



*Univerzitet u Sarajevu*  
**Elektrotehnički fakultet**  
*Sarajevo*

# Informacioni sistem za pametnu farmu krava

**„OIS - Smart Cow Farm“**

Projekat radili:

Aldin Velić (voda)  
Tarik Mujkić  
Danijal Alibegović  
Bakir Činjarević  
Emin Begić  
Enis Adilović  
Mirnes Fehrić  
Naila Delalić  
Vedad Gaštan  
Zana Beljuri

Sarajevo, Oktobar 2025

# Sadržaj

<b>1 UVOD</b>	<b>4</b>
1.1 Svrha . . . . .	4
1.2 Konvencije dokumenta . . . . .	4
1.3 Predviđeni korisnici i sugestije pri korištenju . . . . .	4
1.4 Opseg projekta . . . . .	4
1.5 Reference . . . . .	5
<b>2 HISTORIJA DOKUMENTA</b>	<b>6</b>
<b>3 UPOZNAVANJE SA ORGANIZACIJOM</b>	<b>7</b>
3.1 Opće informacije o organizaciji . . . . .	7
3.2 Kratka historija Farme Spreča . . . . .	7
3.3 Glavni proizvodi i usluge . . . . .	7
3.4 Tehnološka opremljenost . . . . .	7
3.5 Izazovi i potrebe za informatizacijom . . . . .	8
<b>4 MISIJA, VIZIJA, CILJEVI ORGANIZACIJE</b>	<b>9</b>
4.1 Misija . . . . .	9
4.2 Vizija . . . . .	9
4.3 Ciljevi . . . . .	9
<b>5 STAKEHOLDERI</b>	<b>10</b>
<b>6 ZAHTJEV ZA SISTEMOM</b>	<b>11</b>
<b>7 CILJEVI PROJEKTA</b>	<b>12</b>
7.1 Kvantitativni ciljevi . . . . .	12
7.2 Kvalitativni ciljevi . . . . .	12
<b>8 ANALIZA IZVODIVOSTI</b>	<b>15</b>
8.1 Tehnička izvodljivost . . . . .	15
8.2 Ekonomска izvodivost . . . . .	15
8.2.1 Troškovi razvoja sistema . . . . .	15
8.2.2 Troškovi održavanja sistema . . . . .	16
8.2.3 Određivanje toka novca . . . . .	16
8.2.4 Ocjenjivanje ekonomske vrijednosti projekta . . . . .	17
8.3 Organizaciona izvodljivost . . . . .	19
8.4 Operativna izvodljivost . . . . .	19
8.5 Zakonska izvodljivost . . . . .	19
<b>9 INTERVJU</b>	<b>21</b>
<b>10 UPITNIK ZA ANALIZU ZAHTJEVA</b>	<b>25</b>
10.1 Opšti podaci . . . . .	25
10.2 Trenutno stanje i izazovi . . . . .	25
10.3 Potrebe i očekivanja od novog sistema . . . . .	25
10.4 Tehnički aspekti . . . . .	25
10.5 Implementacija i podrška . . . . .	26
10.6 Dodatna pitanja . . . . .	26
10.7 Kontakt informacije (opcionalno) . . . . .	26
<b>11 ANALIZA DOKUMENATA</b>	<b>27</b>

<b>12 DEFINICIJA ZAHTJEVA</b>	<b>32</b>
12.1 Funkcionalni zahtjevi . . . . .	32
12.2 Nefunkcionalni zahtjevi . . . . .	34
12.3 Ograničenja i pretpostavke . . . . .	35
<b>13 SLUČAJEVI UPOTREBE</b>	<b>36</b>
<b>14 DIJAGRAM SLUČAJEVA UPOTREBE</b>	<b>42</b>
<b>15 ACTIVITY DIJAGRAMI</b>	<b>43</b>
<b>16 ERD DIJAGRAM BAZE PODATAKA</b>	<b>49</b>
<b>17 DIZAJN ARHITEKTURE</b>	<b>51</b>
17.1 Odabir arhitekture . . . . .	51
17.1.1 Obrazloženje izbora . . . . .	51
17.1.2 K3s Kubernetes klaster . . . . .	51
17.2 Opis arhitekture sistema . . . . .	51
17.2.1 Prezentacijski sloj . . . . .	51
17.2.2 API Gateway sloj . . . . .	51
17.2.3 Aplikacijski sloj (Mikroservisi) . . . . .	52
17.2.4 Sloj podataka . . . . .	52
17.2.5 AI/ML infrastruktura . . . . .	52
17.2.6 IoT infrastruktura . . . . .	53
17.3 Nefunkcionalni zahtjevi – Arhitekturalna rješenja . . . . .	53
17.3.1 Prenosivost i kompatibilnost . . . . .	53
17.3.2 Performanse i skalabilnost . . . . .	53
17.3.3 Sigurnost . . . . .	53
17.3.4 Kulturalni i regulatorni zahtjevi . . . . .	54
17.3.5 Pristupačnost i kompatibilnost . . . . .	55
17.3.6 Offline režim . . . . .	55
17.4 Dostupnost sistema . . . . .	55
17.5 Monitoring i observabilnost . . . . .	55
<b>18 SPECIFIKACIJA HARDVERA</b>	<b>56</b>
18.1 Cloud infrastruktura (Hetzner Cloud) . . . . .	56
18.1.1 Kubernetes Control Plane čvorovi (3x) . . . . .	56
18.1.2 Kubernetes Worker čvorovi – General Purpose (2-5x, autoscaling) . . . . .	56
18.1.3 Kubernetes Worker čvorovi – GPU (1-2x, za AI workloade) . . . . .	56
18.1.4 Dedicated Storage Server . . . . .	56
18.2 Lokalna infrastruktura na farmi . . . . .	57
18.2.1 Edge Gateway Server . . . . .	57
18.2.2 IP kamere za video nadzor (po potrebi) . . . . .	57
18.2.3 IoT senzori . . . . .	57
18.2.4 Mrežna oprema na farmi . . . . .	57
<b>19 SPECIFIKACIJA SOFTVERA</b>	<b>58</b>
19.1 Operativni sistemi . . . . .	58
19.2 Kontejnerizacija i orkestracija . . . . .	58
19.3 Baze podataka i skladištenje . . . . .	58
19.4 Backend tehnologije . . . . .	58
19.5 Frontend tehnologije . . . . .	58
19.6 AI/ML stack . . . . .	59
19.7 IoT i messaging . . . . .	59
19.8 Sigurnost i mreža . . . . .	59

19.9 Monitoring i observabilnost . . . . .	59
19.10 DevOps i CI/CD . . . . .	59
19.11 Backup i disaster recovery . . . . .	60
<b>20 DIJAGRAM KLASA</b>	<b>61</b>
<b>21 PROVJERA DIZAJNA BAZE PODATAKA</b>	<b>62</b>

# 1 UVOD

## 1.1 Svrha

Svrha ovog projekta je razviti AI baziran informacioni sistem za pametnu farmu krava koji omogućava neinvazivno praćenje zdravstvenog stanja, produktivnosti i ponašanja svake krave, te automatizirano prikupljanje i obradu podataka radi unapređenja upravljanja farmom i optimizacije proizvodnje mlijeka.

## 1.2 Konvencije dokumenta

U dokumentu ćemo koristiti sljedeće akronime:

- **IS** – Informacioni sistem
- **DB** – Baza podataka (Database)
- **GUI** – Grafički korisnički interfejs (Graphical User Interface)
- **SW** – Softver (Software)
- **AI** – Umjetna inteligencija (Artificial Intelligence)
- **IoT** – Internet stvari (Internet of Things)
- **KM** – Konvertibilna marka

## 1.3 Predviđeni korisnici i sugestije pri korištenju

Predviđeni korisnici informacionog sistema pametne farme i njihove mogućnosti su:

- **Osoblje farme** – koristi sistem za praćenje zdravstvenog stanja krava, evidenciju količine proizvedenog mlijeka, nadzor nad teladima i pravovremenu reakciju na upozorenja sistema. Obavezni su redovno ažurirati podatke o stanju životinja i uvjetima u štali kako bi se omogućila tačna analiza i podrška odlučivanju.
- **Administrator sistema** – odgovoran je za održavanje, nadogradnju i sigurnost sistema. Ima pristup svim podacima, mogućnost upravljanja korisničkim nalozima, izmjene konfiguracija senzora i kontrolu nad cijelim infrastrukturnim okruženjem.
- **Partneri projekta** – visokoškolske i istraživačke institucije, veterinarske službe te kompanije uključene u razvoj sistema. Koriste sistem radi evaluacije funkcionalnosti, sprovođenja istraživanja i poboljšanja kvalitete upravljanja farmom.
- **Krajnji korisnici** – poljoprivrednici i menadžeri farmi koji koriste analitičke podatke sistema radi donošenja pametnih odluka, smanjenja troškova i povećanja produktivnosti. Dugoročno, dobit ostvaruju i krajnji potrošači kroz kvalitetnije i sigurnije proizvode.

## 1.4 Opseg projekta

Opseg ovog projekta obuhvata razvoj AI baziranog informacionog sistema za pametnu farmu krava koji omogućava automatizovano prikupljanje, obradu i praćenje ključnih podataka o stoci i uslovima na farmi. Cilj je olakšati svakodnevne procese upravljanja farmom kroz digitalizaciju i napredne tehnologije, uz povećanje efikasnosti proizvodnje mlijeka i unapređenje dobrobiti životinja.

Sistem će omogućiti:

- Neinvazivno praćenje krava putem kamera i AI algoritama za prepoznavanje jedinki
- Evidentiranje proizvodnje mlijeka za svaku kravu i generisanje statistike produktivnosti

- Praćenje zdravlja i ponašanja radi pravovremenog otkrivanja bolesti ili stresa
- Nadzor uslova u štali putem IoT senzora (temperatura, vlaga, kvalitet zraka)
- Centralizovanu obradu podataka i prikaz u okviru web aplikacije dostupne osoblju i menadžmentu farme

Sistem će imati intuitivan korisnički interfejs i biti zasnovan na modernoj bazi podataka koja osigurava pouzdano skladištenje podataka. Platforma će podržavati više korisničkih uloga i omogućiti njihovu sigurnu autentifikaciju i autorizaciju.

Primarni fokus projekta je pružiti savremeno digitalno rješenje koje unapređuje produktivnost, smanjuje troškove poslovanja farme te omogućava održivu i efikasnu poljoprivrednu proizvodnju.

## 1.5 Reference

1. Tangorra, F. M., et al., “Internet of Things (IoT): Sensors Application in Dairy Cattle sector”, 2024. *PMC*
2. Posam, S., et al., “Automated Dairy Farm Management System Powered by IoT & ML”, 2025. *ScienceDirect*
3. Palma, O., et al., “AI and Data Analytics in the Dairy Farms: A Scoping Review”, 2025. *Animals, MDPI*
4. Jothilakshmi, M. & Illayabharathi, D., “Review on Tech Enabled Precision Dairy Farming – Case Study from Tamil Nadu, India”, 2024. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*
5. Akbar, M.O., et al., “IoT for Development of Smart Dairy Farming”, 2020. *Journal of Food Quality, Wiley Online Library*
6. “Securing Smart Dairy Farms: A Cybersecurity Analysis of IoT”, 2024. *AIP Conference Proceedings*
7. “Dairy farming in the era of artificial intelligence: trend or a real game-changer”, 2024. *Journal of Dairy Research*
8. Zvanična web stranica Farme Spreča: [www.farmasprega.ba](http://www.farmasprega.ba)
9. Inmedia članak ”Farma Spreča: Najveća farma muznih krava u BiH, svakog mjeseca pola miliona litara mlijeka”

## 2 HISTORIJA DOKUMENTA

Osoba	Datum	Razlog izmjene	Verzija
Aldin Velić	25.10.2025.	Inicijalna verzija dokumenta i uvod	1.0
Vedad Gaštan, Naila Delalić, Tarik Mujkić	25.10.2025.	Analiza izvodivosti	1.1
Bakir Činjarević	25.10.2025.	Upoznavanje s organizacijom	1.2
Danijal Alibegović	25.10.2025.	Stakeholderi	1.3
Zana Beljuri, Mirnes Fehrić	25.10.2025.	Misija, vizija, ciljevi organizacije	1.4
Enis Adilović	25.10.2025.	Ciljevi projekta, Kvantitativni ciljevi, Kvalitativni ciljevi	1.5
Emin Begić	25.10.2025.	Zahtjev za sistemom	1.6
Aldin Velić	12.11.2025.	Definicija zahtjeva (FZ + NFZ)	2.1
Enis Adilović	12.11.2025.	Slučajevi upotrebe (tabele)	2.2
Vedad Gaštan, Naila Delalić, Zana Beljuri, Mirnes Fehrić	13.11.2025.	Dijagram slučajeva upotrebe, prepravka tabela slučajeva upotrebe	2.3
Bakir Činjarević	13.11.2025.	Upitnik	2.4
Emin Begić	13.11.2025.	Analiza dokumenata	2.5
Danijal Alibegović, Tarik Mujkić	14.11.2025.	Intervju	2.6
Aldin Velić, Enis Adilović, Bakir Činjarević, Danijal Alibegović	19.11.2025.	ERD dijagram	3.1
Vedad Gaštan	22.11.2025.	Activity dijagram AD-1	3.2
Naila Delalić	22.11.2025.	Activity dijagram AD-2	3.3
Tarik Mujkić	23.11.2025.	Activity dijagram AD-3	3.4
Emin Begić	23.11.2025.	Activity dijagram AD-4	3.5
Zana Beljuri	23.11.2025.	Activity dijagram AD-5	3.6
Mirnes Fehrić	23.11.2025.	Activity dijagram AD-6	3.7
Aldin Velić i Danijal Alibegović	3.12.2025.	Dijagram klasa	4.1
Bakir Činjarević i Tarik Mujkić	3.12.2025.	Dizajn arhitekture	4.2
Naila Delalić i Vedad Gaštan	3.12.2025.	Specifikacija hardvera	4.3
Zana Beljuri i Mirnes Fehrić	3.12.2025.	Specifikacija softvera	4.4
Enis Adilović i Emin Begić	3.12.2025.	Provjera dizajna baze podataka	4.5

### **3 UPOZNAVANJE SA ORGANIZACIJOM**

#### **3.1 Opće informacije o organizaciji**

**Naziv organizacije:** Farma Spreča d.o.o.

**Adresa:** Donje Vukovije bb, 75260 Kalesija, Bosna i Hercegovina

**Djelatnost:** Proizvodnja mlijeka, uzgoj muznih krava, ratarstvo, proizvodnja bioplina

**Pravna forma:** Društvo sa ograničenom odgovornošću

#### **3.2 Kratka historija Farme Spreča**

Farma Spreča je najveća farma muznih krava u Bosni i Hercegovini, smještena na području općina Kalesije i Živinica, nadomak Tuzle. Farma je na ovom području postojala i prije rata, a nakon procesa privatizacije, farmu je otkupio Milkos i nakon ulaganja od gotovo 20 miliona KM, postala je glavni nosilac domaće proizvodnje mlijeka u BiH.

Farma Spreča posjeduje stado od oko 1600 krava uključujući sve kategorije, sa visokokvalitetnim grlima najboljih zdravstvenih i proizvođačkih karakteristika. Na farmi su visokokvalitetne mlječne krave pasmine Holstein uvezene iz najsvremenijih repro centara u Danskoj i Njemačkoj.

Farma danas posjeduje oko 1.500 stočnih grla, od čega su oko 800 muznih krava, koje mjesечно daju oko pola miliona litara mlijeka. Još 2012. godine farma je imala posjetu delegacije Evropske komisije, a Farma Spreča je jedna od prvih farmi u BiH koja je zadovoljila sve uslove za izvoz mlijeka u Evropsku uniju.

#### **3.3 Glavni proizvodi i usluge**

Primarna djelatnost - Proizvodnja mlijeka: Farma Spreča ima kapacitet od 2500 grla, od čega 1500 muznih krava i 1000 različitih pratećih kategorija. Godišnja proizvodnja mlijeka iznosiće oko 12 miliona litara. Mlijeko u potpunosti otkupljuje sarajevska mljekara Milkos. Farma proizvodi visokokvalitetno mlijeko koje zadovoljava najstrožije kriterije zemalja EU zahvaljujući visokim higijenskim uslovima, pažljivoj ishrani i udobnom smještaju stoke.

Dodatne djelatnosti:

- Ratarstvo: Farma Spreča obrađuje 1.200 hektara poljoprivrednog zemljišta, koje u većini služi za proizvodnju hrane za krave. Farma posjeduje vlastitu modernu mehanizaciju koja uključuje najsvremenije traktore, kombajne, poljoprivredne priključne mašine, prikolice, cisterne za stajnjak i mašine za spremanje stočne hrane.
- Reprodukcija: Krave se osjemenjavaju sjemenskim materijalom visokokvalitetnih bikova uz strogi nadzor i kontrolu stručnog veterinarskog kadra zaposlenog na farmi.
- Planirani razvoj: Farma Spreča planira investicije u nove projekte u oblasti voćarstva i povrtlarstva i prerade voća i povrća, projekat obnovljivih izvora energije (biogasno postrojenje), izgradnju plastenika i staklenika, pogona za proizvodnju humusa, kao i najveći projekat u BiH - izgradnju moderne farme mlječnih koza kapaciteta 4.500 grla.

#### **3.4 Tehnološka opremljenost**

Ukupan kapacitet sistema za mužu je oko 1.100 grla, što ostavlja prostor za dalji rast. Farma koristi savremenu opremu i tehnologiju:

- Automatizovani sistemi muže
- Moderne štale sa kontrolisanim uslovima
- Savremena mehanizacija za obradu zemljišta
- Sistemi za upravljanje ishranom stoke

### **3.5 Izazovi i potrebe za informatizacijom**

Uprkos modernoj opremi, Farma Spreča trenutno se suočava sa izazovima u:

- Praćenju zdravstvenog stanja pojedinačnih grla u realnom vremenu
- Optimizaciji ishrane zasnovane na individualnim potrebama životinja
- Predviđanju proizvodnih kapaciteta i planiranju resursa
- Evidenciji reproduktivnih ciklusa i genetskih podataka
- Analizi podataka za donošenje poslovnih odluka

Upravo ove potrebe čine Farmu Spreča idealnim kandidatom za implementaciju pametnog sistema za upravljanje farmom zasnovanog na AI tehnologiji, koji će omogućiti:

- Kontinuirani monitoring zdravlja krava
- AI-baziranu analitiku proizvodnih pokazatelja
- Automatsko praćenje i optimizaciju ishrane
- Prediktivno održavanje opreme
- Integrисану evidenciju svih aspekata poslovanja farme

## **4 MISIJA, VIZIJA, CILJEVI ORGANIZACIJE**

### **4.1 Misija**

Misija naše organizacije je unaprijediti stočarsku proizvodnju kroz primjenu savremenih informacionih tehnologija i vještačke inteligencije. Naš cilj je omogućiti farmerima jednostavan, precizan i neinvazivan način praćenja svake krave, proizvodnje mlijeka, zdravstvenog stanja i uslova u štali. Digitalizacija procesa putem AI i IoT tehnologija omogućava donošenje odluka zasnovanih na podacima, čime se povećava produktivnost, smanjuju troškovi i unapređuje dobrobit životinja.

### **4.2 Vizija**

Vizija naše organizacije je postati vodeći inovator u oblasti digitalne poljoprivrede u Bosni i Hercegovini i regiji. Težimo stvaranju održivih, tehnološki naprednih farmi koje povezuju ljude, životinje i tehnologiju u jedinstven ekosistem. Dugoročni cilj nam je da svaki farmer, bez obzira na veličinu proizvodnje, može upravljati svojom farmom putem inteligentnog sistema u realnom vremenu, povećavajući efikasnost i osiguravajući zdravlje životinja.

### **4.3 Ciljevi**

Ciljevi organizacije podijeljeni su prema vremenskom okviru na kratkoročne, srednjoročne i dugoročne.

#### **Kratkoročni ciljevi (do 1 godine):**

- Implementirati sistem za prepoznavanje i praćenje krava pomoću kamera i AI modela;
- Uspostaviti centralnu bazu podataka o proizvodnji mlijeka, zdravlju i ponašanju životinja;
- Omogućiti pristup web aplikaciji sa prikazom podataka, statistika i upozorenja u realnom vremenu;
- Povećati efikasnost proizvodnje mlijeka za najmanje 15% u prvoj godini;
- Smanjiti stopu obolijevanja stoke i hitnih veterinarskih intervencija za 10%.

#### **Srednjoročni ciljevi (1–5 godina):**

- Integrisati sistem sa senzorima za kontrolu temperature, vlage i kvaliteta zraka u štali;
- Smanjiti troškove veterinarskih intervencija za 25% kroz rano otkrivanje bolesti;
- Optimizirati ishranu krava analitikom podataka i smanjiti rasipanje hrane za 15%;
- Unaprijediti reproduktivnu efikasnost stada za 10%;
- Omogućiti integraciju sa nacionalnim bazama stočnog fonda i poljoprivrednim platformama.

#### **Dugoročni ciljevi (5+ godina):**

- Proširiti sistem na druge vrste farmi (ovce, koze, perad);
- Implementirati pametni sistem na sve farme u okviru organizacije;
- Smanjiti ekološki otisak (potrošnja energije, vode i emisije) za 20%;
- Postati regionalni centar za razvoj i izvoz rješenja u oblasti pametne poljoprivrede;
- Postati sinonim za održivu, digitalnu i etičku stočarsku proizvodnju.

## 5 STAKEHOLDERI

- **Administrator** – osoba koja održava sistem, briše, ažurira i dodaje dijelove sistema, te ima mogućnost uvida u sve parametre farme, uključujući zdravstveno stanje, proizvodnju mlijeka i podatke sa senzora. Pored održavanja sistema, ima i ulogu u sigurnosti podataka, posebno s obzirom na osjetljive zdravstvene informacije o kravama i farmama.
- **Osoblje farme** – koristi sistem za praćenje stanja krava, evidenciju proizvodnje mlijeka, zdravstvenog nadzora i brige o teladima. Također su odgovorni za ažuriranje stvarnih podataka i reagovanje na upozorenja sistema.
- **Kupci** – korisnici koji kupuju mlječne proizvode i druge proizvode farme. Sistem omogućava uvid u porijeklo mlijeka i transparentnost proizvodnog procesa, s obzirom da bi njihovi interesi mogli biti transparentnost, visoka kvaliteta, i etičko porijeklo proizvoda.
- **Nevladine organizacije i Grupe za zaštitu okoliša** – Interesuju se za utjecaj sistema na dobrobit životinja (neinvazivni monitoring), te ekološku održivost i smanjenje otpada na farmi.
- **Partneri projekta** – organizacije i institucije koje sarađuju na zajedničkom razvoju i unapređenju sistema. Potencijalni partneri pametne farme:
  - Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Sarajevu,
  - Veterinarski fakultet Univerziteta u Sarajevu,
  - Ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva FBiH,
  - Poljoprivredne zadruge i lokalne farme,
  - Agencija za sigurnost hrane BiH,
  - Kompanije za razvoj AI i IoT tehnologija (Lanaco, Authority Partners, Symphony).
- **Sponzori projekta** – institucije i organizacije koje finansijski podržavaju razvoj i implementaciju sistema. Potencijalni sponzori:
  - Grad Sarajevo,
  - Federalno ministarstvo razvoja, poduzetništva i obrta,
  - KULT za razvoj mladih (grantovi),
  - UNDP BiH (projekti održivog razvoja),
  - Evropska unija – fondovi za digitalizaciju poljoprivrede.
- **Krajnji korisnici (beneficijari)** – poljoprivrednici i menadžeri farmi koji koriste sistem za praćenje zdravlja i produktivnosti stoke, optimizaciju troškova i povećanje efikasnosti. Dugoročno, beneficijari su i krajnji potrošači koji dobijaju zdravije i kvalitetnije proizvode.
- **Vođa projekta i projektni tim:**
  - Aldin Velić (vođa)
  - Tarik Mujkić
  - Danijal Alibegović
  - Bakir Činjarević
  - Emin Begić
  - Enis Adilović
  - Mirnes Fehrić
  - Naila Delalić
  - Vedad Gaštan
  - Zana Beljuri

## 6 ZAHTJEV ZA SISTEMOM

Element	Primjer
<b>Poslovna potreba:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Praćenje zdravlja i produktivnosti svake krave</li><li>• Smanjenje troškova veterinarskih intervencija</li><li>• Optimizacija proizvodnje mlijeka</li><li>• Pravovremeno otkrivanje bolesti i stresa</li><li>• Automatizacija evidencije i smanjenje ručnog unosa podataka</li></ul>
<b>Poslovni zahtjevi:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Automatsko prepoznavanje svake krave pomoću AI i kamera</li><li>• Evidencija količine proizvedenog mlijeka po kravi</li><li>• Praćenje promjena u ponašanju životinja</li><li>• Praćenje temperature, vlage i kvaliteta zraka u štali</li><li>• Web aplikacija za pregled podataka i generisanje izvještaja</li></ul>
<b>Poslovna vrijednost:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Povećanje proizvodnje mlijeka</li><li>• Smanjenje troškova liječenja i gubitaka</li><li>• Ušteda vremena zaposlenih kroz automatizaciju</li><li>• Poboljšanje dobrobiti životinja i kvaliteta proizvoda</li></ul>
<b>Dodatni zahtjevi:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rok za implementaciju sistema: 01.03.2026.</li><li>• Sigurnost i privatnost podataka o farmi i životnjama</li><li>• Pouzdan rad sistema u realnom vremenu i u offline režimu</li></ul>

## 7 CILJEVI PROJEKTA

Cilj ovog projekta je dizajnirati i razraditi detaljan plan za razvoj informacionog sistema (IS) za pametnu farmu krava, koji će omogućiti neinvazivno praćenje stanja i performansi stada, podržati donošenje preciznih odluka na osnovu podataka i unaprijediti efikasnost i dobrobit životinja. Sistem će koristiti kombinaciju video-analitike, tehnika za prepoznavanje jedinki po jedinstvenim rasporedima fleka, senzora okoliša i centralizovane web aplikacije za upravljanje i vizualizaciju podataka.

### 7.1 Kvantitativni ciljevi

Kvantitativni ciljevi predstavljaju mjerljive aspekte sistema čiji uspjeh može biti objektivno procijenjen kroz konkretnе metrike i broјčane pokazatelje.

- **AI model za prepoznavanje jedinki**

Razviti funkcionalni AI model za prepoznavanje krava sa tačnošću većom od 95% na osnovu jedinstvenog rasporeda fleka. Model treba biti robustan u različitim uslovima osvjetljenja i uglovima snimanja, sa vremenom obrade manjim od 2 sekunde po identifikaciji.

- **Praćenje proizvodnje mlijeka**

Implementirati sistem praćenja proizvodnje mlijeka sa mjernom greškom manjom od 2%. Automatski evidentirati količinu proizvedenog mlijeka po kravi uz mogućnost agregacije podataka na dnevnom, sedmičnom i mjesecnom nivou sa preciznošću od najmanje 98%.

- **Integracija IoT senzora**

Uspostaviti integraciju sa svim IoT senzorima za praćenje uslova u štali (temperatura, vlaga, amonijak, CO<sub>2</sub>) u realnom vremenu sa frekvencijom očitavanja od najmanje jednom u 5 minuta. Osigurati pouzdanost prenosa podataka veću od 99%.

- **Vrijeme odziva sistema**

Postići prosječno vrijeme odziva web aplikacije manje od 2 sekunde za standardne operacije i manje od 5 sekundi za kompleksne analitičke upite. Osigurati da sistem može istovremeno podržati najmanje 50 aktivnih korisnika bez degradacije performansi.

- **Detekcija anomalija u ponašanju**

Razviti sistem za detekciju promjena u ponašanju krava sa najmanje 90% tačnošću u identifikaciji potencijalnih zdravstvenih problema. Smanjiti vrijeme potrebno za identifikaciju bolesti ili stresa sa prosječnih 2-3 dana (manuelno praćenje) na manje od 12 sati.

- **Smanjenje operativnih gubitaka**

Kroz implementaciju sistema ciljati smanjenje gubitaka uzrokovanih kasnom detekcijom bolesti za najmanje 30% i povećanje prosječne proizvodnje mlijeka po kravi za 10-15% kroz optimizaciju ishrane i uslova držanja.

### 7.2 Kvalitativni ciljevi

Kvalitativni ciljevi opisuju karakteristike sistema koje doprinose općoj kvaliteti, upotrebljivosti i dugoročnoj održivosti rješenja.

- **Intuitivan korisnički interfejs**

Omogućiti intuitivan i jednostavan GUI za osoblje farme koji ne zahtijeva prethodnu tehničku obuku. Dizajn aplikacije treba biti usklađen sa savremenim standardima korisničkog iskustva, sa jasnom navigacijom i pristupom svim ključnim funkcijama u najviše 3 klikova.

- **Pouzdanost i stabilnost sistema**

Osigurati visoku pouzdanost i stabilnost sistema sa minimalnim radnim vremenom od 99%. Implementirati mehanizme za automatski oporavak od grešaka i redundantnost kritičnih komponenti kako bi se spriječio gubitak podataka i prekidi u radu.

- **Neinvazivno prepoznavanje jedinki**

Razviti koncept i algoritamske korake za neinvazivnu identifikaciju svake krave koristeći metode računalnog vida i mašinskog učenja. Definisati zahtjeve za kvalitet slike, optimalan raspored kamera u štali i kriterije za robusnost identifikacije u različitim uslovima (prljave krave, različito osvjetljenje, preklapanje životinja).

- **Sveobuhvatno praćenje zdravlja i reprodukcije**

Definisati skup indikatora ponašanja koji mogu ukazivati na bolest, povredu ili stres (promjene u kretanju, izolacija od stada, smanjenje aktivnosti hranjenja, neobični zvukovi). Evidentirati reproduktivne događaje (estrusi, telenja) i zdravlje teladi uz automatsko detektovanje odstupanja od normalnih vrijednosti i obrazaca.

- **Monitoring okoliša štale**

Specificirati integraciju senzora za temperaturu, vlagu i kvalitet zraka te način njihovog prostornog mapiranja unutar farme. Definisati pragove i politike alarma za okolinske parametre koji direktno utiču na zdravlje, produktivnost i dobrobit životinja. Omogućiti vizualizaciju podataka kroz toplinske mape i trendove.

- **Podrška donošenju odluka**

Poboljšati procese donošenja odluka na farmi kroz analitičke izvještaje, prediktivne analize i automatske preporuke. Sistem treba pružiti jasne, razumljive i operativno korisne informacije koje farmerima omogućavaju brzu reakciju i dugoročno planiranje.

- **Centralizovana obrada i vizualizacija podataka**

Dizajnirati web aplikaciju koja prikazuje sve relevantne podatke u centralizovanom formatu: detaljni profil svake krave sa historijom, trenutna i historijska proizvodnja, zdravstvena obavještenja, mape senzora i agregirane statistike na nivou stada. Osigurati mogućnost filtriranja, pretraživanja i prilagođenog izvještavanja.

- **Sistem upozorenja i notifikacija**

Definisati mehanizme za automatsko generisanje upozorenja (e-mail, SMS, push notifikacije) pri detekciji anomalija ili kritičnih događaja. Implementirati prioritizaciju upozorenja prema ozbiljnosti problema i omogućiti personalizaciju postavki notifikacija prema potrebama korisnika.

- **Sigurnost i privatnost podataka**

Osigurati visoku sigurnost podataka i usklađenost sa GDPR i sličnim regulativama o privatnosti (gdje je primjenjivo). Implementirati višeslojnu autentifikaciju korisnika, enkripciju podataka u prijenosu i skladištenju, te detaljne logove pristupa osjetljivim informacijama.

- **Skalabilnost i modularnost**

Planirati arhitekturu koja omogućava skaliranje sistema bez značajnog pada performansi. Dizajn treba biti modularan kako bi se omogućilo lako dodavanje novih funkcionalnosti, integracija sa vanjskim servisima i prilagođavanje različitim veličinama farmi (od malih porodičnih do velikih komercijalnih).

- **Operativna integracija i održavanje**

Navesti preporuke za integraciju sistema u postojeće farme i radne tokove osoblja uz minimalno narušavanje trenutnih operacija. Predložiti strategiju održavanja softvera i hardvera, procedure za ažuriranje AI modela sa novim podacima i plan obuke korisnika.

- **Upravljanje zadacima i rasporedom**

Omogućiti planiranje i praćenje svakodnevnih aktivnosti na farmi kroz modul za upravljanje zadacima. Korisnici trebaju moći kreirati zadatke vezane za određene krave ili grupe (veterinarski pregledi, vakcinacije, tretmani), dodjeljivati ih članovima tima i pratiti njihovo izvršenje uz evidenciju utrošenih resursa i vremena.

- **Povezanost sa vanjskim servisima**

Omogućiti integraciju sistema sa vanjskim servisima kao što su veterinarske ordinacije, mljekare i dobavljači. Automatizovati razmjenu relevantnih podataka, generisanje izvještaja za poslovne partnerne i upravljanje lancima nabavke (zalihe hrane, automatsko naručivanje).

- **Evaluacija i validacija**

Definisati metrike za mjerjenje uspjeha implementacije (tačnost identifikacije, preciznost detekcije bolesti, smanjenje gubitaka, povećanje produktivnosti) i detaljan plan testiranja. Predložiti način prikupljanja povratnih informacija od krajnjih korisnika i proces iterativnog poboljšavanja rješenja.

- **Etika, dobrobit životinja i održivost**

Uključiti etičke smjernice za neinvazivno praćenje i odgovornu upotrebu podataka, uz naglasak na dobrobit životinja kao primarni cilj. Razmotriti uticaj sistema na okoliš (potrošnja energije, elektronski otpad) i predložiti mjere za održivu primjenu tehnologije u skladu sa principima organske i etičke poljoprivrede.

Ovi ciljevi predstavljaju osnovni okvir za daljnju razradu arhitekture, funkcionalnih specifikacija i plana implementacije informacionog sistema. Projekt će se razvijati u skladu s principima modularnosti, mjerljivosti i etičnosti, s krajnjim ciljem da bude tehnički izvodiv, ekonomski opravдан, ekološki održiv i stvarno koristan krajnjim korisnicima—farmerima koji teže modernizaciji proizvodnje uz očuvanje dobrobiti životinja.

## 8 ANALIZA IZVODIVOSTI

### 8.1 Tehnička izvodljivost

Projekat pametne farme krava sa integracijom vještacke inteligencije (AI) tehnički je izvodljiv, iako uključuje nekoliko izazova. Sistem predviđa upotrebu kamera, senzora za vlagu i mjerača količine mlijeka koji se povezuju s AI modelima za analizu zdravlja, ponašanja i proizvodnih parametara stoke.

**Bliskost sa poslovnom oblašću – srednji rizik:** Tim koji razvija rješenje nema prethodnog direktnog iskustva u stočarskoj industriji, ali je kroz istraživanje tržišta, konsultacije sa stručnjacima i postojeće studije stekao solidno razumijevanje potreba farmi. Analizirani su ključni pokazatelji kao što su: navike u ishrani, fizičko kretanje, promjene u izgledu životinje, te varijacije u proizvodnji mlijeka — svi indikatori koji se mogu pratiti kroz AI.

**Bliskost sa tehnologijom – nizak rizik:** Razvojni tim ima iskustva u radu s AI modelima, prepoznavanjem slika putem neuronskih mreža (CNN), obradom video streamova u realnom vremenu (OpenCV, YOLOv5), kao i radom sa IoT uređajima (ESP32, Arduino, Raspberry Pi). Također, poznate su platforme za obradu i pohranu podataka kao što su Firebase, PostgreSQL i InfluxDB.

**Kompatibilnost sa postojećom tehnologijom – nizak rizik:** Predviđeni hardver (kamere, senzori za temperaturu, vlagu, mjerači mlijeka) koristi standardne protokole (npr. MQTT, HTTP REST, RTSP) te se može lako integrisati sa softverom koji će biti razvijen. Na strani korisnika (farmerski menadžment), koristiće se postojeći uređaji (laptopi, tableti, telefoni) bez potrebe za dodatnim ulaganjima.

**Skalabilnost – srednji rizik:** Sistem je planiran tako da se može proširivati na veći broj krava i dodatne farme, ali to zahtijeva adekvatno planiranje arhitekture baze podataka i servera. Ako se ne osigura dovoljna procesorska snaga ili propusnost mreže, obrada video-streamova i senzorskih podataka može postati spora. U slučaju rasta broja uređaja, biće potrebno migrirati na cloud infrastrukturu (npr. AWS, Azure) i optimizovati AI modele za distribuirano procesiranje. Dakle, iako je sistem tehnički skalabilan, postoji rizik da će rast obima podataka povećati troškove održavanja i zahtijevati dodatne resurse.

**Održavanje i nadogradnja – nizak do srednji rizik:** Sistem se planira modularno, što olakšava buduće nadogradnje (npr. dodavanje novih senzora, ažuriranje AI modela). Međutim, postoje rizici u kompatibilnosti verzija i potrebi za stručnim osobljem koje može ažurirati modele i softver bez prekida rada sistema. Ako farma nema stalnu IT podršku, održavanje može zavisiti od vanjskih partnera, što povećava rizik u pogledu troškova i vremena reakcije. Preporučuje se dokumentovan proces ažuriranja i redovni backup podataka kako bi se rizik sveo na minimum.

**Veličina projekta – srednji rizik:** Za realizaciju je potreban tim od minimalno šest članova, uključujući AI inženjera, embedded programera, web/backend developera i osobu zaduženu za bazu podataka. Procijenjeno trajanje projekta je 4 do 6 mjeseci. Testiranje na terenu (na jednoj farmi) predviđeno je u finalnoj fazi projekta. Neophodna je bliska saradnja sa stakeholderima tokom razvoja.

### 8.2 Ekonomski rezultati

#### 8.2.1 Troškovi razvoja sistema

##### Potrebna oprema:

- 4K kamere otporne na vanjske uslove (IP66 zaštita) - 15 kom
- Senzori za mjerjenje temperature, vlažnosti i količine mlijeka - 100 kom
- Server za lokalnu pohranu podataka i backup (NAS) - 2 kom

- WiFi/LTE mrežna infrastruktura za prenos podataka
- UPS sistem za osiguranje napajanja

Tablica 1: Troškovi razvoja

Vrsta troška	Iznos (KM)
Razvojni tim	120.000,00
Troškovi hardvera i instalacije	91.500,00
Potrebni softveri	3.000,00
Računarska oprema	5.000,00
<b>Ukupno</b>	<b>219.500,00</b>

### 8.2.2 Troškovi održavanja sistema

#### Varijabilni operativni troškovi:

- Električna energija:  $15.330 \text{ kWh} \times 0,18 \text{ KM} = 2.760 \text{ KM godišnje}$  (rast 5%)
- Internet konekcija: LTE/4G + backup = 1.560 KM godišnje

Tablica 2: Troškovi održavanja

Vrsta troška	God 1	God 2	God 3	God 4	God 5	Ukupno
Održavanje aplikacije	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	25.000
Tim za održavanje	25.000	28.000	30.000	32.000	35.000	150.000
Marketing	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	12.500
Stručno osoblje	15.000	16.000	17.500	18.500	20.000	87.000
Električna energija	2.760	2.898	3.043	3.195	3.355	15.251
Internet konekcija	1.560	1.560	1.560	1.560	1.560	7.800
<b>Ukupno</b>	<b>51.820</b>	<b>55.958</b>	<b>59.603</b>	<b>62.755</b>	<b>67.415</b>	<b>297.551</b>

### 8.2.3 Određivanje toka novca

Tablica 3: Analiza toka novca

Pokazatelj	God 0	God 1	God 2	God 3	God 4	God 5	Ukupno
Ukupan trošak	219.500	51.820	55.958	59.603	62.755	67.415	517.051
Ukupna korist	-	50.000	100.000	150.000	180.000	200.000	680.000
Neto korist	-219.500	-1.820	44.042	90.397	117.245	132.585	162.949
Kumulativni tok	-219.500	-221.320	-177.278	-86.881	30.364	162.949	-

#### Procjena priliva i odliva novca

Na osnovu analize postojećih sistema za upravljanje farmama, očekuje se povećanje profita od 5% u prvoj godini. Sistem omogućava dodatni profit od 50.000 KM u prvoj godini kroz bolje praćenje zdravljia životinja i optimizaciju ishrane. Taj iznos se progresivno povećava na 100.000 KM, 150.000 KM, 180.000 KM i 200.000 KM u narednim godinama.

Tablica 4: Procjena troškova po godinama

Troškovi	God 0	God 1	God 2	God 3	God 4	God 5	Ukupno
Održavanje aplikacije	-	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	25.000
Tim za održavanje	-	25.000	28.000	30.000	32.000	35.000	150.000
Marketing	-	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	12.500
Stručno osoblje	-	15.000	16.000	17.500	18.500	20.000	87.000
Električna energija	-	2.760	2.898	3.043	3.195	3.355	15.251
Internet	-	1.560	1.560	1.560	1.560	1.560	7.800
Razvojni tim	120.000	-	-	-	-	-	120.000
Hardver i instalacija	91.500	-	-	-	-	-	91.500
Softver i oprema	8.000	-	-	-	-	-	8.000
<b>Ukupno</b>	<b>219.500</b>	<b>51.820</b>	<b>55.958</b>	<b>59.603</b>	<b>62.755</b>	<b>67.415</b>	<b>517.051</b>

Tablica 5: Procjena koristi po godinama

Koristi	God 1	God 2	God 3	God 4	God 5	Ukupno
Dodatni profit farme	50.000	100.000	150.000	180.000	200.000	680.000

#### 8.2.4 Ocjenjivanje ekonomske vrijednosti projekta

**ROI (Return on Investment):**

$$\text{ROI} = \frac{\text{Ukupna korist} - \text{Ukupan trošak}}{\text{Ukupan trošak}} \times 100\%$$

$$\text{ROI} = \frac{680.000 - 517.051}{517.051} \times 100\% = 31.51\%$$

**BEP (Break-Even Point):**

Projekat dostiže tačku pokrića između treće i četvrte godine. Kumulativni tok nakon treće godine iznosi -86,881 KM.

$$\text{BEP} = 3 + \frac{86,881}{30364 - (-86881)} = 3 + 0.74 = 3,74 \text{ godina}$$

$$\text{BEP} \approx 3 \text{ godine i } 9 \text{ mjeseci}$$

**NPV analiza:**

Diskontna stopa: 8%

Formula za PV:

$$PV = \frac{FV}{(1+r)^n}$$

gdje je: FV = buduća vrijednost, r = diskontna stopa (0,08), n = broj godina

Detaljni izračun PV koristi:

$$PV_1 = \frac{50.000}{(1,08)^1} = \frac{50.000}{1,08} = 46.296 \text{ KM}$$

$$PV_2 = \frac{100.000}{(1,08)^2} = \frac{100.000}{1,1664} = 85.734 \text{ KM}$$

$$PV_3 = \frac{150.000}{(1,08)^3} = \frac{150.000}{1,259712} = 119.074 \text{ KM}$$

$$PV_4 = \frac{180.000}{(1,08)^4} = \frac{180.000}{1,360489} = 132.301 \text{ KM}$$

$$PV_5 = \frac{200.000}{(1,08)^5} = \frac{200.000}{1,469328} = 136.117 \text{ KM}$$

Detaljni izračun PV troška:

$$PV_1 = \frac{51.820}{(1,08)^1} = \frac{51.820}{1,08} = 47.981 \text{ KM}$$

$$PV_2 = \frac{55.958}{(1,08)^2} = \frac{55.958}{1,1664} = 47.975 \text{ KM}$$

$$PV_3 = \frac{59.603}{(1,08)^3} = \frac{59.603}{1,259712} = 47.315 \text{ KM}$$

$$PV_4 = \frac{62.755}{(1,08)^4} = \frac{62.755}{1,360489} = 46.127 \text{ KM}$$

$$PV_5 = \frac{67.415}{(1,08)^5} = \frac{67.415}{1,469328} = 45.882 \text{ KM}$$

Tablica 6: NPV analiza

Pokazatelj	God 0	God 1	God 2	God 3	God 4	God 5	Ukupno
Ukupna korist	-	50.000	100.000	150.000	180.000	200.000	680.000
PV koristi	-	46.296	85.734	119.074	132.301	136.117	519.522
Ukupni trošak	219.500	51.820	55.958	59.603	62.755	67.415	517.051
PV troška	219.500	47.981	47.975	47.315	46.127	45.882	454.780

NPV (Net Present Value):

$$\text{NPV} = \sum PV_{\text{koristi}} - \sum PV_{\text{troška}}$$

$$\text{NPV} = 519.522 - 454.780 = 64.742 \text{ KM}$$

Pošto je  $\text{NPV} > 0$ , projekat obećava da će biti isplativ.

**Finansijski pokazatelji (5 godina):**

- ROI = 31,51%
- BEP = 3,74 godina (3 godine i 9 mjeseci)
- NPV = 64.742 KM

Projekat ostvaruje pozitivan ROI od 31,51% u petogodišnjem periodu i dostiže tačku povrata nakon 3 godine i 9 mjeseci.

### **8.3 Organizaciona izvodljivost**

Na organizacionu izvodljivost projekta pametne farme krava utiču faktori kao što su spremnost menadžmenta, komunikacija sa stakeholderima, stručnost zaposlenih i stepen prilagodavanja novim tehnologijama. Rizici su sljedeći:

**Poklapanje ciljeva sa poslovnim planom – nizak rizik:** Menadžment farme iskazao je interes i spremnost da podrži digitalizaciju poslovanja. Projekat je u potpunosti u skladu sa strategijom modernizacije poljoprivrede, povećanja efikasnosti i smanjenja troškova proizvodnje. Implementacija informacionog sistema direktno doprinosi ciljevima održivog razvoja i poboljšanja dobrobiti životinja.

**Komunikacija sa stakeholderima – nizak do srednji rizik:** Stakeholderi (osoblje farme, tehnički tim, sponzori i partneri) su uključeni u proces planiranja i dizajna sistema. Organizovani su redovni sastanci i konsultacije radi razmjene informacija i osiguranja transparentnosti. Rizik postoji ukoliko dođe do kašnjenja u komunikaciji između tehničkog tima i korisnika, što bi moglo uticati na pravovremenu isporuku funkcionalnosti.

**Sposobnost menadžmenta – srednji rizik:** Menadžment posjeduje osnovno razumijevanje tržišta i digitalnih tehnologija, ali je potrebno dodatno usavršavanje u pogledu korištenja AI sistema i interpretacije analitičkih izvještaja. Obuka osoblja i menadžmenta planirana je u završnoj fazi projekta. Potrebno je osigurati kontinuitet obuka i tehničku podršku nakon implementacije.

### **8.4 Operativna izvodljivost**

**Spremnost korisnika – srednji rizik:** Osoblje farme i menadžment su pokazali interes za primjenu digitalnih tehnologija, ali njihovo iskustvo u radu sa AI i IoT sistemima je ograničeno. Potrebno je organizovati praktične obuke i radionice kako bi se osiguralo da svi korisnici razumiju funkcionalnosti sistema i steknu povjerenje u njegov rad. Bez adekvatne edukacije, postoji rizik da će sistem biti korišten djelimično ili nepravilno.

**Percepcija koristi – nizak rizik:** Korisnici će imati direktne koristi od sistema: lakše praćenje produktivnosti, smanjenje gubitaka i jednostavnije donošenje odluka. Sistem omogućava automatska upozorenja u slučaju zdravstvenih anomalija kod krava ili neadekvatnih uslova u štali, što značajno povećava operativnu vrijednost i motiviše korisnike na aktivno korištenje.

### **8.5 Zakonska izvodljivost**

Sistem za pametnu farmu krava nije u sukobu sa zakonima Bosne i Hercegovine, ali zahtijeva usklađenost sa relevantnim pravnim propisima. Ključni zakoni koji se moraju poštovati su:

- **Zakon o zaštiti ličnih podataka BiH** (“Službeni glasnik BiH”, br. 49/06, 76/11 i 89/11),
- **Zakon o zaštiti i dobrobiti životinja** (“Službeni glasnik BiH”, br. 25/09),
- **Zakon o zaštiti na radu** (“Službene novine FBiH”, br. 79/20),
- te drugi propisi koji uređuju oblast video-nadzora i sigurnosti informacija.

**Privatnost i video-nadzor – srednji rizik:** Sistem koristi video kamere za praćenje stanja životinja. Ukoliko kamere pokrivaju područja u kojima borave radnici, potrebno je jasno označiti da je prostor pod video-nadzrom i obavijestiti zaposlene o svrsi snimanja, u skladu sa Zakonom o zaštiti ličnih podataka. Snimci se smiju koristiti isključivo za praćenje dobrobiti životinja i sigurnost objekta, te se moraju čuvati ograničen vremenski period (npr. 30 dana), nakon čega se automatski brišu.

**Zaštita podataka i sigurnost – nizak rizik:** Svi podaci prikupljeni putem senzora i kamera moraju biti zaštićeni enkripcijom i pohranjeni na siguran server. Pristup podacima mora biti ograničen samo na ovlaštene osobe, uz primjenu autentifikacije i kontrolu pristupa. Ukoliko se koristi cloud pohrana, potrebno je osigurati

da se podaci nalaze na serverima koji ispunjavaju sigurnosne standarde EU (npr. GDPR-kompatibilni data centri).

**Dobrobit životinja – nizak rizik:** Zakon o zaštiti i dobrobiti životinja nalaže da životinje moraju biti zaštićene od nepotrebne patnje, povreda i stresa. Predloženi sistem doprinosi poštivanju tog zakona, jer omogućava rano otkrivanje bolesti i nadzor uslova u štali (temperatura, vlaga, kvalitet zraka). Senzori i uređaji koji se koriste moraju biti certificirani i ne smiju ugrožavati fizičko ili psihičko stanje životinje.

## 9 INTERVJU

### Intervju 1 — Tehnička perspektiva

**Intervjuisao:** Danijal Alibegović

**Datum/Vrijeme:** 14.11.2025 / 21:28

**Mjesto:** Farma Spreča / Sarajevo

**Tema:** Tehnički zahtjevi i arhitektura OIS – Smart Cow Farm

**Ispitanik:** IT inžinjer (razvoj i implementacija)

**Ukupno trajanje:** 33 minute

Vrijeme	Pitanje	Odgovor
3 min	<b>Koje su ključne komponente sistema i njihova uloga?</b>	Sistem se sastoji od tri glavna sloja. Video-analitika koristi kamere i AI modelle za neinvazivnu identifikaciju i praćenje ponašanja krava. IoT senzori prate okolišne uslove (temperatura, vlaga, NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> ) i podatke s mlijekarskih aparata. Centralna baza podataka i web aplikacija omogućavaju sigurno čuvanje, vizualizaciju, historiju i upravljanje alarmima. Komponente su povezane kroz standardne protokole (RTSP, MQTT, REST) i rade kao jedinstven nadzorni sistem.
3 min	<b>Koje performanse očekujete od AI modela za prepoznavanje krava?</b>	Model mora imati tačnost $\geq 95\%$ na test setu, raditi stabilno u različitom osvjetljenju i iz različitih uglova, te izvršiti identifikaciju u $\leq 2$ sekunde. Osim toga, očekuje se otpornost na prljavštinu, djelimičnu blokadu kamere i promjene izgleda životinje tokom vremena. Ručni override ostaje dostupan radi sigurnosti.
3 min	<b>Kako integrišete IoT senzore i koja je frekvencija očitanja?</b>	IoT uređaji se povezuju putem MQTT ili REST protokola prema centralnom brokeru/serveru. Senzori šalju očitanja svakih 5 minuta, uz dnevni gubitak paketa manji od 1%. Svaki senzor ima definisane pragove, politiku alarma i automatsku ponovnu kalibraciju. Sistem čuva historiju promjena radi audit traila.
4 min	<b>Kako će se pratiti zdravlje i ponašanje krava?</b>	Koristimo kombinaciju video-analitike i IoT signala: modeli detektuju promjene u kretanju, držanju, apetitu i abnormalnim obrascima ponašanja. IoT senzori dopunjaju sliku praćenjem okoliša. Sistem treba prepoznati anomaliju u $\geq 12$ sati za $\geq 90\%$ slučajeva, uz $\leq 5\%$ lažnih alarma. Svaka detekcija automatski se bilježi u profil životinje.

Vrijeme	Pitanje	Odgovor
3 min	<b>Kako funkcionišu upozorenja/notifikacije i prioriteti?</b>	Sistem generiše push, e-mail ili SMS notifikacije u $\leq 60$ sekundi nakon događaja. Postoje tri nivoa prioriteta: informativno, visoko i hitno. Korisnici mogu birati kanal i prag osjetljivosti, a svi alarmi se čuvaju u logu sa timestampom i kontekstom (krava, senzor, zona).
4 min	<b>Koje sigurnosne mjere primjenjujete u prijenosu i pohrani?</b>	Koristimo TLS 1.2+ za sav mrežni promet, HSTS za zaštitu browser pristupa, AES-256 za enkripciju podataka u mirovanju i bcrypt/Argon2 za hashiranje lozinki. Za administratore je obavezan 2FA. Sistem uključuje audit logove, kontrolu pristupa po rolamu i politiku jakih lozinki.
3 min	<b>Gledajući na backup i oporavak, koje RPO/RTO ciljeve ciljate?</b>	Implementiramo dnevne full i inkrementalne backup-e s ciljem $RPO \leq 15$ min i $RTO \leq 4$ h. Backup se automatski verifikuje i čuva na odvojenoj lokaciji, a procedura oporavka se testira kvartalno.
3 min	<b>Kakva je skalabilnost i performanse UI-a?</b>	UI i backend moraju podržati $\geq 50$ simultanih korisnika i obradu podataka za 1500+ krava bez degradacije. Standardne operacije (pregled, filtriranje, dashboard) moraju biti brže od 2s, dok napredne analitike moraju završiti za manje od 5s. Sistem je predviđen za horizontalno skaliranje po potrebi.
3 min	<b>Kako radi offline režim?</b>	Terenski uređaji keširaju podatke lokalno i izvršavaju rad bez mreže. Po ponovnom spajanju, automatski se pokreće sinhronizacija u roku $\leq 15$ min, uz rješavanje konflikata kroz pregled promjena. Offline režim uključuje osnovne funkcije kao unos i pregled zadataka.
4 min	<b>Kako ćete mjeriti kvalitet AI i planirati re-obuku?</b>	Kvalitet se mjeri kroz metrike: identifikacija $\geq 95\%$ , zdravlje/ponašanje $\geq 90\%$ , lažni alarmi $\leq 5\%$ . Periodično se skuplja novi dataset sa farme, a kompletna re-obuka modela radi se npr. svaka 3 mjeseca ili pri većim odstupanjima u performansama. Postoji definisana procedura A/B evaluacije novog modela.

## Intervju 2 — Operativna perspektiva

**Intervjujsao:** Tarik Mujkić

**Datum/Vrijeme:** 13.11.2025. / 13:12

**Mjesto:** Farma Spreča / Sarajevo

**Tema:** Svakodnevna upotreba sistema i operativni tokovi

**Ispitanik:** Član osoblja farme (zdravstveni nadzor)

**Ukupno trajanje:** 34 minute

Vrijeme	Pitanje	Odgovor
3 min	<b>Kako upisujete novu kravu i kako je sistem prepoznaće kasnije?</b>	Unosimo osnovne podatke i nekoliko referentnih fotografija. Sistem generiše jedinstveni ID i QR oznaku, a kasnija identifikacija se vrši automatski preko kamere korištenjem prepoznavanja šara dlake.
3 min	<b>Kako evidentirate proizvodnju mlijeka po muži?</b>	Podaci se automatski povlače sa muzačkih aparata i senzora sa tačnošću mjerjenja do $\leq 2\%$ . Po potrebi je moguće ručni unos koji se posebno označi u evidenciji.
4 min	<b>Šta radite kada sistem detektuje pad proizvodnje veći od 15%?</b>	Sistem generiše hitan alarm, automatski označava kravu i navodi moguće uzroke. Obavještava se veterinar, bilježi se intervencija i prema potrebi koriguje plan ishrane.
3 min	<b>Kako koristite trendove i prognoze u dashboardu?</b>	Dashboard prikazuje dnevne, sedmične i mjesечne trendove te prognoze rasta ili pada proizvodnje. Podatke izvozimo u PDF ili CSV jednim klikom za potrebe analize ili slanja upravi.
4 min	<b>Kako postupate po zdravstvenim upozorenjima (npr. estrus, stres)?</b>	Veterinar automatski dobija notifikaciju sa ID-om krave, opisom simptoma i kratkim videosnimkom. Može potvrditi ili odbaciti upozorenje, a sistem potom prati terapiju i dalji status životinje.
4 min	<b>Kako koristite modul zadataka u svakodnevnoj organizaciji posla?</b>	Zadaci se kreiraju i dodjeljuju radnicima, uz automatske notifikacije i praćenje vremena i utrošenih resursa. Rutinski poslovi poput hranjenja i čišćenja generišu se automatski prema definisanim rasporedima.
3 min	<b>Koje izvještaje dobijate i kome ih šaljete?</b>	Sistem generiše standardne izvještaje o proizvodnji, zdravlju i reprodukciji za manje od 30 sekundi. Izvještaji mogu biti zakazani za automatsko slanje menadžmentu ili veterinarima.
3 min	<b>Koliko je interfejs jednostavan i kakva vam je obuka potrebna?</b>	Dizajniran je tako da 90% svakodnevnih zadataka bude obavljeno u najviše 3 klika. Planirana je kratka praktična obuka na licu mesta, uz interaktivne tutorijale u samoj aplikaciji.
3 min	<b>Šta radite kada nema interneta?</b>	Aplikacija radi offline i omogućava unos svih podataka. Čim se veza vrati, sistem automatski sinhronizuje sve unose u roku od najviše 15 minuta.
4 min	<b>Kako se poštuje privatnost zaposlenih i video-nadzor?</b>	Svi nadzirani prostori su jasno označeni, a svrha video-nadzora transparentno komunicirana. Snimci se čuvaju ograničen vremenski period, na primjer 30 dana, uz strogu kontrolu pristupa.

## Intervju 3 — Upravljanje i finansije

Intervjuisao: Danijal Alibegović

Datum/Vrijeme: 15.11.2025 / 16:06

Mjesto: Uprava farme / Sarajevo

Tema: Budžet, koristi, ROI i plan digitalizacije

Ispitanik: Menadžer farme / finansijski direktor

Ukupno trajanje: 34 minute

Vrijeme	Pitanje	Odgovor
3 min	<b>Koji je okvirni budžet za razvoj?</b>	Ukupan početni trošak iznosi 219.500 KM: razvojni tim 120.000 KM, hardver i instalacija 91.500 KM, softver 3.000 KM i računarska oprema 5.000 KM.
4 min	<b>Koji su glavni stavovi opreme?</b>	Oprema uključuje: 15 IP66 4K kamere, oko 100 senzora (temperatura, vlaga, količina mlijeka), 2 NAS servera, mrežnu infrastrukturu i UPS.
4 min	<b>Koliki su očekivani godišnji troškovi održavanja?</b>	Troškovi održavanja: 51.820 KM u prvoj godini, zatim rastu do 67.415 KM. Ukupan petogodišnji trošak: 297.551 KM.
4 min	<b>Kakve finansijske koristi očekujete i kada je BEP?</b>	Ukupna korist za pet godina: 680.000 KM. ROI = 31,51%. NPV = 64.742 KM (diskont 8%). BEP nakon 3,74 godine.
2 min	<b>Rok implementacije i potreban tim?</b>	Realizacija traje 4–6 mjeseci uz tim od 6+ članova.
3 min	<b>Koja je poslovna vrijednost digitalizacije?</b>	Povećanje proizvodnje, ranija detekcija bolesti, manji gubici, optimizacija ishrane i bolja efikasnost rada, što donosi dodatni profit od 50k do 200k KM godišnje.
3 min	<b>Koje KPI-eve ćete pratiti?</b>	Povećanje proizvodnje po kravi 10–15%, smanjenje gubitaka $\geq 30\%$ , vrijeme reakcije na alarme, sistemski uptime $\geq 99\%$ .
4 min	<b>Glavni rizici i mjere ublažavanja?</b>	Rizici uključuju trošak obrade video-streamova koji se rješava cloud skaliranjem, kontinuitet obuke korisnika, te sigurnost. Mjere ublažavanje koje planiramo koristiti su: TLS, AES-256, 2FA, redovni backupi i monitoring opreme.
3 min	<b>Usklađenost sa zakonima i privatnošću?</b>	Poštovanje zaštite ličnih podataka, dobrobiti životinja i video-nadzora; ograničena retencija snimaka (npr. 30 dana).
3 min	<b>Plan širenja i integracija?</b>	Otvoren REST API za integracije (mljekara ERP, veterinarski IS); modularna arhitektura omogućava budući rast i skaliranje.

## 10 UPITNIK ZA ANALIZU ZAHTJEVA

U nastavku slijedi primjer upitnika kojim bi se analizirala potreba za ovakvim informacionim sistemom i stavovima korisnika koji bi njime upravljali.

---

Poštovani,

U okviru razvoja informacionog sistema za pametnu farmu krava, molimo Vas da izdvojite nekoliko minuta za popunjavanje ovog upitnika. Vaše mišljenje i iskustvo su od ključnog značaja za razvoj sistema koji će najbolje odgovarati potrebama moderne farme. Upitnik je anoniman, a prikupljeni podaci će se koristiti isključivo u svrhu analize zahtjeva za razvoj sistema.

Zahvaljujemo Vam na saradnji!

### 10.1 Opšti podaci

1. **Vaša uloga na farmi:** Vlasnik farme, Upravitelj/menadžer, Veterinar, Radnik na farmi, Drugo
2. **Veličina farme (broj grla):** Do 50 krava, 51-100 krava, 101-200 krava, 201-500 krava, Više od 500 krava
3. **Koliko dugo se bavite stočarstvom?** Do 2 godine, 3-5 godina, 6-10 godina, 11-20 godina, Više od 20 godina

### 10.2 Trenutno stanje i izazovi

4. **Kako trenutno vodite evidenciju o kravama na farmi?** Ručno (papir, bilježnice), Excel/Google Sheets, Specijalizovani softver, Kombinacija navedenog, Ne vodim detaljnu evidenciju
5. **Koji su trenutno najveći izazovi u upravljanju farmom? (možete odabrat više odgovora)** Praćenje zdravstvenog stanja životinja, Praćenje proizvodnje mlijeka, Organizacija ishrane, Praćenje reprodukcije, Evidencija veterinarskih intervencija, Administracija i dokumentacija, Nedostatak vremena za sve poslove, Drugo
6. **Koliko često se susrećete sa problemom kasnog otkrivanja bolesti kod krava?** Vrlo često, Često, Povremeno, Rijetko, Nikada

### 10.3 Potrebe i očekivanja od novog sistema

7. **Koje podatke o kravama smatrate najvažnijim za praćenje? (rangirati od 1-5, gdje je 1 najvažnije)** Zdravstveno stanje, Proizvodnja mlijeka, Reprodukcija i telenja, Ishrana, Ponašanje i aktivnost
8. **Koje funkcionalnosti bi Vam bile najkorisnije u novom sistemu? (možete odabrat više odgovora)** Automatsko praćenje zdravstvenog stanja krava, Rano upozorenje na potencijalne zdravstvene probleme, Evidencija proizvodnje mlijeka po kravi, Praćenje ciklusa teljenja i osemenjavanja, Digitalna istorija svake krave, Automatsko generisanje izvještaja, Praćenje troškova po kravi, Upravljanje zalihami hrane i lijekova, Mobilna aplikacija za pristup podacima, Drugo
9. **Koliko bi Vam bilo važno da sistem koristi AI za analizu i preporuke?** Veoma važno, Važno, Neutralno, Nije prioritet, Nepotrebno
10. **Koje parametre biste željeli da AI analizira kod krava? (možete odabrat više odgovora)** Temperatura tijela, Aktivnost i kretanje, Apetit i unos hrane, Proizvodnja mlijeka, Ponašanje, Fizički izgled, Drugo

### 10.4 Tehnički aspekti

11. **Koji uređaji su dostupni na Vašoj farmi? (možete odabrat više odgovora)** Računar, Tablet, Pametni telefon, Internet konekcija, Kamere, Senzori (temperatura, vlažnost, itd.), Nemam ništa od navedenog
12. **Koliko često koristite tehnologiju?** Veoma često koristim tehnologiju, Umjereno često, Osnovno znanje, Rijetko koristim tehnologiju, Ne koristim tehnologiju
13. **Koliko bi sistem trebao biti jednostavan za korištenje?** Maksimalno jednostavan, bez tehničkih

detalja, Relativno jednostavan, sa osnovnim funkcijama, Može imati napredne funkcije, ako su dobro objašnjene, Preferiram kompleksne sisteme sa mnogo opcija

## 10.5 Implementacija i podrška

**14. Koliko brzo biste željeli da se naviknete na novi sistem?** Odmah, uz minimalnu obuku, U roku od nekoliko dana, U roku od nekoliko sedmica, Spreman/na sam uložiti više vremena za obuku

**15. Koja vrsta podrške bi Vam bila potrebna? (možete odabratи više odgovora)** Video tutorijali, Pisana uputstva, Telefonska podrška, Podrška uživo/na licu mesta, Online chat podrška, Redovne obuke

**16. Koliko često biste željeli primati izvještaje o stanju farme?** Dnevno, Sedmično, Mjesečno, Po potrebi/na zahtjev, Ne trebaju mi automatski izvještaji

## 10.6 Dodatna pitanja

**17. Koje dodatne funkcionalnosti biste željeli vidjeti u sistemu?**

**18. Postoje li specifični problemi na Vašoj farmi koje biste željeli da novi sistem riješi?**

**19. Da li biste bili zainteresovani za učešće u testiranju sistema prije zvanične implementacije?**  
Da, Ne, Možda

**20. Dodatni komentari ili sugestije**

## 10.7 Kontakt informacije (opcionalno)

Ako želite da Vas kontaktiramo sa dodatnim pitanjima ili rezultatima analize, molimo Vas da ostavite svoje kontakt podatke.

*Hvala Vam što ste izdvojili vrijeme za popunjavanje upitnika!*

---

## 11 ANALIZA DOKUMENATA

U nastavku su opisani ključni dokumenti koji nastaju u radu pametne farme i koje predloženi informacioni sistem treba da podrži, evidentira ili automatski generiše.

### Karton krave (evidencija krava)

Ovaj dokument predstavlja centralni dosije svake krave u stadu i koristi se pri registraciji, praćenju proizvodnje i zdravlja.

Elementi dokumenta su sljedeći:

- Jedinstveni ID krave (AI/QR kod, ušni broj)
- Ime / oznaka krave
- Rasa
- Datum rođenja i datum dolaska na farmu
- Porijeklo (rođena na farmi / kupljena, ID majke)
- Trenutni status (u laktaciji, steona, zasušena, telad, otpisana)
- Početna težina i procijenjena trenutna težina
- Kratak opis izgleda i referentne fotografije (šara fleka)
- Prosječna dnevna proizvodnja mlijeka
- Napomene (specifičnosti, alergije, posebni tretmani)

### Karton zdravstvenog stanja krave

Za svaku kravu vodi se detaljan karton zdravstvenog stanja koji objedinjuje podatke koje je detektovao AI sistem i intervencije veterinara.

Elementi dokumenta su sljedeći:

- Jedinstveni ID krave
- Datum i vrijeme pregleda ili upozorenja sistema
- Razlog otvaranja slučaja (AI detekcija, vizuelni pregled, pad proizvodnje i sl.)
- Opis simptoma i poremećaja ponašanja
- Rezultati AI analize (tip anomalije, nivo rizika)
- Dijagnoza veterinara
- Propisana terapija (naziv lijeka, doza, trajanje)
- Evidencija primjene terapije (datumi, odgovorno osoblje)
- Plan kontrolnih pregleda i preporuke
- Status slučaja (otvoren, u toku, zatvoren)
- Ime i prezime veterinara / odgovorne osobe

## **Evidencija proizvodnje mlijeka po kravi**

Ovaj dokument sumira sve podatke o muži(izdajanju mlijeka) i količini proizvedenog mlijeka za svaku kravu. Većina polja se automatski popunjava preuzimanjem podataka sa sistema za mužu.

Elementi dokumenta su sljedeći:

- Jedinstveni ID krave
- Datum muže
- Vrijeme početka i završetka muže
- Količina proizvedenog mlijeka (litri)
- Prosječan protok mlijeka
- Temperatura mlijeka na izlazu
- Broj muzne stanice / linije
- Način unosa podataka (automatski / ručni)
- Detektovana odstupanja (pad ili rast proizvodnje u odnosu na prosjek)
- Napomene (nepotpuna muža, tehnički kvar i sl.)

## **Evidencija uslova u štali (senzorska očitanja)**

Ovaj dokument predstavlja zapis očitanja IoT senzora koji prate okolišne uslove u štali i eventualna alarmantna stanja.

Elementi dokumenta su sljedeći:

- Datum i vrijeme očitanja
- Oznaka štale / zone
- Temperatura zraka
- Relativna vlažnost
- Koncentracija amonijaka ( $\text{NH}_3$ ) i  $\text{CO}_2$
- Oznaka senzora ili uređaja
- Informacija o eventualnom prekoračenju pragova (normalno / upozorenje / kritično)
- Ime i prezime osobe koja je reagovala na alarm (ako postoji intervencija)

## **Radni nalog / zadatak osoblju farme**

Na osnovu detekcija sistema ili plana rada generiše se radni nalog koji se dodjeljuje konkretnom članu osoblja.

Elementi dokumenta su sljedeći:

- Jedinstveni ID zadatka
- Naziv zadatka (npr. „Veterinarski pregled krave 1234“)
- Detaljan opis posla
- Povezana krava / grupa krava ili zona štale
- Prioritet zadatka (normalan, visok, hitan)
- Osoba koja je kreirala nalog (menadžer, veterinar, sistem)
- Dodijeljeni izvršilac / tim
- Datum i vrijeme kreiranja zadatka
- Rok izvršenja
- Stvarno vrijeme početka i završetka
- Evidencija utrošenih resursa (lijekovi, hrana, materijal, radni sati)
- Status zadatka (planiran, u toku, završen, odgođen)
- Napomene i komentari nakon izvršenja

## **Hitno upozorenje o stanju krava ili uslova na farmi**

Kada sistem detektuje kritično odstupanje (bolest, nagli pad proizvodnje, loše uslove u štali), generiše se dokument – obavijest o hitnom upozorenju.

Elementi dokumenta su sljedeći:

- Tip upozorenja (zdravstveni incident, pad proizvodnje, okolišni problem)
- Nivo kritičnosti (informativno, visoko, HITNO)
- ID krave ili zone na koju se upozorenje odnosi
- Kratki opis problema i razlog aktiviranja (AI nalaz, senzorsko očitanje)
- Datum i vrijeme detekcije
- Kanali preko kojih je upozorenje poslano (SMS, e-mail, mobilna aplikacija)
- Osoba koja je preuzeila slučaj
- Vrijeme prve reakcije
- Preduzete mjere (npr. izolacija životinje)
- Trenutni status upozorenja (u obradi, riješeno, lažni alarm)

## **Evidencija zaposlenih i korisnika sistema**

Ovaj dokument sadrži osnovne podatke o zaposlenima na farmi i njihovim korisničkim nalozima u informacionom sistemu.

Elementi dokumenta su sljedeći:

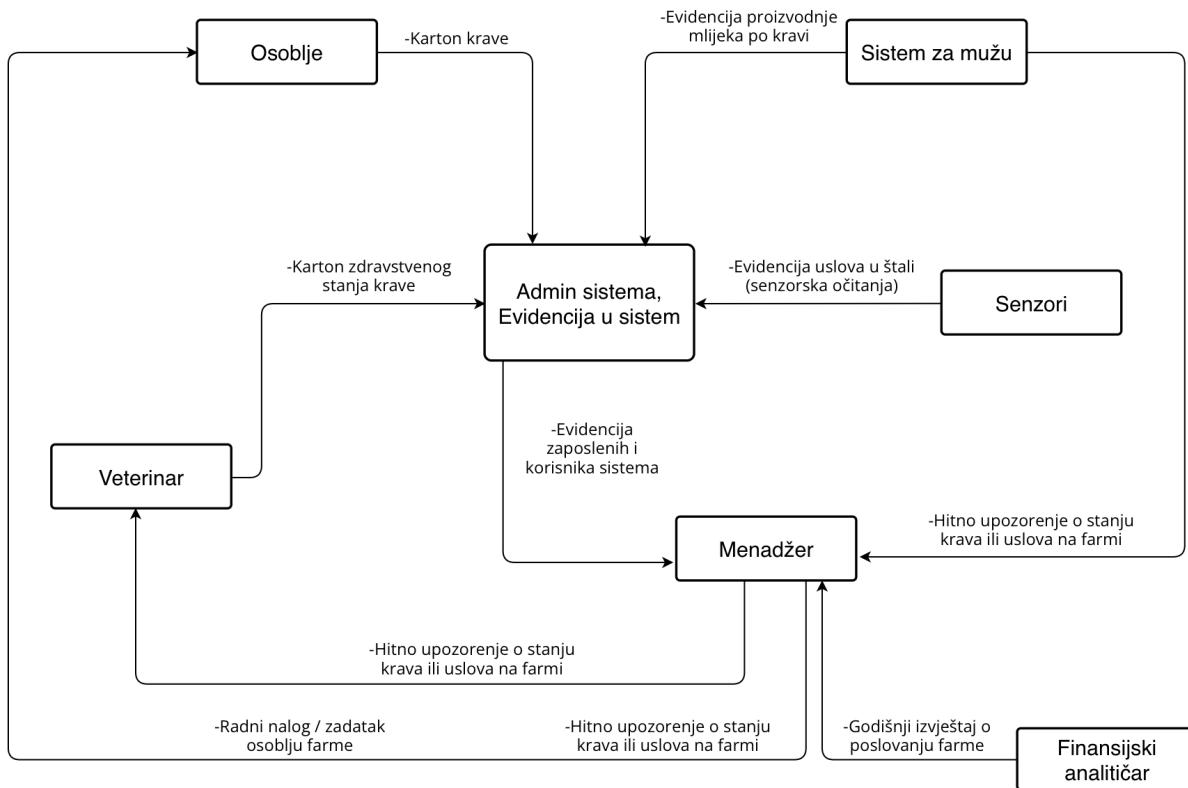
- Ime i prezime zaposlenog
- Radno mjesto / uloga (administrator, menadžer, veterinar, osoblje farme, finansijski analitičar)
- Korisničko ime u sistemu
- Kontakt podaci (telefon, e-mail)
- Datum zaposlenja
- Odgovorni odjel ili smjena
- Nivo ovlaštenja u sistemu
- Status naloga (aktivan, blokiran, arhiviran)
- Napomene (posebne kompetencije, ovlaštenja)

## **Godišnji izvještaj o poslovanju farme**

Godišnji izvještaj sumira ključne pokazatelje rada pametne farme i koristi se za strateško planiranje i izvještavanje prema vlasnicima i partnerima.

Elementi dokumenta su sljedeći:

- Ukupan broj grla i broj muznih krava
- Ukupno proizvedena količina mlijeka u godini
- Prosječna proizvodnja mlijeka po kravi
- Broj telenja, slučajeva bolesti i smrti
- Ukupni troškovi liječenja i veterinarskih intervencija
- Ukupni troškovi hrane i ostalih potrošnih resursa
- Ostvareni prihodi od mlijeka i drugih proizvoda
- Ostvareni profit i poređenje sa prethodnom godinom
- Ključni uočeni trendovi (na osnovu AI analize) i preporuke za naredni period
- Vrijeme i mjesto podnošenja izvještaja
- Ime i prezime odgovorne osobe i potpis



Dijagram analize dokumenata

## 12 DEFINICIJA ZAHTJEVA

Ova sekcija definiše skup funkcionalnih i nefunkcionalnih zahtjeva za IS pametne farme krava. Svaki zahtjev ima jedinstveni identifikator, prioritet (MoSCoW: M/S/C) i mjerljive kriterije prihvatanja.

### 12.1 Funkcionalni zahtjevi

ID	Opis	Prio	Kriteriji prihvatanja
FR-01	Registracija i evidencija krava (osnovni biom., porijeklo, datum rođenja/dolaska, status).	M	<ul style="list-style-type: none"><li>Unos traje <math>\leq 3</math> min po kravi</li><li>Polja validirana; duplikat se sprečava</li><li>Generiše se jedinstveni ID i QR kod</li></ul>
FR-02	Neinvazivno <b>prepoznavanje jedinki</b> kamerom i AI (fleke).	M	<ul style="list-style-type: none"><li>Tačnost identifikacije <math>\geq 95\%</math> (test set)</li><li>Vrijeme prepoznavanja <math>\leq 2</math> s po jedinki</li><li>Ručna potvrda/override uz log</li></ul>
FR-03	Automatska <b>evidencija proizvodnje mlijeka</b> po muži (integracija sa aparatima/senzorima).	M	<ul style="list-style-type: none"><li>Mjerenje greške <math>\leq 2\%</math></li><li>Bilježi svaku mužu (vrijeme, trajanje, količina)</li><li>Podržan manualni unos sa označkom</li></ul>
FR-04	<b>Trendovi i prognoze proizvodnje</b> (dnevno/sedmično/mjesečno po kravi i stadu).	S	<ul style="list-style-type: none"><li>Dashboard prikazuje trend i YoY/MoM poređenja</li><li>Export kao PDF/CSV u jednom kliku</li></ul>
FR-05	<b>Monitoring zdravlja i ponašanja</b> (video + IoT + analitika).	M	<ul style="list-style-type: none"><li>Detekcija anomalije u <math>&lt; 12</math> h za <math>\geq 90\%</math> slučajeva</li><li>Stopa lažnih alarma <math>&lt; 5\%</math></li><li>Svaki slučaj vezan uz profil krave i historiju</li></ul>
FR-06	<b>Integracija IoT senzora</b> (temperatura, vлага, NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> ).	M	<ul style="list-style-type: none"><li>Očitavanje najmanje svaka 5 min</li><li>Gubitak paketa <math>&lt; 1\%</math> dnevno</li><li>Pragovi i alarmne politike konfigurabilni</li></ul>

FR-07	<b>Upozorenja i notifikacije</b> (push/e-mail/SMS) po prioritetu.	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Slanje u <math>\leq 60</math> s od događaja</li> <li>Prioriteti: inform., visoko, HITNO</li> <li>Personalizacija kanala po korisniku</li> </ul>
FR-08	<b>Upravljanje zadacima</b> (kreiranje, dodjela, praćenje, statusi).	S	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dodjela zadatka u <math>\leq 3</math> min</li> <li>Evidencija vremena i resursa</li> <li>Veza sa krovom/zonama/senzorima</li> </ul>
FR-09	<b>Generisanje izvještaja</b> (proizvodnja, zdravlje, reprodukcija, resursi).	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standardni izvještaji <math>&lt; 30</math> s</li> <li>Export: PDF, Excel/CSV</li> <li>Zakazivanje (dnevno/sedmično/mjesečno)</li> </ul>
FR-10	<b>Upravljanje korisnicima i ulogama</b> (RBAC).	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uloge: Admin, Menadžer, Veterinar, Osoblje, ReadOnly</li> <li>Audit svakog pristupa i promjene</li> <li>2FA obavezno za administratore</li> </ul>
FR-11	<b>Offline rad i sinhronizacija</b> za terenske uređaje.	S	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unosi dostupni offline</li> <li>Auto-sinhronizacija po povratku mreže</li> <li>Rješavanje konfliktova kroz pregled razlika</li> </ul>
FR-12	<b>Konfiguracija sistema</b> (pragovi, zone, uređaji, jedinice mjere).	S	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promjene bez restarta sistema</li> <li>Verziona kontrola konfiguracija</li> </ul>
FR-13	<b>Integracije</b> sa vanjskim sistemima (mljekara ERP, veterinarski IS).	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>REST API (JSON) sa dokumentacijom</li> <li>Webhook za događaje (alarm, završena muža)</li> </ul>
FR-14	<b>Kvalitet mlijeka</b> (npr. temperatura na izlazu, provjera odstupanja).	S	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pragovi po standardu korisnika</li> <li>Automatski alarm i blokada muže za kritične slučajeve</li> </ul>

FR-15	<b>Audit i revizija</b> (nepromjenjivi logovi aktivnosti).	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Čuvanje logova min. 24 mjeseca</li> <li>• Pretraga po korisniku, događaju i periodu</li> </ul>
-------	------------------------------------------------------------	---	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 12.2 Nefunkcionalni zahtjevi

ID	Kategorija	Zahtjev (mjera)	Provjera
NFR-01	Performanse (UI)	Latencija tipičnih operacija $< 2$ s; kompleksne (analitika/izvještaj) $< 5$ s.	Test mjerena
NFR-02	Dostupnost	Uptime sistema $\geq 99\%$ mjesечно; planirani prekidi najavljeni 48h ranije.	Monitoring
NFR-03	Skalabilnost	Horizontalno skalirati na $\geq 50$ simultanih korisnika i 1,500+ krava bez degradacije.	Load test
NFR-04	Pouzdanost senzora	Pouzdanost isporuke IoT podataka $\geq 99\%$ ; re-try i buffer na rubu (edge).	Test/Sim.
NFR-05	Sigurnost – prijenos	Šifrovanje u prijenosu TLS 1.2+; HSTS uključen.	Security scan
NFR-06	Sigurnost – pohrana	Podaci u mirovanju: AES-256; lozinke hashirane (Argon2 ili bcrypt $> 10$ rounds).	Code review
NFR-07	Pristup/Autentikacija	2FA za administratore; password politika $\geq 12$ znakova; session timeout 30 min.	Pen-test
NFR-08	Privatnost i usklađenost	Usklađeno sa GDPR gdje primjenjivo; <i>privacy by design</i> . Video snimci čuvaju se 30 dana.	Audit
NFR-09	Backup i oporavak	Dnevni full + inkrementalni backup; RPO $\leq 15$ min, RTO $\leq 4$ h.	DR drill
NFR-10	Upotrebljivost	90% tipičnih zadataka izvedivo u $\leq 3$ kliku; onboarding tutorijali.	UX test
NFR-11	Pristupačnost	Web klijent ispunjava WCAG 2.1 AA (kontrast, tastatura, alt opisi).	A11y review
NFR-12	Kompatibilnost	Podržani preglednici: zadnje 2 verzije Chrome/Edge/Firefox i Safari; responzivno 360–1920 px.	Cross-browser
NFR-13	Lokalizacija	Interfejs najmanje na <i>bs/hr/sr</i> i <i>en</i> ; lokalizovani datumi, jedinice i valute.	Pregled
NFR-14	Observability	Centralizovani logovi/metrici/alerti (CPU, latencija, greške); korelacija trace-ID.	Ops test
NFR-15	Kvalitet AI modela	ID tačnost $\geq 95\%$ ; zdravstvena detekcija $\geq 90\%$ ; lažni alarmi $< 5\%$ ; periodična re-obuka.	Eval set
NFR-16	Integrabilnost	Javne REST API rute sa OpenAPI specifikacijom; rate-limit i API ključ / OAuth2.	API test
NFR-17	Održavanje	Pokrivenost testovima $\geq 70\%$ kritičnog koda; CI/CD sa statičkom analizom.	CI izvještaj
NFR-18	Upravljanje podacima	Retencija poslovnih podataka konfigurabilna; audit trail $\geq 24$ mjeseca.	Audit
NFR-19	Offline režim	Klijent kešira zapise i sinhronizuje u $\leq 15$ min nakon povratka mreže.	Field test

NFR-20	Etika i dobrobit	AI odluke objasnjive (razlog alarma); sistem minimizira stres životinja (bez invazivnih tagova).	Review
--------	------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

### 12.3 Ograničenja i pretpostavke

- Kamere pokrivaju  $\geq 95\%$  prostora štale; osvjetljenje zadovoljava preporučene nivoe.
- Senzori posjeduju certifikate i redovnu kalibraciju prema planu održavanja.
- Mrežna infrastruktura omogućava RTSP/MQTT sa stabilnim protokom i QoS politikama.

## 13 SLUČAJEVI UPOTREBE

US-1: Evidencija krava	
<b>Proces:</b>	Registracija i evidencija novih krava.
<b>ID:</b>	US-1
<b>Prioritet:</b>	Visoki
<b>Učestalost:</b>	5–10 puta mjesečno
<b>Učesnik:</b>	Osoblje farme, Administrator
<b>Opis:</b>	Unos osnovnih, biometrijskih i proizvodnih podataka o novoj kravi. Sistem automatski generiše jedinstveni ID na osnovu fleka.
<b>Trigger:</b>	Dolazak nove krave (kupovina, rođenje), potreba za ažuriranjem, migracija iz starog sistema.
<b>Preduvjeti:</b>	Autentifikovan korisnik sa dozvolom; sistem i baza dostupni.
<b>Normalan tok:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Otvaranje modula za evidenciju</li> <li>2. Prikaz formulara</li> <li>3. Unos osnovnih podataka (rođenje, rasa, porijeklo, matični broj, težina, reproduktivni status)</li> <li>4. Snimanje fotografija iz više uglova</li> <li>5. AI analizira raspored fleka i kreira biometrijski profil</li> <li>6. Validacija podataka</li> <li>7. Generisanje jedinstvenog ID-a i spremanje u bazu</li> <li>8. Prikaz potvrde registracije</li> <li>9. Automatsko kreiranje profila proizvodnje i zdravlja</li> <li>10. Generisanje QR koda</li> </ol>
<b>Alternativni tok:</b>	<p><i>A1 – Nevalidni podaci:</i> Sistem označava greške, korisnik ispravlja.</p> <p><i>A2 – Duplikat:</i> Detekcija duplikata; korisnik može ažurirati, nastaviti ili otuziljati.</p> <p><i>A3 – AI ne može prepoznati:</i> Traži dodatne fotografije; ako ne uspije, koristi se manuelna identifikacija.</p>
<b>Tok izuzetaka:</b>	<p><i>E1 – Greška baze:</i> Poništavanje transakcije, prikaz poruke.</p> <p><i>E2 – Gubitak konekcije:</i> Lokalno privremeno čuvanje.</p> <p><i>E3 – Neispravna kamera:</i> Korištenje mobilnog uređaja.</p> <p><i>E4 – Sistemski pad:</i> Automatski recovery.</p>
<b>Rezultat:</b>	Krava registrovana, generisan ID, kreiran profil, AI model ažuriran, poslata notifikacija administratoru.
<b>Ulazi/Izlazi:</b>	<p><i>Ulazi:</i> Osnovni podaci, fotografije krave.</p> <p><i>Izlazi:</i> ID, biometrijski profil, QR kod, potvrda, notifikacija.</p>

Tablica 10: Slučaj upotrebe US-1: Evidencija krava

US-2: Evidencija proizvodnje mlijeka	
<b>Proces:</b>	Automatsko i manuelno praćenje proizvodnje mlijeka po kravi.
<b>ID:</b>	US-2
<b>Prioritet:</b>	Kritični
<b>Učestalost:</b>	Vrlo često (1600–2400 muži dnevno).
<b>Učesnik:</b>	Osoblje farme, Administrator, Sistem za mužu
<b>Opis:</b>	Sistem automatski bilježi količinu mlijeka po muži, analizira trendove, detektuje odstupanja i generiše upozorenja. Podaci služe za optimizaciju ishrane i rano otkrivanje zdravstvenih problema.
<b>Trigger:</b>	Završena muža, signal iz sistema za mužu, manuelni unos, zahtjev za izvještaj.
<b>Preduvjeti:</b>	Krava je registrovana; sistem za mužu kalibriran; senzori aktivni; AI modul za prepoznavanje krave funkcionalan.
<b>Normalan tok:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Krava ulazi u boks</li> <li>2. AI prepoznaže kravu</li> <li>3. Učitava se profil i historija</li> <li>4. Započinje muža</li> <li>5. Senzori mjere protok i količinu</li> <li>6. Sistem bilježi količinu, trajanje, protok, kvalitet, vrijeme</li> <li>7. AI analizira podatke u realnom vremenu</li> <li>8. Poređenje sa historijom</li> <li>9. Ako je normalno → automatsko spremanje</li> <li>10. Ažuriraju se preporuke za ishranu</li> <li>11. Prikazuje se potvrda muža</li> <li>12. Ažuriranje dnevnih/sedmičnih/mjesečnih izvještaja</li> </ol>
<b>Alternativni tok:</b>	<p><i>A1 – Pad proizvodnje:</i> Pad <math>\geq 15\%</math>, alarm, notifikacija veterinaru/osoblju, označavanje krave, prijedlog uzroka.</p> <p><i>A2 – Povećana proizvodnja:</i> Porast <math>\geq 20\%</math>, pozitivna notifikacija, prilagodba ishrane.</p> <p><i>A3 – Manuelni unos:</i> Osoblje bira kravu i unosi količinu; unos se označava kao manuelan.</p> <p><i>A4 – Neprepoznata krava:</i> AI nesiguran → prikazuje top 3; osoblje bira; evidentira se manual override.</p>
<b>Izuzeci:</b>	<p><i>E1 – Senzor ne radi:</i> Manuelni unos, oznaka za servis.</p> <p><i>E2 – Kamera ne radi:</i> RFID ili manuelni unos.</p> <p><i>E3 – Prekid napajanja:</i> Automatski recovery, procjena količine.</p> <p><i>E4 – Greška baze:</i> Lokalno čuvanje, kasnija sinkronizacija.</p> <p><i>E5 – Loš kvalitet mlijeka:</i> Zaustavljanje muže, obavještavanje veterinara.</p>
<b>Rezultat:</b>	Podaci spremljeni, statistika ažurirana, generisani trendovi i prognoze, kreirani alarmi, podaci integrirani s modulom za ishranu.
<b>Ulazi/Izlazi:</b>	<p><i>Ulazi:</i> Identifikacija krave; senzori (količina, protok, temperatura).</p> <p><i>Izlazi:</i> Sačuvani podaci, trendovi, statistika, upozorenja, preporuke ishrane, izvještaji.</p>

Tablica 11: Slučaj upotrebe US-2: Evidencija proizvodnje mlijeka

US-3: Praćenje zdravstvenog stanja	
<b>Proces:</b>	Kontinuirani monitoring zdravstvenog stanja i ponašanja krava.
<b>ID:</b>	US-3
<b>Prioritet:</b>	Kritični
<b>Učestalost:</b>	24/7 (10–15 upozorenja dnevno)
<b>Učesnik:</b>	Veterinar, Administrator
<b>Opis:</b>	AI, video-analiza i IoT senzori kontinuirano prate vitale i ponašanje. Sistem automatski detektuje odstupanja i omogućava ranu intervenciju.
<b>Trigger:</b>	Kontinuirani monitoring; anomalije; pad mlijeka; promjena temperature; ručna provjera; zakazani pregled.
<b>Preduvjeti:</b>	Aktivne kamere i senzori; obučen AI model; krava ima profil; uspostavljena bazna linija; veterinar ima pristup.
<b>Normalan tok:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Prikupljanje podataka (video, temperatura, aktivnost, proizvodnja, interakcije)</li> <li>AI analiza svakih 30 min</li> <li>Poređenje s baznom linijom, stadom i historijom</li> <li>Ako je sve normalno → status „zdrava“, arhiviranje</li> <li>Ako postoji anomalija → povećana analiza, dodatni podaci, klasifikacija, alarm</li> <li>Slanje notifikacija veterinaru/osoblju (ID krave, simptomi, video, dijagnoza, preporuke)</li> <li>Veterinar verificira dijagnozu i propisuje tretman</li> <li>Osoblje izvršava tretman</li> <li>Sistem prati efikasnost terapije</li> <li>Povratak u normalan status</li> <li>Dokumentovanje slučaja za AI obuku</li> </ol>
<b>Alternativni tok:</b>	<p><i>A1 – Hitno:</i> Kritični simptomi, HITNO upozorenje, automatski poziv veterinara, SMS, fokusirani video nadzor.</p> <p><i>A2 – Lažni alarm:</i> Veterinar potvrđuje lažni alarm; AI dopunska obuka.</p> <p><i>A3 – Estrus:</i> Detekcija estrusa, označavanje krave, notifikacija inseminatoru, optimalno vrijeme.</p> <p><i>A4 – Grupna anomalija:</i> Više krava pokazuju simptome → alarm za epidemiju, izolaciju, obavještenje institucijama.</p>
<b>Izuzeci:</b>	<p><i>E1 – Kvar senzora/kamere:</i> Redundantni uređaji, servis.</p> <p><i>E2 – Nejasni AI rezultati:</i> Ručna provjera.</p> <p><i>E3 – Nedostupan veterinar:</i> Backup veterinar, eskalacija.</p> <p><i>E4 – Prekid napajanja:</i> UPS, mobilni pristup.</p> <p><i>E5 – Greška baze:</i> Lokalni log, hitna sinkronizacija.</p>
<b>Rezultat:</b>	Ažurirano zdravstveno stanje, kreirane notifikacije, dokumentovana dijagnoza i tretman, ažuriran karton, generisani izvještaji.
<b>Ulazi/Izlazi:</b>	<p><i>Ulazi:</i> Video, senzori (temperatura, aktivnost), proizvodnja, historija.</p> <p><i>Izlazi:</i> Status, upozorenja, dijagnoze, preporuke, zdravstveni zapisi, izvještaji.</p>

Tablica 12: Slučaj upotrebe US-3: Praćenje zdravstvenog stanja

US-4: Upravljanje zadacima	
<b>Proces:</b>	Kreiranje, dodjeljivanje i praćenje svakodnevnih i periodičnih zadataka na farmi.
<b>ID:</b>	US-4
<b>Prioritet:</b>	Srednji
<b>Učestalost:</b>	Često (20–50 novih dnevno, 100+ rutinskih mjesečno)
<b>Učesnik:</b>	Menadžer, Administrator, Osoblje farme
<b>Opis:</b>	Sistem centralizuje upravljanje zadacima, automatski generiše rutinske aktivnosti, prati izvršenje, bilježi resurse i integriše se s modulima zdravlja i proizvodnje.
<b>Trigger:</b>	Početak dana, kreiranje zadatka, sistemska upozorenja (vakcinacija, pregled), izmjena rasporeda, završetak zadatka.
<b>Preduvjeti:</b>	Aktivni korisnički pristup, registrovano osoblje, definisani tipovi/prioriteti zadataka, aktivan kalendar farme.
<b>Normalan tok:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menadžer otvara modul zadataka.</li> <li>2. Sistem prikazuje kalendar, aktivne zadatke, status i dostupnost osoblja.</li> <li>3. Menadžer kreira zadatak: tip, prioritet, opis, trajanje, resursi.</li> <li>4. Sistem predlaže dostupno osoblje prema kvalifikacijama, opterećenju, lokaciji i historiji.</li> <li>5. Menadžer dodjeljuje zadatak.</li> <li>6. Sistem validira dostupnost i konflikte.</li> <li>7. Sistem šalje notifikacije (push, email, dashboard).</li> <li>8. Osoblje prima i potvrđuje zadatak.</li> <li>9. Tokom izvršenja ažurira status, dodaje bilješke/fotografije, vrijeme i resurse.</li> <li>10. Po završetku označava zadatak kao završen.</li> <li>11. Menadžer odobrava završetak.</li> <li>12. Sistem arhivira zadatak i ažurira statistiku.</li> </ol>
<b>Alternativni tokovi:</b>	A1 – Automatski rutinski zadaci (hranjenje, muža, čišćenje). A2 – Zdravstveni zadatak: AI kreira hitan zadatak. A3 – Nedostupno osoblje: sistem predlaže zamjenu ili odgodu. A4 – Problem u izvršenju: osoblje prijavljuje, menadžer dobija obavijest. A5 – Odbijen završetak: menadžer vraća zadatak na doradu.
<b>Izuzeci:</b>	E1 – Sistemska kvar: ručno kreiranje i obavještavanje. E2 – Bez konekcije: lokalno čuvanje i kasnija sinhronizacija. E3 – Nema dostupnog osoblja: alarm i eskalacija. E4 – Konflikt prioriteta: automatsko rangiranje, menadžer odlučuje.
<b>Rezultat:</b>	Zadatak kreiran/dodijeljen, poslane notifikacije, ažuriran kalendar i dashboard, resursi rezervisani, evidencija izvršenja sačuvana.
<b>Ulazi / Izlazi:</b>	Ulazi: tip, prioritet, opis, trajanje, resursi, dodijeljeno osoblje. Izlazi: kreiran zadatak, notifikacije, ažuriran kalendar, evidencija izvršenja, statistika produktivnosti.

Tablica 13: Slučaj upotrebe US-4: Upravljanje zadacima

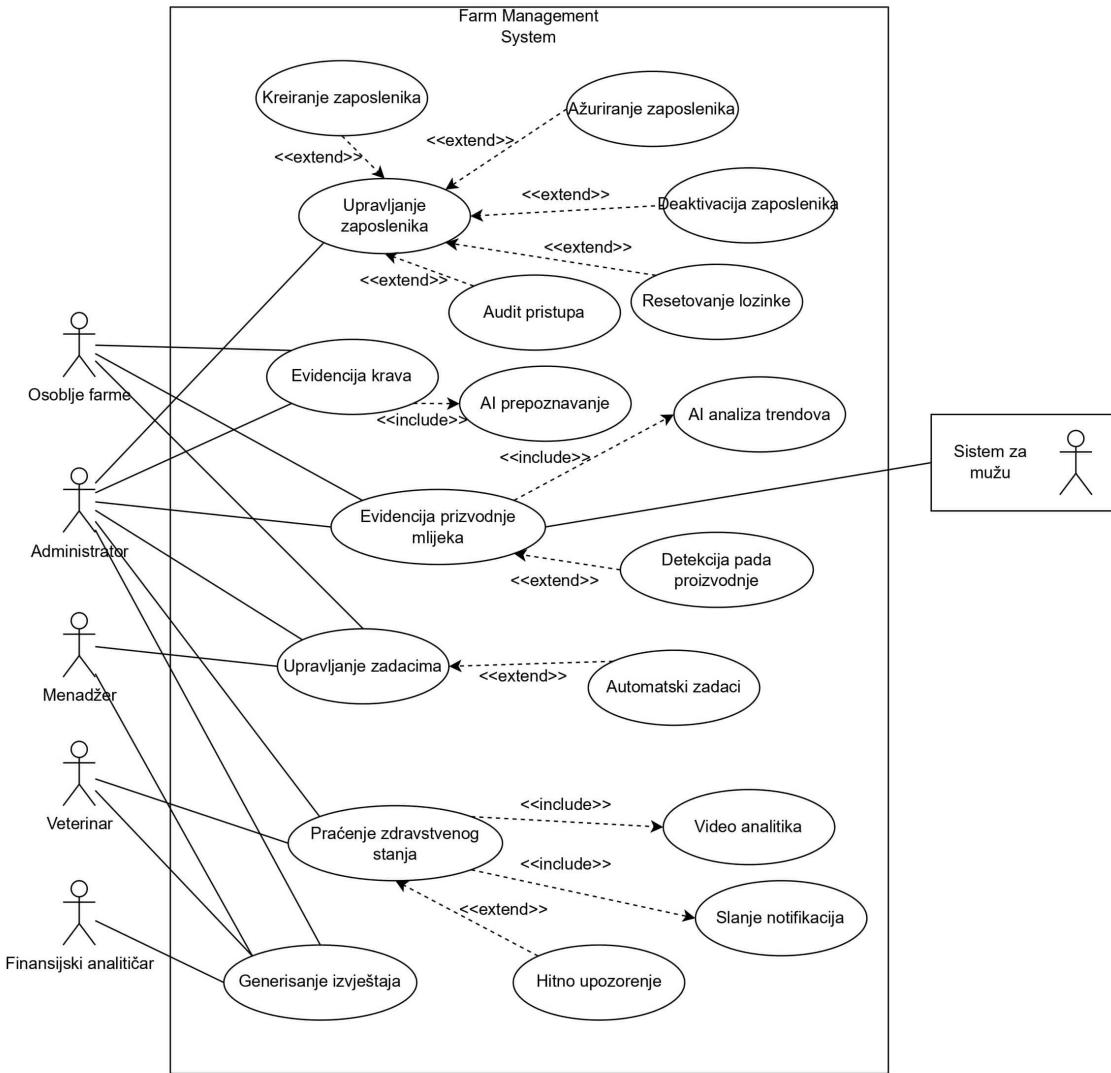
US-5: Generisanje izvještaja	
<b>Proces:</b>	Kreiranje analitičkih izvještaja o proizvodnji, zdravlju i performansama farme.
<b>ID:</b>	US-5
<b>Prioritet:</b>	Visoki
<b>Učestalost:</b>	Često (30–60 izvještaja mjesečno)
<b>Učesnik:</b>	Menadžer, Veterinar, Finansijski analitičar, Administrator
<b>Opis:</b>	Sistem generiše sveobuhvatne izvještaje uz automatsku agregaciju podataka, vizualizaciju trendova, prediktivnu analitiku i izvoz u više formata.
<b>Trigger:</b>	Manuelni zahtjev, automatski periodični izvještaji (dnevni/sedmični/mjesečni), kraj perioda, audit zahtjev, integracije.
<b>Preduvjeti:</b>	Korisnik ima prava pristupa; podaci dostupni; definisan period; analitički modul operativan.
<b>Normalan tok:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Korisnik otvara modul izvještaja.</li> <li>2. Sistem prikazuje tipove (proizvodnja, zdravlje, finansije, reprodukcija, resursi, efikasnost, kvalitet, komparacije).</li> <li>3. Korisnik bira tip izvještaja.</li> <li>4. Sistem nudi parametre: period, detaljnost, filtri, format, vizualizacije.</li> <li>5. Korisnik postavlja parametre i pokreće generisanje.</li> <li>6. Sistem provjerava dostupne podatke.</li> <li>7. Sistem vrši obradu: agregacija, statistike, vizualizacije, AI analiza trendova i predikcija.</li> <li>8. Generiše se izvještaj (summary, KPI-ovi, analize, vizualizacije, komparacije, prognoze, problemi, preporuke).</li> <li>9. Izvještaj se prikazuje u web interfejsu.</li> <li>10. Korisnik vrši interaktivnu analizu (drill-down, prilagođavanje grafova, komentari).</li> <li>11. Izvještaj se eksportuje.</li> <li>12. Sistem arhivira izvještaj.</li> <li>13. Kod periodičnih izvještaja zakazuje se sljedeći termin.</li> </ol>
<b>Alternativni tokovi:</b>	A1 – Nedostajući podaci (upozorenje, parcijalni izvještaj, odgoda, procjene). A2 – Custom izvještaj (builder: izvori, metrike, grafovi, layout, template). A3 – Automatsko zakazivanje (frekvencija, vrijeme, primaoci, format). A4 – Komparativna analiza (raniji period, prošla godina, industrijski prosjek). A5 – Sporo generisanje ( $> 30s \Rightarrow$ progress bar, notifikacija).
<b>Izuzeci:</b>	E1 – Greška u bazi (recovery, log, notifikacija). E2 – Timeout (predlaže smanjenje perioda/detalja). E3 – Neispravni parametri (validacija, sugestije). E4 – Nedovoljno prostora (čišćenje izvještaja $> 6$ mjeseci). E5 – Greška pri eksportu (alternativni format ili prikaz).
<b>Rezultat:</b>	Izvještaj generisan, vizualizovan, eksportovan, arhiviran; kreirane preporuke.
<b>Ulazi / Izlazi:</b>	Ulazi: tip izvještaja, period, filtri, detaljnost, format. Izlazi: izvještaj, vizualizacije, KPI-ovi, trendovi, prognoze, preporuke, eksportovan fajl.

Tablica 14: Slučaj upotrebe US-5: Generisanje izvještaja

US-6: Upravljanje korisnicima	
<b>Proces:</b>	Administracija korisničkih naloga, uloga i pristupnih prava.
<b>ID:</b>	US-6
<b>Prioritet:</b>	Visok (sigurnosno kritičan)
<b>Učestalost:</b>	Povremeno (2–5 novih mjesечно, 10–20 izmjena, 1–3 deaktivacije, kvartalne revizije).
<b>Učesnik:</b>	Administrator
<b>Opis:</b>	Sistem omogućava kreiranje, uređivanje, deaktivaciju i brisanje naloga uz RBAC model dozvola i detaljan audit log.
<b>Trigger:</b>	Novi zaposlenik, promjena uloge, odlazak zaposlenika, zahtjev za reset lozinke, sigurnosni incident, periodična revizija.
<b>Preduvjeti:</b>	Administrator je prijavljen, ima odgovarajuća prava; definisane uloge i politike pristupa; autentifikacijski sistem funkcionalan.
<b>Normalan tok:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Administrator otvara modul za upravljanje korisnicima.</li> <li>Sistem prikazuje listu korisnika i njihov status.</li> <li>Administrator bira kreiranje korisnika.</li> <li>Sistem prikazuje formular (osnovni podaci, uloga, odjel).</li> <li>Administrator unosi podatke i odabire ulogu.</li> <li>Sistem validira email i lozinku.</li> <li>Administrator podešava specifična prava.</li> <li>Sistem kreira nalog i generiše privremenu lozinku.</li> <li>Sistem šalje email za aktivaciju.</li> <li>Korisnik aktivира nalog i postavlja lozinku.</li> <li>Sistem bilježi događaj u audit log.</li> </ol>
<b>Alternativni tokovi:</b>	A1 – Ažuriranje korisnika. A2 – Deaktivacija naloga. A3 – Resetovanje lozinke. A4 – Masovni import (CSV). A5 – Revizija pristupa (neaktivni > 90 dana).
<b>Izuzevi:</b>	E1 – Email već postoji. E2 – Slaba lozinka. E3 – Neuspješno slanje emaila. E4 – Nedozvoljeno brisanje (aktivne obaveze). E5 – Sumnja na kompromitaciju → automatska blokada.
<b>Rezultat:</b>	Kreiran/ažuriran/deaktiviran nalog, ažurirane dozvole, poslane notifikacije i evidentiran audit log.
<b>Ulazi / Izlazi:</b>	Ulazi: korisnički podaci, uloga, dozvole. Izlazi: nalog, email obavijest, audit zapis, izvještaji.

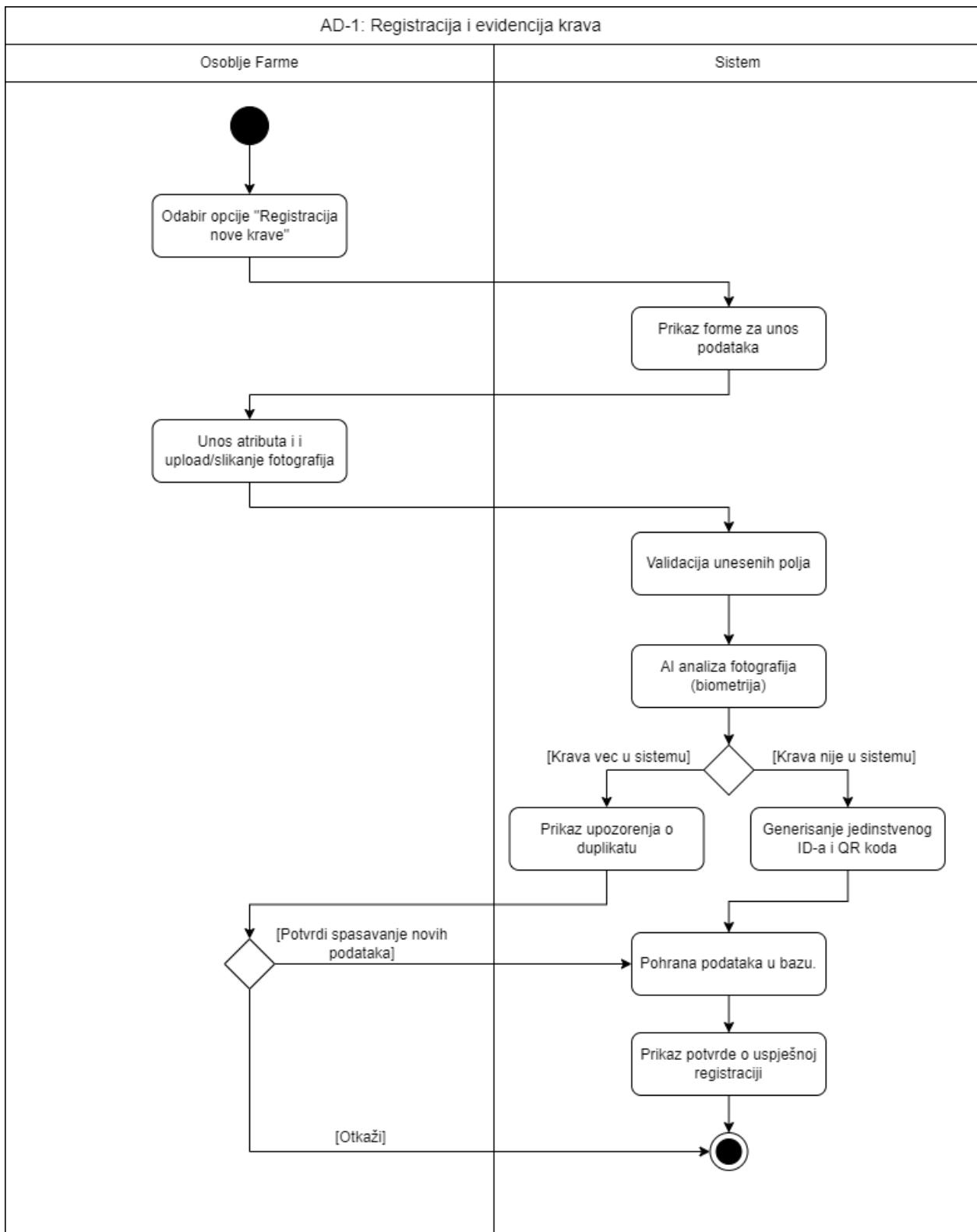
Tablica 15: Slučaj upotrebe US-6: Upravljanje korisnicima

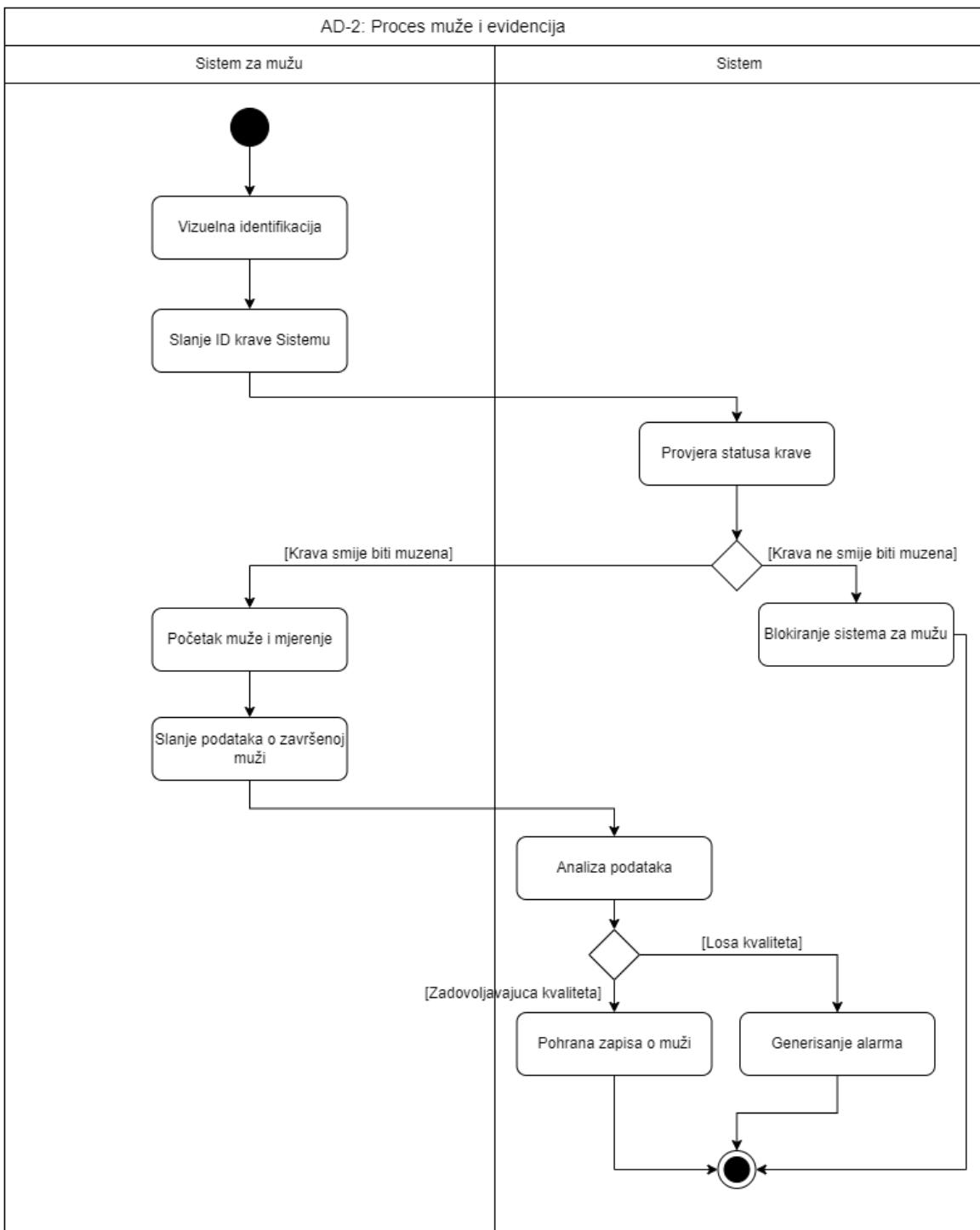
## 14 DIJAGRAM SLUČAJEVA UPOTREBE

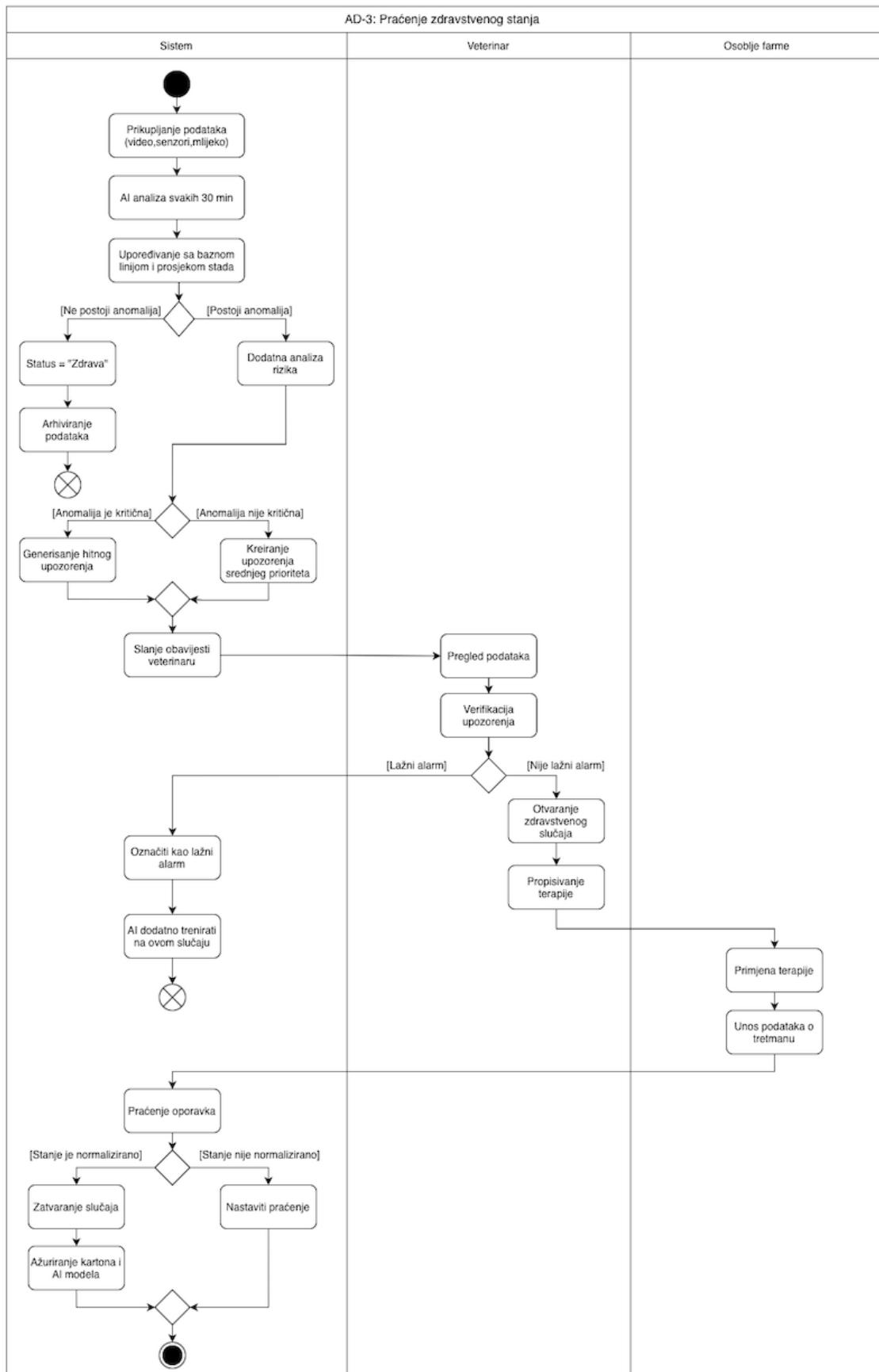


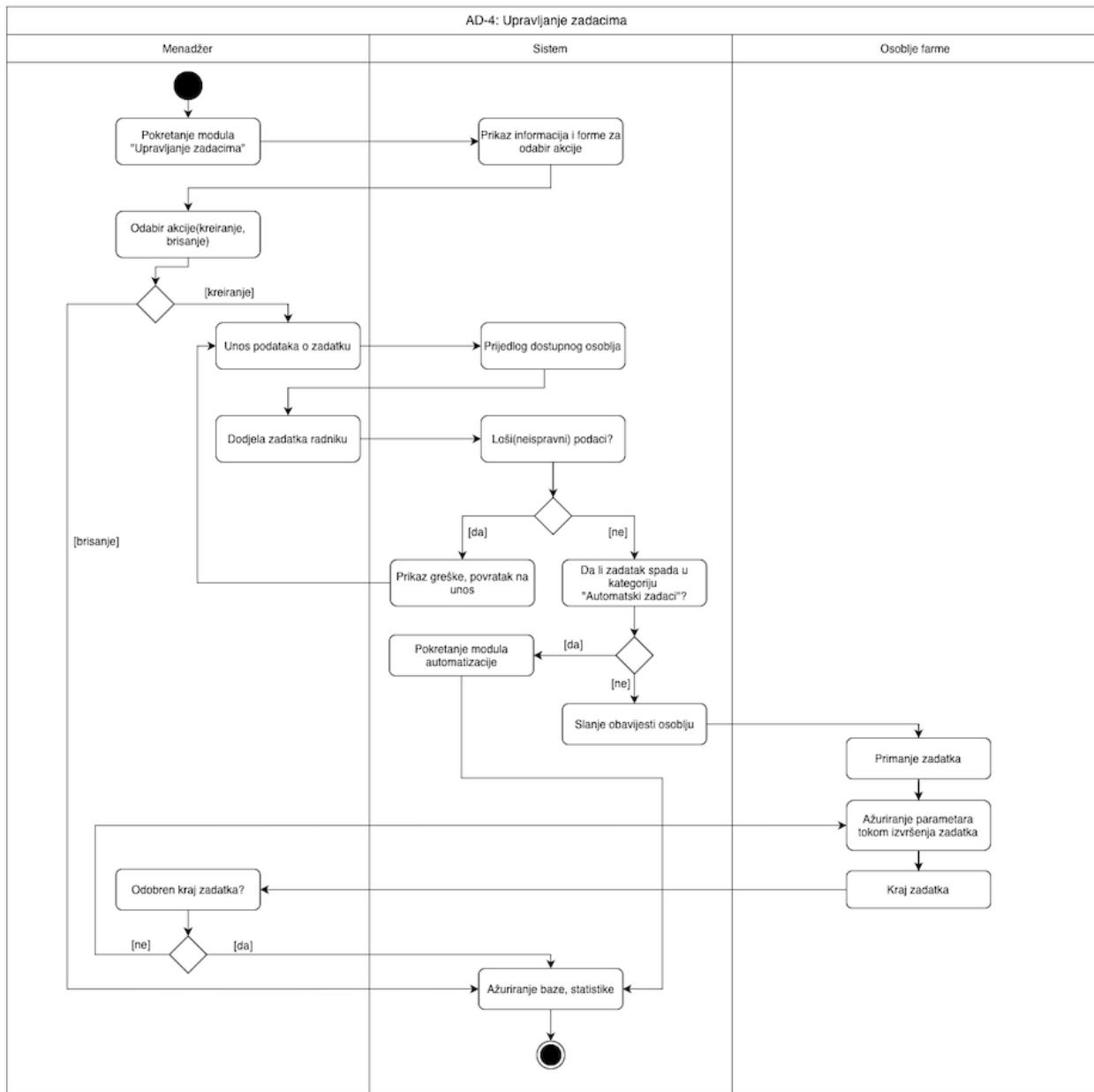
Slika 1: Dijagram slučajeva upotrebe

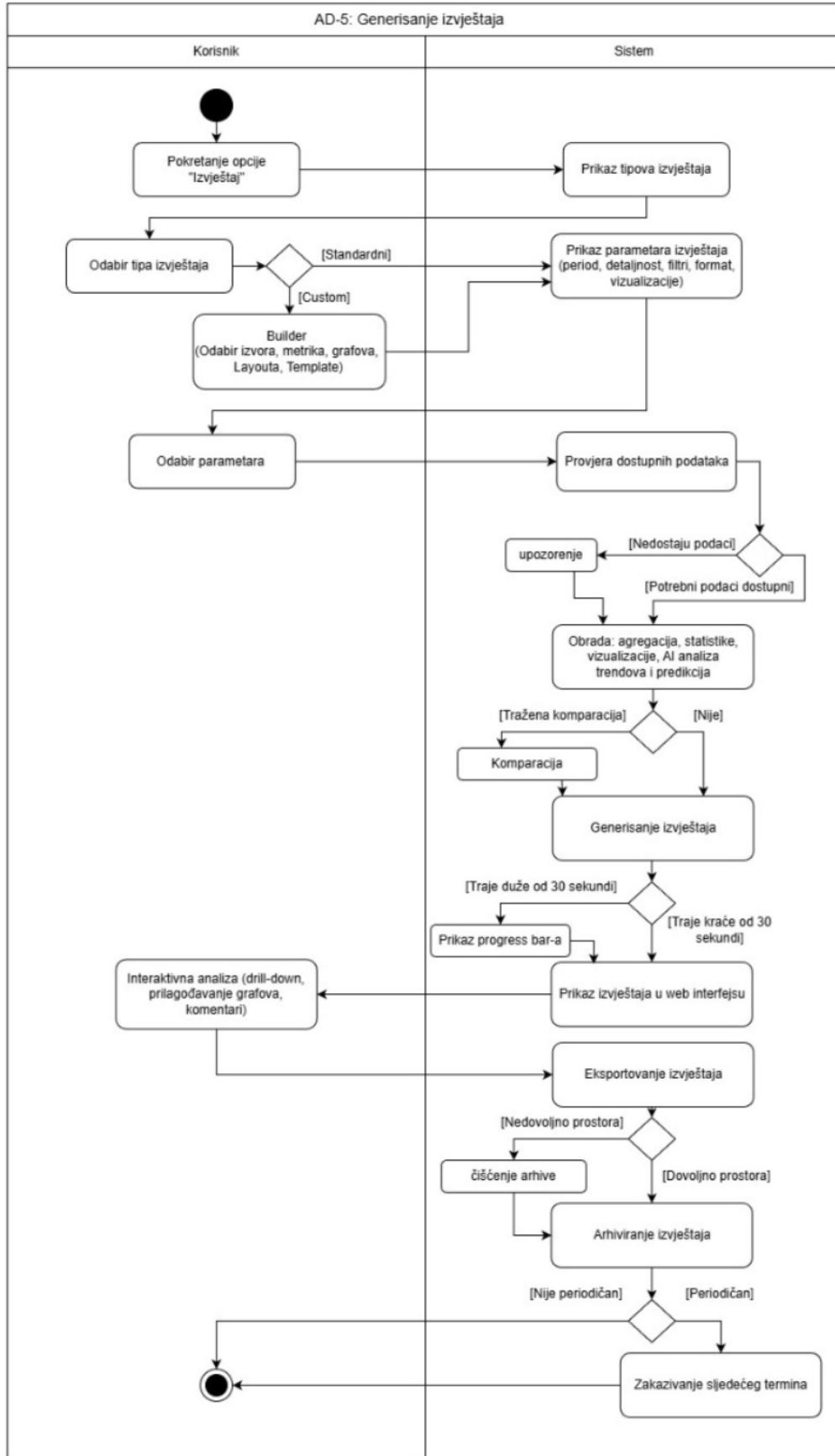
## 15 ACTIVITY DIJAGRAMI

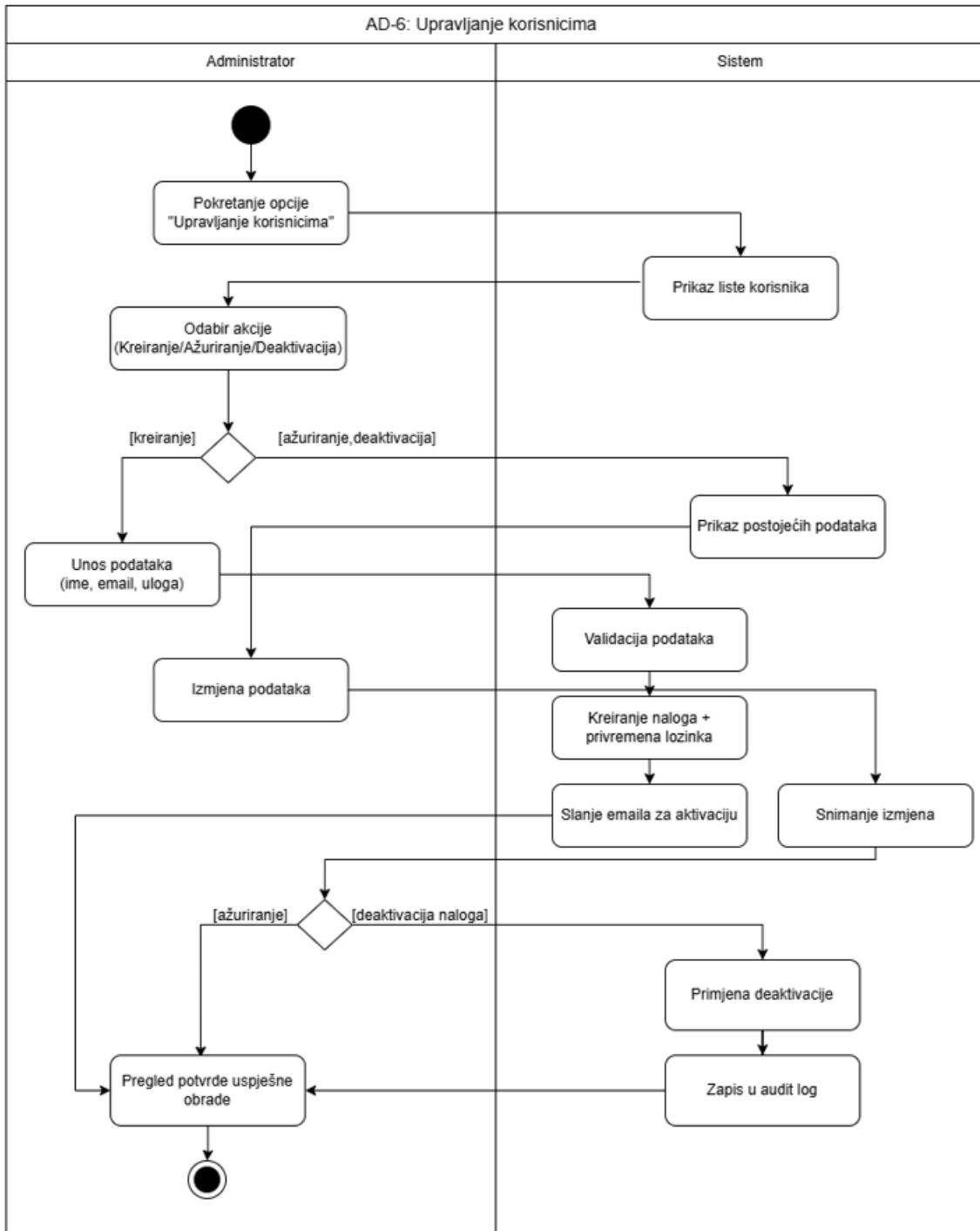












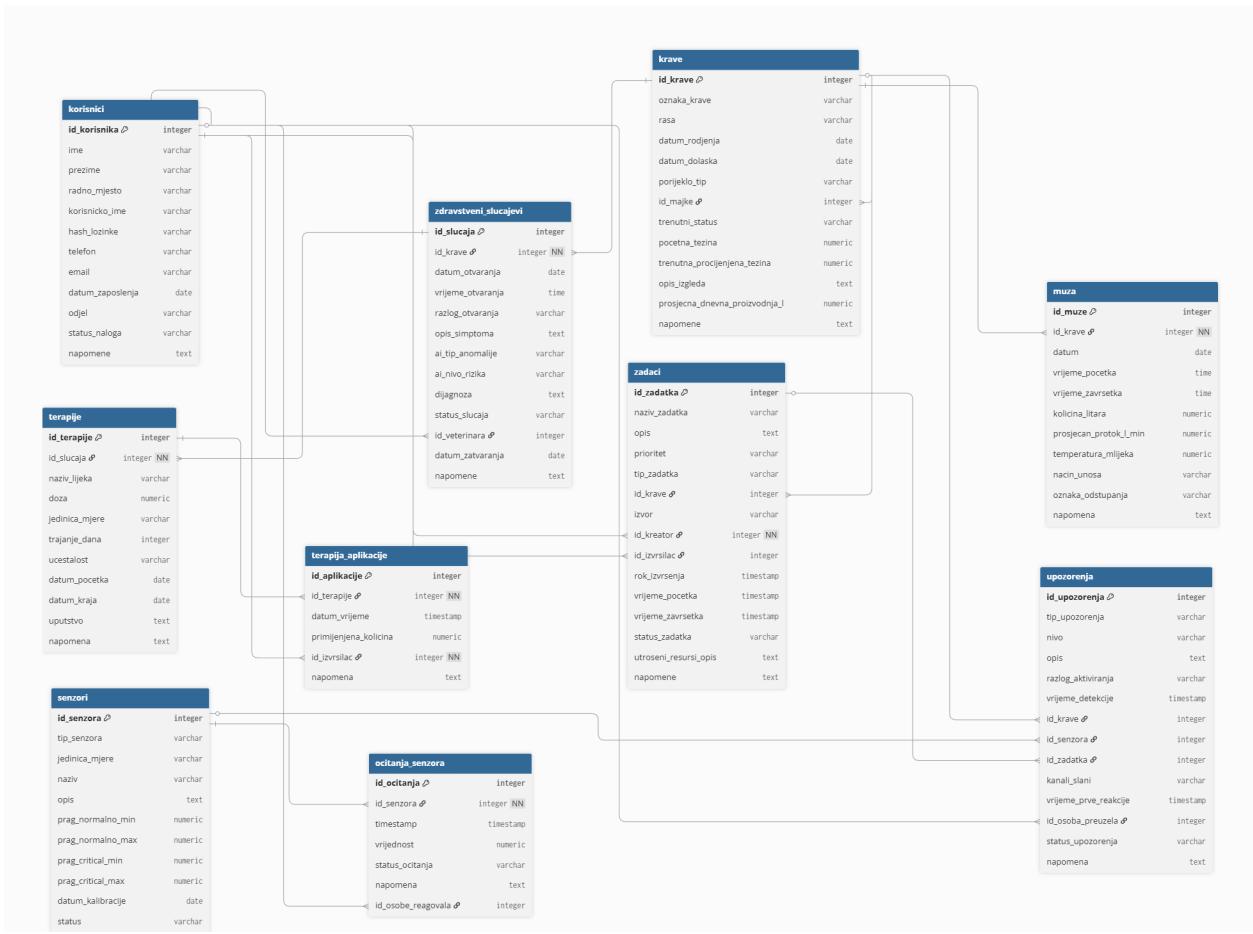
## 16 ERD DIJAGRAM BAZE PODATAKA

ERD (Entity–Relationship Diagram) prikazuje logički model baze podataka informacionog sistema „**OIS – Smart Cow Farm**“. Dijagram ilustruje glavne entitete, njihove atribute i veze koje među njima postoje, a nastao je na osnovu prethodno definisanih funkcionalnih i nefunkcionalnih zahtjeva sistema.

Na ERD dijagramu su posebno istaknuti sljedeći ključni entiteti:

- **KRAVA** – centralni entitet sistema, sadrži osnovne podatke o svakoj kravi (identifikacija, rasa, status, proizvodne karakteristike).
- **MUZA** – bilježi pojedinačne muže i količinu proizvedenog mlijeka po kravi.
- **ZDRAVSTVENI\_SLUCAJ** – evidencija zdravstvenih stanja i intervencija za svaku kravu.
- **TERAPIJA** i **TERAPIJA\_APLIKACIJA** – definiraju propisane terapije i svaku pojedinačnu primjenu lijeka.
- **SENZOR** i **OCITANJA\_SENZORA** – opisuju IoT senzore i historiju očitanja uslova okoline u štali.
- **ZADATAK** – radni nalozi za osoblje farme (veterinarski pregledi, hranjenje, čišćenje, održavanje).
- **UPOZORENJE** – sistemska obavještenja koja nastaju na osnovu AI analize, senzorskih očitanja ili pada proizvodnje.
- **KORISNIK** – svi korisnici sistema (administrator, menadžer, veterinar, osoblje farme) sa svojim nalozima i ovlaštenjima.

ERD dijagram osigurava da je struktura baze podataka usklađena sa procesima na farmi, omogućava normalizaciju podataka i olakšava kasniju implementaciju relacione baze podataka (npr. PostgreSQL ili MySQL).



Slika 2: ERD dijagram baze podataka sistema „OIS – Smart Cow Farm”

# 17 DIZAJN ARHITEKTURE

## 17.1 Odabir arhitekture

Za informacioni sistem „OIS – Smart Cow Farm” odabrana je **mikroservisna arhitektura** deployana na **K3s Kubernetes klasteru**. Ovaj izbor omogućava visoku dostupnost (High Availability), automatsko skaliranje servisa prema opterećenju, te jednostavno održavanje i nadogradnju pojedinačnih komponenti sistema bez prekida rada cjelokupne platforme.

### 17.1.1 Obrazloženje izbora

Mikroservisna arhitektura je odabrana iz sljedećih razloga:

- **Nezavisno skaliranje** – AI servisi za prepoznavanje krava i analizu zdravlja zahtijevaju GPU resurse i mogu se skalirati nezavisno od web aplikacije i API servisa
- **Izolacija grešaka** – kvar jednog servisa (npr. video procesiranja) ne utječe na rad ostalih komponenti sistema
- **Tehnološka fleksibilnost** – različiti servisi mogu koristiti najprikladnije tehnologije (Python za AI, Go/Rust za performanse, Node.js za real-time)
- **Kontinuirana isporuka** – omogućava nezavisno deplojanje i ažuriranje servisa bez downtime-a

### 17.1.2 K3s Kubernetes klaster

K3s je odabran kao lightweight Kubernetes distribucija optimizirana za edge computing i IoT okruženja, što je idealno za farmu koja kombinira cloud i lokalne resurse. Klaster se sastoji od:

- **3 control-plane čvora** – osiguravaju visoku dostupnost upravljačke ravni
- **N worker čvorova** – skaliraju se prema potrebama, uključujući GPU čvorove za AI workloade
- **Edge čvorovi na farmi** – za nisku latenciju kod obrade video streama i senzorskih podataka

## 17.2 Opis arhitekture sistema

Sistem je organiziran u sljedeće logičke slojeve i servise:

### 17.2.1 Prezentacijski sloj

- **Web aplikacija (SPA)** – React/Vue.js aplikacija za menadžment i osoblje farme
- **Mobile-responsive dizajn** – pristup putem mobilnih uređaja u štali
- **Real-time dashboard** – prikaz živih podataka sa senzora i upozorenja

### 17.2.2 API Gateway sloj

- **Traefik Ingress Controller** – rutiranje zahtjeva, SSL terminacija, rate limiting
- **REST API** – za CRUD operacije nad podacima, dokumentovano sa OpenAPI specifikacijom
- **WebSocket API** – za real-time notifikacije i live streaming podataka
- **Rate limiting** – zaštita od preopterećenja API-ja
- **Autentifikacija API-ja:** API ključevi za IoT uređaje, OAuth2 za eksterne integracije

### 17.2.3 Aplikacijski sloj (Mikroservisi)

1. **Auth Service** – autentifikacija (JWT tokeni), autorizacija, upravljanje korisnicima
2. **Cow Management Service** – CRUD operacije za krave, praćenje statusa
3. **Milk Production Service** – evidencija muža, statistika proizvodnje
4. **Health Service** – zdravstveni slučajevi, terapije, veterinarski pregledi
5. **Task Service** – upravljanje zadacima za osoblje
6. **Alert Service** – generisanje i distribucija upozorenja
7. **Sensor Service** – prijem i obrada IoT senzorskih podataka
8. **AI Inference Service** – prepoznavanje krava, analiza ponašanja, detekcija anomalija
9. **Video Processing Service** – obrada video streama sa kamera
10. **Notification Service** – email, SMS, push notifikacije
11. **Report Service** – generisanje izvještaja i analitika

### 17.2.4 Sloj podataka

- **PostgreSQL** – primarna relaciona baza podataka (prema ERD dijagramu)
- **TimescaleDB** – ekstenzija PostgreSQL-a za vremenske serije (senzorski podaci)
- **Redis** – caching, session storage, message broker za real-time
- **MinIO** – S3-kompatibilno objektno skladište za slike i video snimke

### 17.2.5 AI/ML infrastruktura

- **NVIDIA Triton Inference Server** – serving AI modela za prepoznavanje krava
- **Model Registry** – verzioniranje i upravljanje ML modelima
- **Feature Store** – skladištenje izračunatih feature-a za AI modele

#### Ciljane metrike AI modela:

- Tačnost identifikacije krava:  $\geq 95\%$
- Tačnost detekcije zdravstvenih problema:  $\geq 90\%$
- Lažni alarmi:  $< 5\%$
- Vrijeme inference-a:  $\leq 2$  sekunde
- Periodična re-obuka modela (kvartalno ili pri padu performansi)
- Objasnjenost AI odluka (razlog alarma vidljiv korisniku)
- Neinvazivni pristup – bez fizičkih tagova na životinjama

#### 17.2.6 IoT infrastruktura

- **MQTT Broker (EMQX)** – prijem podataka sa IoT senzora, QoS politike za garantovanu isporuku
- **Edge Gateway** – lokalna obrada na farmi, buffer pri gubitku konekcije, retry mehanizam
- **Pouzdanost isporuke:**  $\geq 99\%$  senzorskih podataka uspješno isporučeno
- **Frekvencija očitanja:** Svakih 5 minuta, dnevni gubitak paketa  $< 1\%$
- **Automatska rekalibracija:** Senzori sa definisanim pragovima i politikom alarma

### 17.3 Nefunkcionalni zahtjevi – Arhitekturalna rješenja

#### 17.3.1 Prenosivost i kompatibilnost

- **Docker kontejneri** – svi servisi su pakovani u Docker kontejnere, osiguravajući konzistentno ponašanje na svim okruženjima (development, staging, production)
- **Kubernetes** – standardizirana orkestracija omogućava migraciju između cloud providera
- **Infrastructure as Code (Terraform)** – reproduktivna infrastruktura
- **Helm Charts** – standardizirano deplojiranje aplikacija

#### 17.3.2 Performanse i skalabilnost

- **Horizontal Pod Autoscaler (HPA)** – automatsko skaliranje servisa prema CPU/memoriji
- **KEDA (Kubernetes Event-driven Autoscaling)** – skaliranje prema custom metrikama (npr. broj poruka u redu)
- **Redis caching** – smanjenje opterećenja baze podataka
- **CDN (Cloudflare)** – keširanje statičkog sadržaja bliže korisnicima
- **Connection pooling (PgBouncer)** – optimizacija konekcija na bazu

#### Ciljane metrike:

- Latencija standardnih UI operacija:  $< 2$  sekunde
- Latencija kompleksnih operacija (analitika, izvještaji):  $< 5$  sekundi
- Minimalno  $\geq 50$  simultanih korisnika bez degradacije performansi
- Podrška za  $\geq 1.500$  krava u sistemu
- IoT senzorski podaci: očitavanje svakih 5 minuta, gubitak paketa  $< 1\%$

#### 17.3.3 Sigurnost

##### Zaštita mreže:

- **Tailscale VPN** – WireGuard-bazirana mesh mreža za sigurnu komunikaciju između čvorova klastera i remote pristup
- **Cloudflare** – DDoS protekcija, WAF (Web Application Firewall), bot protection
- **TLS 1.2+** – enkripcija saobraćaja u tranzitu (HTTPS), certifikati putem Let's Encrypt
- **HSTS (HTTP Strict Transport Security)** – forsiranje HTTPS konekcija
- **mTLS** – međusobna autentifikacija servisa unutar klastera

#### Kontrola pristupa:

- **Autentifikacija:** JWT tokeni, obavezan 2FA (TOTP) za administratore, OAuth2 za integracije
- **Password politika:** minimalno 12 znakova, kompleksnost, hashiranje sa Argon2 ili bcrypt ( $\geq 10$  ro-unts)
- **Session timeout:** 30 minuta neaktivnosti
- **Autorizacija:** Role-Based Access Control (RBAC) – Administrator, Menadžer, Veterinar, Osoblje
- **API ključevi** – za M2M (machine-to-machine) komunikaciju sa IoT uređajima, sa rate-limiting

#### Zaštita podataka:

- **Self-hosting** – svi podaci ostaju pod kontrolom farme, bez dijeljenja sa trećim stranama
- **Enkripcija at-rest** – AES-256 za podatke u mirovanju, LUKS enkripcija diskova
- **Video snimci** – retencija 30 dana, nakon čega se automatski brišu
- **Audit trail** – čuvanje logova pristupa i promjena minimalno 24 mjeseca
- **GDPR usklađenost** – privacy by design, pravo na brisanje, transparentnost obrade
- **Secrets management** – Kubernetes Secrets + Sealed Secrets za GitOps

#### Backup i oporavak:

- **Strategija:** Dnevni full backup + inkrementalni backup
- **RPO (Recovery Point Objective):**  $\leq 15$  minuta
- **RTO (Recovery Time Objective):**  $\leq 4$  sata
- **Verifikacija:** Automatska provjera integriteta backup-a
- **Off-site replikacija:** Backup na odvojenu lokaciju (Hetzner Storage Box)
- **DR testiranje:** Kvartalno testiranje procedure oporavka

#### ALE proračun za procjenu rizika (primjer – gubitak podataka):

$$AV = 500.000 \text{ KM} \text{ (vrijednost godišnjih podataka o proizvodnji)}$$

$$EF = 30\% \text{ (procijenjeni gubitak bez backupa)}$$

$$SLE = AV \times EF = 150.000 \text{ KM}$$

$$ARO = 0.1 \text{ (jednom u 10 godina)}$$

$$ALE = SLE \times ARO = 15.000 \text{ KM/godišnje}$$

Implementacija backup rješenja (trošak  $\approx 3.000 \text{ KM/god}$ ) smanjuje EF na 5%, čime:

$$ALE_{nova} = 500.000 \times 0.05 \times 0.1 = 2.500 \text{ KM/godišnje}$$

$$\text{Vrijednost mjere} = 15.000 - 3.000 - 2.500 = 9.500 \text{ KM/godišnje uštede}$$

#### 17.3.4 Kulturalni i regulatorni zahtjevi

- **Jezik:** Bosanski/Hrvatski/Srpski (bs/hr/sr) i engleski (en)
- **Lokalizacija:** Lokalizirani datumi, vremenske zone, mjerne jedinice i valute
- **Valuta:** KM (Konvertibilna marka)
- **GDPR usklađenost:** Zaštita ličnih podataka zaposlenih
- **Veterinarski propisi BiH:** Usklađenost sa evidencijama koje zahtijeva veterinarska inspekcija

### 17.3.5 Pristupačnost i kompatibilnost

- **WCAG 2.1 AA:** Web klijent ispunjava standarde pristupačnosti (kontrast, navigacija tastaturom, alt opisi)
- **Podržani preglednici:** Zadnje 2 verzije Chrome, Edge, Firefox i Safari
- **Responzivni dizajn:** Podržane rezolucije 360px – 1920px
- **Mobile-first pristup:** Optimizacija za korištenje na mobilnim uređajima u štali

### 17.3.6 Offline režim

- **Lokalno keširanje:** Klijentska aplikacija kešira zapise za rad bez mreže
- **Osnovne funkcije offline:** Unos podataka, pregled zadataka, evidencija muže
- **Automatska sinhronizacija:** Po povratku mreže, podaci se sinhronizuju u  $\leq 15$  minuta
- **Rješavanje konflikata:** Pregled i manualno rješavanje konfliktnih promjena
- **Edge Gateway:** Lokalni server na farmi kao buffer za IoT podatke pri gubitku internet konekcije

## 17.4 Dostupnost sistema

- **Ciljni uptime:**  $\geq 99\%$  mjesečno
- **High Availability:** K3s klaster sa 3 control-plane čvora eliminiše single point of failure
- **Planirani prekidi:** Najava minimalno 48 sati unaprijed
- **Zero-downtime deployment:** Rolling updates bez prekida servisa

## 17.5 Monitoring i observabilnost

- **Centralizirani logovi:** Loki za agregaciju i pretragu logova svih servisa
- **Metrike:** Prometheus za prikupljanje metrika (CPU, memorija, latencija, greške)
- **Vizualizacija:** Grafana dashboardi za real-time praćenje sistema
- **Distribuirano praćenje:** OpenTelemetry sa korelacijom trace-ID kroz sve servise
- **Error tracking:** Sentry za automatsko prijavljivanje i alerting aplikacijskih grešaka
- **Uptime monitoring:** Uptime Kuma za praćenje dostupnosti servisa
- **Alerting:** Automatske notifikacije pri prekoračenju pragova (CPU  $> 80\%$ , latencija  $> 2\text{s}$ , error rate  $> 1\%$ )

## 18 SPECIFIKACIJA HARDVERA

Hardverska infrastruktura sistema „OIS – Smart Cow Farm” podijeljena je na **cloud infrastrukturu** (Hetzner Cloud) i **lokalnu infrastrukturu** na farmi.

### 18.1 Cloud infrastruktura (Hetzner Cloud)

#### 18.1.1 Kubernetes Control Plane čvorovi (3x)

Komponenta	Specifikacija
Server tip	Hetzner CPX21
Procesor	3 vCPU (AMD EPYC)
RAM	4 GB DDR4
Storage	80 GB NVMe SSD
Mreža	1 Gbps, 20 TB saobraćaja/mjesec
Lokacija	Falkenstein, Njemačka (EU)

#### 18.1.2 Kubernetes Worker čvorovi – General Purpose (2-5x, autoscaling)

Komponenta	Specifikacija
Server tip	Hetzner CPX41
Procesor	8 vCPU (AMD EPYC)
RAM	16 GB DDR4
Storage	240 GB NVMe SSD
Mreža	1 Gbps
Namjena	API servisi, web aplikacija, baze podataka

#### 18.1.3 Kubernetes Worker čvorovi – GPU (1-2x, za AI workloade)

Komponenta	Specifikacija
Server tip	Hetzner GX11 (GPU instance)
Procesor	8 vCPU (AMD EPYC)
RAM	32 GB DDR4
GPU	NVIDIA A10 (24 GB VRAM) ili RTX 4000
Storage	320 GB NVMe SSD
Namjena	AI inference (prepoznavanje krava, analiza ponašanja)

#### 18.1.4 Dedicated Storage Server

Komponenta	Specifikacija
Server tip	Hetzner Storage Box BX20
Kapacitet	2 TB
Protokoli	SFTP, SCP, rsync, Samba/CIFS
Backup	Automatski snapshoti
Namjena	Backup, arhiva video snimaka, off-site replikacija

## 18.2 Lokalna infrastruktura na farmi

### 18.2.1 Edge Gateway Server

Komponenta	Specifikacija
Uredaj	Intel NUC 12 Pro ili Raspberry Pi 5 (8GB)
Procesor	Intel i5-1240P / ARM Cortex-A76
RAM	16 GB / 8 GB
Storage	512 GB NVMe SSD
Mreža	Gigabit Ethernet, WiFi 6
Namjena	MQTT broker, lokalno keširanje, edge AI inference

### 18.2.2 IP kamere za video nadzor (po potrebi)

Komponenta	Specifikacija
Model	Hikvision DS-2CD2T47G2 ili slično
Rezolucija	4MP (2688x1520)
Frame rate	25 fps
Protokoli	RTSP, ONVIF
IR domet	80m (za noćni rad u štali)
Zaštita	IP67, vandal-proof
Količina	4-8 kamere (ovisno o veličini štale)

### 18.2.3 IoT senzori

Tip senzora	Model	Količina
Temperatura/Vлага	DHT22 / SHT31	4-8 po štali
Kvalitet zraka (CO2, NH3)	MQ-135 / CCS811	2-4 po štali
Mjerač protoka mlijeka	Flowmeter sa RS485	1 po muznoj jedinici
Gateway za senzore	ESP32 / Raspberry Pi Pico W	po potrebi

### 18.2.4 Mrežna oprema na farmi

Komponenta	Specifikacija
Router	Mikrotik RB4011 ili Ubiquiti EdgeRouter
PoE Switch	Ubiquiti USW-24-POE (za napajanje kamera)
WiFi Access Point	Ubiquiti U6-LR (za pokrivenost štale)
UPS	APC Smart-UPS 1500VA (za edge server i mrežu)
Internet konekcija	Min. 50 Mbps upload (za video streaming)

# 19 SPECIFIKACIJA SOFTVERA

## 19.1 Operativni sistemi

Komponenta	OS	Verzija
Cloud serveri	Ubuntu Server LTS	24.04
Edge Gateway	Ubuntu Server / Raspberry Pi OS	24.04 / Bookworm
Kubernetes	K3s	v1.29+
Kontejneri	Alpine Linux / Debian Slim	latest

## 19.2 Kontejnerizacija i orkestracija

Softver	Verzija	Namjena
Docker	25.x	Kontejnerizacija aplikacija
K3s	1.29+	Lightweight Kubernetes distribucija
Helm	3.x	Package manager za Kubernetes
Traefik	3.x	Ingress controller, reverse proxy
Cert-Manager	1.x	Automatsko izdavanje TLS certifikata

## 19.3 Baze podataka i skladištenje

Softver	Verzija	Namjena
PostgreSQL	16.x	Primarna relaciona baza podataka
TimescaleDB	2.x	Ekstenzija za vremenske serije (senzori)
Redis	7.x	Caching, session storage, pub/sub
MinIO	latest	S3-kompatibilno objektno skladište
PgBouncer	1.x	Connection pooling za PostgreSQL

## 19.4 Backend tehnologije

Tehnologija	Verzija	Namjena
Python	3.12+	AI servisi, data processing
FastAPI	0.110+	REST API framework (Python)
Node.js	20 LTS	Real-time servisi, Notification service
Go	1.22+	High-performance servisi (opciono)

## 19.5 Frontend tehnologije

Tehnologija	Verzija	Namjena
React / Vue.js	18.x / 3.x	SPA web aplikacija
TypeScript	5.x	Type-safe JavaScript
TailwindCSS	3.x	Utility-first CSS framework
Chart.js / D3.js	latest	Vizualizacija podataka

## 19.6 AI/ML stack

Softver	Verzija	Namjena
PyTorch	2.x	Deep learning framework
ONNX Runtime	1.x	Optimizirano izvršavanje modela
NVIDIA Triton	24.x	Model serving infrastruktura
OpenCV	4.x	Obrada video streama
Ultralytics YOLO	v8	Object detection (prepoznavanje krava)
CUDA Toolkit	12.x	GPU akceleracija

## 19.7 IoT i messaging

Softver	Verzija	Namjena
EMQX	5.x	MQTT broker za IoT senzore
NATS	2.x	Lightweight messaging između servisa

## 19.8 Sigurnost i mreža

Softver	Verzija	Namjena
Tailscale	latest	WireGuard VPN mesh mreža
Cloudflare	–	DDoS zaštita, WAF, CDN
Let's Encrypt	–	Besplatni TLS certifikati
Authelia / Keycloak	latest	Identity provider, SSO (opciono)

## 19.9 Monitoring i observabilnost

Softver	Verzija	Namjena
Prometheus	2.x	Prikupljanje metrika
Grafana	10.x	Vizualizacija i dashboardi
Loki	2.x	Agregacija logova
OpenTelemetry	latest	Distribuirano praćenje (tracing)
Sentry	latest	Error tracking i alerting
Uptime Kuma	latest	Status page i uptime monitoring

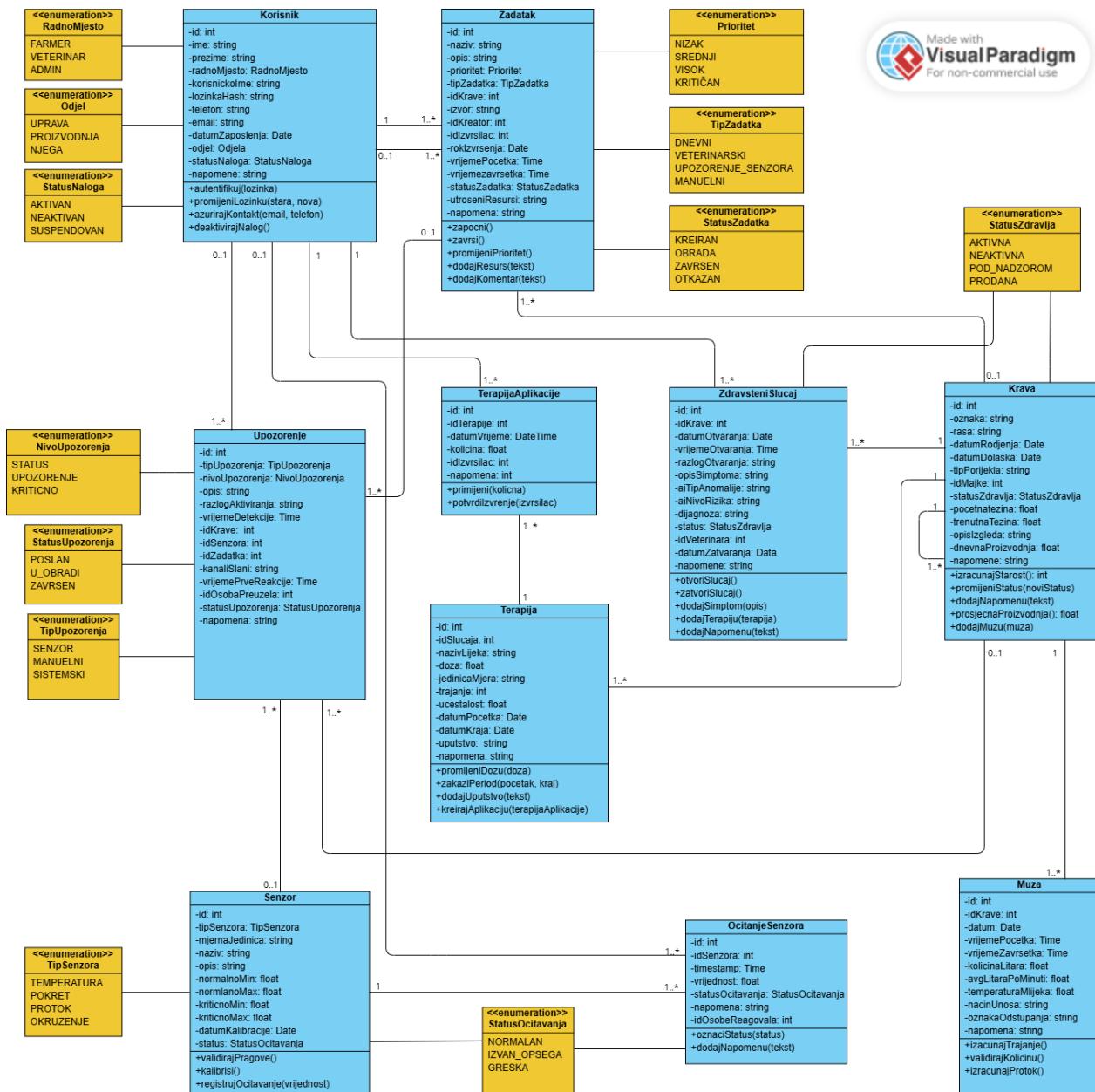
## 19.10 DevOps i CI/CD

Softver	Verzija	Namjena
Git	2.x	Version control
GitHub Actions / GitLab CI	–	CI/CD pipeline
ArgoCD	2.x	GitOps deployment na Kubernetes
Terraform	1.x	Infrastructure as Code
Ansible	2.x	Konfiguracija servera
SonarQube	latest	Staticka analiza koda
pytest / Jest	latest	Unit i integration testovi

### 19.11 Backup i disaster recovery

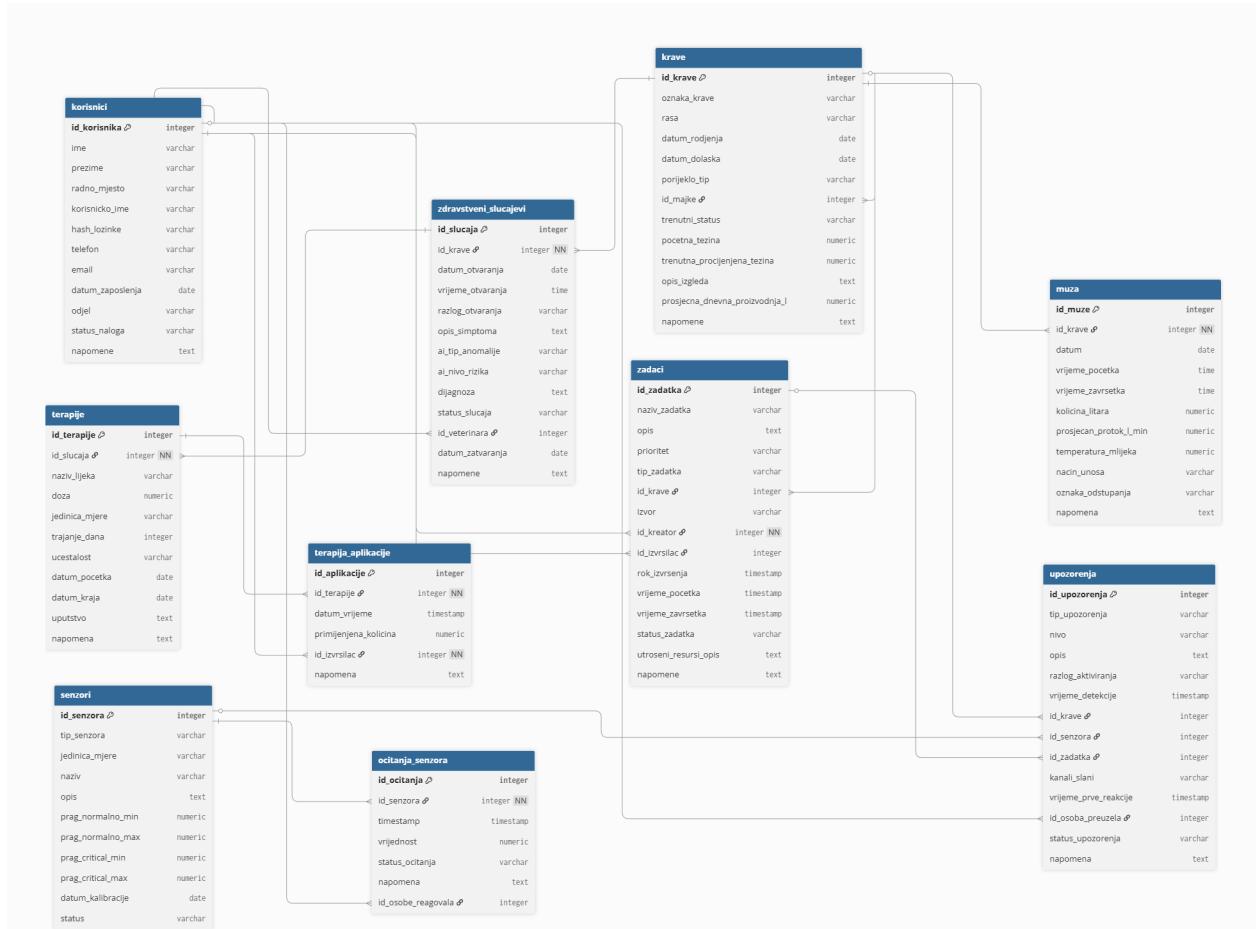
Softver	Verzija	Namjena
Velero	1.x	Kubernetes backup
pgBackRest	2.x	PostgreSQL backup i PITR
Restic	0.16+	Enkriptovani backup na remote storage

## 20 DIJAGRAM KLASA



Slika 3: Dijagram klasa sistema „OIS – Smart Cow Farm”

## 21 PROVJERA DIZAJNA BAZE PODATAKA



Slika 4: ERD dijagram baze podataka sistema „OIS – Smart Cow Farm”

- **Tabela korisnici** sadrži sve podatke o svim akterima sistema (osoblje farme, menadžeri, veterinar, administratori, analitičari itd.). Svaki korisnik ima jedinstveni id\_korisnika koji je primarni ključ i služi kao strani ključ u svim ostalim tabelama gdje je potrebno evidentirati ko je kreirao, odobrio ili izvršio određenu radnju. Atributi poput imena, prezimena, radnog mjesta, korisničkog imena, hashirane lozinke, telefona, e-mail adrese, datuma zaposlenja i odjela omogućavaju potpunu identifikaciju i kontakt sa korisnikom. Polje status\_naloga omogućava deaktivaciju korisnika bez brisanja njegovih historijskih podataka, dok napomene služe za dodatne interne bilješke. Ovakav dizajn omogućava centralizovano upravljanje nalozima i konzistentno referenciranje korisnika u cijelom sistemu.
- **Tabela krave** modelira osnovne podatke o svakoj jedinki na farmi. Primarni ključ je id\_krave, a ostali atributi pokrivaju sve informacije potrebne za identifikaciju, praćenje genealogije i performansi krave. Veza id\_majke omogućava rekonstrukciju porodičnih linija i analiza genetike, dok atribut trenutni\_status (npr. laktacija, suha, steona) podržava operativne odluke na farmi. Tabela je direktno povezana sa tabelama muza, zdravstveni\_slucajevi, zadaci i upozorenja, čime se postiže centralna uloga krave u modelu, bez suvišnog duplicitiranja podataka.
- **Tabela muza** čuva evidenciju svake pojedinačne muže. Svaki zapis ima jedinstveni id\_muze kao primarni ključ, dok je id\_krave strani ključ na tabelu krave, čime se jasno označava kojoj kravi muža pripada. Atributi datum, vrijeme početka, količina u litrima, prosječan protok (l/min),

temperatura mlijeka, način unosa i oznaka odstupanja omogućavaju detaljno praćenje proizvodnje i kvaliteta mlijeka po muži. Na ovaj način se ispunjava zahtjev za automatskom evidencijom proizvodnje mlijeka po jedinki, a kroz povezivanje sa tabelom krave omogućene su analize trendova proizvodnje po kravi, po grupi i na nivou cijele farme.

- **Tabela zdravstveni\_slucajevi** bilježi svaki zdravstveni događaj vezan za kravu. Primarni ključ je id\_slucaja, a strani ključ id\_krave povezuje slučaj sa odgovarajućom kravom. Dodatno, id\_veterinara je strani ključ na tabelu korisnici i označava veterinara koji je otvorio slučaj ili ga vodi. Atributi datum i vrijeme otvaranja, razlog otvaranja, opis simptoma, polja za AI tip anomalije i AI nivo rizika, dijagnoza, status slučaja te datum zatvaranja omogućavaju kompletan životni ciklus slučaja – od inicijalne sumnje ili anomalije koju je detektovao AI, preko veterinarske potvrde i dijagnoze, do zatvaranja slučaja. Na ovaj način se jasno razdvajaju zdravstveni događaji od samih krava, a kroz vezu sa tabelom terapije omogućeno je vođenje striktne medicinske evidencije.
- **Tabela terapije** predstavlja propisane terapije za određeni zdravstveni slučaj. Svaka terapija ima id\_terapije kao primarni ključ, dok je id\_slucaja strani ključ na tabelu zdravstveni\_slucajevi, čime je osigurano da svaka terapija pripada tačno jednom slučaju. Atributi naziv lijeka, doza, jedinica mjere, trajanje u danima, učestalost primjene, datum početka i kraja terapije, uputstvo i napomene omogućavaju da se medicinski tretmani jasno definišu i dokumentuju. Ovakva struktura omogućava jednu ili više terapija po jednom zdravstvenom slučaju, bez ponavljanja podataka o kravi ili veterinaru, što je u skladu sa principima normalizacije.
- **Tabela terapija\_aplikacije** detaljno prati svaku pojedinačnu primjenu lijeka u sklopu određene terapije. Primarni ključ je id\_aplikacije, dok id\_terapije povezuje aplikaciju sa odgovarajućom terapijom, a id\_izvrsilac (FK na korisnici) bilježi osobu koja je lijek primjenila (veterinar ili član osoblja). Atributi datum\_vrijeme i primijenjena\_kolicina omogućavaju preciznu evidenciju doziranja kroz vrijeme, a napomena služi za dodatne informacije (npr. reakcije životinje). Razdvajanje propisane terapije i njenih stvarnih aplikacija omogućava uporedbu propisanog i izvedenog tretmana, što je ključno za medicinsku kontrolu i kasnije analize.
- **Tabela senzori** sadrži konfiguraciju svih IoT senzora u sistemu. Primarni ključ je id\_senzora i on se koristi kao FK u tabelama ocitanja\_senzora i upozorenja. Atributi tip\_senzora, jedinica\_mjere, naziv i opis precizno definišu svrhu senzora (npr. temperatura, vlaga, koncentracija amonijaka), dok prag\_normalno\_min/max i prag\_critical\_min/max definišu intervale normalnih i kritičnih vrijednosti. Datum kalibracije i status (aktivno, neaktivno, u kvaru) omogućavaju upravljanje životnim ciklусom uređaja. Ovakav dizajn jasno razdvaja statičnu konfiguraciju senzora od dinamičkih očitanja, te podržava kasnije promjene pragova bez promjene historijskih podataka.
- **Tabela ocitanja\_senzora** čuva sva historijska očitanja. Primarni ključ je id\_ocitanja, a id\_senzora je strani ključ na tabelu senzori, čime se svako očitanje veže za izvorni uređaj. Atributi timestamp i vrijednost predstavljaju vrijeme očitanja i iznos mjerene veličine, dok status\_ocitanja omogućava označavanje eventualnih grešaka ili sumnjivih podataka (npr. „OUT\_OF\_RANGE“, „SENSOR\_ERROR“). Polje id\_osobe\_reagovala (FK na korisnici) služi za evidenciju ko je prvi reagovao na problematično očitanje (npr. pri prekoračenju kritičnog praga). Ovakva tabela omogućava efikasno skladištenje vremenskih serija i kasnije agregacije (trendovi, prosjeci, detekcija anomalija), bez duplicitiranja konfiguracije senzora.
- **Tabela zadaci** sadrži sve radne zadatke na farmi. Atribut id\_zadatka je primarni ključ. Atributi naziv\_zadatka, opis, tip\_zadatka i prioritet omogućavaju klasifikaciju i važnost zadatka, dok rok\_izvrsenja, vrijeme\_pocetka i vrijeme\_zavrsetka prate njegovo trajanje i pravovremenost izvršenja. Atribut status\_zadatka pokriva tok života zadatka (npr. „novi“, „u toku“, „završen“), a utroseni\_resursi\_opis i napomena se koriste za operativne informacije (utrošeni materijal, zapažanja osoblja). Strani ključevi id\_kreator i id\_izvrsilac povezuju zadatka sa korisnicima koji su ga kreirali i izvršili, dok id\_krave omogućava vezu zadatka za konkretnu kravu (npr. veterinarski pregled određene krave). Ovaj dizajn centralizuje upravljanje zadacima, omogućava automatsko generisanje zadataka iz AI modula i njihovo praćenje kroz historiju.

- **Tabela upozorenja** modelira sve alarme i upozorenja u sistemu, bilo da potiču od AI analize, senzora ili poslovnih pravila. Svako upozorenje ima jedinstven id\_upozorenja (PK). Atributi tip\_upozorenja (npr. zdravstveno, okolišno, proizvodnja), nivo (npr. informativno, upozorenje, kritično), opis i razlog\_aktiviranja daju kontekst problema. Timestamp vrijeme\_detekcije bilježi trenutak nastanka, dok status\_upozorenja (novo, u obradi, zatvoreno) prati životni ciklus upozorenja. Strani ključevi id\_krave, id\_senzora i id\_zadataka povezuju upozorenje sa entitetom na koji se odnosi (konkretna krava, senzor ili zadatak), a kanal\_slani, vrijeme\_prve\_reakcije i id\_osoba\_pregleda podržavaju pratnju notifikacija i reakcija korisnika. Na taj način, tabela upozorenja predstavlja centralnu tačku integracije AI analitike, senzora, zadataka i korisnika, bez ponavljanja podataka iz tih entiteta.
- **Tabela krave** u kombinaciji sa tabelama **terapije**, **terapija\_aplikacije**, **zdravstveni\_slucajevi** i **muza** čine potpun, normalizovan model zdravstvene i proizvodne evidencije. Svaki nivo detalja (krava → slučaj → terapija → aplikacija) ima svoju tabelu i svoj primarni ključ, a međusobno su povezani preko stranih ključeva. Ovakva hijerarhija sprječava redundanciju (npr. podaci o kravi se ne ponavljaju u svakoj terapiji), omogućava arbitraran broj terapija i aplikacija po slučaju, te olakšava sve vrste analiza (npr. korelacija terapija i proizvodnje mlijeka). U kombinaciji sa tabelom **muza**, sistem može precizno pratiti uticaj zdravstvenih intervencija na proizvodnju.
- **Tabela korisnici** u kombinaciji sa tabelama **zadaci**, **upozorenja**, **zdravstveni\_slucajevi**, **terapija\_aplikacije** i **ocitanja\_senzora** omogućava potpun audit trag svih aktivnosti. Svaka akcija koja zahtijeva ljudsku intervenciju (kreiranje zadatka, otvaranje ili zatvaranje zdravstvenog slučaja, primjena terapije, reakcija na upozorenje ili na očitanje senzora) referencira odgovarajućeg korisnika. Na taj način se može u svakom trenutku utvrditi ko je šta uradio i kada, što je važno i sa aspekta odgovornosti i sa aspekta sigurnosti sistema.

Sve navedene tabele su međusobno povezane preko jasno definisanih primarnih i stranih ključeva, bez kružnih zavisnosti i bez suvišnog ponavljanja podataka. Svaki koncept sistema ima svoju zasebnu tabelu, što dizajn baze dovodi u visoki stepen normalizacije. ERD na taj način u potpunosti podržava zahtjeve sistema pametne farme krava, te se može smatrati ispravnim i fleksibilnim za potencijalna buduća proširenja.