

# **Prednosti i prijetnje tehnologije preciznoga praćenja i upravljanja na mliječnim farmama**

Advantages and Threats of Precise Monitoring and Management Technology Application on Dairy Farms

**Domaćinović, M., Mijić, P., Novoselec, J., Domaćinović, A., Solić, D., Prakatur, I.**

**Poljoprivreda / Agriculture**

ISSN: 1848-8080 (Online)

ISSN: 1330-7142 (Print)

<https://doi.org/10.18047/poljo.29.2.9>



**Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Poljoprivredni institut Osijek**

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Agricultural Institute Osijek

# PREDNOSTI I PRIJETNJE TEHNOLOGIJE PRECIZNOGA PRAĆENJA I UPRAVLJANJA NA MLIJEČNIM FARMAMA

Domaćinović, M. <sup>(1)</sup>, Mijić, P. <sup>(1)</sup>, Novoselec, J. <sup>(1)</sup>, Domaćinović, A. <sup>(2)</sup>, Solić, D. <sup>(3)</sup>, Prakatur, I. <sup>(1)</sup>

Pregledni znanstveni članak

Scientific review

## SAŽETAK

*Pored uobičajenih radno-intenzivnih tehnoloških postupaka (hranjenja, mužnje, čišćenja, liječenja), u aktualnim trendovima današnje proizvodnje mlijeka sve se više važnosti pridaje i praćenju ponašanja životinja te stanju mikroklima u objektu. Dok se na manjim mliječnim farmama praćenje ponašanja provodi na manjem broju ciljanih životinja, na većim farmama se za potrebe praćenja životinja uvode brojni suvremeni elektronički mjerni uređaji, kao što su senzori i biosenzori, pedometri, kompjutori, nadzorne 2D i 3D kamere, termokamere, mikrofoni, laserski detektori i automatske vage, a sve je objedinjeno pod nazivom PLF sustav (Precision Livestock Farming). Ovaj sustav funkcionira prema principu praćenja i prikupljanja podataka (individualno ili skupno) odabranih pokazatelja, nakon čega slijedi algoritamska obrada podataka u kompjutoru, pri čemu se integracijom većega broja podataka dobiva korisna informacija koja rezultira prijedlogom donošenja odluke. Prema rezultatima većega broja istraživanja, PLF sustav primijenjen na mliječnim kravama, odražava se pozitivno u smislu vrlo ranoga otkrivanja stanja bolesti životinja ili stresa, zbog čega se racionalnije koriste inputi proizvodnje, a sve rezultira većom učinkovitošću proizvodnje i poboljšanom dobrobiti proizvodnih životinja. Ipak, kako i sustav preciznih tehnologija, pored novih prilika, ostavlja i mogućnost određenih prijetnja, predložiti je da budućnost komercijalizacije sustava preciznih tehnologija na mliječnim farmama bude povjerena stavovima struke, koja će temeljem dobivenih rezultata multidisciplinarnih istraživanja moći objektivno procijeniti višeznačnu korist ovoga PLF sustava.*

**Ključne riječi:** mliječna farma, senzori, precizne tehnologije, bolest, dobrobit

## UVOD

Suvremena intenzivna govedarska proizvodnja zasniva se na načelima maksimalnoga genetskog iskorištenja životinja, što se postiže primjenom sustava precizne hranidbe i zdravstvene zaštite, uz istovremenu zauzetost farmera za visoku nutritivnu i higijensku kvalitetu proizvoda te očuvanje okoliša i dobrobit životinja. Pored uobičajenih radno-intenzivnih tehnoloških postupaka (hranjenja, mužnje, čišćenja, liječenja), u aktualnim se trendovima cjelokupne današnje stočarske proizvodnje, kao i proizvodnje mlijeka, sve više važnosti pridaju i praćenju ponašanja životinja te stanju mikroklima u objektu. Pokazatelji praćenja i izmjera usmjereni su u četiri pravca: (1) praćenje stanja u okolišu (biozona životinje), (2) fiziološko-proizvodno stanje organizma životinje, (3) položaj i ponašanje proizvodnih životinja u prostoru te (4) zdravlje i dobrobit životinja.

Ovisno o veličini farme (broju životinja), danas se praćenje ponašanja proizvodnih krava na mliječnim farmama, kod manjih farma prakticira na tradicionalan način, izravnim opažanjem ljudi te evidentiranjem utvrđenih rezultata na manjem broju ciljanih životinja. S druge se pak strane kod većih farma uvodi primjena brojnih suvremenih elektroničkih mjernih uređaja, kao što su senzori i biosenzori, pedometri, kompjutori, nadzorne 2D i 3D kamere, termokamere, mikrofoni, laserski detektori i automatske vage, a sve je objedinjeno pod

(1) Prof. dr. sc. Matija Domaćinović (mdomac@fazos.hr), Izv. prof. dr. sc. Ivana Prakatur, Prof. dr. sc. Pero Mijić, Izv. prof. dr. sc. Josip Novoselec – Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska, (2) Ana Domaćinović, dipl. ing. preh. teh. – Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska, (3) Dr. sc. Dragan Solić, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Vinkovačka cesta 63c, 31000 Osijek, Hrvatska

nazivom PLF sustav (Precision Livestock Farming) ili, drugim riječima, pod nazivom digitalnih tehnologija preciznoga uzgoja domaćih životinja, kao i same proizvodnje mlijeka (Tuytens i sur., 2022.; Benaissa i sur., 2023.). Prema tvrdnjama Lejona i Frankelius, (2015.) te Wolferta i sur., (2017.), uključivanjem prethodno navedenih preciznih tehničkih sustava mjerenja u sve grane poljoprivrede započela je takozvana „četvrta poljoprivredna revolucija“, koja ima potencijala promijeniti dosadašnju poljoprivredu do neprepoznatljivosti. Na ovaj način se komercijalizacijom PLF sustava na mliječnim farmama mijenja ne samo organizacija, tehnika i tehnologija rada, nego se mijenjaju dosadašnji međusobni odnosi između ljudi i životinja. Prema podacima njemačke stručne publikacije (Bitkom), u Njemačkoj se 2020. godine oko 80 % farmera u stočarskoj proizvodnji koristilo nekim od digitalnih alata u praćenju ponašanja životinja. Predviđanja su da će u bliskoj budućnosti ulaganja u primjenu PLF sustava u stočarsku proizvodnju Europe, kao i proizvodnju mlijeka, rasti po stopi od 13 % (Kleen i Guatteo, 2023.).

Primjena PLF sustava na mliječnim farmama treba biti istodobno usmjerena ka poboljšanju učinkovitosti i održivosti proizvodnje životinja, uz održavanje dobrog zdravlja te kontinuirane brige za dobrobit životinja (Pavlovic i sur., 2021.). Naime, primjenom PLF sustava kontrole omogućuje se racionalnije korištenje inputa (hrane, vode, lijekova), a u skladu s time izravno se utječe na proizvodni učinak te na ekonomičnost proizvodnje (Mulligan i Doherty, 2008.; Haskell i sur., 2019.). Pri automatiziranome nadzoru životinja, skup digitalnih tehničkih instrumenata PLF sustava s pokazateljima koji su izravno ili neizravno povezani s proizvodnjom, zdravljem i dobrobiti životinja, farmeru pruža uvid u brojne korisne informacije (na mjesečnoj razini od više tisuća), kao što su stanje mikroklima objekta, primjena lijekova, dinamika rasta životinja, količina i kvaliteta proizvoda, stanje aktivnosti životinja, detekcija bolesnih životinja te evidencija dinamike konzumacije hrane i pića (Codrea i sur., 2011.). Uz neupitnu izdržljivost i preciznost rada, treba istaknuti i vrlo veliku dinamiku prikupljanja podataka, pa tako senzori u praktičnim uvjetima korisniku nude i do 240 izmjera/s, kamere 25 slika/s, a mikrofon čak do 20 000 zvučnih signala/s.

Dakle, osim što doprinosi dobrobiti životinja i većoj proizvodnji, elektronički PLF sustav praćenja životinja (tzv. „pametne tehnologije“) pozitivno utječu i na bolju kvalitetu života te rada farmera (Rose i Chilvers, 2018.), a smanjenjem radno-aktivnih zahvata omogućeno je povećanje broja životinja po radniku. Krajnji cilj primjene suvremenih metoda preciznoga praćenja ponašanja proizvodnih životinja temeljen je na prikupljanju, obradi i analiziranju podataka uz pomoć unaprijed razrađenih algoritama te njihova pravilnoga tumačenja. Za pravilno rukovanje ovim sustavom velikoga broja podataka te iz njih proisteklih korisnih informacija primjenjivih u proizvodnji nužna je prethodna dobra osposobljenost farmera, s potrebnim znanjima i vještinama rada na PLF sustavu (Barrett i Rose, 2022.). Inače, kod maloga broja podataka, njihove nedovoljne reprezentativnosti i nepo-

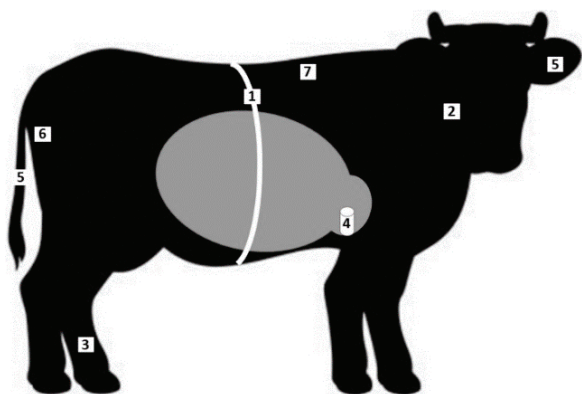
znavanja funkcioniranja rada sustava, dolazi do pogrešnog tumačenja podataka, a nepravilno tumačeni rezultati generiraju i pogrešnim odlukama u vođenju farme, što u konačnici može imati neželjen štetan učinak na proizvodnju te dovesti do nepovjerenja prema korištenju digitalnih tehnologija. Na osnovi razumijevanja dobivenih podataka praćenih pokazatelja moguće je pravodobno provoditi pojedine tehnološke operacije (oplodnja, liječenje), održavati optimalno stanje biozone životinje (održavati temperaturno-humidni indeks u objektu), a proizvodni program upravljanja prilagoditi potrebama životinja (vrijeme i broj hranjenja i mužnji). Na osnovi prethodnih tvrdnja, Nielsenovo istraživanje (2022.), istaknulo je da instaliranjem PLF sustava na mliječnim farmama predstavlja pomoć farmeru, ali ne kao njegova zamjena, pružajući mu mogućnost da svoje vrijeme u proizvodnji troši korisnije na druge važnije aktivnosti tijekom radnoga dana. Berckmans (2017.) potvrđuje tvrdnju prethodnoga autora konstatacijom kako je farmska proizvodnja previše složen biološki proces da bi bilo moguće zamijeniti čovjeka tehnologijom.

U usporedbi s drugim granama stočarstva, PLF sustavi su najbolje prihvaćeni upravo u govedarskoj proizvodnji, na mliječnim farmama, a značajno manje u ovčarskoj, kozarskoj, peradarskoj, svinjogojskoj, ribnjačarskoj i kuničarskoj proizvodnji. Prema Schillings i sur. (2021.) mogućnost jednostavnije primjene senzora na govedima nego na peradi, kuničima, ribama i svinjama navodi se kao jedan od značajnijih razloga učestalijeg korištenja PLF sustava u govedarskoj proizvodnji. Druga nepovoljna okolnost primjene digitalnoga praćenja kod koza i ovaca jest (1) sustav uzgoja na otvorenome (udaljenost od potrebne infrastrukture sustava), (2) postojanje malih farma i nespremnosti ulaganja farmera i (3) niska razina obrazovanja uzgajatelja (Simitzis i sur., 2022.).

## NAČIN RADA I FUNKCIONIRANJA PLF SUSTAVA

PLF sustav čine digitalni mjerni uređaji koji mogu biti instalirani u objektu ili u prostoru boravka životinje te na tijelu ili u tijelu životinje (slika 1), a mjerenja se izvođe korištenje slike, zvuka, temperature, tlaka, gibanja, kemijskih spojeva, pa čak i patogenih mikroorganizama. Brojni mjerni uređaji u sklopu PLF sustava predviđeni su za individualna mjerenja pojedinih životinja, a mjerenja se, ovisno o pokazatelju, mogu provoditi kao kontinuirana ili diskontinuirana. Tako, primjerice, kontinuirano mjerenje, poput praćenja stresa i povremeno mjerenje, poput praćenja količine mlijeka, tjelesne mase (Berckmans, 2017.). S obzirom na namjenu, svi primijenjeni senzori se značajnije razlikuju, te tako PLF sustav podrazumijeva sljedeće:

- senzore koji prate stanje mikroklima,
- senzore koji prate ponašanje i aktivnost životinja,
- senzore za praćenje fiziološkoga stanja organizma, i
- senzore za praćenje količine i kvalitete proizvoda.



**Slika 1. Položaji senzora na i u tijelu mliječne krave (Hajnal i sur., 2022.)**

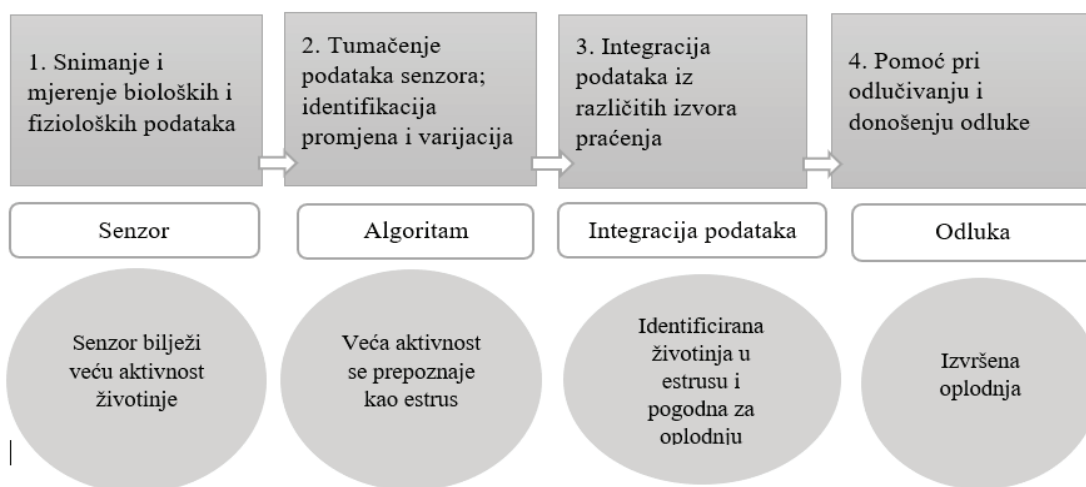
Figure 1. Positions of sensors on and in the body of a dairy cow (Hajnal et al. 2022)

Pogodnost u radu senzorne tehnike jeste da jedan mjerni uređaj može biti opremljen s više senzora (akcelerometri, mikrofoni i magnetometri) i detektirati više bioloških pokazatelja (bolest, estrus, proizvod), ali isto tako i da jedan biološki pokazatelj može biti praćen različitim tipovima senzora (pa se, na primjer glasanje životinja može pratiti akcelerometrom, senzorom tlaka ili mikrofonom). Zbog prethodnih tvrdnja, budućnost primjene elektronike i u govedarskoj proizvodnji usmjeren je prema PLF sustavu, u kojem su brojni uređaji za praćenje, prikupljanje i obradu podataka integrirani u složen sustav s pomoću kojega farmer dobiva kvalitetniju detekciju objedinjenih informacija (Rutten i sur., 2013.; slika 2.). Međutim, iako se i u proizvodnji mlijeka praćenje specifičnih podataka provodi skupno, primjena mjernih elektroničkih uređaja na mliječnim farmama većinom je na individualnoj razini. Kako na mliječnim farmama životinje borave više godina u proizvodnji, prikupljanje informacija na individualnoj razini ima dodatno veće značenje za farmera pri upravljanju proizvodnjom. Pored individualnoga i skupnog, u posljednje se vrijeme sve više uvodi i treći alternativan način praćenja životinja (pogodan za manje

farme), a odnosi se samo na praćenje određenih rizičnih životinja (Nielsen, 2022.).

Druga su bitna komponenta ovoga preciznog sustava praćenja životinja na mliječnim farmama hardverska i softverska jedinica kompjutera u kojima se prikupljeni podatci arhiviraju i s pomoću ranije razrađenih algoritama obrađuju u pravcu stvaranja informacija korisnih za farmera. Na temelju skupa matematičkih pravila i uputa, algoritmi prikupljenih podataka, proizvode specificirane informacije nužne za uspješno upravljanje radom na farmi, a o njima u značajnoj mjeri ovisi krajnje praktično značenje primjene PLF sustava. Kako bi imali proaktivnu funkciju pri donošenju odluka u upravljanju farmom, algoritmi moraju iz mase podataka moći prepoznati one bitne, prema potrebi ih grupirati i vizualizirati te ponekad uključivati i mogućnost predviđanja određenih događanja u proizvodnji. U novije vrijeme se od algoritama očekuje i mogućnost povezivanja više različitih podataka u finalnu korisnu informaciju (RDA, 2019.).

Iako je za farmera primarno značenje ima informacija dobivena primjenom PLF sustava, u novije se vrijeme sve više opravdava potreba i da sustavi preciznoga praćenja proizvodnje na farmi svoje podatke ne zadržavaju samo za sebe, nego da ih prosljeđuju i drugim subjektima uključenim u proces proizvodnje (odnosno proizvođačima hrane, veterinarima, prerađivačima i potrošačima), što može doprinijeti poboljšanju poslovanja unutar većega proizvodnog sustava. Može se reći da podatci dobivaju takozvanu novu dodanu vrijednost, jer bi u protivnome bili nepotpuno iskorišteni. Na ovaj način sustavi PLF-a povećavaju transparentnost proizvodnje, što je važno za potrošača. Farmerova spoznaja da su on i njegova proizvodnja nadzirani dovodi do minimaliziranja broja nepoželjnih postupaka tijekom proizvodnje. Istodobno, kao posljedica stalnoga nadzora farmera i proizvodnje te brojnih upozorenja, kod određenoga se broja farmera javlja i stalna pojava frustracije i stresa, a to svakako dugoročno ne mogu biti poželjni uvjeti farmerova rada te mogu, u određenoj mjeri, izazvati i nepovjerenje prema preciznomu sustavu kontrole.



**Slika 2. Shematski prikaz funkcioniranja PLF sustava na primjeru otkrivanja estrusa kod krava (Rutten i sur., 2013.)**

Figure 2. Schematic representation of the functioning of the PLF system on the example of estrus detection in cows (Rutten et al., 2013)

No, bez obzira na mogućnosti PLF-sustava da u jedinici vremena prikupi velik broj podataka, uputno je u proizvodnim okolnostima procesuirati ograničen broj ciljanih podataka i uz dobro razvijene algoritme ponuditi korisniku (farmeru) vrijedne informacije. Inače, treba reći da velika baza podataka ne mora nužno dati i dobre informacije, osobito kada zbog akumuliranja velikoga broja nepovezanih podataka brojnih praćenih pokazatelja farmeru može otežati tumačenje rezultata i donošenje odgovarajućih odluka u vođenju proizvodnje.

### KORISNI UČINCI PRIMJENE PLF SUSTAVA

Suočenima s trendovima u stočarskoj proizvodnji, a i u proizvodnji mlijeka, prema kojima se nastavlja povećanje broja životinja na mliječnim farmama uz istodobno smanjenje troškova ljudskoga rada, i domaćim se farmerima nameće pitanje realne potrebe uključivanja višestruko korisnih PLF sustava nadzora s ciljem poboljšanja upravljanja i veće učinkovitosti proizvodnje. Određeni broj autora (Čaja i sur., 2016.; Abeni i sur., 2019.; Tuytens i sur., 2022.) govori o nedovoljnoj zainteresiranosti europskih farmara za PLF tehnologiju. Ipak, prema Berckmansu, (2017.), posljednjih se godina stav farmara mijenja u pozitivnome smislu, i to s jedne strane zbog konkurentnosti na tržištu, a s druge strane zbog zadovoljenja povećanih zahtjeva potrošača i javnosti. Uključivanjem različitih stavova farmara o primjeni ove suvremene tehnologije te razvojem informacijske i komunikacijske tehnologije u proizvodnji mlijeka potencijalno se dovodi do lakšega upravljanja podacima, i to u smislu ciljane dostave hrane i lijekova za životinje i pružanja skrbi, povećanih jamstava kvalitete i sigurnosti hrane te veće transparentnosti prema potrošaču što u konačnici utječe i na veću dodanu vrijednost mlijeka kao proizvoda.

U svojem istraživanju, prema kojem se pri automatiziranome sustavu rotoizmuzišta postiže bolja učinkovitost rada na farmi za 43 % i veća učinkovitost postupka mužnje za oko 14 %, Dela Rue i sur. (2020.) potvrđuju da primjena PLF-sustava praćenja na mliječnim farmama pozitivno utječe na učinkovitost i proizvodnost. Praćenjem ponašanja životinja (konzumacija hrane i vode, vrijeme preživljanja, odnos aktivnoga kretanja i mirovanja) farmeru se može ukazati na simptome bolesti, na stanje pojačanoga stresa te na simptome gonjenja ili teljenja (Tsai i sur., 2021.; Wang i sur., 2022.). Tako primjerice u slučaju da je u sustav preciznoga praćenja životinja uvršteno i praćenje potrošnje vode, mjerni instrumenti sustava, osim izravne informacije o konzumaciji vode, farmeru neizravno šalju veći broj poruka o tome da se u slučaju neočekivane (prekomjerna ili smanjena) potrošnje vode može raditi i o kvaru na sustavu, o bolesnome stanju životinja, ili o lošijim uvjetima mikroklima.

Nadalje, s obzirom na to da se kod bolesnih životinja, pored smanjenja uzimanja hrane skraćuje i vrijeme preživljanja (Pavlovic i sur., 2021.), kod mliječnih je krava praćenjem duljine vremena preživljanja moguće detektirati njihovo zdravstveno stanje. Treći pokazatelj zdravstvenoga statusa proizvodne životinje može biti i njezina aktivnost, i to s obzirom na poznatu činjenicu da bolesne živo-

tinje dnevno više vremena provode u mirovanju (ležanju), s naglaskom na bolesti ekstremiteta (Hosseini-orbin i sur., 2021.; Tsai i sur., 2021.), a sve to može upućivati i na pitanje dobrobiti životinja u životnome (proizvodnom) prostoru. Prema Morrisu i sur., (2011.) kod mliječnih su krava upravo bolesti ekstremiteta među trima najčešćima zdravstvenim problemima koji uzrokuju i ekonomske gubitke, jer se takve životinje, zbog jače izražene boli, manje kreću, nedovoljno konzumiraju hranu, smanjuje im se mliječnost, a opada i njihova reproduktivna sposobnost (Alawneh i sur., 2011.; Noring i sur., 2014.). Prema principu četiriju vaganja, Pastel i Kujala (2007.) primijenili su u svom istraživanju metodu praćenja i detekcije hromosti na sedamdeset tri životinje tijekom pet mjeseci, pri čemu su mjerena opterećenja mase tijela životinje pojedinačno na sve četiri noge (pri mužnji), te su bolesne životinje detektirane sa stopostotnom pouzdanošću. U provedenome istraživanju Chapinal i Tucker (2012.) mjerenjem krava na platformi vage uspješno su detektirali pojavu šepavosti i pritom utvrdili značajno učestalije mijenjanje opterećenja tjelesne mase na stražnjim ekstremitetima bolesnih krava. Svakako, može se, kao prihvatljivim metodama pouzdanoga utvrđivanja šepavosti, koristiti i izmjerama s pomoću 2D i 3D kamera, koje na osnovi stupnja zakrivljenosti leđa otkrivaju bolesnu životinju s devedesetpostotnom točnošću (Van Herterem i sur., 2014.). Tako PLF sustav, pored dosadašnjih metoda detekcije (mliječnost, koncentracija laktoze, broj somatskih stanica (BSS) i dr.) primjenjuje infracrvene i toplinske kamere i biosenzore, i za detekciju pojave mastitisa, kao i biometrijske senzore za praćenje individualnoga zdravlja krava (Vidić i sur., 2017.). Uključivanjem mjernih senzora za individualno praćenje aktivnosti i položaja proizvodnih krava na farmi Kempf (2016.) je u svojem istraživanju s devedesetpetpostotnom pouzdanošću detektirao pojavu estrusa.

Ferrari i sur. (2010.) istražili su mogućnost primjene automatskih mikrofona za detekciju zdravstvenoga stanja teladi u uzgoju i pritom potvrdili mogućnost razlikovanja specifičnosti zvukova kašlja, koji pouzdano upućuje na pojavu respiratornih smetnja. Gutierrez i sur. (2010.) primijenili su istu preciznu tehniku kod svinja, kojom su, na temelju izrađenih spektrograma za različite tipove kašlja, bili u mogućnosti izmjerom zvučnoga signala kašlja detektirati o kojem se bolesnome stanju životinje radi. Gusterer i sur. (2020.) su na mliječnoj farmi primjenom 3D akcelerometra ispitali mogućnost koliko je preciznim praćenjem životinja, a prema odstupanju od uobičajenoga ponašanja, moguće uočiti pojavu bolesnih životinja prije kliničke manifestacije bolesti. Istraživanje je obuhvatilo tri stotine dvanaest mliječnih krava u razdoblju od četrnaest dana pred teljenje i prvih osam dana nakon teljenja. Rezultatima istraživanja potvrdili su da se promjene u vidu smanjene aktivnosti bolesnih životinja uočavaju tri dana ranije, a promjene u konzumaciji i preživljanju hrane i do pet dana prije pojave kliničke manifestacije bolesti. Pozitivna je odlika PLF tehnike i u ranome otkrivanju bolesti te preciznome detektiranju životinja ili skupina kod kojih je potrebna intervencija, što rezultira sprječavanjem pojave epidemije na farmi (Berckmans, 2017.; Alipio

i Villena, 2023.). Sustav digitalnoga praćenja (osobito kamerom i mikrofonom) ima dodatne prednosti, jer u usporedbi s tradicionalnim metodama identifikacije funkcionira na principu neinvazivnih i beskontaktnih izmjera biosignala životinja, pri čemu farmer dobiva prve informacije, a one mogu biti svojevrsna preventiva nastanku većih bolesnih i stresnih stanja životinja te financijskih gubitaka nastalih liječenjem.

Ovaj sustav preciznoga prikupljanja podataka i predviđanja bolesnih stanja i prije razvoja kliničkoga stanja bolesti zadire u osnove veterinarske profesije s obzirom na to da dosadašnja praksa podrazumijeva klinički pregled prije izdavanja lijekova, a potom dijagnoza veterinaru. No, ova tehnika otvara i novi „daljinski“ pristup farmera i životinje veterinaru, što može biti korisno za farme na udaljenim područjima. Kao i farmeru, ova tehnika preciznoga nadzora i veterinaru daje velik broj korisnih informacija na osnovi kojih će se trebati educirati s ciljem pravilnoga postavljanja dijagnoze u praktičnim uvjetima liječenja životinja. U svakome slučaju, ovaj PLF sustav mijenja dosadašnju rutinu rada veterinaru na mliječnim farmama (Kleen i Guatteo, 2023.).

S obzirom na to da se u industrijskoj govedarskoj proizvodnji osobito značenje pridaje emisiji stakleničkih plinova ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ), pozitivan učinak primjene PLF sustava vidljiv je i u ovome, za okoliš nepovoljnom segmentu govedarske proizvodnje, što se, prema Lovarelliju i sur. (2019.) izražava pravilnijim i racionalnijim inputima, optimiziranjem proizvodnih procesa, poboljšanjem zdravlja i dobrobiti životinja te većom proizvodnjom životinja po jedinici površine. Poboljšanjem prethodno navedenih pokazatelja gospodarenja na stočarskim farmama moguće je smanjiti emisiju stakleničkih plinova čak za 14 do 17 % (Gerber i sur., 2013.).

Pozitivni učinci automatiziranoga PLF sustava odražavaju se i u mogućnosti umjetne inteligencije da prikupljene podatke procesuiru te da u slučaju potrebe automatski aktivira uključivanje određenoga uređaja s ciljem dovođenja stanja u objektu u normalu. Na primjer, ako se ovim instrumentima prate klimatski pokazatelji u objektu i ako se pritom utvrdi povećanje temperature ili promjena kvalitete zraka ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , emisija prašine) u objektu iznad očekivanih vrijednosti, automatizirani centralni procesor na osnovi podataka provodi aktivaciju ventilacijskoga sustava, koji navedeni klimatski parametar vraća u područje normalnih, poželjnih vrijednosti. Ako se stanje ne popravlja prvom intervencijom, tada se farmeru uključuje alarm (upozoravajući ga na mogući temperaturni šok životinja, požar i sl.). Na ovaj se način preventivno štiti sigurnost ljudi i životinje na farmi te onemogućuje veće oštećenje imovine (Nielsen, 2022.). Isto tako, kada je u silos s koncentriranom krmnom smjesom ugrađen senzor za mjerenje razine popunjenosti, tada umjetna inteligencija automatiziranoga sustava alarmira farmera i dobavljača o potrebi dostave nove pošiljke hrane u slučaju da senzor izmjeri razinu smjese ispod zadanoga minimuma. Na istome principu automatski sustav može, na osnovi primljenih podataka, upravljati i sustavom hodnika, vrata i vaga, razvrstavati životinje u skupine ili

modificirati postojeće skupine, kao i odvajati životinje kojima je potrebno liječenje.

Krajnji praktični učinak primjene PLF sustava na mliječnim farmama u značajnoj mjeri ovisi o reakciji farmera na primljene podatke i alarme. Prema Eckelkampu i Bewleyu (2020.), koji su proučavali ponašanje farmera glede primljenih alarma vezanih za zdravlje životinja, utvrđeno je kako farmeri prvotno provjeravaju istinitost poslanih informacija i kategoriju krava na koje se one odnose, ali pritom još uvijek ne reagiraju svojim odgovorom na poslani alarm. Također, isti su autori potvrdili da farmeri pozitivnije reagiraju na manji broj dnevnih alarmiranih poziva ( $< 20$ ), a s duljinom vremena primjene PLF sustava kod farmera se smanjivala i reakcija na alarmantne pozive.

Usprkos brojnim prethodno navedenim pozitivnim učincima PLF sustava na mliječnim farmama (na proizvodnju, na bolesti i na dobrobit), usprkos primjeni tehnologije preciznoga praćenja životinja na jednoj talijanskoj mliječnoj farmi, ispitivanjima Lore i sur. (2020.) nije utvrđeno povećanje proizvodnje, a slične rezultate (bez povećanja proizvodnje) zabilježili su i Steeneveld i sur. (2015.) na mliječnoj farmi u Nizozemskoj, kada su senzorima pratili zdravlje vime na i nadzor plodnosti.

## MOGUĆE PRIJETNJE KOD PRIMJENE PLF SUSTAVA NA MLIJEČNIM FARMAMA

S ciljem objektivne procjene doprinosa ovih tehnologija dugoročno održivoj farmskoj proizvodnji mlijeka, komercijalizacija senzora i visoko precizne tehnologije za praćenje proizvodnje na govedarskim mliječnim farmama, treba biti sagledana sveobuhvatno (produktivnost, praćenje zdravlja, procjena dobrobiti, kao i učinak na okoliš), (o čemu svjedoče i Džermeikaitė i sur., 2023.). Neupitno je da uvođenje PLF sustava govedarskoj proizvodnji nudi nove prilike, ali i određene opasnosti i prijetnje, a usto mijenja i odnose između farmera i životinja. Pored nesporno brojnih pozitivnih strana njegove (ekonomske, društvene i ekološke) primjene u proizvodnji mlijeka, objektivan znanstvenostručan pristup informiranju stručne javnosti kod primjene PLF sustava praćenja ponašanja životinja na farmi i nadzora objekta, zahtijeva i prikaz mogućih rizika s obzirom na aktiviranje ovoga sustava u proizvodnim okolnostima (Werkheiser, 2020.).

Prema Tuyttensu i sur. (2022.) identificirano je dvanaest mogućih opasnosti PLF sustava za stanje dobrobiti životinja, kao i za korisnika usluga (farmera). Prvi je vrlo realan rizik taj da u situacijama njegove nepravilne upotrebe sustava zbog kvara, on može biti osobito nepoželjan za životinje i financijski nepovoljan u visoko-automatiziranim farmama. Kao drugi problem nameće se vrijeme privikavanja životinja na PLF sustav, što se može nepovoljno odražavati na dobrobit životinja, ali i na njihovu proizvodnju. Sljedeći se problem pojavljuje u vidu pružanja nepouzdanih podataka zbog loše programiranih algoritama PLF sustava. Negativan učinak PLF sustava može biti i u slučaju kada on nije smišljeno usmjeren ka kontroli ciljanih, najvažnijih mjera koje koriste farmeru i životinji. Opasnost u radu umjetne inteligencije PLF

sustava može se javiti u okolnostima kada se krajnji korisnik, zbog nedovoljne obučenosti, prekomjerno ili premalo oslanja na dobivene rezultate, što rezultira neispravnim odlukama pri vođenju proizvodnje. Tako Disenhaus i sur., (2016.) navode primjer prekomjernoga povjerenja farmera prema rezultatima PLF sustava, dok Hogeveen i sur., (2013.) navode primjer nedovoljnoga povjerenja farmera u proizvodnji mlijeka. Zbog manje potrebe rada, primjena PLF sustava na farmi, može generirati opasnost od smanjene komunikacije farmera s životinjama, što vodi k odvikavanju (otuđenju) životinje od ljudi i obratno, a životinja tada sve više postaje puka „funkcionalna komponenta proizvodnje“ (Bos i sur., 2018.).

Također, svojevrsan je problem činjenica da dugoročno oslanjanje farmera na sustav kontrole s pomoću PLF-a može vremenom umanjiti njegove vještine osobnoga praćenja životinja i prepoznavanja onih kojima je zbog pojave anomalija potrebna pomoć uzgajatelja. Ozbiljna je prijetnja i mogućnost da će se daljnjim populariziranjem PLF sustava smještaj životinja i upravljanje farmom sve više usklađivati s pogodnošću rada automatskoga sustava nadzora, a ne s dobrobiti životinja. Na taj se način smanjuje autonomija životinja i čovjeka, dok se kod potrošača smanjuje identificiranje sa sociokulturnim vrijednostima ugrađenima u proizvod. Poznato je naime, da se financijsko ulaganje u ovaj PLF sustav pokazuje isplativijim na većim farmama, no postoji realna opasnost da ovaj sustav rezultira povećanjem veličine farma, što je obično u negativnoj korelaciji s dobrobiti životinja (povećana pojava bolesti i uginuća). Specifičnosti različitoga načina primjene PLF sustava (pojedinačno ili skupno praćenje) i različita dinamika primjene ovoga automatskog digitalnog sustava kod pojedinih životinja može povećati negativan stav farmera i društva o primjeni ove tehnologije. Postoji opasnost i da će jačanje primjene PLF sustava dovesti do dodatnoga povećanja industrijalizacije stočarske proizvodnje, pri čemu se gubi individualan pristup životinjama, smanjuje se briga za njihovu dobrobit kao osjećajna bića te pojačava ekstremniji način njihova iskorištenja za potrebe farmera. Kao posljednja u nizu opasnosti jest i mogućnost da u uvjetima naglašavanja proizvodne učinkovitosti životinja (potaknute PLF sustavom) dođe do pomanjkanja moralnih norma i empatije čovjeka prema uvjetima u kojima se životinja uzgaja.

## ZAKLJUČAK

U današnjim okolnostima farmske proizvodnje mlijeka, kada se nameću trendovi daljnjega povećanja veličine farma i povećanja proizvodnje uz smanjenje ljudskoga rada, primjena PLF tehnologije svakim danom sve više nalazi opravdanje. Ipak, uključivanjem novim digitalnih tehnologija, pored novih prilika, sa sobom nosi i potencijalne prijetnje za životinje, a zbog toga znanstveni pristup ovom pitanju prihvaća optimističan stav, no bez euforičnih tonova. Prije primjene PLF sustava u praktičnu proizvodnju na mliječnim farmama prethodno je potrebna i primjerena edukacija farmera, jer u slučaju nepravilne i potpune primjene početna ozbiljnija ulaganja postaju upitna. Budućnost razvoja i praktične primjene PLF sustava na govedarskim farmama trebala bi biti usmjerena k

slušanje stavova struke, koja će na temelju objektivnih multidisciplinarnih istraživanja (životinja, farma, društvo) najbolje procijeniti višesmjerni realan učinak PLF sustava na veću učinkovitost proizvodnje i bolju kvalitetu života radnika, uz naglasak na dobrobit životinja.

## LITERATURA

1. Abeni, F., Petrera, F., Galli, A. (2019). A Survey of Italian Dairy Farmers' Propensity for Precision. *Animals*, 2019, 9, 202. <https://doi.org/10.3390/ani9050202>
2. Alawneh, J.I., Laven, R.A., Stevenson, M.A. (2011). The effect of lameness on the fertility of dairy cattle in a seasonally breeding pasture-based system. *J. Dairy Sci.*, 94, 5487–549.
3. Alipio, M., Villena, M.L. (2023). Intelligent wearable devices and biosensors for monitoring cattle health conditions; A review and classification. *Smart Health*, 27, 100369. <https://doi.org/10.1016/j.smhl.2022.100369>
4. Barrett, H., Rose D.C. (2022). Perceptions of the Fourth Agricultural Revolution: What's In, What's Out, and What Consequences are Anticipated?, *Sociologia Ruralis*, 62, 162-189. <https://doi.org/10.1111/soru.12324>
5. Benaissa, S., Tuytens, F. A. M., Plets, D., Martens, L., Vandaele, L., Joseph, W., Sonck, B. (2023). Improved cattle behaviour monitoring by combining Ultra-Wideband location and accelerometer data. *Animal*, 17, 4. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100730>
6. Berckmans, D. (2017). General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 7, 6–11. <https://doi.org/10.2527/af.2017.0102>
7. Bitkom (2020). e.V. Pressemitteilung: Schon 8 von 10 Landwirten setzen auf digitale Technologien.
8. Bos, J. M., Bovenkerk, B., Feindt, P. H., Dam, Y. K. V. (2018). The Quantified Animal: Precision Livestock Farming and the Ethical Implications of Objectification. *Food Ethics*, 2, 77 – 92. <https://doi.org/10.1007/s41055-018-00029-x>
9. Caja, G., Castro-Costa, A., Knight, CH. (2016). Engineering to support wellbeing of dairy animals. *J. Dairy Res.*, 83, 136-147. doi: 10.1017/S0022029916000261
10. Chapinal, N., Tucker, C. B. (2012). Validation of an automated method to count steps while cows stand on a weighing platform and its application as a measure to detect lameness. *J. Dairy Sci.*, 95, 6523-6528. doi: 10.3168/jds.2012-5742
11. Codrea, M. C., Højsgaard, S., Friggens, N. C. (2011). Differential smoothing of time-series measurements to identify disturbances in performance and quantify animal response characteristics: an example using milk yield profiles in dairy cows. *J. Anim. Sci.*, 89, 3089-3098. doi: 10.2527/jas.2010-3753
12. Dela Rue B., Lee, J. M., Eastwood, C. R., Macdonald, K. A., Gregorini, P. (2020). Short communication: Evaluation of an eating time sensor for use in pasture-based dairy systems. *J Dairy Sci.*, 103, 9488-92. doi: 10.3168/jds.2020-18173
13. Disenhaus, C., Allain, C., Courties, R., Quiniou, Y., Bareille, N. (2016). Discrepancy between expected and actual benefits of automatic heat detectors in commercial herds. In: 67 Annual Meeting of the European Federation

- of Animal Science (EAAP). Belfast, United Kingdom (2016). (Book of Abstract of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, vol. 22).
14. Džermeikaitė, K., Bačėninaitė, D., Antanaitis, R. (2023). Innovations in Cattle Farming: Application of Innovative Technologies and Sensors in the Diagnosis of Diseases, *Animals (Basel)*, 13, 780. doi: 10.3390/ani13050780
  15. Eckelkamp, E. A., Bewley, J. M. (2020). On-farm use of disease alerts generated by precision dairy technology. *J. Dairy Sci.*, 103, 1566–1582. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16888>
  16. Ferrari, S., Piccinini, R., Silva, M., Exadaktylos, V., Berckmans, D., Guarino, M. (2010). Cough sound description in relation to respiratory diseases in dairy calves. *Prev. Vet. Med.*, 96, 276-280. doi:10.1016/j.prevetmed.2010.06.013
  17. Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock - A global assessment of emissions and mitigation opportunities, Roma (Italy): Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), p. 139.
  18. Gusterer, E., Kanz, P., Krieger, S., Schweinzer, V., Süß, D., Lidauer, L., Kicking, F., Öhlschuster, M., Auer, W., Drillich, M., Iwersen, M. (2020). Sensor technology to support herd health monitoring: Using rumination duration and activity measures as unspecific variables for the early detection of dairy cows with health deviations. *Theriogenology* 2020, 157, 61–69. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.07.028
  19. Gutierrez, W. M., Kim, S., Kim, D. H., Yeon, S. C., Chang, H. H. (2010). Classification of porcine wasting diseases using sound analysis. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 23, 1096-1104. doi: 10.5713/ajas.2010.90483
  20. Hajnal, E., Kovács, L., Vakulya, G. (2022). Dairy Cattle Rumen Bolus Developments with Special Regard to the Applicable Artificial Intelligence (AI) Methods. *Sensors (Basel)*, 22, 6812. doi: 10.3390/s22186812
  21. Haskell, M. J., Rooke, J. A., Roehe, R., Turner, S. P., Hyslop, J. J., Waterhouse, A., Duthie, C.-A. (2019). Relationships between feeding behaviour, activity, dominance and feed efficiency in finishing beef steers. *Applied Animal Behaviour Science*, 210, 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.10.012>
  22. Hogeveen, H., Buma, K. J., Jorritsma, R. (2013). Use and interpretation of mastitis alerts by farmers. In: Precision Livestock Farming 2013 – Papers Presented at the 6th European Conference on Precision Livestock Farming, ECPLF p. 313–319.
  23. Hosseiniorbin, S., Layeghy, S., Kusy, B., Jurdak, R., Bishop-Hurley, G.J., Greenwood, P., Portmann, M. (2021). Deep learning-based cattle behaviour classification using joint timefrequency data representation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106241. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106241>
  24. Kempf, A. (2016). Visuelle und computergestützte (Heatime®) Brunsterkennung. Eine klinische Vergleichsstudie in einem norddeutschen Milcherzeugungsbetrieb. Dissertation, Stiftung Tierärztliche Hochschule, Hannover, Deutschland, p 153.
  25. Kleen, J. L., Guatteo, R. (2023). Precision Livestock Farming, What Does It Contain and What Are the Perspectives? *Animals*, 13, 779. <https://doi.org/10.3390/ani13050779>
  26. Lejon, E., Frankelius, P. (2015). Sweden innovation power – Agritechnica 2015, Elmia, Jönköping, Sweden.
  27. Lora, I., Gottardo, F., Contiero, B., Zidi, A., Magrin, L., Cassandro, M., Cozzi, G. (2020). A survey on sensor systems used in Italian dairy farms and comparison between performances of similar herds equipped or not equipped with sensors. *J. Dairy Sci.*, 103, 10264–10272. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17973>
  28. Lovarelli, D., L. Bava, M. Zucali, G. D'Imporzano, F. Adani, A. Tamburini (2019). Improvements to dairy farms for environmental sustainability in Grana Padano and Parmigiano Reggiano production systems. *Italian Journal of Animal Science*, 18, 1035-1048. doi.org/10.1080/1828051X.2019.1611389.
  29. Morris, M. J., Kaneko, K., Walker, S. L., Jones, D. N., Routly, J. E., Smith, R.F., Dobson, H. (2011). Influence of lameness on follicular growth, ovulation, reproductive hormone concentrations and estrus behavior in dairy cows. *Theriogenology*, 76, 658–668. doi: 10.1016/j.theriogenology.2011.03.019
  30. Mulligan, F. J., Doherty, M. L. (2008). Production diseases of the transition cow. *The Veterinary Journal*, 176, 3-9. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.018>
  31. Nielsen, B. L. (2022). The role of Precision Livestock Farming technologies in animal welfare monitoring: a review. *Vet. arhiv*, 92, 251-257. <https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.1895>
  32. Norring, M., Häggman, J., Simojoki, H., Tamminen, P., Winckler, C., Pastell, M. (2014). Lameness impairs feeding behaviour of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 97, 4317–4321. doi: 10.3168/jds.2013-7512
  33. Pastell, M. E., Kujala, M. A. (2007). A probabilistic neural network model for lameness detection. *J. Dairy Sci.*, 90, 2283–2292. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-267>
  34. Pavlovic, D., Davison, C., Hamilton, A., Marko, O., Atkinson, R., Michie, C., Crnojević, V., Andonovic, I., Bellekens, X., Tachtatzis, C. (2021). Classification of Cattle Behaviours Using Neck-Mounted Accelerometer-Equipped Collars and Convolutional Neural Networks. *Sensors*, 21, 4050. <https://doi.org/10.3390/s21124050>
  35. Raad van Dierenaangelegenheden (RDA) (2019). Digitalisering van de veehouderij, Den Haag, Nederland.
  36. Rose, D. C., Chilvers, J. (2018). Agriculture 4.0; Broadening responsible Innovation in an Era of Smart Farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems, Sec. Agroecology and Ecosystem Services*, 2, 1-7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>
  37. Rutten, C. J., Velthuis, A. G. J., Steeneveld, W., Hogeveen, H. (2013). Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96, 1928-1952. doi: 10.3168/jds.2012-6107
  38. Schillings, J., Bennett, R., Rose, D.C. (2021). Animal welfare and other ethical implications of precision livestock breeding technology. *CABI Agric Biosci.*, 2, 17. doi: 10.1186/s43170-021-00037-8
  39. Simitzis, P., Tzanidakis, C., Tzamaloukas, O., Sossidou, E. (2022). Contribution of Precision Livestock Farming



- Systems to the Improvement of Welfare Status and Productivity of Dairy Animals. *Dairy*, 3, 12-28. <https://doi.org/10.3390/dairy3010002>
40. Steeneveld, W., Vernooij, J. C. M., Hogeveen, H. (2015). Effect of sensor systems for cow management on milk production, somatic cell count, and reproduction. *J. Dairy Sci.*, 98, 3896–3905. doi: 10.3168/jds.2014-9101
  41. Tsai, I. C., Mayo, L. M., Jones, B. W., Stone, A. E., Janse, S. A., Bewley, J. M. (2021). Precision dairy monitoring technologies use in disease detection: Differences in behavioral and physiological variables measured with precision dairy monitoring technologies between cows with or without metritis, hyperketonemia, and hypocalcemia. *Livestock Science*, 244, 104334. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104334>
  42. Tuytens, F. A. M., Molento, C. F. M., Benaissa S. (2022). Twelve Threats of Precision Livestock Farming (PLF) for Animal Welfare. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 1-12. doi: 10.3389/fvets.2022.889623
  43. Van Hertem, T., Viazzi, S., Steensels, M., Maltz, E., Antler, A., Alchanatis, V., Schlageter-Tello, A., Lokhorst, C., Romanini, C. E. B., Bahr, C., Berckmans, D., Halachmi, I. (2014). Automatic lameness detection based on consecutive 3D-video recordings. *Biosystems Engineering*, 119, 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.01.009>
  44. Vidić, J., Manzano, M., Chang, C.-M., Jaffrezic-Renault, N. (2017). Advanced biosensors for detection of pathogens related to livestock and poultry. *Veterinary Research*, 48. doi.org/10.1186/s13567-017-0418-5
  45. Wang, R., Gao, Z., Li, Q., Zhao, C., Gao, R., Zhang, H., Li, S., Feng, L. (2022). Detection Method of Cow Estrus Behavior in Natural Scenes Based on Improved YOLOv5. *Agriculture*, 12, p. 1339. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091339>
  46. Werkheiser, I. (2020). Technology and responsibility: a discussion of underexamined risks and concerns in Precision Livestock Farming. *Anim Front.*, 10, 51–7. <https://doi.org/10.1093/af/vfz056>
  47. Wolfert, S. Ge. L., Verdouw, C., Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricu. Syst.*, 153, 69-80. doi: 10.1016/j.agsy.2017.01.023
  48. <https://geopard.tech/blog/precision-livestock-farming-technologies-benefits-and-risks/> - Precision livestock farming: technologies, benefits, and risks.

## ADVANTAGES AND THREATS OF PRECISE MONITORING AND MANAGEMENT TECHNOLOGY APPLICATION ON DAIRY FARMS

### SUMMARY

***In addition to the usual labor-intensive technological processes (i.e., feeding, milking, cleaning, and curing), an increasing importance in today's milk production, is attached to the monitoring of animal behavior and the state of microclimate in a facility. While behavioral monitoring is performed on a smaller number of target animals on the smaller dairy farms, numerous modern electronic measuring devices are introduced for the sake of animal monitoring on the larger farms, such as the sensors and biosensors, pedometers, computers, 2D and 3D surveillance cameras, thermal cameras, microphones, laser detectors, and automatic scales, all grouped under the name of a PLF system (Precision Livestock Farming). This system works pursuant to the principle of monitoring and (individual or collective) data collection of select indicators, followed by a computerized algorithmic data processing, whereby the integration of a large number of data provides useful information leading to a decision-making proposal. According to the numerous study results, the PLF system pertaining to the dairy cows has a positive effect on the early detection of animal diseases or stress, which leads to a more rational use of production resources, resulting in a higher production efficiency and better animal welfare. Since a precise-technology system does not only offer new opportunities but also represents certain dangers, however, it is recommended that future commercialization of precise-technology systems on dairy farms be entrusted to the opinions of professionals who will be able to objectively evaluate multiple benefits of these PLF systems, based on the results of a multidisciplinary research.***

**Keywords:** dairy farm, sensors, precision technologies, disease, well-being

(Primljeno 16. lipnja 2023.; prihvaćeno 9. listopada 2023. – Received on June 16, 2023; accepted on October 9, 2023)