne tvari u okoliš doseže više od 240 kg cephapirina i 730 kg kombiniranih penicilina na razini populacije krava obuhvaćenih analizom. Ovi podaci ukazuju na značajan selekcijski

pritisak na mikrobne zajednice tla i voda, čime se povećava rizik od razvoja antimikrobne rezistencije u okolišnim bakterijama. Doprinos SDCT-a smanjenju ukupnog opterećenja okoliša antibioticima potvrđuje njegovu višestruku korist – osim ekonomske i veterinarske učinkovitosti, primjena selektivnog pristupa značajno smanjuje emisiju farmaceutskih rezidua u okoliš, osobito u osjetljivim ekosustavima u blizini farmi. Time se osigurava usklađenost mliječne proizvodnje s načelima zaštite okoliša i ciljevima „One Health“ pristupa.

U završnoj fazi istraživanja procijenjena je emisija antibiotika u okoliš u ovisnosti o mikroklimatskim uvjetima i projekcijama klimatskih promjena. Rezultati ukazuju da okolišni čimbenici, osobito temperatura zraka, relativna vlažnost i kombinirani toplinsko-vlažni indeks (THI), imaju statistički značajan utjecaj na SCC kod obje pasmine. Regresijske jednadžbe potvrdile su kvantitativnu povezanost između porasta temperature i rasta SCC-a, s vrijednostima od 3.392 stanica/mL po °C u OLS modelu, odnosno 2.581,3 stanica/mL u GLM modelu. Na temelju tih jednadžbi izrađene su simulacije zdravstvenog statusa stada prema IPCC scenarijima klimatskih promjena (RCP2.6 do RCP8.5), čime je procijenjena mogućnost primjene selektivne terapije zasušivanja (SDCT) u različitim okolišnim uvjetima. U referentnim uvjetima, udio zdravih krava (SCC < 200.000/mL) iznosio je 55,34 % kod holstein i 55,83 % kod simentalških krava, što omogućuje znatno smanjenje uporabe antibiotika. Međutim, u scenariju RCP8.5, udio zdravih krava smanjuje se na 7,14 % (holstein) i 8,79 % (simentalske), dok udio klinički bolesnih jedinki raste na 80,67 % i 78,82 %. Time mogućnost racionalizacije primjene antibiotika gotovo nestaje, unatoč početnom potencijalu. Količina antibiotika potrebna u tim uvjetima ostaje gotovo jednaka kao i kod konvencionalne terapije, što ograničava ekološke koristi SDCT-a. Procjena emisije u okoliš pokazala je da bi primjenom SDCT-a, u povoljnim uvjetima, ukupna količina aktivne tvari cephapirina mogla biti smanjena sa 551.191,20 g na 306.950,40 g kod holstein i s 459.849,60 g na 255.663,60 g kod simentalških krava. Kod Mastidry pripravka, smanjenje iznosi s 1.653.242,40 g na 920.076,00 g (holstein) i s 1.379.548,80 g na 764.419,20 g (simentalci). Međutim, u scenarijima izraženog toplinskog opterećenja, kada se udio zdravih krava smanjuje ispod 10 %, navedena smanjenja nisu moguća, a ukupna emisija ostaje na razini višoj od 2.000 kg aktivne tvari za obje pasmine zajedno. Zaključno, klimatske promjene imaju izravan negativan učinak na zdravstveni status stada i mogućnost racionalne primjene antibiotika. Učinkovitost SDCT-a u budućim uvjetima bit će ovisna o integraciji okolišnih pokazatelja (npr. THI) u sustave odlučivanja i pravovremenom prilagođavanju upravljačkih strategija. Precizno modeliranje okolišnog rizika i korištenje senzorskih tehnologija za praćenje SCC-a i mikroklike predstavljaju nužne alate

za očuvanje veterinarske učinkovitosti, ekonomsku održivost i ekološku prihvatljivost mliječnog sektora u uvjetima klimatskih promjena.

Na temelju provedenog istraživanja, potvrđene su višestruke koristi selektivne terapije zasušivanja u smanjenju nepotrebne uporabe antibiotika, ekonomskom optimiziranju terapije i očuvanju zdravlja vimen, pri čemu je istovremeno kvantificirana značajna razina ekološkog rizika povezanog s masovnom primjenom antibiotika. Rezultati jasno ukazuju na potrebu za unapređenjem praksi u stočarskoj proizvodnji, s naglaskom na interdisciplinarnost i integraciju okolišnih aspekata u veterinarske i proizvodne odluke. Stoga se na temelju analize predlaže sljedeće: Primarno, nužno je uspostaviti sustavno praćenje prisutnosti farmaceutskih rezidua u okolišu, osobito u stajskom gnoju, površinskim i podzemnim vodama u blizini farmi. Kvantificirani podaci o potencijalnoj emisiji više od 240 kilograma cephapirina i 730 kilograma kombiniranih penicilina u okoliš tijekom desetogodišnjeg razdoblja, temeljeni na stvarnim obrascima primjene, upućuju na potrebu za uvođenjem monitoring sustava kojim bi se pratio utjecaj na mikrobne zajednice tla i vodnih ekosustava. Takav sustav praćenja bio bi u skladu s europskom Uredbom o veterinarsko-medicinskim proizvodima (EU 2019/6), koja propisuje obvezu evidentiranja svih potencijalno štetnih utjecaja na okoliš. Također, preporučuje se uvođenje okolišne dimenzije u sustave odlučivanja o primjeni antibiotika pri zasušivanju. S obzirom na utvrđenu osjetljivost SCC-a na mikroklimatske uvjete, osobito na temperaturu, relativnu vlažnost zraka i THI indeks, ove varijable treba integrirati u modele procjene rizika za SDCT. U uvjetima visokog okolišnog stresa, selektivni pristup gubi učinkovitost, što opravdava potrebu za razvojem digitalnih alata koji bi u stvarnom vremenu uzimali u obzir okolišne podatke i proizvodne karakteristike krava. Dodatno, rezultati jasno ukazuju na potrebu za integriranim praćenjem antimikrobne rezistencije izvan okvira farmi, osobito u okolišnim uzorcima, što je u skladu s Europskim akcijskim planom protiv antimikrobne rezistencije. Potrebno je uključiti okolišne znanosti, mikrobiologiju, veterinu i poljoprivredu u zajedničke sustave nadzora, čime bi se osigurao multidisciplinarni pristup u skladu s konceptom „Jednog zdravlja” (One Health). Zbog klimatskih promjena koje dodatno pogoršavaju okolišne uvjete i povećavaju zdravstvene rizike za visoko proizvodne krave, preporučuje se razvoj strategija prilagodbe, uključujući praćenje mikroklimatskih uvjeta, prilagodbu ventilacijskih sustava i unapređenje upravljanja stajskim okolišem. Istovremeno, važno je provoditi kontinuiranu edukaciju poljoprivrednika i veterinaru o rizicima pretjerane uporabe antibiotika i važnosti očuvanja ekosustava. Na koncu, integracija ciljeva Zelenog plana Europske unije i strategije „Od polja do stola”, koji uključuju smanjenje uporabe antimikrobnih sredstava za 50 % do 2030. godine, mora se operacionalizirati na razini farme. Uvođenje SDCT-a kao standardne

prakse, uz oslonac na objektivne podatke i okolišne pokazatelje, predstavlja konkretan doprinos postizanju ovih strateških ciljeva i osiguravanju dugoročne održivosti mliječne proizvodnje u Europskoj uniji.

Provedeno istraživanje potvrdilo je početnu hipotezu da se selektivnom primjenom terapije zasušivanja može ostvariti značajno smanjenje uporabe antibiotika i pripadajućih emisija u okoliš. Kvantitativna analiza pokazala je da se u uvjetima niske okolišne izloženosti broj zdravih krava može procijeniti s visokom pouzdanošću, što omogućuje precizno ciljanu terapiju. Istodobno je utvrđeno da porast okolišnog stresa, osobito u scenarijima povišene temperature i vlage, znatno smanjuje udio životinja koje ispunjavaju kriterije za selektivni pristup, čime se ograničava potencijal za racionalizaciju uporabe antibiotika. Dobiveni nalazi potvrđuju da je učinkovitost selektivne terapije izravno određena mikroklimatskim uvjetima, što upućuje na potrebu uključivanja okolišnih varijabli u modele odlučivanja o terapiji. Znanstveni doprinos ovoga istraživanja temelji se na operativnoj procjeni mogućnosti smanjenja nepotrebne uporabe antibiotika kod zasušivanja mliječnih krava, pri čemu je SCC primijenjen kao biološki marker u odnosu na okolišne čimbenike. Time je SCC sagledan ne samo kao dijagnostički pokazatelj zdravlja vimen, nego i kao indikator fiziološke osjetljivosti životinje na okolišne uvjete. Ovakav pristup omogućuje novo razumijevanje opravdanosti primjene antibiotika i pruža osnovu za daljnja istraživanja usmjerena na ekološke posljedice njihove uporabe. Rezultati istraživanja mogu se koristiti za unapređenje sustava nadzora, oblikovanje preporuka o upravljanju zdravljem stada i donošenje politika kojima se smanjuje okolišni otisak mliječnih farmi, u skladu s načelima interdisciplinarnog pristupa koncepta „Jednog zdravlja“.

8. POPIS LITERATURE

1. Adkins, P. R. F., & Middleton, J. R. (2018). Methods for Diagnosing Mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 34(3), 479–491. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.07.003>
2. Alhussien, M., Manjari, P., Sheikh, A. A., Mohammed Seman, S., Reddi, S., Mohanty, A. K., Mukherjee, J., & Dang, A. K. (2016). Immunological attributes of blood and milk neutrophils isolated from crossbred cows during different physiological conditions. *Czech Journal of Animal Science*, 61(5), 223–231. <https://doi.org/10.17221/63/2015-CJAS>
3. Alhussien, M. N., & Dang, A. K. (2018). Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview. *Veterinary World*, 11(5), 562–577. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.562-577>
4. Aly, S. S., Okello, E., ElAshmawy, W. R., Williams, D. R., Anderson, R. J., Rossitto, P., Tonooka, K., Glenn, K., Karle, B., & Lehenbauer, T. W. (2022). Effectiveness of Intramammary Antibiotics, Internal Teat Sealants, or Both at Dry-Off in Dairy Cows: Clinical Mastitis and Culling Outcomes. *Antibiotics*, 11(7), 954. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11070954>
5. Angelopoulou, A. (2019). Alternative treatments for bovine and human mastitis. PhD Thesis, University College Cork. <https://hdl.handle.net/10468/9940>
6. Antanaitis, R., Juozaitienė, V., Jonike, V., Baumgartner, W., & Paulauskas, A. (2021). Milk Lactose as a Biomarker of Subclinical Mastitis in Dairy Cows. *Animals*, 11(6), 1736. <https://doi.org/10.3390/ani11061736>
7. Antunović, Z., Klir Šalavardić, Ž., Samac, D., Zmaić, K., & Novoselec, J. (2024). Development potentials and SWOT analysis of organic animal husbandry in the Republic of Croatia and its comparison with the European Union. *Journal of Central European Agriculture*, 25(3), 647–660. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/25.3.4363>
8. Argaw, A. (2016). Review on Epidemiology of Clinical and Subclinical Mastitis on Dairy Cows. *Food Science and Quality Management*, 52, 56–65.
9. Auldist, M. J. (2020). Milk Quality and Udder Health: Effect on Processing Characteristics. In *Encyclopedia of Dairy Sciences* (pp. 225–231). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00003-9>

10. Balaine, L., Dillon, E. J., Laple, D., & Lynch, J. (2020). Can technology help achieve sustainable intensification? Evidence from milk recording on Irish dairy farms. *Land Use Policy*, 92, 104437. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104437>
11. Barathe, P., Kaur, K., Reddy, S., Shriram, V., & Kumar, V. (2024). Antibiotic pollution and associated antimicrobial resistance in the environment. *Journal of Hazardous Materials Letters*, 5, 100105. <https://doi.org/10.1016/j.hazl.2024.100105>
12. Batavani, R. A., Asri, S., & Naebzadeh, H. (2007). The effect of subclinical mastitis on milk composition in dairy cows. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 8(3). <https://doi.org/10.22099/ijvr.2007.925>
13. Bayle, S., Drapeau, A., Rocher, J., Laurent, F., Metayer, V., Haenni, M., Madec, J.-Y., & Valat, C. (2021). Characterization of cultivable airborne bacteria and their antimicrobial resistance pattern in French milking parlour. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(9), 11689–11696. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11974-8>
14. Benedet, A., Manuelian, C. L., Zidi, A., Penasa, M., & De Marchi, M. (2019). Invited review: β -hydroxybutyrate concentration in blood and milk and its associations with cow performance. *Animal*, 13(8), 1676–1689. <https://doi.org/10.1017/S175173111900034X>
15. Bengtsson-Palme, J., & Larsson, D. G. J. (2016). Concentrations of antibiotics predicted to select for resistant bacteria: Proposed limits for environmental regulation. *Environment International*, 86, 140–149. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.015>
16. Benić, M., Maćešić, N., Cvetnić, L., Habrun, B., Cvetnić, Ž., Turk, R., Đurićić, D., Lojkić, M., Dobranić, V., Valpotić, H., Grizelj, J., Gračner, D., Grbavac, J., & Samardžija, M. (2018). Bovine mastitis: A persistent and evolving problem requiring novel approaches for its control - a review. *Veterinarski Arhiv*, 88(4), 535–557. <https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.0116>
17. Bennani, H., Mateus, A., Mays, N., Eastmure, E., Stark, K. D. C., & Hasler, B. (2020). Overview of Evidence of Antimicrobial Use and Antimicrobial Resistance in the Food Chain. *Antibiotics*, 9(2), 49. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9020049>
18. Berendsen, B. J. A., Wegh, R. S., Memelink, J., Zuidema, T., & Stolker, L. A. M. (2015). The analysis of animal faeces as a tool to monitor antibiotic usage. *Talanta*, 132, 258–268. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.09.022>

19. Berry, E. A., & Hillerton, J. E. (2002). The Effect of Selective Dry Cow Treatment on New Intramammary Infections. *Journal of Dairy Science*, 85, 112–121. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(02\)74059-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(02)74059-9)
20. Bobbo, T., Penasa, M., & Cassandro, M. (2020). Combining total and differential somatic cell count to better assess the association of udder health status with milk yield, composition and coagulation properties in cattle. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 697–703. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1784804>
21. Bonsaglia, E. C. R., Gomes, M. S., Canisso, I. F., Zhou, Z., Lima, S. F., Rall, V. L. M., Oikonomou, G., Bicalho, R. C., & Lima, F. S. (2017). Milk microbiome and bacterial load following dry cow therapy without antibiotics in dairy cows with healthy mammary gland. *Scientific Reports*, 7(1), 8067. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08790-5>
22. Boutinaud, M., & Jammes, H. (2002). Potential uses of milk epithelial cells: A review. *Reproduction Nutrition Development*, 42(2), 133–147. <https://doi.org/10.1051/rnd:2002013>
23. Bradley, A. J., De Vliegher, S., Green, M. J., Larrosa, P., Payne, B., Van De Leemput, E. S., Samson, O., Valckenier, D., Van Werven, T., Waldeck, H. W. F., White, V., & Goby, L. (2015). An investigation of the dynamics of intramammary infections acquired during the dry period on European dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 6029–6047. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8749>
24. Calvopiña Montenegro, P. C., De Janon González, D. S., Medina Santana, J. L., Vargas-Estrella, J., Ron-Garrido, L., Proaño-Pérez, F., & Vinueza-Burgos, C. (2024). Presencia y resistencia antimicrobiana de *Escherichia coli* BLEE en muestras fecales de bovinos productores de leche al norte de Ecuador. *Siembra*, 11(2), e6542. <https://doi.org/10.29166/siembra.v11i2.6542>
25. Cameron, M., McKenna, S. L., MacDonald, K. A., Dohoo, I. R., Roy, J. P., & Keefe, G. P. (2014). Evaluation of selective dry cow treatment following on-farm culture: Risk of postcalving intramammary infection and clinical mastitis in the subsequent lactation. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 270–284. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7060>
26. Cameron, M., Keefe, G. P., Roy, J.-P., Stryhn, H., Dohoo, I. R., & McKenna, S. L. (2015). Evaluation of selective dry cow treatment following on-farm culture: Milk yield and somatic cell count in the subsequent lactation. *Journal of Dairy Science*, 98(4), 2427–2436. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8876>

27. Capel, M. (2022). Implementing selective dry cow therapy. *American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings*, 55(1), 109–110. <https://doi.org/10.21423/aabppro20228535>
28. Casseri, E., Bulut, E., Llanos Soto, S., Wemette, M., Stout, A., Greiner Safi, A., Lynch, R., Moroni, P., & Ivanek, R. (2022). Understanding Antibiotic Resistance as a Perceived Threat towards Dairy Cattle through Beliefs and Practices: A Survey-Based Study of Dairy Farmers. *Antibiotics*, 11(8), 997. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11080997>
29. Chen, H., Weersink, A., Kelton, D., & Von Massow, M. (2021). Estimating milk loss based on somatic cell count at the cow and herd level. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 7919–7931. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18517>
30. Christaki, E., Marcou, M., & Tofarides, A. (2020). Antimicrobial Resistance in Bacteria: Mechanisms, Evolution, and Persistence. *Journal of Molecular Evolution*, 88(1), 26–40. <https://doi.org/10.1007/s00239-019-09914-3>
31. Cobirka, M., Tancin, V., & Slama, P. (2020). Epidemiology and Classification of Mastitis. *Animals*, 10(12), 2212. <https://doi.org/10.3390/ani10122212>
32. Costa, A., Bovenhuis, H., & Penasa, M. (2020). Changes in milk lactose content as indicators for longevity and udder health in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 11574–11584. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18615>
33. Darbaz, I., Ulusoy, B. H., Darbaz, T., Hecer, C., & Aslan, S. (2023). The importance of somatic cell count in dairy technology. *Mljekarstvo*, 73(2), 75–84. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2023.0201>
34. DeGraves, F. J., & Fetrow, J. (1993). Economics of Mastitis and Mastitis Control. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 9(3), 421–434. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30611-3](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30611-3)
35. De Ondarza, M. B., & Tricarico, J. M. (2017). Review: Advantages and limitations of dairy efficiency measures and the effects of nutrition and feeding management interventions. *The Professional Animal Scientist*, 33(4), 393–400. <https://doi.org/10.15232/pas.2017-01624>
36. Diaz, L. F. (2003). Pharmaceuticals in the Environment: Sources, Fate, Effects and Risks. *Waste Management*, 23(2), 193. [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(02\)00108-3](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(02)00108-3)
37. Djokovic, R., Cincovic, M., Ilic, Z., Kurcubic, V., Andjelic, B., Petrovic, M., Lalic, N., & Jasovic, B. (2019). Relationships Between Contents of Biochemical Metabolites

- in Blood and Milk in Dairy Cows During Transition and Mid Lactation. *The International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*, 17(1).
38. Duffield, T. F., Lissemore, K. D., McBride, B. W., & Leslie, K. E. (2009). Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *Journal of Dairy Science*, 92(2), 571–580. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1507>
 39. Dziuba, M., Caixeta, L. S., Boyum, B., Godden, S., Royster, E., & Rowe, S. (2023). Negatively controlled trial investigating the effects of dry cow therapy on clinical mastitis and culling in multiparous cows. *Journal of Dairy Science*, 106(8), 5687–5695. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22845>
 40. Eberhart, N., Krawczel, P., Mijic, P., Gantner, V., Gregic, M., & Bobic, T. (2019). Welfare assessment on dairy cattle farms in eastern Croatia. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 35(1), 13–24. <https://doi.org/10.2298/BAH1901013E>
 41. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), European Food Safety Authority (EFSA), & European Medicines Agency (EMA). (2024). Fourth joint inter-agency report on integrated analysis of consumption of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from humans and food-producing animals in the EU/EEA. ECDC, EFSA, EMA. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8589>
 42. European Chemicals Agency (ECHA). (2024). Cephapirin sodium – Registration Dossier. Retrieved from <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/29333>
 43. European Commission. (2017). A European One Health Action Plan against Antimicrobial Resistance (AMR). European Commission. https://health.ec.europa.eu/system/files/2020-01/amr_2017_action-plan_0.pdf
 44. European Commission. (2020). A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. European Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0381>
 45. European Commission. (2024). Communication on the publication of the amounts of raw milk production as referred to in Article 149(5) of Regulation (EU) No 1308/2013 of the European Parliament and of the Council (Art. 149(5) raw milk production data for 2023). Brussels: Directorate-General for Agriculture and Rural Development.
 46. European Dairy Association. (2025). EDA Annual Report 2024/2025 – Nourishing the Future of Europe. Brussels, Belgium: European Dairy Association. Retrieved from

- https://eda.euromilk.org/wp-content/uploads/2025/03/www_Annual_Report_2025_05a_BL.pdf
47. European Medicines Agency (Ed.). (2023). Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2022: Trends from 2010 to 2022: thirteenth ESVAC report. Publications Office. <https://doi.org/10.2809/766171>
 48. European Parliament & Council. (2000). Directive 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy (L327; pp. 1–73). Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>
 49. European Parliament, & Council of the European Union. (2003). Directive 2003/99/EC of the European Parliament and of the Council of 17 November 2003 on the monitoring of zoonoses and zoonotic agents, amending Council Decision 90/424/EEC and repealing Council Directive 92/117/EEC (L 325; pp. 31–40). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32003L0099>
 50. Farrell, S., McKernan, C., Benson, T., Elliott, C., & Dean, M. (2021). Understanding farmers' and veterinarians' behavior in relation to antimicrobial use and resistance in dairy cattle: A systematic review. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4584–4603. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19614>
 51. Fergestad, M. E., De Visscher, A., L'Abee-Lund, T., Tchamba, C. N., Mainil, J. G., Thiry, D., De Vliegher, S., & Wasteson, Y. (2021). Antimicrobial resistance and virulence characteristics in 3 collections of staphylococci from bovine milk samples. *Journal of Dairy Science*, 104(9), 10250–10267. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19988>
 52. Ferreira, F. C., Martínez-López, B., & Okello, E. (2022). Potential impacts to antibiotics use around the dry period if selective dry cow therapy is adopted by dairy herds: An example of the western US. *Preventive Veterinary Medicine*, 206, 105709. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2022.105709>
 53. Ferroni, L., Lovito, C., Scoccia, E., Dalmonte, G., Sargenti, M., Pezzotti, G., Maresca, C., Forte, C., & Magistrali, C. F. (2020). Antibiotic Consumption on Dairy and Beef Cattle Farms of Central Italy Based on Paper Registers. *Antibiotics*, 9(5), 273. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9050273>
 54. Frieri, M., Kumar, K., & Boutin, A. (2017). Antibiotic resistance. *Journal of Infection and Public Health*, 10(4), 369–378. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2016.08.007>

55. Gantner, V., Barać, Z. (2016.): Uzgojno-seleksijski rad u stočarstvu. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
56. Gantner, V., Bobić, T., Gantner, R., Gregić, M., Kuterovac, K., Novaković, J., & Potočnik, 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>
57. Gantner, V., Bobić, T., & Potočnik, K. (2016). Prevalence of metabolic disorders and effect on subsequent daily milk quantity and quality in Holstein cows. *Archives Animal Breeding*, 59(3), 381–386. <https://doi.org/10.5194/aab-59-381-2016>
58. Gantner, V., & Jovanovac, S. (2004). Metode kontrole mliječnosti. *Stočarstvo: Časopis Za Unapređenje Stočarstva*, 58(6), 431–442.
59. Gantner, V., Jovanovac, S., Klopčič, M., Cassandro, M., Raguz, N., & Kuterovac, K. (2009). Methods for estimation of daily and lactation milk yields from alternative milk recording scheme in Holstein and Simmental cattle breeds. *Italian Journal of Animal Science*, 8(4), 519–530. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.519>
60. Gantner, V., Jovanovac, S., Raguz, N., Klopčič, M., & Solić, D. (2008). Prediction of lactation milk yield using various milk recording methods. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 24(3–4), 9–18. <https://doi.org/10.2298/BAH0804009G>
61. Gantner, V., Jožef, I., Gantner, R., Steiner, Z. S., Zmaić, L., Solić, D., & Potočnik, K. (2023). Estimation of prevalence, effect and cost of mastitis on simmental dairy farms of different sizes. *Ekonomika Poljoprivrede*, 70(4), 1123–1139. <https://doi.org/10.59267/ekoPolj23041123G>
62. Gantner, V., Jožef, I., Popović, V., Gregić, M., Bunevski, G., & Šperanda, M. (2022). The effect of a cow's health on the value of biochemical parameters in blood serum and milk. 130–137. <https://www.researchgate.net/publication/365801399>
63. 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.
64. Gantner, V., Popović, V., Steiner, Z., Gantner, R., & Potočnik, K. (2023). The differences in subclinical mastitis prevalence and effect on milk production due to cows' breed and breeding region. *proceedings*, 383–391.
65. Gantner, V., Šinka, D., Popović, V., Čosić, M., Sudarić, T., & Gantner, R. (2023). The variability of microclimate parameters in dairy cattle farm facility. In *Sustainable agriculture and rural development: Thematic proceedings of the III international*

- scientific conference, December 2022, Belgrade (pp. 77–86). Institute of Agricultural Economics. <https://www.iep.bg.ac.rs>
66. Gantner, V., Steiner, Z., Jožef, I., Gantner, R., Solić, D., & Potočnik, K. (2024). The variability in cow's recovery potential regarding the milk recording season. *Mljekarstvo*, 74(2), 156–165. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2024.0206>
 67. Garzon, A., Portillo, R., Habing, G., Silva-del-Rio, N., Karle, B. M., & Pereira, R. V. (2023). Antimicrobial stewardship on the dairy: Evaluating an on-farm framework for training farmworkers. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 4171–4183. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22560>
 68. Gerber, M., Dürr, S., & Bodmer, M. (2021). Reducing Antimicrobial Use by Implementing Evidence-Based, Management-Related Prevention Strategies in Dairy Cows in Switzerland. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 611682. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.611682>
 69. Ghimpețeanu, O. M., Pogurschi, E. N., Popa, D. C., Dragomir, N., Drăgotoiu, T., Mihai, O. D., & Petcu, C. D. (2022). Antibiotic Use in Livestock and Residues in Food—A Public Health Threat: A Review. *Foods*, 11(10), 1430. <https://doi.org/10.3390/foods11101430>
 70. Glavaš, H., Bobić, T., Dorić, D., & Božić Lenard, D. (2019). Infrared thermography camera protection in dairy farming management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 604–615. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.09.022>
 71. Gonçalves, J. L., De Campos, J. L., Steinberger, A. J., Safdar, N., Kates, A., Sethi, A., Shutske, J., Suen, G., Goldberg, T., Cue, R. I., & Ruegg, P. L. (2022). Incidence and Treatments of Bovine Mastitis and Other Diseases on 37 Dairy Farms in Wisconsin. *Pathogens*, 11(11), 1282. <https://doi.org/10.3390/pathogens11111282>
 72. Green, M. J., Bradley, A. J., Medley, G. F., & Browne, W. J. (2007). Cow, Farm, and Management Factors During the Dry Period that Determine the Rate of Clinical Mastitis After Calving. *Journal of Dairy Science*, 90(8), 3764–3776. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0107>
 73. Green, M. J., Green, L. E., Medley, G. F., Schukken, Y. H., & Bradley, A. J. (2002). Influence of Dry Period Bacterial Intramammary Infection on Clinical Mastitis in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 85(10), 2589–2599. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74343-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74343-9)
 74. Guadagnini, M., Gogna, C., Tolasi, C., Tolasi, G., Gnali, G., Freu, G., Masroure, A. J., & Moroni, P. (2023). Approach to Selective Dry Cow Therapy in Early Adopter

- Italian Dairy Farms: Why Compliance Is So Important. *Animals*, 13(22), 3485. <https://doi.org/10.3390/ani13223485>
75. Gullberg, E., Cao, S., Berg, O. G., Ilbäck, C., Sandegren, L., Hughes, D., & Andersson, D. I. (2011). Selection of Resistant Bacteria at Very Low Antibiotic Concentrations. *PLoS Pathogens*, 7(7), e1002158. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002158>
 76. Hadrich, J. C., Wolf, C. A., Lombard, J., & Dolak, T. M. (2018). Estimating milk yield and value losses from increased somatic cell count on US dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3588–3596. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13840>
 77. Haider, I., Li, C., & Viet Ha, T. T. (2025). Climate Change's Influence on Dairy Farming in Punjab, Pakistan: Effects on Milk Production, Farmers' Views, and Future Adaptation Strategies. *Agriculture*, 15(11), 1179. <https://doi.org/10.3390/agriculture15111179>
 78. Hailu, W., Helmy, Y. A., Carney-Knisely, G., Kauffman, M., Fraga, D., & Rajashekara, G. (2021). Prevalence and Antimicrobial Resistance Profiles of Foodborne Pathogens Isolated from Dairy Cattle and Poultry Manure Amended Farms in Northeastern Ohio, the United States. *Antibiotics*, 10(12), 1450. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10121450>
 79. Halasa, T., Huijps, K., Østerås, O., & Hogeveen, H. (2007). Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: A review. *Veterinary Quarterly*, 29(1), 18–31. <https://doi.org/10.1080/01652176.2007.9695224>
 80. Hanuš, O., Kučera, J., Samková, E., Němečková, I., Čítek, J., Kopec, T., Faltá, D., Nejeschlebová, H., Rysová, L., Klimešová, M., & Elich, O. (2021). Raw Cow Milk Protein Stability under Natural and Technological Conditions of Environment by Analysis of Variance. *Foods*, 10(9), 2017. <https://doi.org/10.3390/foods10092017>
 81. Harmon, R. J. (1994). Physiology of Mastitis and Factors Affecting Somatic Cell Counts. *Journal of Dairy Science*, 77(7), 2103–2112. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77153-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77153-8)
 82. Havranek, Jasmina, Rupiće, Vlatko (2003). *Mlijeko od farme do mljekare*. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. Izdavač: Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
 83. Heck, J. M. L., Van Valenberg, H. J. F., Dijkstra, J., & Van Hooijdonk, A. C. M. (2009). Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *Journal of Dairy Science*, 92(10), 4745–4755. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2146>
 84. Henao-Velásquez, A. F., Múnera-Bedoya, O. D., Herrera, A. C., Agudelo-Trujillo, J. H., & Cerón-Muñoz, M. F. (2014). Lactose and milk urea nitrogen: Fluctuations during

- lactation in Holstein cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(9), 479–484. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000900004>
85. Hill, A. E., Green, A. L., Wagner, B. A., & Dargatz, D. A. (2009). Relationship between herd size and annual prevalence of and primary antimicrobial treatments for common diseases on dairy operations in the United States. *Preventive Veterinary Medicine*, 88(4), 264–277. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2008.12.001>
 86. Hillerton, E., Bryan, M., Biggs, A., Berry, E., & Edmondson, P. (2017). Time to standardise dry cow therapy terminology. *Veterinary Record*, 180(12), 301–302. <https://doi.org/10.1136/vr.j1308>
 87. Hogeveen, H., Steeneveld, W., & Wolf, C. A. (2019). Production Diseases Reduce the Efficiency of Dairy Production: A Review of the Results, Methods, and Approaches Regarding the Economics of Mastitis. *Annual Review of Resource Economics*, 11(1), 289–312. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-093954>
 88. Hu, H., Fang, Z., Mu, T., Wang, Z., Ma, Y., & Ma, Y. (2021). Application of Metabolomics in Diagnosis of Cow Mastitis: A Review. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 747519. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.747519>
 89. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
 90. Ivanov, G. Y., Bilgucu, E., Ivanova, I. V., Uzatici, A., & Balabanova, T. B. (2016). Monitoring of the Somatic Cells Count for Improving Milk and Dairy Products Quality. *SCIENTIFIC WORKS OF UNIVERSITY OF FOOD TECHNOLOGIES*, 63, 90–97.
 91. Jamali, H., Barkema, H. W., Jacques, M., Lavallée-Bourget, E.-M., Malouin, F., Saini, V., Stryhn, H., & Dufour, S. (2018). Invited review: Incidence, risk factors, and effects of clinical mastitis recurrence in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 4729–4746. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13730>
 92. Jawhar Safi, S. A., Mehmet Akif Çam, Emal Habibi, & Ömer Faruk Yilmaz. (2024). Effects of Climate Change on Animal Production. *Journal of Natural Science Review*, 2(2), 1–14. <https://doi.org/10.62810/jnsr.v2i2.30>
 93. Kabera, F., Roy, J., Roy, J.-P., Afifi, M., Godden, S., Stryhn, H., Sánchez, J., & Dufour, S. (2021). Comparing Blanket vs. Selective Dry Cow Treatment Approaches for Elimination and Prevention of Intramammary Infections During the Dry Period: A

- Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 688450. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.688450>
94. Kaniyamattam, K., Hertl, J., Tauer, L. W., & Grohn, Y. T. (2022). Economics of reducing antibiotic usage for pathogen-specific clinical mastitis through genomic selection and disease management. *Preventive Veterinary Medicine*, 204, 105642. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2022.105642>
 95. Karthick, G. S., Sridhar, M., & Pankajavalli, P. B. (2020). Internet of Things in Animal Healthcare (IoTAH): Review of Recent Advancements in Architecture, Sensing Technologies and Real-Time Monitoring. *SN Computer Science*, 1(5), 301. <https://doi.org/10.1007/s42979-020-00310-z>
 96. Kayano, M., Itoh, M., Kusaba, N., Hayashiguchi, O., Kida, K., Tanaka, Y., Kawamoto, K., & Gröhn, Y. T. (2018). Associations of the first occurrence of pathogen-specific clinical mastitis with milk yield and milk composition in dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 85(3), 309–316. <https://doi.org/10.1017/S0022029918000456>
 97. Kharel, M., Timisina, K. P., Adhikari, S. P., Dhakal, C., Khanal, D. R., & Paudel, T. P. (2023). Does mastitis cause economic loss in dairy cattle in Nepal? *Nepal Agriculture Research Journal*, 15(1), 55–65. <https://doi.org/10.3126/narj.v15i1.51064>
 98. Kiesner, K., Wente, N., Volling, O., & Krömker, V. (2016). Selection of cows for treatment at dry-off on organic dairy farms. *Journal of Dairy Research*, 83(4), 468–475. <https://doi.org/10.1017/S0022029916000662>
 99. Kleen, J. L., & Guatteo, R. (2023). Precision Livestock Farming: What Does It Contain and What Are the Perspectives? *Animals*, 13(5), 779. <https://doi.org/10.3390/ani13050779>
 100. Knežević, K., Mazić, M., Cvetnić, M., Butković, I., Šavorić, J., Cvetnić, L., Efendić, M., Getz, I., Benić, M., Samardžija, M., Đuričić, D., Dobranić, V., & Maćešić, N. (2021). Primjena broja somatskih stanica za dijagnostiku mastitisa i utjecaj na kakvoću mlijeka. *Veterinarska stanica*, 52(6), 751–764. <https://doi.org/10.46419/vs.52.6.11>
 101. Kovačević, Z., Mihajlović, J., Mugoša, S., Horvat, O., Tomanić, D., Kladar, N., & Samardžija, M. (2022). Pharmacoeconomic Analysis of the Different Therapeutic Approaches in Control of Bovine Mastitis: Phytotherapy and Antimicrobial Treatment. *Antibiotics*, 12(1), 11. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12010011>
 102. Kovačević, Z., Samardžija, M., Horvat, O., Tomanić, D., Radinović, M., Bijelić, K., Vukomanović, A. G., & Kladar, N. (2022). Is There a Relationship between

- Antimicrobial Use and Antibiotic Resistance of the Most Common Mastitis Pathogens in Dairy Cows? *Antibiotics*, 12(1), 3. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12010003>
103. Kovalakova, P., Cizmas, L., McDonald, T. J., Marsalek, B., Feng, M., & Sharma, V. K. (2020). Occurrence and toxicity of antibiotics in the aquatic environment: A review. *Chemosphere*, 251, 126351. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126351>
 104. Krogh, M. A., Nielsen, C. L., & Sørensen, J. T. (2020). Antimicrobial use in organic and conventional dairy herds. *Animal*, 14(10), 2187–2193. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000920>
 105. Kul, E., Şahin, A., Atasever, S., Uğurlutepe, E., & Soydaner, M. (2019). The effects of somatic cell count on milk yield and milk composition in Holstein cows. *Veterinarski Arhiv*, 89(2), 143–154. <https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.0168>
 106. Kupczyński, R., Bednarski, M., Sokołowski, M., Kowalkowski, W., & Pacyga, K. (2024). Comparison of Antibiotic Use and the Frequency of Diseases Depending on the Size of Herd and the Type of Cattle Breeding. *Animals*, 14(13), 1889. <https://doi.org/10.3390/ani14131889>
 107. Lam, T. J. G. M., Heuvelink, A. E., Gonggrijp, M. A., & Santman-Berends, I. M. G. A. (2020). Antimicrobial use in dairy cattle in the Netherlands. *Journal of Animal Science*, 98(Supplement_1), S9–S14. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa143>
 108. Langhorne, C., Horsman, S., Wood, C., Clark, R., Price, R., Henning, J., Grewar, J. D., Wood, B. J., Ranjbar, S., McGowan, M. R., & Gibson, J. S. (2024). Bacterial culture and susceptibility test results for clinical mastitis samples from Australia's subtropical dairy region. *Journal of Dairy Science*, 107(2), 1151–1163. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23838>
 109. Larsson, D. G. J. (2014). Antibiotics in the environment. *Upsala Journal of Medical Sciences*, 119(2), 108–112. <https://doi.org/10.3109/03009734.2014.896438>
 110. Lasser, J., Matzhold, C., Egger-Danner, C., Fuerst-Waltl, B., Steininger, F., Wittek, T., & Klimek, P. (2021). Integrating diverse data sources to predict disease risk in dairy cattle—A machine learning approach. *Journal of Animal Science*, 99(11), skab294. <https://doi.org/10.1093/jas/skab294>
 111. Li, X., Xu, C., Liang, B., Kastelic, J. P., Han, B., Tong, X., & Gao, J. (2023). Alternatives to antibiotics for treatment of mastitis in dairy cows. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1160350. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1160350>
 112. Lipkens, Z., Piepers, S., Verbeke, J., & De Vliegher, S. (2019). Infection dynamics across the dry period using Dairy Herd Improvement somatic cell count data and its

- effect on cow performance in the subsequent lactation. *Journal of Dairy Science*, 102(1), 640–651. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15130>
113. Lipkens, Z., Piepers, S., & Vliegheer, S. D. (2023). Impact of Selective Dry Cow Therapy on Antimicrobial Consumption, Udder Health, Milk Yield, and Culling Hazard in Commercial Dairy Herds. *Null*. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12050901>
 114. Llanos-Soto, S. G., Vezeau, N., Wemette, M., Bulut, E., Greiner Safi, A., Moroni, P., Shapiro, M. A., & Ivanek, R. (2021). Survey of perceptions and attitudes of an international group of veterinarians regarding antibiotic use and resistance on dairy cattle farms. *Preventive Veterinary Medicine*, 188, 105253. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105253>
 115. Lokhorst, C., De Mol, R. M., & Kamphuis, C. (2019). Invited review: Big Data in precision dairy farming. *Animal*, 13(7), 1519–1528. <https://doi.org/10.1017/S1751731118003439>
 116. Ly, S. H., Pham, T. T., On, H. M. N., Truong, B. D., & Nguyen, T. T. (2024). Bacterial species causing subclinical mastitis in dairy cows: Rapid identification and antimicrobial susceptibility testing. *The Journal of Agriculture and Development*, 23(03), 40–52. <https://doi.org/10.52997/jad.3.05.2024>
 117. Maćešić, N., Bačić, G., Božičević, K., Benić, M., Karadjole, T., Babić, N. P., Lojkić, M., Efendić, M., Bačić, I., & Pavlak, M. (2016). Assessment of the Zagreb mastitis test in diagnosis of subclinical mastitis in dairy cattle. *Vet. Arhiv*, 86(4), 475–485.
 118. Maćešić, N., Lojkić, M., Karadjole, T., Efenfić, M., Šavorić, J., Butković, I., Prvanović Babić, N., Benić, M., Samardžija, M., Bačić, G., & Bačić, I. (2022). Selective dry cow treatment. *Veterinarska Stanica*, 53(6), 735–743. <https://doi.org/10.46419/vs.53.6.8>
 119. Maksimović, Z., Čengić, B., Ćutuk, A., & Maksimović, A. (2024). Antimicrobial Resistance of Cattle Mastitis-Causing Bacteria: How to Treat? In K. Petrovski (Ed.), *Veterinary Medicine and Science* (Vol. 19). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112977>
 120. Malik, T. A., Mohini, M., Mir, S. H., Ganaie, B. A., Singh, D., Varun, T. K., Howal, S., & Thakur, S. (2018). Somatic Cells in Relation to Udder Health and Milk Quality- A Review. *Journal of Animal Health and Production*, 6(1). <https://doi.org/10.17582/journal.jahp/2018/6.1.18.26>
 121. McCubbin, K. D., De Jong, E., Brummelhuis, C. M., Bodaneze, J., Biesheuvel, M., Kelton, D. F., Uyama, T., Dufour, S., Sanchez, J., Rizzo, D., Léger, D., & Barkema,

- H. W. (2023). Antimicrobial and teat sealant use and selection criteria at dry-off on Canadian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 106(10), 7104–7116. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23083>
122. McCubbin, K. D., De Jong, E., Lam, T. J. G. M., Kelton, D. F., Middleton, J. R., McDougall, S., De Vlieghe, S., Godden, S., Rajala-Schultz, P. J., Rowe, S., Speksnijder, D. C., Kastelic, J. P., & Barkema, H. W. (2022). Invited review: Selective use of antimicrobials in dairy cattle at drying-off. *Journal of Dairy Science*, 105(9), 7161–7189. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21455>
 123. McDougall, S., Compton, C., & Botha, N. (2017). Factors influencing antimicrobial prescribing by veterinarians and usage by dairy farmers in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 65(2), 84–92. <https://doi.org/10.1080/00480169.2016.1246214>
 124. McDougall, S., Penry, J., & Dymock, D. (2021). Antimicrobial susceptibilities in dairy herds that differ in dry cow therapy usage. *Journal of Dairy Science*, 104(8), 9142–9163. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19925>
 125. McDougall, S., Williamson, J., Gohary, K., & Lacy-Hulbert, J. (2021). Detecting intramammary infection at the end of lactation in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(9), 10232–10249. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20036>
 126. McParland, S., Dillon, P. G., Flynn, J., Ryan, N., Arkins, S., & Kennedy, A. (2019). Effect of using internal teat sealant with or without antibiotic therapy at dry-off on subsequent somatic cell count and milk production. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 4464–4475. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15195>
 127. Medical Intertrade. (2025, 12. lipnja). Ponuda za antibiotike: Mastidry, Cefa-Safe, Orbeseal, Keraseal (Ponuda br. 12379/2025). Interni poslovnici dokument.
 128. Mičić, N., Stanojević, D., Samolovac, L., 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>
 129. Miglior, F., Sewalem, A., Jamrozik, J., Lefebvre, D. M., & Moore, R. K. (2006). Analysis of Milk Urea Nitrogen and Lactose and Their Effect on Longevity in Canadian Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 4886–4894. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72537-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72537-1)
 130. Mijić, P., Bobić, T., & University of J.J. Strossmayer in Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Department for animal production and biotechnology Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Croatia. (2022). Milk

- production and challenges in transition from conventional to robotic milking in Croatia. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 20(3), 59–64. <https://doi.org/10.21005/asp.2021.20.3.08>
131. Mijić, P., Gantner, V., Vučković, G., Bobić, T., Baban, M., Gregić, M., & Pejić, M. (2019). Production of dairy cows at different environmental climatic parameters. *JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE OF BIH*, 1(2). <https://doi.org/10.7251/JAS1502019M>
 132. Mikić, Z., Mijić, P., & Gantner, V. (2023). Animal welfare in cattle breeding.
 133. Milan, H. F., Perano, K. M., & Gebremedhin, K. G. (2018). Survey and future prospects in precision dairy farming. 10th International Livestock Environment Symposium (ILES X). 10th International Livestock Environment Symposium (ILES X). <https://doi.org/10.13031/iles.18-053>
 134. Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske. (2017). Pravilnik o utvrđivanju sastava sirovog mlijeka (NN 27/2017). Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_03_27_613.html
 135. Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske. (2024). Program razvoja sektora mljekarstva u Republici Hrvatskoj do 2030. Godine.pdf. <https://poljoprivreda.gov.hr>
 136. Mondini, S., Gislón, G., Zucali, M., Sandrucci, A., Tamburini, A., & Bava, L. (2023). Risk factors of high somatic cell count and differential somatic cells in early lactation associated with selective dry cow therapy. *Animal*, 17(10), 100982. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100982>
 137. Morales-Ubaldo, A. L., Rivero-Perez, N., Valladares-Carranza, B., Velázquez-Ordoñez, V., Delgadillo-Ruiz, L., & Zaragoza-Bastida, A. (2023). Bovine mastitis, a worldwide impact disease: Prevalence, antimicrobial resistance, and viable alternative approaches. *Veterinary and Animal Science*, 21, 100306. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2023.100306>
 138. Mukhamadieva, N., Julianov, M., Zainettinova, D., Stefanik, V., Nurzhumanova, Z., Mukataev, A., & Suychinov, A. (2022). Prevalence, Diagnosis and Improving the Effectiveness of Therapy of Mastitis in Cows of Dairy Farms in East Kazakhstan. *Veterinary Sciences*, 9(8), 398. <https://doi.org/10.3390/vetsci9080398>
 139. Müller, S., Nitz, J., Tellen, A., Klocke, D., & Krömker, V. (2023). Effect of Antibiotic Compared to Non-Antibiotic Dry Cow Treatment on the Bacteriological Cure of Intramammary Infections during the Dry Period—A Retrospective Cross-Sectional Study. *Antibiotics*, 12(3), 429. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12030429>

140. Nantapo, C., & Muchenje, V. (2014). Winter and spring variation in daily milk yield and mineral composition of Jersey, Friesian cows and their crosses under a pasture-based dairy system. *South African Journal of Animal Science*, 43(5), 17. <https://doi.org/10.4314/sajas.v43i5.3>
141. Narváez-Semanate, J. L., Daza Bolaños, C. A., Valencia-Hoyos, C. E., Hurtado-Garzón, D. T., & Acosta-Jurado, D. C. (2022). Diagnostic methods of subclinical mastitis in bovine milk: An overview. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 75(3), 10077–10088. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v75n3.100520>
142. Navaei, H., Vodjgani, M., Khoramian, B., Akbarinejad, V., Gharagozloo, F., Garoussi, M. T., & Momeni, A. (2025). Evaluation of a new method of selective dry cow treatment using microbiological culture and antibiogram results. *BMC Veterinary Research*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12917-025-04767-z>
143. Neethirajan, S. (2023). Innovative Strategies for Sustainable Dairy Farming in Canada amidst Climate Change. *Sustainability*, 16(1), 265. <https://doi.org/10.3390/su16010265>
144. Niemi, R., Niemi, R., Hovinen, M., Hovinen, M., Rajala-Schultz, P. J., & Rajala-Schultz, P. J. (2021). Selective dry cow therapy effect on milk yield and somatic cell count: A retrospective cohort study. *Journal of Dairy Science*, 105, 1387–1401. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20918>
145. Nobrega, D. B., Naqvi, S. A., Dufour, S., Deardon, R., Kastelic, J. P., De Buck, J., & Barkema, H. W. (2020). Critically important antimicrobials are generally not needed to treat nonsevere clinical mastitis in lactating dairy cows: Results from a network meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 10585–10603. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18365>
146. Nobrega, D. B., Naushad, S., Naqvi, S. A., Condas, L. A. Z., Saini, V., Kastelic, J. P., Luby, C., De Buck, J., & Barkema, H. W. (2018). Prevalence and Genetic Basis of Antimicrobial Resistance in Non-aureus Staphylococci Isolated from Canadian Dairy Herds. *Frontiers in Microbiology*, 9, 256. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00256>
147. Očić, V., Bobić Šakić, B., & Grgić, Z. (2022). Economic analysis of specialized dairy farms in Croatia according to FADN. *Mljekarstvo*, 73(1), 50–58. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2023.0106>
148. Oravcová, M., Čobirka, M., Mačuhová, L., Uhrinčat', M., & Tančin, V. (2024). Relationships Between and Variation of Cows' Somatic Cell Score and Milk Traits.

- Acta Fytotechnica et Zootechnica, 27(1), 1–7.
<https://doi.org/10.15414/afz.2024.27.01.1-7>
149. Paixão, M. G., Abreu, L. R., Richert, R., & Ruegg, P. L. (2017). Milk composition and health status from mammary gland quarters adjacent to glands affected with naturally occurring clinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7522–7533.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-12547>
 150. Papakonstantinou, G. I., Voulgarakis, N., Terzidou, G., Fotos, L., Giamouri, E., & Papatsiros, V. G. (2024). Precision Livestock Farming Technology: Applications and Challenges of Animal Welfare and Climate Change. *Agriculture*, 14(4), 620.
<https://doi.org/10.3390/agriculture14040620>
 151. Paramasivam, R., Gopal, D. R., Dhandapani, R., Subbarayalu, R., Elangovan, M. P., Prabhu, B., Veerappan, V., Nandheeswaran, A., Paramasivam, S., & Muthupandian, S. (2023). Is AMR in Dairy Products a Threat to Human Health? An Updated Review on the Origin, Prevention, Treatment, and Economic Impacts of Subclinical Mastitis. *Infection and Drug Resistance*, Volume 16, 155–178.
<https://doi.org/10.2147/IDR.S384776>
 152. Pascu, C., Herman, V., Iancu, I., & Costinar, L. (2022). Etiology of Mastitis and Antimicrobial Resistance in Dairy Cattle Farms in the Western Part of Romania. *Antibiotics*, 11(1), 57. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11010057>
 153. Patel, N., Kumar, R., Savalia, C., Desai, D., & Kalyani, I. (2020). Dietary exposure and risk assessment of antibiotics residues in marketed bovine raw milk. *Journal of Entomology and Zoology Studies*.
 154. Pavesi, L., Pollera, C., Sala, G., Cremonesi, P., Monistero, V., Biscarini, F., & Bronzo, V. (2023). Effect of the Selective Dry Cow Therapy on Udder Health and Milk Microbiota. *Null*. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12081259>
 155. Peña-Mosca, F., Gaire, T. N., Dean, C., Ferm, P., Manriquez, D., Pinedo, P., Noyes, N., & Caixeta, L. (2025). Exploring the phylogenetic diversity and antimicrobial activity of non-*aureus* staphylococci and *mammaliicocci* isolated from teat apices of organic dairy cows. *bioRxiv*, 2024.02.01.578391.
<https://doi.org/10.1101/2024.02.01.578391>
 156. Petzer, I.-M., Karzis, J., Donkin, E. F., Webb, E. C., & Etter, E. M. C. (2017). Validity of somatic cell count as indicator of pathogen-specific intramammary infections. *Journal of the South African Veterinary Association*, 88(0), a1465.
<https://doi.org/10.4102/jsava.v88i0.1465>

157. Pfützner, M., & Ózsvári, L. (2016). The Economic Impact Of Decreased Milk Production Due To Subclinical Mastitis In East German Dairy Herds. World Buiatrics Congress, Dublin, Ireland.
158. Poczta, W., Średzińska, J., & Chenczke, M. (2020). Economic Situation of Dairy Farms in Identified Clusters of European Union Countries. *Agriculture*, 10(4), 92. <https://doi.org/10.3390/agriculture10040092>
159. Poljak, F., Mijić, P., Lončarić, Z., Steiner, Z., & Gantner, V. (2021). The Analysis of Variability of Indicators Associated with Prevalence of Subclinical Ketosis/Acidosis in Dairy Cattle. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 86(3), 259–263.
160. Radostits, O. M., Gay, C. C., Hinchcliff, K. W., & Constable, P. D. (2007). *Veterinary medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats* (10th ed.). Elsevier Saunders, London, 966-994.
161. Rico, J. E., & Barrientos-Blanco, M. A. (2024). Invited review: Ketone biology—The shifting paradigm of ketones and ketosis in the dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 107(6), 3367–3388. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23904>
162. Rizzo, L., Manaia, C., Merlin, C., Schwartz, T., Dagot, C., Ploy, M. C., Michael, I., & Fatta-Kassinos, D. (2013). Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: A review. *Science of The Total Environment*, 447, 345–360. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.032>
163. Robles-Jimenez, L. E., Aranda-Aguirre, E., Castelan-Ortega, O. A., Shettino-Bermudez, B. S., Ortiz-Salinas, R., Miranda, M., Li, X., Angeles-Hernandez, J. C., Vargas-Bello-Pérez, E., & Gonzalez-Ronquillo, M. (2021). Worldwide Traceability of Antibiotic Residues from Livestock in Wastewater and Soil: A Systematic Review. *Animals*, 12(1), 60. <https://doi.org/10.3390/ani12010060>
164. Rodríguez, M. F., & Gomez, A. P. (2022). Antimicrobial resistance of *Staphylococcus* spp isolated in dairy farms and its relationship with the antimicrobial control and treatment of bovine mastitis. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2102798/v1>
165. Romero, J., Benavides, E., & Meza, C. (2018). Assessing Financial Impacts of Subclinical Mastitis on Colombian Dairy Farms. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 273. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00273>
166. Rowe, S. (2020). Evaluation Of Selective Dry Cow Therapy For Controlling Mastitis And Improving Antibiotic Stewardship In U.S. Dairy Herds [FACULTY OF THE UNIVERSITY OF MINNESOTA]. <https://hdl.handle.net/11299/215077>

167. Rowe, S., Kabera, F., Dufour, S., Godden, S., Roy, J.-P., & Nydam, D. (2023). Selective dry-cow therapy can be implemented successfully in cows of all milk production levels. *Journal of Dairy Science*, 106(3), 1953–1967. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22547>
168. Rowe, S. M., Godden, S. M., Nydam, D. V., Gorden, P. J., Lago, A., Vasquez, A. K., Royster, E., Timmerman, J., & Thomas, M. J. (2020). Randomized controlled trial investigating the effect of 2 selective dry-cow therapy protocols on udder health and performance in the subsequent lactation. *Journal of Dairy Science*, 103(7), 6493–6503. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17961>
169. Rowe, S. M., Nydam, D. V., Godden, S. M., Gorden, P. J., Lago, A., Vasquez, A. K., Royster, E., Timmerman, J., Thomas, M. J., & Lynch, R. A. (2021). Partial budget analysis of culture- and algorithm-guided selective dry cow therapy. *Journal of Dairy Science*, 104(5), 5652–5664. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19366>
170. Ruegg, P. L. (2017). A 100-Year Review: Mastitis detection, management, and prevention. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10381–10397. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13023>
171. Sachi, S., Ferdous, J., Sikder, M., & Hussani, S. (2019). Antibiotic residues in milk: Past, present, and future. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 6(3), 315. <https://doi.org/10.5455/javar.2019.f350>
172. Sadeghi-Sefidmazgi, A., & Amer, P. R. (2015). Milk losses and quality payment associated with somatic cell counts under different management systems in an arid climate. *Canadian Journal of Animal Science*, 95(3), 351–360. <https://doi.org/10.4141/cjas-2014-128>
173. Sandhu, J., Chandra, M., Kaur, G., Narang, D., Gupta, D. K., & Arora, A. K. (2025). Prevalence and Antibiotic Resistance of Mastitis Causing *Staphylococcus aureus* in Bovine. *International Journal of Livestock Research*.
174. Sarmah, A. K., Meyer, M. T., & Boxall, A. B. A. (2006). A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (VAs) in the environment. *Chemosphere*, 65(5), 725–759. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.03.026>
175. Scherpenzeel, C. G. M., Den Uijl, I. E. M., Van Schaik, G., Olde Riekerink, R. G. M., Keurentjes, J. M., & Lam, T. J. G. M. (2014). Evaluation of the use of dry cow antibiotics in low somatic cell count cows. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3606–3614. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7655>

176. Scherpenzeel, C. G. M., Den Uijl, I. E. M., Van Schaik, G., Riekerink, R. G. M. O., Hogeveen, H., & Lam, T. J. G. M. (2016). Effect of different scenarios for selective dry-cow therapy on udder health, antimicrobial usage, and economics. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3753–3764. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9963>
177. Scherpenzeel, C. G. M., Hogeveen, H., Maas, L., & Lam, T. J. G. M. (2018). Economic optimization of selective dry cow treatment. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 1530–1539. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13076>
178. Schukken, Y. H., Wilson, D. J., Welcome, F., Garrison-Tikofsky, L., & Gonzalez, R. N. (2003). Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. *Veterinary Research*, 34(5), 579–596. <https://doi.org/10.1051/vetres:2003028>
179. Seegers, H., Fourichon, C., & Beaudeau, F. (2003). Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary Research*, 34(5), 475–491. <https://doi.org/10.1051/vetres:2003027>
180. Sejian, V., Devaraj, C., M.V, S., Sahoo, A., & Bhatta, R. (2024). Climate change and livestock production: Impact assessment and technologies for sustenance (pp. 244–250).
181. Sharma, N., Singh, S. G., Sharma, S., Misri, J., Gupta, S. K., & Hussain, K. (2018). Mastitis Occurrence Pattern in Dairy Cows and Importance of Related Risk Factors in the Occurrence of Mastitis. *Journal of Animal Research*, 8(2), 315–326. <https://doi.org/10.30954/2277-940X.04.2018.23>
182. Stocco, G., Cipolat-Gotet, C., Stefanon, B., Zecconi, A., Francescutti, M., Mountricha, M., & Summer, A. (2023). Herd and animal factors affect the variability of total and differential somatic cell count in bovine milk. *Journal of Animal Science*, 101, skac406. <https://doi.org/10.1093/jas/skac406>
183. Suárez, V. H. (2017). Mastitis, a Health- Related Indicator of Dairy Cow Welfare and Productivity. *Journal of Dairy & Veterinary Sciences*, 4(5), 555650. <https://doi.org/10.19080/JDVS.2017.04.555650>
184. Tambić Andrašević, A., Lucić, S., & Tambić, T. (2018). Antibiotic resistance in Croatia. *Medicina Fluminensis*, 54(3), 312–321. https://doi.org/10.21860/medflum2018_203562
185. Tell, J., Caldwell, D. J., Häner, A., Hellstern, J., Hoeger, B., Journal, R., Mastrocco, F., Ryan, J. J., Snape, J., Straub, J. O., & Vestel, J. (2019). Science-based Targets for Antibiotics in Receiving Waters from Pharmaceutical Manufacturing Operations.

- Integrated Environmental Assessment and Management, 15(3), 312–319.
<https://doi.org/10.1002/ieam.4141>
186. The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Routine and extended internal quality control for MIC determination and disk diffusion as recommended by EUCAST. Version 13.1, 2023. <http://www.eucast.org>.
 187. The World Bank. (2021). Approaches to Dairy Sector Sustainability in Croatia. The World Bank Group. <https://www.worldbank.org/croatia>
 188. Thiele-Bruhn, S. (2003). Pharmaceutical antibiotic compounds in soils – a review. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 166(2), 145–167.
<https://doi.org/10.1002/jpln.200390023>
 189. Tomanić, D., Samardžija, M., & Kovačević, Z. (2023). Alternatives to Antimicrobial Treatment in Bovine Mastitis Therapy: A Review. Antibiotics, 12(4), 683.
<https://doi.org/10.3390/antibiotics12040683>
 190. Tomazi, T., Ferreira, G. C., Orsi, A. M., Gonçalves, J. L., Ospina, P. A., Nydam, D. V., Moroni, P., & Dos Santos, M. V. (2018). Association of herd-level risk factors and incidence rate of clinical mastitis in 20 Brazilian dairy herds. Preventive Veterinary Medicine, 161, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.10.007>
 191. Turk, R., Rošić, N., Kuleš, J., Horvatić, A., Gelemanovic, A., Galen, A., Ljubić, B. B., Benić, M., Stevanović, V., Mrljak, V., Chadwick, C. C., & Eckersall, P. D. (2021). Milk and serum proteomes in subclinical and clinical mastitis in Simmental cows. Journal of Proteomics, 244, 104277. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2021.104277>
 192. Vanhoudt, A., Hees-Huijps, K. van, Knegsel, A. T. M. van, Sampimon, O. C., Vernooij, J. C. M., Nielen, M., & Werven, T. van. (2018). Effects of reduced intramammary antimicrobial use during the dry period on udder health in Dutch dairy herds. Journal of Dairy Science, 101(4), 3248–3260. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13555>
 193. Vikesland, P. J., Pruden, A., Alvarez, P. J. J., Aga, D., Bürgmann, H., Li, X., Manaia, C. M., Nambi, I., Wigginton, K., Zhang, T., & Zhu, Y.-G. (2017). Toward a Comprehensive Strategy to Mitigate Dissemination of Environmental Sources of Antibiotic Resistance. Environmental Science & Technology, 51(22), 13061–13069.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03623>
 194. Virto, M., Santamarina-García, G., Amores, G., & Hernández, I. (2022). Antibiotics in Dairy Production: Where Is the Problem? Dairy, 3(3), 541–564.
<https://doi.org/10.3390/dairy3030039>

195. Vissio, C., Richardet, M., Issaly, L. C., & Larriestra, A. J. (2023). Decision making on dry cow therapy: Economic evaluation using field data under Argentinian production conditions. *Ciência e Agrotecnologia*, 47, e016322. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202347016322>
196. Wagemann-Fluxá, C. A., Kelton, D. F., & DeVries, T. J. (2024). Associations of cow- and herd-level factors during the dry period with indicators of udder health in early-lactation cows milked by automated milking systems. *Journal of Dairy Science*, 107(1), 459–475. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23796>
197. Warder, L. M. C., Heider, L. C., Léger, D. F., Rizzo, D., McClure, J. T., De Jong, E., McCubbin, K. D., Uyama, T., Fonseca, M., Jaramillo, A. S., Kelton, D. F., Renaud, D., Barkema, H. W., Dufour, S., Roy, J.-P., & Sánchez, J. (2023). Quantifying antimicrobial use on Canadian dairy farms using garbage can audits. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1185628. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1185628>
198. Wemette, M., Greiner Safi, A., Wolverton, A. K., Beauvais, W., Shapiro, M., Moroni, P., Welcome, F. L., & Ivanek, R. (2021). Public perceptions of antibiotic use on dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science*, 104(3), 2807–2821. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17673>
199. Wichmann, F., Udikovic-Kolic, N., Andrew, S., & Handelsman, J. (2014). Diverse Antibiotic Resistance Genes in Dairy Cow Manure. *mBio*, 5(2), e01017-13. <https://doi.org/10.1128/mBio.01017-13>
200. Zeconni, A., Gusmara, C., Di Giusto, T., Cipolla, M., Marconi, P., & Zanini, L. (2020). Observational study on application of a selective dry-cow therapy protocol based on individual somatic cell count thresholds. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 1341–1348. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1842812>
201. Zeconni, A., Sesana, G., Vairani, D., Cipolla, M., Rizzi, N., & Zanini, L. (2019). Somatic cell count as a decision tool for selective dry cow therapy in Italy. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 435–440. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1532328>
202. Zeconni, A., Zaghen, F., Meroni, G., Sora, V., Martino, P. A., Laterza, G., & Zanini, L. (2023). Early Milk Total and Differential Cell Counts as a Diagnostic Tool to Improve Antimicrobial Therapy Protocols. *Animals*, 13(7), 1143. <https://doi.org/10.3390/ani13071143>
203. Zhang, D.-X., Li, Y., Yang, X.-Q., Su, H.-Y., Wang, Q., Zhang, Z.-H., Liu, Y.-C., Tian, C.-L., Cui, C.-C., & Liu, M.-C. (2020). In vitro Antibiotic Susceptibility,

Virulence Genes Distribution and Biofilm Production of *Staphylococcus aureus* Isolates from Bovine Mastitis in the Liaoning Province of China. *Infection and Drug Resistance*, Volume 13, 1365–1375. <https://doi.org/10.2147/IDR.S247765>

9. SAŽETAK

Racionalna uporaba antibiotika u suvremenoj proizvodnji mlijeka jedan je od ključnih izazova u očuvanju zdravlja mliječnih krava, smanjenjem rizika od antimikrobne rezistencije i zaštitom okoliša. U tom kontekstu, selektivna terapija zasušivanja mliječnih krava (SDCT) predstavlja alat koji omogućuje preciznu primjenu antibiotika isključivo kod onih životinja koje pokazuju znakove intramamarnih infekcija, čime se izbjegava nepotrebna antimikrobna terapija. Nepotrebno liječenje zdravih krava uzrokuje dodatne troškove te povećava količinu antibiotika koji mogu završiti u okolišu, s posljedičnom emisijom u tlo, vodu i narušavanjem mikrobiološke ravnoteže.

Cilj provedenog interdisciplinarnog istraživanja bio je utvrditi mogućnosti smanjenja uporabe antibiotika tijekom razdoblja zasušenja krava, uz očuvanje zdravlja vimena i proizvodnog potencijala, te procijeniti okolišni doprinos takvog pristupa. Istraživanje je obuhvatilo više od milijun kontrola u standardiziranim uvjetima proizvodnje, analizirajući utjecaj bioloških, okolišnih i proizvodnih čimbenika na zdravstveni status vimena i potrebu za primjenom antibiotika. Temeljni kriterij za uključivanje u SDCT protokol bio je broj somatskih stanica pri zadnjoj kontroli, koji je korišten kao indikator subkliničkog mastitisa. Rezultati su pokazali da SDCT može značajno smanjiti ukupnu potrošnju antibiotika, osobito u skupinama krava s povoljnim zdravstvenim profilima, bez negativnog učinka na zdravlje životinja i proizvodnju mlijeka. Smanjenje uporabe antibiotika rezultira izravnim okolišnim benefitima, smanjujući emisiju farmaceutskih tvari u okoliš i podupirući ciljeve strategije ‘Od polja do stola’ koja teži smanjenju ukupne prodaje antimikrobnih sredstava za 50 % do 2030., u okviru pristupa „Jedno zdravlje“.

Ovaj doktorski rad temelji se na biološkim i poljoprivrednim znanstvenim poljima te kombinira principe stočarstva, veterinarske medicine, zaštite okoliša i biostatističke analize, pridonoseći razvoju znanstveno utemeljenog pristupa za održivu proizvodnju mlijeka, smanjenje emisije antibiotika u okoliš i odgovorno upravljanje zdravljem mliječnih krava.

10. SUMMARY

The rational use of antibiotics in modern dairy production represents one of the key challenges in preserving dairy cow health, reducing the risk of antimicrobial resistance, and protecting the environment. In this context, selective dry cow therapy (SDCT) serves as a targeted approach that enables the administration of antibiotics solely to animals exhibiting signs of intramammary infection, thereby avoiding unnecessary antimicrobial treatment. Treating healthy cows without indication leads to additional costs and increases the amount of antibiotics potentially released into the environment, resulting in their emission into soil and water and disrupting the microbiological balance.

The aim of this interdisciplinary research was to assess the possibilities for reducing antibiotic use during the dry-off period while preserving udder health and production potential, and to evaluate the environmental contribution of such an approach. The study analysed more than one million official milk recording controls under standardized production conditions, assessing the influence of biological, environmental and production related factors on udder health and antibiotic treatment need. The primary criterion for inclusion in the SDCT protocol was the SCC level at the last test day, used as an indicator of subclinical mastitis. Results showed that SDCT can significantly reduce total antibiotic usage, particularly among cows with favourable health profiles, without negative effects on animal health or milk yield. Reducing antibiotic usage results in direct environmental benefits, decreasing the emission of pharmaceutical substances into the environment and supporting the goals of the „Farm to Fork“ strategy, which aims to reduce total sales of antimicrobials by 50 % by 2030, in line with the „One Health“ approach.

This PhD thesis is based on the scientific fields of biology and agricultural sciences and integrates principles of animal husbandry, veterinary medicine, environmental protection, and biostatistical analysis, contributing to the development of a scientifically grounded approach to sustainable milk production, reduced antibiotic emissions into the environment, and responsible management of dairy cow health.

11. PRILOZI

11.1. Popis tablica

Tablica 1. Osnovni statistički parametri dnevne količine mlijeka, broja somastkih stanica te okolišnih parametara u holstein te simentalske pasmine	63
Tablica 2. Osnovni statistički parametri proizvodnih pokazatelja mlijeka prema rednom broju laktacije	66
Tablica 3. Osnovni statistički parametri proizvodnih pokazatelja mlijeka prema stadiju laktacije (četiri skupine).....	68
Tablica 4. Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mlijeka prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	70
Tablica 5. Osnovni statistički parametri proizvodnih pokazatelja mlijeka prema regiji uzgoja	72
Tablica 6. Osnovni statistički pokazatelji mliječnosti prema sezoni kontrole mliječnosti	74
Tablica 7. Osnovni statistički parametri dnevnih svojstava mlijeka prema veličini stada.....	76
Tablica 8. Osnovni statistički parametri pokazatelja mlijeka prema skupinama dnevne količine mlijeka	78
Tablica 9. Osnovni statistički parametri svojstava mlijeka simentalskih krava prema redoslijedu laktacije	80
Tablica 10. Osnovni statistički parametri svojstava mlijeka prema broju dana u laktaciji – simentalska pasmina.....	82
Tablica 11. Osnovni statistički parametri svojstava mlijeka simentalskih krava prema broju dana u laktaciji (11 razreda)	84
Tablica 12. Osnovni statistički pokazatelji proizvodnih svojstava mlijeka krava simentalske pasmine prema regiji uzgoja	86
Tablica 13. Osnovni statistički parametri proizvodnih i biokemijskih pokazatelja mlijeka prema sezoni kontrole mliječnosti.....	88
Tablica 14. Osnovni statistički parametri proizvodnih i biokemijskih pokazatelja mlijeka prema veličini stada.....	90
Tablica 15. Osnovni statistički parametri proizvodnih pokazatelja mlijeka prema razredima dnevne količine mlijeka	92
Tablica 16. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema redoslijedu laktacije (paritetu)	93

Tablica 17. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema broju dana u laktaciji	95
Tablica 18. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema broju dana u laktaciji (11 razreda).....	96
Tablica 19. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema regiji uzgoja.....	98
Tablica 20. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema sezoni kontrole mliječnosti.....	99
Tablica 21. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema veličini stada.....	101
Tablica 22. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema razredima dnevne količine mlijeka	102
Tablica 23. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema redoslije-du laktacije	104
Tablica 24. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema broju dana u laktaciji (četiri skupine).....	106
Tablica 25. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema broju dana u laktaciji (11 razreda).....	107
Tablica 26. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema regiji uzgoja.....	109
Tablica 27. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema sezoni kontrole mliječnosti.....	111
Tablica 28. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema veličini stada.....	112
Tablica 29. Kovarijabilnost broja somatskih stanica i proizvodnih pokazatelja mlijeka prema dnevnoj količini mlijeka.....	113
Tablica 30. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema redosljedu laktacije	115
Tablica 31. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema broju dana u laktaciji.....	116
Tablica 32. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema broju dana u laktaciji (11 razreda).....	117
Tablica 33. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema regiji uzgoja	118

Tablica 34. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema sezoni kontrole mliječnosti	119
Tablica 35. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema veličini stada	120
Tablica 36. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava holstein pasmine prema dnevnoj količini mlije-ka.....	121
Tablica 37. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema redoslijedu laktaci-je	122
Tablica 38. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema broju dana u laktaciji	123
Tablica 39. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema broju dana u lakta-ciji.....	124
Tablica 40. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema regiji uzgoja	125
Tablica 41. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema sezoni kontrole mliječnosti.....	126
Tablica 42. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema veličini stada.....	127
Tablica 43. Frekvencija pojavnosti mastitisa kod krava simentalke pasmine prema dnevnoj količini mlijeka.....	128
Tablica 44. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i redoslijedu laktacije.....	129
Tablica 45. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i broju dana u laktaciji	131
Tablica 46. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i broju dana u laktaciji (11 razreda).....	132
Tablica 47. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i regiji uzgoja.....	133
Tablica 48. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i sezoni kontrole mliječnosti.....	135
Tablica 49. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i veličini stada.....	136
<i>Tablica 50. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka Holstein pasmine prema zdravstvenom statusu i dnevnoj količini mlijeka</i>	<i>138</i>

Tablica 51. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalčkih krava prema zdravstvenom statusu i redoslijedu laktacije.....	139
Tablica 52. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalčkih krava prema zdravstvenom statusu i broju dana u laktaciji	141
<i>Tablica 53. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalčkih krava prema zdravstvenom statusu i broju dana u laktaciji (11 razreda)</i>	<i>142</i>
Tablica 54. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalčkih krava prema zdravstvenom statusu i regiji uzgoja	143
Tablica 55. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalčkih krava prema zdravstvenom statusu i sezoni kontrole mliječnosti.....	144
Tablica 56. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalčkih krava prema zdravstvenom statusu i veličini stada	145
Tablica 57. Procijenjene srednje vrijednosti dnevnih parametara proizvodnje mlijeka simentalčkih krava prema zdravstvenom statusu i dnevnoj količini mlijeka	146
Tablica 58. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju u odnosu na redoslijed laktacije kod krava holstein pasmine	149
Tablica 59. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju u odnosu na stadij laktacije kod krava holstein pasmine	152
Tablica 60. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema danima u laktaciji (11 razreda) kod krava holstein pasmine	155
Tablica 61. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema regiji uzgoja kod krava holstein pasmine	159
Tablica 62. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema sezoni kontrole mliječnosti kod krava holstein pasmine	162
Tablica 63. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema veličini stada kod krava holstein pasmine	166
Tablica 64. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju u odnosu na dnevnu količinu mlijeka kod holstein pasmine	168
Tablica 65. Primjena antibiotika pri zasušivanju holstein krava prema zdravstvenom statusu: broj tretmana, ukupna masa i ekonomski trošak	171
Tablica 66. Procijenjena emisija antibiotika u okoliš kod holstein krava i pripadajući PEC/PNEC omjeri.....	174
Tablica 67. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju u odnosu na redoslijed laktacije kod simentalčke pasmine	177

Tablica 68. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema stadiju laktacije kod si-mentalske pasmine	180
Tablica 69. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema broju dana u laktaciji (11 razreda) kod simental-ske pasmine	183
Tablica 70. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema regiji uzgoja kod simental-ske pasmine	187
Tablica 71. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema godišnjem dobu kontrole mliječnosti kod simental-ske pasmine.....	190
Tablica 72. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema veličini stada kod simen-talske pasmine	194
Tablica 73. Zdravstveni status i potrošnja antibiotika pri zasušivanju prema dnevnoj količini mlijeka kod simental-ske pasmine.....	197
Tablica 74. Primjena antibiotika pri zasušivanju simental-ske pasmine krava prema zdravstvenom statusu: broj tretmana, ukupna masa i ekonomski trošak	200
Tablica 75. Procijenjena emisija antibiotika u okoliš kod simental-skih krava i pripadajući PEC/PNEC omjeri.....	203
Tablica 76. Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava – OLS model	204
Tablica 77. Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava – GLM model.....	205
Tablica 78. Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava – OLS model.....	206
Tablica 79. Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod holstein krava – GLM model.....	207
Tablica 80. Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod holstein krava – OLS model	208
Tablica 81. Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod holstein krava – GLM model	208
Tablica 82. Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod simental-skih krava – OLS model	209
Tablica 83. Utjecaj relativne vlažnosti zraka na broj somatskih stanica kod simental-skih krava – GLM model.....	210
Tablica 84. Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod simental-skih krava – OLS model.....	211

Tablica 85. Utjecaj temperature zraka na broj somatskih stanica kod simentalskih krava – GLM model.....	212
Tablica 86. Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod simentalskih krava – OLS model	213
Tablica 87. Utjecaj THI indeksa na broj somatskih stanica kod simentalskih krava – GLM model.....	214
Tablica 88. Raspodjela zdravstvenog statusa holstein krava prema klimatskim scenarijima (RCP).....	215
Tablica 89. Raspodjela zdravstvenog statusa simentalskih krava prema klimatskim scenarijima (RCP).....	217

11.2. Popis slika

Slika 1. Shema kruženja antibiotika u okolišu. (Vikesland i sur., 2017).	31
Slika 2. One health koncept (https://www.efsa.europa.eu/en/topics/one-health)	32
Slika 3.: Presjek četvrti vimena i mliječnih alveola s prikazom građe (www.vet.purdue.edu)	34

11.3. Popis grafikona

Grafikon 1. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po redoslijedu laktacije (holstein pasmina)	150
Grafikon 2. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po redoslijedu laktacije (holstein pasmina)	151
Grafikon 3. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po stadiju laktacije (holstein pasmina)	153
Grafikon 4. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po stadiju laktacije (holstein pasmina)	154
Grafikon 5. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po danima u laktaciji (holstein pasmina)	157
Grafikon 6. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po danima u laktaciji (holstein pasmina)	158
Grafikon 7. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po hrvatskoj regiji uzgoja (holstein pasmina)	160

Grafikon 8. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po hrvatskoj regiji uzgoja (holstein pasmina)	161
Grafikon 9. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po godišnjem dobu (holstein pasmina)	163
Grafikon 10. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po godišnjem dobu (holstein pasmina)	164
Grafikon 11. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po veličini stada (holstein pasmina)	167
Grafikon 12. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po veličini stada (holstein pasmina)	167
Grafikon 13. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po dnevnoj količini mlijeka (holstein pasmina)	169
Grafikon 14. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po dnevnoj količini mlijeka (holstein pasmina)	170
Grafikon 15. Ukupna ekonomska vrijednost antibiotika po zdravstvenom statusu (holstein pasmina)	172
Grafikon 16. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po redoslijedu laktacije (simentalska pasmina)	178
Grafikon 17. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po redoslijedu laktacije (simentalska pasmina)	179
Grafikon 18. Ekonomska vrijednost antibiotika po stadiju laktacije (Cefa-Safe, simentalska pasmina)	181
Grafikon 19 Ekonomska vrijednost antibiotika po stadiju laktacije (Mastidry, simentalska pasmina)	181
Grafikon 20. Ekonomska vrijednost antibiotika po danima u laktaciji (Cefa-Safe, simentalska pasmina)	185
Grafikon 21. Ekonomska vrijednost antibiotika po danima u laktaciji (Mastidry, simentalska pasmina)	185
Grafikon 22. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po hrvatskoj regiji uzgoja (simentalska pasmina)	188
Grafikon 23. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po hrvatskoj regiji uzgoja (simentalska pasmina)	189
Grafikon 24. Ekonomska vrijednost antibiotika Cefa-Safe po godišnjem dobu (simentalska pasmina)	191

Grafikon 25. Ekonomska vrijednost antibiotika Mastidry po godišnjem dobu (simentalska pasmina)	192
Grafikon 26. Ekonomska vrijednost antibiotika po veličini stada (Cefa-Safe, simentalska pasmina)	195
Grafikon 27 Ekonomska vrijednost antibiotika po veličini stada (Mastidry, simentalska pasmina)	195
Grafikon 28. Ekonomska vrijednost antibiotika po dnevnoj količini mlijeka (Cefa-Safe, simentalska pasmina)	198
Grafikon 29. Ekonomska vrijednost antibiotika po dnevnoj količini mlijeka (Mastidry, simentalska pasmina)	199
Grafikon 30. Ukupna ekonomska vrijednost antibiotika po zdravstvenom statusu (simentalska pasmina)	201
Grafikon 31. Broj holstein krava po zdravstvenom statusu u referentnom i predviđenim klimatskim scenarijima (RCP)	216
Grafikon 32. Broj simentalskih krava po zdravstvenom statusu u referentnom i predviđenim klimatskim scenarijima (RCP)	218

ŽIVOTOPIS

Boris Ljubojević rođen je 10. srpnja 1977. godine u Osijeku, gdje je završio osnovno i srednjoškolsko obrazovanje. Godine 2000. diplomirao je na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, smjer šumarski odjel, i stekao zvanje diplomiranog inženjera šumarstva.

Profesionalni put započeo je 2000. godine u Hrvatskim šumama d.o.o., gdje kontinuirano radi do danas. Tijekom više od dva desetljeća rada obnašao je niz odgovornih dužnosti – od revirnika i pomoćnika upravitelja do voditelja podružnice, te stručnog suradnika u Direkciji poduzeća. Poseban fokus njegova profesionalnog djelovanja odnosi se na izradu i provedbu projekata financiranih iz fondova Europske unije, s naglaskom na zaštitu prirode i održivo upravljanje prirodnim resursima.

Znanstveni interesi Borisa Ljubojevića usmjereni su na područje biotehnologije te interdisciplinarni pristup zaštiti prirode i okoliša. U fokusu njegova rada nalazi se istraživanje održivih rješenja za očuvanje ekosustava, smanjenje negativnih antropogenih utjecaja i primjena suvremenih znanstvenih metoda u upravljanju prirodnim resursima.

Aktivno sudjeluje na znanstvenim i stručnim skupovima te je autor i koautor više radova iz područja biotehnologije, zaštite okoliša i primjene bespilotnih tehnologija u praćenju stanja ekosustava. Kao jedan od idejnih tvoraca i koordinator pripreme projekta „NATURAVITA“, dao je značajan doprinos razminiranju, obnovi šuma i očuvanju prirodnih staništa u zaštićenim područjima dunavsko-dravske regije.