

TRANSFORMACIJE MLJEKARSKOGA SEKTORA: IZAZOVI I ALTERNATIVE

THE TRANSFORMATIONS OF DAIRY SECTOR: CHALLENGES AND ALTERNATIVES

P. Mijić, Tina Bobić, Mirjana Baban, M. Domaćinović

Pregledni znanstveni članak - Review scientific paper
Primljeno - Received: 23. listopada – October 2024
Revidirano - Revised: 4. studeni – November 2024
Prihvaćeno - Accepted: 14. studeni – November 2024
<https://doi.org/10.33128/k.66.2.4>
UDK 637.54:636.594
613.281

SAŽETAK

Na razini ukupne svjetske proizvodnje, mljekarski sektor prolazi kroz vrlo izazovno razdoblje. Ovi su izazovi različiti, od zakonodavnih i javno-društvenih (zbog pritiska javnosti da intenzivno govedarstvo narušava životni okoliš, etološke obrasce i dobrobit životinja), pa do izazova u samoj primarnoj proizvodnji mlijeka zbog visokih ulaznih troškova i niske otkupne cijene mlijeka. Bitno je napomenuti kako dolazi i do pada zanimanja proizvođača za ovu zahtjevnu proizvodnju te do sve skuplje cijene radne snage. Odgovarajući na ovakve trendove, mljekarski je sektor započeo sa značajnom transformacijom naročito u razvijenim zemlja svijeta, pokušavajući se prilagoditi novim izazovima te pokušavajući postati ekonomski isplativ. U zemljama europskoga kontinenta najčešće se pristupa specijalizaciji, odnosno intenzifikaciji proizvodnje mlijeka, koja je vidljiva u postupnome podizanju proizvodnje mlijeka po kravi te u rastu broja krava po farmi. Pritom se koriste suvremene tehnologije uzgoja, hranidbe i reprodukcije, ali se također sve više uvode standardi brige za okoliš, etologiju i dobrobit životinja. Kako je sve navedeno teško uravnotežiti, pri upravljanju ovakvim farmama treba se koristiti, preciznom digitalnom tehnologijom te znanstvenim i stručnim tehnološkim rješenjima. Cilj ovoga rada bio je prikazati smjerove transformacije mljekarskoga sektora intenzifikacijom proizvodnje mlijeka, s naglaskom na dobrobit životinja i okoliš. Smatramo kako ove smjernice mogu poslužiti i hrvatskim farmerima koji budu išli u pravcu intenzivne proizvodnje mlijeka.

Ključne riječi: mliječni sektor, transformacija, izazovi, alternative

UVOD

Tijekom posljednja dva desetljeća, globalna proizvodnja mlijeka, kao i cjelokupan mljekarski sektor, prolazi kroz izazovne strukturne i ekonomske promjene. Prema navodima godišnjega poljoprivrednog izvješća Ujedinjenih naroda (OECD/FAO, 2021.), globalna proizvodnja mlijeka u svijetu od 2021. do 2030. godine trebala bi imati godišnji trend rasta od 1,7 % te broj mliječnih životinja

od 1,1 %. Predvodnice ovakvoga povećanja su Indija i Pakistan, koje bi do 2030. godine trebali imati oko 30 % ukupne svjetske proizvodnje mlijeka. Međutim, proizvodnja mlijeka u Europskoj uniji (EU), kao drugom najvećem svjetskom proizvođaču mlijeka, rast će sporije od svjetskoga prosjeka. Razlozi ovakvoga predviđanja su postrožena politika održive proizvodnje i sporiji rast domaće potražnje. Ove informacije su vrlo bitne za mljekarski sektor, jer se on nalazi u vrlo izazovnim ekonomskim tre-

Prof. dr. sc. Pero Mijić, e-mail: pero.mijic@fazos.hr, orcid.org/0000-0003-3344-9317; izv. prof. dr. sc. Tina Bobić, e-mail: tbobic@fazos.hr, orcid.org/0000-0001-9975-1258; prof. dr. sc. Mirjana Baban, e-mail: mirjana.baban@fazos.hr; prof. dr. sc. Matija Domaćinović, e-mail: matija.domacinovic@fazos.hr, orcid.org/0000-0002-8596-3038; Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, V. Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska

nutcima. Nestabilnosti ovoga sektora doprinjelo je, između ostaloga, i ukidanje mliječnih kvota unutar EU-a (Philippidis i Waschik, 2019.), što je kod nekih članica pridonijelo boljim, a kod drugih lošijim proizvodnim rezultatima. Kako navode Jongeneel i Gonzalez-Martinez (2022.), skoro je kod svih članica EU-a došlo do smanjenja otkupne cijene sirovoga mlijeka. Tako je, primjerice, u Belgiji u razdoblju od 2013. do 2016. godine došlo do pada otkupne cijene mlijeka za dapače 61 %. Međutim, važno je reći kako ekonomske turbulencije uvijek otvaraju i nove mogućnosti za uspjeh. Tako su neke članice EU-a (poput Njemačke, Nizozemske, Češke, Mađarske i Slovenije) ovaj pad otkupne cijene mlijeka prevladale povećanjem broja krava po farmi te proizvodnjom mlijeka iznad samodostatnosti. Promatrana s današnjega stajališta, takva su se rješenja pokazala dobrima, jer ove države u potpunosti pokrivaju samodostatnost, a viškove izvoze u druge zemlje. No, neke članice EU-a (poput Hrvatske, Bugarske i Slovačke) nisu imale takvu gospodarsku politiku, te je skoro došlo do urušavanja kompletne govedarske proizvodnje. Iako je Europska komisija donjela i određene mjere za ublažavanje krize u mljekarskom sektoru (2014/2146; 2017/C 265/02), danas je vidljivo da su one bile nedovoljno kvalitetne za sve članice EU-a, pa su većim dijelom neprimjenjive u hrvatskome mljekarskom sektoru.

Daljni pravac kretanja mljekarskoga sektora razvijenih govedarskih zemlja teži k intenzifikaciji proizvodnje, ali uz korištenje suvremenih tehnologija koje uvažavaju etologiju i dobrobit životinja te brigu za okoliš. Međutim, s razlogom je očekivati kako razvoj mljekarskoga sektora povećanjem proizvodnje mlijeka po grlu i povećanjem broja životinja po farmi može imati i određene negativne učinke na navedene značajke. Još prije 30-tak godina Jarvis (1993.) je u svojem istraživanju naveo kako će povećani broj mliječnih krava na farmama dovesti do povećanja radnoga opterećenja farmera, što će posljedično utjecati na smanjenje farmerova prihoda po radnome satu te nemogućnost kvalitetnoga praćenja povećanoga broja životinja s obzirom na zdravlje i dobrobit. Stoga bi farmeri, za uspješnu intenzifikaciju proizvodnje mlijeka, prema navodu Shinea i suradnika (2022.), trebali smanjiti ulazne troškove proizvodnje mlijeka po litri, ali bez smanjenja količine i kvalitete proizvedenoga mlijeka te zdravlja i dobrobiti životinja. Golaš (2017.) navodi kako pritom treba pratiti svaki detalj u ciklusu proizvodnje mlijeka, ocjenjivati ga i popravljati, što bi u konač-

nici moglo smanjiti nepoželjne pojave na farmi povezane s čimbenicima produktivnosti i profitabilnosti. Ovakvi zaključci se u pravilu danas i provode u stvarnoj proizvodnji. Tako Clay i suradnici (2020.) govore kako se u posljednjih 20-tak godina dogodilo poprilično intenziviranje proizvodnje mlijeka, što je prema njihovu mišljenju najvjerovatnije posljedica uvedbe suvremenih produktivnih i učinkovitih sustava. Promjene su vidljive u povećanju veličine stada, smanjenju fiksnih troškova po jedinici proizvoda te u maksimiziranju proizvodnje hrane po hektaru poljoprivrednoga zemljišta, ali i po jedinici inputa (poput koncentrirane stočne hrane).

Cilj ovoga rada bio je prikazati smjernice intenzifikacije mljekarskoga sektora, pri čemu treba uvažiti dobrobit životinja, ali isto tako voditi brigu o očuvanju okoliša. Za postizanje ovakvih rezultata potrebna su znanstvena i stručna tehnološka rješenja dobrog upravljanja farmom. Ona mogu biti i dobre smjernice hrvatskim farmerima koji žele pratiti aktivne trendove zemalja s razvijenom govedarskom proizvodnjom.

PODRUČJA INTENZIFIKACIJE MLJEKARSKOGA SEKTORA

Intenzifikacija proizvodnje mlijeka na farmi obuhvaća više područja, pri čemu je bitno naglasiti kako se trebaju uvažavati etološki obrasci životinja i dobrobit te mjere za očuvanje okoliša. U javnosti često postoji mišljenje kako intenzivna proizvodnja mlijeka narušava dobrobit životinja (Hedlund i Løvlie, 2015.). Međutim, ovi su autori u svojim istraživanjima dokazali da to ne mora biti pravilo. Rezultati do kojih su došli upućuju na zaključak da su visokoproizvodne krave bile mirnijega temperamenta (i u staji i na mužnji) od nižeproizvodnih krava. Ovakav etološki obrazac krava autori su u svojem radu povezali s mnogo boljim mjerama dobrobiti koje se provede na visokoproizvodnim farmama. Slično zaključuje i Trevis (2006.) u svojim istraživanjima. Citirani autor navodi kako je dobro upravljanje farmom u pozitivnoj korelaciji s dobrobiti životinja, te da će farmer koji nestručno upravlja svojom farmom imati daleko veće financijske troškove u proizvodnji zbog nebrige o zdravlju i dobrobiti svojih životinja. Za potrebe ovoga članka obrađena su četiri područja koja su pridonijela intenzifikaciji mljekarskoga sektora i učinila značajne pomake u boljoj i održivoj proizvodnji mlijeka.

a) Unaprijeđenje tehnologije uzgoja i držanja krava

Postoje različita razmišljanja kako unaprijediti tehnologiju proizvodnje mlijeka i pritom uvažiti različite kriterije dobrobiti životinja. Jedan od prvih kriterija koji su bili općeprihvaćeni odnosio se na takozvani koncept „pet sloboda“ (FAWC, 1993.). Ovaj koncept je primijenjiv i koristan u intenzivnoj i u ekstenzivnoj proizvodnji. Prema navodima Bertonija i Calamarija (2001.), ponekad i koncept ekstenzivne proizvodnje može biti loš ako ne uvažava mjere dobrobiti. Tako su ovi autori dokazali da ekstenzivna proizvodnja bez mjera dobrobiti ne omogućuje životinjama izražavanje etoloških obrazaca i genetskih potencijala. Slično potvrđuju Trevisi i suradnici (2003.), koji su proveli istraživanja na mliječnim farmama, pri čemu nije bilo procjene i stimulacije dobrobiti životinja. Nakon utvrđenoga stanja autori su pratili uvođenje određenih mjera dobrobiti, koje su obuhvatile procjenu tjelesne kondicije, izmeta, čistoće tijela, stanje sisa, pokretljivost te stanje papaka, a dobiveni rezultati su itekako opravdali uvedne mjere (Tablica 1.).

Pored navedenih pokazatelja, došlo je i do povećanja proizvodnje mlijeka za 20 % te zdravstvenoga stanja krava za 68 %. Ovo je samo mali primjer kako se uvođenjem mjera dobrobiti može unaprijediti i proizvodnja mlijeka. Važno je pritom naglasiti kako treba obuhvatiti što više područja uzgoja (genetika, hranidba, reprodukcija i mužnja), kao i što veći broj parametara ocjene dobrobiti životinja. Ovakav koncept proizvodnje zahtijeva vrlo stručno i iscrpno upravljanje farmom, jer se smatra kako je to najbolji put za dugoročnu i održivu proizvodnju.

Staje s vezanim načinom držanja krava su često ograničavajući čimbenik intenzifikacije proizvodnje mlijeka, mada se i danas često koriste za smještaj krava u mnogim zemljama širom svijeta. Prema navodima Popescu i suradnika (2013.), u Europi je između 20 % (u nizinske dijelu) i 80 % (u brdskome dijelu) krava vezano u staji barem tijekom zime. Mliječna goveda u Norveškoj su čak 88 % na vezu, u Švedskoj su oko 75 %, a u Njemačkoj oko 33 %, pri čemu često puta i bez ispaše. Nešto manji udio bilježi SAD, gdje je 62 % mliječnih krava u staji na vezu. Međutim, izbor načina držanja krava u staji vrlo je bitan, jer utječe na mnoge mjere dobrobiti, poput zdravlja, čistoće i proizvodnje životinje. To pokazuju i istraživanja Ostojić-Andrić i suradnika (2013.). Autori su utvrdili kako se kvaliteta dobrobiti mliječnih krava nalazi pod značajnim utjecajem odabira načina držanja, jer su krave koje su se slobodno kretale u staji imale bolji komfor tijekom ležanja i lakocu kretanja, kao i bolje zdravstveno stanje. Tako je udio promatranih krava bez znakova šepavosti bio 81 %, a krava bez lezija 86 %. Naravno, oba načina držanja pokazala su i određene nedostatke koje bi trebalo poboljšati, kao što su higijena nogu i vimena te smanjenje pojavnosti nekih bolesti.

Kako bi se što više farma s vezanim načinom držanja mliječnih krava postupno prilagodilo slobodnom načinu držanja, u Kanadi su, prema navodima Palacija i suradnika (2022.), pristupili određenoj modifikaciji objekata, pri čemu su povećana površina ležišta u kombinaciji s ispustima krava na pašnjak. Rezultati su pokazali značajno smanjenje

Tablica 1. Fiziopatološki pokazatelji kod zasušenih i svježe oteljenih krava prije i nakon promjene mjera dobrobiti za unaprijeđenje proizvodnje na farmi (Trevisi i sur., 2003.)

Table 1 Physiopathological indicators in dry and freshly calved cows prior and subsequent to a change in welfare measures to improve production on a farm (Trevisi et al., 2003)

Bodovno stanje životinja / Score status of animals					
Skala / Scale		Prije / Before		Nakon / After	
		Zasušene / Dry (n=6)	Svježe / Fresh (n=6)	Zasušene / Dry (n=6)	Svježe / Fresh (n=6)
Tjelesna kondicija / Body condition	0-5	2,40 ± 0,4	1,94 ± 0,4	2,31 ± 0,3	2,20 ± 0,2
Izmet / Faeces	1-5	3,50 ± 0,4	2,80 ± 0,2	2,90 ± 0,3	2,50 ± 0,4
Čistoća [#] / Cleanliness [#]	0-5	2,88 ± 0,6	2,13 ± 1,0	3,83 ± 1,4	3,25 ± 1,5
Sise ^{##} / Teat ^{##}	0-4	-	2,64 ± 1,0	-	3,17 ± 1,0
Pokretljivost [#] / Locomotion [#]	1-5	1,28 ± 0,3	1,57 ± 0,9	1,25 ± 0,4	1,50 ± 0,9
Orezanost papaka ^{##} / Trimming ^{##}	1-5	3,50 ± 0,6	3,75 ± 0,3	3,35 ± 0,6	3,33 ± 0,5

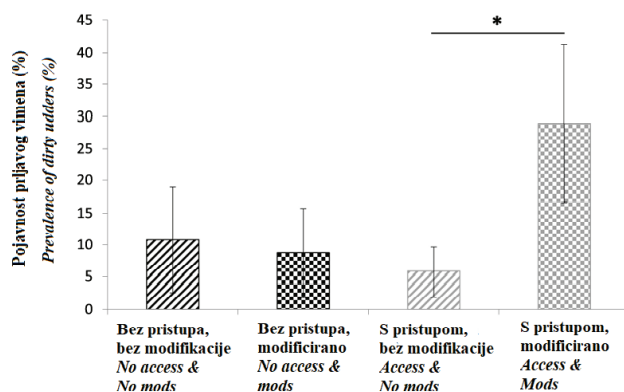
Više vrijednosti upućuju na lošiju situaciju / (Higher values indicate a worst situation.);

Više vrijednosti upućuju na bolju situaciju / (Higher values indicate a better situation.)

tjelesnih ozljeda krava, pri čemu su životinje mogle izraziti, a rezultati su pokazali i ostale etološke obrasce koji nisu mogli biti realizirani pri vezanome načinu držanja (Grafikon 1.).

Nakon razvoja stroja za mužnju, izmuzišta i automatskoga skidanja sisnoga sklopa u šezdesetim i sedamdesetim godinama 20. stoljeća, automatsko stavljanje sisnih čaša bio je korak koji je nedostajao u potpunoj automatizaciji procesa mužnje. Razvoj automatiziranoga muznog sustava (AMS) započeo je razvojem opreme za automatsko pričvršćivanje sisnih čaša. Međutim, ovakava mužnja zahtijeva više radnih operacija od samoga automatskog pričvršćenja čaša za mužnju. AMS se sastoji od nekoliko bitnih modula, poput muznoga mjesta, sustava za čišćenja sisa, sustava za detekciju položaja sisa, robotske ruke za pričvršćivanje sisnih čaša na sise, sustava kontrole (senzori i softver) te od mehaničkoga stroja za mužnju.

Prvi AMS-i na komercijalnim farmama počeli su se koristiti u Nizozemskoj još 1992. godine (Rossing i Hogewerf, 1997.), a otada kreće njihovo postupno širenje diljem svijeta. Robotska mužnja, kako navodi De Koning (2010.), danas je široko prihvaćena, osobito u ekonomsko jakim državama. Autor navodi kako su brojni razlozi ovakvoga brzog širenja: smanjenje ljudskoga rada na farmama, povećanje proizvodnje mlijeka po kravi, poboljšanje životnoga stila obitelji, kao i niz drugih prednosti. Prema procjena-



Grafikon 1. Prosječna pojavnost prljavoga vimena krava u modificiranim i nemodificiranim stajama s pristupom i bez pristupa vanjskomu prostoru. Značajnost $P \leq 0.05$ (Palacio i sur., 2022.)

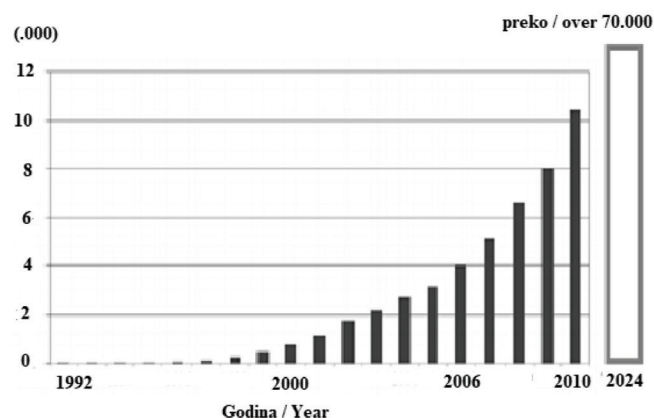
Chart 1 An average incidence of dirty cow udders in the modified and unmodified barns with and without an outdoor access. Significance $P \leq 0.05$ (Palacio et al., 2022)

ma Mijića i Bobić (2019.), do 2017. godine je širom svijeta bilo instalirano preko 40.000 AMS-a, dok se te brojke do 2024. godine kreću oko 80.000 (Grafikon 2.). Da je ova procjena prilično realna govori i podatak kako je samo jedna kompanija do 2023. godine proizvela 50.000 robota za mužnju (Lely, 2023.).

Roboti se najčešće koriste na obiteljskim farmama koje imaju od 40 do 250 krava na mužnji u opciji od jednoga do triju muznih mjesta. Od ukupnoga broja robota, dapače ih se 90 % nalazi u zemljama sjeverozapadne Europe. Ovdje je godišnja stopa rasta ugradnje od 10 do 12 % (Eldala, 2024.), a prednjače Nizozemska, Danska i Njemačka. Pozitivni ekonomski učinci pri uvođenju AMS-a su višestruki (Örs-a i sur., 2022.) i prikazani su u Tablici 2.

b) Unaprjeđenje genetskoga potencijala reproduktivnim tehnikama i tehnologijama

Za intenzifikaciju proizvodnje mlijeka nužno je unaprijediti određena genetska svojstva goveda. Kako navodi Nicholas (1997.), u programima genetskoga poboljšanja goveda važan su čimbenik postale nove reproduktivne tehnike i tehnologije, čiji je osnovni cilj bio povećanje plodnosti. Sličnog su mišljenja Van Arendonk i Bijma (2003.), koji govore kako je primjena reproduktivnih tehnika imala velik utjecaj na strukturu uzgojnih programa i stopu genetskoga napretka u proizvodnji. Istraživanja o primjeni reproduktivnih tehnika u početku su bila usmjerena na genetski napredak, dok se tek kasnije pozornost počinje davati i stupnju srodstva, odno-



Grafikon 2. Razvoj broja AMS-a od 1992. do 2024. godine (De Koning, 2010., Lely, 2023., autorska procjena)
Chart 2 The development of the number of AMS from 1992 to 2024 (De Koning, 2010, Lely, 2023, authors' estimate)

sno dugoročnim posljedicama selekcije glede genetske raznolikosti. Za ostvarivanje genetskoga napretka unutar neke pasmine potrebno je razlikovati dvije aktivnosti: 1. stvaranje genetskoga poboljšanja odabirom životinja na temelju njihove procijenjene uzgojne vrijednosti za neko svojstvo, i 2. diseminacija vrhunskoga genetskoga materijala od genetski elitnih životinja do komercijalne populacije. Pritom je umjetna oplodnja krava, kao prva reprodukcijaska

Tablica 2. Ekonomski učinci uvođenja AMS-a na mliječnim farmama pri prijelazu s konvencionalne na robotiziranu mužnju (Örs i sur., 2022.)

Table 2 The economic effects of the introduction of AMS on dairy farms during a transition from a conventional to a robotic milking (Örs et al., 2022)

Promatrani parametar Observed parameter	Promjena (%) Change (%)
Proizvodnja mlijeka / Milk production	8,66
Investicijski troškovi / Investment costs	58,46
Potrošnja energije Energy consumption	36,66
Troškovi hrane i hranidbe Feed and nutrition costs	1,33
Troškovi rada / Labor costs	- 27,84

tehnika, odigrala važnu ulogu. U kombinaciji s vođenjem rodovnika i kontrolom produktivnosti, danas je moguće dobiti točne procjene uzgojnih vrijednosti mladih bikova (Rendel i Robertson, 1950.). Nakon toga je uslijedilo podizanje reproduktivne sposobnosti krava. Povećanje reproduktivne stope kod krava pružilo je mogućnost smanjenja broja ženskoga pomlatka namjenjenoga remontu sljedeće generacije. Sve je to zajedno dovelo do povećanja količine informacija o bližim i daljnjim srođnicima potrebnim za kvalitetnu uzgojnu procjenu budućih bikovskih očeva i majki. Svemu navedenom doprinjele su i studije o genetskim implikacijama višestruke ovulacije i prijenosa embrija (MOET), koje su među prvima za govoda proveli Land i Hill (1975.) te Nicholas i Smith (1983.) za mliječne krave. Određivanje spola sjemena s nestrpljenjem se iščekivalo mnogo godina. Kako navodi Weigel (2003.), razvoj razvrstavanja stanica aktiviranih fluorescencijom doveo je ovu tehnologiju u komercijalnu primjenu.

Značajno razdoblje genetskoga unaprjeđenja započelo je korištenjem molekularnih informacija (Tablica 3.). Tijekom proteklih nekoliko godina može se vidjeti spektakularan napredak znanosti koja se bavi proučavanjem molekularne genetike. Posebno se ističe velik napredak u tehnologiji polimorfizma

Tablica 3. Neki markeri govoda povezani s laktogenim parametrima mliječnih krava

Table 3 Some cattle markers associated with the lactogenic parameters of dairy cows

Marker / polimorfni geni Marker / polymorphic genes	Kromos. lokacija Chrom. location	Povezane osobine Related traits	Referenca Reference
PRL (prolaktin) PRL (prolactin)	23	Ukupni učinak proizvodnje mlijeka The total effect of milk production	He i sur. (2006.) He et al. (2006)
LEP (leptin) LEP (leptin)	4	Bolja mliječnost uz dobru energetska ravnotežu i plodnost / Better milk yield with good energy balance and fertility	Liefers i sur. (2005.) Liefers et al. (2005)
DGAT1 (diacylglycerol O-acyltransferasa 1) DGAT1 (diacylglycerol O-acyltransferasa 1)	14	Proizvodnja i sastav mlijeka Production and composition of milk	Grisart i sur. (2002.) Grisart et al. (2002)
SCD1 (stearoyl-CoA desaturase) SCD1 (stearoyl-CoA desaturase)	26	Proizvodnja i sastav mliječne masti Production and composition of milk fat	Kgwatalala i sur. (2009.) Kgwatalala et al. (2009)
BoLA-DRB3 (Bos taurus major histocompatibility complex, class II, DRB3) BoLA-DRB3 (Bos taurus major histocompatibility complex, class II, DRB3)	23	Broj somatskih stanica i izmijenjena svojstva proizvodnje mlijeka Number of somatic cells and altered properties of milk production	Sharif i sur. (1999.) Sharif et al. (1999)
GHR (receptor hormona rasta) GHR (growth hormone receptor)	20	Proizvodnja i sastav mlijeka Production and composition of milk	Blott i sur. (2003.) Blott et al. (2003)
CSN1S1 (kazein alfa s1) CSN1S1 (casein alpha s1)	6	Ekspresija mliječnog proteina Milk protein expression	Kuss i sur. (2005.) Kuss et al. (2005)

jednoga nukleotida visoke gustoće (SNP), koji omogućuje genotipizaciju pojedinca na više tisuća SNP-ova, a posebno je važno da je takva pretraga po pristupačnoj cijeni. Predviđanja su kako će za nekoliko godina cijeli individualni genom biti sekvenciran za manje od 1.000 američkih dolara. SNP genski čipovi s preko 50.000 SNP-ova koriste se za goveda i perad (Singh i sur., 2014.).

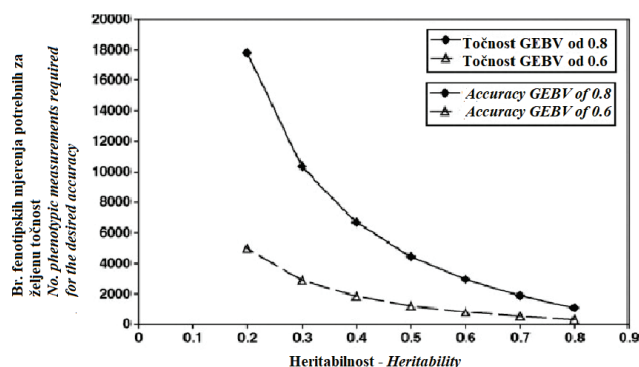
Uz dostupnost mapa markera visoke gustoće i isplative genotipizacije, metode genomske selekcije (GS) mogu omogućiti brži genetski dobitak nego što se to može postići tradicionalnim metodama selekcije. GS se može definirati kao istodobna selekcija za mnoge (desetke ili stotine tisuća) markera, koji pokrivaju cijeli genom na gust način, te se očekuje kako će svi geni biti u ravnoteži povezivanja s barem nekim od markera (Hayes i sur., 2009.). Što je više životinja obuhvaćeno fenotipskim mjerenjem, to se povećava i točnost genomske uzgone procjene (Grafikon 3).

c) Novija tehnološka rješenja u intenzifikaciji hranidbe mliječnih krava

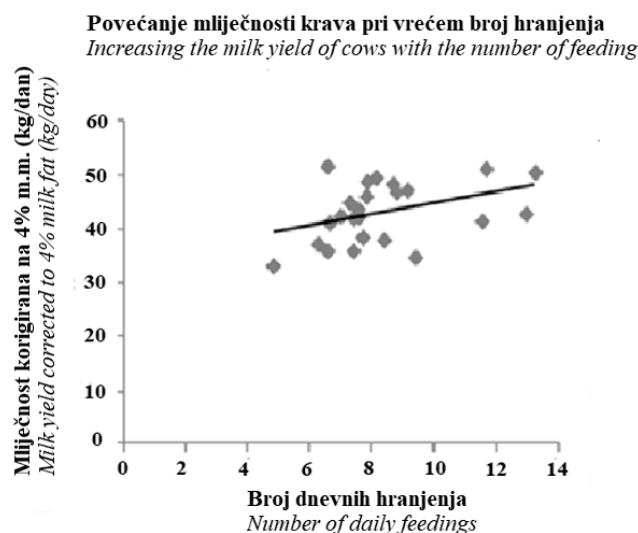
U današnjim uvjetima intenzivne proizvodnje mlijeka, uz primjenu norma dobre prakse, hranidba se smatra izuzetno bitnom, kako u hranjivome, tako i u higijenskom smislu (Codex Alimentarius CAC/RCP 1 [1969], CAC/RCP 54 [2004.]). Zato je danas neupitna činjenica da se samo kvalitetnom hranom

te dobrim izborom krmiva i balansiranjem obroka može postići i dobar proizvodni rezultat. Radi pružanja potpore potrošačima i stručnoj javnosti, današnje suvremene strategije hranidbe mliječnih životinja moraju biti usmjerene prema pozitivnim propisima očuvanja okoliša te dobrobiti životinja (Domaćinović i sur., 2023.).

S obzirom na očekivani porast svjetske populacije, u narednim desetljećima očekuje se i povećanje potrošnje animalnih namirnica, među kojima će rasti i potrošnja mlijeka. Kako bi se udovoljilo povećanim potrebama tržišta, vrlo je realno da će doći i do intenzifikacije hranidbe na mliječnim farmama. Intenzifikacija hranidbe visokoproduktivnih mliječnih krava organizirana u zatvorenim stajama usmjerava se ka kompletno miješanome obroku (TMR – Total Mixed Ration) s pojačanim udjelom krepkih krmiva. Ovakvim pristupom postiže se povećana koncentracija hranjivih tvari po kg ST-a, ali i povećanje hranjive i energetske učinkovitosti hrane u sintezi proizvoda (od 1,2 do visokih 1,7 kg mlijeka/kg ST-a hrane). Rezultat povećanja učinkovitosti iskorištenja hrane jest povećanje proizvodnje po životinji, uz istodobno smanjenje emisije stakleničkih plinova, kao i smanjenje izlučivanja N i P/kg mlijeka u okoliš (Novais, 2019.; Bouwman i sur., 2011.). Uz povećanje broja dnevno hranjenja, također se utječe i na povećanje mliječnosti (Grafikon 4.), što su u svojim istraživanjima dokazali DeVries i Chevaux (2014.).



Grafikon 3. Broj fenotipskih zapisa potrebnih za postizanje željene točnosti genomske uzgojne vrijednosti (GEBV) 0,6 ili 0,8 s obzirom na nasljednost svojstva. Efektivna veličina populacije (N_e) = 1000; pretpostavlja se normalna distribucija QTL učinaka (Goddard, 2008.)
 Figure 3 The number of phenotypic records required to achieve a desired accuracy of the genomic breeding value (GEBV) 0.6 or 0.8 considering the heritability of the trait. Effective population size (N_e) = 1000; normal distribution of QTL effects is assumed (Goddard, 2008)

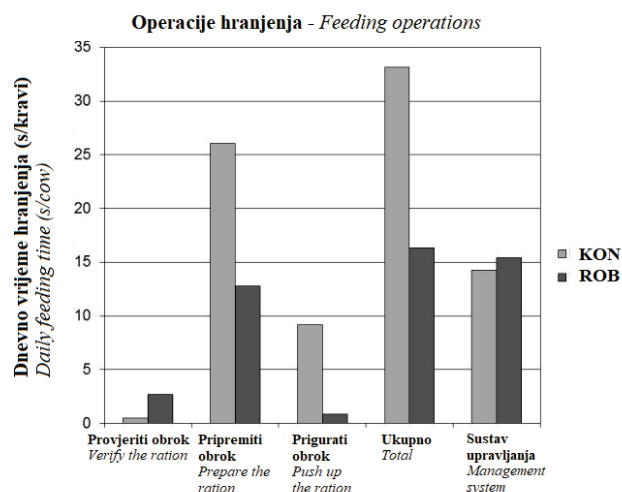


Grafikon 4. Utjecaj broja hranjenja krava na mliječnost (DeVries i Chevaux, 2014.)
 Chart 4 The influence of the number of feeding cows on the milk yield (DeVries and Chevaux, 2014)

Uvažavajući današnje ekonomske parametre cijene hranidbe krava na mliječnim farmama, proizvodnja hrane trebala bi se temeljiti na vlastitim površinama, koje bi činile i do 60 % kompletno miješanoga obroka. U ovoj opciji produktivni dio treba biti sastavljen od koncentriranih krmiva (u obliku muzne smjese), pri čemu trebaju dominirati žitarice. Uz navedeno, potrebna su i biljna bjelančevinasta krmiva (sačme i pogače), kao i druga krmiva, poput nusproizvoda prehrambeno-prerađivačke industrije (ako su dobre hranjive vrijednosti i cijenom konkurentne). Intenzifikacijom proizvodnje mlijeka sve značajniji dio obroka mliječnih krava zauzimaju brojni dodatci (čiste hranjive tvari, enzimi, eterična ulja, NPN spojevi, aditivi i dr.). Današnje strategije hranjenja mliječnih krava primjenom brojnih sofisticiranih analitičkih metoda polaze od detektiranja ukupne nutritivne i energetske vrijednosti pojedinih komponenata te od njihove higijenske kontrole s obzirom na patogene mikroorganizme, plijesni, toksine ili teške metale. Pored krmiva, velika se pozornost poklanja i kontroli kvalitete vode, koja treba biti određenoga stupnja tvrdoće i higijenski besprijekorno čista (bez patogenih mikroorganizama i njihovih toksina i bez otrovnih kemikalija kao što su pesticidi, nafta, otapala i nitrati). Pri normiranju hranidbenih potreba i komponiranju receptura obroka (TMR-a) potrebno je uzeti u obzir složenost tehnologije hranidbe mliječnih krava kao funkcionalnih preživača, što znači da njihov obrok, pored zadovoljenja brojnih nutritivnih pokazatelja, mora imati i pravilno usklađen odnos krmiva voluminoznoga i koncentriranog karaktera, fiziološki poželjnu količinu iskoristivih sirovih vlakana i NDV-a, kao i optimalnu veličinu čestica voluminoznih krmiva (Leonardi i Armentano, 2003.; Grubić i Adamović 2003.; Domaćinović i sur., 2022.). Ukupno miješani obrok mliječnih krava, optimiziran prema svim prethodno navedenim pokazateljima, ima višestruko koristan učinak ne samo na visinu i kvalitetu proizvoda, nego i na stanje mikropopulacije predželudaca i pravilan tijek mikrobiološke razgradnje hrane, ali i na povećan ukus i ježnost obroka (Albright, 1993.).

Suvremene strategije hranidbe predlažu i najbolja rješenja pri distribuciji obroka do životinje, što uključuje upotrebu kvalitetne tehnike miješanja, dostave i raspodjele hrane ukupno miješanoga obroka (TMR-a) u zadanome broju dnevnih hranjenja, uz osiguranje dovoljnoga prostora i vremena za hranjenje svakoj životinji. Svjetski trendovi, osobito oni na velikim mliječnim farmama, idu u pravcu primjene

automatskih hranidbenih sustava – robota – čime se poboljšava kvaliteta hranjenja i pojednostavljuje rad farmera vezan uz ovu složenu tehnološku operaciju u proizvodnji mlijeka (Domaćinović i sur., 2021.). Robotska hranidba krava omogućuje povećanja broja hranjenja od dva na šest do osam puta, stalan nadzor ponašanja životinja prema hrani, kao i pružanja usluga hranjenja i njezine dinamike u optimalnim vremenskim intervalima. Prema navodu Oberschätzl-Kopp i suradnika (2016.), povećana učinkovitost hranjenja pri upotrebi robota manifestira se boljim praćenjem bioritma krava u potrebi za hranom, svježijom hranom, lakšom prilagodbom hrane različitim individualnim potrebama životinja te povećanjem konzumacije hrane kod tjelesno slabijih krava. Dakle, primjenjujući automatsku tehniku hranjenja na mliječnim farmama u kombinaciji s vrhunskom kvalitetom komponenata obroka, moguće je značajno povećati iskorištenje hranjivih tvari obroka, uz povoljan učinak na stabilnost pH i zdravlje buraga, ali i cijeloga probavnog sustava. Ovakva najnovija tehnološka rješenja uz pomoć robota za hranidbu, kako navode Bisaglia i suradnici (2012.), mogu značajno utjecati na smanjenje životinjskoga stresa i povećanje dobrobiti, ali i na smanjenje radne opterećenosti farmera (Grafikon 5.). Svi ovi učinci doprinose i smanjenju troškova hrane, što u konačnici rezultira i ukupno boljim proizvodnim rezultatima (French i Kennelly, 1990.).



Grafikon 5. Potrebe za radnom snagom (u sek.) za hranjenje i upravljanje hranidbom na konvencionalnim (KON) i robotiziranim (ROB) farmama (Bisaglia i sur., 2012.)

Chart 5 Labor requirements for feeding and ration management on the conventional (KON) and robotic (ROB) farms (Bisaglia et al., 2012)

Bitnije mijenjajući dosadašnju tehnologiju proizvodnje i hranidbe na mliječnim farmama, sve ozbiljnije se nameće ulazak precizne digitalne tehnologije, takozvani „PLF sustav“ (*Precision Livestock Farming*), koji na principu elektroničkoga sveobuhvatnog praćenja stanja mikroklima u staji, praćenja položaja i ponašanje životinja, praćenja fiziološko-proizvodnog stanja te na principu praćenja zdravlja životinja farmeru pruža velik broj pouzdanih informacija u jedinici vremena, koje mu mogu poslužiti za kvalitetnije upravljanje proizvodnjom. Stavljanjem u funkciju većega broja digitalnih alata, farmer u svakome trenutku dobiva pouzdane informacije o svakoj životinji i njezinoj reakciji na hranu (broj i vrijeme konzumacije), duljini preživljavanja te aktivnostima probave hrane u buragu. Ove informacije se dalje pridodaju podatcima prikupljenima tijekom mužnje (količina i kvaliteta mlijeka), što će u konačnici činiti pouzdanu bazu informacija. Na temelju ovakve sveobuhvatne analize mogu se točno procijeniti potrebe životinje za hranom te odrediti u kojoj mjeri i na koji način treba obaviti korekciju obroka. Kako navode Pavlović i suradnici (2021.) te Rose i Chilvers (2018.), PLF sustav je pametna digitalna tehnologija u proizvodnji mlijeka, koja uza sve navedeno pozitivno utječe i na kvalitetu života i rada farmera. Suvremeni trendovi hranidbe mliječnih krava u sklopu tehnologije precizne hranidbe uključuju primjenu novijih znanja iz područja nutrigenomike (genomika, transkriptomika, proteomika i metabolika), prema kojoj se pitanje optimalizacije hranidbenih potreba životinja dovodi na molekularnu razinu. Ovdje se radi o pojašnjenju molekularnih mehanizama koji, preko statusa određenih biomarkera, prate interakciju između hranjivih tvari i gena. Na takav način mogu se dobiti precizniji odgovori o količini i vrsti hranjive tvari potrebnih životinji (Pal, 2022.; Malgwi i sur., 2022.).

Daljnja budućnost hranidbe mliječnih krava bit će temeljena na principima očuvanja okoliša, pri čemu se mora voditi računa o smanjenju emisije stakleničkih plinova (CH_4 , CO_2 , NH_3), te P i N u mokraći i fecesu. Kao moguće rješenje smanjenja proizvodnje ruminalnoga CH_4 na jedinici utrošene hrane nutricionisti predlažu obrok sastavljen od krmiva visoke biodostupnosti, kao i uključivanje u obrok onih krmiva koja imaju pojačan udjel masnih tvari. U pravcu smanjenja stakleničkih plinova korisna je primjena tehnologija „precizne hranidbe“, a to znači da se životinja opskrbljuje točno određe-

nim hranjivim potrebama u optimalnim vremenskim razmacima. Kako bi se smanjila emisija NH_3 i P iz gnoja i mokraće u okoliš, predlaže se primjena preciznijih programa komponiranja obroka u cilju boljega predviđanja potreba za proteinima i aminokiselinama, što će utjecati na bolje iskorištenje hrane u buragu.

d) Učinci intenzifikacije mljekarskog sektora na održivi razvoj i zaštitu okoliša

Prema navodu Clay i suradnika (2020.), intenzifikacija mljekarskog sektora može imati određene učinke na održivi razvoj. Navedeni autori upućuju na četiri glavna područja na koja utječe ovakva proizvodnja (Grafikon 6.): okoliš, dobrobit životinja, društveni, kulturni i ekonomski utjecaj te zdravlje ljudi. Utjecaj proizvodnje mlijeka na okoliš može značajno varirati ovisno o praksi upravljanja farmom.



Grafikon 6. Područja obuhvaćena utjecajima intenzifikacije mljekarskog sektora (Clay i sur., 2020.)

Chart 6 The areas affected by the intensification of dairy sector (Clay et al., 2020)

1. The Environment: Climate change (GHG emissions), Loss of biodiversity (land conversion), Water use and pollution;
2. Animal welfare: Limited natural behavior, Lameness, Less caretaking, Short animal lifespan;
3. Social, cultural and economic impact: National GDP, Disappearance of family farms, Unemployment, Deterioration of cultural landscapes;
4. Human health: Food security, Malnutrition, Heart disease, Obesity

Ta variranja, prema nekim navodima (Poore i Nemecek, 2018.), nastaju zbog toga što se proizvodnja mlijeka odvija na velikome broju farma širom svijeta i nije svugdje podjednaka. Intenzivni proizvodni sustavi više se oslanjaju na skuplje inpute (koncentriranu krmu), koji mogu (izravno ili neizravno) imati negativniji učinak na okoliš u odnosu na jeftinije inpute poput ispaše (Eshel i sur., 2014.).

No, i farme sa intenzivnom proizvodnjom mogu biti uspješne i ekološki održive, jer je indeks učinkovitosti na ovim farmama znatno veći, dok je varijanca odstupanja obavljenih tehnoloških zadataka znatno manja u odnosu na farme s ekstenzivnom proizvodnjom (Alvarez i sur., 2008.). Slične zaključke iznijeli su i Lovarelli i suradnici (2024.), čiji su rezultati prikazani u Tablicama 4. i 5.

Koncept precizne digitalne tehnologije u stočarstvu danas se izuzetno brzo širi. Tako se, primjerice, u Italiji skoro 40 % poljoprivrednih gospodarstava koristi nekom preciznom digitalnom tehnologijom (Lovarelli i sur., 2024.). Ako se gledaju rezultati koje autori prikazuju (Tablica 4. i 5.), tada se može slobodno reći kako današnje digitalne tehnologije pri-

donose održivoj stočarskoj proizvodnji, pri čemu se nastoji pozitivnim mjerama utjecati na dobrobit životinja i očuvanje okoliša.

Bez obzira na to kakvom se tehnologijom koristili bilo u primarnoj proizvodnji mlijeka ili u sekundarnoj (mljekarskoj prerađivačkoj industriji), svaka ima određen utjecaj na okoliš. Ovaj se utjecaj može pratiti i mjeriti različitim parametrima, poput emisije stakleničkih plinova (Greenhouse gas-GHG), onečišćenja tla i vode, gubitka bioraznolikosti na nekom području ili praćenjem utjecaja na zdravlje ljudi i životinja. Stakleničke plinove čine ugljični dioksid (CO₂ – nastaje korištenjem energije i promjenama korištenja zemljišta), dušikov oksid (N₂O, – nastaje iz proizvodnje hrane za životinje i izlučevina) i metan (CH₄ – nastaje u probavi i crijevima goveda te iz gnojiva). Istraživanja su pokazala kako odraslo govedo (tjelesne mase 550 kg) u procesima probave dnevno proizvede od 250 do 500 L CH₄ (Johnson i Johnson, 1995.). Autori navode kako bi ovakav daljnji nastanak metana iz govedarske proizvodnje u narednih 50 do 100 godina mogao doprinijeti povećanju globalnoga zatopljenja naše planete do 2 %.

Tablica 4. Proizvodnja mlijeka te utrošak energije i vode na farmi s tri različita scenarija (1. osnovni; 2. ISV – poboljšani scenarij s ventilacijom; 3. ISV – AMS poboljšani scenarij s ventilacijom i automatskim sustavom mužnje), prema Lovarelli i suradnicima, 2024.

Table 4 Milk production and energy and water consumption on a farm with three different scenarios (1. basic; 2. ISV – an improved scenario with ventilation; 3. ISV – an AMS-improved scenario with ventilation and an automatic milking system), according to Lovarelli et al., 2024

Pokazatelj / Indicator	Jedinica / Unit	Scenarij / Scenario		
		1.	2.	3.
Proizvodnja mlijeka / Milk production				
Dnevna proizvodnja / Daily production	kg//kravi / kg//cows	31,6	36,0	39,0
Mast / Fat	%	4,1	4,2	4,0
Protein / Protein	%	3,3	3,6	3,4
Godišnje mlijeka / Milk in a year	kg FPCM	4.285	5.054	5.265
Potrošnja energije / Energy consumption				
Potrošnja elek. energije / Electricity consumption	kWh/god. / kWh/year	180.000	220.000	220.000
Potrošnja vode / Water consumption	m ³ /god. / m ³ /year	37.007,5	50.041,5	50.078,0
- prskalice za krave / cow sprinklers	m ³ /god. / m ³ /year	0	16.644	16.644
- voda za piće / drinking water	m ³ /god. / m ³ /year	35.000	31.390	31.390
- čišćenje izmuzišta / cleaning of milking parlour	m ³ /god. / m ³ /year	2.007,5	2.007,5	2.044,0

Napomena: FPCM = mlijeko s korekcijom masti i proteina

Note: FPCM = milk with fat and protein correction

Nažalost, ovakvu pojavu najviše uzrokuje sam čovjek u želji za što većim ekonomskim profitom. Tako, primjerice, današnji obroci za krave imaju u sebi visok udio bjelančevina i energije, što u procesima razgradnje tvari dovodi do znatno većega nastanka CH₄. Također, tu su i problemi zbog korištenja velikih doza antibiotika u liječenju životinja, što zbog bakterijske rezistentnosti stvara daljnje probleme u liječenju ljudi. Međutim, zahvaljujući brojnim znanstvenim istraživanjima dokazano je kako je moguće smanjiti neke štetne posljedice do kojih može dovesti intenzivna stočarska proizvodnja. Tako Hermansen (2016.) navodi kako se korištenjem određenih dodataka u obroku krava može smanjiti količina štetnih plinova iz probave. Autor navodi da su pritom postignuti značajno bolji rezultati kada su se koristila krmiva koja u sebi sadrže tanine ili začinsko bilje, poput origana. Ovakvim pristupom u hranidbi krava udio CH₄ izbačenoga iz probave može se umanjiti i do 25 %.

INTENZIFIKACIJA MLJEKARSKOGA SEKTORA U REPUBLICI HRVATSKOJ – MOGUĆNOSTI ZA HRVATSKE FARMERE

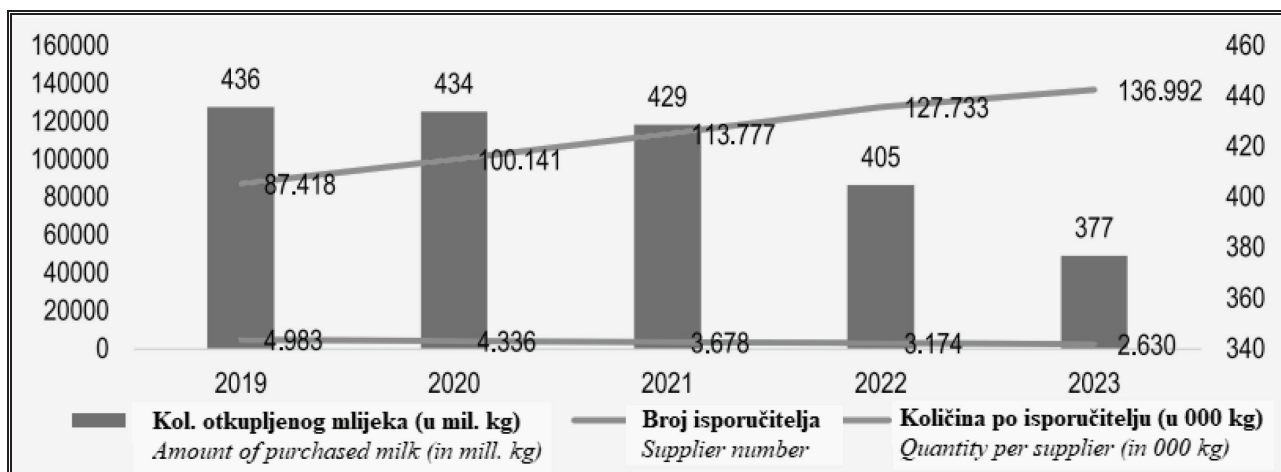
Paralelno s navedenim izazovima intenzivne proizvodnje mlijeka i standardima dobrobiti s kojima se danas susreću razvijene govedarske zemlje

Europe i svijeta, mljekarski sektor u Republici Hrvatskoj se već dva desetljeća suočava s još dva dodatna izazova: smanjenjem broja farma koje se bave proizvodnjom mlijeka te, posljedično, sa smanjenjem ukupne proizvodnje mlijeka. Statistička izvješća pokazuju kako se broj isporučitelja mlijeka u Hrvatskoj od 2003. do kraja 2023. godine smanjio za 95,5 %, odnosno trenutačno je aktivno samo 2.630 farmara, koji proizvode mlijeko na svojim farmama (MPŠR RH, 2024). Također, u ovome je razdoblju došlo i do smanjenja ukupne otkupljene količine mlijeka s hrvatskih farmi za 24 %. Ukupna količina mlijeka otkupljena od strane prerađivačke industrije s hrvatskih farma iznosila je u 2023. godini 377 milijuna kg (DZS, 2024). S obzirom na veličinu farme, opstala su ona gospodarstva koja su imala više od 30 krava, dok su one farme s manjim brojem krava najčešće prestale s daljnjom proizvodnjom. Ovakvi trendovi su slični i u mnogim drugim zemljama Europe. Međutim, u Hrvatskoj je relativno malen broj mliječnih farma s više od 30 krava, što stvara dodatni problem prerađivačkoj mljekarskoj industriji. Zbog nedostatne vlastite proizvodnje mlijeka, Republika Hrvatska danas svoje potrebe u značajnoj mjeri podmiruje uvozom iz susjednih zemalja EU-a. Prema podacima MPŠ RH (2024), samodostatnost u proizvodnji mlijeka iznosila je za 2023. godinu 40,8 %. Neki od statističkih pokazatelja mljekarskoga sektora u Hrvatskoj mogu se vidjeti na Grafikonu 7.

Tablica 5. Utjecaj proizvodnje mlijeka na okoliš kroz tri scenarija (1. osnovni; 2. ISV – poboljšani scenarij s ventilacijom; 3. ISV – AMS je poboljšani scenarij s ventilacijom i automatskim sustavom mužnje), prema Lovarelli i suradnicima, 2024.

Table 5 An impact of milk production on the environment through three scenarios (1. basic; 2. ISV – improved scenario with ventilation; 3. ISV – AMS is an improved scenario with ventilation and an automatic milking system), according to Lovarelli et al., 2024

Kategorija utjecaja Impact category	Jedinica Unit	Scenarij / Scenario		
		1.	2.	3.
Klimatske promjene / Climate change	kg CO ₂ ekv	1.854	1.566	1.501
Oštećenje ozonskog omotača Depletion of the ozone layer	kg CFC11 ekv	$2,88 \times 10^{-8}$	$2,49 \times 10^{-8}$	$2,39 \times 10^{-8}$
Ionizirajuće zračenje / Ionizing radiation	kBq U-235 ekv	0,044	0,037	0,036
Toksičnost kod ljudi: pojavnost raka Human toxicity: incidence of cancer	CTUh	$4,65 \times 10^{-9}$	$3,93 \times 10^{-9}$	$3,77 \times 10^{-9}$
Ekotoksičnost: slatka voda Ecotoxicity: fresh water	CTUe	10.608	8.967	8.593
Upotreba vode / Water use	m ³ uskraćenje / m ³ deprivation	7.036	6.056	5.809
Korištenje resursa: fosilna goriva Resource use: fossil fuels	MJ	2.969	2.569	2.464



Grafikon 7. Kretanja broja isporučitelja, otkupljenih količina mlijeka (u milijunima kg) i količina po isporučitelju (u kg) u Republici Hrvatskoj (MPŠR RH, 2024.)

Chart 7 The trends in the number of suppliers, purchased quantities of milk (in million kg), and the quantity per supplier (in kg) in the Republic of Croatia (Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries of the Republic Croatia, 2024)

U mljekarskome sektoru Republike Hrvatske ipak postoje i pozitivni trendovi, koji su povezani s uvođenjem digitalnih tehnologija i robotizacijom (od hranidbe i čišćenja do mužnje). Prva robotizirana mužnja krava u Hrvatskoj započela je s radom 2008. godine. Prema navodima Mijića i Bobić (2020.), u Hrvatskoj je do kraja 2019. godine bilo ugrađeno 30 robota na 20 farmi. Danas (sredina 2024. godine) broj robota za mužnju u Hrvatskoj iznosi oko 85 (autorska procjena), od kojih je 49 u službenoj kontroli mliječnosti (Mikić, 2024.), s naglaskom na činjenici da je sve veći broj farma koje imaju više od jednog robota. Robotizacija farme podrazumjeva i velika novčana ulaganja. Tako se, primjerice, osnovna cijena jednog robota za mužnju krava kreće oko 140.000 eura. Ovakav financijski iznos može doprinijeti značajnijemu ulaganju u govedarsku proizvodnju, pri čemu neizostavno trebaju biti prisutne i kvalitetne novčane potpore od strane države. Prema Godišnjem izvješću za govedarstvo (HAPIH, 2024.), u Republici Hrvatskoj je u 2023. godini bilo 692 gospodarstva koja su u svojem posjedu imala od 30 do 250 krava. Upravo u ovim gospodarstvima je budući potencijal za prelazak s konvencionalne na robotiziranu mužnju. Udio farmi s robotiziranom mužnjom u sjeverozapadnoj Europi kreće se između 25 i 30 % (Forde, 2015.). Na temelju ovakvih podataka, neka je moguća vizija kako bi broj robota na hr-

vatskima farmama u narednih pet godina mogao porasti na 150. Time bi se ova gospodarstva osuvremenila i dodatno zaštitila od mogućega propadanja. Na državnim ustanovama je sada važna odluka o donošenju kvalitetnih investicijskih mjera, te smanjenju birokratskih procedura tijekom provedbe natječaja za kupnju robota.

ZAKLJUČAK

Kao i u stočarski razvijenim zemljama EU-a, intenzifikacija proizvodnje je vrlo prisutna i na domaćim mliječnim farmama, a vidljiva je u primjeni suvremenih tehnika i tehnologija. S obzirom na višestruko koristan učinak digitalizacije automatskoga sustava vođenja farme, kao i korištenja robotskih tehnika pri obavljanju najsloženijih radnih operacija, njegova daljnja primjena na farmama je neupitna. Ipak, treba naglasiti kako početna visoka ulaganja u suvremena tehničko-tehnološka rješenja u proizvodnji mlijeka nalaze opravdanje samo kada se primijenjuju pravilno i potpuno, što od farmera zahtijeva primjerenu educiranost. Kako bi današnja suvremena proizvodnja mlijeka bila održiva i profitabilna, trebala bi se temeljiti na zdravim, genetski visokoproduktivnim životinjama u objektima s optimalnim mikroklimatskim uvjetima i s krmivima najbolje hranjive i higijenske vrijednosti.

NAPOMENA

Članak pripada istraživačkim projektima *Istraživanje proizvodno-kondicijskog potencijala životinja u ekonomsko održivoj poljoprivrednoj proizvodnji i Uzgojno-tehnološki aspekti animalne proizvodnje* Fakulteta agrobiotehničke znanosti Osijek, koji se prema odluci Vlade Republike Hrvatske realiziraju programskim financiranjem javnih učilišta u Republici Hrvatskoj glade temeljne znanstvene djelatnosti.

LITERATURA

- Albright, J. L. (1993.): Feeding behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 76(2): 485-498.
- Alvarez, A., del Corral, J., Solís, D., Pérez, J. A. (2008.): Does intensification improve the economic efficiency of dairy farms? *Journal of Dairy Science*, 91(9): 3693-3698, doi.org/10.3168/jds.2008-1123.
- Bertoni, G., Calamari, L. (2001.): Animal welfare and human needs: are they contradictory? U: Pasquali, M. (ur.), 3rd Congr. EurSafe (European Society for Agricultural and Food Ethics), Florence (Italy), October 3-5, 2001, pp. 23-30.
- Bisaglia, C., Belle, Z., Van den Berg, G., Pompe, J. (2012.): Automatic vs. conventional feeding systems in robotic milking dairy farms: a survey in the Netherlands. *Proc. International Conference of Agricultural Engineering CIGRAgEng*. Valencia, Spain, 8 - 12, July, 2012, pp. 100-104.
- Blott, S., Kim, J. J., Moisisio, S., Schmidt-Küntzel, A., Cornet, A., Berzi, P., Cambisano, N., Ford, C., Grisart, B., Johnson, D., Karim, L., Simon, P., Snell, R., Spelman, R., Wong, J., Vilkki, J., Georges, M., Farnir, F., Coppieters, W. (2003.): Molecular dissection of a quantitative trait locus: a phenylalanine-to-tyrosine substitution in the transmembrane domain of the bovine growth hormone receptor is associated with a major effect on milk yield and composition. *Genetics*, 163(1): 253-266. doi: 10.1093/genetics/163.1.253
- Bouwman, L., Goldewijk, K. K., van Der Hoek, K. W., Stehfest, E. (2011.): Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900-2050 period. *PNAS*, 110(52): 20882-20887. doi.org/10.1073/pnas.1012878108
- Brandt, P., Yesuf, G., Herold, M., Rufino, M. C. (2020.): Intensification of dairy production can increase the GHG mitigation potential of the land use sector in East Africa. *Global Change Biology*, 26(2): 568-585. doi.org/10.1111/gcb.14870
- Buller, H., Blokhuis, B., Jensen, P., Keeling, L. (2018.): Towards farm animal welfare and sustainability. *Animals*, 8: 81, doi.org/10.3390/ani8060081
- CAC/RCP (2003.): General principles of food hygiene. CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003, 1-31. FAO - Food and Agriculture Organization. Dostupno: <https://www.mhlw.go.jp/english/topics/importedfoods/guideline/dl/04.pdf>
- CAC/RCP (2004.): Code of good practice for good animal feeding. CAC/RCP 54 - 2004: 1-8, FAO - Food and Agriculture Organization. Dostupno: <http://files.foodmate.com>
- Clay, N., Garnett, T., Lorimer, J. (2020.): Dairy intensification: Drivers, impacts and alternatives. *Ambio*, 49(1): 35-48. doi: 10.1007/s13280-019-01177-y
- De Koning, C. K. (2010.): Automatic milking - Common practice on dairy farms. *Proc. of the First North American Conference on Precision Dairy Management, Progressive Dairy Operators*, Guelph, Ontario, Canada, pp. 52-67.
- De Vries, T. J., Chevaux, E. (2014.): Modification of the feeding behavior of dairy cows through live yeast supplementation. *Journal of Dairy Science*, 97: 6499-6510. dx.doi.org/ 10.3168/jds.2014-8226
- Domaćinović, M., Prakatur, I. (2021.): Automatizirana hranidba mliječnih krava uz primjenu robota. 16. savjetovanje uzgajivača goveda u republici Hrvatskoj. *Zbornik predavanja, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Darja Sokolić (ur.), s. 75-82, Zagreb.*
- Domaćinović, M., Vranić, I., Prakatur, I., Špehar, M., Ivkić, Z., Solić, D. (2022.): Nutritivna kvaliteta kukuruzne silaže na mliječnim farmama u Republici Hrvatskoj. *Poljoprivreda*, 28(1): 60-67. doi.org/10.18047/poljo.28.1.9
- Domaćinović, M., Mijić, P., Novoselec, J., Domaćinović, A., Solić, D., Prakatur, I. (2023.): Prednosti i prijete tehnologije preciznoga praćenja i upravljanja na mliječnim farmama. *Poljoprivreda* 29(2): 70-77, doi.org/10.18047/poljo.29.2.9
- DZS - Državni zavod za statistiku (2024.): Axis baze podataka. Dostupno: www.dzs.hr
- Eldala, K. (2024.): DeLaval is supplying equipment for dairy farm in China, which will become the new world leader in the number of robots. *Dairy News Today*. Dostupno: <https://dairynews.today/global/news/delaval-is-building-a-dairy-farm-in-china-with-300vms.html>

19. Eshel, G., Shepon, A., Makov, T., Milo. R. (2014.): Land, irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United States. *PNAS - Proceedings of the National Academy of Sciences*, Schlesinger, W. H. (ur.), 111: 11996–12001, Cary Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, NY, SAD.
20. FAO (1998.): Food quality and safety systems - A training manual on food hygiene and the hazard analysis and critical control point (HACCP) system. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 178.
21. FAO and IDF (2011.): Guide to good dairy farming practice. Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Dairy Federation. Animal Production and Health Guidelines. No. 8. Rome, Italy. Dostupno: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f37411af-a65c-413a-ba01-ed3f367a9059/content>
22. Forde, A. (2015.): 30% of Swedish dairy farms now milk with robots. *Agriland*. Dostupno: <https://www.agriland.ie/farming-news/30-of-swedish-dairy-farms-now-milk-with-robots/>
23. FAWC – Farm Animal Welfare Council (1993.): Report on priorities for animal welfare research and development. Dostupno: <https://edepot.wur.nl/134980>
24. French, N., Kennelly, J. J. (1990.): Effects of feeding frequency on ruminal parameters, plasma insulin, milk yield, and milk composition in holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 73(7): 1857-63. doi: [10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78866-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78866-2)
25. Grisart, B., Coppieters, W., Farnir, F., Karim, L., Ford, C., Berzi, P., Cambisano, N., Mni, M., Reid, S., Simon, P., Spelman, R., Georges, M., Snell, R. (2002.): Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition. *Genom Research*, 12(2): 222-231. doi: [10.1101/gr.224202](https://doi.org/10.1101/gr.224202)
26. Grubić, G., Adamović, M. (2003.): Ishrana visoko proizvodnih krava. Institut PKB Agroekonomik, Beograd.
27. Gołaś, Z. (2017.): Determinants of milk production profitability of dairy farms in the EU member states. *Problems of Agricultural Economics*, 3(352): 19-40, doi: [10.5604/00441600.1245843](https://doi.org/10.5604/00441600.1245843)
28. Goddard, M. (2008.): Genomic selection: prediction of accuracy and maximisation of long term response. *Genetica*, 136: 245-257. doi: [10.1007/s10709-008-9308-0](https://doi.org/10.1007/s10709-008-9308-0)
29. Hayes, B. J., Bowman, P. J., Chamberlain, A. J., Goddard, M. E. (2009.): Invited review: Genomic selection in dairy cattle: Progress and challenges. *Journal of Dairy Science*, 92(2): 433-443. doi: [10.3168/jds.2008-1646](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1646)
30. HAPIH – Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (2024.): Govedarstvo - godišnje izvješće za 2023. godinu. s. 62-63, Centar za stočarstvo, Osijek.
31. Hansen, B. G., Jervell, A. M. (2015.): Change management in dairy farming. *The International Journal of Sociology of Agriculture and Food*, 22(1): 23–40.
32. He, F., Sun, D., Yu, Y., Wang, Y., Zhang, Y. (2006.): Association between SNPs within prolactin gene and milk performance traits in Holstein dairy cattle. *Asian-Austr. J. Anim. Sci.*, 19(10): 1384-1389. doi: [10.5713/ajas.2006.1384](https://doi.org/10.5713/ajas.2006.1384)
33. Hedlund, L., Løvlie, H. (2015.): Personality and production: Nervous cows produce less milk. *Journal of Dairy Science*, 98(9): 5819–5828. doi.org/[10.3168/jds.2014-866](https://doi.org/10.3168/jds.2014-866)
34. Hermansen, N. (2016.): Oregano may reduce methane in cow burps. DCA - Danish Centre for Food and Agriculture, Aarhus University. Dostupno: <https://dca.au.dk/en/current-news/news/show/artikel/oregano-skal-faa-koeer-til-at-boevse-mindre-metan-2>
35. Janocha1, A., Milczarek, A., Gajownik-Mućka, P., Matuszevičiu, P. (2023.): Evaluation of the efficiency of computer monitoring based on selected parameters of dairy herd behaviour in relation to daily milk yield. *Animal Science and Genetics*, 19(3), 83-92. doi: [10.5604/01.3001.0053.9189](https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.9189)
36. Jarvis, L. (1993.): Sustainable animal agriculture: the role of economics in recent experience and future challenges. FAO Animal Production and Health Paper (FAO). Dostupno: www.fao.org/4/t0582e/T0582E06.htm
37. Jongeneel, R., Gonzalez-Martinez, A. (2022.): EU Dairy after the quota abolition: Inelastic asymmetric price responsiveness and adverse milk supply during crisis time. *Agriculture*, 12: 1985. doi.org/[10.3390/agriculture12121985](https://doi.org/10.3390/agriculture12121985)
38. Johnson, K. A., Johnson, D. E. (1995.): Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Sciences*, 73(8): 2483-2492. doi: [10.2527/1995.7382483x](https://doi.org/10.2527/1995.7382483x)
39. Kgwatalala, P. M., Ibeagha-Awemu, E. M., Hayes, J. F., Zhao, X. (2009.): Stearoyl CoA desaturase 1 3'UTR SNPs and their influence on milk fatty acid composition of Canadian Holstein cows. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 126(5): 394-403.

40. Kuss, A. W., Gogol, J., Bartenschlager, H., Geldermann, H. (2005.): Polymorphic AP-1 binding site in bovine CSN1S1 shows quantitative differences in protein binding associated with milk protein expression. *Journal of Dairy Science*, 88(6): 2246-2252. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72900-3
41. Land, R. B., Hill, W. G. (1975.): The possible use of superovulation and embryo transfer in cattle to increase response to selection. *Animal Production*, 21: 1-12.
42. Liefers, S. C., Veerkamp, R. F., Te Pas, M. F. W., Chilliard, Y., Van der Lende, T. (2005.): Genetics and physiology of leptin in periparturient dairy cows. *Domestic Animal Endocrinology*, 29(1): 227-238. doi: 10.1016/j.domaniend.2005.02.009
43. Lely (2023.): Celebrating the 50.000 Astronaut. The most experienced milking robot worldwide. Dostupno: <https://www.lely.com/50000astronaut/>
44. Leonardi, C., Armentano, L. E. (2003.): Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(2): 557–564. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73634-0
45. Lovarelli, D., Bovo, M., Giannone, C., Santolini, E., Tassinari, P., Guarino, M. (2024.): Reducing life cycle environmental impacts of milk production through precision livestock farming. *Sustainable Production and Consumption*. U tisku: *Journal Pre-proof* doi: [org/10.1016/j.spc.2024.09.021](https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.09.021)
46. Maaßen-Francke, B. (2017.): The importance of good management on dairy farms. *International Dairy Topics*, 16(6): 11-12.
47. Malgwi, I.H., Halas, V., Grünvald, P., Schiavon, S., Jócsák, I. (2022.): Genes related to fat metabolism in pigs and intramuscular fat content of pork: A focus on Nutrigenetics and Nutrigenomics. *Animals*, 12: 150. doi: [org/10.3390/ani12020150](https://doi.org/10.3390/ani12020150)
48. Mijić, P., Bobić, T. (2019.): Automatizirani muzni sustavi ili robotizirana mužnja krava: prednosti i nedostatci. Zbornik predavanja 14. savjetovanje uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj. Zdenko Ivkić (ur.), 68-77, Plitvička Jezera, Hrvatska. Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu.
49. Mikić, Z. (2024.): Roboti za mužnju krava u Hrvatskoj. *Mljekarski list, Podlistak Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu*, 62(7): 4.
50. Nicholas, F., Smith, C. (1983.): Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting. *Animal Production*, 36(3): 341-353.
51. Nicholas, F. W. (1996.): Genetic improvement through reproductive technology. *Animal Reproduction Science*, 42(1-4): 205-214. doi: [org/10.1016/0378-4320\(96\)01511-4](https://doi.org/10.1016/0378-4320(96)01511-4)
52. Novais, F. J., Pires, P. R. L., Alexandre, P. A., Dromms, R.A., Iglesias, A. H., Ferraz, J. B. S., Mark Philip-Walter Styczynski, M. P. W., Fukumasu, H. (2019.): Identification of a metabolomic signature associated with feed efficiency in beef cattle. *BMC Genomics*, 20(8): 2-10. doi: [org/10.1186/s12864-018-5406-2](https://doi.org/10.1186/s12864-018-5406-2)
53. Oberschätzl-Kopp R., Haidn B., Peis R., Reiter K., Bernhardt H. (2016.): Effects of an automatic feeding system with dynamic feed delivery times on the behaviour of dairy cows. 1-8 in Proc. of CiGR-AgEng 2016. Conference, Aarhus, Denmark.
54. OECD/FAO (2021.): *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030*, OECD Publishing, Paris. doi: [org/10.1787/19428846-en](https://doi.org/10.1787/19428846-en)
55. Örs, A., Oğuz, C., Semin, A., Skvortsov, E. (2022.): The effect of robotic milking systems on economic performance of dairy farms with a simulation model. *New Medit*, 2: 97-108. doi: 10.30682/nm2202g
56. Ostojić-Andrić, D., Hristov, S., Novaković, Ž., Pantelić, V., Petrović, M. M., Zlatanović, Z., Nikšić, D. (2011.): Dairy cows welfare quality in loose vs tie housing system. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(3): 975-984. doi: [org/10.2298/BAH1103975O](https://doi.org/10.2298/BAH1103975O)
57. Palacio, S., Adamb, S., Bergeronc, R., Pellerind, D., de Passillée, A. M., Rushene, J., Haleyf, D., DeVries, T. J., Vasseur, E. (2022.): Minor stall modifications and outdoor access can help improve dairy cow welfare in tie-stalls. *Canadian Journal of Animal Science*, 103: 1–14. doi: [org/10.1139/cjas-2022-0038](https://doi.org/10.1139/cjas-2022-0038)
58. Pal, A. (2022.): *Nutrigenomics. in protocols in advanced genomics and allied techniques*. Springer, New York, NY, 559-569.
59. Pavlović, D., Davison, C., Hamilton, A., Marko, O., Atkinson, R., Michie, C., Crnojević, V., Andonovic, I., Bellekens, X., Tachtatzis, C. (2021.): Classification of cattle behaviours using neck-mounted accelerometer equipped collars and convolutional neural networks. *Sensors*, 21: 4050. doi: [org/10.3390/s21124050](https://doi.org/10.3390/s21124050)
60. Philippidis, G.; Waschik, R. (2019.): Melitz meets milk: The impact of quota abolition on EU dairy export competitiveness. *Journal of Agricultural Economics*, 70(1): 44–61. doi: 10.1111/1477-9552.12276
61. Popescu, S., Borda, C., Diugan, E. A., Spinu, M., Groza, I. S., Sandru, C. D. (2013.): Dairy cows welfare quality in tie-stall housing system with or without access to exercise. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 55: 43. doi: [org/10.1186/1751-0147-55-43](https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-43)

62. Poore, J., Nemecek, T. (2018.): Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360: 987–992. doi: 10.1126/science.aag0216
63. Rendel, J. M., Robertson, A. (1950.): Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a closed herd of dairy cattle. *Journal of Genetics*, 50(1): 1-8.
64. Rose, D. C., Chilvers, J. (2018.): Agriculture 4.0; Broadening responsible innovation in an era of smart farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, Sec. Agroecology and Ecosystem Services, 2: 1-7. doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087
65. Rossing, W., Hogewerf, P. H. (1997.): State of the art of automatic milking systems, *Computers and Electronics in Agriculture*, 17(1): 1-17. doi.org/10.1016/S0168-1699(96)01229-X
66. Sharif, S., Mallard, B. A., Wilkie, B. N., Sargeant, J. M., Scott, H. M., Dekkers, J. C., Leslie, K. E. (1999.): Associations of the bovine major histocompatibility complex DRB3 (BoLA-DRB3) with production traits in Canadian dairy cattle. *Animal Genetics*, 30(2): 157-160. doi: 10.1046/j.1365-2052.1998.00318.x
67. Shine, P., Murphy, M. D. (2022): Over 20 years of machine learning applications on dairy farms: A comprehensive mapping study. *Sensors*, 22(1): 52. doi.org/10.3390/s22010052
68. Singh, U., Deb, R., Alyethodi, R. R., Alex, R., Kumar, S., Chakraborty, S., Dhama, K., Sharma, A. (2014.): Molecular markers and their applications in cattle genetic research: A review. *Biomarkers and Genomic Medicine*, 6(2): 49-58. doi.org/10.1016/j.bgm.2014.03.001
69. Službeni list Europske unije 2017/C 265/02 (2017.): Budućnost sektora mlijeka i mliječnih proizvoda EU-a – revizija provedbe „mliječnog paketa”. Rezolucija Europskog parlamenta od 7. srpnja 2015. o budućnosti sektora mlijeka i mliječnih proizvoda EU-a – revizija provedbe „mliječnog paketa” (2014/2146(INI)). Dostupno: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52015IP0249&from=LV>
70. Trevisi, E., Bionaz, M., Piccioli-Cappelli, F., Bertoni, G. (2006.): The management of intensive dairy farms can be improved for better welfare and milk yield. *Livestock Science*, 103(3): 231-236. doi.org/10.1016/j.livsci.2006.05.009
71. Van Arendonk, J. A. M., Bijma, P. (2003.): Factors affecting commercial application of embryo technologies in dairy cattle in Europe – a modelling approach. *Theriogenology*, 59(2): 635-49. doi: 10.1016/s0093-691x(02)01245-1
72. Vlada Republike Hrvatske (2024): Odluka o donošenju Programa razvoja sektora mljekarstva u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2030. godine i Akcijskog plana za provedbu Programa razvoja sektora mljekarstva u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2025. godine. *Narodne novine*, 19/2024.
73. Weigel, K. A. (2004.): Exploring the role of sexed semen in dairy production systems. *Journal of Dairy Science*, 87(E. Suppl.): E120–E130. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70067-3

SUMMARY

At the level of total global production, the dairy sector is facing a very challenging period. These challenges are different: from the legislative and public-social ones (due to a public pressure claiming that an intensive cattle breeding damages the living environment, ethological patterns, and animal welfare), to the challenges in a primary milk production itself due to the high input costs and a low milk-purchase price. It is important to note that there is also a decline in the producers' interest in this demanding production and an increasingly expensive cost of labor. Responding to these trends, the dairy sector has launched a significant transformation, especially in the world's developed countries, trying to adapt to the new challenges and trying to become economically profitable. In the countries of the European continent, the specialization, or an intensification, of milk production is most often approached, which is visible in a gradual increase in milk production per cow, and in an increase in the number of cows per farm. Simultaneously, the modern breeding, feeding, and reproduction technologies are being applied, but the standards of care for the environment, ethology, and animal welfare are also increasingly being introduced. As it is difficult to balance all of the aforementioned factors, a precise digital technology and scientific and professional technological solutions should be applied when managing such farms. The aim of this paper was to demarcate the directions of transformation of the dairy sector through an intensification of milk production, with an emphasis on animal welfare and the environment. We believe that these guidelines can also be useful to the Croatian farmers who may go in a direction of intensive milk production.

Keywords: dairy sector, transformation, challenges, alternatives