

# Primjena ICT tehnologije u govedarskoj proizvodnji

---

**Bejteš, Andrea**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:421887>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Andrea Bejteš

Sveučilišni Diplomski studij Zootehnika

Smjer Specijalna zootehnika

**PRIMJENA ICT TEHNOLOGIJE U GOVEDARSKOJ**  
**PROIZVODNJI**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2021.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Andrea Bejteš

Sveučilišni Diplomski studij Zootehnika

Smjer Specijalna zootehnika

**PRIMJENA ICT TEHNOLOGIJE U GOVEDARSKOJ**  
**PROIZVODNJI**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Pero Mijić, predsjednik
2. doc. dr. sc. Tina Bobić, mentor
3. dr. sc. Maja Gregić, član

**Osijek, 2021.**

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. INFORMACIJSKO KOMUNIKACIJSKA TEHNOLOGIJA (ICT) .....	2
2.1. Senzori .....	3
2.1.1. Razvoj algoritma .....	4
2.2. Kamere.....	6
2.3. Mikrofoni.....	7
2.4. Termistori .....	7
2.5. Infracrvena termografija (IRT) .....	7
2.5.1. Izazovi u primjeni infracrvene termografije.....	9
2.6. Radio frekvencijska identifikacijska tehnologija (RFID).....	11
2.7. Akcelerometri .....	13
2.8. Pedometri.....	15
2.9. Nosni senzori .....	15
3. PRIMJENA ICT TEHNOLOGIJE U GOVEDARSKOJ PROIZVODNJI .....	17
3.1. ICT tehnologija u praćenju proizvodnje mlijeka.....	18
3.1.1. Automatski muzni sustavi (AMS).....	18
3.1.2. Automatski muzni sustav tipa rotolaktor .....	20
3.2. ICT tehnologija u otkrivanju mastitisa .....	21
3.2.1. Otkrivanje upalnog procesa vimena primjenom robota za mužnju.....	21
3.2.2. Primjena infracrvene termografije u otkrivanju mastitisa.....	24
3.3. ICT tehnologija u praćenju hranidbe .....	26
3.4. ICT tehnologija u otkrivanju estrusa .....	28
3.5. ICT tehnologija u otkrivanju šepavosti .....	29
3.5.1. Automatizirane metode otkrivanja šepavosti .....	29
3.5.2. Primjena pedometara i akcelometara u otkrivanju šepavosti .....	33
3.5.3. Primjena infracrvene termografije u otkrivanju šepavosti .....	35

4. ZAKLJUČAK .....	38
5. POPIS LITERATURE .....	39
5.1. Internetski izvori .....	43
6. SAŽETAK .....	44
7. SUMMARY .....	45
8. POPIS TABLICA .....	46
9. POPIS SLIKA .....	47
10. POPIS SHEMA .....	49
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....	50
BASIC DOCUMENTATION CARD .....	51

## 1. UVOD

Zbog sve većeg porasta ljudske populacije, koja se predviđa da će porasti na preko 9 milijardi do 2050. godine (FAO, 2018.), znatno se povećava potreba za hranom životinjskog porijekla. Međutim, sve je manje poljoprivrednika jer se povećavaju problemi i izazovi koji se pred njih stavljaju. Povećava se potreba za povećanjem broja stoke, ali i potreba da se udovolji zahtjevima tržišta, dobrobiti i zaštite okoliša. Farme koje posjeduju veliki broj životinja imaju određene poteškoće zbog nemogućnosti njihovog svakodnevnog i pravilnog praćenja (Berckmans i Guarino, 2017.). Zbog navedenih razloga, poljoprivrednici se suočavaju sa puno izazova što se tiče zdravstvenog stanja, dobrobiti i proizvodnosti životinja jer je gotovo nemoguće istovremeno pratiti i kontrolirati toliki broj grla na velikim farmama. Kako je čovjeku u cilju olakšati rad sa velikim brojem životinja, sve se više razvijaju nove moderne tehnologije. Već se desetljećima pridaje sve veća važnost razvoju informacijsko komunikacijskih tehnologija (ICT) (engl. Information and Communication Technology) koje se primjenjuju u preciznoj stočarskoj proizvodnji. U ove tehnologije se svrstavaju svi oni uređaji koji omogućuju prikupljanje i razmjenu podataka. Glavni ciljevi preciznog stočarstva prema Bewley-u (2010.) su rano otkrivanje bolesti, primjena preventivnih zdravstvenih mjera i povećanje proizvodnosti. Primjenom modernih tehnologija, poljoprivrednici imaju puno veći uvid u cjelokupnu proizvodnju na farmi. Na velikim farmama, nužno je da krave imaju identifikacijsku oznaku uz pomoć kojega se bilježe svi podaci o životinji. Potrebno je računalo sa softverskim programom, antene i čitači. Praćenjem i mjerenjem životinjskog odgovora u stvarnom vremenu, mogu se prikupiti ogromne količine podataka, kako o zdravstvenom stanju, tako i o stanju proizvodnosti, te na osnovu tih informacija, poljoprivrednici mogu izbjeći određene ekonomske gubitke, a pozitivno utjecati na dobrobit životinja.

Cilj ovog rada bio je prikazati neke od ICT tehnologija, te mogućnost njezine primjene u govedarskoj proizvodnji.

## 2. INFORMACIJSKO KOMUNIKACIJSKA TEHNOLOGIJA (ICT)

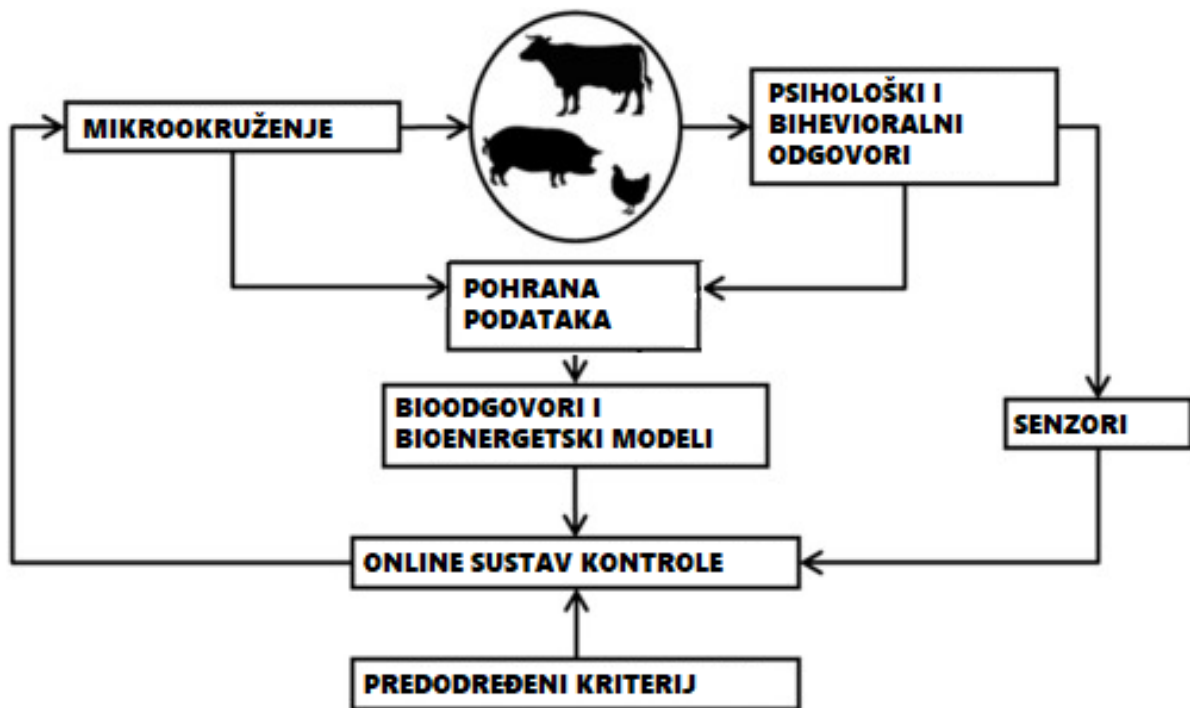
Informacijsko komunikacijska tehnologija (ICT) (engl. Information and Communication Technology) uključuje primjenu različitih uređaja, alata ili aplikacija koji dopuštaju prikupljanje ili razmjenu podataka interakcijom ili prijenosom. ICT je skupni pojam koji obuhvaća sve od radija do satelitskih slika, mobilnih telefona ili elektroničkog prijenosa novca (World Bank, 2017.). Provođenjem istraživanja i primjenom tehnoloških inovacija odnosno informacijsko komunikacijskih tehnologija potiče se razvoj precizne stočarske proizvodnje (engl. Precision Livestock Farming) (Benjamin i Yik, 2019.). Prema Bewley-u (2010.) precizno stočarstvo podrazumijeva korištenje tehnologija za mjerenje fizioloških, bihevioralnih i proizvodnih pokazatelja životinja. Metode koje se koriste u preciznoj stočarskoj proizvodnji uključuju kontinuirano mjerenje i praćenje životinjskih znakova odnosno odgovora („bio-signala“) i prikupljanje podataka u stvarnom vremenu u svrhu pravilnog upravljanja proizvodnjom (Norton i Berckmans, 2017.). Benjamin i Yik (2019.) navode da primjena različitih senzora, slika, zvukova i pokreta u kombinaciji sa algoritmima, služi za praćenje dobrobiti životinja, njihovu produktivnost, te pružaju rana upozorenja na moguće narušavanje dobrobiti životinja. Digitalne tehnologije mogu biti od iznimne koristi jer nude priliku za poboljšanje i povećanje učinkovitosti proizvodnje te ujedno pružajući sigurniji proces same proizvodnje (Connolly, 2018.). U posljednjim desetljećima je došlo do velike digitalne revolucije, a time su i metode automatiziranih mjerenja sve raširenije. Primjenjuju se softverske tehnologije koje uključuju mjerenje različitih stanja životinja, kao što su ruminacija, konzumacija hrane, ležanje i stajanje. Tako Andonovic i sur. (2018.) ističu da se vrlo lako mogu prepoznati rani znakovi bolesti životinja praćenjem njihovih pojedinih stanja.

Prema Boldizsáru (2012.) današnje nove ICT tehnologije bi trebale imati svrhu poboljšanja same strategije upravljanja farmama i poboljšanja proizvodnih svojstava. Potrebno je razviti i primijeniti tehnologije koje će:

- biti što bolje prilagođene životinjama i njihovom prirodnom ponašanju, uzrokujući što manji intenzitet stresa
- utjecati na povećanje proizvodnosti
- olakšati uvid u potrebne informacije i podatke životinja
- služiti za rano otkrivanje bolesti i time smanjiti upotrebu lijekova te djelovati kao preventivna zdravstvena mjera.

## 2.1. Senzori

S ciljem što boljeg razumijevanja utjecaja ICT tehnologije u preciznoj stočarskoj proizvodnji Benjamin i Yik (2019.) ističu da je vrlo bitno imati osnovno znanje i razumijevanje o sensorima za daljinsko praćenje, postupak razvoja algoritama i poznavanje strojeva. Senzor dolazi od latinske riječi "sensus", što znači "osjet". To su uređaji koji detektiraju i reagiraju na određene okolišne podražaje iz fizičkog okruženja odnosno „ulazne signale“, te se mogu naći gotovo u svim električnim strojevima. Njihov zadatak je da mjerenu veličinu iz procesa izraze pomoću signala, elektronički, mehanički ili optički. Okolišni podražaj odnosno „input“ može biti: toplina, vlaga, svjetlost, kretanje, pritisak i druge moguće pojave, dok je „output“ izlazni signal koji se na kraju pretvara u čitljiv podatak na zaslonu senzora koji je vidljiv i razumljiv čovjeku (Plantosar, 2017.).



**Slika 1.** Shematski prikaz ključnih elemenata u preciznom stočarstvu (Fournel i sur., 2017.)

Daljinski senzori (kamere, mikrofoni, termometri i akcelerometri) nadgledaju ili hvataju informacije poput slika, zvukova, topline, individualnog kretanja životinja ili kretanja skupine životinja. Senzori podatke pohranjuju u vanjskim pogonima ili ih šalju izravno na glavni procesor, gdje se obrađuju algoritmima. Algoritam je formula ili određeni skup definiranih naredbi za obavljanje nekog zadatka te rješavanje određenih problema. Programeri započinju postupak pisanjem algoritma, koji računalu precizno govori koje korake treba poduzeti za rješavanje određenog problema. Vrijednost algoritma ovisi o njegovoj sposobnosti da

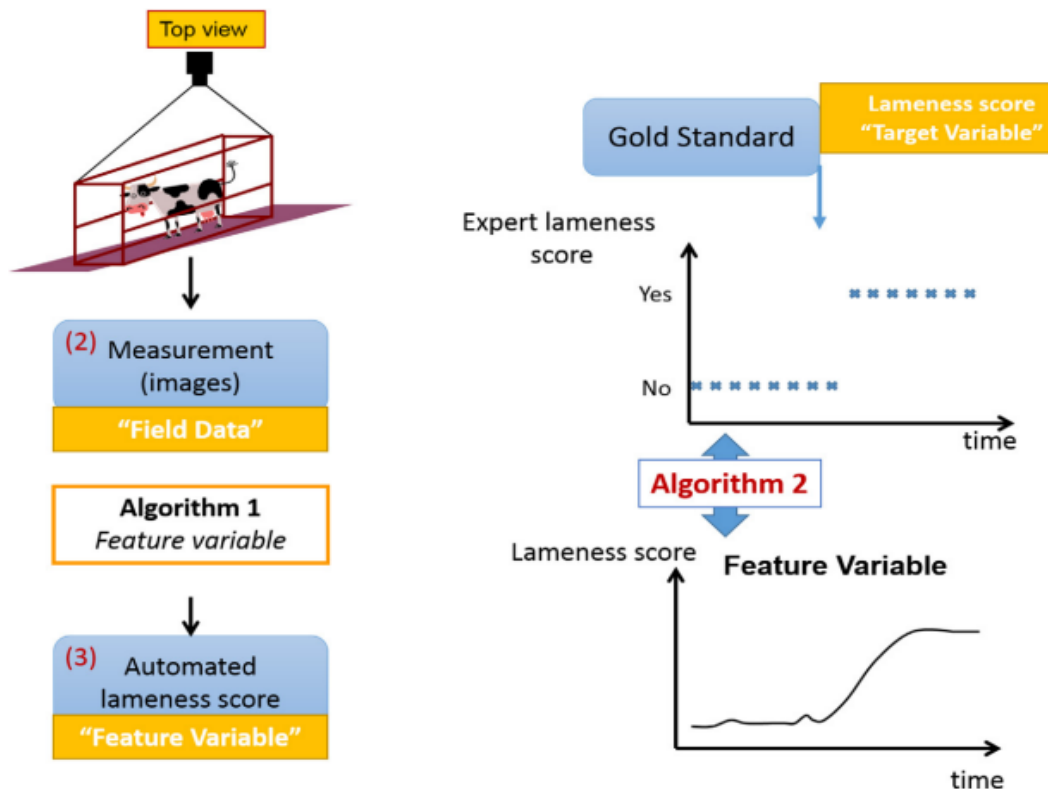


transformira podatke senzora ili „značajne varijable“ u biološki ishod (ciljane varijable). Primjer značajnih varijabli može biti postotak provedenog vremena u ležanju kako bi se utvrdio biološki ishod šepavosti ili broj iskašljaja za otkrivanje biološkog ishoda respiratorne bolesti. Podaci senzora za daljinsko praćenje se kombiniraju s pojedinačnom identifikacijom životinja, referentnim opažanjima i podacima o proizvodnji. Zatim se integriraju u algoritme kako bi se mogli dobiti ispravni podaci i pravovremena upozorenja u vezi sa zdravljem, produktivnošću i dobrobiti životinja (Puri i sur., 2015.). Pojedini uređaji koji se koriste u preciznoj stočarskoj proizvodnji ne zahtijevaju internetsku vezu. Sensori se mogu koristiti izdvojeno prilikom čega se šifrirani podaci mogu prikupljati sa različitih mjesta unutar sustava farme i slati u lokalni računski sustav za obradu, u svrhu filtriranja nepotrebnih podataka. Nakon toga, kako ističu Benjamin i Yik (2019.) se mogu koristiti za prikladan prikaz rezultata ili upozorenja putem WiFi-a ili Bluetootha primjenom pametnih telefona, tableta i mobilnih aplikacija.

### **2.1.1. Razvoj algoritma**

U svakom od procesa koji su uključeni u razvoj algoritma u preciznoj stočarskoj proizvodnji u realnom vremenu, potrebni su pojedini koraci u kojima se kombiniraju različiti tipovi varijabli kako bi se stvorila tipična metoda za razvoj algoritma. Ti procesi uključuju: povezivanje podataka, ciljanu varijablu, zlatni standard, značajnu varijablu i korelacijske podatke odnosno vezu između bitnih varijabli. Kao primjer, ciljana varijabla može biti korištena za praćenje šepavosti kod krava. Prema autorima Norton i Berckmans (2017.) ciljana varijabla se izravno odnosi na konačni cilj algoritma, što u ovom slučaju znači da je varijabla veličina koja pokazuje stupanj šepavosti krave, a dodatna varijabla koja može rano upozoriti na šepavost (na ciljanu varijablu) se naziva značajna (predikcijska) varijabla. Navedeni autori napominju, kako je potrebno provjeriti da li postoji pouzdani zlatni standard za mjerenje ciljane varijable i da li postoji općeprihvaćen način mjerenja. Zlatni standard ili referentna točka može se definirati kao najsuvremenije znanstveno mjerenje ili metoda koja omogućuje donošenje zaključka, koji se odnosi na krajnji cilj algoritma ili status ciljane varijable. U slučaju šepavosti, zlatni standard bi mogla biti procjena prilikom čega stručnjak boduje stupanj šepavosti kod krava. Zlatni standard se ne može lako primijeniti na mjerenja u realnom vremenu jer je nemoguće da jedan stručnjak svakodnevno, kontinuirano provodi procjenjivanje zdravstvenog stanja krava. Međutim, Norton i Berckmans (2017.) ističu da je za velike farme prihvatljivo da se to primjenjuje jednom tjedno, što su i testirali u suradnji sa drugim timovima u svijetu. Navedeni autori su prikupljali terenske podatke o šepavosti pomoću video zapisa krava, gdje su istovremeno primjenjivali i zlatni standard sa tjednom procjenom u hodu. Kako bi se mogao

razviti algoritam koji će automatski prepoznati odstupanje od zdravog ponašanja u hodu, potrebna je referentna točka. Referentna točka kako navode Norton i Berckmans (2017.) označava onaj trenutak u kojemu podaci na terenu pokazuju odstupanja od uobičajenog stanja. Primjerice, za otkrivanje šepavosti neće biti dovoljno znati samo u kojem trenutku je način hoda drugačiji, već je potrebno znati kada korak započinje, te kada korak završava, za što je potrebna detaljna ručno audio-vizualna analiza. Glavni cilj je dobiti uvid u značajnu varijablu, razumjeti dinamiku ponašanja i biološko značenje značajne varijable.

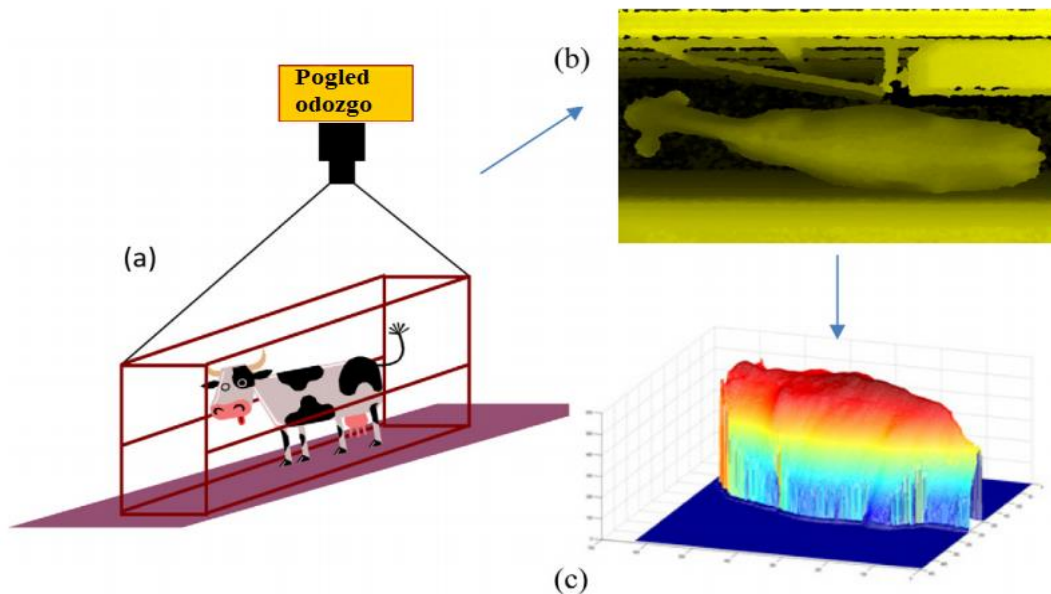


**Slika 2.** Mjerenje, označavanje i zlatni standard za razvoj algoritma (Norton i Berckmans, 2017.)

Na slici 2. je shematski prikaz mjerenja koje su proveli Norton i Berckmans (2017.) za otkrivanje šepavosti. Koristili su se kamerom koja je snimala krave koje su se vraćale s mužnje, pogledom odozgo. Kamera je bilježila niz fotografija, da bi se pronašla odgovarajuća značajna (predikcijska) varijabla. Zatim je zlatnim standardom određen stupanj šepavosti na osnovu čega su se znala odstupanja od uobičajenih podataka.

## 2.2. Kamere

U novije vrijeme se jako povećalo zanimanje za objektivne analize kretanja i karakteristike tijela muznih krava. Šepavost i slabljenje tjelesne kondicije su problemi koji utječu na proizvodnost, plodnost i dobrobit životinja. Pojedina istraživanja temeljena na kamerama su postigle visoku stopu otkrivanja šepavosti (Salau i sur., 2015.). Prednost slikovne analize je ta da nije potreban nikakav fizički kontakt i da su troškovi smanjeni jer jedna kamera može pratiti veliku skupinu životinja (Norton i Berckmans, 2017.). Kashiha i sur. (2014.) navode da analiza slike prevodi stečene slike u indekse distribucije - položaj i blizinu životinje, te aktivnosti - položaj i kretanje životinje (Benjamin i Yik, 2019.). Prema Marchant i sur. (1999.) razlikuju se dvodimenzionalne (2D) i trodimenzionalne (3D) kamere koje pružaju digitalne informacije pomoću kojih se može pratiti i procijeniti stopa rasta životinja.



**Slika 3.** Shematski prikaz primjene dubinske kamere i izgled dobivene slike (Norton i Berckmans, 2017.) (a - prikupljanje terenskih podataka pomoću kamere s pogledom odozgo; b - slika krave u pokretu snimljena dubinskom kamerom; c - grafički prikaz podataka o dubini stražnjeg profila krave u pokretu

Primjena 2D kamera zahtijeva odgovarajuće ambijentalno osvjetljenje i kontrastnu pozadinu poput tamne pozadine u primjeni za bijele životinje i tome slično. Trodimenzionalne (3D) kamere su senzori koji se temelje na dubini (poput Microsoft Kinect i Intel® RealSense™) opremljene kamerom visoke razlučivosti, infracrvenim iluminatorom i Time of Flight (ToF) dubinskim sensorom, koji proizvodi boju. Infracrvena svjetlost je ključna u primjeni tijekom slabog osvjetljenja i praćenja noćnog ponašanja (Kongsro, 2014., Wang i sur., 2018.). Prema

Mitteku i sur. (2017.) senzori dubine određuju blizinu životinje od kamere. Današnje kamere zahtijevaju ugrađeni poklopac koji štiti senzore od amonijaka, prašine, vlage i insekata (Benjamin i Yik, 2019.).

### **2.3. Mikrofoni**

U svom radu Benjamin i Yik (2019.) navode tvrdnju prema Schönu i sur. (2002.) kako mikrofoni pretvaraju zvukove u električne signale koji se mogu obrađivati u računalima s namjerom otkrivanja određenih zvučnih događaja, a to mogu biti naznake stresa ili bolesti. Pravilnim prepoznavanjem vokalizacija životinja se lakše procjenjuje njihova dobrobit. Vokalno ponašanje goveda može biti vrlo koristan pokazatelj njihovog fiziološkog i psihološkog stanja. Mogu se dobiti informacije o dobi, spolu, reproduktivnom i dominacijskom statusu (Watts i Stookey, 2000.).

### **2.4. Termistori**

Trenutne tehnologije za mjerenje temperature se mogu podijeliti na dvije skupine, na one tehnologije koje djeluju izravnim kontaktom (termoparovi i termistori) i tehnologije koje ne zahtijevaju kontakt, već se temelje na infracrvenim sensorima. Sellier i sur. (2014.) navode da je puno bolja opcija korištenja termistora, budući da termoparovi služe samo prilikom mjerenja ekstremno visokih temperatura. Temperaturni monitori koji koriste kontaktne mjerne medije, obično upotrebljavaju termistore koji su ugrađeni u zapisivač podataka (data logger) ili senzor ušnih markica. Kako bi se temperatura izmjerila, senzori imaju izravan kontakt sa tkivom životinje, a točnost temperaturnog mjerenja je do 0,1 °C (Bull, 2008., Sellier i sur., 2014.).

### **2.5. Infracrvena termografija (IRT)**

Infracrvena termografija (IRT) (engl. Infrared thermography) je brza, bezkontaktna i neinvazivna metoda praćenja temperature površine nekoga tijela, objekta ili predmeta. Kako su se pojavile nove generacije infracrvenih detektora, infracrvena termografska snimanja su postala preciznija zamjena medicinskim dijagnostičkim alatima za mjerenje abnormalnih temperatura (Lahiri i sur., 2012.). Osnova infracrvene tehnologije je da svaki objekt koji ima temperaturu iznad apsolutne nule, emitira infracrveno zračenje, a temperatura predmeta određuje valnu duljinu emitiranog zračenja. Jačinu zračenja topline registrira infracrvena termovizijska kamera i pretvara taj zapis u infracrvenu sliku (Slika 5. i 6.) ili pak u grafički oblik, termogram. Infracrvene termovizijske kamere mjere promjene tjelesne temperature uzrokovane fiziološkim i patološkim procesima (Salles i sur., 2016.). Očitavanje periferne

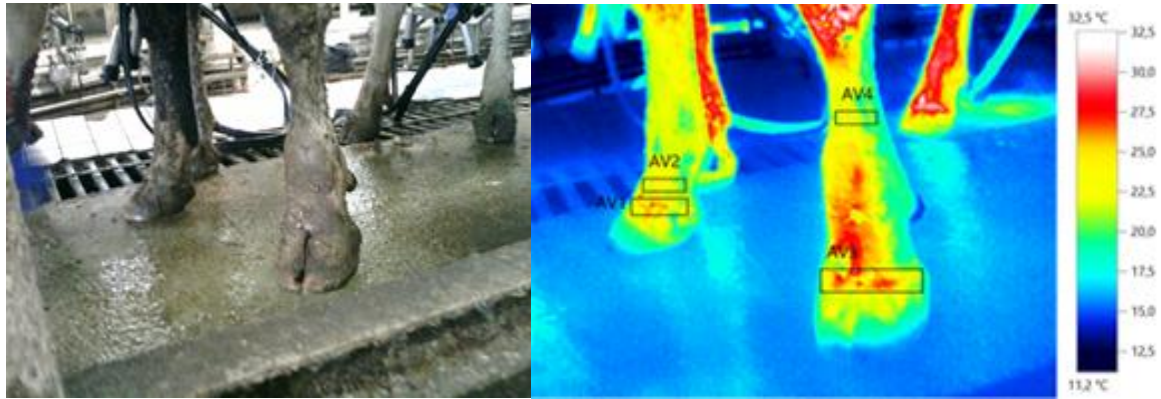
temperature ovisi o uvjetima okoline. Kada su temperature okoline više, povećan je protok krvi što rezultira i višim površinskim temperaturama (Sellier i sur., 2014.).



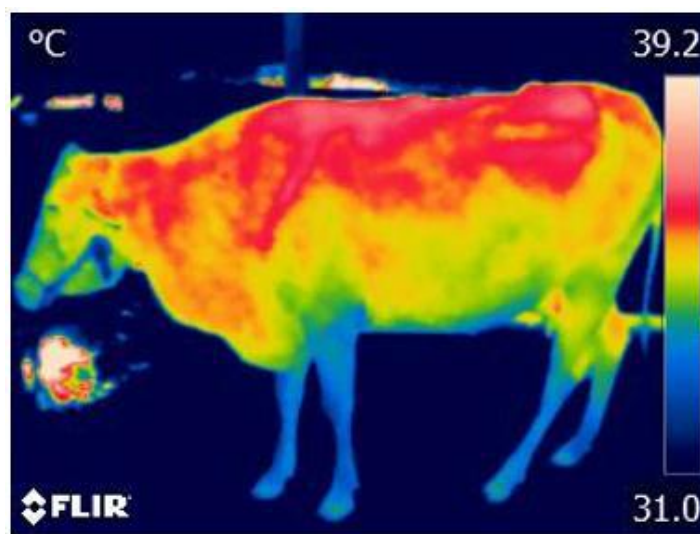
**Slika 4.** Prikaz infracrvene kamere

(Izvor: <https://www.fwi.co.uk/livestock/thermal-imaging>)

Infracrvena termovizijska kamera pomoću termičkog senzora prikuplja podatke o temperaturama tijela (objekata) koje snima, a nakon toga se podaci elektronički obrađuju i na zaslonu termovizijske kamere se prikazuju kao vidljiva slika - termogram. Pomoću računalnih programa se obavlja detaljnija obrada termograma, dok suvremene infracrvene kamere pružaju osnovnu obradu termograma (Kolarek, 2018.). Vrijednost temperature dobivene ovom tehnikom ovise o termoregulacijskom odgovoru životinje, debljini masnog tkiva životinja, temperaturi kože, volumena perfuzije krvi, te vrsti i boji dlake. Kod zdravih životinja analizom površinskih temperatura između pojedinih dijelova tijela pokazuje visok stupanj simetrije. Tako primjerice Racewicz i sur. (2018.) ističu kako se uspoređivanjem istih dijelova tijela mogu lako prepoznati izvori žarišta (mjesto upale) te povećati mogućnost za bolje utvrđivanje uzroka nastanka pojedinih stanja.



**Slika 5.** Digitalna i infracrvena slika papaka krava (Bobić i sur., 2020.)



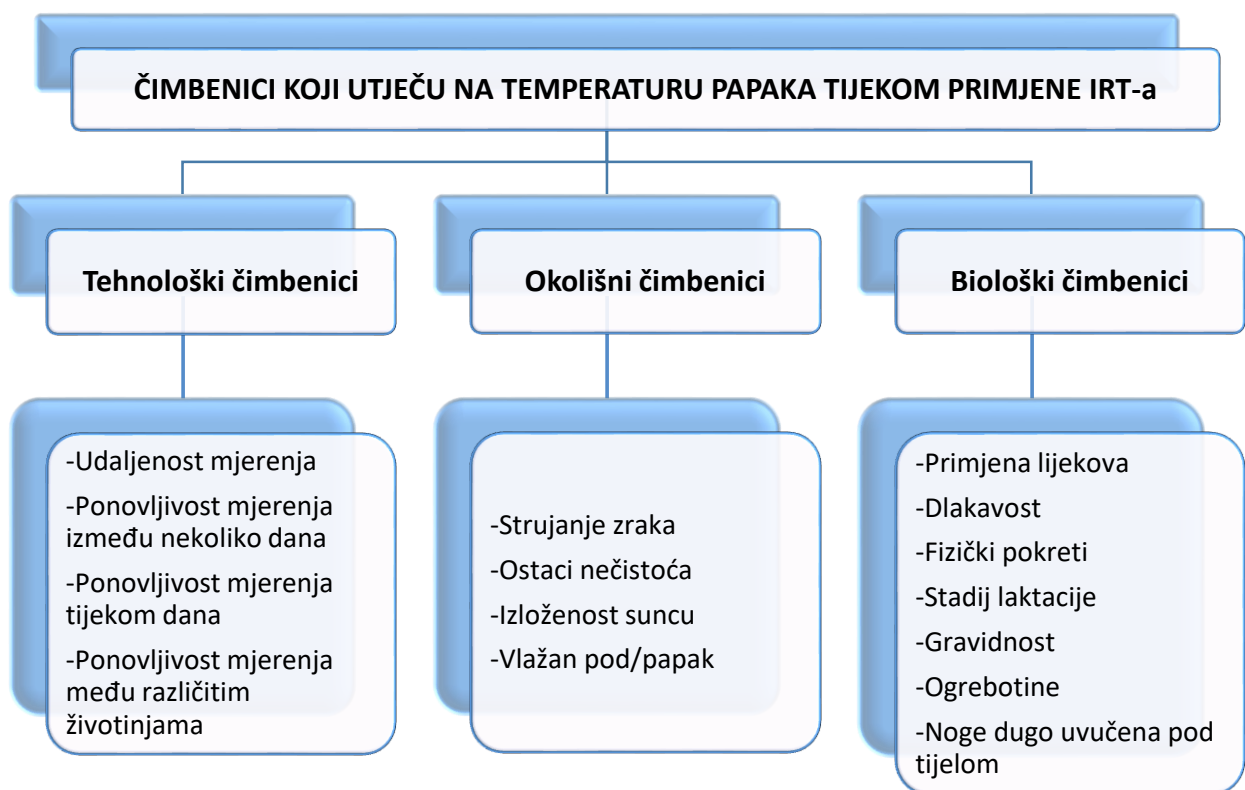
**Slika 6.** Slika krave snimljena infracrvenom termovizijskom kamerom (Lokesh Babu i sur., 2018.)

### 2.5.1. Izazovi u primjeni infracrvene termografije

Prisutni su mnogi čimbenici koji utječu na očitavanje infracrvene termovizijske kamere. Stewart i sur. (2005.) u svom radu navode glavna ograničenja korištenja IRT-a, a to su:

- termogrami se moraju prikupljati izvan direktne sunčeve svjetlosti i propuha,
- na dlaci životinja ne smiju biti prisutne nikakve nečistoće, strani materijali i vlaga,
- zbog praktičnosti za snimanje, kamere su manjih okvira, te zbog svog malog zaslona je teže procijeniti kvalitetu snimljenog termograma bez pristupa računalnom programu pomoću kojega se može detaljno analizirati.

Kolarek, (2018.) u svome radu ističe kako se dobiveni termogrami mogu pohraniti u različitim formatima, reproducirati i slati putem medija, te ih se može printati. Prilikom infracrvenog termovizijskog snimanja je potrebno smanjiti sve moguće smetnje koje bi mogle ometati mjerenja. Mnogi čimbenici utječu na raspodjelu površinske temperature tijela životinje i na sam rezultat infracrvenog termovizijskog mjerenja. Također, potrebno je primjenjivati normalizacijske protokole za parametre slike, odnosno standarde koji pružaju pouzdane rezultate, kako bi se smanjio rizik od pogrešne interpretacije slike. Glavno ograničenje u primjeni tih standarda je nemogućnost usporedbe termograma koji su nastali u različitim okolišnim uvjetima (Racewicz i sur. 2018.).



**Shema 1.** Prikaz utjecaja različitih čimbenika na temperaturu papaka tijekom primjene IRT-a (Lokesh Babu i sur., 2018.)

Lokesh Babu i sur. (2018.) su u svom istraživanju primjene IRT-a na papcima krava detaljno objasnili i sumarno prikazali najčešće čimbenike koji utječu na temperaturu papaka prilikom snimanja (Shema 1.). Isti autori navode da postoje tri osnovne podjele tih čimbenika: tehnološki, okolišni i biološki. Od tehnoloških navode veliki utjecaj udaljenosti od životinje tijekom mjerenja, dok od okolišnih izdvaja veliki utjecaj strujanja zraka, direktnoj izloženosti

suncu, nečistoće. Od bioloških čimbenika koji utječu na termovizijsko očitavanje Lokesh Babu i sur. (2018.) navode gravidnost, stadij laktacije, korištenje lijekova, ogrebotine i tako dalje.

## 2.6. Radio frekvencijska identifikacijska tehnologija (RFID)

Prema Nedap (2017.) radio frekvencijska identifikacijska tehnologija (RFID) (engl. Radio Frequency Identification) je tehnologija koja omogućuje automatsko i bežično prepoznavanje proizvoda, ljudi i životinja pomoću radio valova. Ova vrsta identifikacije se koristi za praćenje domaćih životinja kroz njihovu cjelokupnu proizvodnju. Osnovni RFID sustav se sastoji od RFID oznake, čitača (antene) i sustava za obradu RFID podataka. Antena prenosi magnetsko polje, a oznake koriste energiju iz magnetskog polja za slanje koda natrag na antenu. Antena prima kod i prosljeđuje podatke u sustav upravljanja. Zatim, sustav upravljanja obrađuje podatke koje je primio i pokreće praćenje boravka životinje i podatke o proizvodnji. RFID sustav je bežična komunikacija koja radi na osnovu bar kod mehanizma. U aktivnim RFID sustavima oznake imaju vlastiti odašiljač i izvor napajanja odnosno baterije. Aktivne oznake koje prenose informacije sa mikročipova, emitiraju vlastiti signal. Uobičajeni aktivni RFID sustavi rade pomoću ultra-visokofrekventnog opsega, a domet im je do 100 metara. Vijek trajanja ovih oznaka je uglavnom dug (do 30 godina), iako neke mogu trajati i neograničeno. Svi identiteti životinja se pohranjuju u bazu podataka te prati životinju od ulaska pa sve do izlaska iz proizvodnje. U bazi podataka se može dobiti uvid u ogroman broj podataka životinja (Anu i sur., 2015.).

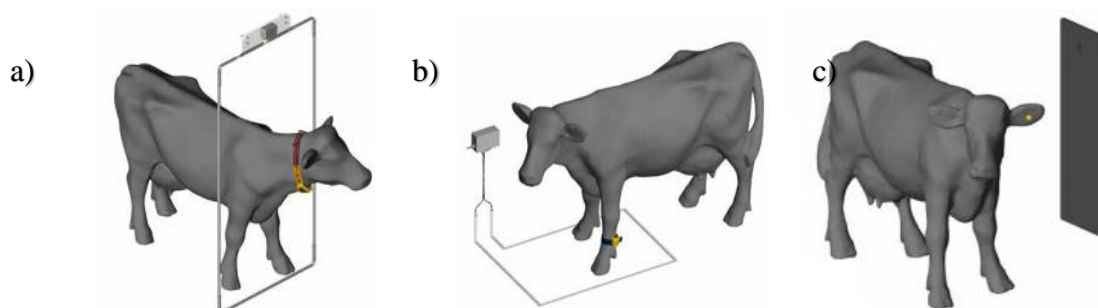


Slika 7. Način rada RFID tehnologija (Nedap, 2017.)



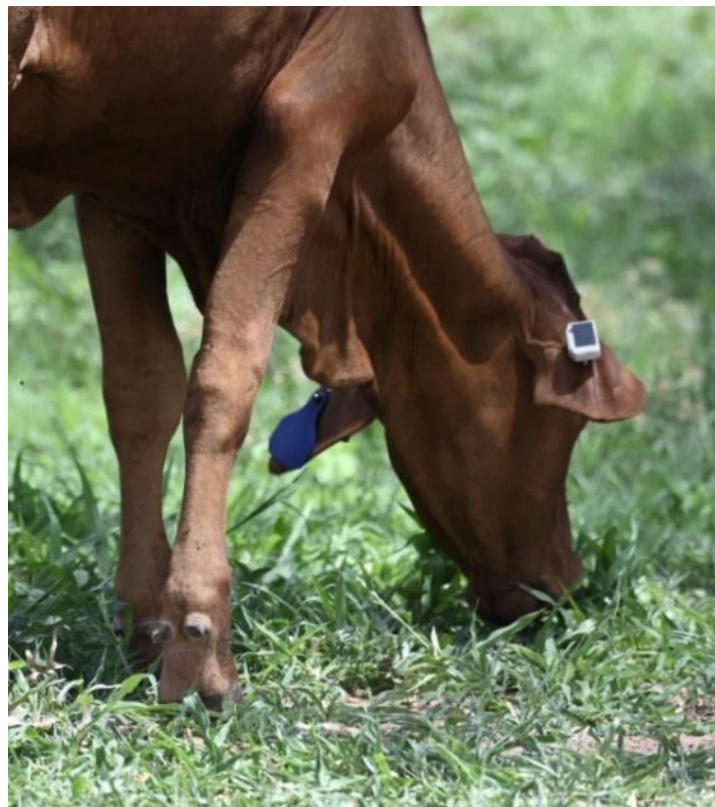
Za identifikaciju farmskih životinja na izmuzištu, Nedap nudi raznovrsne RFID oznake sa različitim karakteristikama, a tehnologije mogu biti prilagođene za svaki tip izmuzišta, ovisno o veličini stada ili vrsti oznaka. Mogu se koristiti za individualno praćenje životinja i za upravljanje cjelokupne proizvodnje. Pod većim oznakama pripadaju one koje se postavljaju na vrat ili nogu krava, daju jak signal i smatraju se vrlo pouzdanim oznakama za identifikaciju, dok su ušne markice i bolusi relativno male oznake koje su manje pouzdane u identifikaciji jer daju slabiji signal. Međutim, ušnim markicama i bolusima je uvijek trajanja dug i relativno su jeftine oznake. Budući da je signal ovih oznaka slabiji od onih oznaka koje se postavljaju na vrat ili nogu krava, ključno je, da ako se primjenjuju za upravljanje cjelokupne proizvodnje, budu načinjene od izuzetno kvalitetnog materijala. Nedap navodi opće pravilo za RFID ušne markice koja glasi: što je veća oznaka, to je bolja kvaliteta ušne markice jer im to omogućuje da prime više energije i vrate jači signal. U izmuzišta se mogu instalirati različiti tipovi antena.

Pojedinačne RFID oznake životinja imaju ključnu ulogu u govedarskoj industriji, a posebno u automatizaciji izmuzišta. Svaka životinja ima svoju oznaku sa jedinstvenim kodom. Mogu se pratiti određena stanja životinja. Već dugi niz godina, većina identifikacijskih sustava u izmuzištu se sastoji od antena i čitača gdje se krave prepoznaju prolaskom kroz antenu, preko i pored antena koje su postavljene na ulazu izmuzišta (Slika 8.), te pametnog softvera sa dodijeljenom identifikacijskom oznakom za životinje. Relativno snažne RFID oznake (transponderi) koje se postavljaju na nogu ili vrat životinje, osiguravaju pouzdani identifikacijski sustav i prikupljanje pojedinačnih podataka tijekom mužnje. Ukoliko se pojavi neuspješna identifikacija, može se ispraviti i unijeti ručno u sustav pomoću kontrolnih ploča u izmuzištu (Nedap, 2017.).



**Slika 8.** Prepoznavanje različitih RFID oznaka krava i načine očitavanja prolaskom (Nedap, 2017.) (a - kroz antenu sa oznakom na vratu; b - preko antene sa oznakom na nozi; c - pored antene sa ušnom markicom)

S ciljem da smanje troškove uzgoja, poboljšaju upravljanje stokom putem podataka Australaska nacionalna znanstvena agencija CSIRO (Engl. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) zajedno sa tvrtkom Ceres Tag, razvili su pametnu ušnu markicu za praćenje stoke. Podaci koji se prikupljaju pomoću ušne markice, mogu poboljšati upravljanje u stočarskoj proizvodnji. Daje veću kontrolu nad upravljanjem pašnjaka, omogućuje daljinsko lociranje krava, te daje upozorenja o bolesti i teljenju. Ceres Tag povezuje životinje izravno sa satelitima bez prolaska pored antena na farmi. Ovakva vrsta oznake kod životinja traju doživotno bez potrebe za promjenom baterija. Trenutno ova vrsta ušne markice teži ispunjavanju zahtjeva za oznakom NLIS (engl. National Livestock Identification System), odnosno Nacionalni sustav za identifikaciju stoke (CSIRO, 2021.).

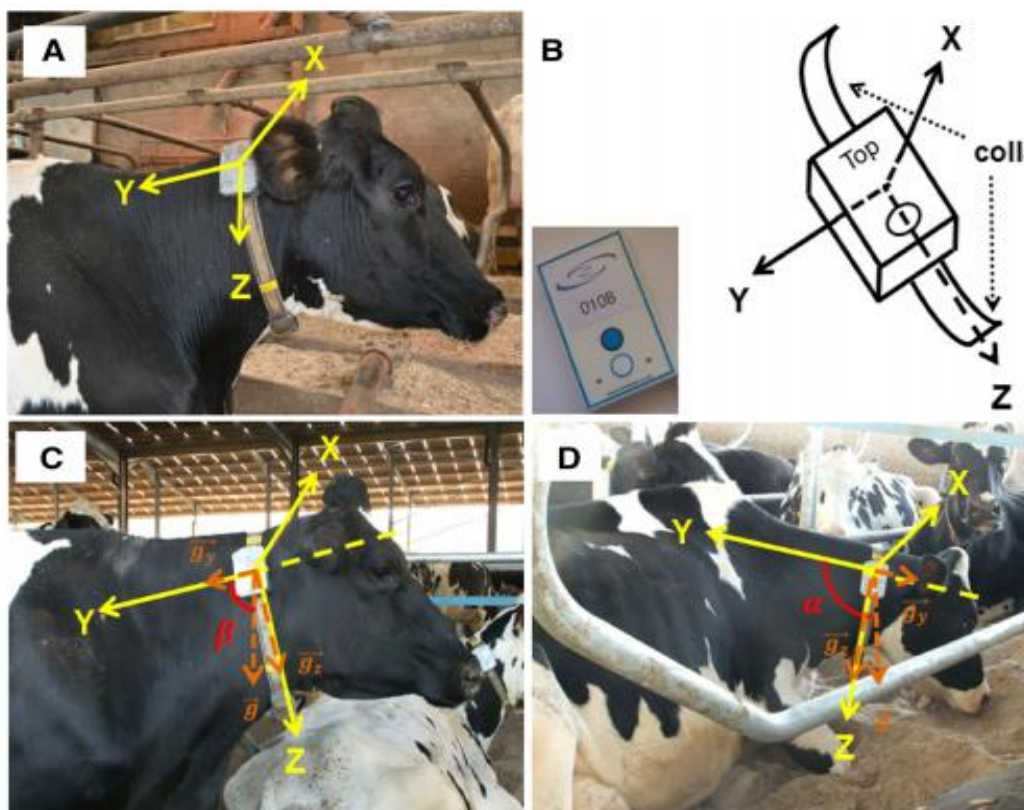


**Slika 9.** Ceres Tag pametna ušna markica za praćenje stoke (CSIRO, 2021.)

## **2.7. Akcelerometri**

Među najboljim tehnologijama za praćenje kretanja i ponašanja životinja su nosivi senzori koji sadrže akcelerometre (Benjamin i Yik, 2019.). Akcelerometri i njihovi odgovarajući sustavi generiraju podatke koji se mogu obrađivati već unaprijed stvorenim algoritmima za tumačenje

pokreta kao specifičnih obrazaca ponašanja (Chapa i sur., 2020.). Akcelerometar je elektromehanički uređaj koji se koristi za mjerenje sila ubrzanja. Sile mogu biti statične (kada životinja leži) poput trajne sile gravitacije ili ubrzanja uslijed kretanja (kada životinja hoda). Kretanje stvara pritisak na mikroskopskim kristalima smještenih unutar akcelerometra i stvara napon. Senzori tumače količinu napona kako bi odredili brzinu kretanja i orijentaciju. Troosni akcelerometar akumulira trodimenzionalne informacije (os x, y i z) i pomjeranjem životinje, određuje kut pod kojim se uređaj (ušna markica ili ogrlica) naginje uz mjerenje sila ubrzanja (Benjamin i Yik, 2019.). Elektronička jedinica smještena u ogrlici životinja, kontinuirano bilježi pojedinačne pokrete vrata i mišića pomoću troosnog akcelerometra. Kada krava uđe u prihvatno područje bazne stanice, koja se može nalaziti na pašnjaku ili izmuzištu, izmjereni podaci na ogrlici se obrađuju pomoću naprednog softvera, te se bežično prenose na računalo. Određeni status i stanje krava, te upozorenja se prate pomoću računala. Svaka ogrlica pamti obrasce ponašanja te u slučaju kada dođe do značajnih promjena, javlja se upozorenje i na osnovu toga se može pravovremeno reagirati (Andonovic i sur. 2018.).



**Slika 10.** Pozicija senzora i orijentacija koja se mijenja ovisno o položaju životinja (Vázquez Diosdado, 2015.)

## 2.8. Pedometri

Pedometar ili brojač koraka služi za određivanje aktivnosti kretanja. Najčešće se koristio za otkrivanje estrusa, a danas se koristi i za rano otkrivanje šepavosti praćenjem pedometrijske aktivnosti (Mazrier i sur., 2006.; Alsaad i sur., 2019.). Pedometri se stavljaju na nogu krave i služe za brojanje koraka. Stariji dizajni sadrže elektronsku sklopku koja se otvara i zatvara kako se uređaj pomjera. Kako samo brojanje koraka nema nekakvog posebnog značaja, potrebno je primijeniti usporednu tehniku u kojoj će se uspoređivati osnovni (uobičajeni) brojevi koraka, kada krava nije u estrusu. Kada krava prekorači osnovne brojeve koraka, odnosno dođe do odstupanja u koracima, smatra se da je krava u estrusu (Mottram, 2016.).



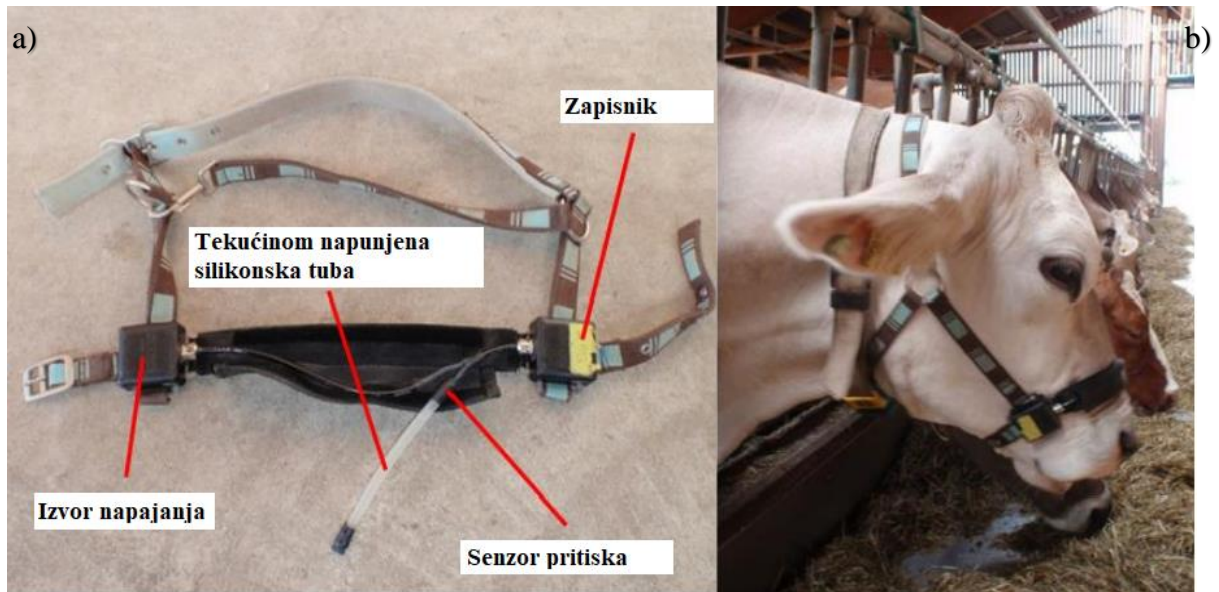
**Slika 11.** Prikaz postavljenog pedometra na kravi

(Izvor: <https://media.wired.com/photos/5b4d2dea31fa181b2b2144c5/master>)

## 2.9. Nosni senzori

Kako nije postojala pouzdana metoda za automatsko praćenje aktivnosti preživljanja i unosa hrane, u Švicarskoj (istraživačka postaja Agroscope Reckenholz-Tänikon ART) se razvio novi sustav praćenja zdravlja mliječnih krava (RumiWatch). RumiWatch nosni senzor sadrži senzor u obliku trake za nos, zapisnik podataka s mrežnom analizom podataka, softver za procjenu i akcelerometar (Slika 12.). Sastoji se od silikonske cijevi koja je napunjena biljnim uljem s ugrađenim senzorom tlaka, smješten u kućište držača (remena) preko nosne pregrade krave. Zbog male snage, vijek trajanja baterije je do 3 godine u laboratorijskim uvjetima. Ovakav senzor omogućuje automatsko mjerenje unosa hrane, unosa vode, preživljanja i kretanja.

Prikupljeni neobrađeni podaci sa senzora se spremaju na SD memorijsku karticu. Podaci se mogu prenijeti bežično ili SD memorijskom karticom na računalo sa odgovarajućim softverom za procjenu (RumiWatch Manager). Ovaj sustav omogućuje snimanje pojedinačnih pokreta čeljusti. Dolazni podaci o pritisku se automatski klasificiraju kao "preživljanje", "unos vode", "unos hrane" ili kao neka "druga aktivnost". Detaljnom analizom se daje mogućnost uvida u ukupan broj preživljanja, broja žvakanja i sl. Pomoću ovog sustava, može se dobiti rani uvid u metaboličke probleme preživača (Zehner i sur., 2012.).



**Slika 12.** Izgled nosnog senzora RumiWatch (Zehner i sur., 2012.)

### **3. PRIMJENA ICT TEHNOLOGIJE U GOVEDARSKOJ PROIZVODNJI**

U govedarskoj proizvodnji koriste se različiti senzorski uređaji, a na temelju podataka koje daju senzori, mogu se utvrditi potrebe životinja (Boldizsár, 2012.). Glavni ciljevi u preciznoj stočarskoj proizvodnji je rano otkrivanje bolesti, smanjenje upotrebe lijekova preventivnim zdravstvenim mjerama i povećanje proizvodnosti. Prema navodima Bewley (2010.) primjenom precizne stočarske proizvodnje povećava se učinkovitost proizvodnje, poboljšava se kvaliteta proizvoda, smanjuju štetni utjecaji na okoliš, smanjuju se troškovi, te se pozitivno utječe na dobrobit i zdravlje životinja. Tako primjerice u proizvodnji mlijeka, „precizno mljekarstvo“ uključuje i robotsku opremu koja osigurava automatsku mužnju. Uz pomoć ovih preciznih tehnologija, ne omogućava se samo robotska mužnja, već i uvid u zdravstveno stanje životinja, njihova dobrobit, proizvodnost, tjelesna masa, sastav mlijeka, te zdravstveno stanje vimena i slično. Na tržištu je prisutno više proizvođača takve opreme, a jedna od njih je DeLaval koja nudi inovativna rješenja za automatizaciju farmi pomoću kojih uzgajivači mogu poboljšati svoju proizvodnju (Boldizsár, 2012.).

Uz pomoć DeLaval programa za upravljanje (ALPRO, DelPro) mogu se pratiti pojedine životinje ili skupine, daje mogućnost prevencije, dijagnostike i liječenja bolesti, zatim individualni odabir, vaganje i hranjenje krava, te praćenje rada radnika i uređaja. Na muznim mjestima se prati količina mlijeka, pojedinačna mliječnost krava, sadržaj krvi u mlijeku (ppm) tijekom mužnje i električna vodljivost mlijeka. Svi navedeni podaci krava, mogu se pronaći na popisu u sustavu za svaku pojedinačnu kravu. Također, pomoću ovog sustava se lako mogu detektirati i različite nepravilnosti tijekom mužnje (skidanje sisnih čaša i slično). Prilikom pada muznog sklopa sa vimena, uređaj isključuje vakuumski sustav kako bi spriječio ulazak nečistoća u sustav i mlijeko. Kako bi se sve ovo navedeno moglo sprovesti, potrebna je elektronička identifikacija, a ključni element u radu sa bilo kojim informacijskim sustavom je točan unos podataka. Podaci u sustav mogu biti uneseni ručno ili uz pomoć uređaja i senzora. Za jedinstvenu identifikaciju životinja služi transponder. Transponder je uređaj koji se koristi kako bi se različitim sensorima spojili ostvareni podaci krava u realnom vremenu, sa vlastitim pohranjenim podacima u ALPRO i DelPro bazama podataka (Boldizsár, 2012.).



**Slika 13.** Postavljanje ogrlice sa transponderom

(Izvor: <https://docplayer.net/docs-images/58/42369271/images/30-0.png>)

### **3.1. ICT tehnologija u praćenju proizvodnje mlijeka**

#### **3.1.1. Automatski muzni sustavi (AMS)**

Automatski muzni sustavi (engl. VMS - Voluntary Milking Systems) ili roboti za mužnju omogućuju bolju, precizniju i ekonomičniju proizvodnju mlijeka. Jedan od sastavnih dijelova robota za mužnju je robotska ruka koja brzo i nježno izvodi ponavljajuće radnje, kao što su čišćenje, priprema, postavljanje i dezinfekcija vimena krava. Sve navedeno omogućuje integrirani složeni sustav opremljena s kamerom, hardver-om i softver-om za obradu slika čime se omogućava preciznost robotske ruke tijekom pripreme krave za mužnju. Robot prilikom svake mužnje procjenjuje i pamti svakoj pojedinačnoj kravi oblik vimena i položaj sisa (DeLaval, 2021. a.).

U primjeru jednog od robota prisutnih na tržištu kao što je DeLaval PureFlow™ omogućava se kompletan proces pripreme za mužnju. Sadrži prozirni muzni sklop pomoću kojega se lakše prate svi procesi tijekom mužnje i čišćenja. Proces mužnje i proces čišćenja uređaja vodom sustav potpuno odvojeno provodi jer voda ne smije doći u kontakt sa izmuženim mlijekom u spremniku (DeLaval, 2021. a.).



**Slika 14.** Robot za mužnju proizvođača DeLaval (VMS™ V300)

(Izvor: <https://www.delaval.com/hu/a-delaval/hu/bvebb-informacio/delaval-vms-v300>)

Završetkom svake mužnje, slijedi automatsko čišćenje i ispiranje muznog stroja iznutra i izvana. Prilikom ulaska krave na mužnju, robot ju automatski prepoznaje te procjenjuje da li ima dozvolu za mužnju u skladu sa njezinom razinom proizvodnje i proteklog vremena od prethodne mužnje, uzimajući u obzir i broj dana laktacije. Zbog toga se može dogoditi da u istoj skupini, jedna krava dođe na mužnju i 4 puta dnevno, dok jedna druga krava dođe 2 puta dnevno. Krave koje imaju dozvolu za mužnju, dobit će pojedinačno izračunatu dozu obroka, dok one koje nemaju dozvolu neće dobiti obrok te će napustiti izmuzzište i prepustiti mjesto sljedećoj kravi (DeLaval, 2021. a.).



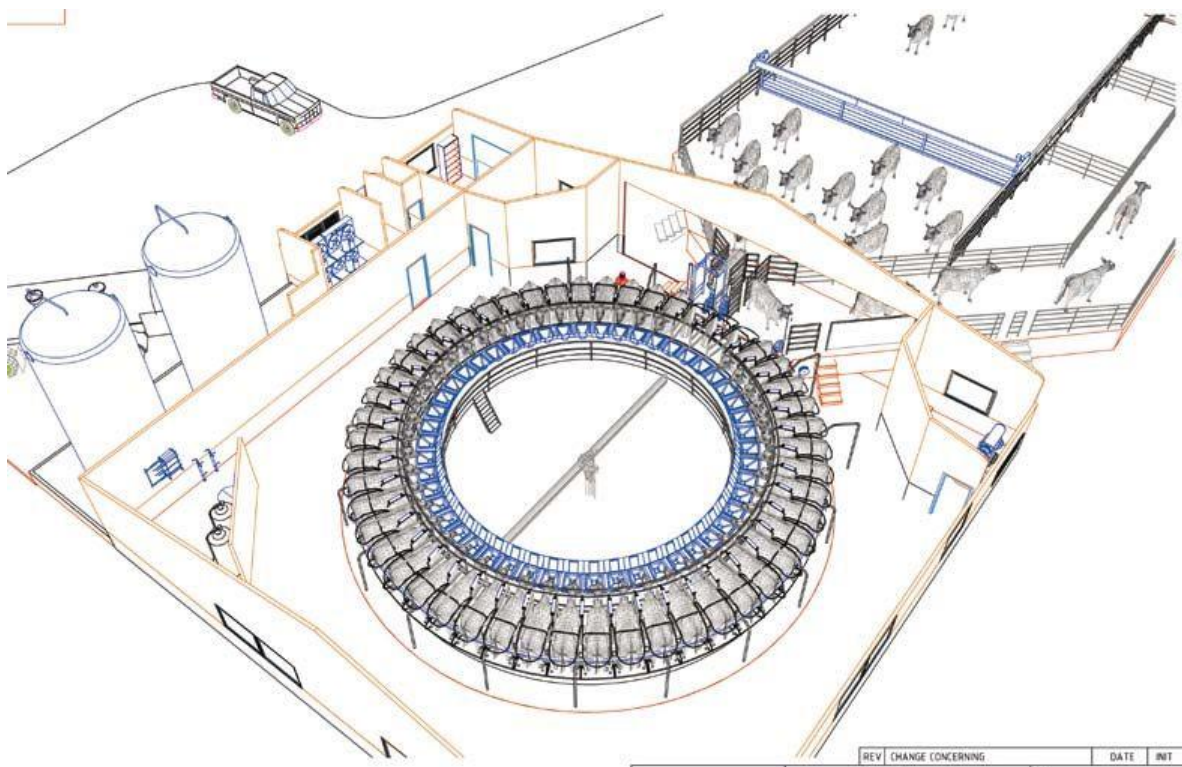
**Slika 15.** Robotska ruka i postavljanje sisinih čaša na sise vimena krava

(Izvor: <https://www.delaval.com/globalassets/inriver-resources/image/keybenefitimage/insight-v300-product.jpg>)



### 3.1.2. Automatski muzni sustav tipa rotolaktor

U novije vrijeme se na tržištu pojavio automatski muzni sustav mužnje u obliku rotora (AMR) (engl. Automatic Milking Rotary), što bi moglo biti odlično rješenje za velike farme kako ističe Boldizsár (2012.). Trenutno se na tržištu nalazi u ponudi jedan od najnaprednijih rotacijskih sustava za mužnju AMR™ marke DeLaval, sa 24 muzna mjesta. Opremljen je sa 5 hidrauličnih robota koji samostalno obavljaju mužnju i potpuno odvojeno po kravi. Robot 1 i 2 služe za čišćenje i pripremu za mužnju, robot 3 i 4 za postavljanje dok robot 5 za dezinfekciju i zaštitu sisa. Svaki robot sadrži 3D kamere. Prije samog ulaska u rotor, krava se identificira putem svoje identifikacijske oznake i ulazi na muzno mjesto. Prvo slijedi čišćenje sisa, priprema za mužnju i sušenje pomoću specijalnih sisnih čaša robotske ruke. Nakon toga slijedi nježno i precizno pričvršćivanje sisnih čaša za mužnju. Tijekom mužnje, mlijeko se iz svake sise može pratiti i analizirati, odnosno brzinu protoka mlijeka, količinu mlijeka, primjese krvi i vodljivost. Nakon završene mužnje, robotska ruka skida sisne čaše te slijedi dezinfekcija (DeLaval, 2021. b., c.).

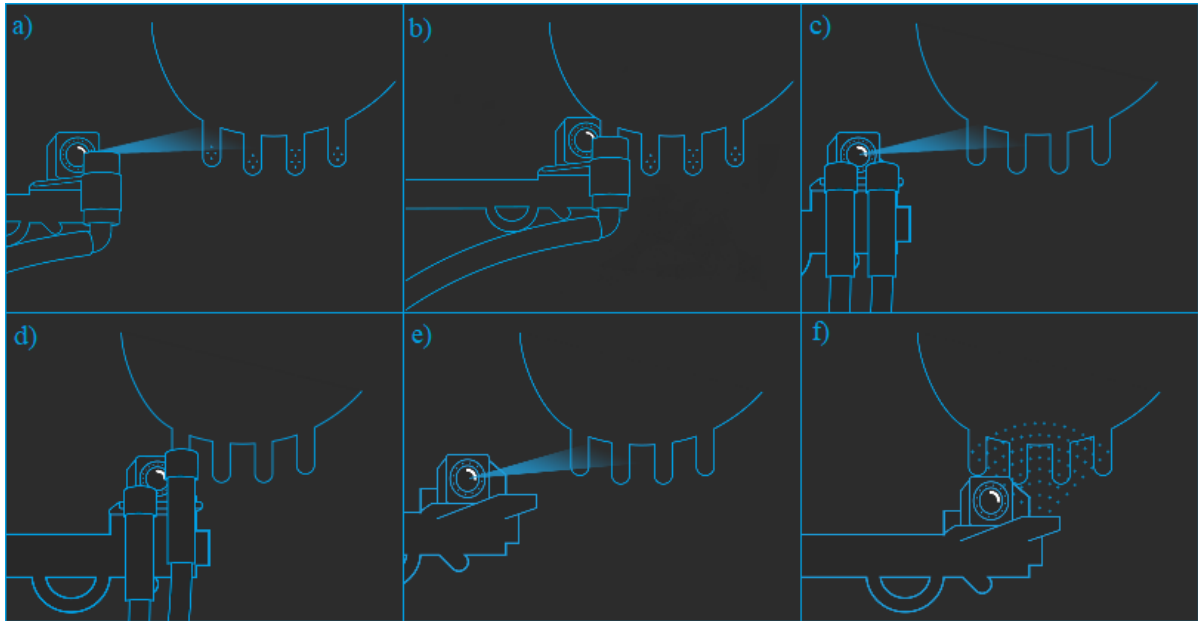


**Slika 16.** Način rada rotacijskog izmuzišta – ulaz i izlaz krava iz rotora

(Izvor: <https://www.readkong.com/static/ef/0b/>)

Taj proces smanjuje vjerojatnost nastanka mastitisa i poboljšava zdravlje krava ali i kvalitetu mlijeka. Završenom mužnjom, krava se automatski vodi u staju ili se preusmjerava u tretiralište, pomoću pametnih vrata. Svako muzno mjesto i muzni sklop za mužnju se automatski ispiru

prije ulaska sljedeće krave u rotor. Pomoću automatskih muznih sustava oko 50% je uštede radne snage. Osoblje umjesto fizički zahtjevnih muznih poslova, mogu obavljati druge poslove poput okupljanje krava za mužnju, čišćenje prostorije ili praćenje procesa mužnje. Pomoću posebnih softvera se omogućava daljinsko upravljanje pojedinim radnjama robota preko displeja, mobitela ili tableta. DeLaval na tržištu nudi modele robota koji daju mogućnost prikaza slika nadzornih kamera, praćenje različitih karakteristika krava te uvid u razne statistike bilo kada i sa bilo kojeg mjesta (DeLaval, 2021. b.).



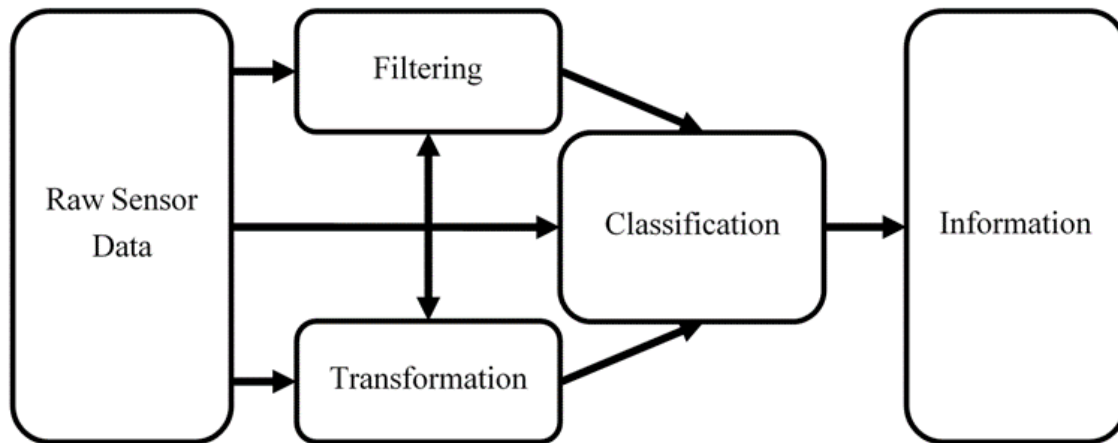
**Slika 17.** Proces mužnje u automatskom muznom sustavu tipa rotolaktor: (Izvor: [http://www3.delaval.com/delaval/delaval\\_amr\\_html/](http://www3.delaval.com/delaval/delaval_amr_html/) ) (a) priprema za mužnju – senzor prepoznaje položaj sisa; b) čišćenje i sušenje sisa pomoću jedne specijalne čašice; c) senzor sa sisnim čašama prepoznaje položaj sisa; d) robot postavlja sisne čaše za mužnju; e) senzor za dezinfekciju; f) dezinfekcija vimena)

## 3.2. ICT tehnologija u otkrivanju mastitisa

### 3.2.1. Otkrivanje upalnog procesa vimena primjenom robota za mužnju

Razvoj senzorskih sustava na farmama za proizvodnju mlijeka započeo je u devedesetima, te sa uključivanjem i razvojem robota za mužnju potaknulo je razvoj sustava senzora za detekciju mastitisa. Senzori su napravljeni na način da prikupljaju velike količine podataka, međutim problem je u njihovoj obradi i pravilnoj transformaciji u podatke koji mogu biti upotrjebljeni

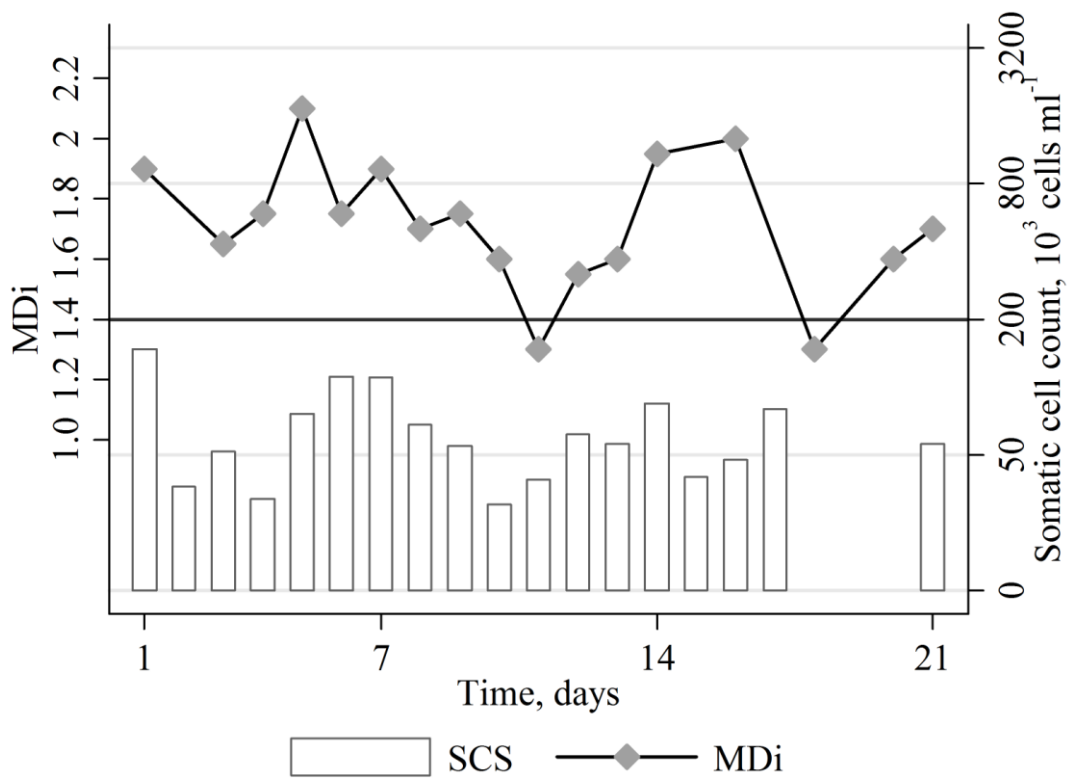
za detekciju onoga što se želi. Problematičan je odabir ispravnog „zlatnog“ standarda koji će biti učinkovit za detekciju primjerice mastitisa. Na slici 18. prema van der Voort-u i sur. (2019.) je shematski prikazan način prikupljanja senzorskih podataka, njihova transformacija u korisne informacije koje se onda koriste za detekciju mastitisa krava.



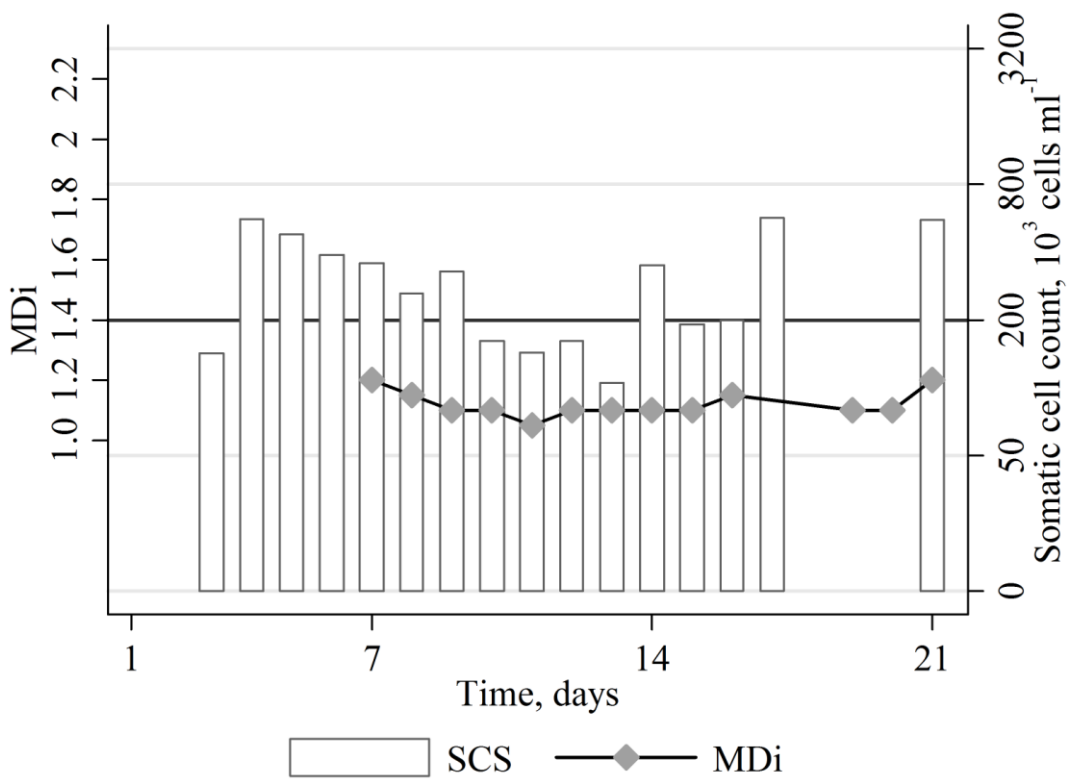
**Slika 18.** Shematski prikaz tri glavne metode konverzije sirovih senzorskih podataka u podatke za detekciju mastitisa (van der Voort-u i sur., 2019.)

Roboti za mužnju posjeduju sustav za automatsku detekciju upalnog procesa vimena (engl. MDI – Mastitis Detection Index). MDI indeks daje informacije o zdravstvenom stanju krava, uključujući i mogućnost pojave subkliničkog mastitisa. Izračunavanjem MDI indeksa krave tijekom mužnje, robot daje upozorenje ukoliko je potrebno liječenje. Mlijeko iz separatora, tek nakon provjere parametara kvalitete (prisutnost krvi, MDi vrijednost, provodljivost) može biti spremljeno u spremnik-laktofriz. Ovisno o postavljenim parametrima sa strane korisnika, mlijeko se može spremiti na 5 različitih mjesta: u laktofriz, spremnik za kolostrum, izdvojeni spremnik, te u još dva spremnika za mlijeko posebne primjene.

Lusis i sur. (2017.) su u svom istraživanju imali za cilj procijeniti učinkovitost MDI indeksa za utvrđivanje krava sa visokim vrijednostima somatskih stanica. Autori su utvrdili da vrijednost MDI indeksa i broja somatskih stanica ne rastu paralelno, te se MDI indeks ne može koristiti samostalno u objektivnoj detekciji krava s povišenim brojem somatskih stanica. Mada kako navode autori MDI indeks ipak ukazuje na određene biološke promjene u mliječnoj žlijezdi.



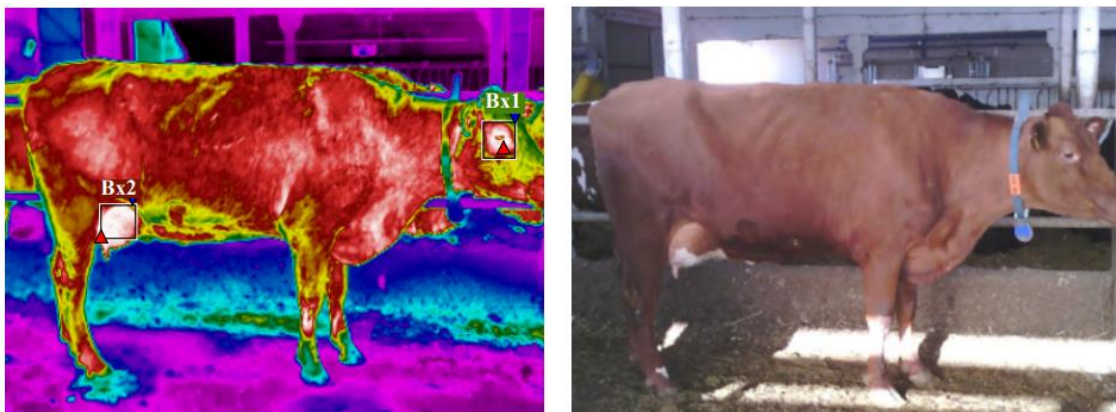
Slika 19. Broj somatskih stanica i MDI indeks u eksperimentalnoj grupi (Lusis i sur., 2017.)



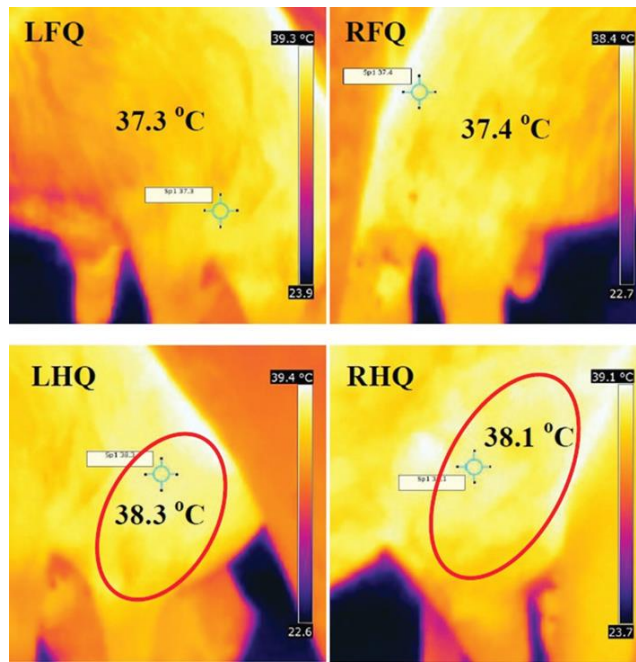
Slika 20. Broj somatskih stanica i MDI indeks u kontrolnoj grupi (Lusis i sur., 2017.)

### 3.2.2. Primjena infracrvene termografije u otkrivanju mastitisa

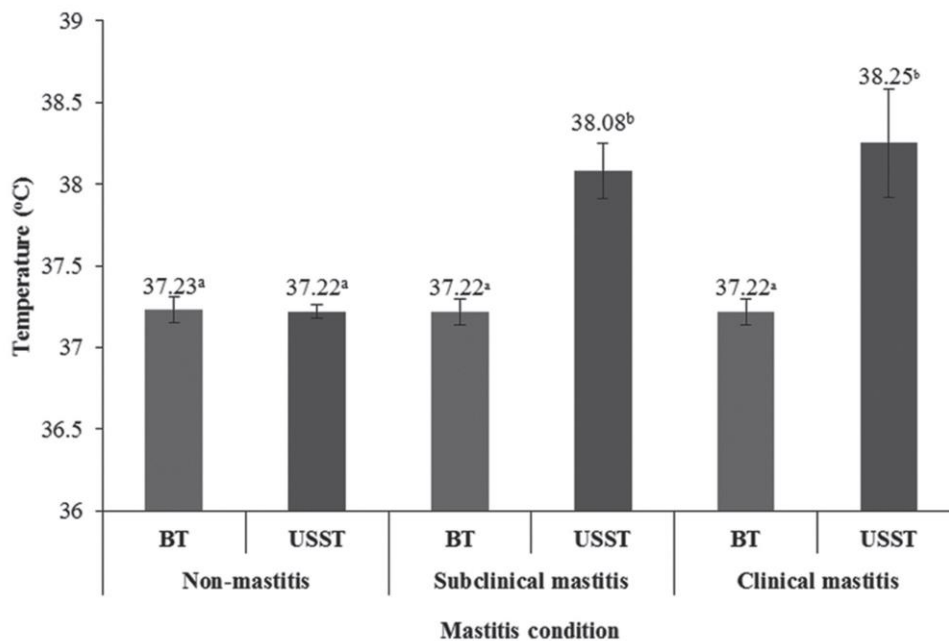
Infracrvena termografija (IRT) (engl. Infrared thermography) je brza, bezkontaktna i neinvazivna metoda praćenja temperature površine nekoga tijela, objekta ili predmeta. U novije vrijeme se bilježi sve veće zanimanje za njezinom primjenom u govedarskoj proizvodnji. Sathiyabarathi i sur. (2016.) su proveli istraživanje kako bi otkrili sposobnost primjene infracrvene termografije (IRT) i njezinu međusobnu povezanost sa konvencionalnim pokazateljima mastitisa te njezino rano otkrivanje kod križanih holstein frizijskih krava. Koristili su se infracrvenom termovizijskom kamerom marke FLIR. Promatrali su ukupno 76 četvrti od 19 Holstein frizijskih križanaca u laktaciji. Pratili su tjelesnu temperaturu mjerenjem temperature oka i površinsku temperaturu kože vimena prije mužnje. Autori su uzimali uzorke mlijeka iz svake četvrti te ih testirali na mastitis pomoću broja somatskih stanica, kalifornijskog testa i električne vodljivosti mlijeka. Prema rezultatima Sathiyabarathi i sur. (2016.) kod zdravih krava nije bilo značajnih razlika između prosječnih vrijednosti tjelesnih temperatura ( $37.23 \pm 0.08^\circ\text{C}$ ) i površinskih temperatura kože vimena ( $37.22 \pm 0.04^\circ\text{C}$ ), dok je temperatura površinske kože vimena zahvaćena mastitisom bila značajno viša u odnosu na tjelesnu temperaturu i temperaturu površinske kože vimena nezahvaćenog mastitisom. Srednja vrijednost temperature mastičnih četvrti je bila za  $0,72$  do  $1,05^\circ\text{C}$  viša u odnosu na površinske temperature zdravih četvrti (Slika 23.). Osim navedenog Sathiyabarathi i sur. (2016.) utvrdili su pozitivnu korelaciju temperature vimena krava sa električnom vodljivošću mlijeka i brojem somatskih stanica. Ovim istraživanjem gore navedeni autori došli su do zaključka da je IRT primjenjiva kao potencijalna neinvazivna i brza dijagnostička metoda za otkrivanje subkliničkog i kliničkog mastitisa.



**Slika 21.** Termogram sa bočne strane tijela krave gdje je prikazana raspodjela površinske temperature zabilježenih na termografskom snimanju, sa naznakama na ciljane područja snimanja (Racewicz i sur., 2018.)

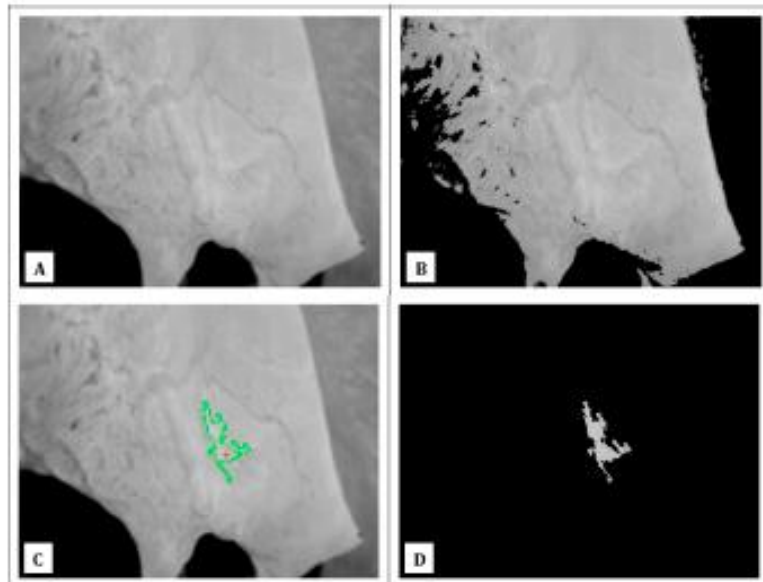


**Slika 22.** Termogram zabilježen infracrvenom termovizijskom kamerom lateralne strane četvrti vimena sa subkliničkim mastitisom (Sathiyabarathi i sur., 2016.)



**Slika 23.** Temperaturne razlike u površini tijela (BT) i kože vimena (USST) između zdravih i mastitičnih četvrti vimena krava (Sathiyabarathi i sur., 2016.)

Zaninelli i sur. (2018.) su istraživali mogućnost primjene infracrvene termografije u farmskim uvjetima za zdravstvenu evaluaciju vimena krava. Autori su napravili istraživanje na Holstein kravama s tri farme srednje veličine lokalizirane u Italiji. Autori su utvrdili značajnu korelaciju temperature površine kože vimena sa brojem somatskih stanica te su zaključili da je moguće koristiti infracrvene termovizijske kamere u ranoj detekciji bolesnih četvrti vimena (Slika 24.).

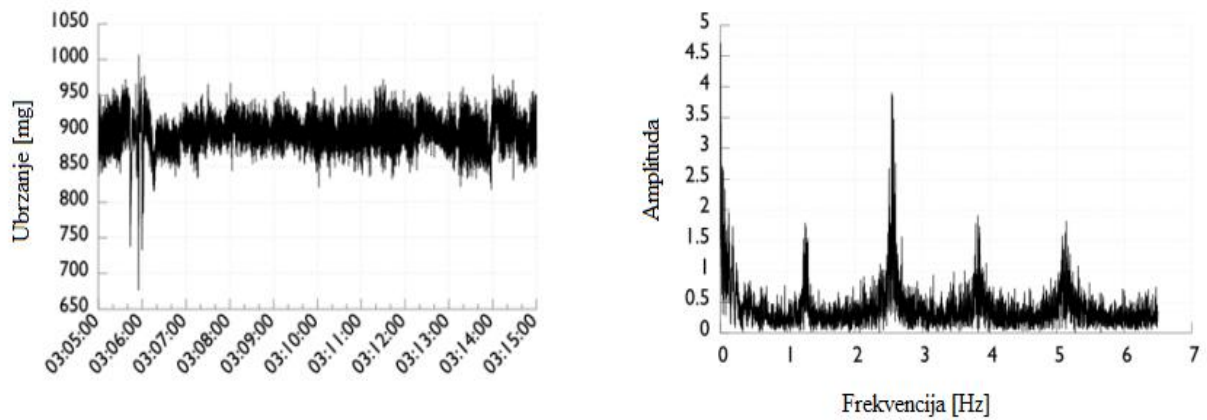


**Slika 24.** Primjena infracrvene termografije u ranoj detekciji upale vimena krava (Zaninelli i sur., 2018.)

### 3.3. ICT tehnologija u praćenju hranidbe

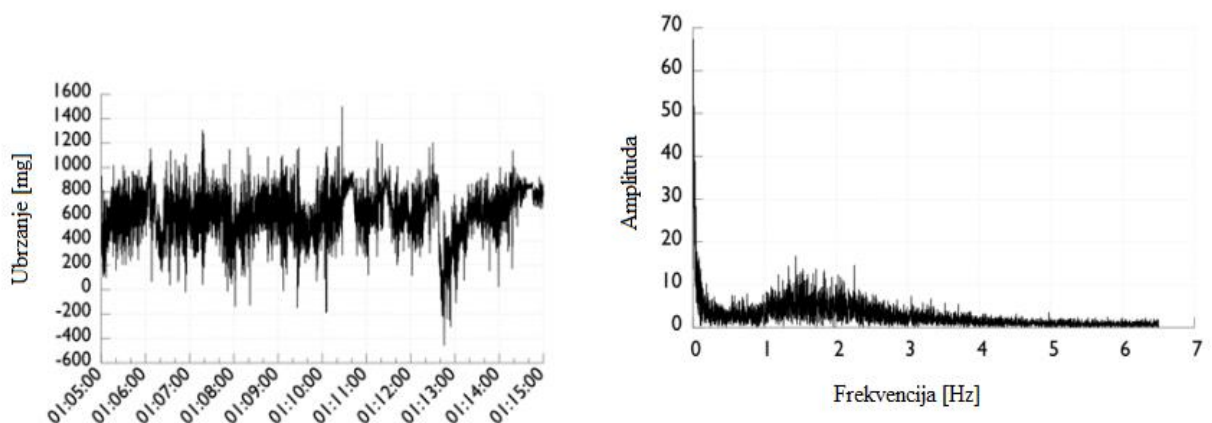
Jedan od dobrih pokazatelja zdravstvenog stanja ali i za utvrđivanje cjelokupne dobrobiti životinja je praćenje unosa hrane. Primjerice životinje koje su bolesne, provodit će puno manje vremena na hranidbenom stolu konzumirajući hranu. Preživljanje predstavlja ritmično žvakanje i dio je procesa probave. Prema procjenama zdrava krava dnevno preživa od 500 do 600 minuta u jednom danu. Aktivnost žvakanja pomaže pri održavanju pH vrijednosti buraga na optimalnoj razini za mikrobnu aktivnost. Preživljanje se može prepoznati prema kretanju mišića vrata. Tijekom faze hranidbe, krava prvo uzima hranu, zatim djelomično žvače i guta hranu za ponovnu obradu - remastikaciju. Tada se bilježe povećani pokreti mišića vrata što se detektira povećanom aktivnosti i brojem zabilješki u sustavu. Na ovakav način je moguće prepoznavanje određenog ponašanja krava u bilo kojem trenutku koristeći mjeru povećanja aktivnosti na vratu. Na slici 25. prikazan je primjer zabilježenih i obrađenih aktivnosti krave sa akcelometrom

tijekom preživljanja. Te aktivnosti izvedene su iz procjene varijance i sadržaja frekvencije aktivnosti mišića vrata (Andonovic i sur., 2018.).



**Slika 25.** Vremenski prikaz aktivnosti (lijevo) i pripadajući spektar frekvencija (desno) prikupljenih i obrađenih podataka o preživljanju (Andonovic i sur., 2018.)

U svom istraživanju Andonovic i sur. (2018.) navode da su pokreti čeljusti tijekom hranidbe značajno veći u odnosu na pokrete čeljusti tijekom preživljanja. Nadalje isti autori ističu da se prilikom konzumacije hrane, može primijetiti širi raspon pokreta glave te da su pokreti čeljusti manje ritmični. Zbog toga se frekvencijske komponente koje su inače prisutne tijekom preživljanja, ne opažaju. Slika 26. prikazuje višu razinu varijance koja je zabilježena tijekom konzumacije hrane zajedno sa zabilježenim pokretima niske frekvencije, gdje se vidi nedostatak prepoznatljivih vrhova (maksimalnih vrijednosti frekvencija) frekvencija u usporedbi sa onim frekvencijama sa prethodne slike tijekom preživljanja (Andonovic i sur. 2018.).



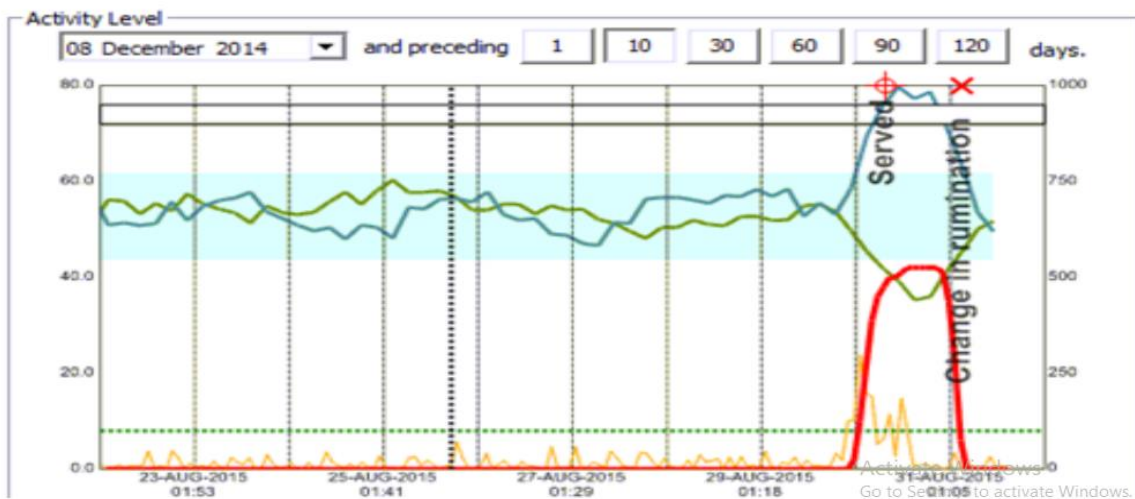
**Slika 26.** Vremenski prikaz aktivnosti (lijevo) i pripadajući spektar frekvencija (desno) prikupljenih i obrađenih podataka o hranjenju (Andonovic i sur., 2018.)



### 3.4. ICT tehnologija u otkrivanju estrusa

Diljem svijeta se bilježio pad plodnosti u govedarskoj proizvodnji zbog čega je bilo nužno uvođenje i usvajanje novih tehnologija koje bi mogle pomoći u rješavanju problema plodnosti krava. Različiti čimbenici, kao što su određene reproduktivne bolesti (ciste na jajnicima, metritis), uzgojno selekcijski postupci koji su bazirani na optimizaciji mliječnosti, loše upravljanje proizvodnjom, loša hranidba i loša detekcija estrusa, mogu uzrokovati smanjen postotak steonih krava u stadu. Zbog neplodnosti se povećavaju troškovi te se smanjuju prihodi od proizvodnje mlijeka (Andonovic i sur. 2018.).

Andonovic i sur. (2018.) prikazali su jedan primjer u kojem su detektirali pojavu povećane aktivnosti, koja je bila popraćena smanjenim preživljavanjem u trenutku estrusa (Slika 27.). Na tom primjeru spomenuti autori prikazali su zabilježene izmjerene promjene stupnjeva aktivnosti krave kroz 90 minuta. Kada se krava nalazi u fazi tjeranja, postaje nemirna, a time njena promjena u aktivnosti počinje rasti.



**Slika 27.** Prikaz povećane aktivnosti koja je popraćena smanjenim preživljavanjem u trenutku estrusa (Andonovic i sur., 2018.)

Crvena linija prikazuje koliko je prisutno odstupanje promjene aktivnosti u usporedbi sa uobičajenim ponašanjem. Na osnovu toga se može zaključiti da li je krava spremna za osjemenjivanje. Zelena linija prikazuje provedeno vrijeme preživljavanja krave u odnosu na prosječno vrijeme preživljavanja u proteklom tjednu, što može biti dobar pokazatelj jer tijekom faze tjeranja, vrijeme preživljavanja bi trebalo biti smanjeno. Plava linija prikazuje vrijeme konzumiranja hrane u odnosu na prosječno vrijeme proteklog tjedna. Krava tijekom tjeranja ne jede više, ali provodi više vremena trljajući druge krave glavom, što se u grafikonu može

zabilježiti kroz slične pokrete mišića kao prividni porast u konzumaciji hrane (Andonovic i sur., 2018.).

### **3.5. ICT tehnologija u otkrivanju šepavosti**

Prema navodima Clarkson i sur. (1996.) šepavost se definira kao odstupanje u hodu što je posljedica nelagode i boli zbog pojave ozljeda papaka ili nogu, te bolesti, što ima veliki negativni utjecaj na krave (Flower i Weary, 2009.). Šepavost je jedna od najskupljih zdravstvenih problema muznih krava, a razina usvajanja strategija za prevenciju pojave šepavosti je još uvijek niska (Dolecheck i Bewley, 2018.). Otkrivanjem upalnog procesa papaka kod krava je od velike važnosti, posebno tijekom rane laktacije, jer utječe na proizvodnju mlijeka (Racewicz i sur., 2018.).

#### **3.5.1. Automatizirane metode otkrivanja šepavosti**

Različiti znanstveni pristupi su korišteni za razvoj potpuno automatiziranog i kontinuiranog sustava otkrivanja šepavosti krava na temelju kinematičke analize, detekcije promjena u ponašanju pomoću senzora te analize podataka i slike. Prema Alsaad-u i sur. (2019.) automatske metode otkrivanja šepavosti sastoje se od tri kategorije ili njihovih kombinacija:

1. Kinematička analiza hoda (promjene položaja određenih segmenata tijela tijekom vremena pomoću tehnika obrade slike ili akcelometara (mjerača ubrzanja)),
2. Kinetička analiza hoda (sila primijenjena na tijelo pomoću jedno-dimenzionalnih ili tro-dimenzionalnih (1D, 3D) sustava sila reakcije tla ili podloga osjetljivih na pritisak)
3. Neizravne metode (analiza varijabli (koje ne uključuju nikakve karakteristike hoda) pomoću termografskog snimanja, analize ponašanja i zdravstvenih parametara).

Rajkondawas i sur. (2002.) su prvi razvili alat za dinamičku jedno-dimenzionalnu reakcijsku silu tla pomoću tlačnih podloga. Sustav su nazvali detekcija odgovora na primijenjenu silu (RFD) (engl. Reaction Force Detection) a sustav omogućava okomito mjerenje prilikom prelaska krava kroz dvije tlačne podloge. RFD je omogućio da se šepave i zdrave krave identificiraju te da im se prepoznaju zahvaćeni papci, kao i mjerenje tjelesne težine i brzina hoda. Rajkondawas i sur. (2002.) smatraju da bi se poboljšalo otkrivanje šepavosti kod krava primjenom 3D sustava reakcije podloge na primijenjenu silu.

Flower i sur. (2005.) su u svome radu pratili utjecaj patologije papaka na hod muznih krava metodom kinematičke analize. Autori su proučavali profile hoda krava bez vidljivih ozljeda,

krava sa lezijama na papcima i krava sa čirevima. Tijekom četiri tjedana prije početka prikupljanja podataka, krave su šetale po 40-metarskom betonskom poligonu do i od izmuzišta. Krave su bile podijeljene u dvije skupine. Prva skupina od 24 krave se snimala nakon jutarnje mužnje tijekom 7 uzastopnih dana, a nakon toga se postupak ponovio na drugoj skupini od 24 krava tijekom sljedećih 7 dana. Krave su imale reflektirajući marker oko zgloba svake noge, koji je bio vidljiv iz svih kutova. Stražnji zid ispitnog poligona je bio crne boje kako bi se omogućio kontrast tijekom snimanja. Tijekom serije snimanja Flower i sur. (2005.) zabilježili su najmanje 2 uzastopna koraka po kravi sa lijeve bočne strane. Tijekom svake serije snimanja izvršena je prostorna kalibracija svakog video isječka kako bi se omogućilo pretvaranje podataka u metričke jedinice. Videozapisi muznih krava su se digitalizirali pomoću softvera za analizu kretanja u svrhu izračuna 6 varijabli koraka za svaki papak (prikazane u tablici broj 1.).

**Tablica 1.** Prikaz opisa varijabli, izračunati pomoću kinematičkog mjerenja (Flower i sur., 2005.)

<b>Varijable</b>	<b>Opis</b>
<b>Prostorna</b>	
Duljina koraka (cm)	Horizontalni pomak između 2 uzastopna udara papka iste noge
Maksimalna visina koraka (cm)	Maksimalni vertikalni pomak između 2 uzastopna udara papkom iste noge
<b>Vremenska</b>	
Trajanje koraka (s)	Vremenski interval između 2 uzastopna udara iste noge
Trajanje stava (s)	Vrijeme dok je papak u dodiru s tlom (interval između udara papka i sljedećeg papka)
Trajanje zamaha (s)	Vrijeme kada papak nije u dodiru s tlom (interval između odbijanja papka i sljedećeg udara papka)
Brzina papka, m/s	Duljina koraka / trajanje koraka

Uspoređivanjem navedenih kategorija, Flower i sur. (2005.) su dobili rezultate da su zdrave krave u usporedbi s kravama sa čirevima, brže hodale, nisu podizale noge visoko, te su imale duže korake kraćeg trajanja. Postotak vremena kada su krave bile oslonjene na tri noge u ciklusu hoda bilo je dvostruko više za krave sa čirevima u usporedbi sa zdravim kravama (42:18 %). Dobivene razlike u hodu su prema pretpostavkama nastale zbog smanjenja opterećenja zahvaćene noge odnosno izbjegavanja oslanjanja na bolesnu nogu. Međutim, malo je razlika bilo detektirano između zdravih krava i onih krava sa lezijama papaka, a to je možda zbog razlika u težini i mjestu ozljeda.

Maertens i sur. (2011.) razvili su prototip za automatizirano otkrivanje šepavosti pod nazivom sustav Gaitwise (Slika 28.). Sustav je baziran na analizi prostorno-vremenskih kinematičkih varijabli hoda krave u kombinaciji s varijablama pritiska dobiveni od tlačne podloge osjetljive na pritisak. Mjerili su i analizirali hod svake krave ulaskom na tlačnu podlogu primjenom 20 osnovnih varijabli hoda. Prikazali su sustav mjerenja pomoću tlačne podloge koji je u stanju izvesti širok raspon prostornih mjerenja i sila te mjeri do dva potpuna ciklusa hoda svake krave, u onim situacijama u kojima se ne može zabilježiti slikovnim analizama. Gaitwise prati vremenski ovisnu lokaciju i pritisak ekstremiteta prilikom dodira poda u određenim fazama hoda. Pruža informacije za određivanje specifičnih kinematičkih varijabli za procjenu hoda krava, kao što su: vrijeme i duljina koraka, vrijeme stajanja, vrijeme zamaha, brzina, ritam i ostalo. Nakon primjene zaštitnih slojeva za mehaničku zaštitu i otpornost na klizanje, tlačna podloga se ugradila u čvrsti prenosivi mjerni most, što je osiguralo ravnu potporu za tlačnu podlogu na bilo kojoj površini. Mjerna zona je iznosila 1m širine i 6m dužine, postavljena iza izmuzišta, hodnika dužine od 30m sa uzlaznim i silaznim nagibima. Izvan mjerne zone su se nalazili softveri i hardveri, te stručnjak za procjenu hoda. Krave su nakon jutarnje i večernje mužnje prolazile mjernom zonom usmjerene prema odgovarajućim stalama ili pašnjaku. Iznad zone mjerenja je bilo potrebno postaviti krov radi zaštite od kiše, kako bi se spriječila mokra površina koja bi izazvala abnormalnosti u hodu. Ispred mjerne zone se postavila ograda za razdvajanje koja se zatvarala iza krave na 60 sekundi da bi se spriječio ulazak druge krave tijekom mjerenja. Signalom zatvaranja ove ograde, započelo bi mjerenje na tlačnoj podlozi. Ograda za razdvajanje je bila opremljena antenom za očitavanje radio frekvencijskih transpondera krava. Istovremeno, dok su krave prelazile preko tlačne podloge, procjenu hoda krave je obavljao stručnjak koristeći se video slikama (30 slika u sekundi). Sustav bodovanja (od 1 do 3) ovisio je o određenim pokazateljima (nefleksibilno kretanje zglobova, nepravilan hod, osjetljivo postavljanje papaka i slično). Dva su se mjerenja provodila svaki dan u tjednu

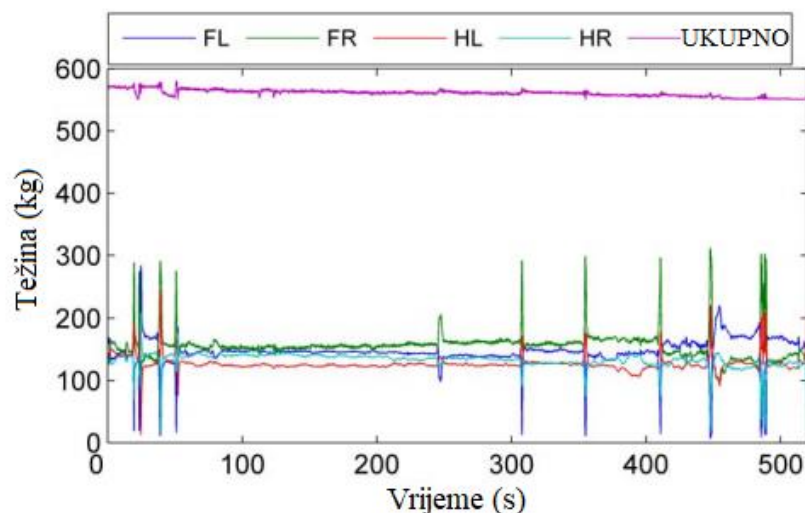
sa stopom uspjeha od 80%. Svaka krava je bila mjerena u prosjeku 1,6 puta dnevno, što se pokazalo kao trostruko više od frekvencije uspješnosti mjerenja (Maertens i sur., 2011.).



**Slika 28.** Primjena tlačne podloge za otkrivanje šepavosti

(Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/GAITWISE-in-operation\\_fig1\\_260219711](https://www.researchgate.net/figure/GAITWISE-in-operation_fig1_260219711))

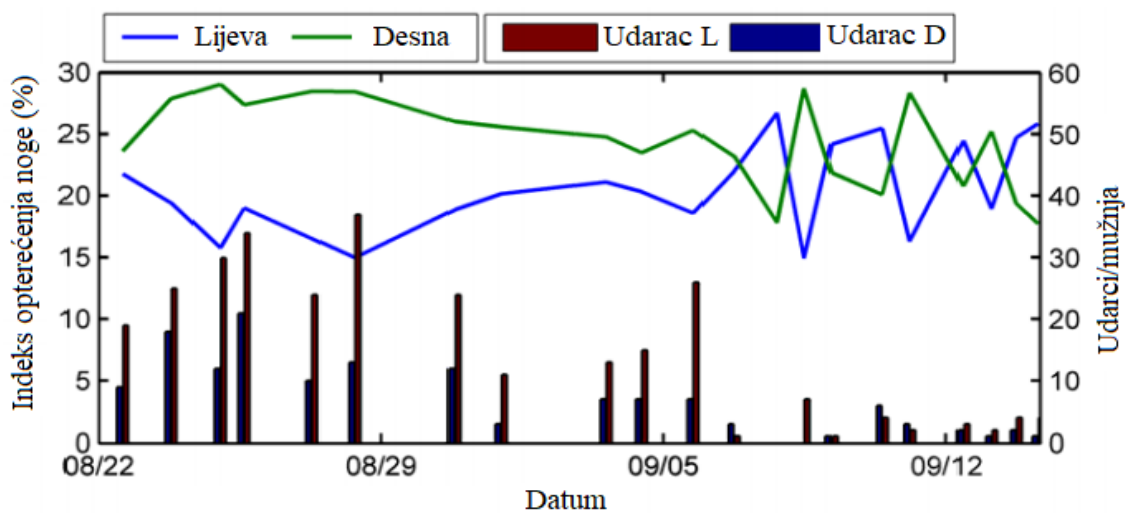
Pastell i sur. (2006.) su proveli istraživanje u svrhu razvijanja sustava za otkrivanje šepavosti krava u robotu za mužnju pomoću senzora, kako bi se moglo dobiti rano upozorenje na moguće probleme s papcima. Na slici 29. prikazan je primjer automatski zabilježenog opterećenja nogu tijekom mužnje.



**Slika 29.** Prikaz dinamike pokreta nogu krave tijekom mužnje

(Pastell i sur., 2006.)

Nakon svake mužnje se automatski izračunavala srednja vrijednost težine svake noge, zajedno sa standardnom devijacijom i brojem udaraca. Kod krava koje su bile šepave zabilježeno je smanjeno opterećenje težinom na zahvaćenoj nozi. Pastell i sur. (2006.) također navode kako su se javljali i povećani brojevi udaraca zbog stalnog podizanja zahvaćene noge. U primjeru na slici 30. prikazani su podaci o stražnjim nogama tijekom 18 uzastopnih mužnji krave koja je na lijevoj stražnjoj nozi imala bolest bijele linije te se oporavila nakon tretmana. Može se vidjeti u dobivenim podacima dan tretmana kao smanjena količina udaraca i stabilizirana težina nogu, što je posljedica ublažavanja boli. Podaci o težini su se bilježili kao indeks opterećenja noge što prikazuje djelomično opterećenje noge u odnosu na tjelesnu težinu (Pastell i sur, 2006.).



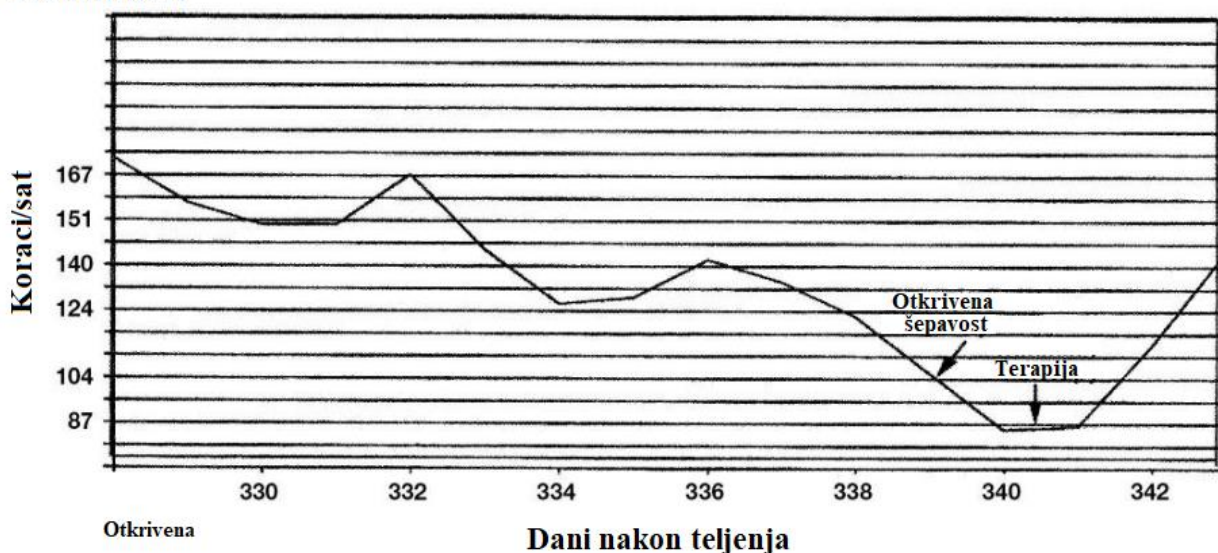
**Slika 30.** Indeks opterećenja noge i broj udaraca tijekom mužnje krave s problemom bijele linije i nakon tretmana (Pastell i sur., 2006.).

### 3.5.2. Primjena pedometara i akcelometara u otkrivanju šepavosti

Mazrier i sur. (2006.) su ispitali učinkovitost pedometra za detekciju šepavosti muznih krava prije same pojave kliničkih znakova. Pratili su korelaciju pedometrijske aktivnosti (PA) s kliničkim slučajevima šepavosti. Računalni program je bio postavljen za detekciju krava koje su imale za  $\geq 5\%$  smanjenu PA, u usporedbi s njihovim vlastitim prosjekom od prethodnih 10 dana. Nakon detekcije takovih krava, one su zatim bile testirane na šepavost, a istovremeno, svaka šepava krava se provjeravala da li je imala i kada je imala smanjenu PA. Tijekom istraživanja Mazrier i sur. (2006.) utvrdili su da je 46 krava imalo smanjenu pedometrijsku aktivnost, 38 slučajeva šepavosti je detektirano pomoću smanjene pedometrijske aktivnosti ili kliničkim promatranjem, a od tog broja njih 21 šepavih krava (45,7%) je pokazalo smanjenu

PA za  $\geq 5\%$  7-10 dana prije pojave kliničkih znakova. Ova grupa je činila 55,3% šepavih krava. U 92% šepavih krava je bio zabilježen pad PA iznad 15%. Slika 31. predstavlja grafički prikaz smanjenja pedometrijske aktivnosti (PA) šepave krave. Os x predstavlja broj dana nakon teljenja, dok os y predstavlja prosječni broj koraka/h. Na krivulji se bilježi pad PA od 332. do 340. dana nakon teljenja, kada su papci bili tretirani, dok se porast PA bilježi nakon tretmana.

#### PA aktivnost



**Slika 31.** Prikaz pedometrijske aktivnosti (PA) (Mazrier i sur. 2006.)

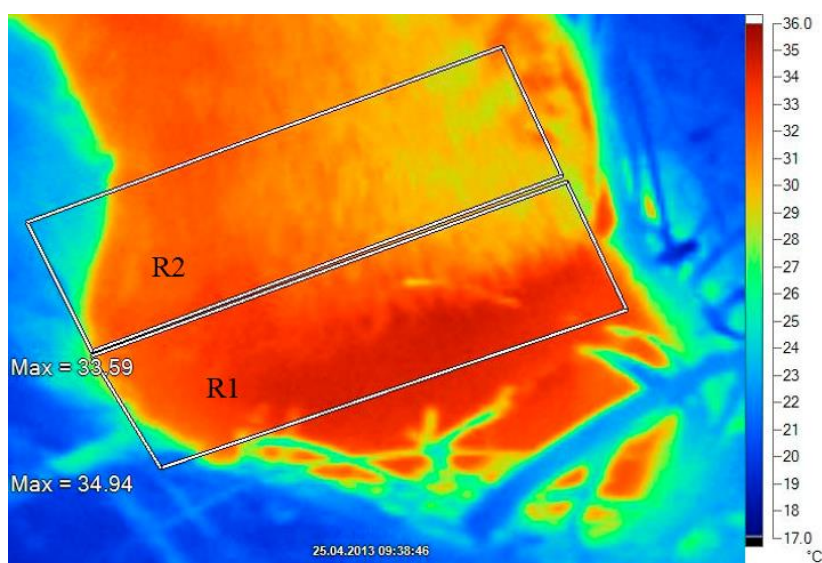
Weigele i sur. (2018.) su uspoređivali ponašanja zdravih i umjereno šepavih krava na 17 švicarskih farmi. Na svakoj farmi su za prikupljanje podataka odabrali određeni broj zdravih krava (sa ocjenom hoda 1/5) te određeni broj umjereno šepavih krava (sa ocjenom hoda 3/5). Praćenje ponašanja tijekom ležanja, aktivnost kretanja i aktivnost vrata su bilježili pomoću akcelerometara, dok su ponašanje tijekom hranidbe i preživljanje pratili pomoću nosnih senzora (RumiWatch). Nakon prikupljenih podataka Weigele i sur. (2018.) su došli do zaključka da umjereno šepave krave prosječno duže vrijeme provode u ležanju, da zaostaju za drugima u redoslijedu za mužnju, te im je prosječna aktivnost kretanja nakon hranidbe i prosječna aktivnost vrata niža u odnosu na zdrave krave. Također, vrijeme hranidbe i broj žvakanja (pokreti čeljusti) su bili smanjeni kod umjereno šepavih krava, te su rjeđe posjećivale hranidbeni stol i rjeđe koristile četku.

Mandel i sur. (2018.) su uočili da se šepavost krava može prepoznati i praćenjem učestalosti korištenja automatiziranih četki za krave. Cilj njihovog istraživanja bio je utvrditi povezanost korištenja četke s različitim stupnjevima šepavosti krava. Mandel i sur. (2018.) su primijenili

sustav bodovanja za vizualnu ocjenu od 5 bodova (1-zdrava, 2-neujednačen hod, 3-blaga šepavost, 4-šepavost, 5-jaka šepavost). U statističkim analizama, koristili su se linearnim i mješovitim modelima za procjenu varijabli za svaku kravu: trajanje korištenja četke (s/d), te nekorištenje četke (0) i korištenje četke (1). U štali su bile postavljene 2 četke, jedna pored hranidbenog stola, a druga dalje od hranidbenog stola na drugoj strani štale. Aktivnost krava se prikupljala pomoću elektroničke oznake (HR-tags). Utvrdili su kako šepave (bodovane sa 4) i jako šepave krave (bodovane sa 5) nisu koristile četke koje su bile udaljenije od hranidbenog stola, dok kod drugih krava (bodovane sa 1, 2 i 3) se nije razlikovala učestalost korištenja četki.

### 3.5.3. Primjena infracrvene termografije u otkrivanju šepavosti

Mogućnost primjene infracrvene termografije u otkrivanju šepavosti ogleda se u činjenici da se pri pojavi upale na nogama stvara povišena temperatura koja se može detektirati pomoću infracrvenih termovizijskih kamera (Schaefer i Cook, 2013.). Alsaod i sur. (2015.) navode velike mogućnosti u primjeni ove tehnologije u detekciji oboljenja na papcima, ali također navode i podložnost okolišnim utjecajima, koji se moraju kontrolirati kako ne bi došlo do pogrešnih očitavanja rezultata.



**Slika 32.** Prikaz infracrvenog prikaza papaka krave (Alsaod i sur., 2015.)

Bobić i sur. (2016.) su u svom istraživanju primijenili infracrvenu termovizijsku kameru u svrhu ranog otkrivanja upalnih procesa papaka kod krava. U istraživanju je bilo ukupno 90 nasumično odabranih krava pasmine Holstein od njihove 1. do 6. laktacije (od 10. do 380. dana laktacije). Snimanje površinske temperature papaka infracrvenom termovizijskom kamerom se odvijalo u čekalištu za mužnju. Nakon što se snimanje i analiza slika završila, od ukupno 90 krava, njih



27 je bilo izdvojeno pod sumnjom da su "potencijalno bolesne" krave, koje su ukazivale na povišene temperature površine papaka u odnosu na ostali dio tkiva. Pregledom papaka "potencijalno bolesnih" krava se utvrdilo da je čak njih 70% imalo neku vrstu upalnog procesa barem jednog papka, te su bile svrstane među "pozitivne" krave, dok je njih 30% bilo bez promjena i svrstale su se u "lažno pozitivne" krave. U prikupljenim podacima, Bobić i sur. (2016.) navode kako je zastupljenost "pozitivnih" krava ovisna o rednom broju laktacije, prilikom čega se dobio 100%-tni pogodak u procjeni oboljelih papaka kod starijih krava, dok su pojedine prvotelke bile izdvojene bez upalnih procesa. Utvrdili su kako su "pozitivne" krave sa upalnim procesima papaka bile u nižem stadiju laktacije u usporedbi sa "lažno pozitivnim" kravama koje nisu imale upalne procese. Također, navedeni su autori naveli kako se upalni procesi papaka češće javljaju kod stražnjih nogu u odnosu na prednje noge.



**Slika 33.** Prikaz detekcije upalnih procesa pomoću infracrvene termografije na papcima nogu krava (Lokesh Babu i sur., 2018.)

Lokesh Babu i sur. (2018.) navode da je primjena infracrvene termografije moguća u detekciji upalnih promjena na papcima krava (Slika 33.), posebice ukoliko se promatraju promjene temperature koronarnog dijela papka. Isti autori navode da će temperatura površine noge zahvaćen upalom biti toplija u odnosu na površinu zdrave noge, te se na taj način mogu detektirati šepave krave kao i one koje će tek postati šepave. Lokesh Babu i sur. (2018.) također ističu da se primjenom infracrvene termografije može pomoći u smanjivanju veterinarskih troškova, troškova zbog smanjenja proizvodnje, plodnosti i troškovima izlučivanja iz proizvodnje.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Informacijsko komunikacijska tehnologija (ICT) ima važnu i korisnu ulogu u svakodnevnim tehnološkim procesima na govedarskim farmama. Kada se radi o velikom broju grla, potrebne su napredne tehnologije za lakšu identifikaciju životinja i bilježenje njihovih podataka. Na temelju podataka koji se dobiju putem različitih ICT tehnologija (senzora, pedometara, akcelometara, robota i sl.) može se utvrditi proizvodni i zdravstveni status životinja, kao i stanje njihove dobrobiti (šepavost, mastitis, estrus, poremećaji u hranidbi itd). Od velike količine dostupnih podataka koji se mogu prikupiti na farmi, ključno je adekvatno filtrirati i konvertirati te podatke kako bi se odredile referentne točke koje će označavati onaj trenutak u kojemu podaci pokazuju neko odstupanje od uobičajenog stanja. Zbog sve ubrzanijeg razvoja informacijsko komunikacijskih tehnologija, uviđa se njihova korisnost i praktičnost te je u porastu primjena ICT tehnologije u govedarskoj proizvodnji.

## 5. POPIS LITERATURE

1. Andonovic, I., Michie, C., Cousin, P., Janati, A., Pham, C., Diop, M. (2018.): Precision livestock farming technologies. 2018 Global Internet of Things Summit, GIoTTS 2018.
2. Anu, V. M., Deepika, M. I., Gladance, L. M. (2015.): Animal identification and data management using RFID technology, International Conference on Innovation Information in Computing Technologies, 1-6.
3. Alsaad, M., Schaefer, A. L., Büscher, W., Steiner, A. (2015.): The Role of Infrared Thermography as a Non-Invasive Tool for the Detection of Lameness in Cattle. *Sensors* 15, 14513-14525.
4. Alsaad, M., Steiner, A., Fadul, M. (2019.): Automatic lameness detection in cattle : Article in *The Veterinary Journal*, 246, 35-4.
5. Benjamin, M., Yik, S. (2019.): Precision Livestock Farming in Swine Welfare: A Review for Swine Practitioners. *Animals (Basel)*, 9(4):133.
6. Berckmans, D., Guarino, M. (2017.): Precision livestock farming for the global livestock sector. *Animal Frontiers*, 7(1): 4-5.
7. Bewley, J. (2010.): Precision Dairy Farming: Advanced Analysis Solutions for Future Profitability. The First North American Conference on Precision Dairy Management 2010.
8. Bobić, T., Mijić, P., Gregić, M., Baban, M., Gantner, V. (2016.): Primjena termovizijske kamere u ranom otkrivanju bolesti papaka mliječnih krava. *Krmiva*, 58(2):55-59.
9. Boldizsár, P. (2012.): A preciziós tejtermelés megvalósítása a gyakorlatban – DeLaval „Smart Farming”. *Agrártudományi Közlemények*, 49, 119-122.
10. Bull, K. (2008). Thermistors and thermocouples. Matching the tool to the task in thermal validation. *Journal of Validation Technology*, 14, 73-76.
11. Chapa, J. M. , Maschat, K., Iwersen, M., Baumgartner, J., Drillich, M. (2020.): Accelerometer systems as tools for health and welfare assessment in cattle and pigs – A review, *Behavioural Processes*, 181: 104262.
12. Clarkson, M. J., Downham, D. Y., Faull, W. B., Hughes, J. W., Manson, F. J., Merritt, J. B., Murray, R. D., Russell, W. B., Sutherst, J. E., Ward, W. R. (1996.): Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. *The Veterinary Record*, 138, 563-567.
13. Dolecheck, K. i Bewley, J. (2018.): Animal board invited review: Dairy cow lameness expenditures, losses and total cost. *Animals*, 12: 1462–1474.
14. FAO (2018.): The future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2018.

15. Flower, F. C., Sanderson, D. J., Weary, D. M. (2005.): Hoof Pathologies Influence Kinematic Measures of Dairy Cow Gait. *Journal of Dairy Science*, 88(9): 3166-3173.
16. Flower, F. C., Weary, D. M. (2009.): Gait assessment in dairy cattle. *The Animal Consortium 2008, Animal*, 3:1.
17. Fournel, S., Rousseau, A. N., Laberge, B. (2017.): Rethinking environment control strategy of confined animal housing systems through precision livestock farming, *Biosystems Engineering*, 155: 96-123.
18. Kashiha, M. A., Bahr, C., Ott, S., Moons, C. P. H., Niewold, T. A., Tuytens, F., Berckmans, D. (2014.): Automatic monitoring of pig locomotion using image analysis. *Livestock Science*, 159, 141–148.
19. Kolarek, M. (2018.): Analiza toplinskih postrojenja primjenom termovizijske kamere. Završni rad, 1-31.
20. Kongsro, J. (2014.): Estimation of pig weight using a Microsoft Kinect prototype imaging system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 109:32–35.
21. Lahiri, B. B., Bagavathiappan, S., Reshmi, P. R., Philip, J., Jayakumar, T., Raj, B., (2012.): Quantification of defects in composites and rubber materials using active thermography. *Infrared Physics & Technology*, 55, 191–199.
22. Lusi, I., Antane, V., Laurs, A. (2017.): Effectiveness of mastitis detection index for cow monitoring and abnormal milk detection in milking robots. *Engineering for Rural Development*, 24-26, Jelgava.
23. Maertens, W., Vangeyte, J., Baert, J., Jantuan, A., Mertens, K. C., De Campeneere, S., Pluk, A., Opsomer, G., Van Weyenberg, S., Van Nuffel, A. (2011.): Development of a real time cow gait tracking and analysing tool to assess lameness using a pressure sensitive walkway: The GAITWISE system. *Biosystems Engineering*, 110:29-39.
24. Mandel, R., Harazy, H., Gyax, L., Nicol, C. J., Ben-David, A., Whay, H.R., Klement, E. (2018.): Short communication: Detection of lameness in dairy cows using a grooming device. *Journal of Dairy Science*, 101(2):1511-1517.
25. Marchant, J., Schofield, C., White, R. (1999.): Pig growth and conformation monitoring using image analysis. *Animals*, 68(1): 141–150.
26. Mazrier, H., Tal, S., Aizinbud, E., Bargai, U. (2006): A field investigation of the use of the pedometer for the early detection of lameness in cattle. *The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne*, 47(9): 883–886.

27. Mittek, M., Psota, E., Carlson, J., Pérez, L. (2017.): Vision, T. S. I. C. Tracking of group-housed pigs using multi-ellipsoid expectation maximisation. *The Institution of Engineering and Technology*, 121–128.
28. Mottram, T. (2016.): Animal board invited review: precision livestock farming for dairy cows with a focus on oestrus detection. *Animal*, 10(10): 1575–1584.
29. Norton, T., Berckmans, D. (2017.): Developing precision livestock farming tools for precision dairy farming, 7(1): 18-23.
30. Pastell, M., Aisla, A. A., Hautala, M., Poikalainen, V., Praks, J., Veermäe, I., Ahokas, J. (2006.): Detecting Cow's Lameness in a Milking Robot. Fourth Workshop on Smart Sensors in Livestock Monitoring, 22-23 September 2006, Gargnano, Italy.
31. Plantosar, Mario (2017.): Primjena senzora u električnim strojevima. Završni rad, 1-32.
32. Bobić, T, Bank, F., Mijić, P., Baban, M., Gantner, V., Gregić, M. (2020.): Prevencija šepavosti kod krava infracrvenom termografijom. Proceedings & abstract of the 13th International Scientific Professional Conference, Agriculture in Nature and Environment Protection, Osijek: Glas Slavonije d.d., Osijek, 2020, 201-206.
33. Puri, M., Solanki, A., Padawer, T., Tipparaju, S.M., Moreno, W.A., Pathak, Y. (2015.): Introduction to Artificial Neural Network (ANN) as a Predictive Tool for Drug Design, Discovery, Delivery, and Disposition: Basic Concepts and Modeling. Academic Press, 1: 3-13.
34. Racewicz, P., Sobek, J., Majewski, M., Różańska-Zawieja, J. (2018.): The use of thermal imaging measurements in dairy cow herds, *Scientific Annals of Polish Society of Animal Production*, 14(1): 55-69.
35. Sathiyabarathi, M., Jeyakumar, S., Manimaran, A., Pushpadass, H. A., Sivaram, M., Ramesha, K. P., Das, D.N., Kataktalware, M. A., Jayaprakash, G., Patbandha, T. K. (2016): Investigation of body and udder skin surface temperature differentials as an early indicator of mastitis in Holstein Friesian crossbred cows using digital infrared thermography technique. *Veterinary World*, 9(12): 1386-1391.
36. Salau, J., Haas, J.H., Junge, W., Leisen, M., Thaller, G. (2015.): Development of a multi-Kinect-system for gait analysis and measuring body characteristics in dairy cows. *Precision Livestock Farming Applications. Making sense of sensors to support farm management*, 55-64.
37. Salles, M.S.V., da Silva S.C., Salles, F.A., Roma L.C., El Faro L., Bustos Mac Lean P.A., Lins de Oliveira C.E., Martello L.S. (2016.): Mapping the body surface temperature of cattle by infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*, 62: 63–69.

38. Schaefer, A.L.; Cook, N.J. (2013.): Heat Generation and the Role of Infrared Thermography in Pathological Conditions. In *Thermography: Current Status and Advances in Livestock Animals and in Veterinary Medicine*; Luzi, F., Mitchell, M., Costa, L.N., Redaelli, V., Eds; Fondazione Iniziative Zooprofilattiche E Zootecniche: Brescia, Italy, 2013; pp. 69–78.
39. Sellier, N., Guettier, E., Staub, C. (2014.): A review of methods to measure animal body temperature in precision farming. *American Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(2): 74-99.
40. Schön, P.C., Puppe, B., Manteuffel, G. (2002.): Linear prediction coding analysis and self-organizing feature map as tools to classify stress calls of domestic pigs (*Sus scrofa*). *J. Acoust. Soc.*, 110: 1425–1431.
41. Stewart, M., Webster, J. R., Schaefer, A. L., Cook, N. J., Scott, S. L. (2005.): Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare*, 14, 319–325
42. van der Voort, M., Jensen, D., Kamphuis, C., Athanasiadis, I. N., De Vries, A., Hogeveen, H. (2019.): Unravelling the terminology and use of methods in data driven mastitis detection. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Precision Dairy Farming Conference*, Rochester, Minnesota, USA.
43. Vázquez Diosdado, J. A., Barker, Z. E., Hodges, H. R. et al. Classification of behaviour in housed dairy cows using an accelerometer-based activity monitoring system. *Animal Biotelemetry* 3, 15.
44. Watts, J., M. i J. M., Stookey (2000.): Vocal behaviour in cattle: the animal's commentary on its biological processes and welfare, *Applied Animal Behaviour Science*, 67(1–2): 15-33.
45. Wang, K., Guo, H., Ma, Q., Su, W., Chen, L., Zhu, D. (2018.): A portable and automatic Xtion-based measurement system for pig body size. *Computers and Electronics in Agriculture*, 148:291–298.
46. Weigele, H.C., Gygax, L., Steiner, A., Wechsler, B., Burla, J.-B. (2018.): Moderate lameness leads to marked behavioral changes in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(3): 2370-2382.
47. World Bank (2017.): *ICT in Agriculture: Connecting Smallholders to Knowledge, Networks, and Institutions*. Updated Edition. 1-4.
48. Zaninelli, M., Redaelli, V., Luzi, F., Bronzo, V., Mitchell, M., Dell’Orto, V., Bontempo, V., Cattaneo, D., Savoini, G. (2018.): First Evaluation of Infrared Thermography as a Tool for the Monitoring of Udder Health Status in Farms of Dairy Cows. *Sensors*, 18, 862.

49. Zehner, N., Niederhauser, J. J., Nydegger, F., Grothmann, A., Keller, M., Hoch, M., Haeussermann, A., Schick, M. (2012.): Validation of a new health monitoring system (RumiWatch) for combined automatic measurement of rumination, feed intake, water intake and locomotion in dairy cows. Conference: International Conference of Agricultural Engineering CIGR-Ageng 2012At: Valencia, Spain.
50. Lokesh Babu, D. S., Jeyakumar, S., Vasant, P. J., Sathiyabarathi, M., Manimaran, A., Kumaresan, A., Heartwin, A. Pushpadass, M., Sivaram, K. P., Mukund AR., Kataktalware Siddaramanna (2018.): Monitoring foot surface temperature using infrared thermal imaging for assessment of hoof health status in cattle: a review. *Journal of Thermal Biology*, 78: 10-21.

### 5.1. Internetski izvori

1. DeLaval (2021. a.): DeLaval VMS™ V300 automatikus fejőrendszer.  
<https://www.delaval.com/hu/a-delaval/hu/bvebb-informacio/delaval-vms-v300-automatikus-fejrendszer/> (Pristupljeno: 7.7.2021.)
2. DeLaval (2021. b.): Seeing is believing – meet the most advanced milking rotary system in existence. DeLaval AMR™ - automatic milking rotary.  
[http://www3.delaval.com/delaval/delaval\\_amr\\_html/](http://www3.delaval.com/delaval/delaval_amr_html/) (Pristupljeno: 7.7.2021.)
3. DeLaval (2021. c.): DeLaval Automatic Milking Rotary AMR™.  
<https://www.delaval.com/en-au/our-solutions/milking/delaval-amr/> (Pristupljeno: 8.7.2021.)
4. Nedap Cattle Management (2017.): RFID solutions for dairy farmers. <https://www.nedap-livestockmanagement.com/wp-content/uploads/2017/07/RFID-solutions-for-dairy-farmers.pdf> (Pristupljeno: 5.4.2021.)
5. CSIRO (2021.): Ceres Tag: smart ear tags for livestock.  
<https://www.csiro.au/en/research/animals/livestock/ceres-tag> (Pristupljeno: 28.7.2021.)
6. Connolly, A. (2018.): Unlocking the Potential in Pigs with Digital Technology.  
<https://www.linkedin.com/pulse/unlocking-potential-pigs-digital-technology-aidan-connolly> (Pristupljeno: 19.03.2021.)



## 6. SAŽETAK

Informacijsko komunikacijska tehnologija (ICT) ima važnu i korisnu ulogu u svakodnevnim tehnološkim procesima na govedarskim farmama. Kada se radi o velikom broju grla, potrebne su napredne tehnologije za lakšu identifikaciju životinja i bilježenje njihovih podataka. ICT tehnologije pružaju sve potrebne informacije i podatke o životinjama na farmi, odnosno daju pravovremeni uvid u zdravstveno stanje životinja, njihovu proizvodnost i dobrobit. Kontinuiranim mjerenjem i praćenjem životinjskog odgovora, te prikupljanjem podataka u stvarnom vremenu se utječe na bolje upravljanje proizvodnjom. Ukoliko se pravilno primjenjuju ove tehnologije, moguće je pravovremeno reagirati i izbjeći veće ekonomske gubitke, te pozitivno utjecati na samu dobrobit životinja. Zbog sve ubrzanijeg razvoja informacijsko komunikacijskih tehnologija, uviđa se njihova korisnost i praktičnost te je u porastu primjena ICT tehnologije u govedarskoj proizvodnji.

Ključne riječi: ICT tehnologija, govedarska proizvodnja, praćenje, mjerenje, prikupljanje podataka, proizvodnost, dobrobit

## **7. SUMMARY**

Information and communication technology (ICT) plays an important and useful role in the daily technological processes on cattle farms. When it comes to large numbers of animals, advanced technologies are needed to make it easier to identify animals and record their data. ICT technologies provide all the necessary information and data on animals on the farm, ie provide timely insight into the health status of animals, their productivity and welfare. By continuously measuring and monitoring the animal response, and collecting data in real time, better production management is influenced. If these technologies are applied correctly, it is possible to react in a timely manner and avoid major economic losses, and positively affect animal welfare itself. Due to the accelerating development of information and communication technologies, their usefulness and practicality are being recognized, and the application of ICT technology in cattle production is on the rise.

Key words: ICT technology, cattle production, monitoring, measurement, data collection, productivity, welfare

## 8. POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz opisa varijabli, izračunati pomoću kinematičkog mjerenja

## 9. POPIS SLIKA

Slika 1. Shematski prikaz ključnih elemenata u preciznom stočarstvu

Slika 2. Mjerenje, označavanje i zlatni standard za razvoj algoritma

Slika 3. Shematski prikaz primjene dubinske kamere i izgled dobivene slike

Slika 4. Prikaz infracrvene kamere

Slika 5. Digitalna i infracrvena slika papaka krava

Slika 6. Slika krave snimljena infracrvenom termovizijskom kamerom

Slika 7. Način rada RFID tehnologija

Slika 8. Prepoznavanje različitih RFID oznaka krava i načine očitavanja prolaskom

Slika 9. Ceres Tag pametna ušna markica za praćenje stoke

Slika 10. Pozicija senzora i orijentacija koja se mijenja ovisno o položaju životinja

Slika 11. Prikaz postavljenog pedometra na kravi

Slika 12. Izgled nosnog senzora RumiWatch

Slika 13. Postavljanje ogrlice sa transponderom

Slika 14. Robot za mužnju proizvođača DeLaval (VMS™ V300)

Slika 15. Robotska ruka i postavljanje sisinih čaša na sise vimena krava

Slika 16. Način rada rotacijskog izmuzišta – ulaz i izlaz krava iz rotora

Slika 17. Proces mužnje u automatskom muznom sustavu tipa rotolaktor

Slika 18. Shematski prikaz tri glavne metode konverzije sirovih senzorskih podataka u podatke za detekciju mastitisa

Slika 19. Broj somatskih stanica i MDI indeks u eksperimentalnoj grupi

Slika 20. Broj somatskih stanica i MDI indeks u kontrolnoj grupi

Slika 21. Termogram sa bočne strane tijela krave gdje je prikazana raspodjela površinske temperature zabilježenih na termografskom snimanju, sa naznakama na ciljane područja snimanja

Slika 22. Termogram zabilježen infracrvenom termovizijskom kamerom lateralne strane četvrti vimena sa subkliničkim mastitisom

Slika 23. Temperaturne razlike u površini tijela (BT) i kože vimena (USST) između zdravih i mastitičnih četvrti vimena krava

Slika 24. Primjena infracrvene termografije u ranoj detekciji upale vimena krava

Slika 25. Vremenski prikaz aktivnosti (lijevo) i pripadajući spektar frekvencija (desno) prikupljenih i obrađenih podataka o preživljanju

Slika 26. Vremenski prikaz aktivnosti (lijevo) i pripadajući spektar frekvencija (desno) prikupljenih i obrađenih podataka o hranjenju

Slika 27. Prikaz povećane aktivnosti koja je popraćena smanjenim preživljanjem u trenutku estrusa

Slika 28. Primjena tlačne podloge za otkrivanje šepavosti

Slika 29. Prikaz dinamike pokreta nogu krave tijekom mužnje

Slika 30. Indeks opterećenja noge i broj udaraca tijekom mužnje krave s problemom bijele linije i nakon tretmana

Slika 31. Prikaz pedometrijske aktivnosti (PA)

Slika 32. Prikaz infracrvenog prikaza papka krave

Slika 33. Prikaz detekcije upalnih procesa pomoću infracrvene termografije na papcima nogu krava

## **10. POPIS SHEMA**

Shema 1. Prikaz utjecaja različitih čimbenika na temperaturu papaka tijekom primjene IRT-a

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet Agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij, smjer Specijalna zootehnika

Diplomski rad

## Primjena ICT tehnologije u govedarskoj proizvodnji

Andrea Bejteš

### Sažetak

Informacijsko komunikacijska tehnologija (ICT) ima važnu i korisnu ulogu u svakodnevnim tehnološkim procesima na govedarskim farmama. Kada se radi o velikom broju grla, potrebne su napredne tehnologije za lakšu identifikaciju životinja i bilježenje njihovih podataka. ICT tehnologije pružaju sve potrebne informacije i podatke o životinjama na farmi, odnosno daju pravovremeni uvid u zdravstveno stanje životinja, njihovu proizvodnost i dobrobit. Kontinuiranim mjerenjem i praćenjem životinjskog odgovora, te prikupljanjem podataka u stvarnom vremenu se utječe na bolje upravljanje proizvodnjom. Ukoliko se pravilno primjenjuju ove tehnologije, moguće je pravovremeno reagirati i izbjeći veće ekonomske gubitke, te pozitivno utjecati na samu dobrobit životinja. Zbog sve ubrzanijeg razvoja informacijsko komunikacijskih tehnologija, uviđa se njihova korisnost i praktičnost te je u porastu primjena ICT tehnologije u govedarskoj proizvodnji.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet Agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** doc.dr.sc. Tina Bobić

**Broj stranica:** 51

**Broj grafikona i slika:** 34

**Broj tablica:** 1

**Broj literaturnih navoda:** 56

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** ICT tehnologija, govedarska proizvodnja, praćenje, mjerenje, prikupljanje podataka, proizvodnost, dobrobit

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof. dr. sc. Pero Mijić, predsjednik

2. doc. dr. sc. Tina Bobić, mentor

3. dr. sc. Maja Gregić, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta Agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, V. Preloga 1

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
University Graduate Studies, Special zootechnics**

**Graduate thesis**

### **Application of the ICT technology in cattle production**

**Andrea Bejteš**

#### **Abstract**

Information and communication technology (ICT) plays an important and useful role in the daily technological processes on cattle farms. When it comes to large numbers of animals, advanced technologies are needed to make it easier to identify animals and record their data. ICT technologies provide all the necessary information and data on animals on the farm, ie provide timely insight into the health status of animals, their productivity and welfare. By continuously measuring and monitoring the animal response, and collecting data in real time, better production management is influenced. If these technologies are applied correctly, it is possible to react in a timely manner and avoid major economic losses, and positively affect animal welfare itself. Due to the accelerating development of information and communication technologies, their usefulness and practicality are being recognized, and the application of ICT technology in cattle production is on the rise.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** doc.dr.sc Tina Bobić

**Number of pages:** 51

**Number of figures:** 34

**Number of tables:** 1

**Number of references:** 56

**Original in:** Croatian

**Key words:** ICT technology, cattle production, monitoring, measurement, data collection, productivity, welfare

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

- 1. Full Professor Pero Mijić, president**
- 2. Assistant Professor Tina Bobić, mentor**
- 3. Doctor of Science Maja Gregić, member**

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, V. Preloga 1