

Utjecaj trajanja miješanja sirovina na kemijski sastav i krupnoću čestica potpuno izmiješanog obroka junadi u tovu

Mikec, Goran

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:660193>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Utjecaj trajanja miješanja sirovina na kemijski sastav i krupnoću čestica potpuno izmiješanog obroka junadi u tovu

DIPLOMSKI RAD

Goran Mikec

Zagreb, rujan, 2020.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Hranidba i hrana životinja

**Utjecaj trajanja miješanja sirovina na kemijski
sastav i krupnoću čestica potpuno izmiješanog
obroka junadi u tovu**

DIPLOMSKI RAD

Goran Mikec

Mentor:

Prof. dr. sc. Darko Grbeša

Zagreb, rujan 2020.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Goran Mikec**, JMBAG 0012255136, rođen/a 30.07.1995. u Koprivnici, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

Utjecaj trajanja miješanja sirovina na kemijski sastav i krupnoću čestica potpuno izmješanog obroka junadi u tovu

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____
Potpis studenta



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZVJEŠĆE O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Goran Mikec**, JMBAG 0012255136, naslova

Utjecaj trajanja miješanja sirovina na kemijski sastav i krupnoću čestica potpuno izmješanog obroka junadi u tovu

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Prof. dr. sc. Darko Grbeša mentor

2. Izv. prof. dr. sc. Goran Kiš član

3. Izv. prof. dr. sc. Miljenko Konjačić član

Zahvala

Ovime zahvaljujem svojoj obitelji na potpori tokom svih godina studiranja te prijateljima i kolegama sa studija. Posebno se zahvaljujem prof. dr. sc. Darku Grbeši na pomoći prilikom provođenja istraživanja na OPG-u Mikec.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Pregled korištene literature.....	2
2.1. Varijabilnost hranjivosti obroka.....	Error! Bookmark not defined.
2.2. Variranje sastava krmiva	2
2.3. Izvori varijacija hranidbenih i fizikalnih svojstava krmiva.....	4
2.4. Acidoze.....	5
2.5. Utjecaj usitnjavanja voluminoznih krmiva na junad.....	5
2.6. Mjerenje krupnoće čestica voluminozne krme.....	6
2.7. TMR mikser prikolica	7
2.8. Vrijeme miješanja	9
3. Cilj rada	10
4. Materijal i metode	11
4.1. Opis gospodarstva	11
4.2. Obrok.....	12
4.3. Mikser prikolica	13
4.4. Uzorkovanje	14
4.5. Kemijske analize	15
4.6. Udio čestica različitih veličina	17
4.7. Statistička analiza	19
5. Rezultati istraživanja i diskusija.....	20
6. Zaključak	27
7. Popis literature.....	28
8. Životopis.....	32

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Goran Mikec**, naslova

Utjecaj trajanja miješanja sirovina na kemijski sastav i krupnoću čestica potpuno izmiješanog obroka junadi u tovu

Cilj ovog diplomskog rada je odrediti kako duljina trajanja miješanja obroka (TMR) u mikser prikolici utječe na ujednačenost miješanja i udio pojedinih čestica. Istraživanje je provedeno na gospodarstvu na izmješanom krmivu kojim se hrani 170 grla simentalske tovnje junadi i junica. Sijeno livadno, sjenaža lucerne, silaža kukuruza, visoko vlažno zrno kukuruza i dopunska krmna smjesa su miješani 45 i 90 minuta u mikser prikolici (5m³) Sano Profi Mini i istovareni na hranidbeni stol. Uzorci obroka su uzimani sa početka, sredine i kraja hranidbenog stola svakodnevno tijekom dva tjedna.

U prosušanim zorcima obroka prosijavanjem na Penn State Particle Separator sitima veličine 19 mm, 8 mm i 1.18 mm određena je veličina čestica, a koncentracija natrija je bila pokazatelj izmješnosti obroka. U uzorcima je određen udjel suhe tvari, natrija, sirovih proteina i neutralnih deterđent vlakana. Miješanje obroka 90 i 45 minuta dobije se odlična izmješnost (< 5%) obroka mjerena koncentracijom natrija u suhoj tvari. Miješanje u trajanju 90 min daje manje dnevne varijacije. Miješanje i usitnjavanje hrane tijekom 90 minuta i 45 minuta rezultira prosječnom veličinom koja osigurava više od minimalno potrebne količine efektivnih valakan za održavanje normalne kiselost buraga. Međutim, miješanje od 90 minuta daje ujednačeniju raspodjelu veličina vlakana tijekom tjedan dana mjerenja što osigurava ravnomjernu količinu svake frakcije vlakana junadi u svakom boksu cijekom cijelog tova.

Zaključno, suhe obroke u maloj mikser prikolici bolje je miješati 90 nego 45 minuta.

Ključne riječi: TMR, vrijeme miješanja, ujednačenost, veličina čestica, efektivna vlakna

Summary

Of the master's thesis – student **Goran Mikec**,

Influence of mixing time on mixing uniformity and particle sizes distribution in total mixed diet for cattle

The aim of this master thesis was to assess the effect length of a mixing time of total mixed ration (TMR) for beef on its uniformity and distribution of particle size. Research was conducted on a small family farm on 170 Simental bulls and heifers fed with the same ration composed of meadow and alfalfa hay, corn silage, high moisture corn and complementary feed mixed with maize. One-week all cattle fed with TMR mixed for 90 min and another week with the same TMR mixed 45 min in small (5m³) TMR Sano Profi Mini mixer.

The sodium content in dry matter used as an indicator of the consistency of total mixed ration and particles size distribution of TMR were determined using Pen State Particles Separator with three size holes size 19 mm, 8 mm, and 1.18 mm. Uniformity from TMR mixing 90 and 45 min measured by coefficient of variation was excellent (< 5%), but 90 min mixing time obtained lower day to day variation. Particle size distribution was generally according the standard for both times. Geometric means of particle length for both mixing times were 4.38 mm and 4.82 mm and assured adequate amount of effective neutral detergent fibre for beef. Ration mixed longer time had less long fibre and more middle (1.18 – 8 mm) particle size and that indicate better cutting of forages. But, mixing 90 min resulted with more consistent uniformity among the day of investigation.

These result of the investigation indicate that 90 min mixing in small mixer improved consistency of TMR over time and uniformity under and between of particle size fractions.

Keywords: total mixed ration, mixing time, uniformity, particle size distribution, effective fibre

1. Uvod

Hranidba i hranjenje životinja je jedan od najskupljih i najkompliciranijih aspekata intenzivne proizvodnje goveđeg mlijeka i mesa. Bitno je da obrok sadrži životinji potrebne količine svih 60 hranjivih tvari ravnomjerno raspodijeljene u svakom zalogaju. Prekoračenjem potreba dolazi do povećanja troškova hrane, zagađenja okoline, a u nekim težim slučajevima i do trovanja same životinje. Isto tako nedovoljna količina hranjivih tvari dovodi do smanjene proizvodnje i rasplodivanja, a dugotrajni manjak do narušenog zdravlja i ugrožavanja zdravlja životinja. Najbolji način hranjenja je davanje monogastričnih životinjama sve potrebne količine svih hranjivih tvari, osim vode u jednoj potpuno izmješanoj krmnoj smjesi. Preživači od svih hranjivih tvari trebaju najviše dugih vlakana, odnosno voluminozne krme od koje se zbog velikog volumena, dužine i vlage ne mogu raditi krmne smjese pa se neposredno prije hranjenja miješa voluminozna i koncentratna krma u jedan obrok (TMR) u omjerima koji zadovoljavaju potrebe životinja za efektivnim vlaknima, energijom i ostalim hranjivim tvarima. Dodatno, miješanje utječe i na veličinu čestica voluminozne krme koja je bitna za preživljavanje i održavanje poželjne kiselosti buraga. Kada su čestice hrane prevelike životinje mogu smanjiti konzumaciju istih te jedu više sitnije čestice, a ako su čestice prekratke opet jedu samo sitne čestice što povisuje kiselost i posljedično smanjuje proizvodnju i narušava zdravlje goveda (acidoze, laminitis, dislokacije sirišta, nadami). Teško je postići da junad pojede onoliku količinu hranjivih tvari koliko je predviđeno formulacijom obroka zbog velikih razlika u fizikalnim svojstvima voluminozne i koncentratne krme. Da bi obrok imao poželjnu dužinu sječke i ujednačenu raspodjelu hranjivih tvari konstruirane su TMR prikolice/vagoni ili mikser prikolice raznih veličina i kapaciteta, načina miješanja te raspodjele hrane koja se na kraju procesa miješanja izbacuje iz njih. Za ujednačenu izmiješanost i dobru krupnoću čestica bitna je poznavanje variranja hranidbenih potreba životinja, hranjivosti i fizikalnih osobina korištenih krmiva, preciznosti odvaga i miješanja obroka. Osim svojstava obroka i mikser prikolice na ujednačenu izmiješanost i dužinu čestica važna je i osoba koja upravlja strojevima za punjenje i miješanje krmiva direktno svojom pažnjom ili nepažnjom prilikom obavljanja posla (netočna odvaga i trajanje miješanja i brzina punjenja valova). Na ujednačenost izmiješanosti i točnost odvaga krmiva u mikser prikolici imaju i vremenske prilike najčešće kiša i snijeg (dodatna voda koja ulazi u mikser prikolicu povećava vlažnost obroka), te ostala mehanizacija koja je potrebna prilikom miješanja obroka..

Dobro su istraženi pokazatelji izmiješanosti i dužine sječke obroka za mliječne krave dok a za tov junadi ne postoji dovoljno provedenih istraživanja. Cilj ovoga rada je utvrditi utjecaj dužine miješanja na veličinu čestica obroka i ujednačenost raspodjele hranjivih tvari u njemu.

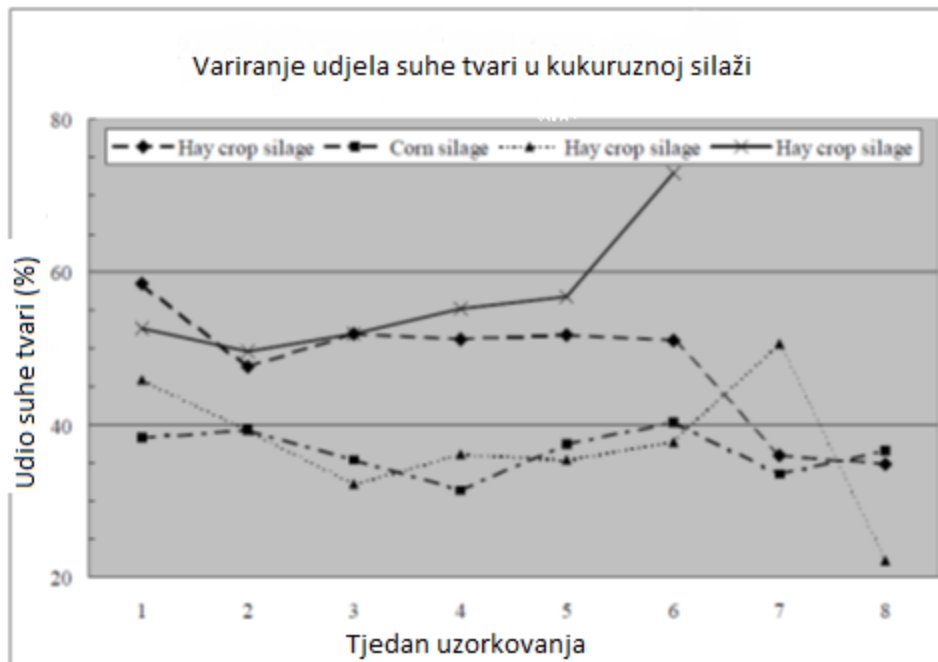
2. Pregled korištene literature

2.1. Varijabilnost hranjivosti obroka

Sastav obroka nije ujednačen već varira ovisno od variranja sastava krmiva i udjela krmiva, preciznosti odvaga i izmiješanosti krmiva u obroku. Kemijsko-fizikalna svojstva i hranjivost obroka variraju više od hranidbenih potreba životinja što dovodi do neprimjerene opskrbe životinje hranjivim tvarima i gubitka zarade (Ward i Ondarza, 2008). Razlog ovom leži u činjenici da se obrok preživača sastoji od voluminoznih i krepih krmiva koja se znatno razlikuju po kemijskim i fizikalnim svojstvima te junad dobiva drugačiji sadržaj hranjivih tvari, osobito vlakana od predviđenog formulacijom (Leonardi i Armentano, 2003).

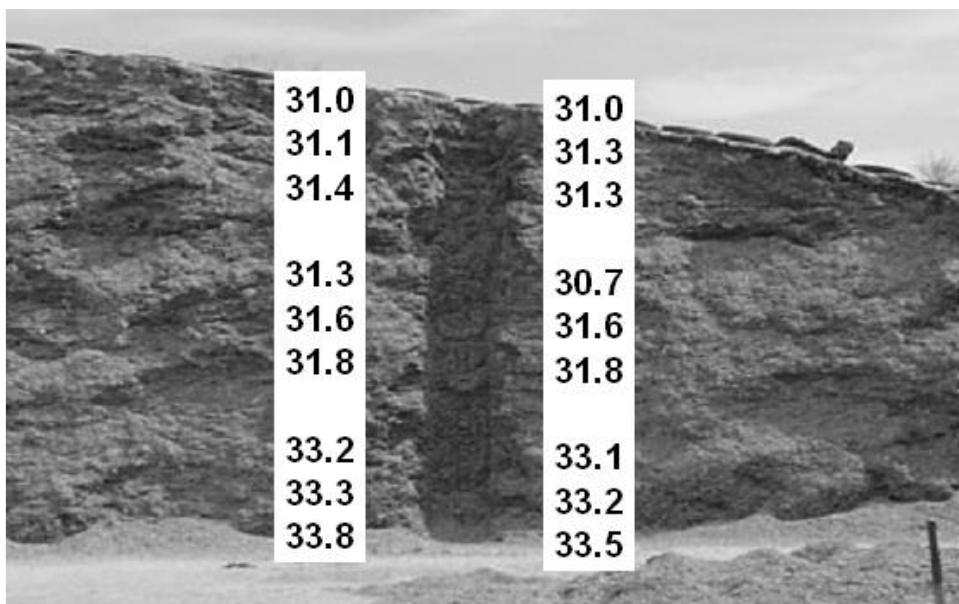
2.2. Variranje sastava krmiva

Kemijski sastav krmiva nije stalan već varira prema Gaussovoj krivulji. Znatno više varira sadržaj hranjivih tvari u voluminoznoj nego koncentratnoj krmu. Među voluminoznim krmivima najviše varira sastav paše. Kada se gleda sadržaj hranjivih tvari tada u konzerviranim krmivima najviše varira sadržaja vlage, odnosno suhe tvari i mikroelemenata u svježim i siliranim krmivima. Pa tako NRC (2016) navodi sa je u 209 858 uzorka silaže kukuruza koja se smatra krmivom ujednačenog sastava da sadržaj suhe tvari iznosu 33.07%, a standardna devijacije iznosu čak 5.59% što znači da 68% uzorka ima sadržaj suhe tvari između 27.48 i 38.66%. Variranje sadržaja mikroelemenata izračunato kao standardna devijacija je po iznosu veće po prosjeka. Prema NRC (2016) prosječni sadržaj željeza u lucerni je 648.52 mg/kg suhe tvari, a standardna devijacija je 678.17 mg/kg suhe tvari. Poslije sadržaja suhe tvari najviše varira sadržaj najzastupljenije dvije tvari u silaži kukuruza, a to su vlakana (NDF) i škrob (Weiss i St_Pierre, 2012).



Slika 1. Promjene u koncentraciji suhe tvari kroz određeno vremensko razdoblje.

Izvor: https://www.researchgate.net/publication/228388352_Optimizing_Performance_of_TMR_Mixers



Slika 2. Razlika u suhoj tvari s obzirom na visinu silaže u silosu.

Izvor: <https://www.semanticscholar.org/paper/Reducing-the-Variation-between-Formulated-and-Stone/ef7276384efaae4abf15c81ec8a9cacb3f69b2b6/figure/3>

Kao što vidim iz slike 1. imamo velike dnevne varijacije u sadržaju hranjiva u obroku koje su uzrokovane već spomenutim varijacijama sastava krmiva, ali isto tako kapacitet miješalice redosljed krmiva pri punjenju, greške operatera itd. (Heinrichs, 2013; Schingoethe, 2017).

U praksi to znači da sadržaj hranjivih tvari u silaži kukuruza varira ne samo između farmi već i na jednoj farmi kako između silosa tako i između slojeva u silosu te između dana i tjedana korištenja iz jednog silosa (Weiss i St-Pierre, 2012).

Danas u kemijskoj i hranidbenoj analizi krmiva više u laboratorijima, a manje na farmi koriste NIRS uređaji koji daju zadovoljavajuće rezultate u kratkom vremenu i prihvatljivu cijenu koštanja. Uobičajeno je svakodnevno analizirati sadržaj najvarijabilnije hranjive tvari – vlage (suhe tvari) u krmivima i TMR na farmi. Ovo je osobito značajno jer se sadržaj hranjivih tvari nalazi u suhoj tvari i tako se izbjegava pothranjenost i prehranjenost junadi.

Stoga je osobito bitno svakodnevno određivanje sadržaja vlage-suhe tvari u krmivima prije miješanja u mikser prikolici. Nadalje, visoko vlažna krmiva prilikom dugotrajnog miješanja stvaraju vrlo ljepljivu konzistenciju hrane koja se lijepi za stijenu mikser prikolice, otežava istovar, začepљуje otvor kroz koji hrana izlazi iz stroja, smanjenjem čestica hrane obroka smanjuje se i vrijeme zadržavanja čestica u buragu, skraćeno je vrijeme preživljanja i manje se potiče lučenje sline što povisuje kiselost buraga. Vizualnom inspekcijom se može utvrditi da je veličina dugih čestica manja od 5 mm. Isto tako, nakon istovara mase iz mikserice, vlažna masa je jako sabijena i usitnjena te se lakše zagrijava i time se cijeli obrok počinje kontaminirati bakterijama, kvascima i plijesnima.

2.3. Izvori varijacija hranidbenih i fizikalnih svojstava krmiva

Kao što je već rečeno glavni izvor variranja sastava obroka je neujednačeni sastav krmiva. Primjera radi neujednačeni sastav istog koncentratnog krmiva doprinosi sa najmanje 25% variraju sastava krmne smjese (Webster, 1995). Ukratko, sljedeći čimbenici pridonose variranju kemijskog i hranidbenog sastava svakog krmiva: vrsta bilje, još bolje kultivar ili hibrid, stadij rasta, agroekološki uvjeti proizvodnje (suša, poplava, gnojidba itd.), gubici tijekom spremanja i konzerviranja te prerada koncentratnih krmiva. Kako je sastav krmiva odraz sastava uzorka na variranje sastav djeluje način uzorkovanja, broj analiza i analitička greška laboratorija. Sljedeći uzroci variranja sastava obroka su preciznost odvaga i miješanja voluminozni i koncentratni krmiva ili krmnih smjesa.

Izmiješanost krmiva podrazumijeva raspodjelu čestica koja je što bliža njihovom udjelu u recepturi obroka i mjeri se koeficijentom varijacije. Kako krmiva kojima se hrane preživači sadrže vrlo malo natrija tako se kao indikatori izmiješanosti najčešće se koristi koncentracija natrija koji se dodaje putem natrij klorida. Odlična je izmiješanost kada je iznos variacionog koeficijenta $< 5\%$, dobra kada on iznosi između $5 - 10\%$, a loša kada on iznosi > 10 .

2.4. Acidoze

Generalno, previše nevlaknasti i premalo efektivnih vlaknastih ugljikohidrata i pufera u obroku dovode do acidoze. Međutim, visoke energetske potrebe brzorastuće junadi, osobito u završnoj fazi tova traže hranjenje sa velikim količinama nevlaknastih ugljikohidrata prvenstveno škroba što može dovesti do velike produkcije hlapljivih masnih kiselina koja premašuje njihovu eliminaciju i puferni kapacitet buraga što dovodi do smanjenja kiselosti koja ako je duže od 3 sata ispod pH 5,6 uzrokuje acidozu (Gozho i sur., 2005; Penner i sur., 2011). Prema Owens i sur (1988) metaboličku acidozu uzrokuje apsorpcija ioniziranim kiselina iz buraga koja premašuje puferni kapacitet buraga. Osim metaboličke acidoze preveliko nakupljanje ioniziranih kiselina u buragu oštećuje stjenke buraga, povisuje osmotski pritisak što omogućuje ulazak patogenih mikroorganizama u krvotok (Aschenbach i sur., 2019). Nadalje u buragu prevladavaju gram negativne bakterije, a kod acidoze prevladavaju gram pozitivne bakterije što znači da se smanjuje količina gram negativnih bakterija koje autolizom otpuštaju lipopolisaharide – sastojke vlastite stjenke u krvotok (Plaizier i sur., 2014) koji uzrokuju laminitise i imuni odgovor organizma. Isto tako u niskom pH raste udjel Bifidobacteriaceae u burgu koje proizvode mliječnu kiselinu i pri pH 2 što spiralno dodatno snizuje ionako nisku kiselost buraga (Plaizer i sur., 2017)..

2.5. Utjecaj usitnjavanja voluminoznih krmiva na junad

Miješanje krmiva dodatno usitnjava vlakna, a uz količinu vlakana i neškrobnih polisaharida dužina vlakana je ključni čimbenik održavanja zdravlja i proizvodnje preživača (Zebeli i sur., 2012). Stoga je u hranidbu preživača uveden pojam fizički učinkovita vlakna (peNDF) ili strukturalna vlakna koja su umnožak količine i udjela vlakana > 1.18 mm (Mertens, 1997) i samo ona uzrokuju preživljanje i produkciju velike količine slin koja održava pH buraga iznad 6,2. Iako nema preporuka za koncentraciju peNDF u suhoj tvari

obroka za junad uzima se da bi ona trebala iznad 20%, ali ne veća od 32 jer tada smanjuje konzumaciju obroka u mliječnim krava (Zebeli i sur., 2008). Pri čemu udjel fermentirajućeg škroba ne bi smio biti veći od 20% u suhoj tvari obroka (INRA, 2018).

Postizanjem korektne veličine čestica i peNDF u obroku povisuje funkcije buraga i mikrobu fermentaciju hrane te učinkovitija fermentacija vlakana, a u krava i višu masnoću mlijeka (De Brabander i sur., 1999; Zebeli i sur., 2012). Prema INRA (2018) učinkovit vlakna su samo ona koja uzrokuju mastikacije i to je najmanje 50% vlakna duži od 2 mm. Sitnije čestice vlakna voluminozne krme povisuju proizvodnju hlapljivih masnih kiselina, smanjuju vrijeme preživljanja i posljedično proizvodnju sline što rezultira slabijom aktivnošću celulolitičkih bakterija i povećanom opasnosti od pojave subkliničkih acidoza (Tafaj et al., 2007; Zebeli et al., 2012). Junad u tovu za razliku od mliječnih krava rijetko obolijevaju od lijeve dislokacije sirišta uzrokovane nedovoljno količinom efektivnih vlakana u obroku.

Junad u tovu se hrane sa krmim smjesama u kojima su vlakna sitno samljevena (< 1 mm) i imaju slabi utjecaj na broj preživljanje i silažom kukuruza i trava koje su također usitnjena (oko 2 cm) radi lakšeg zbijanja i istiskivanja zraka (McDonald i sur., 1991).

Kraća vlakna voluminozne krme povisuju proizvodnju hlapljivih masnih kiselina, smanjuju vrijeme preživljanja i posljedično proizvodnju sline što dovodi do smanjene aktivnosti celulolitičkih bakterija i povisuje rizik od pojave subkliničkih acidoza (Tafaj i sur., 2007; Zebeli i sur., 2012).

Predugačka sječka voluminozne krme u obroku omogućuje njeno odbacivanje i veću konzumaciju koncentratne krme što opet može dovesti do subkliničkih acidoza i drugih suficijencija (Kononoff i sur., 2003).

2.6. Mjerenje krupnoće čestica voluminozne krme

Mjerenje veličine i raspodjele čestica voluminozne krme i izmiješanog obroka provodi se korištenjem tehnike prosijavanja kroz 2 – 3 sita padajućeg promjera okruglih otvora. Masa se trese, a sitnija masa od otvora propada kroz sito kao prosjev, dok krupnija masa zaostaju na situ kao osjev.

Postoje različite metode mjerenja, a najviše je prihvaćena tehnika prosijavanja Penn State Particle Separator (PSPS) koja je danas standard u SAD i brojnim drugim državama (Maulfair i Heinrich, 2010). Koristi se kutija sa dva, a danas sve više sa tri sita Ova tehnika je prihvatljiva za obroke koji sadrže više od 30% suhe tvari koji se temelje na silaži kukuruza

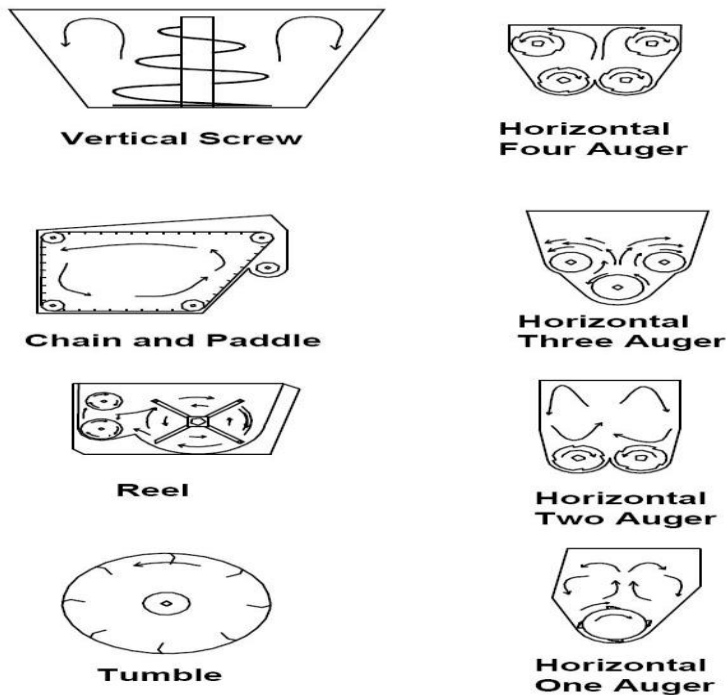
i sjenaži trava i lucerne, a manje je prihvatljiva za obroke sa nižim udjelom suhe tvari koji se koriste u sjevernim državama Europe (Moller i sur., 2006; Eastridge, 2006).

Poželjna raspodjela čestica izmiješanog obroka je da se na PSPS od četiri sita na gornjem situ sa najvećim okruglim otvorima (19 mm) zadrži 3-8% čestica hrane (vrlo krupne čestice), zatim da se 30-40% čestica zadrži na situ promjera okruglih otvora 8 mm (srednje krupne čestice), na treće, ili donjem situ promjera okruglih otvora 1,18 mm da se zadrži 30 do 40% (sitne čestice) čestica te da kroz njega propane na dno < 20% čestica obroka koje se nazivaju vrlo sitne čestice (Heinrichs i Kononoff, 2002). Ovo je idealna raspodjela za TMR koji sadrži brašnjavi koncentrat dok su drugačije idealne raspodjele za peletirani koncentrat prema istim autorima, a u Velikoj Britaniji je za obrok sa silažom trava uvedeno još jedno gornje sito od 2.69 cm (Tayyab i sur., 2018).

2.7. TMR mikser prikolica

Danas se najveći broj krava u EU hrani obrokom od više krmiva miješanim i sječkanim u mikser prikolicama. Danas u svijetu postoji preko 25 vrsta mikser prikolica koje su dizajnirane prema zahtjevima kupaca. Osnovna funkcija mikser prikolice je miješanje i sjeckanje krmiva različitog volumena i težine, vlage i dužine sječke u spremniku. Idealno izmiješani obrok ima postotnu raspodjelu težina krmiva u svakoj isporuci jednaku formulacijom predviđenom udjelu krmiva u obroku i raspodjelu veličinu čestica koja odgovara standardima prema Heinrich (2012) (Grbeša, interna skripta).

Osnovna podjela mikser prikolica po načinu miješanja krmiva prema Kammel i Leverich, (1990) je na vertikalne i horizontalne miješalice (slika 3). Prva slika sa lijeve strane prikazuje shemu jednostavne vertikalne miješalice obroka sa jednim ili više okomitih valjaka sa spiralno raspoređenim noževima, a valjak je u sredini spremnika za miješanje i sjeckanje krme.



Slika 3. Poprečni presjek različitih mikser prikolica.

Izvor: <https://dairy-cattle.extension.org/design-selection-and-use-of-tmr-mixers/>

Horizontalne miješalice obroka sastoje se od vodoravno položena 2 - 4 svrdla sa spiralno smještenim noževima koji sjeckaju voluminoznu krmu i miješaju sva krmiva od ruba do ruba i od dna do vrha spremnika. U miješalici sa četiri svrdla dva svrdla se okreću u istom, a druga dva se okreću u suprotnim smjerovima prema istovarnom otvoru. Drugi tip sa dva svrdla sa noževima za rezanje voluminoze miješaju hranu u sredini spremnika.

Sljedeći tip (eng reel) sadrži centralno vitlo sa lopaticama koje miješa obrok i usmjerava ga prema okretajućim pužnicama sa noževima na stranici koje je istovarni ispuš. Pužnice režu i miješaju od ruba do ruba istovarne stranice. Četvrti tip miksera (eng tumble) sa rotirajućim bubnjem sa otvorima i lopaticama na unutrašnjoj stranici bubnja i pužnicom sa noževima u sredini. Ovaj tip mikserice miješa obrok prevrtanjem dok voluminozu sjecka središnje postavljeno svrdlo sa noževima.

Peti tip su miješalice sa lancem sa lopaticama i svrdlom na početku. Pokretni lanac sa lopaticama miješa razbacivanjem krmiva od jednog do drugog kraja po spremniku u obliku kade, a svrdlo dodatno miješa i usmjerava obrok prema izlaznom otvoru.

Svaka miješalice obroka ima elektronsku vagu preciznosti 0.35 – 1% koja odvaguje utovarnu masu kriva u miješalicu i istovarenu količinu obroka na hranidbeni stol.

Isto tako, miješalice sadrže magnete koji hvataju metalne predmete.

Spremnik za rezanje i miješnje je dizajniran u oblike koji nemaju mrtvih kutova gdje bi krmiva mogla „zapeti“ ili ostati ne izmiješana. Iako je većina miješalica obroka napravljena s ciljem da se odstrane mrtvi kutovi, problem može doći kod miješanja tekućina te dodavanja aditiva u miksericu tokom miješanja krmiva.

Pri odabiru veličine miješalice odnosno spremnika treba se uzeti u obzir hranidbene potrebe svake kategorije junadi (adaptacije, početak, sredina i kraj tova), odnosno mase svakog krmiva koja se mora izmiješati u određenom razdoblju. jer ako je mikserica napunjena „preko ruba“ ili je premalo hrane u njoj sva krmiva se neće ujednačeno izmiješati, a u slučaju prevelike količine može doći do začepljenja mikserice tj. krmiva koja se nalaze pri samom vrhu stroja neće se dovoljno dobro umiješati u obrok. Isto tako kod nedovoljno napunjene prikolice dolazi do nedovoljne izmiješanosti.

2.8. Vrijeme miješanja

Vrijeme miješanja obroka od utovara zadnjeg krmiva do istovara u valov ili na hranidbeni stol propisuje proizvođač miješalica i ono se kreće u rasponu od 3 do 6 minuta (Oelberg i Stone, 2017). Međutim, vrijeme miješanja ovisi od volumena mikserica i vrste i količine dodane krme. Sijena i slame se trebaju miješati i sjeckati najduže vremena te njihov udjel u obroku također određuje i trajanje miješanja. U vertikalne miješalice se dodaje ograničena količina voluminozne krme te su one dobre za obroke sa niskim udjelom voluminoze kao što su obroci u završnom tovu junadi. Za krave su bolje horizontalne miješalice sa 3-4 puža. Voluminozu se preporučuje prvu dodati u miješalicu, poslije nje suhu hranu, naročito premiks, pa silaže te na kraju vlažnija krmiva (melasa). Zbog svega rečenog vrijeme miješanja se jako razlikuje između farmi. Anketa 44 farme u Wisconsinu je pokazala da se vrijeme miješanja kreće u širokom rasponu od 5 do 60 minuta (Lundmark i Buckmaster, 1995). Pri istovaru obroka prvo izlaze lagane i dugačke čestice (voluminoza) pa teže i suhe (premiks, kukuruz) na kraju. Izmiješanost isporučenog obroka na hranidbeni stol mjeri se na deset mjesta i koeficijent varijacije između prve i zadnje isporuke ne bi trebao biti veći od 5% za krupne i manje od 3% za srednje i sitne čestice (Oelberg i Stone, 2017). Isto tako na vrijeme miješanja utječe i brzina okretanja svrdla koja mora biti unutar tvornički propisanih vrijednosti za svaku miksericu.

3. Cilj rada

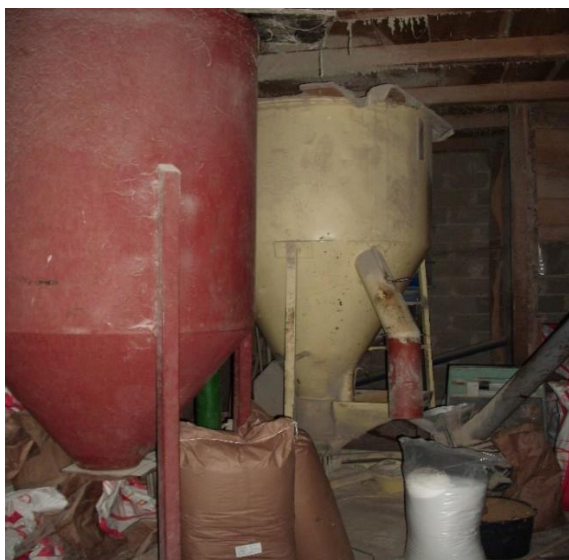
Cilj rada je utvrditi u usporedbi sa standardima utjecaj trajanja miješanja obroka od 45 i 90 minuta na ujednačenost izmiješanosti i raspodjelu čestica obroka za tov junadi.

4. Materijal i metode

4.1. Opis gospodarstva

Kao što je već prije navedeno, istraživanje će biti provedeno na gospodarstvu OPG Mikec, čiji je vlasnik Vlado Mikec. Tov junadi i tov svinja je počeo 1995. godine, a danas gospodarstvo broji oko 170 grla goveda i 150 komada tovnih svinja. Gospodarstvo se nalazi u selu Orehovačko Bogačevo u okolici grada Križevaca.

Ovaj rad ima u fokusu isključivo tov junadi kroz fazu uzgoja kada dobivaju hranu izmiješanu u TMR mikser prikolici. Telad na gospodarstvo dolazi s prosječnom težinom od između 40-50 kilograma težine. Junad odlazi s gospodarstva kada postigne prosječnu težinu 650 kg kroz razdoblje od 18 mjeseci. Životinje se drže po skupinama po 10 grla u jednom boksu, skupine se formiraju po dobi i težini tj. dolaskom na gospodarstvo i ostaju do kraja proizvodnog ciklusa. Porastom težine se premještaju u veće boksove gdje se junad počinje privikavati na hranidbu potpunim obrokom pomoću TMR mikser prikolice. Dopunska krmna smjesa se miješa sa koncentratnim krmivima i makropremiksom u mješaonici koja se također nalazi na gospodarstvu (slika 4).



Slika 4. Vertikalna miješalica i vertikalni silosi na gospodarstvu.

Izvor: Arhiva gospodarstva

4.2. Obrok

Potpuna krmna smjesa je dobije miješanjem 77% mljevenog zrna kukuruza i dopunske krmne smjese sa 30% SP i makopremiksom B-71 (tablica 1). Junad su hranjena jednim obrokom od 250 do 650 kg (tablica 3) koji je sastavljen za prosječno tešku junad u tipu Simentalca od 450 kg koja priraste 1,2 kg/d (Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast, 2020).

Tablica 1. Sastav makopremiksa Ibeka Panto - B 71 za tovnu junad

Mineralne soli	Udjel u smjesi %
Kalcij karbonat	33.5
Natrij klorid	21.1
Kalcij-natrij-fosfat	19.3
Magnezij-oksidi	11.1
Kalcij-magnezij-karbonat	6.8
Melasa	3.5
Monokalcij-fosfat	2
Ukupno	97.3
Makroelementi	Sadržaj %
Kalcij	20
Fosfor	4
Natrij	9
Magnezij	7

Tablica 2. Sastav potpune krmne smjese za junad na gospodarstvu.

Krmiva	Udjel u smjesi %	Hranjive tvari	Vrijednost
Sojina sačma (46 % SP)	4.5	NEL, MJ/kg	6,70
Suncokret sačma (28 %)	8.0	Sirovi protein, %	15,7
UBEA	1.8	Razgradljivi sirovi protein, %	10,0
B 71*	2.5	Metabolički protein, %	8,9
Stočno brašno	4.0	Neutralna deterdžent vlakna, %	12,6
Vapnenac	1.8	Kalcij, %	1,3
Stočna sol	0.4	Fosfor	0,6
Kukuruz zrno	77	Magnezij	0,4
Ukupno	100,0	Natrij	0,2

*Makromineralno-vitaminski premiks

Tablica 3. Sastav obroka za tov junadi od 250 – 650 kg

Krmiva	Masa, kg/d	% u obroku	% u ST obroka	Kalkulativni sadržaj u suhoj tvari	
Silaža kukuruza	5.00	41.67	24.78	Konsumacija suhe tvari, kg/d	8,07
Sijeno lucerke	1.20	10.00	12.64	NEL, MJ ¹	6,75
Livadno sijeno	0.80	6.67	8.68	Sirovi protein, %	14,3
Krmna smjesa	5.00	41.67	53.90	Metabolički protein, %	9,3
Ukupno	12.00	100.00	100.0	NDV ² , %	28,7

NEL = Neto energija za laktaciju, neutralna deterdžent vlakna; NDV = neutralna deterdžent vlakna

4.3. Mikser prikolica

Krmiva se prije isporuke miješaju 45 i 90 minuta u miješalici za stočnu hranu Sano TMR Profi Mini kapaciteta spremnika 5 m³ s koja je namijenjena za mala obiteljska gospodarstva (slika 5). Mikser prikolica je vučena i jednoosvinska ima elektronsku vagu i pet noževa spiralno raspoređenih na vertikalnoj osovini.



Slika 5. Vučena TMR mikser prikolica na gospodarstvu

Izvor: Arhiva gospodarstva

(ujutro u navečer), a ukupna težina svih krmiva u mikser prikolici je otprilike 2400 kg. Broj grla koji uzima TMR je otprilike 130.

4.4. Uzorkovanje

Uzorkovanje te cijelo istraživanje je provedeno na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu (OPG) Vlado Mikec. Rezultati istraživanja za diplomski rad također mogu poslužiti kao smjernice za optimiziranje procesa hranidbe na gospodarstvu. Kemijske analize obroka su također napravljene nakon što su čestice hrane obroka razdvojene Pen State Particle Separator (PSPS).

Uzorci za utvrđivanje udjela pojedinih čestica su uzeti u vremenskom razdoblju od 14 dana, svaki dan po dva uzorka, ujutro i navečer. Miješanje obroka se provodi svaki drugi dan u jutarnjima satima. Prvi tjedan uzorkovanja miješanje je trajalo 90 minuta, a drugi tjedan miješanje je trajalo skraćeno 45 minuta. Svi uzorci su prosijavani kroz „PSPS“ sita Kemijskim analizama su utvrđeni udjeli vode, neutralni deterdžent vlakana, sirovog proteina i udio natrija. Kemijske analize su odrađene u laboratoriju zavoda za hranidbu životinja i hrana Agronomskog fakulteta sveučilišta u Zagrebu.

Pojedinačni uzorci obroka će se uzimati svaki dan tijekom dva tjedna odmah nakon istovara u hranidbeni hodnik koji je vizualno podijeljen u tri dijela početak, sredinu i kraj (St-Pierre i Weiss, 2015). U svakom dijelu će se uzeti na pravilnim razmacima po 10. šaka uzorka i pomiješati u kanti od 20 L, te će se iz nje uzeti reprezentativni uzorak, ukupno 42. uzorka. Krupnoća čestica obroka će se odrediti prema Heinrichs (2013),



Slika 7. Dio stajskog objekta, hranidbeni hodnik.

Izvor: Arhiva gospodarstva

4.5. Kemijske analize

Određivanje vlage, metode HRN ISO 6496:2001en "Stočna hrana- Određivanje vode i udjela drugih hlapljivih tvari"(ISO 6496:1999).

Izvaže se prazna posudicu za vlagu zajedno s poklopcem i u nju stavi oko pet grama uzorka. Posuda sa uzorkom se stavi u sušionik prethodno zagrija na temperaturu od $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ i suši tijekom. Zatim se izvadi posudica iz sušionika, poklopi s poklopcem i pusti da se ohladi na sobnu temperaturu u eksikatoru. Na kraju se vagne osušeni uzorak pa iz razlike masa uzorka prije i nakon sušenja izračunaj udio vlage, m_1 .

$$w = \frac{(m_2 - m_3) \times 1000}{m_2 - m_1}$$

w- maseni udio vlage u uzorku, g/kg

m_1 - masa prazne posudice za sušenje, g

m_2 - masa prazne posudice i uzorka prije sušenja, g

m_3 - masa prazne posudice i uzorka nakon sušenja , g

Određivanje neutralni deterdžent vlakana, neutralna deterdžent vlakna su određena Van Soest metodom na sjedeći način.

Vagne se prosušena prazna kapsula sa poklopcem (m_1) i u nju se doda odvaga od 0,5g do 1g uzorka (m_2). Uzorci koji sadrže više od 20% škroba (silaza kukuruza i zrno, smjesa i obrok) su prethodno tretirani sa destiliranom vodom zagrijanom na 80°C u koju smo dodali termo stabilnu α -amilazu (0,1mL za malu, a 0,3mL za veliku turu) i namočili 15-ak minuta. Zatim se isperu sa vrućom destiliranom vodom. Nakon ovoga postupka uzorci bogati škrobom se tretiraju na isti način kao i uzorci sijena.

Kapsula se potopi u 1%-tnu otopinu Na_2SO_4 i pusti d odstoje cca 5 min. Zatim se utoči hladni deterdžent u posudu za kuhanje i doda 3,5g Na_2SO_3 , za malu seriju (cca 350 mL otopine deterdženta)) ili 10,5g Na_2SO_3 za veliku seriju (cca 1050 mL otopine deterdženta) kada otopina zakuha, grijač se smanji i pusti da kuha 1 sat uz povremeno miješanje. Nakon kuhanja uzorak se isperi vrućom destiliranom vodom 4-5 puta te se isprane uzorke umoči u posudu sa acetonom na 30-ak sekundi uz miješanje. Kapsula sa uzorkom se stavi u sušionik na 105°C 5-6 sati te se nakon sušenja ohladi u eksikatoru i vagne (m_3). Kapsula sa uzorkom se satvi u prethodno odvagani lončić za žarenje i žari u peći na 600 ± 10 °C 4 h, nakon žarenja lončić se ohladi u eksikatoru i vagne (m_5). Izračuna se udio NDV-a u uzorku prema donjoj formuli.

$$w = \frac{m_3 - (m_1 \times C) - (m_5 - m_4 - D)}{m_2 - m_1} \times 1000$$

w- maseni udio NDV-a ili aNDV-a u uzorku, g/kg

m_1 - masa prazne čahure, g

m_2 - masa kapsule sa uzorkom, g

m_3 - masa kapsule nakon kuhanja i sušenja, g

m_4 - masa praznog lončića za žarenje, g

m_5 - masa lončića sa pepelom nakon žarenja, g

C- slijepa proba, gubitak nakon kuhanja prazne čahure, g

D- slijepa proba, pepeo nakon spaljivanja prazne čahure, g

Određivanje natrija. Sadržaj natrija u obroku je određen HRN ISO 7485:2001. Izvaže se 1g obroka i stavi u prethodno odvagano i izžareni porculanski lončić te spaljuje tijekom 3 sata na 550 ± 20 °C. Spaljeni obrok se ohladi i kvantitativno prenese u čašice od 100mL ispiranjem sa vodom. Pepeo se otopi dodatkom 2-3 mL conc. HCl, otopina se zakuhaa i kvantitativno prebaci preko filter papira u odmjerku od 100mL. Kada se otopina ohladi doda

se 1 mL 10%-tne otopine lantan klorida i nadopuni do oznake. Detekcija koncentracije natrija određena je plamen fotometrom.

Određivanje sadržaja sirovog proteina. Sadržaj sirovog proteina (SP) u uzorcima određen je Kjeldhalovom metodom prema normi EN ISO 5983:2010 (Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, 2010). Jedan gram homogeniziranih i prosušanih uzoraka izvagan je u Kjeldhalove tube. Uz dodatak 7,5 grama katalizatora, smjese modre galice i kalijevog sulfata, te 10 ml koncentrirane sumporne kiseline, uzorak je spaljen na 420 °C u bloku za spaljivanje. Razgrađeni uzorak destilirani je u automatskom sistemu Kjeltex™2200 (Foss Tecator, Švedska) uz dodatak 35%-tne otopine natrijeve lužine. Oslobođeni amonijak skupljen je u 4%-tnu otopinu borne kiseline uz dodatak smjese indikatora metil-crveno i brom-krezol-zeleno. Skupljeni destilat titriran je s 0,1 mol/l otopinom kloridne kiseline, a na temelju utroška kiseline izračunat je sadržaj dušika u uzorku. Sadržaj sirovog proteina izračunat je množenjem sadržaja dušika s faktorom 6,25. Analiza svakog uzorka provedena je u duplikatu, a kao rezultat uzeta je srednja vrijednost.

4.6. Udio čestica različitih veličina

Kvalitetu izmiješanosti obroka pokazuje raspodjela čestica TMR na sitima Penn State Forage Particle Separator (PSPS), (slika 8 i 9).



Slika 8. Separator za čestice, pravilno postavljena sita jedno iznad drugog

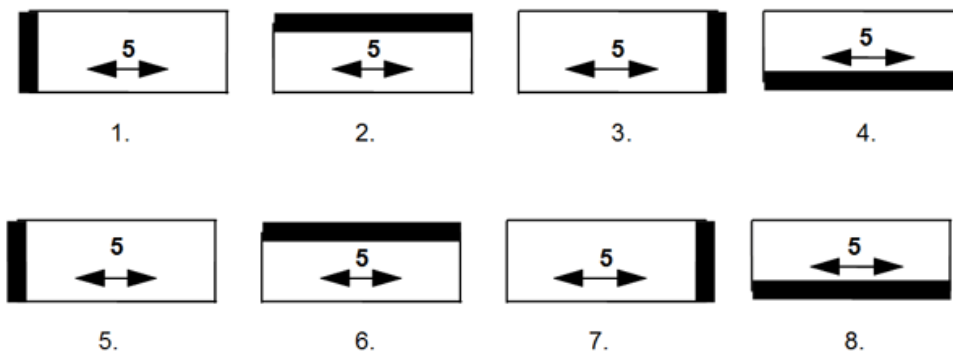
Izvor: vlastita arhiva



Slika 9. Pogled na sita različitih veličina.

Izvor: Vlastita arhiva

PSPS se sastoji od ukupno četiri dijela od koji su tri sita koja se po rasporedu postavljaju jedna ispod drugog tako da je na vrhu sito sa najširim rupičastim otvorima od 19 mm, ispod njega sito otvora rupica veličine 8 mm, ispod kojeg se opet nalazi sito veličine rupica 1.18 mm. Prosijavanje se vrši postavljanjem prethodno izvaganog uzorka na prvu ladicu te se brzim pokretima ruku u pravilnim intervalima od jedne sekunde pomaknu sve kutije unaprijed za 18 cm u određenom smjeru prikazanom na slici 10. Udio pojedinih čestica je prikazan u tablici 1 i 2. Uzorci su se uzimali kroz razdoblje od 14 dana ujutro i navečer, ukupno 24 uzoraka, za svaka dva obroka unutar istog dana uzet je prosjek izmjerene težine.



Slika 10. Upute za upravljanje separatorom za čestice

Izvor: <https://extension.psu.edu/penn-state-particle-separator>

Prosječna veličina čestica je izračunata kao geometrijski prosječna dužina prema formuli Heinrich (2013). Sadržaj efektivnih vlakana (efNDF) se dobije množenjem udjela veličine čestica većih od 1,18 mm sa sadržajem neutralni deterdžent vlakana u suhoj tvari obroka i predstavlja vlakna koja uzrokuju preživljanje (Mertens, 1997).

Izmiješanost se mjeri koeficijentom varijabilnosti koji pokazuje koliko je postotno odstupanje od prosjeka ($KV = (\text{prosjeak}/\text{standardna devijacija}) \cdot 100$).

Odlična je izmiješanost kada je $CV < 5\%$, dobra kada je između 5 i 10%, a loša kada je veći od 10% (Heinrichs i sur., 1999).

4.7. Statistička analiza

Rezultati istraživanja su grupirani u tablice i obrađeni mjerama centralne tendencije (prosjeak, standardna devijacija i koeficijent varijabilnosti).

5. Rezultati istraživanja i diskusija

Obrok junadi u tovu je sadržavao visoki postotak suhe tvari (tablica 2) jer je sastavljen od krmiva visokog sadržaja suhe tvari. Silaža kukuruza kao glavno krmivo ima iznadprosječnu suhu tvar (397 g/kg) dok tipične silaže sadrže 32 -35% suhe tvari (tablica 1). Prosječni sadržaj suhe tvari u silažama SAD je 33,07% (prosjek 209 858 uzoraka) (NRC 2016), a Hrvatske oko 35, 91% (Domačinović i Solić, 2019). Isto tako i sijeno livadno i lucerne te dopunska krmna smjesa za tov junadi sadrže više suhe tvari od uobičajenih vrijednosti koja se za sijeno kreću u rasponu 85-87%, a smijese 12 – 13,5%. Silaža kukuruza sadrži manje od 8% sirovog proteina što upućuje na neadekvatnu gnojidbu dušikom. Nažalost, prosječne silaže sa obiteljskih gospodarstava u Hrvatskoj karakterizira niski (6,09%) sadržaj sirovog proteina u suhoj tvari ((Domačinović i Solić, 2019). Udjel proteina u livadnom sijenu od 10% i lucerki od 15% u suhoj tvari je karakterističan za obiteljska gospodarstva i upućuje na košnju u kasnim stadijima rasta i na gubitak lista tijekom manipulacije sa sijenom (Vranić i sur., 2004). Košnja u kasnijim stadijima rasta rezultirala je visokim udjelom vlakana (NDV) u suhoj tvari oba sijena, dok su u odnosu na INRA (2018) niske koncentracije vlakana u silaži zrna i cijele biljke kukuruza.

Od analiziranih pokazatelja samo viši sadržaj suhe tvari, odnosno niži vlage omogućuje bolje miješanje i izmjenu ujednačeniju raspodjelu čestica u izmiješanom obroku.

Tablica 4. Sadržaj suhe tvari, sirovog proteina i vlakana u korištenim krmivima (g/kg suhe tvari)

Krmivo	Visoko vlažno zrno kukuruza	Livadno sijeno	Silaža kukuruza	Sjeno lucerne	Dopunska smjesa
Suha tvar	769,0	923,0	397,0	849,0	913,03
Sirovi protein	79,5	108,8	64,6	151,8	330,3
Neutralna deterđent vlakna	68,0	504,0	312	524,0	147,0

Visoke koncentracije suhe tvari obroka i ostataka na sitima odraz su visokog sadržaja suhe tvari u krmivima (tablica 4). Suhi obroci (> 65% ST) povisuju sortiranje obroka, točnije junad odabire pojesti sitne čestice krepkih krmiva, a izbjegava jesti krupnije čestice voluminozne krme što može dovesti do pojave subkliničkih acidoza. Obroci mliječnih krava sadrže i silaže trava te su vlažniji pa je tako njihova prosječna vlažnost oko 52% što je

optimalno za mliječne krave (NRC, 2001; Endres i Espejo, 2010)

Razlikuje se koncentracija suhe tvari u obrocima miješanim 90 i 45 minuta

Kalkulativni sadržaj hranjivih tvari (tablica 3) zadovoljava minimalne potrebe simentalске junadi u tovu od 250 do 450 kg koja priraste 1,2 kg/d (Guber Tabellen, 2020, NRC, 2016)).

Ujednačenost izmiješanosti obroka kroz tjedan dana mjerenja prikazana je u tablici 5. Obroci miješani 90 i 45 minuta imaju koeficijent varijacije manji od 5% što ih svrstava u odlično je izmiješan obrok (Heinrich i sur., 1999). Brojčano je bolja raspodjela čestica hrane u obroku miješanom 90 nego 45 minuta. Vrijeme miješanja određeno je volumenom mikserice te njenim drugim svojstvima te ga preporučuje proizvođač mikser prikolice.

Tablica 5. Dnevno variranje sadržaj natrija u suhoj tvari (g/kg ST) obroka miješanog 90 i 45 minuta

Datum uzorkovanja	90 minuta	45 minuta
1	2.3	2.3
2	2.2	2.6
3	2.2	2.5
4	2.5	2.5
5	2,3	2,3
6	2,4	2,7
7	2,4	2,6
Prosjek	2.33	2.54
Standardna devijacija	0.10	0.12
Koeficijent varijacije	4.42%	4.63%

Korištena Sano TMR Profi Mini mikserica je kapaciteta spremnika 5 m³ s ugrađenom vagom, a što je manji volumen prikolice to je manja greška odvage i bolja izmiješanost obroka (Harner i sur., 2017). Korišteni obrok je suh (80-90%) što je također pridonijelo ujednačenijem miješanju krmiva. Naime, prema istim autorima vlažni obroci koji sadrže silaže trava i svježi nusproizvodi prehrambene industrije (pivski trop, rezanci šećerne repe) sa malo suhe tvari se lošije miješaju od suhih krmiva koja su korištena u ovom istraživanju.

U istraživanju je popunjenost prikolice iznosila 75% što je unutar optimalne (60 – 90%) za mikser prikolice (Kammel, 1999). Nadalje, korištena prikolica je imala vertikalne postavljene noževe, a isti autor preporučuje veću ispunjenost vertikalnih (85-95%) od horizontalnih (70-80%) miješalica. U obroku je bila najmanja zastupljenost sijena (6%), a za dobru izmiješanost je poželjno da pojedinačni udjel krmiva u obroku ne bude manji od 2% (Harner i sur., 2017).

Dugotrajno miješanje omogućilo je usitnjavanje livadnog sijena i njegovu ujednačenu raspodjelu u obroku. Isto tako zrno suhog i vlažnog kukuruza je mljeveno na veličinu manju od 1 mm, a za dobru izmiješanost je bitno da čestice mljevenog kukuruz budu veličine oko 500 µm (Oelberg i Stone, 2017).

Bolja homogenost obroka nakon 90 minuta miješanja osim što smanjuje veličinu čestica, smanjuje razlike u prirastima između boksova i dana, omogućuje ravnomjernije preživljavanje što rezultira višim prirastima, višu i ujednačeniju mikrobnu fermentaciju u buragu i boljim iskorištenjem obroka (Marchesini i sur., 2020; Gruninger i sur., 2019).

Utvrđena razlika u sadržaju suhe tvari (tablica 6) između miješanja 90 i 45 minuta je posljedica činjenice da su obroci miješani vani, prvi tjedan obrokom miješanim 90 minuta, a drugi tjedan obrokom miješanim 45 minuta. Naime, cijeli prvi tjedan je pada kiša dok drugi tjedan nije što je rezultiralo većom vlagom, odnosno nižom suhom tvari u obroku. Naime, Oelberg i Stones (2017) iznose da umjerena do jaka kiša povisuje vlažnost obroka za 10% koliko iznosi i razlika u sadržaju suhe tvari između miješanja 90 i 45 minuta. Zbog toga je raspodjela čestica provedena na prosušanim obrocima čime je izbjegnuta utjecaj padalina.

Tablica 6. Sadržaj suhe tvari u frakcijama ostalim na PSPS sitima (%)

Dani uzorkovanja	Veličina sita	Suha tvar 90 minuta	Suha tvar 45 minuta
1	Obrok	82.06	92.00
	19 mm.	53.33	93.94
	8 mm.	75.36	85.40
	1.2 mm.	88.62	95.24
	Dno	84.11	87.50
2	Obrok	86.75	91.82
	19 mm.	68.35	91.49
	8 mm.	77.04	89.93
	1.2 mm.	93.38	96.16
	Dno	87.74	84.83
3	Obrok	85.27	91.36
	19 mm.	65.85	86.36
	8 mm.	81.91	87.04
	1.2 mm.	88.70	95.48
	Dno	87.55	91.71
4	Obrok	84.23	89.80
	19 mm.	60.00	88.55
	8 mm.	83.90	86.34
	1.2 mm.	90.37	94.20
	Dno	80.75	85.10
5	Obrok	81.57	89.68
	19 mm.	67.61	92.18
	8 mm.	78.01	82.28
	1.2 mm.	87.61	94.43
	Dno	76.92	82.47
6.	Obrok	82.97	90.51
	19 mm.	60.00	75.00
	8 mm.	84.23	90.43
	1.2 mm.	88.82	94.92
	Dno	77.57	93.18

7	Obrok	84.95	90.56
	19 mm.	65.43	86.30
	8 mm.	85.15	86.75
	1.2 mm.	90.96	95.39
	Dno	77.72	88.52
Prosjek		79.85	89.62
Standardna devijacija		9.83	4.57
Koeficijent varijacije		12.31	5.10

Kada se gleda sadržaj suhe tvari po sitima (tablica 6), odnosno krupnoći tada se uočava tendencija veće vlažnosti krupnijih čestica (> 19 mm) koje potječu najvećim dijelom od silaže kukuruza dok sitne čestice (dno) potječu najvećim dijelom od suhih krepkih krmiva (kukuruz, sojina sačma, ubea, makropremiks).

Raspodjela čestica obroka na PSPS sitima nakon 90 i 45 minuta miješanja su prikazani u tablici 7 i 8. Obroci duže (90 min) imaju sitnije dužine čestica čija prosječna geometrijska dužina iznosi 4,38 mm dok miješani 45 minuta imaju krupnije čestice prosječne geometrijske dužinu od 4,82 mm. Razlog ovome je četiri puta manje dugih čestica (> 19 mm) i više sitnih čestica u obroku miješanom 90 u usporedbi sa obrokom miješanim 45 minuta. Dobiveni rezultati se slažu sa nalazima Marchesini i sur. (2020) koji su utvrdili da obrok miješan 30 u usporedbi sa onim miješanim 20 minuta ima prosječnu geometrijsku dužinu od 4.12 : 5.08 mm. Duže miješanje izlaže voluminoznu krmu noževima mikserice, a time i većem usitnjavanju (Heinrichs, 2013), a može dovesti i do razmekšavanja (Oelberg i Stone, 2017). Obje duljine miješanja daju najveću masu (65 – 75%) čestica veću od 1.2 mm što je dovoljno za održavanje pH > 6 (INRA, 2018).

U obroku miješanom 90 minuta (tablica 7) udjel od 5.93% čestica većih od 19 mm je u poželjnom rasponu od 3 – 8%, udjel čestica većih od 8 i manjih od 19 mm je 20% što je manje od preporuke 30 – 40%, a čestica veličine 1,2 do 8 mm je 51% što je više od preporuke od 30 do 40% dok je u pokusu dobivenih 22% čestica manjih od 1.2 mm blizu gornje granice od 20% prema Heinrichs i Kononoff, (2002). Obrok se mora sastojati od čestica različite veličine jer kada junad pati od acidoze (pH < 5.5) jede dugačka i srednje duga vlakna > 8 mm i manje sitnih čestica (DeVries i sur., 2014), a kada nema dovoljno energije jede više sitnijih čestica.

Tablica 7. Raspodjela (%) čestica obroka na sitima nakon 90 minuta miješanja

Dani mjerenja	Promjer otvora na sitima, mm			
	19	8	1.2	Dno
1	5.52	18.28	55.52	20.69
2	6.20	17.34	50.17	26.29
3	6.30	17.97	49.47	26.25
4	5.33	20.38	48.93	25.36
5	5.86	20.02	50.92	23.20
6	6.12	22.45	51.50	19.93
7	6.18	22.73	52.80	18.30
Prosjek	5.93	19.88	51.33	22.86
Standardna devijacija	0.35	1.99	2.08	3.02
Koeficijent varijacije	5.85	10.00	4.06	13.20

Koeficijent varijacije najdužih čestica je 4% što pokazuje da su noževi dobro rezali sijena. Sadžaj efektivnih vlakana (efNDF) se dobije množenjem udjela veličine čestica većih od 1,18 mm sa sadržajem neutralni deterđžent vlakana u suhoj tvari obroka i predstavlja vlakna koja uzrokuju preživljanje (Mertens, 1997). Obrok miješan 90 minuta sadrži 22.16% efNDF u suhoj tvari što je iznad minimalno potrebne koncentracije za održavanje pH > 6.2 u buragu junad u tovu (Parish, 2018).

Tablica 8. Ostatak (%) na sitima nakon 45 minuta miješanja

Dani mjerenja	Promjer otvora na sitima, mm			
	19	8	1.2	Dno
1	26.96	12.72	41.30	19.02
2	23.37	13.59	43.59	19.46
3	20.41	15.15	43.07	21.37
4	22.16	15.33	43.00	19.51
5	24.78	14.38	43.14	17.70
6	13.25	18.76	45.36	22.63
7	20.75	15.81	43.14	20.31
Prosjek	21.67	15.10	43.23	20.00
Standardna devijacija	4.04	1.79	1.10	1.50
Varijacijski koeficijent	19%	12%	3%	7%

Obrok kraće miješan (45 min.) ima viši udjel krupnih čestica (21.67: 5.85%) i manje čestica manjih od 1,18 mm (63.22:74.19%) dok je udjel srednje dugih čestica relativno sličan

(15:20%). Nadalje, kraće miješano obrok ima veću varijabilnost između dana u svim veličinama čestica (tablica 8) što pokazuje da za korišteni tip miješalice je bolje duže od kraćeg miješanja. Iako i kraće vrijeme miješanja daje distribuciju veličina čestica koja zadovoljava kriterije za sprečavanje acidoza.

Podaci o distribuciji veličine čestica obroka dobiveni PPS sitima moraju se koristiti oprezno i imati na umu visinu i brzinu fermentacije obroka u buragu te bilancu elektrolita koji također utječu na pH buraga (Beauchemin i Yang 2005; INRA 2018).

6. Zaključak

Na temelju dobivenih rezultat utjecaja dužine miješanja obroka Sano TMR Profi Mini malom mikser prikolicom od 5 m³ i hranidbe junadi suhim obrokom zaključujemo.

Miješanje obroka 90 i 45 minuta dobije se odlična izmiješanost obroka mjerena koncentracijom natrija u suhoj tvari. Međutim, devedeset minutno miješanje daje ujednačenije obroke.

Miješanje i usitnjavanje hrane tijekom 90 minuta i 45 minuta rezultira prosječnom veličinom koja osigurava više od minimalno potrebne količine efektivnih vlakana za održavanje normalne kiselost buraga. Međutim, miješanje od 90 minuta daje ujednačeniju raspodjelu veličina vlakana tijekom tjedan dana mjerenja što osigurava ravnomjernu količinu svake frakcije vlakana junadi u svakom boksu tijekom cijelog tova.

Zaključno, suhe obroke u maloj mikser prikolici bolje je miješati 90 nego 45 minuta.

7. Popis literature

1. Aschenbach, J.R., Zebeli, Q., Patra, A.K., Greco, K., Amasheh, S., Penner, G.B. (2019). Symposium review: The importance of the ruminal epithelial barrier for a healthy and productive cow. *Journal of Dairy Science* 102:1866–1882.
2. Beauchemin K.A., Yang, W.Z. (2005). Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based in corn silage. *Journal of Dairy Science* 88, 2117–2129.
3. Buckmaster, D. (2009) Optimizing Performance of TMR Mixers. Tri-State Dairy Nutrition Conference, (21). Dostupna: https://www.researchgate.net/publication/228388352_Optimizing_Performance_of_TMR_Mixers, (5.12.2019.)
4. De Brabander, D.L., De Boever, J.L., Vanacker, J.M., Boucque, Ch.V., Botterman, S.M. (1999). Evaluation of physical structure in dairy cattle nutrition. In: Garnsworthy, P.C., Wiseman, J. (Eds.), *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press, pp. 111–145.
5. DeVries, T.J., Schwaiger, T., Beauchemin, K.A., Penner, G.B. (2014). Impact of severity of ruminal acidosis on feed-sorting behaviour of beef cattle. *Animal Production Science*, 54:1238–1242
6. Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast (2020). 23. unveränderte Auflage/2020. LfL-Information
7. Gozho, G.N., Krause, D.O., Plaizier, J.C. (2007). Ruminal Lipopolysaccharide Concentration and Inflammatory Response During Grain-Induced Subacute Ruminal Acidosis in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 90:856–866.
8. Gruninger, R.J., Ribeiro, G.O., Cameron, A., McAllister, T.A. (2019). Invited review: Application of meta-omics to understand the dynamic nature of the rumen microbiome and how it responds to diet in ruminants. *Animal*, 13:1843–1854.
9. Domačinović, M., Solić, D. (2019). Stručni osvrt na kvalitetu kukuruzne silaže u 2019. godini. Zbornik predavanja 15. savjetovanje uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj Terme Tuhelj, 29.-30.1.2020. 17 – 22.
10. Endres, M.I., Espejo, L.A. (2010). Feeding management and characteristics of rations for high-producing dairy cows in freestall herds. *J. Dairy Sci.* 93, 822-829.

11. Eastridge, M.L. (2006). Major advances in applied dairy cattle nutrition. *J. Dairy Sci.* 89, 1311-1323.
12. Harner, J.P., Joseph, I., Zulovich, M., Kammel, D.W. Tyson, J.T. (2017). Feed center system design and management. *Large Dairy Herd Management*, 3rd ed. <https://doi.org/10.3168/ldhm.0319>. 279 – 286.
13. Heinrichs, A.J., Buckmaster, D.R., Lammers, B.P. (1999). Processing, mixing and
14. particle-size reduction of forages for dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 77, 180-186.
15. Heinrichs, J. (2013). *The Penn State Particle Separator*, Cooperative Extension, College of Agricultural Sciences.
16. Heinrichs, J., Kononoff, P. (2002). Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. Pages 1–15.
17. INRA (2018). *INRA Feeding System for Ruminants*. INRA Wageningen Academic Publisher, Wageningen, The Netherlands, 640 pp.
18. Leonardi, C., Armentano, L.E. (2003). Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 557–564.
19. Lundmark, B.A., Buckmaster, D.R. (1995). Effect of mixing time on TMR particle size. *1995 American Forage and Grassland Conference Proceedings*. pp. 214-218.
20. Kammel, D. W. (1999). Design, selection, and use of TMR mixers. *Proc. 10th Annual Ruminant Nutrition Symposium*, Gainesville, FL.
21. Kononoff, P.J., Heinrichs, A.J. Buckmaster, D.R. (2003). Modification of Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *J. Dairy Sci.* 86:1858 – 1863.
22. Marchesini, G., Cortese, M., Ughelini, N., Ricci, R., Chinello, M., Contiero, B., Andrighetto, I. (2020). Effect of total mixed ration processing time on ration consistency and beef cattle performance during the early fattening period. *Animal Feed Science and Technology* 262: 114421.
23. McDonald P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E. (1991). *The Biochemistry of Silage*. 2nd edition. Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, UK.
24. Maulfair, D.D., Heinrichs, A.J. (2010). Technical note: Evaluation of procedures for analyzing ration sorting and rumen digesta particle size in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93, 3784-3788.
25. Mertens, D.R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463-1481.

26. Møller, J., Thøgersen, R., Kjeldsen, A., Weisbjerg, M.R., Søgaard, K., Hvelplund, T., Børsting, C.F. (2000). Feedstuff tables. (English version) The National Committee on Cattle Husbandry, Report no. 91.
27. NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
28. NRC (2016) Nutrient requirement of beef cattle, 8th revised edition. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
29. Oelberg, T.J., Stone, W.C. (2017). Total mixed rations and feed delivery systems. Large Dairy Herd Management, 3rd ed. 751-771.
30. Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J., Gill, D.R. (1998). Acidosis in cattle: a review.. *Journal of Animal Science* 76:275.
31. Parish, J.A. (2018). Fiber for beef cattle. Mississippi State University Extension.
32. Penner, G.B., Steele, M.A., Aschenbach, J.R., McBride, B.W. (2011). Ruminant Nutrition Symposium: Molecular adaptation of ruminal epithelia to highly fermentable diets1. *Journal of Animal Science* 89:1108–1119.
33. Plaizer, J.C., Khapifour E., Li, S., Gozho, G.N., Krause, D.O. (2012). Subacute ruminal acidosis (SARA), endotoxins and health consequences. *Animal Feed Science and Technology* 172:9–21.
34. Plaizier, J.C., Li, S., Danscher, A.M., Derakshani, H., Andersen, P.H., Khafipour, E. (2017). Changes in Microbiota in Rumen Digesta and Feces Due to a Grain-Based Subacute Ruminal Acidosis (SARA) Challenge. *Microb Ecol* 74:485–495.
35. Schingoethe, D.J. (2017). A 100-year review: total mixed ration feeding of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100, 10143–10150.
36. Tafaj, M., Zebeli, Q., Baes, C., Steingass, H., Drochner, W. (2007). A meta analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. *Anim. Feed Sci. Tech.* 138, 137-161.
37. Tayyab, U., Wilkinson, R. G., Reynolds, C. K. and Sinclair, L. A. (2018) Particle size distribution of forages and mixed rations, and their relationship with ration variability and performance of UK dairy herds. *Livestock Science*, 217:108-115.
38. Thomson, A.L., Humphries, D.J., Jones, A.K., Reynolds, C.K. (2017). The effect of varying proportion and chop length of lucerne silage in a maize silagebased total mixed ration on diet digestibility and milk yield in dairy cattle. *Animal*, 11, 2211-2219.

39. Zebeli, Q., Dijkstra, J., Tafaj, M., Steingass, H., Ametaj, B., Drochner, W. (2008). Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *J. Dairy Sci.* 91:2046–2066
40. Zebeli, Q., Aschenbach, J.R., Tafaj, M., Boghun, J., Ametaj, B.N., Drochner, W., (2012). Review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 95, 1041-1056.
- Marina Vranić, M., Knežević, M., Perčulija, G., Leto, J., Bošnjak, K., Rupić, I. (2004). Kvaliteta voluminozne krme na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima u Republici Hrvatskoj. Kvaliteta sijena na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima *Mljekarstvo* 54:187-194.
41. Weiss, B., St-Pierre, N. (2012). Trying to make sense of feed composition data: Within farm variation. 2012 Mid-South Ruminant Nutrition Conference. 34 – 44.
42. Ward, R.T. and Ondarza, M.B. (2008) Effect of month of sample submittal on corn silage nutrient fractions starch availability, NDF digestibility, and fermentation profiles measured at a commercial forage-testing laboratory. *J. Dairy Sci.* 9. Supply 1:30 (Abstract).
43. Webster, M. (1995) Controlling variation of ingredients, manufacturing processes and products. *Feed International*. October 30 – 38.

Životopis

Goran Mikec je rođen 30.7.1995. godine u Koprivnici. Srednju školu je pohađao u Križevcima gdje je 2014. godine završio smjer veterinarskog tehničarara u Srednjoj gospodarskoj školi u Križevcima. Iste godine se upisuje u Visoko gospodarsko učilište u Križevcima gdje 2017. godine završava preddiplomski stručni studij zootehnika. Iste godine upisuje diplomski studij hranidba i hrana životinja na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Rad na računalu u ms office programima, poznavanje engleskog i njemačkog jezika.