



**Kauno technologijos universitetas**

Informatikos fakultetas

**Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos panaudojimo galimybės  
bičių elgsenos ir jų sąryšiui su aplinka mokytis**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Mantvydas Rimša**

Projekto autorius

**Doc. dr. Renata Burbaitė**

Vadovė

---

**Kaunas, 2026**



**Kauno technologijos universitetas**

Informatikos fakultetas

**Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos panaudojimo galimybės  
bičių elgsenos ir jų sąryšiui su aplinka mokytis**

Baigiamasis magistro projektas

Nuotolinio mokymosi informacinės technologijos (6211BX010)

---

**Mantvydas Rimša**

Projekto autorius

**Doc. dr. Renata Burbaitė**

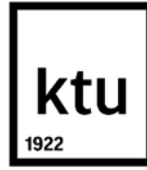
Vadovė

**Doc. prakt. dr. Vytenis Punys**

Recenzentas

---

**Kaunas, 2026**



**Kauno technologijos universitetas**

Informatikos fakultetas

Mantvydas Rimša

## **Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos panaudojimo galimybės bičių elgsenos ir jų sąryšiui su aplinka mokytis**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Mantvydas Rimša

*Patvirtinta elektroniniu būdu*

Rimša, Mantvydas. Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos panaudojimo galimybės bičių elgsenos ir jų sąryšiui su aplinka mokytis. Baigiamasis magistro projektas / vadovė doc. dr. Renata Burbaitė; Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Programų sistemos (B03), Informatikos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: bitininkystė, išmanieji aviliai, nuotolinis mokymasis.

Kaunas, 2026. 82 p.

### **Santrauka**

Šiame darbe nagrinėjamos nuotolinės avilių stebėjimo sistemos panaudojimo galimybės bičių elgsenos ir aplinkos veiksnių sąryšio mokymuisi. Tyrimo tikslas - sukurti ir įvertinti nuotolinę avilių stebėjimo sistemą, mažinančią fizinės prieigos prie avilių poreikį ir sudarančią sąlygas efektyvesniam bitininkystės mokymuisi.

Atlikus literatūros analizę ir kiekybinį tyrimą (28 bitininkai), nustatyta, kad nuotolinės stebėsenos poreikis yra didelis, o esami sprendimai nesuteikia galimybės dirbti su realiais avilio duomenimis. Remiantis tyrimo rezultatais suprojektuota ir įgyvendinta dviejų lygių aparatinė sistema su GPRS duomenų perdavimu bei informacinė sistema su 21 edukaciniu įspėjimų taisyklių rinkiniu.

Eksperimentas, atliktas 2025 m. vasario–rugpjūčio mėnesiais, parodė, kad sistema patikimai fiksuoja sezoninius bičių šeimos pokyčius – duomenų vientisumas siekė 95,2 %. Iš 9 atliktų vizitų 6 buvo inicijuoti sistemos įspėjimų, visi baigėsi konkrečia intervencija. Nustatyta, kad didžioji dalis avilio būsenos informacijos pasiekama be fizinio vizito, o reakcijos laikas į kritines situacijas sumažėjo iki 30 minučių. Ateityje rekomenduojama tobulinti aparatinę įrangą pereinant prie SMD plokštės dizaino bei plėsti sistemos funkcionalumą papildomomis mokymosi priemonėmis.

Rimša, Mantvydas. Potential Applications of a Remote Beehive Monitoring System for Studying Bee Behaviour and Its Relationship with the Environment. Master's Final Degree Project / supervisor assoc. prof. dr. Renata Burbaitė; Faculty of Informatics, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Software Engineering (B03), Computing.

Keywords: beekeeping, smart beehives, distance learning.

Kaunas, 2026. 82 p.

### **Summary**

This thesis investigates the potential applications of a remote beehive monitoring system for studying bee behaviour and its relationship with environmental factors. The aim is to develop and evaluate a remote beehive monitoring system that reduces the need for physical hive access and enables more effective beekeeping education.

A literature review and quantitative survey of 28 beekeepers established that demand for remote monitoring is high, while existing solutions do not provide access to real hive data. Based on these findings, a two-tier hardware system with GPRS data transmission and an information system featuring 21 educational alert rules were designed and implemented.

An experiment conducted from February to August 2025 demonstrated that the system reliably captures seasonal colony changes, achieving 95.2% data integrity. Of 9 hive visits made during the period, 6 were triggered by system alerts, all resulting in concrete interventions. The majority of hive status information was found to be accessible without a physical visit, reducing response time to critical situations to 30 minutes. Future work should focus on improving hardware reliability through a dedicated PCB design and expanding the system with additional learning features.

## Turinys

<b>Lentelių sąrašas.....</b>	<b>8</b>
<b>Paveikslų sąrašas .....</b>	<b>9</b>
<b>Santrumpų ir terminų sąrašas.....</b>	<b>11</b>
<b>Įvadas.....</b>	<b>13</b>
<b>1. Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos problematikos ir sprendimų analizė.....</b>	<b>15</b>
1.1. Nuotolinio bitininkystės mokymosi aktualumas .....	15
1.2. Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos poreikio tyrimas.....	17
1.2.1. Tyrimo eiga .....	17
1.2.2. Bitininkų profesionalumo lygis .....	17
1.2.3. Avilių pasiekiamumas ir apžiūra .....	19
1.2.4. Susidomėjimas nuotoline bičių stebėjimo sistema .....	21
1.2.5. Mokymosi galimybės .....	23
1.2.6. Tyrimo išvados .....	25
1.3. Bitininkystės mokymosi problematika .....	26
1.4. Galimų sprendimų analizė .....	28
1.4.1. Stebėsenos sistemų panaudojimo avilių stebėsenai galimybių apžvalga .....	28
1.4.2. Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos panaudojimo galimybės bitininkų mokymuisi .....	30
1.5. Skyriaus išvados .....	32
<b>2. Avilių skaitmenizavimo aparatinė įranga .....</b>	<b>33</b>
2.1. Sistemos architektūra.....	33
2.2. Reikalavimai aparatinei įrangai .....	33
2.3. Mikrovaldiklių palyginimas .....	34
2.4. Jutiklių pasirinkimas.....	35
2.5. Komunikacijos protokolai .....	36
2.5.1. Komunikacija tarp avilių .....	36
2.5.2. Komunikacija tarp centrinės stotelės ir IS serverio .....	37
2.6. Programinės įrangos architektūra .....	38
2.6.1. Matavimo stotelės programinė įranga .....	38
2.6.2. Centrinės stotelės programinė įranga .....	39
2.7. Jutiklių triukšmo slopinimas.....	39
2.8. Energijos sąnaudos .....	39
2.9. Skyriaus išvados .....	40
<b>3. Nuotolinės avilių stebėjimo informacinės sistemos projektavimas.....</b>	<b>41</b>
3.1. IS paskirtis .....	41
3.2. IS reikalavimai.....	41
3.2.1. Funkciniai reikalavimai .....	41
3.2.2. Nefunkciniai reikalavimai .....	41
3.3. Panaudojimo atvejai .....	42
3.3.1. Dalyviai .....	42
3.3.2. PA diagramos .....	43
3.4. Pasirinkta technologija IS realizavimui.....	53
3.5. Skyriaus išvados .....	55
<b>4. Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos diegimas.....</b>	<b>56</b>
4.1. Informacinės sistemos serverio infrastruktūra.....	56

4.1.1.	API diegimas .....	56
4.1.2.	Naudotojo sąsajos diegimas: .....	56
4.2.	Programinės įrangos įkėlimas į valdiklius.....	56
4.2.1.	Kūrimo aplinkos paruošimas .....	56
4.2.2.	Matavimo stotelės konfigūravimas ir įkėlimas.....	57
4.2.3.	Centrinės stotelės konfigūravimas ir įkėlimas .....	57
4.3.	Fizinis aparatūros montavimas .....	57
4.3.1.	Matavimo stotelės montavimas .....	57
4.3.2.	Centrinės stotelės montavimas .....	58
4.3.3.	Maitinimo grandinė .....	58
4.4.	Avilio registravimas informacinėje sistemoje .....	58
4.5.	Skyriaus išvados .....	58
<b>5.</b>	<b>Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos naudotojo vadovas.....</b>	<b>59</b>
5.1.	Registracija ir prisijungimas .....	59
5.2.	Sistemos įdiegimas kaip programėlė .....	59
5.3.	Avilio pridėjimas .....	60
5.3.1.	Pagrindinio sistemos lango apžvalga.....	61
5.3.2.	Detalios avilio informacijos langas .....	63
5.3.3.	Įspėjimų valdymas .....	65
5.3.4.	Duomenų eksportavimas .....	66
5.3.5.	Nustatymai ir profilio valdymas .....	67
5.4.	Skyriaus išvados .....	68
<b>6.</b>	<b>Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos mokymuisi efektyvumo tyrimas.....</b>	<b>69</b>
6.1.	Tyrimo tikslas ir uždaviniai.....	69
6.2.	Techninės sąlygos ir metodika .....	69
6.3.	Sistemos techninių parametrų vertinimas.....	69
6.3.1.	Duomenų surinkimo ir perdavimo stabilumas .....	69
6.4.	Duomenų ryšio su bičių elgsena analizė .....	70
6.4.1.	Bičių elgsena šaltu laikotarpiu.....	70
6.4.2.	Kylančio bičių aktyvumo stebėjimas pavasarį .....	72
6.4.3.	Bičių elgsena per karščio bangas.....	74
6.4.4.	Svorio pokyčių analizė .....	75
6.5.	Įspėjimų sistemos vertinimas .....	76
6.6.	Sistemos tinkamumo mokymuisi vertinimas.....	77
6.6.1.	Nuotolinio stebėjimo nauda.....	77
6.6.2.	Mokymosi ir duomenų interpretavimo galimybės .....	77
6.7.	Skyriaus išvados .....	77
	<b>Išvados .....</b>	<b>79</b>
	<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>80</b>
	<b>Priedai.....</b>	<b>83</b>
1	Priedas. Dirbtinio intelekto (toliau – DI) įrankių naudojimas rengiant baigiamąjį darbą .....	83
2	Priedas. Tyrimo apklausos šablonas .....	84

## Lentelių sąrašas

<b>1 lentelė.</b> Mikrovaldiklių savybių palyginimas .....	34
<b>2 lentelė.</b> Naudojami jutikliai .....	35
<b>3 lentelė.</b> Komunikacijos su informacine sistema būdų palyginimas .....	37
<b>4 lentelė.</b> Naudojamos išorinės bibliotekos .....	38
<b>5 lentelė.</b> PA „Prisijungti“ specifikacija.....	43
<b>6 lentelė.</b> PA „Užsiregistruoti“ specifikacija .....	44
<b>7 lentelė.</b> PA „Atsijungti“ specifikacija .....	45
<b>8 lentelė.</b> PA „Stebėti avilio rodmenų istoriją“ specifikacija.....	46
<b>9 lentelė.</b> PA „Eksportuoti avilio rodmenis“ specifikacija.....	46
<b>10 lentelė.</b> PA „Stebėti avilių būseną“ specifikacija .....	47
<b>11 lentelė.</b> PA „Užregistruoti avilius“ specifikacija .....	48
<b>12 lentelė.</b> PA „Šalinti avilius“ specifikacija .....	49
<b>13 lentelė.</b> PA „Redaguoti avilius“ specifikacija .....	49
<b>14 lentelė.</b> PA „Kurti įspėjimų taisykles“ specifikacija .....	50
<b>15 lentelė.</b> PA „Redaguoti įspėjimų taisykles“ specifikacija .....	51
<b>16 lentelė.</b> PA „Šalinti įspėjimų taisykles“ specifikacija .....	52
<b>17 lentelė.</b> PA „Peržiūrėti įspėjimus“ specifikacija .....	53
<b>18 lentelė.</b> Prarasti avilio duomenų įrašai .....	69
<b>19 lentelė.</b> Atlikti avilio vizitai.....	77

## Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Respondentų bitininkavimo laiko rezultatai .....	18
1.2 pav. Respondentų avilių kiekio rezultatai .....	18
1.3 pav. Respondentų atstumo iki avilių rezultatai .....	19
1.4 pav. Respondentų avilių apžiūros dažnio rezultatai .....	20
1.5 pav. Respondentų retesnio bičių stebėjimo priežastys .....	20
1.6 pav. Respondentų pageidaujamo bičių stebėjimo intervalo rezultatai .....	21
1.7 pav. Respondentams patogiausias įrenginys sistemai pasiekti .....	22
1.8 pav. Respondentų pageidaujami bičių stebėjimo rodikliai .....	22
1.9 pav. Respondentų pageidavimo valdyti avilį nuotoliniu būdu rezultatai .....	23
1.10 pav. Respondentų maksimalaus galimo biudžeto sistemai rezultatai .....	23
1.11 pav. Respondentų bitininkystės įgūdžių rezultatai .....	24
1.12 pav. Respondentų pageidaujamos mokymosi funkcijos sistemai .....	25
1.13 pav. Siūlomos sistemos efektyvumo įvertinimas respondentų atžvilgiu .....	25
1.14 pav. Problemų medis .....	27
1.15 pav. Tikslų medis .....	28
1.16 pav. Bitininkystės mokymosi priemonių požymių diagrama .....	31
3.1 pav. Panaudojimo atvejų diagrama .....	43
3.2 pav. PA „Prisijungti“ sekų diagrama .....	44
3.3 pav. PA „Užsiregistruoti“ sekų diagrama .....	45
3.4 pav. PA „Atsijungti“ sekų diagrama .....	46
3.5 pav. PA „Stebėti avilio rodmenų istoriją“ sekų diagrama .....	46
3.6 pav. PA „Eksportuoti avilio rodmenis“ sekų diagrama .....	47
3.7 pav. PA „Stebėti avilių būseną“ sekų diagrama .....	48
3.8 pav. PA „Užregistruoti avilius“ sekų diagrama .....	48
3.9 pav. PA „Šalinti avilius“ sekų diagrama .....	49
3.10 pav. PA „Redaguoti avilius“ sekų diagrama .....	50
3.11 pav. PA „Kurti įspėjimų taisykles“ sekų diagrama .....	51
3.12 pav. PA „Redaguoti įspėjimų taisykles“ sekų diagrama .....	52
3.13 pav. PA „Šalinti įspėjimų taisykles“ sekų diagrama .....	53
3.14 pav. PA „Peržiūrėti įspėjimus“ sekų diagrama .....	53
3.15 pav. Esybių ryšių diagrama .....	54
5.1 pav. Registracijos langas .....	59
5.2 pav. Diegimo pasiūlymo lentelė .....	59
5.3 pav. Avilio registravimo mygtukas .....	60
5.4 pav. Avilio registracijos forma .....	60
5.5 pav. Pagrindinis langas .....	61
5.6 pav. Avilio peržiūros langas .....	63
5.7 pav. Sistemos įspėjimų sąrašas .....	65
5.8 pav. Redaguotas sisteminis įspėjimas .....	66
5.9 pav. Eksportavimo pasirinkimo lentelė .....	67
5.10 pav. Nustatymų langas .....	68
6.1 pav. Avilio temperatūra ir drėgmė vasario-kovo laikotarpiu .....	71
6.2 pav. Avilio svoris vasario-kovo laikotarpiu .....	71
6.3 pav. Avilio garsas vasario-kovo laikotarpiu .....	72

<b>6.4 pav.</b> Avilio svoris ir drėgmė balandžio-gegužės laikotarpiu.....	73
<b>6.5 pav.</b> Ryšys tarp lauko temperatūros ir garso rodiklių .....	74
<b>6.6 pav.</b> Avilio temperatūra birželio-rugpjūčio laikotarpiu .....	75
<b>6.7 pav.</b> Avilio svoris birželio-rugpjūčio laikotarpiu .....	75

## Santrumpų ir terminų sąrašas

### Santrumpos:

- API (angl. Application Programming Interface) – taikomųjų programų programavimo sąsaja;
- ESP-NOW (angl. Espressif Systems Near-field One-Way) – mažos delsos belaidžio ryšio protokolas;
- GPRS (angl. General Packet Radio Service) – bendroji paketinio radijo ryšio paslauga;
- GSM (angl. Global System for Mobile Communications) – pasaulinė mobiliojo ryšio sistema;
- HTTP (angl. Hypertext Transfer Protocol) – hiperteksto perdavimo protokolas;
- HTTPS (angl. HTTP Secure) – saugus hiperteksto perdavimo protokolas;
- IoT (angl. Internet of Things) – daiktų internetas;
- IS – informacinė sistema;
- JSON (angl. JavaScript Object Notation) – lengvo formato duomenų struktūra;
- JWT (angl. JSON Web Token) – autentifikacijos raktas;
- PA – panaudojimo atvejis;
- PWA (angl. Progressive Web App) – progresyvioji žiniatinklio programėlė;
- REST (angl. Representational State Transfer) – žiniatinklio paslaugų architektūros stilius;
- SIM (angl. Subscriber Identity Module) – abonto tapatybės modulis;
- SMD (angl. Surface-Mount Device) – paviršinio montavimo komponentas;
- TLS (angl. Transport Layer Security) – transporto lygmens apsaugos protokolas;
- VAPID (angl. Voluntary Application Server Identification) – žiniatinklio pranešimų serverio identifikavimo standartas;
- VMA – virtuali mokymosi aplinka;
- Wi-Fi (angl. Wireless Fidelity) – belaidžio tinklo standartas;
- 1-Wire – vieno laido magistralės protokolas jutiklių sujungimui.

### Terminai:

**Centrinė stotelė** – šiame darbe naudojamas pavadinimas centrinei stotelei, atliekančiai matavimus ir perduodančiai duomenis į serverį GPRS ryšiu.

**Matavimo stotelė** – šiame darbe naudojamas pavadinimas matavimo stotelei, montuojamai kiekviename avilyje ir siunčiančiai duomenis centrinei stotelei ESP-NOW protokolu.

**Gilaus miego režimas** – mikrovaldiklio energijos taupymo būseną, kai procesorius ir bevielio ryšio moduliai išjungiami tarp matavimo ciklų.

**Medunešis** – laikotarpis, kai bitės aktyviai renka nektarą iš žydinčių augalų ir kaupia medų.

**Mikrovaldiklis** – kompaktiškas integruotasis grandynas su procesoriumi, atmintimi ir įvesties/išvesties sąsajomis.

**Motinėle** – vienintelė avilio bičių šeimoje kiaušinius dedanti bitė.

**Perai** – bičių kiaušiniai, lervos ir lėliukės, esantys avilyje.

**Poravimo kodas** – unikalus 8 simbolių identifikatorius, automatiškai išvedamas iš mikrovaldiklio MAC adreso ir naudojamas aviliui susieti su informacinės sistemos paskyra.

**Spiečius** – bičių šeimos dalis, pasitraukianti iš avilio su senąja motinėle naujos buveinės ieškoti.

**Spietimasis** – natūralus bičių šeimos dauginimosi procesas, kurio metu dalis bičių palieka avilį.

## Įvadas

### Darbo aktualumas, sprendžiama problema

Bitininkystė yra sena, tačiau sudėtinga ir daug priežiūros reikalaujanti specialybė. Sudėtinga yra išmokyti optimaliai bitininkauti, nes reikalingi veiksmai skiriasi nuo kiekvieno regiono dėl skirtingų klimato sąlygų, bičių veislių, esamos augalijos ar kitų aplinkos veiksnių [1]. Todėl tam universalios formulės nėra ir daugelis bitininkų mokosi tiesiog iš patirties. Tai sukelia sudėtingumą, nes yra reikalinga nuolatinė kontaktinė prieiga prie avilių, norint stebėti būseną ir aplinkos įtaką. Taip pat, net ir patyrusiems bitininkams pravartus tolimesnis mokymas, nes tai užtikrina geresnę gaunamą produkciją [2].

Problema dar labiau išryškėja, kai pradedantieji bitininkai bando savarankiškai stebėti bites, negavę tinkamo apmokymo. Kyla didelė rizika įgėlimams, kurie gali sukelti nepageidaujamas ar stiprias alergines reakcijas. Dar labiau bitininkus demotyvuojantis faktorius yra atstumas iki bitynų. Kadangi miesto bitininkystei taikomi didžiuliai ribojimai [3], lieka tik statyti avilius užmiestyje, todėl ne visada paprasta juos dažnai lankyti.

Bitininkystės mokymų į virtualią erdvę perkėlimas jau buvo bandytas ir anksčiau. M. Zbigniew straipsnyje aprašė skaitmeninę mokymosi erdvę bitininkams ir mokomosios medžiagos dalinimosi informacinę sistemą. Pristatyta sistema yra orientuota į paprastumą ir prieinamumą naujokams. [4] Kadangi sistema yra senoka ir gana paprasta, yra galimybių ją patobulinti, ypač šiais laikais pagerėjus kompiuteriniam raštingumui nepriklausomai nuo jų vietovės. [5]

Vienas šios problemos sprendimas galėtų būti nuotolinės avilių stebėjimo informacinės sistemos įgyvendinimas. Internetinėje sistemoje būtų atvaizduojami duomenys, perduodami aviliuose integruotuose jutikliuose, tokiais kaip svorio, garso lygio, drėgmės ir temperatūros. Tokiu būdu būtų galima stebėti ir aplinkos veiksnius, ir bičių elgseną, o pačio avilio aplankymo poreikis liktų minimalus, tik prireikus atlikti darbus. Kadangi dažniausiai tokie faktoriai, kaip bičių spietimasis, galėtų būti numatomi iš anksto, sistema galėtų atsiųsti automatizuotus pranešimus su paaiškinimais, kodėl reikėtų susirūpinti. Tokiu atveju pradedantysis bitininkas galėtų mokytis iš bet kurios vietos, negalvodamas apie skirtumus tarp regionų ir visos šios medžiagos pritaikymą.

Su šiuo sprendimu sumažėtų bitininkystėje patiriami nuostoliai, nes būtų atidžiau prižiūrimos bitės, išvengta bičių šeimų atsiskyrimo ir tai suteiktų optimalias galimybes ir būtų gaunamas didesnis medaus kiekis. Taip pat būtų užtikrinamas saugumas bitininko sveikatai, nes kontaktas su bitėmis išliktų minimalus. Autorius Stephan Lorenz, analizuodamas bičių populiacijos mažėjimą straipsnyje teigia, jog „bitininkystė plinta ten, kur tai įmanoma (mieste), o ne ten, kur būtina (kaime).“ [6] Tokia sistema leistų plėtoti bitininkystę kaimuose nepriklausomai nuo buvimo vietos, taip kovojant su vis didėjančiu bičių nykimu. Visa tai suteiktų galimybes pradedantiesiems bitininkams greičiau ir sėkmingiau įsitvirtinti rinkoje.

**Darbo problema** – ribotos galimybės efektyviai ir saugiai mokytis bitininkystės bei analizuoti bičių elgseną dėl fizinės prieigos prie avilių poreikio ir praktinių duomenų trūkumo.

**Baigiamojo darbo objektas** – nuotolinės avilių stebėjimo sistemos panaudojimo galimybės bičių elgsenai stebėti ir bitininkystės mokymuisi.

## **Darbo tikslas ir uždaviniai**

**Baigiamojo darbo tikslas** – sudaryti galimybes pradedančiajam bitininkui nuotoliniu būdu stebėti bičių elgseną ir efektyviau mokytis bitininkystės, panaudojant nuotolinę avilių stebėjimo sistemą.

### **Darbo uždaviniai:**

1. išanalizuoti bitininkystės mokymosi problematiką ir nuotolinio mokymosi galimybes;
2. iširti nuotolinės avilių stebėjimo sistemos poreikį tarp bitininkų;
3. išanalizuoti esamus technologinius sprendimus avilių stebėjimo srityje;
4. suprojektuoti nuotolinės avilių stebėjimo sistemos architektūrą;
5. įgyvendinti nuotolinę avilių stebėjimo sistemą;
6. įvertinti sistemos pritaikomumą bičių elgsenos stebėjimui ir bitininkystės mokymuisi.

**Sukurtas produktas** – nuotolinė avilių stebėjimo sistema, kurią sudaro jutikliais aprūpinti aviliai, duomenų perdavimo sprendimai ir informacinė sistema duomenų atvaizdavimui bei analizei.

**Darbo rezultatas** – sudaryta galimybė pradedančiajam bitininkui nuotoliniu būdu stebėti bičių elgseną ir efektyviau mokytis bitininkystės, sumažinant fizinės prieigos prie avilių poreikį.

### **Darbo struktūra**

Darbą sudaro 7 skyriai. Pirmajame skyriuje nagrinėjama nuotolinės avilių stebėjimo sistemos problematika, atliekamas kiekybinis tyrimas ir analizuojami esami sprendimai bei jų pozicionavimas tarp esamų bitininkystės mokymo priemonių. Antrame skyriuje kuriama avilių skaitmenizavo aparatinė įranga, pasirenkamos dalys bei suprojektuojama programinė įranga. Trečiajame skyriuje žvelgiama į informacinės sistemos bei jos dalių projektavimą, iškeliami reikalavimai bei aprašomi reikalingi panaudojimo atvejai. Ketvirtasis skyrius skirtas nuotolinės avilių stebėjimo sistemos diegimo instrukcijai: aprašoma tiek aparatinės įrangos, tiek informacinės sistemos diegimo žingsniai. Penktąjį skyrių sudaro nuotolinės avilių stebėjimo sistemos naudotojo vadovas, parodomi svarbiausi informacinės sistemos langai. Šeštame skyriuje aprašomas eksperimentinis tyrimas: nuotolinės avilių stebėjimo sistemos mokymuisi efektyvumo įvertinimas. Septintame skyriuje aprašomos galutinės darbo išvados. Papildomai pateikiamas literatūros sąrašas bei priedai: 1 priede pateiktas dirbtinio intelekto naudojimo rengiant baigiamąjį projektą aprašas, 2 priede — kiekybinio tyrimo apklausos šablonas.

## 1. Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos problematikos ir sprendimų analizė

### 1.1. Nuotolinio bitininkystės mokymosi aktualumas

Autorius R.P. Guiné teigia, jog bitininkai susiduria su daugybe iššūkių, siekdami išlaikyti gerą bitynų pusiausvyrą, didinti produktyvumą, gerinti veiklos rezultatus ir būti konkurencingesni globalizacijos sąlygomis. Kadangi daugelio bitininkų verslai yra nedideli ir labai prisideda prie kaimo gyventojų socialinio vystymosi, norint padėti jiems susidoroti su šio sektoriaus iššūkiais, būtina suteikti jiems tinkamą mokymą [7].

Autoriai Schouten, Cooper N. ir Caldeira, John straipsnyje apžvelgia svarbiausius bitininkystės mokymosi veiksmingumą ribojančius veiksnius. Vieni iš šių pagrindinių veiksnių yra:

žemas potencialių ir esamų instruktorių bitininkystės techninių įgūdžių lygis,

žemas potencialių ir esamų instruktorių mokymo įgūdžių lygis,

gynybinės bitės, kurias sunku valdyti naujiems bitininkams,

ribota galimybė įsigyti pakankamai tinkamų apsaugos priemonių [8] [9].

Kaip ir minėta, sauga yra vienas iš mokymąsi ribojančių rodiklių. Plačiau apie tai yra analizuojama autorių Stanhope, J., Carver, S. ir Weinstein, P. analizuojama bičių įgėlimų ir jų nuodų rizika. Išskirtos galimos pasekmės, kurios dažniausiai gali būti alergija, tačiau bičių nuodai gali sukelti daug kitų neigiamų padarinių sveikatai, toksinių reakcijų ir antrinių būklių [10]. Dėl šios priežasties pradedantieji bitininkai gali pasisaugoti tiesioginio kontakto su bitynais, kas tik dar labiau pablogina mokymosi eigą. Taip pat, minėtas žemas instruktorių įgūdžių lygis yra matomas ir Singh B. ir Singh S. (2019) atliktame tyrime apie bitininkystę ribojančius veiksnius. Didelė dalis tyrime dalyvaujančių respondentų nurodė, kad tolesnėse mokymo programose reikia daugiau dėmesio skirti bičių priežiūrai, kai trūksta augalijos bičių trūkumo laikotarpiu [9].

Per COVID-19 pandemiją daugelio sričių mokymai buvo greitai perkelti į virtualią erdvę [11]. Tačiau bitininkystės sritis buvo minimaliai perkelta į virtualią erdvę. Pierre Lau (2020) atliktas tyrimas parodė, jog dėl socialinio nutolimo ir įpareigojimų likti namuose pandemijos metu daugelis bitininkų asociacijų ir klubų 2020 m. negalėjo reguliariai susitikti. Tai ypač paveikė pirmus metus bitininkaujančius bitininkus, nes jie negalėjo rasti mentorystės galimybių ir gauti patarimų iš labiau patyrusių bitininkų [12]. Naujų bitininkų negalėjimas įsitraukti į verslą tik dar labiau pablogina kasmet mažėjantį bitininkų skaičių [13].

Autoriai Mukhtar, K., Javed, K., Arooj, M. ir Sethi, A (2020) išanalizavo nuotolinio mokymosi privalumus ir trūkumus. Buvo nustatyta, jog nuotolinio mokymosi dėka studentai gali patogiai pasiekti dėstytojus ir mokomąją medžiagą. Be to, tai sumažina kelionių išteklių naudojimą ir kitas išlaidas. Studentai tapo savarankiškai besimokančiais asmenimis ir mokėsi asinchroniškai bet kuriuo paros metu [14]. Šią naudą taip pat pabrėžia ir Bouilheres F., atlikdama tyrimą ir teikdama, jog „Tyrimo išvados patvirtina, kad reikia atsisakyti tradicinės pedagoginės praktikos“ [15]. Taip pat, nuo to laiko, kai nuotolinis mokymasis pradėjo naudoti internetinę erdvę, atsirado mažiau svarbos atsižvelgti į vietovę ar jos kaimiškumą [16]. Hurt Joyce (2008) patvirtina mokymosi internetu privalumus, teigdamas, jog „mokymosi internetu privalumai nusveria trūkumus, tiek savo svarba, tiek

skaičiais. Kiekvienam trūkumui ar problemai yra galimas sprendimas“ [17] [18]. Taigi, bitininkystės ir bičių elgsenos mokymosi perkėlimas į internetinę erdvę atneštų daugiau naudos, nei trūkumų.

Bitininkystės mokymų į virtualią erdvę perkėlimas jau buvo bandytas ir anksčiau. Straipsnio autorius Mikolajuk Zbigniew (2006) aprašė skaitmeninę mokymosi erdvę bitininkams ir mokomosios medžiagos dalinimosi informacinę sistemą. Pristatyta sistema yra orientuota į paprastumą ir prieinamumą naujokams [4]. Kadangi sistema yra senoka ir gana paprasta, yra galimybių ją patobulinti, ypač šiais laikais pagerėjus kompiuteriniam raštingumui nepriklausomai nuo jų vietovės [5].

Viena iš svarbiausių bitininkystės mokymosi sričių yra bičių elgsenos atpažinimas [19] [20]. Šiai problemai spręsti mokslininkai sukūrė eksperimentinius avilius ir aprūpino bites įvairiais žymekliais, kurie palengvina elgsenos stebėjimus [21].

Viena iš reikšmingiausių bičių elgsenų yra šeimos spietimosi atpažinimas [22]. Tam neužkertant laiku kelio, patiriami dideli nuostoliai [23]. Visi su bičių spietimusi susiję veiksniai yra susiję su garso, temperatūros ir drėgmės deriniu pačioje avilio sistemoje. Suprantant, kaip geriausiai nuspėti bičių spietimąsi, bitininkystė tampa geresnė ir pelningesnė [24].

Klimatas yra labai svarbus veiksnys, lemiantis temperatūrą ir drėgmę. Aviliuose turi būti palaikoma kuo mažesnė drėgmė, o temperatūra turi būti reguliuojama. Tai labai svarbu, nes bičių šeimoms turi būti sudaryta pakankama galimybė gauti angliavandenių, kad galėtų palaikyti tokią temperatūrą ir išgyventi [25] [26].

Taip pat bičių elgsenos analizės mokymuisi yra labai svarbu sekti ir bičių šeimos garso lygį [27]. Esant skirtingoms sąlygoms, bitės, esančios avilyje arba už jo ribų, skleidžia skirtingus garsus, ir būtent bandant atskirti įprastą bičių šeimos garsą nuo kintančių garsų, atsirandančių dėl trikdžių bičių šeimoje, galima sužinoti apie artėjantį spietimąsi ir kitus reiškinius [28]. Mokėjimas iš garso lygio duomenų atpažinti bičių reiškinius yra svarbi bitininkystės mokymosi dalis [29].

Dar vienas rodiklis, svarbus bičių elgsenai nustatyti yra avilio svorio stebėjimas. Vienas iš tokių būdų yra svarstyklių po aviliu įmontavimas. Avilio svarstyklės yra svarbus įrankis, kuriuo galima įvertinti, ar buvo suvartota daug maisto ir ar yra ar reikia dar maitinti bites [30] [31].

Bitininkai avilių statuso stebėjimui ir svarbiausių duomenų rinkimui (temperatūros, drėgmės, garso lygio ir svorio) naudoja išmaniuosius avilius, kurie yra prijungti prie interneto ir siunčia duomenis į daiktų interneto serverį realiu laiku [32] [33] [34]. Surinkti duomenys gali būti naudingai apdorojami siunčiant pranešimus apie bičių elgesio pakitimus ir nuspėjamus įvykius [35].

John Sandars (2020) teigia, jog praktinių įgūdžių, pavyzdžiui, fizinio patikrinimo ar laboratorinių eksperimentų, negalima mokyti visiškai internetu (...), tačiau pirmieji du aktyvacijos ir paaiškinimo principai vis tiek gali būti įgyvendinami kaip internetinis dalinis mokymas [36]. Pagrindinėms laboratorinėms pamokoms, kai mokinys atlieka pagrįstai nustatytą operacijų rinkinį su tam tikra įranga, paprastai laboratorinėje stotyje arba prie darbo stalo, gali būti tinkamas internetinis laboratorinių procesų modeliavimas [37]. Šiuo atveju bitininkystės mokymams gali būti pritaikyti anksčiau minėtų išmaniųjų avilių renkami duomenys, taip sukuriant praktinę bičių avilio simuliaciją, net ir neturint tiesioginio kontakto su šiuo bičių aviliu.

Autorė Gross B. (2020) teigia, jog avilio sveikata taip pat gali svyruoti kiekvieną sezoną, net ir laikantis gerų priežiūros praktikų. Tai reiškia, kad reikalinga daugiau ilgalaikių duomenų, kad būtų galima visapusiškai suprasti bitininkystės praktikų įtaką [38]. Pasitelkus avilio simuliaciją, pradedantieji bitininkai galėtų būti labiau užtikrinti užsiimant bitininkyste savarankiškai, nes mokomojoje medžiagoje būtų daug lengviau surinkti ir parodyti bičių avilio ilgalaikius duomenis. Taip būtų gaunama didesnė nauda, nes, anksčiau minėtam spietimosi atpažinimui reikalingas ilgalaikis duomenų kiekis, nes avilio šeimos noras spiestis gali priklausyti nuo ilgalaikio jausmo dėl gyvenimo sąlygų, o ne nuo laikino motyvo tuo metu [39].

### **Literatūros analizės išvados**

1. Pasitelkiant klimato (temperatūros ir drėgmės), garso lygio ir svorio rodiklius, galima iš anksto nuspėti bičių elgesį ir išmokti išvengti nuostolių, tokių kaip bičių šeimos spietimasis.
2. Deja, bet bitininkystės praktinių įgūdžių mokymasis, kuriais galima atpažinti ir numatyti bičių elgesį, dar nėra toks paplitęs dėl daugelio veiksnių. Viena iš bendrų nepaplitimo priežasčių – tai prieinamumo trūkumas dėl avilių, dėstytojų ir apsaugos priemonių trūkumo, taip pat ir dėl galimų rizikos faktorių tiesiogiai kontaktuojant su bitėmis.
3. Esami bitininkystės nuotolinio mokymosi sprendimai nėra interaktyvūs su egzistuojančiais realiais bičių avilio duomenimis. Egzistuojančios bičių avilio ir pranešimų siuntimo platformos galėtų būti integruotos į nuotolinį mokymąsi, taip mokant ne vien teorinių, bet ir praktinių įgūdžių pasitelkiant tikrus avilius ir jų duomenis.

## **1.2. Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos poreikio tyrimas**

Siekiant ištirti nuotolinės avilių stebėjimo sistemos poreikį bitininkams, buvo atliktas kiekybinis tyrimas.

### **1.2.1. Tyrimo eiga**

Klausimynas buvo sudarytas „Google Forms“ platformoje. Tai leidžia pasidalinti apklausa tiesiog viena nuoroda, o rezultatai automatiškai pavaizduojami lentelėje. Pasirinkta respondentų grupė – bitininkai, tiek mėgėjai, tiek profesionalai. Kadangi ši nuotolinio stebėjimo sistema būtų kuriama bitininkams mokytis, stengiamasi apimti kuo platesnį bitininkų spektrą, kad suprasti, kurioje srityje labiausiai trūksta apmokymo.

Norint pasiekti bitininkus, apklausa buvo skelbiama internete, nuoroda pasidalinant socialiniuose tinkluose, bitininkų grupėse, forumuose, kreipiantis į pažįstamus ūkininkus ir kitaip dalinantis „Google Forms“ sudaryta nuoroda. Iš viso buvo surinkti 28 atsakymai iš skirtingų apklausos dalyvių. Kadangi beveik visi apklausoje pateikiami atsakymai buvo privalomi, užtikrinama, jog atsakymai yra išsamūs.

### **1.2.2. Bitininkų profesionalumo lygis**

Siekiant, išsiaiškinti sprendimo poreikį įvairios patirties lygio bitininkų, apklausoje buvo pateikiamas klausimas „Koks jūsų sąryšis su bitininkyste?“. 26 respondentai pažymėjo, jog bitininkystė jiems yra kaip hobis, o 2 likusieji nurodė bitininkystę kaip jų pagrindinę profesiją. Iš apklausos nei vienas dalyvis neužsiiminėjo bitininkyste tyrimų tikslams.

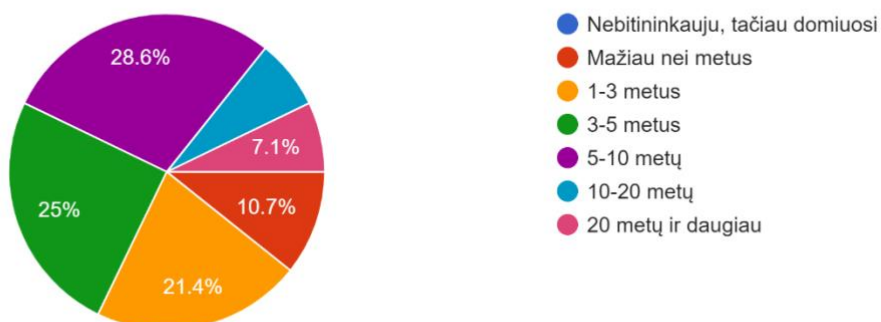
Nors dauguma apklausos dalyvių nurodė savo bitininkystės lygį kaip hobį, yra matoma, jog kiekvienas iš jų turi skirtingą lygį patirties. Apklausoje dalyvavo ir senbuviai, ir naujai pradedantys

bitininkai, todėl atsakymai pasiskirstė labai tolygiai. Rezultatų pasiskirstymas atrodo taip:

- mažiau nei metus – 3,
- 1-3 metus – 6,
- 3-5 metus – 7,
- 5-10 metų – 8,
- 10-20 metų – 2,
- 20 metų ir daugiau – 2.

Kiek laiko jau bitininkaujate?

28 responses

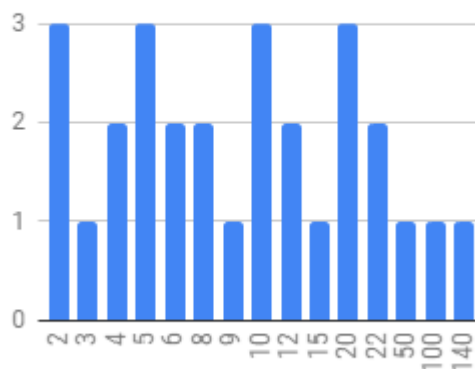


1.1 pav. Respondentų bitininkavimo laiko rezultatai

Siekiant išaiškinti profesionalumo lygį, taip pat labai svarbu yra sužinoti ir laikomų avilių kiekį ir bitininkystės apimtį. Buvo pastebėtas gana didelis kontrastas tarp profesionalių ir mėgėjų bitininkų. Profesionalūs bitininkai laikė virš 100 avilių, kol daugiausia mėgėjų turi iki 10 avilių. Avilių kiekio pasiskirstymas:

Kiek avilių turite savo bityne?

28 responses



1.2 pav. Respondentų avilių kiekio rezultatai

Taigi, galime teigti, kad apklausoje dalyvavo tikrai platus bitininkų spektras, nuo tik pradedančiųjų, iki turinčių virš 20 metų patirties profesionalų, savo ūkyje turinčių virš 100 avilių. Tai leidžia sėkmingai iširti avilių stebėjimo sistemos poreikį ne tik siauroje bitininkų srityje.

### 1.2.3. Avilių pasiekiamumas ir apžiūra

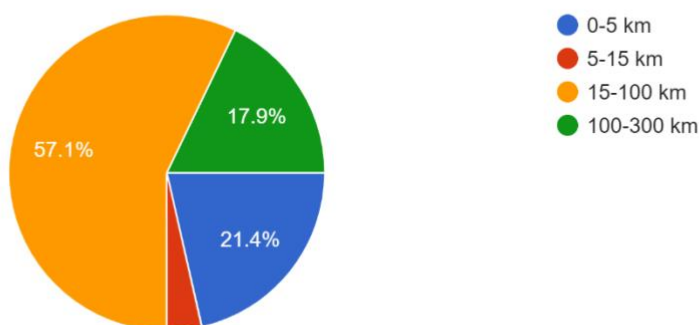
Viena iš pagrindinių nuotolinės mokymosi sistemos privalumų – galimybė virtualią aplinką pasiekti iš bet kurios vietos bet kuriuo metu. Norėdami pagrįsti viso to poreikį, svarbiausia išsiaiškinti, ar atstumas yra kliūtis bitininkams mokytis įgūdžius ir optimaliai bitininkauti.

Sprendžiant iš apklausos rezultatų, matoma, jog dažniausias atstumas iki avilių yra tarp 15-100 kilometrų, tačiau 18% respondentų savo avilius laiko toliau negu 100 kilometrų, kas sukelia dar sunkesnę susisiekimą, ypač žiemos laikotarpiu, kai miškai nėra lengvai pravažiuojami. Detalus atsakymų pasiskirstymas:

- 0-5 km – 6,
- 5-15 km – 1,
- 15-100 km – 16,
- 100-300 km – 5.

Kaip toli laikomas jūsų tolimiausias bitynas nuo gyvenamosios vietos?

28 responses



1.3 pav. Respondentų atstumo iki avilių rezultatai

Paklausti, kaip dažnai atliekama avilių apžiūra, didžioji dalis bitininkų nurodė dar mažesnius atstumus, negu tikėtasi – apžiūra atliekama maždaug tarp 1 ir 2 savaičių. Tai parodo, jog reguliarus stebėjimas yra svarbi bitininkystės dalis, ir šiuo metu stebėjimui privaloma avilius pasiekti fiziškai.

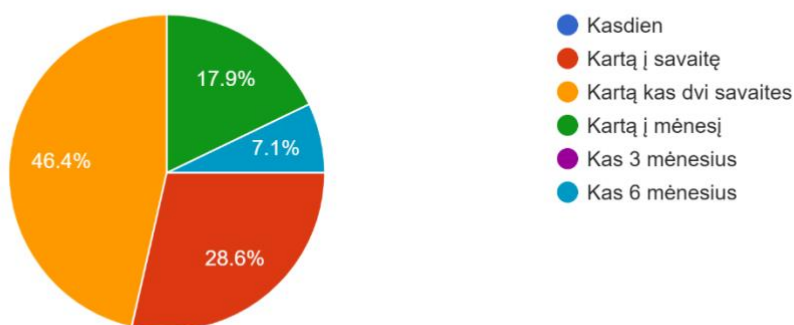
Mažesnė dalis bitininkų atliko tyrimus kas mėnesį. Kaip ir buvo spėjama, avilių kasdien ir kas 3 mėnesius neapžiūri nei vienas iš apklausos dalyvių. Tačiau netikėta matyti porą atsakymų, teigiančių, jog aviliai apžiūrimi tik kartą kas 6 mėnesius. Patikrinus apklausą detaliau, šie bitininkai turi tik 2 ar 3 avilius, tad bitininkyste užsiima minimaliai. Išsamesni rezultatai:

- Kasdien – 0,
- Kartą į savaitę – 8,
- Kartą kas dvi savaites – 13,
- Kartą į mėnesį – 5,
- Kas 3 mėnesius – 0,

– Kas 6 mėnesius – 2.

Kaip dažnai atliekate avilių apžiūrą?

28 responses

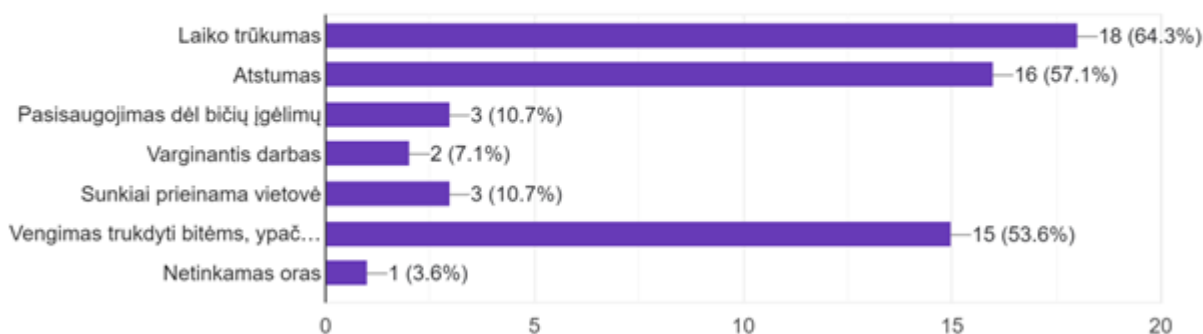


1.4 pav. Respondentų avilių apžiūros dažnio rezultatai

Labai svarbu taip pat išsiaiškinti priežastis, kodėl bičių stebėjimas nėra dažnesnis. Tai leidžia užtikrinti, jog stebėjimas nėra dėl asmeninių pasirinkimų, o ir dėl išorinių veiksnių. Iš apklausos rezultatų matoma, jog bitės būtų lankomos dažniau, jei netrūktų laiko, būtų mažesnis atstumas, ar būtų užtikrinama, jog bitės nebus trukdomos.

Kas lemia retesnį bičių stebėjimą?

28 responses



1.5 pav. Respondentų retesnio bičių stebėjimo priežastys

Iš 28 apklaustųjų tik 2 respondantai nesutinka, kad bites reikėtų stebėti dažniau. Visi kiti (92,9% dalyvių) pritaria, kad geresnių rezultatų užtikrinimui reikalinga dažnesnė apžiūra:

Taip pat 23 apklaustieji (82,1%) teigia, jog jau yra patyrę nemažų nuostolių bitininkaudami anksčiau ar net praradę bičių šeimas. Galime teigti, jog siūloma stebėjimo sistema tikrai pagelbėtų bitininkams ir padėtų sumažinti patiriamus nuostolius.

Taigi, galime teigti, jog bitininkai norėtų avilius aplankyti dažniau, tačiau tam ne visada leidžia aplinkybės, kurios neapsiriboja vien atstumu nuo avilių. Kadangi daug bitininkų jau yra patyrę didelius nuostolius ir galvoja, kad stebėjimas padėtų užtikrinti geresnius rezultatus, galime teigti, jog poreikis dažnesniam bičių elgesio stebėjimui egzistuoja.

#### 1.2.4. Susidomėjimas nuotoline bičių stebėjimo sistema

Toliau apklausoje dalyvių buvo klausiama išsamiau apie siūlomą sistemą, siekiant išsiaiškinti poreikį, biudžetą ir norimas platformos funkcijas.

Paklausus, ar domintų išbandyti nuotolinę bičių stebėjimo sistemą, visiškai visi bitininkai atsakė teigiamai. Papildomai, pora bitininkų jau dabar naudoja panašią sistemą, tačiau yra susidomėję išbandyti ir kitas stebėjimo sistemas.

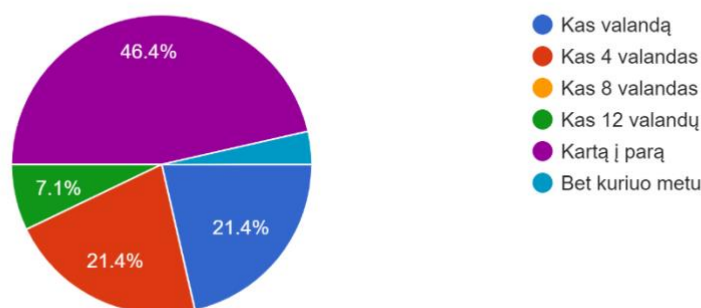
Siekiant sužinoti sistemos reikalingas funkcijas, buvo pateiktas klausimas su jau keliais parašytais variantais. Nors buvo palikta galimybė įrašyti savo variantą, nei vienas iš apklausos dalyvių to nepadarė ir tiesiog pažymėjo jau buvusius variantus. Nors visos funkcijos buvo patrauklios (atsakymai svyravo nuo 46%), tiesioginiai avilio duomenys buvo svarbiausia funkcija (100% respondentų). Pilni rezultatai:

- avilių palyginimas – 16,
- galimybė matyti tiesioginius avilio duomenis – 28,
- įspėjimai apie aptiktas anomalijas – 23,
- duomenų istorijos matymas – 21,
- pasiūlymai, kokia veikla gali būti atlikta, siekiant pagerinti statusą – 17,
- tolimesnių rodiklių prognozė – 13,
- galimybė filtruoti duomenis – 18.

Daugiausia bitininkų (46,4%) norėtų gauti avilio duomenis kartą į parą, kiti geidžia dažnesnių intervalų. Taigi, sistema turėtų būti valdoma nustatymais, kuriuose nurodomas matavimo dažnis.

Kaip dažnai norėtumėte matyti šiuos duomenis?

28 responses

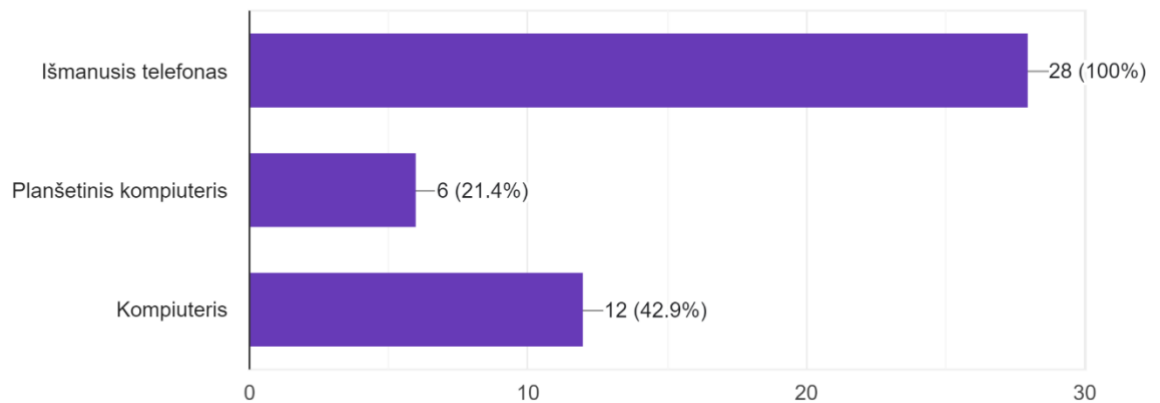


1.6 pav. Respondentų pageidaujamo bičių stebėjimo intervalo rezultatai

Apklausos dalyviai norėtų duomenis gauti į įvairių tipų prietaisus, tačiau svarbiausias yra išmanusis telefonas. Kuriant sistemą svetainės kaip progresyvios žiniatinklio programos forma galima pritaikyti tą pačią sistemą prie visų ekrano formų.

Kokiame prietaise jums būtų patogiu pasiekti šiuos duomenis?

28 responses

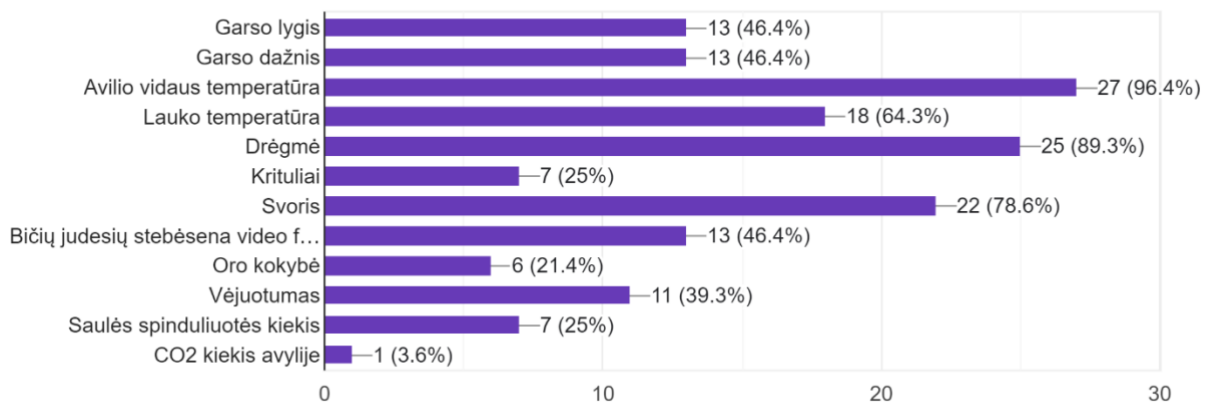


1.7 pav. Respondentams patogiausias įrenginys sistemai pasiekti

Siūlomos sistemos efektyvumas priklauso nuo pasirinkamų jutiklių. Kuo daugiau jutiklių – tuo didesnė kaina, tačiau neįdėjus pakankamai skirtingų jutiklių stebėti bites lieka neefektyvu. Bitininkai išskyrė, jog svarbiausi rodikliai yra temperatūra, drėgmė bei svoris. Visus šiuos jutiklius galima įmontuoti į sistemą pigiai, daug nekeliant minimalaus biudžeto.

Kokie rodikliai šioje sistemoje jus domintų?

28 responses

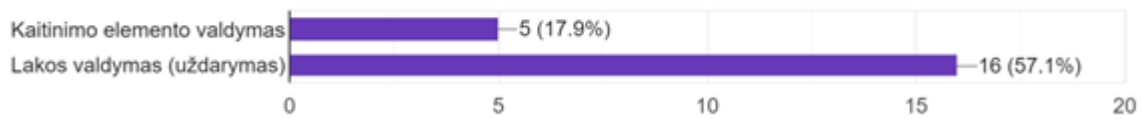


1.8 pav. Respondentų pageidaujami bičių stebėjimo rodikliai

Kadangi iš sistemos galima gauti duomenis, taip pat galima juos ir siųsti, pavyzdžiui, kokias nors valdymo komandas. Šiuo metu valdymas domino ne visus bitininkus. Daugiausiai sudomino lakos valdymas, kurio norėtų 57% respondentų.

### Ar jus domintų papildomas avilio valdymas?

28 responses

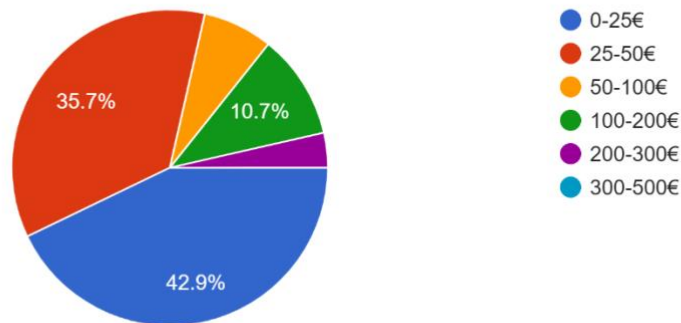


1.9 pav. Respondentų pageidavimo valdyti avilį nuotoliniu būdu rezultatai

Sistemai pritaikyti praktikoje yra labai svarbu užsibrėžti biudžeto limitą. Matome, jog didžiausia dalis respondentų galėtų skirti iki 25€, šiek tiek mažiau – iki 50€. Tačiau peržengti šio limito nereikėtų, nes sistema nebūtų tiek reikalinga, o būtų naudojama tik pasiturinčių bitininkų.

### Kokį biudžetą galėtumėte skirti stebėjimo sistemai (kaina vienam aviliui)

28 responses



1.10 pav. Respondentų maksimalaus galimo biudžeto sistemai rezultatai

Taigi, nuotolinę bičių stebėjimo sistemą norėtų išbandyti visi bitininkai – tiek mėgėjai, tiek profesionalai, net ir tie, kurie jau naudoja panašius sprendimus. Sistemos realizacija kiekvienam aviliui turėtų būti iki 50€. Tai užtikrinti padeda faktas, jog ne visi jutikliai yra būtini – turint vien drėgmės, temperatūros ir svorio jutiklius galima matyti nemažai apie bičių šeimą. Taip pat susidomėjimas avilio valdymo elementais nebuvo toks entuziastingas palyginus su stebėjimo poreikiu.

Kuriant programinę įrangą, bus privaloma užtikrinti, jog naudotojo sistema veiktų visiems ekranų tipams, o pati avilio stebėjimo sistema turėtų konfigūruojamus intervalus.

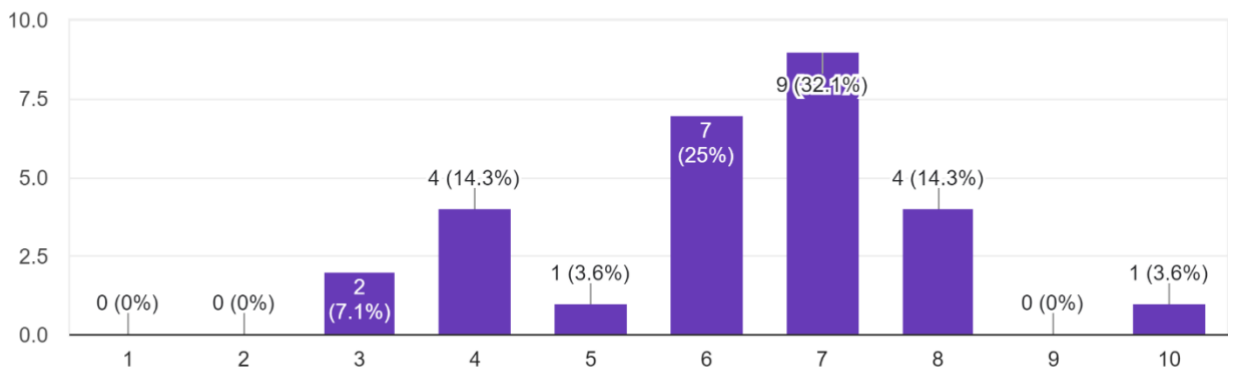
#### 1.2.5. Mokymosi galimybės

Paskutinėje apklausos dalyje siekiama įvertinti bitininkų įgūdžius, jų norą tobulėti, bei perspektyvą, ar tokia sistema galėtų jiems pagelbėti mokytis apie bites.

Apklausos dalyviai, paklausti apie dabartinius bitininkystės įgūdžius, juos įvertino vidutiniškai – vidurkis yra 5,92. Tai žymi, jog bitininkai nepilnai pasitiki savo žiniomis ir jaučia, jog turi spragų.

### Kaip vertinate savo bitininkystės įgūdžius?

28 responses



**1.11 pav.** Respondentų bitininkystės įgūdžių rezultatai

Siekiant išaiškinti šias spragas, buvo pateiktas klausimas, kuriame reikėjo įrašyti, kokių įgūdžių dalyviai norėtų labiausiai išmokti. Kiekvienam variantui mažiausiai pritarė bent 9 bitininkai, iš to suprantame, jog jiems yra svarbu pagilinti žinias. Gauti rezultatai:

- bičių šeimos veismų numatymas pagal jų elgseną – 19,
- praktiniai įgūdžiai kontaktuojant su bitėmis – 9,
- bičių spietimosi prevencija – 20,
- bičių ligų gydymas – 18,
- bičių šeimos prižiūrėjimas – 19,
- gaunamos produkcijos padidinimas – 9.

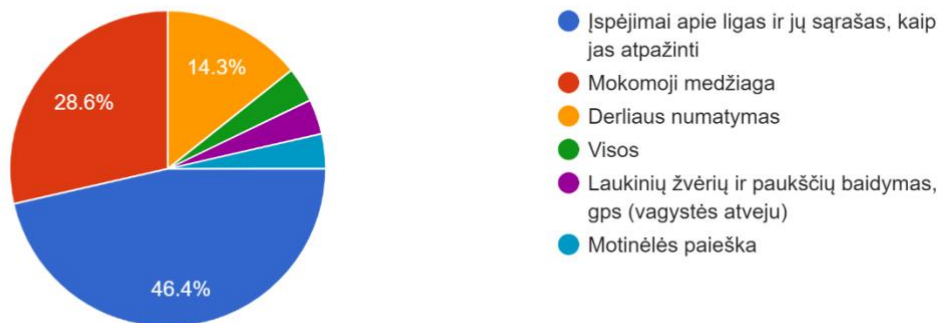
Taip pat, kadangi klausimas buvo atviros formos tipo, dalyviai galėjo įrašyti savo variantus. Buvo pateikti papildomi 2 variantai:

- produkcijos realizacija,
- motinėlių auginimas.

Iš papildomų sistemos funkcijų skirtų mokymuisi, apklausos dalyviai labiausiai domėjosi bičių ligų mokymais, galimybe jas atpažinti bei mokomąją medžiaga:

## Kokios papildomos sistemos funkcijos jums būtų pravarčios?

28 responses

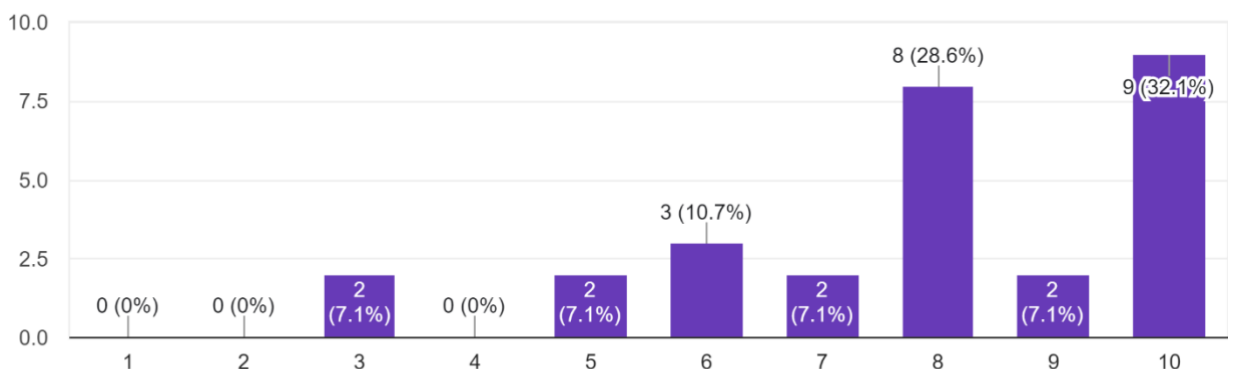


1.12 pav. Respondentų pageidaujamos mokymosi funkcijos sistemai

Galiausiai, respondentams duota galimybė įvertinti tokios sistemos galimą naudą. Vidurkis buvo 7,75. Taigi, galima teigti kad tokia sistema tikrai padėtų kai kuriems bitininkams, ypač remiantis tuo, jog patyrę bitininkai į šį klausimą atsakė žemais balais, o pradedantieji 8-10 įverčiais.

## Kaip naudinga ši sistema būtų jūsų bitininkystės įgūdžių lavinimui?

28 responses



1.13 pav. Siūlomos sistemos efektyvumo įvertinimas respondentų atžvilgiu

### 1.2.6. Tyrimo išvados

1. Tyrimas praėjo sklandžiai, nes jame dalyvavo įvairią patirtį sukaupę bitininkai, todėl galima patikrinti sprendimo poreikį iš skirtingų pozicijų.
2. Nors dauguma bitininkų avilius lanko gana dažnai – kas 1 ar 2 savaites – jie teigia, kad dažniau lankant avilius būtų gaunama geresnė produkcija. Deja, dažniau lankyti neleidžia tokie veiksniai, kaip laiko trūkumas, atstumas, ar nenorėjimas trukdyti bitėms – visa tai norima kurti bičių stebėjimo sistema ir žada išspręsti.
3. Nuotoline bičių stebėjimo sistema susidomėjo 100% apklausos dalyvių. Kadangi dauguma dalyvių buvo mėgėjai, nustatytas maksimalus 50€ stebėjimo sistemos limitas. Tai galima pasiekti nebūtinai dedant visus jutiklius, o tik būtinuosius, kuriuos ir nurodė bitininkai – temperatūros,

drėgmės, garso lygio ir svorio. Visa tai leis laisvai pasilikti biudžeto normose ir pasiūlyti išbandyti sistemą tyrimo dalyviams kaip prototipą.

4. Respondentai savo įgūdžius įvertino prastai-vidutiniškai. Jie išskyrė daug savo žinių spragų, kurias kuriamoje sistemoje galima integruoti pridėjus papildomas funkcijas mokymuisi. Labai svarbu yra integruoti pamokas apie galimas bičių ligas ir jų atpažinimą. Tai galima pateikti interaktyviai, sulyginus tikėtinus ir esamus avilio rodiklius. Taip pat respondentai pažymėjo, jog svarbi yra teorinė mokomoji medžiaga, kuri taip pat padės užpildyti anksčiau nurodytas spragas.

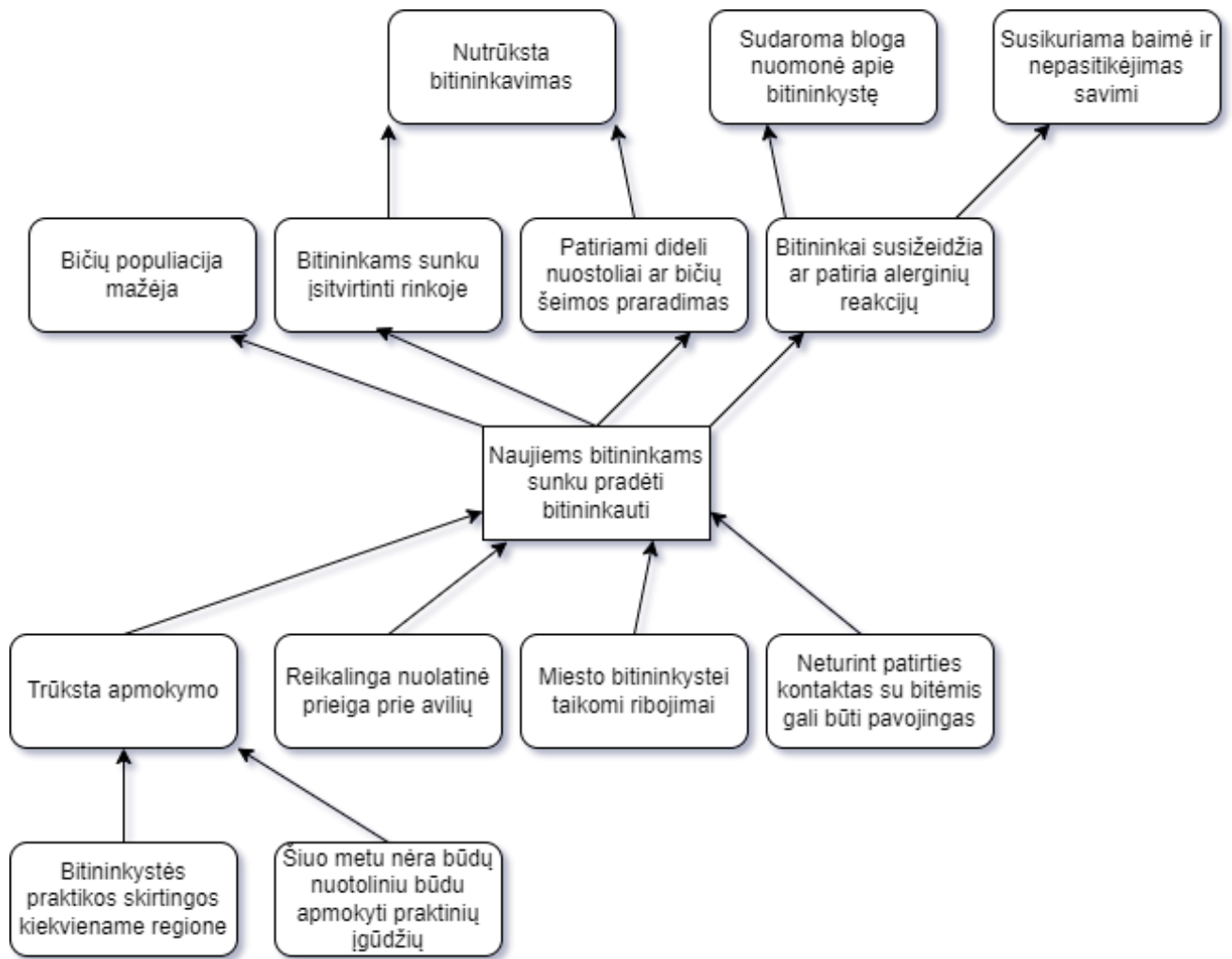
### **1.3. Bitininkystės mokymosi problematika**

Viena iš svarbiausių bitininkystės mokymosi problemų – naujus bitininkus nuo bitininkystės pradžios ribojantys veiksniai. Vieni iš šių veiksnių yra:

- bitininkams trūksta apmokymo,
- bitininkystės praktikos skiriasi kiekviename regione,
- reikalinga nuolatinė prieiga prie avilių,
- miesto bitininkystei taikomi ribojimai,
- neturint patirties kontaktas su bitėmis gali būti pavojingas.

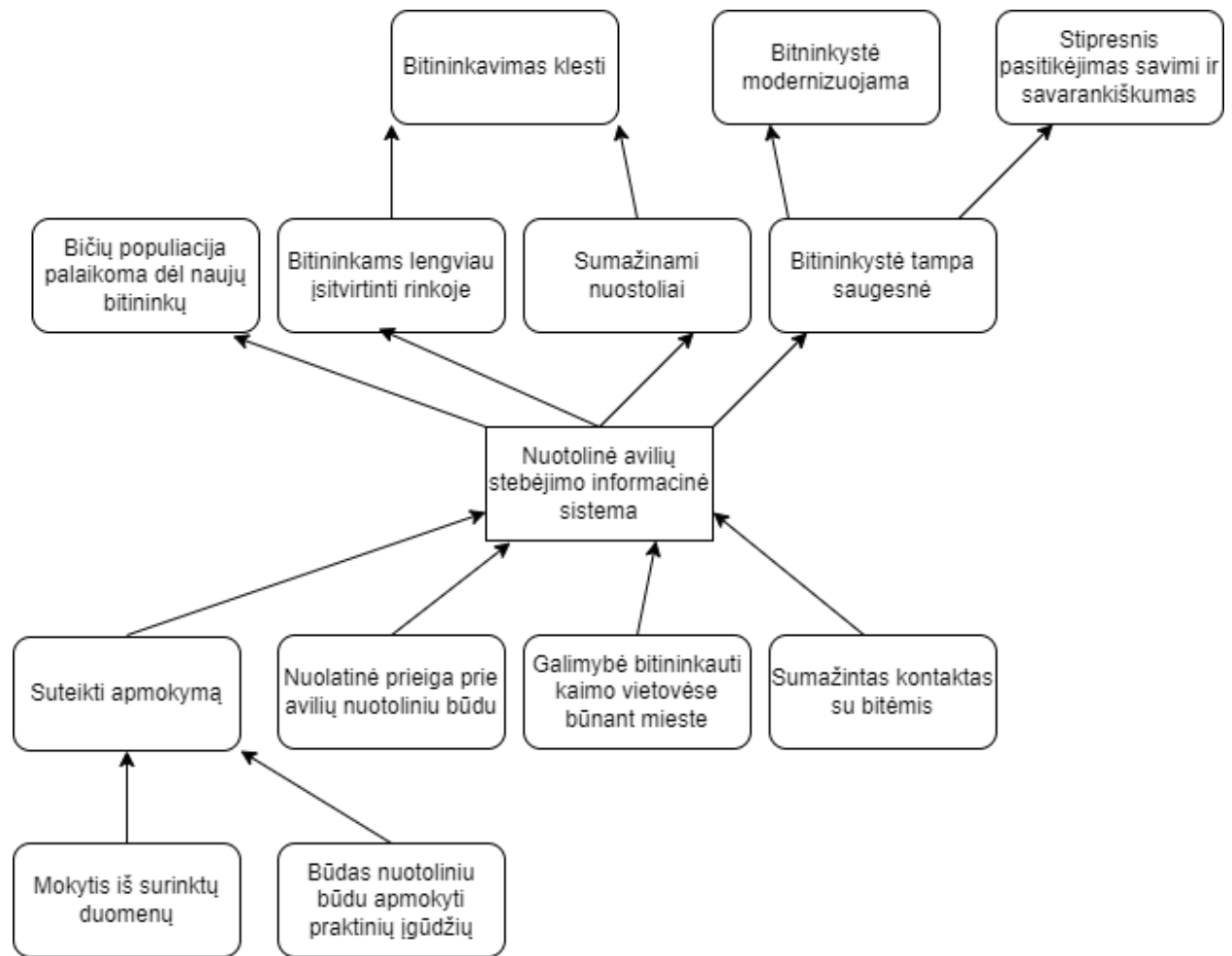
Dėl šių veiksnių atsiranda daug pasekmių, atbaidančių naujokus nuo bitininkystės. Galima išskirti tokias pasekmes:

- bičių populiacija mažėja,
- bitininkams sunku įsitvirtinti rinkoje,
- patiriami dideli nuostoliai,
- prarandamos bičių šeimos,
- bitininkai susižeidžia,
- nepasitikėjimas savimi.



1.14 pav. Problemų medis

Apsibrėžiant šias problemas, galima matyti tikslus, kuriuos įgyvendinta nuotolinė avilių stebėjimo sistema padėtų pasiekti. Šie tikslai atvaizduojami tikslų medyje:



1.15 pav. Tikslų medis

## 1.4. Galimų sprendimų analizė

### 1.4.1. Stebėsenos sistemų panaudojimo avilių stebėsenai galimybių apžvalga

Tipinė avilių stebėjimo technologija yra paprastas mikrovaldiklis, toks kaip „Arduino“, „ESP32“ arba „RaspberryPi“. Prie šių valdiklių yra prijungiami individualūs jutikliai, kurie matuoja tam tikras savybes. Kadangi valdiklis užima nedaug vietos, jis įprastai laikomas avilio viduje. Todėl yra paprasta išvedžioti laidus į skirtingas avilio vietas – pavyzdžiui, naudojant kelis termometrus.

Mikrovaldikliams yra būtina aparatinė programinė įranga, kurioje suprogramuojamas ne vien tik duomenų rinkimo algoritmas, tačiau ir kiekvieno jutiklio protokolo veikimas. Užtikrinti jutiklių stabilumą ir suteikti galimybę praplėsti jutiklių skaičių suteikia „1-Wire“ protokolas – tokiu atveju jutikliai naudoja tik 2 laidus ir jais gali dalintis net keli jutikliai. [40] Pavyzdžiui, galėtume įdėti 3 temperatūros jutiklius išnaudojant tik 2 mikrovaldiklio kontaktus. Taip pat, kadangi naudojami kontaktai lieka tie patys, galima bet kada pridėti daugiau temperatūros jutiklių nekeičiant programinės įrangos.

Duomenų rinkimas atliekamas numatytais intervalais, kasdien tuo pat paros metu. Siekiant išlaikyti duomenis kiek įmanoma tikslesnius ir aktualesnius, matuojami visi aviliai tuo pat metu. Kadangi mikrovaldikliai turi labai nedidelį kiekį atminties, surinkta informacija yra iškart perduodama į serverį, kur naudotojas gali ją pasiekti.

Stebėsenos sistemos veikimui privaloma užtikrinti nuolatinę elektros energiją. Tai gali sukelti problemų, ypač, kai vietovė yra nuošali ir ten nėra nuolatos gyvenama, tad negalima sistemų tiesiog maitinti elektros tinklais. Tai galima išspręsti panaudojant nedidelius akumulatorius – pavyzdžiui, 18650 tipo baterijos užima nedaug vietos, suteikia pakankamą įtampą valdiklio ir jutiklių veiklai užtikrinti, ir yra pakankamai talpios. Kadangi modernūs mikrovaldikliai, tokie kaip „ESP32“ ar „Arduino“ naudoja itin nedaug elektros energijos, baterijos gali užtekti ilgą laiką jos nekeičiant. Siekiant išvengti baterijos keitimo, kai kuriose sistemose integruojama nedidelis saulės baterijų modulis, kuris užtikrina, jog baterija bus įkrauta ilgą laiką. [41]

Duomenų perdavimas užmiesčio vietovėse taip pat yra labai svarbus faktorius. Siekiant stabilaus duomenų perdavimo, privaloma užtikrinti nuolatinį interneto ryšį. Atokiose vietovėse tai ne visada yra įmanoma. Paprasčiausias sprendimas – 4G/5G modemai, suteikiantis Wi-Fi ryšį nėra visada prieinamas. Modemas gali naudoti nemažai elektros energijos, taip pat turėtų būti pastatytas strategiškoje vietoje, apsaugotas nuo lauko sąlygų, kaip drėgmė ir temperatūrų pokyčiai. Taip pat, ne visose vietovėse, ypač miškingose, yra prieinamas 4G/5G ryšys. Norint to išvengti, galima naudoti mikrovaldikliams skirtus GSM modulius. Šie yra pritaikyti atšiaurioms sąlygoms ir turi didelę toleranciją aplinkos pokyčiams dėl jų dizaino paprastumo. Taip pat, kadangi GSM moduliai yra nedideli ir jungiasi tiesiai prie mikrovaldiklio, jie galėtų būti avilio viduje, kur temperatūros sąlygos yra daug stabilesnės. [42] Moduliai, tokie kaip „SIM800L“, naudoja 2G ryšį, kuris yra labiausiai paplitęs visoje Lietuvoje, todėl ryšys yra užtikrinamas pakankamai stiprus visose vietovėse.

Tačiau GSM moduliai turi didelį trūkumą – jiems privaloma turėti SIM kortelę, kuria prisijungiama prie tiekėjo tinklo. Susidaro nemaži kortelės išlaikymo kaštai, nes privaloma kiekvienai kortelei turėti interneto ryšį, tam reikalingas abonementas su ryšio tiekėju. Problema tampa tik skaudesnė, kai avilių kiekis didėja, o tuo pačiu ir SIM kortelių kiekis. Jeigu atstumai tarp avilių nėra dideli, to galima išvengti naudojant tik vieną GSM modulį, kuris persiųstų visų avilių informaciją vienu metu. Likusieji mikrovaldikliai komunikuotų tarpusavyje Wi-Fi ryšiu, sukurdami bendrą tinklą, ir perduodami duomenis pagrindiniam mikrovaldikliui, kuris turi GSM modulį. Wi-Fi moduliais rūpintis nereikėtų, nes „ESP32“ mikrovaldikliai tai turi integruota savyje. [43]

Jeigu ir šie sprendimai nėra tinkami, esant itin prastoms sąlygoms, kur net stabilus 2G interneto ryšys nėra prieinamas, galima duomenis persiųsti SMS žinute iš to paties GSM modulio. Tokiu atveju bet kurioje vietoje, kur prieinamas stiprus ryšys, galėtų būti laikomas papildomas valdiklis, kuris gautų šias žinutes, jas apdorotų, ir išsiųstų į serverį.

Aviliai gali ne tik stebėti ir rinkti informaciją, tačiau ir valdyti avilius atsižvelgiant į šių avilių būklę. Pavyzdžiui, S. Oskin straipsnyje aprašoma galimybė internetu siunčiamomis komandomis valdyti avilio temperatūrą ir drėgmę pasinaudojant avilyje integruotu kaitinimo elementu [44]. Tokiu atveju avilių lankymo poreikis liktų dar mažesnis, o kontroliavimą įmanoma būtų net automatizuoti, pavyzdžiui, įjungiant minėtą kaitinimo elementą automatiškai pagal jutiklių perduodamą temperatūrą bet kuriuo paros metu.

Taigi, avilio stebėjimui galime pasitelkti ganėtinai pigius mikrovaldiklius, kurie turėtų prijungtus jutiklius norimoms avilio savybėms stebėti. Taip pat, galimybės integruoti avilių stebėjimo sistemą atokiose vietovėse yra realios. Maitinimui pakaktų vienos ličio jonų baterijos, o mažiausi ryšiui keliami reikalavimai – galimybė išsiųsti SMS žinutę iš šios vietovės.

#### 1.4.2. Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos panaudojimo galimybės bitininkų mokymuisi

Nors ir daugelis mokymo sričių persikėlė į elektroninę erdvę, suteikiant galimybę mokytis nuotoliniu būdu, iš bet kurios vietos ir bet kuriuo metu, bitininkystė liko paliesta minimaliai. Nėra daug bitininkystę mokinančių institucijų, taip pat ir ne visos institucijos siūlo praktinius mokymus [45]. Gautus įgūdžius ne visada galima pritaikyti dėl besikeičiančių bitininkystės sąlygų, ypač priklausomai nuo regiono [1]. Dėl šios priežasties naujiems bitininkams vis dar nėra lengva pradėti bitininkauti, nes bičių elgsenos pažinimas ir nuspėjimas ateina su patirtimi stebint bičių būseną.

Vienas šių problemų sprendimo būdas yra perkėlimas bičių stebėjimo dalies į informacinę sistemą. Bitininkai galėtų stebėti avilių statistinius duomenis iš bet kurios vietos naudojantis informacine sistema. Būtų matomi pagrindiniai faktoriai avilyje - temperatūros, drėgmės, masės ir garso lygio. Bitininkas sistemoje galėtų matyti sąryšį bites įtakojančių veiksnių su bičių elgsena. Pavyzdžiui, lauko temperatūra, krituliai, drėgmė būtų siejama su garso lygiu ir temperatūra (bičių šeimos aktyvumu). Taip pat, tai galėtų būti puiki priemonė ir praktiniam mokymuisi, nes prie avilio atlikus tam tikrus veiksmus būtų galima stebėti tiesioginę bičių reakciją į tai ir matyti, kaip ji keičiasi su laiku.

Išmaniųjų avilių surinktus duomenis rekomenduojama vaizduoti internete prieinamoje informacinėje sistemoje, pateikiant išsamią istoriją ir grafikus. Taip užtikrinamas lengvesnis sistemos pasiekiamumas ir jos platesnis panaudojimas. Įgyvendinta galimybė stebėti kiekvieno avilio informaciją ir ją palyginti leistų aptikti problemas su specifine bičių šeima, iš anksto numatyti ligas. Kadangi duomenų istorija būtų kaupiama, galima pasitelkti papildomas funkcijas filtravimui ar kitoms operacijoms. Tai yra naudinga bitininkams išmokti atrasti problemas, kokios sąlygos jas sukelia, ir išspręsti jas laiku.

Duomenys galėtų būti pasitelkiami ne vien atvaizdavimui, tačiau ir naudingai apdorojami pagal iš anksto nustatytas ribas. Jei riba būtų viršyta, bitininkas būtų įspėtas gaudamas pranešimą apie bičių elgesio pakitimus. [35] Įmanoma ir pateikti naudingus pranešimus, kokios problemos gali būti numatomos pagal vieną ar kelias reikšmes, kurios nebeatitinka iš anksto nustatytų ribų. Tai leistų bitininkams mokytis iš klaidų ir laiku užkirsti kelią didesniems įvykiams, kaip bičių šeimos praradimas.

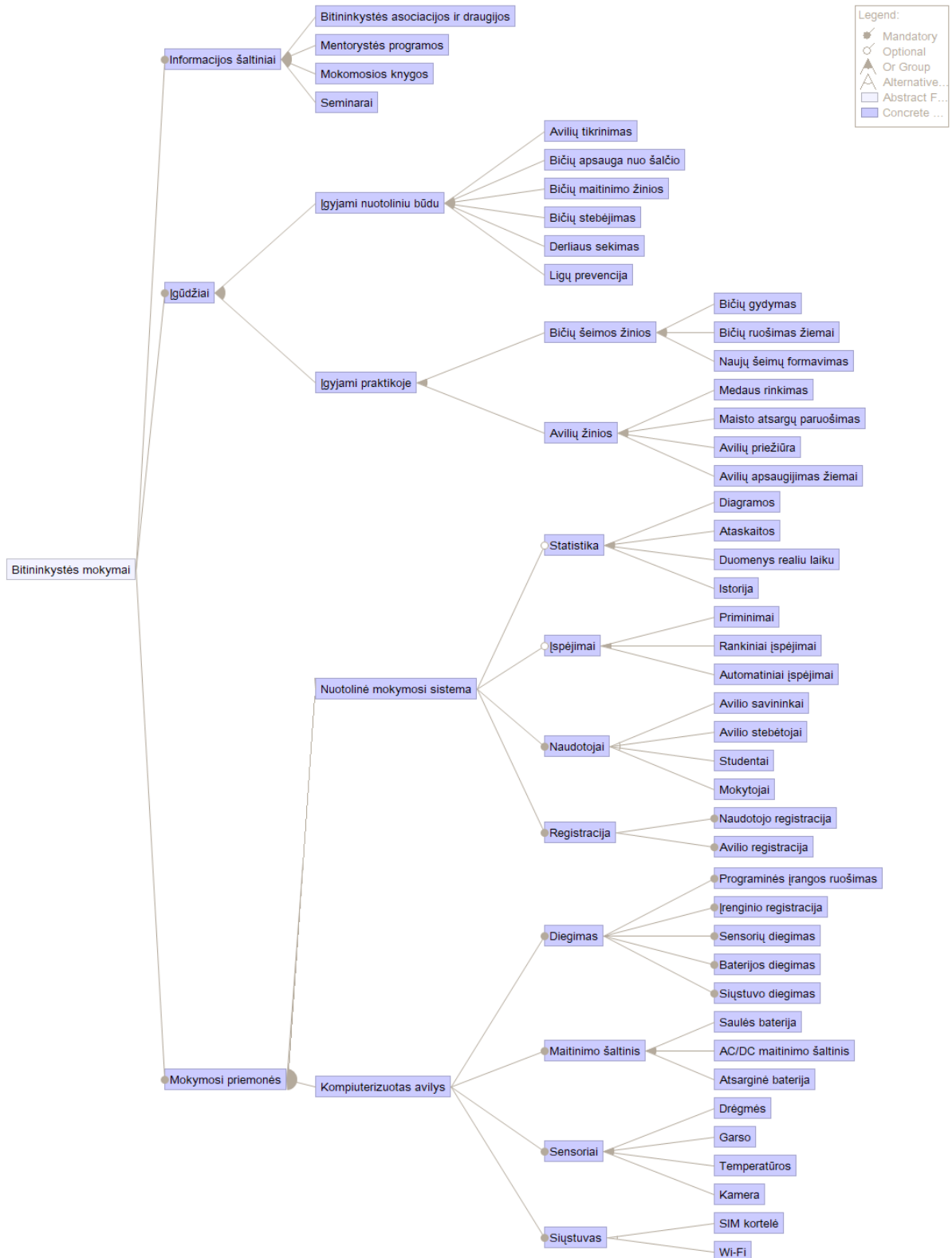
Skirtinguose regionuose yra naudojamos skirtingos bitininkystės praktikos. [46] Tam įtaką daro daug skirtingų reiškinių, pavyzdžiui, skirtingas klimatas, kitokia ūkininkų patirtis, skirtinga mokomoji medžiaga, ar tiesiog paplitę įpročiai. Perkeliav avilį į skaitmeninę erdvę tai yra pašalinama, nes stebimas pats bičių elgsenos, todėl bitininkystė galėtų būti standartizuota, be spėliojimo, ar tam tikri veiksmai yra naudingi bičių šeimai, ir leistų mokymąsi iš bet kurios vietos.

Siekiant mokymuisi dar labiau sumažinti reikmę lankyti avilius, galima įgyvendinti ne vien stebėjimą, tačiau ir avilio valdymą nuotoliniu būdu. Pavyzdžiui, avilio lakos atidarymas/uždarymas galėtų būti valdomas paprastu varikliuku, prijungtu prie mikrovaldiklio. Informacinėje sistemoje perdavus signalą, šis būtų aktyvuojamas. Pakeitus lakos poziciją, būtų galima stebėti reakciją, pavyzdžiui temperatūros pasikeitimus ir jų tempą.

Tikslinga šią sistemą įgyvendinti sukūrus internetinį serverį, į kurį aviliai, renkantis duomenis mikrovaldikliu, galėtų siųsti duomenis. Serveris apdorotų šiuos duomenis, atliktų skaičiavimus ir

saugotų informaciją duomenų bazėje. Internetinė svetainė, kreipdamasi į serverį, pasiektų jau apdorotus duomenis ir juos atvaizduotų interaktyviai.

Taigi, atvaizduojant iš avilių surinktus duomenis interaktyviojoje sistemoje galime juos pritaikyti mokymuisi. Galimybė analizuoti duomenis matant pilną istoriją, palyginant su kitais aviliais, šiuos duomenis filtruojant, tikrai pagelbėtų bitininkams išmokti daugiau apie bičių elgesį būtent jų regione.



1.16 pav. Bitininkystės mokymosi priemonių požymių diagrama

Bitininkystės mokymo sritį sudaro įvairios informacijos šaltinių grupės, įgūdžių rinkiniai ir mokymosi priemonės. Žemiau pateikiama bendra šios srities požymių diagrama (1.16 pav.), kurioje matomos pagrindinės sritys: informacijos šaltiniai, įgyjami įgūdžiai ir mokymosi priemonės. Diagrama leidžia įvertinti, kaip nuotolinė avilių stebėjimo sistema dera tarp esamų bitininkystės mokymo priemonių.

### **1.5. Skyriaus išvados**

1. Bitininkystės mokymąsi riboja instruktorių techninių ir pedagoginių įgūdžių trūkumas, fizinio kontakto su aviliais poreikis ir saugumo rizikos kontaktuojant su bitėmis.
2. Atliktas kiekybinis tyrimas patvirtino didelį nuotolinės stebėsenos poreikį – respondentai nurodė norą stebėti avilio rodiklius nuotoliniu būdu, gauti išpėjimus ir analizuoti duomenis.
3. Esami bitininkystės mokymosi sprendimai yra negausūs – daugelis institucijų nesiūlo praktinio mokymo, o elektroninės mokymo aplinkos yra primityvios ir pasenusios, nesuteikiančios galimybės dirbti su realiais avilio duomenimis.
4. Komercinės avilių stebėsenos sistemos užtikrina duomenų rinkimą, tačiau dažniausiai neturi mokymosi komponento, o duomenys pateikiami bitininkystės profesionalams, ne pradedantiesiems.
5. Tikslinga problemą spręsti skaitmenizuojant avilius jutikliais ir atvaizduojant gautus duomenis mokymuisi pritaikytoje informacinėje sistemoje. Šis sprendimas užpildytų atotrūkį tarp esamų stebėsenos priemonių ir pradedančiojo bitininko mokymosi poreikių.

## 2. Avilių skaitmenizavimo aparatinė įranga

Siekiant skaitmenizuoti avilius ir rinkti statistinius duomenis, būtina kiekviename avilyje integruoti aparatinę įrangą, gebančią atlikti matavimus ir juos persiūsti į serverį. Komerciniai avilio stebėsenos sprendimai reikalauja nemažų investicijų pradedančiajam bitininkui, skaitmenizuoto avilio sprendimai įprastai kainuoja nuo 200€ už įrenginį. Apklausos rezultatai parodė, jog labai svarbus yra kainos limitas (iki 50€), todėl buvo nuspręsta sukurti modulinę sistemą iš plačiai prieinamų komponentų. Tai leido orientuotis į minimalią kainą atrenkant tik svarbiausius komponentus. Be to, kadangi tiek aparatinė programinė įranga, tiek ir informacinė sistema buvo kuriama nuo pagrindų, tai suteikė galimybę užtikrinti gerą suderinamumą su realizuojama informacine sistema.

### 2.1. Sistemos architektūra

Realizuota dviejų lygių aparatinės įrangos architektūra, sudaryta iš dviejų tipų įrenginių:

1. Avilio matavimų modulis, kuris montuojamas kiekviename avilyje atskirai. Šis įrenginys periodiškai atlieka visus matavimus (temperatūra, drėgnumas, masė, garso lygis) ir „ESP-NOW“ belaidžiu protokolu perduoda surinktus duomenis centriniam moduliui.
2. Centrinis modulis, atliekantis dvigubą funkciją ne tik atlieka matavimus, tačiau ir aptarnauja kelių avilių grupę. Šis įrenginys priima matavimų duomenis iš visų šalia esančių matavimo modulių ir juos GPRS ryšiu persiunčia į informacinės sistemos serverį.

Toks pasidalijimas suteikia vieną esminį privalumą: mobilaus ryšio SIM kortelė reikalinga tik vienam centriniam moduliui, o ne kiekvienam aviliui atskirai – tai gerokai sumažina eksploatacijos kaštus esant dideliame avilių skaičiui, nes pašalinami abonentiniai mokesčiai. Aviliai nuo centrinės stotelės gali būti nutolę iki 200 metrų, tad nedideliame bitynui užtenka 1 SIM kortelės.

### 2.2. Reikalavimai aparatinei įrangai

Pagal analizę ankstesniuose skyriuose, galima išskirti pagrindinius funkcinis ir nefunkcinis reikalavimus, kurie yra reikalingi avilių skaitmenizacijai bei papildomi pageidavimai, nurodyti apklausos dalyvių.

#### Funkciniai reikalavimai:

- Matavimo sritis:
  - Matuoti lauko ir vidaus temperatūrą;
  - Matuoti vidinę avilio drėgmę;
  - Matuoti garso lygį;
  - Matuoti avilio masę.
- Duomenų siuntimo sritis:
  - Atlikti matavimus nustatytu laiko tarpu;
  - Surinkti matavimo duomenis iš prietaisų;
  - Perduoti duomenis į serverį.

#### Nefunkciniai reikalavimai:

- Duomenys privalo turėti kuo mažesnę įmanomą paklaidą;
- Prietaisas turėtų būti išplečiamas tiesiog pridėdam papildomą termometro jutiklį prie egzistuojančios duomenų linijos ir nekeičiant programinio kodo;

- Duomenys turi būti persiunčiami net ir nuošalioje vietovėje;
- Matavimo prietaisas turi veikti nepriklausomai nuo elektros tinklo, tiesiog maitinamas baterijomis ir saulės energija;
- Prietaiso ryšio palaikymo kaina turėtų būti minimali.
- Mobiliojo ryšio išlaidos turi būti minimalios (viena SIM kortelė grupei).

Turint šį reikalavimų sąrašą, galime pritaikyti egzistuojančias mikroschemas, kurios ir sudarys fizinę avilių skaitmenizacijos sistemos dalį.

### 2.3. Mikrovaldiklių palyginimas

Abiem sistemos įrenginių tipams (centriniam ir matavimo moduliams) pasirinktas tas pats mikrovaldiklis: „ESP32-WROOM-32“. Šis pasirinkimas grindžiamas keliomis esminėmis savybėmis.

Kaip ir buvo aptarta antrajame skyriuje, avilius skaitmenizuoti tikslinga tam tikru mikrovaldikliu, prie kurio yra prijungti norimi jutikliai informacijai rinkti. Taip pat, į šią sistemą reikalinga integruoti kokią nors ryšio priemonę, kuria bus perduodami išmatuoti duomenys. Todėl buvo pasirinkti 4 populiariausi mikrovaldikliai ir atliktas jų palyginimas, siekiant pasirinkti geriausią. Buvo išskirti 6 kriterijai:

1. procesoriaus dažnis – kai kurių jutiklių perduodamus duomenys privaloma apdoroti (pavyzdžiui, atrasti slenkantį vidurkį iš jutiklio pateikto didelio duomenų kiekio), todėl efektyviems matavimams pageidautinas greitesnis procesorius;
2. atminties kiekis – atliekant matavimus, duomenys prieš išsiuntimą laikomi laikinojoje atmintyje. Didesnis atminties kiekis leidžia apdoroti didesnę duomenų kiekį, sistemą praplėsti didesniu jutiklių kiekiu ir užtikrinti matavimo algoritmo praplėtimo galimybę ateityje;
3. saugyklos kiekis – didesnis saugyklos kiekis leidžia naudoti didesnes bei pažangesnes bibliotekas, taip pat ir rašyti sudėtingesnius algoritmus;
4. energijos sąnaudos – kadangi įrenginys maitinamas baterijomis, reikalinga turėti kuo efektyvesnę energijos panaudojimą;
5. kaina – apklausos rezultatais, galimas sistemos biudžetas yra iki 50€. Norint įterpti kuo įvairesnių jutiklių, privaloma kiek labiau įmanoma sumažinti kainą;
6. ryšio palaikymas – ryšio technologijos palaikymas leistų įrenginiams, esantiems vieniems šalia kitų, bendrauti ir perduoti duomenis į išsiuntimo stotelę. Integruotas ryšio palaikymas leistų išvengti išorinių ryšio mikroschemų naudojimo.

#### 1 lentelė. Mikrovaldiklių savybių palyginimas

	„Arduino Nano“ [47]	„ESP32-WROOM-32“ [48]	„Raspberry Pi 5“ [49]	„Raspberry Pi Pico“ [50]
Procesoriaus dažnis	16 MHz	240 MHz (2 branduoliai)	2,4 GHz (4 branduoliai)	133 MHz (2 branduoliai)
Atminties kiekis (SRAM)	2 KB	384 KB	4-8 GB (SDRAM)	264 KB
Saugyklos kiekis (EEPROM)	32 KB	4 MB	Nėra (naudojama SD kortelė)	2 MB
Energijos sąnaudos	19 mA	10 $\mu$ A (gilus miego režimu), 95-240 mA	540 mA (budėjimo režimu) 1280 mA (aktyviu režimu)	45 mA

		(aktyviu režimu, siunčiant duomenis)		
Kaina	21,60 €, tačiau neoficialūs variantai randami už 4 €	18 €, tačiau neoficialūs variantai randami už 5 €	70-90 € (priklauso nuo atminties kiekio)	7,90 € (Bluetooth versija)
Ryšio palaikymas	Nėra	Wi-Fi ir Bluetooth technologijos, „ESP-NOW“ protokolas	Bluetooth	Wi-Fi ir Bluetooth (tik tam tikri modeliai)

Atlikus techninių specifikacijų analizę pastebėta, jog „ESP32-WROOM-32“ mikrovaldiklis turi vieną iš didžiausių procesoriaus dažnių (atmetus „Raspberry Pi 5“, kuris netelpa į numatytą biudžetą). Taip pat šis mikrovaldiklis turi ir didžiausią atminties, saugyklos kiekį, bei mažiausias elektros sąnaudas. Gilaus miego režimu valdiklis naudoja vos 10  $\mu$ A energijos, todėl tai gali užtikrinti ilgą veikimą vien iš baterijų. Tai yra ypač svarbu, nes matavimo prietaisas didžiąją dalį laiko praleis gilaus miego režime, pabudamas tik kas numatytą laiko tarpą.

„ESP32-WROOM-32“ mikrovaldiklis taip pat turi įdiegtą belaidžio ryšio protokolą „ESP-NOW“. Kadangi įrenginys yra atvirojo tipo, gamintojas taip pat pateikia ir kodo bibliotekas lengvam integravimui. Tai užtikrina lengvą bei patikimą komunikaciją su kitais šalia esančiais valdikliais. Šis protokolas yra labai svarbus skaitmeninio avilio matavimo stotelių komunikacijai su centrine stotele.

Taip pat labai svarbu yra kaina. Nors „Raspberry Pi Pico“ yra pigiausias, perkant iš oficialių tiekėjų, tačiau neoficialios „ESP32-WROOM-32“ modulių versijos randamos ir už 5€. Kadangi šio mikrovaldiklio dizainas yra atvirojo kodo aparatinė įranga, neoficialios versijos gali taip pat gerai atlikti darbą. Taip pat, „ESP32“ turi pirmosios šalies palaikymą „Arduino IDE“ platformai, dėl ko galima užtikrinti geresnį stabilumą projekto vystymo ateityje. Kadangi „Arduino“ ekosistema yra brandi, esant reikalui galima nesudėtingai perkelti funkcionalumą ant kito mikrovaldiklio (pavyzdžiui, „Raspberry Pi Pico“).

Taigi, išanalizavus visas svarbiausias savybes bei skirtumus, pastebėta, jog „ESP32-WROOM-32“ yra geriausias mikrovaldiklio pasirinkimas.

## 2.4. Jutiklių pasirinkimas

Apžvelgus atliktą apklausą (1.8 pav.), tikslinga numatyti, jog svarbiausi jutikliai yra temperatūros, drėgmės bei masės. Taip pat planuojama įstatyti ir garso stiprio jutiklių, taip suteikiant bitininkams detalesnės informacijos apie bičių aktyvumą. Tai yra labai svarbu, nes sureagavimas laiku gali užkirsti kelią bičių šeimos praradimui. Todėl, buvo pasirinkti tokie jutikliai:

### 2 lentelė. Naudojami jutikliai

Jutiklio pavadinimas	Matuojama savybė	Komentaras
„HX711“	Masė	Populiariausias atvirojo kodo jutiklis, dažnai naudojamas su „Arduino“ ir turintis daug jau aprašytų bibliotekų.
„MAX9814“	Garsas	Nors populiariausias jutiklis yra „KY-037“, šis garso jutiklis savyje turi „LM386“ stiprintuvą. Tai leidžia tiksliau aptikti tylius garsus nepaveiktam elektros triukšmo.
„DS18B20“	Temperatūra	Šis jutiklis yra atsparus vandeniui ir turi ilgą laidą, todėl gali matuoti lauko temperatūrą nebijant drėgmės ir klimato pokyčių. Veikiantis „1-Wire“ principu.

„DHT22“	Drėgmė ir temperatūra	Drėgmės jutiklis, matuojantis santykinę drėgmę su minimalia 2% paklaida. Montuojamas avilio viduje kaip dedikuotas drėgmės matavimo jutiklis.
---------	-----------------------	---

Atsižvelgus į jutiklių kainą, populiarumą bei suderinamumą, nuspręsta naudoti aukščiau pateiktus jutiklius. Kaina nėra svarbi savybė šiam pasirinkimui, nes yra daug įvairių alternatyvų beveik vienodomis kainomis. Todėl buvo prioretizuojamas kuo geresnis suderinamumas ir palaikymas. Visi keturi jutikliai yra gerai žinomi „Arduino“ ekosistemoje, turi patvirtintas ir brandžias bibliotekas. Tai leidžia sutelkti kūrimo pastangas į sistemos logiką, o ne žemo lygio jutiklių integraciją. Pastebėta, jog „HX711“ jutiklis yra dažniausiai naudojamas jutiklis masės matavimui daugeliui „Arduino“ projektų, todėl yra ne viena biblioteka, leidžianti paprastai integruoti masės matavimą. Taip pat, „DS18B20“ temperatūros jutiklis yra atsparus vandeniui, taip leidžiantis matuoti lauko temperatūrą. Dar labai svarbi savybė yra ta, jog temperatūros jutiklis veikia „1-Wire“ pagrindu. Ši technologija leidžia prijungti kelis (neturint realiai pritaikomo limito) tokio pat tipo jutiklis prie vienos tos pačios duomenų perdavimo linijos. Tai reiškia, jog prijungus vieną termometro jutiklį, bet kada prie tos pačios linijos bus galima prijungti papildomus jutiklius, nekeičiant kodo dalies.

Mikrovaldiklis montuojamas avilio viduje, atokiau nuo bičių. Tai apsaugo valdiklį nuo atšiaurių lauko sąlygų. Temperatūros jutikliai išdėstomi keliuose avilio taškuose (centre, prie angos, krašte) ir vienas – lauke. Nors užtenka tik vieno temperatūros jutiklio centre, papildomi jutikliai leidžia sekti statistiką tiksliau, pastebėti bičių aktyvumą. Drėgmės jutiklis montuojamas avilio viduryje, šalia temperatūros jutiklio.

## 2.5. Komunikacijos protokolai

### 2.5.1. Komunikacija tarp avilių

Avilių tarpusavio ryšiui pasirinktas „ESP-NOW“ – „Espressif Systems“ patentuotas mažos delsos belaidžio tinklo protokolas, veikiantis Wi-Fi ryšiu be prieigos taško.

Tačiau „Espressif Systems“ turi patentuotą ir kitą protokolą, kuris taip pat yra palaikomas „ESP32“ valdiklio: „ESP-MESH“. Šis protokolas vietoje duomenų siuntimo „iš taško į tašką“, suformuoja tinklą (angl. mesh) iš šalia egzistuojančių prietaisų. Tai užtikrina žymiai didesnę aprėptį ir panaikina anksčiau minėtą 200 metrų nuo centrinio avilio atstumo limitą, nes informacija siunčiama naudojant kitus avilius kaip tarpinius mazgus. Tačiau „ESP-MESH“ yra nesuderinamas su matavimo avilių reikalavimais - tinklo mazgas, esantis gilaus miego režime, negali vykdyti kitų mazgų paketų maršrutizavimo funkcijos. Kadangi tiek aviliai naudoja gilų miego režimą tarp matavimo ciklų, taip žymiai taupydami energiją, „ESP-MESH“ architektūra yra fiziniu lygmeniu neįmanoma. Norint realizuoti „ESP-MESH“ protokolo naudojimą, reikėtų atsisakyti gilaus miego režimo ir Wi-Fi siųstuvą laikyti visada aktyvų. Dėl padidėjusių energijos sąnaudų baterijos maitinimo trukmė žymiai sumažėtų, tam reikėtų saulės energijos modulių arba išorinio maitinimo elektros energija. Tai žymiai sumažina sistemos lankstumą, todėl buvo pasirinktas „ESP-NOW“ protokolas.

Pagrindiniai „ESP-NOW“ privalumai:

- mažas energijos suvartojimas: „ESP-NOW“ komunikacija trunka kelias milisekundes, po to matavimo avilyje gali pereiti į gilaus miego režimą ir taupyti energiją;
- efektyvus trumpu atstumu: protokolas veikia iki 200 metrų atviraime lauke pakankama aprėptis tipiniam bitynui aptarnauti;

- nereikalinga papildoma konfigūracija: „ESP-NOW“ priima paketus iš bet kurio siuntėjo be išankstinės adresų konfigūracijos.

## 2.5.2. Komunikacija tarp centrinės stotelės ir IS serverio

Norint perduoti avilių būsenos matavimus į informacinę sistemą, privalomas koks nors komunikacijos protokolas aparatinei įrangai ir serveriui sujungti kartu. Pateiktoje lentelėje išanalizuojami populiariausi daiktų interneto sprendimai, kuriais galima perduoti mažus kiekius informacijos.

**3 lentelė.** Komunikacijos su informacine sistema būdų palyginimas

	GPRS	„Sigfox“	„LoRaWAN“	SMS žinutės
Aprėptis	Visa Lietuva	Diegiamos bazinės stotelės pasirūpina aprėptimi	15 kilometrų nuo siuntėjo	Visa Lietuva
Greitis	20 - 50kbps	100-600bps	250bps	160 simbolių vienoje SMS žinutėje
Kaina	SIM kortelės operatoriaus kaina.	Nuo 30€ per mėnesį	Nemokama	SIM kortelės operatoriaus kaina.
Pliusai	- Paprastai įgyvendinama - Tam sukurti „Arduino“ moduliai ir bibliotekos - Kaina gali būti minimali (priklauso nuo ryšio operatoriaus)	- Naudoja labai mažai energijos - Galima pasiekti atokias vietas - Veikia keliose šalyse	- Leidžia turėti savo asmeninį tinklą - Atvirojo kodo	- Paprasčiausias įgyvendinimas - Yra daug „Arduino“ modulių ir bibliotekų - Itin maža kaina
Minusai	- Kiekvienam prietaisui reikalinga SIM kortelė - „Arduino“ privalo konstruoti saityno kreipinius, taip apsunkindamas įrangos kodą.	- Reikia susisiekti su „Sigfox“ ryšio tiekėju, gauti asmeninį pasiūlymą - „Sigfox“ ryšiui palaikyti mikroschema daug kainuoja	- Reikia daug žinių ir resursų, norint sukurti savo tinklą - Reikia mikrovaldiklio su integruota „LoRaWAN“ mikroschema	- Kiekvienam prietaisui reikalinga SIM kortelė - Negalima siųsti tiesiogiai SMS žinutės į serverį

Atlikus palyginimą, matomos 2 daiktų interneto naujovės, suteikiančios geriausią susisiekimą atokiose vietovėse. Deja, bet „Sigfox“ ryšiui privaloma nuomotis bazines stoteles, kurios užtikrina šį ryšį, o „LoRaWAN“ technologijai reikalinga kurti savo privatų tinklą. Taip pat, šios dvi technologijos nėra gerai suderinamos su anksčiau pasirinktu mikrovaldikliu. Joms rekomenduojamos atskiros „Arduino Nano“ valdiklių versijos, kurios nepalaiko tiek funkcijų, kiek pasirinktas „ESP32“ valdiklis.

Lyginant komunikaciją GPRS ir SMS forma, išvelgiama daug panašumų, nes privaloma turėti mobiliojo ryšio operatoriaus SIM kortelę. Abi šios technologijos naudoja tą pačią mikroschemą, tačiau SMS žinučių įgyvendinimas yra daug paprastesnis ir suteikia gavėjui šansą realiu laiku pamatyti gautus duomenis. Tačiau, norint integruoti duomenis į informacinę sistemą, tam reikėtų atskiro gavėjo serverio, kuris gautų visas SMS žinutes ir perduotų jas internetiniam serveriui. Tai gali įnešti nestabilumą ir sunkumų ateities palaikyme, todėl yra tikslinga tiesiog panaudoti GPRS ryšį ir kreiptis į serverį tiesiogiai su pačiu mikrovaldikliu.

GSM/GPRS integracijai nereikalingas atskiras mikrovaldiklis. Tai gali būti pasiekama panaudojus „SIM800L“ komunikacijos modulį. Šis yra vienas labiausiai paplitusių GSM modulių „Arduino“ bendruomenėje, todėl yra daug dokumentacijos bei bibliotekų, skirtų „Arduino“ mikrovaldikliui. Taip pat, rekomenduojama šį modulį maitinti baterijomis, todėl sprendimas maitinti patį mikrovaldiklį ir jutiklius baterijomis žymiai padėtų ir šiam sprendimui.

Tačiau, kyla kainos problema – pasirinkus GPRS technologiją, kiekvienam aviliui yra reikalinga atskira SIM kortelė. Tai sprendžiama naudojant dviejų tipų architektūrą: daug matavimo avilių, siunčiančių informaciją į centrinį modulį „ESP-NOW“ protokolu. Centrinis modulis vienintelis turi „SIM-800L“ modulį ir komunikuoja su IS serveriu. Todėl komunikacijos su serveriu logika yra perkeliama į atskirą prietaisą, supaprastinant matavimo prietaisų palaikymą. Taip pat, kiekvienai avilių grupei yra reikalinga tik viena SIM kortelė. Jei grupės yra gan didelės, tai gali sutaupyti didelius kiekius pinigų.

## 2.6. Programinės įrangos architektūra

Abiejų modulių programa parašyta „Arduino“ modifikuota C++ kalba.

### 4 lentelė. Naudojamos išorinės bibliotekos

Biblioteka	Paskirtis
„OneWire“	„DS18B20 1-Wire“ magistralės protokolas
„DallasTemperature“	„DS18B20“ temperatūros nuskaitymas per „OneWire“ protokolą
„DHT sensor library“	„DHT22“ drėgmės nuskaitymas
„HX711_ADC“	Svarstyklių kalibravimas ir vidurkio išvedimas
„esp_now“, „WiFi“	„ESP-NOW“ belaidis perdavimas

Garso jutikliui biblioteka nenaudojama – kadangi signalas yra analoginis, vidurkio išvedimą apskaičiuojamas nesudėtingai. Taip pat papildomų bibliotekų nereikia ir „SIM800L“ modulio realizavimui – komandos yra perduodamos tiesiogiai serijiniu ryšiu.

### 2.6.1. Matavimo stotelės programinė įranga

Matavimo modulio programinę įrangą sudaro 4 pagrindiniai komponentai:

1. jutiklių modulis, kuriame nuskaitymi visi keturi jutikliai;
2. pagrindinė duomenų struktūra – visi matavimai sudedami į fiksuoto dydžio 72 baitų struktūrą, kuri tiesiogiai perduodama per „ESP-NOW“ be papildomo serializavimo. Struktūroje saugomas unikalus avilio kodas ir jutiklių duomenys. Siekiant, jog paketo dydis išliktų fiksuoto dydžio, temperatūros jutiklių maksimalus kiekis apribotas iki 10. Esant poreikiui, tai gali būti pakeičiama per atskirą konfigūracijos failą;
3. „ESP-NOW“ siuntimo modulis, transliuojantis struktūrą į centrinį modulį. Paketas siunčiamas du kartus su 50 ms tarpu patikimumui užtikrinti;
4. gilaus miego valdymo modulis: po perdavimo aktyvuojamas gilus miegas iki kito nustatyto matavimo, taip užtikrinant energijos taupymą.

## 2.6.2. Centrinės stotelės programinė įranga

Centrinė stotelė naudoja tą patį jutiklių modulį ir duomenų struktūrą kaip matavimo stotelė – kodas nėra dubliuojamas. Papildomai, lyginant su matavimo stotele yra šie moduliai:

1. „ESP-NOW“ priėmimo modulis – vietoje siuntimo laukiami paketai iš kitų avilių. Kiekvienas gautas paketas kaupiamas atmintyje iki centrinės stotelės matavimo ciklo;
2. ciklinis siuntimo modulis – centrinė stotelė veikia be gilaus miego. Taip užtikrinama, jog nebus praleistos vėluojančių avilių žinutės. Kas 30 min. stotelė sustabdo ESP-NOW priėmimą atlieka savo avilio matavimus, siunčia visus sukauptus rodmenis per GPRS, išvalo masyvą ir vėl atveria priėmimo langą;
3. GPRS/HTTP valdymo modulis; AT komandų seka formuoja HTTP POST užklausą JSON formatu ir siunčia į API. Klaidos atveju pakartoja su eksponentine atidėjimo strategija.

## 2.7. Jutiklių triukšmo slopinimas

Testavimo metu pastebėta, jog analoginiai jutikliai turėjo matavimo triukšmą. Tai ypač atsispindėjo triukšmo jutikliui, kai matavimo metu praskridusi bitė galėjo iškreipti statistiką. Programinė įranga tai sprendžia ne iškart paimdama jutiklių duomenis, o išvesdama vidurkį per ilgesnį laikotarpį.

Pastebėta, jog tik aktyvuoti svorio jutikliai yra labai jautrūs triukšmui ir tikslumas gali svyruoti  $\pm 200$  gramų. Todėl nuspręsta per 30 sekundžių langą paimiti 300 matavimų ir išvesti iš jų vidurkį kaip galutinę reikšmę. Tai užtikrino daug geresnį stabilumą tarp skirtingų matavimų.

Garso jutikliams buvo kita problema: matavimo metu galima buvo užfiksuoti praskrendančią bitę. Todėl taip pat nuspręsta įrašinėti rezultatus per 30 sekundžių. Taip būdavo gaunami pastovūs duomenys, pašalinant pikus.

## 2.8. Energijos sąnaudos

Avilių stotelių mikrovaldikliai maitinami 3,3-5 V įtampa. Tai leidžia maitinimą tiesiog USB jungtimi naudojant maitinimo šaltinį, tačiau suteikia galimybę naudoti ir baterijas. Vienas dažniausių sprendimų yra 18650 tipo baterija, populiariai naudojama dėl aukštos talpos ir 4,2-3,7 V įtampos režijų, puikiai tinkamų mikrovaldikliui. Esant poreikiui, galima prie baterijos prijungti ir saulės energijos elementą, taip palaikant baterijos talpą.

Nors matavimo stotelėms užtenka 5 V maitinimo iš elektros tinklo, centrinė stotelė visada privalo turėti 18650 ličio jonų bateriją kaip papildomą nepriklausomą maitinimo grandinę „SIM800L“ moduliui. Atskiras elementas yra būtinas, nes „SIM800L“ modulio maksimali įtampa yra 4,4V – naudojant didesnę įtampą modulis būtų sugadintas. Tai galėtų būti išsprendžiama su „ESP32“ esančiu įtampos reguliatoriumi, tačiau „SIM800L“ GPRS ryšio momentu gali trumpam paimiti iki 2 A srovės. Toks piko poreikis sukelia mikrovaldiklio įtampos kritimą ir nevaldomą perkrovimą. Todėl paprastesnis ir patikimesnis sprendimas yra atskiras elementas GPRS moduliui.

Kadangi matavimo ciklas trunka apie minutę ir matavimai yra atliekami kas 30 minučių, matavimo stotelė yra aktyvi tik 1 minutę per matavimo ciklą, o likusį laiką (29 minutes) stotelė veikia gilaus miego režimu. Matavimo metu maksimali mikrovaldiklio naudojama srovė gali siekti iki 240 mA, o gilaus miego metu naudojama tik 0,01 mA energijos. Vidutinė matavimo srovė, naudojama per matavimo ciklą yra vos 8 mA:

$$I = \frac{240 \text{ mA} \cdot 60 \text{ s} + 0,01 \text{ mA} \cdot 1740 \text{ s}}{1800 \text{ s}} \approx 8 \text{ mA} \quad (1)$$

Įprasta 18650 tipo ličio jonų baterija turi apie 3000mAh energijos. Todėl, matavimo stoteles maitinant vien akumuliatoriumi, tikėtinas 375 valandų veikimo laikas (~15,6 paros).

$$t = \frac{3000 \text{ mAh}}{8 \text{ mA}} = 375 \text{ val.} \quad (2)$$

Veikimo laiką galima prailginti imant retesnius matavimus. Pavyzdžiui, matuojant kas 6 valandas gauname 0,68mA vidutinį energijos naudojimą, kas suteiktų net apie 183 parų veikimo laiką. Tačiau kuriant šią sistemą buvo prioritizuojamas didesnis duomenų srautas atliekant dažnus matavimus kas 30 minučių. Tai leidžia aiškiau pamatyti bičių elgesio pasikeitimus. Todėl matavimo stotelėms rekomenduojama prijungti saulės energijos elementus, kurie užtikrins nepertraukiamą baterijos maitinimą. Apskaičiuota, jog nepertraukiamam maitinimui užtektų vos 2W saulės energijos elemento kuris patikimai tiekų energiją net ir žiemą, nes matavimo stotelės naudojama energija yra apie 29,6mW.

$$P = \frac{8 \text{ mA}}{3,7 \text{ V}} = 29.6 \text{ mW} \quad (3)$$

## 2.9. Skyriaus išvados

1. Avilių skaitmenizacijos fizinei sistemai tikslinga panaudoti mikrovaldiklį ir suprogramuoti logiką patiems, taip geriau pritaikant visą sistemą bei sumažinant kainą.
2. Matavimo mikrovaldikliai privalo turėti Wi-Fi ryšį komunikacijai su siuntimo mikrovaldikliu. Wi-Fi mikroschema jau yra įstatyta į „ESP32-WROOM-32“ mikrovaldiklį
3. Matavimui pasirinkti naudoti 4 jutikliai – masės, garso, drėgmės, bei temperatūros. Renkantis jutiklius buvo teikiama pirmenybė bibliotekų palaikymui bei plečiamumui.
4. Siekiant pasiekti mažiausią kainą, duomenų siuntimo mikrovaldiklis duomenis siunčia GPRS ryšiu. Tai yra pasiekama pasitelkus „SIM800L“ komunikacijos modulį.

### **3. Nuotolinės avilių stebėjimo informacinės sistemos projektavimas**

Ankstesniame skyriuje aprašyta aparatinė įranga renka avilio rodmenis, tačiau pati savaime neteikia mokomosios vertės. Šiame skyriuje projektuojama informacinė sistema, kuri šiuos rodmenis kaupia, atvaizduoja ir paverčia pradedančiajam bitininkui suprantamais signalais. Skyriuje nustatomi funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai, suformuluojami panaudojimo atvejai bei aprašomos pasirinktos realizavimo technologijos.

#### **3.1. IS paskirtis**

Informacinės sistemos paskirtis – suteikti galimybes sistemos naudotojams mokytis bitininkystės nuotoliniu būdu. Tai pasiekama realizuojant avilių siunčiamų duomenų atvaizdavimą sistemoje tiek realiu laiku, tiek ir istorijos peržiūrą.

Taip pat, siekiant padidinti efektyvumą, sistemoje reikalinga įdiegti įspėjimų posistemę. Ši posistemė, pasitelkusi iš anksto nustatytas įspėjimų taisykles, praneš sistemos naudotoją apie duomenų anomalijas arba siekiamas ribines reikšmes. Kitaip tariant, tokia posistemė padės gaunamiems avilio rodmenims suteikti prasmę.

#### **3.2. IS reikalavimai**

##### **3.2.1. Funkciniai reikalavimai**

Išskirti funkciniai reikalavimai:

- naudotojų posistemė:
  - galimybė sistemos naudotojams patiems susikurti paskyrą;
- duomenų posistemė:
  - stebėti turimo avilio rodmenų istoriją,
  - galimybė eksportuoti avilio rodmenis į norimą formatą ar ataskaitą;
- avilių posistemė:
  - galimybė sistemoje stebėti avilių būsenas,
  - avilių programinės įrangos atnaujinimas,
  - avilių valdymas bei naujų avilių registracija;
- įspėjimų posistemė:
  - įspėjimų peržiūra,
  - įspėjimų taisyklių valdymas.

##### **3.2.2. Nefunkciniai reikalavimai**

Sistemai nustatyti nefunkciniai reikalavimai:

- saugumo užtikrinimas (sistemos naudotojas gali turėti prieigą tik prie savo turimų avilių);
- minimalus avilio rodmenų siuntimo intervalas: 30 minučių;
- maksimalus leistinas duomenų vėlavimas: 1 valanda;
- svetainės dizainas turi palaikyti įvairius ekranų kraštinių santykius (svetainės elementai patogūs tiek asmeniniame kompiuteryje, tiek planšetiniame kompiuteryje, tiek išmaniajame telefone);
- 24/7 prieinamumas internete.

### 3.3. Panaudojimo atvejai

Išskirti šie panaudojimo atvejai:

- naudotojų posistemė:
  - užsiregistruoti,
  - prisijungti,
  - atsijungti;
- duomenų posistemė:
  - stebėti avilio rodmenų istoriją,
  - eksportuoti avilio rodmenis,
  - pateikti duomenis (aviliui);
- avilių posistemė
  - stebėti avilių būseną,
  - valdyti avilius:
    - užregistruoti avilius,
    - šalinti avilius,
    - redaguoti avilius;
- įspėjimų posistemė:
  - peržiūrėti įspėjimus,
  - valdyti įspėjimų taisykles:
    - Kurti įspėjimų taisykles,
    - Redaguoti įspėjimų taisykles,
    - Šalinti įspėjimų taisykles.

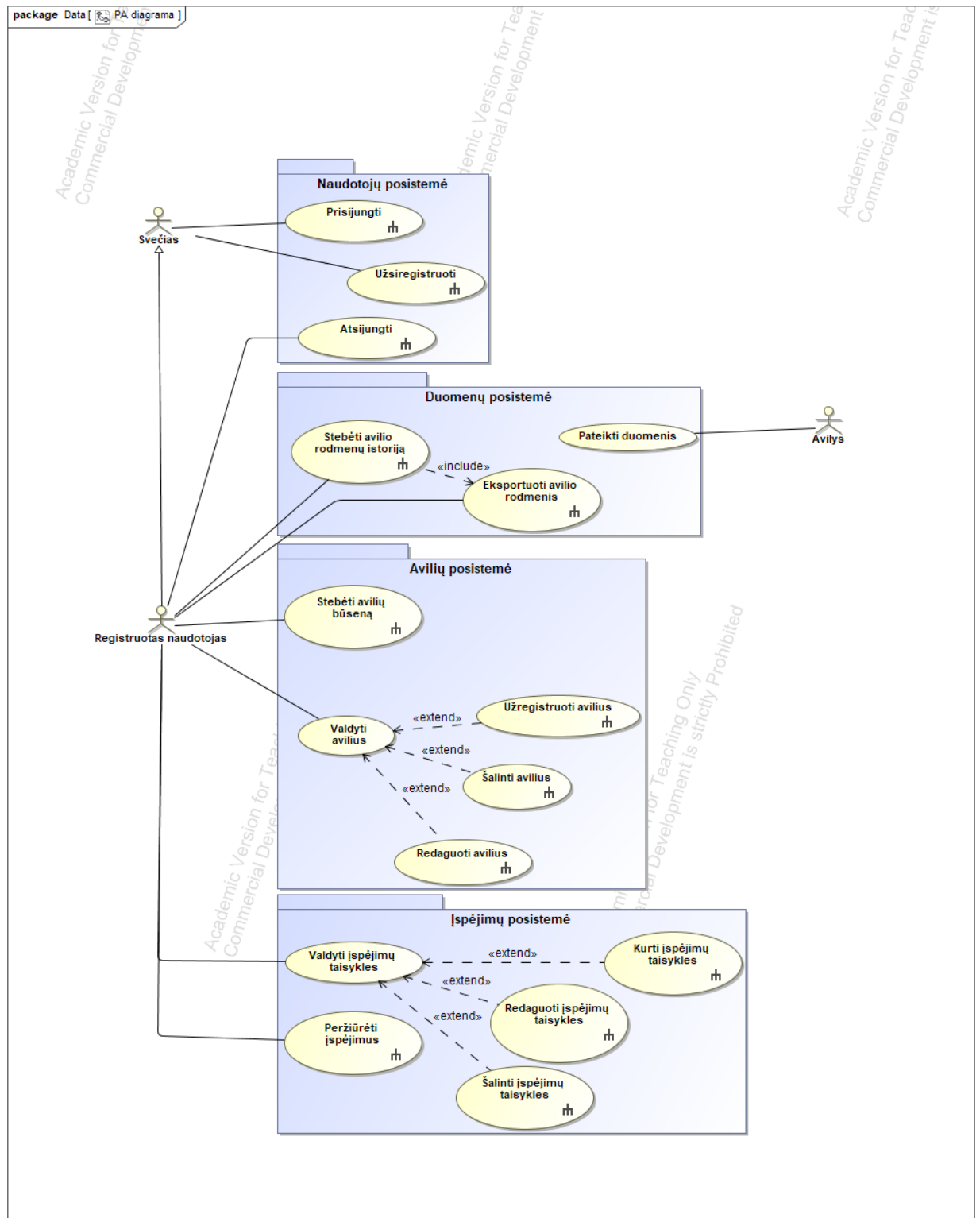
#### 3.3.1. Dalyviai

Informacinės sistemos funkcijomis gali naudotis tik tie vartotojai, kurie jau turi įdiegtus kompiuterizuotus avilius su tinkama programine įranga. Tokiu atveju, šie aviliai yra užregistruojami sistemoje, o jų siunčiami duomenys yra nukreipiami į sistemos naudotojo profilį. Papildomai, sistemoje sukuriama ir papildoma administratoriaus rolė, skirta sklandžiam veikimui užtikrinti ir sistemos naudotojų problemų sprendimui. Taip pat, egzistuoja dar vienas dalyvis – avilys, kuris gali tik persiųsti dabartinius rodmenis.

Todėl, išskiriami 4 sistemos dalyviai:

- administratorius,
- sistemos naudotojas,
- avilys,
- svečias.

### 3.3.2. PA diagramos

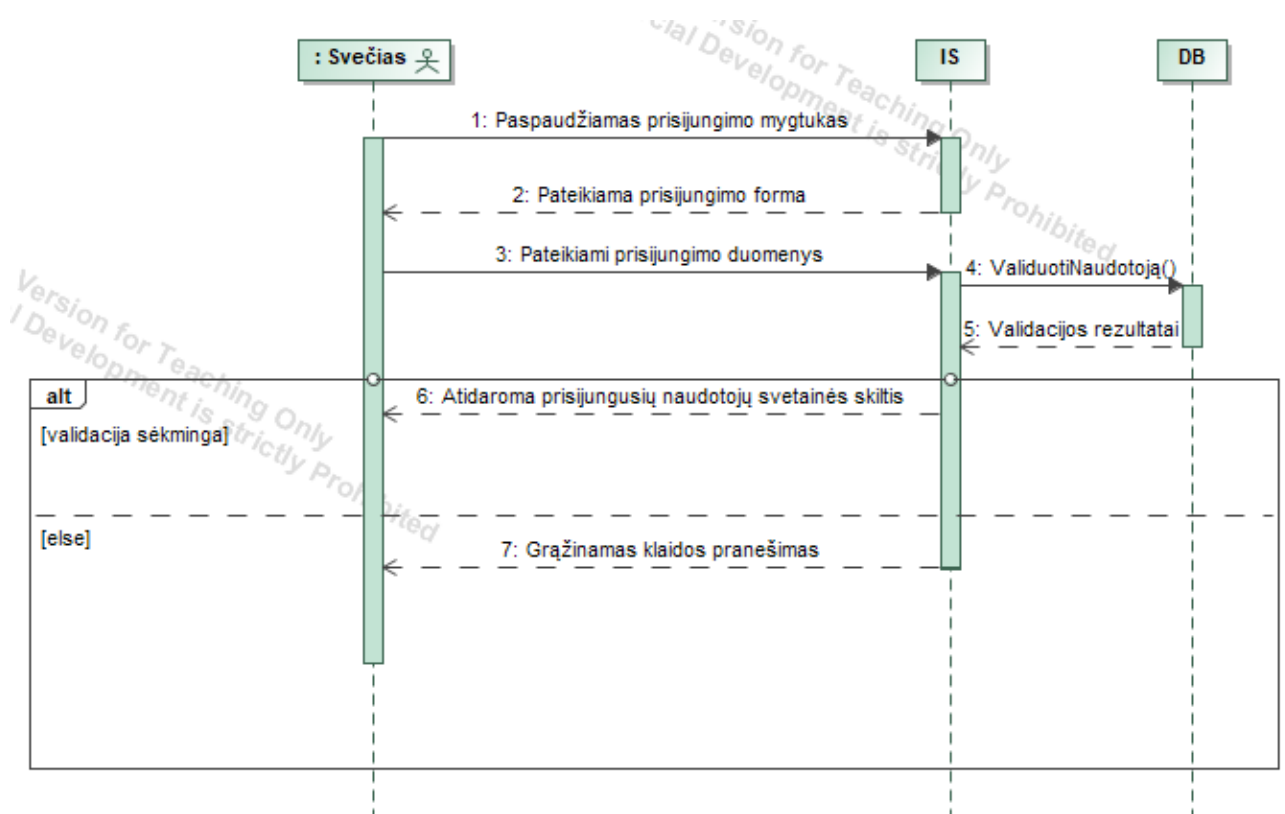


3.1 pav. Panaudojimo atvejų diagrama

5 lentelė. PA „Prisijungti“ specifikacija

<b>PA.</b> Prisijungti
<b>Tikslas.</b> Leisti registruotam sistemos naudotojui prisijungti į sistemą.
<b>Aprašymas.</b> Svečias gali prisijungti į sistemą, taip pridamas prie daugiau funkcijų

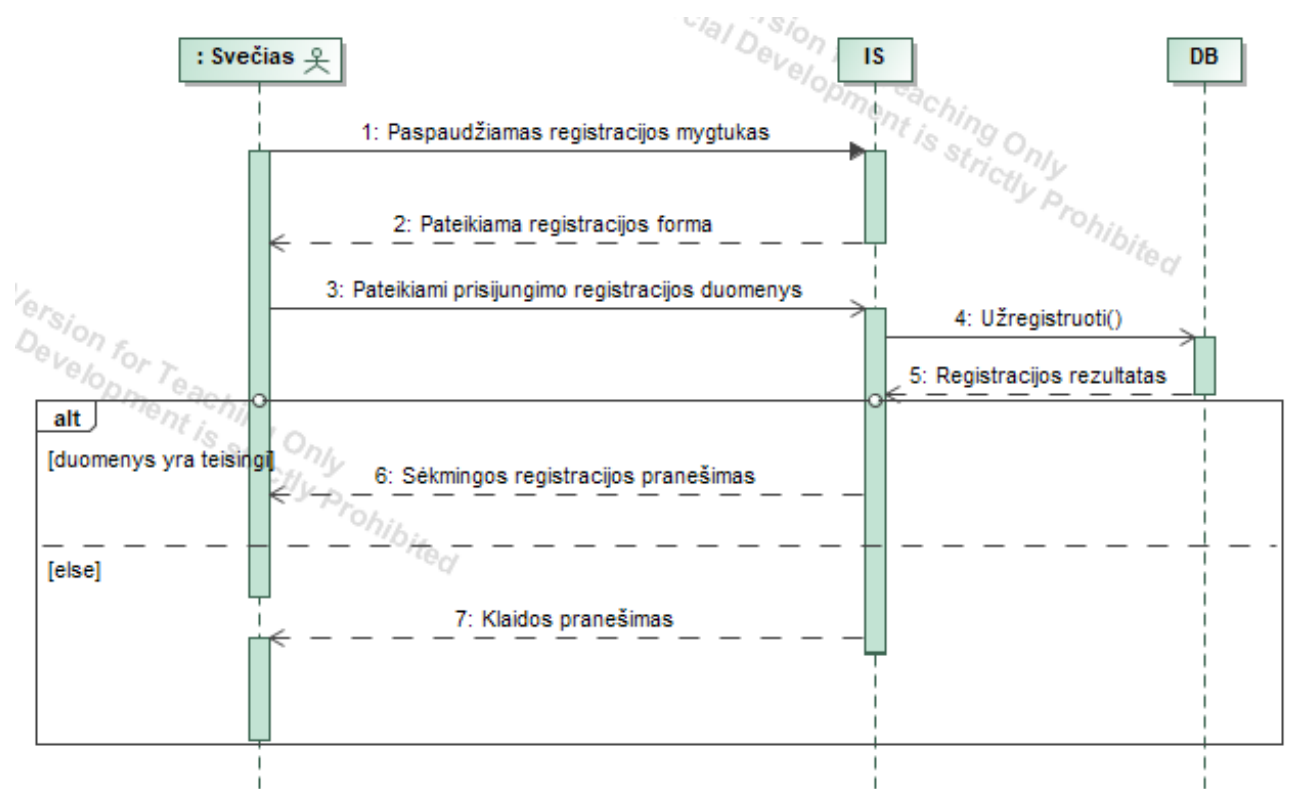
<b>Prieš sąlyga</b>	Naudotojas yra užsiregistravęs sistemoje.	
<b>Aktoriai</b>	Svečias	
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	-
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>	Naudotojas yra prijungiamas prie sistemos.	



3.2 pav. PA „Prisijungti“ sekų diagrama

6 lentelė. PA „Užsiregistruoti“ specifikacija

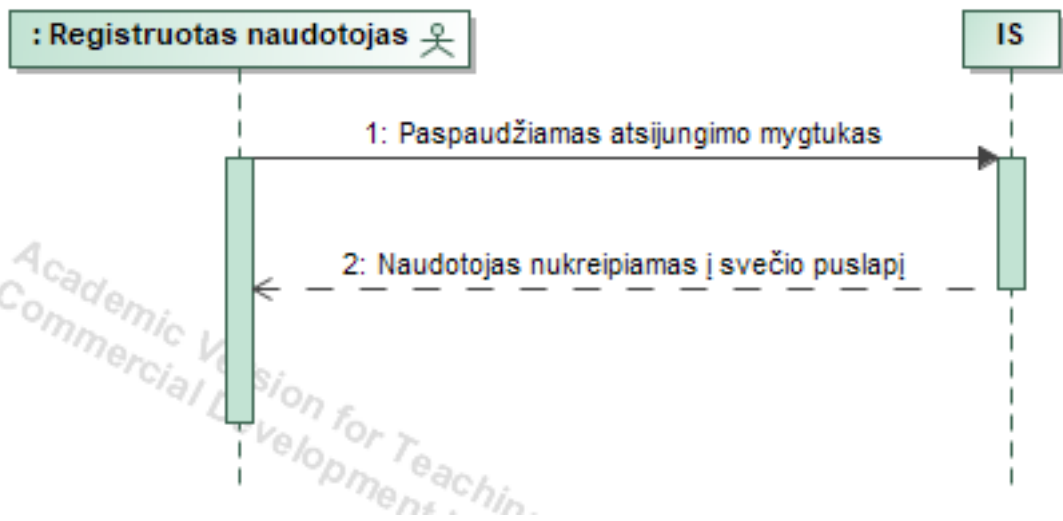
<b>PA. Užsiregistruoti</b>		
<b>Tikslas.</b> Leisti neregistruotam sistemos naudotojui užsiregistruoti į sistemą.		
<b>Aprašymas.</b> Svečias gali susikurti paskyrą sistemoje		
<b>Prieš sąlyga</b>	Naudotojas dar nebuvo užsiregistravęs sistemoje.	
<b>Aktoriai</b>	Svečias	
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	-
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>	Sukuriama naudotojo paskyra	



3.3 pav. PA „Užsiregistruoti“ sekų diagrama

7 lentelė. PA „Atsijungti“ specifikacija

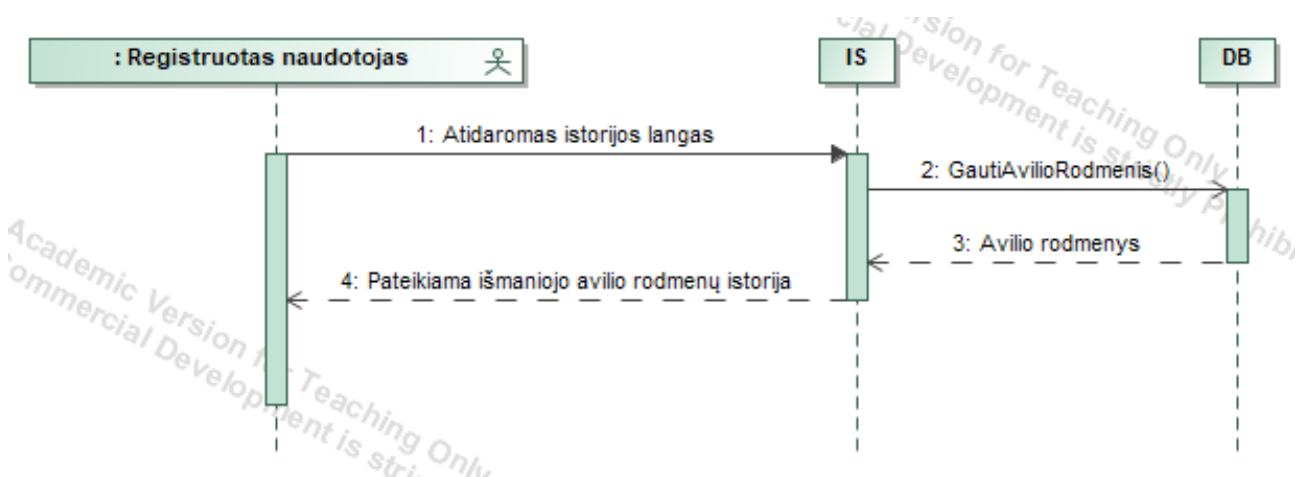
<b>PA.</b> Atsijungti		
<b>Tikslas.</b> Leisti prisijungusiam sistemos naudotojui atsijungti iš sistemos.		
<b>Aprašymas.</b> Naudotojas, norėdamas baigti darbą, gali atsijungti iš sistemos		
<b>Prieš sąlyga</b>		Naudotojas yra prisijungęs sistemoje.
<b>Aktoriai</b>		Registruotas naudotojas
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	-
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>		Atsijungiama iš asmeninės paskyros



3.4 pav. PA „Atsijungti“ sekų diagrama

8 lentelė. PA „Stebėti avilio rodmenų istoriją“ specifikacija

<b>PA.</b> Stebėti avilio rodmenų istoriją		
<b>Tikslas.</b> Leisti sistemos naudotojui stebėti savo avilio duomenų istoriją.		
<b>Aprašymas.</b> Naudotojas gali stebėti turimų avilių duomenis bei duomenų istoriją.		
<b>Prieš sąlyga</b>		Naudotojas yra prisijungęs sistemoje ir turi užregistravęs bent vieną avilį.
<b>Aktoriai</b>		Registruotas naudotojas
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	-
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>		Atvaizduojami avilio rodmenys

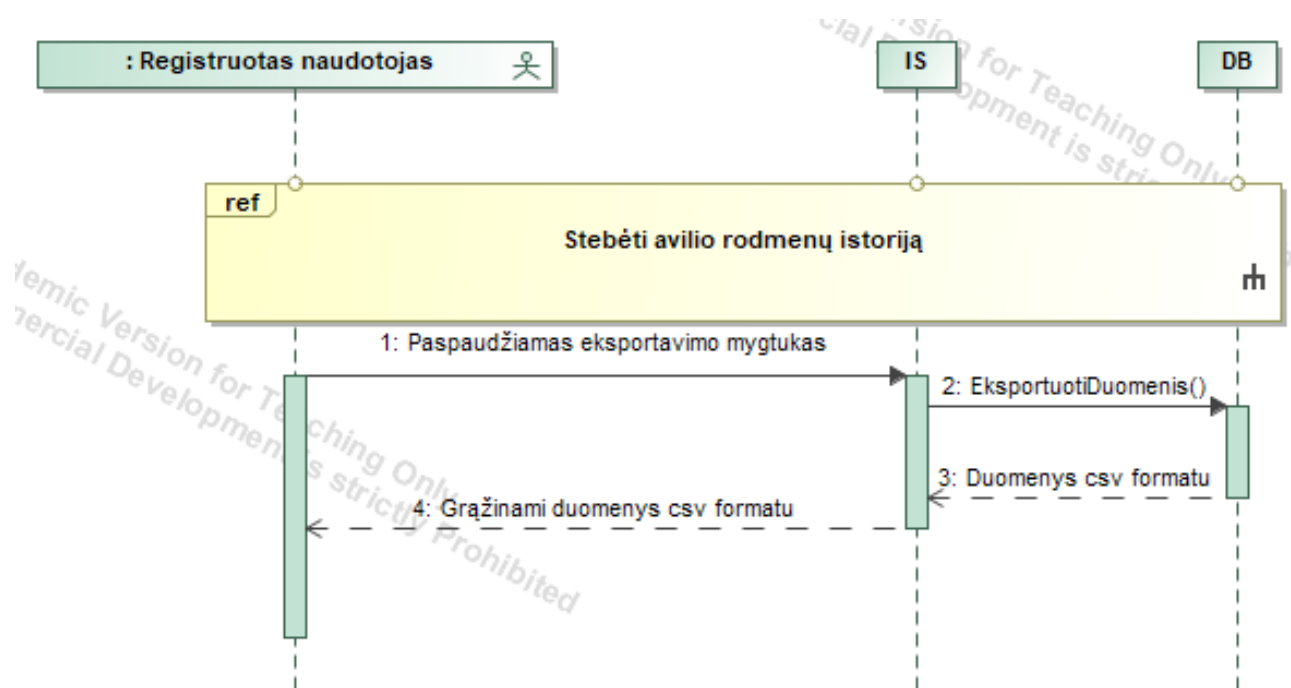


3.5 pav. PA „Stebėti avilio rodmenų istoriją“ sekų diagrama

9 lentelė. PA „Eksportuoti avilio rodmenis“ specifikacija

<b>PA.</b> Eksportuoti avilio rodmenis		
<b>Tikslas.</b> Leisti sistemos naudotojui eksportuoti avilio rodmenis.		

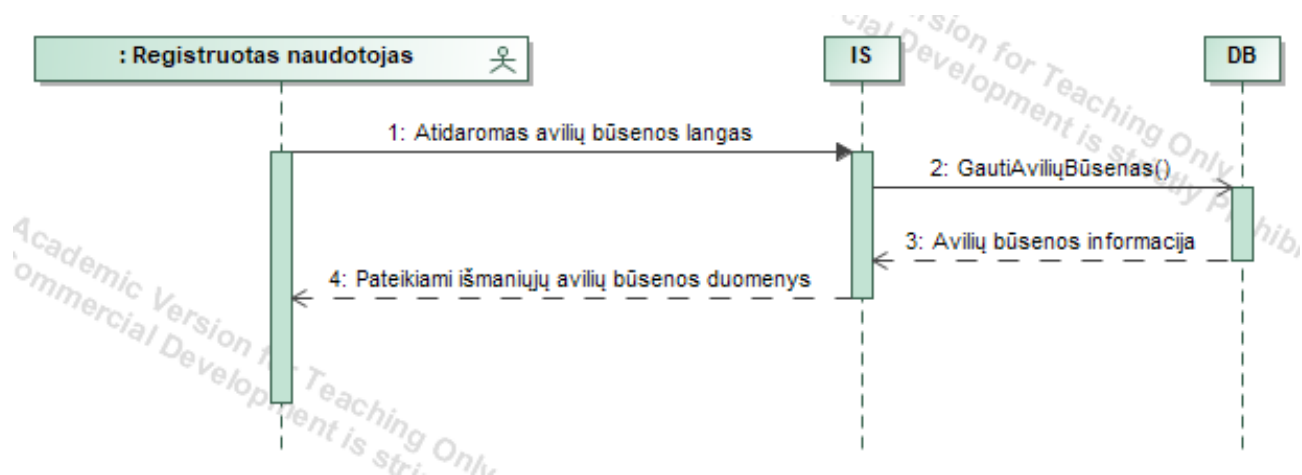
<b>Aprašymas.</b> Naudotojas gali eksportuoti turimų avilių duomenis bei jų istoriją norimu formatu arba suformuoti iš šių duomenų ataskaitą.		
<b>Prieš sąlyga</b>	Naudotojas yra prisijungęs sistemoje ir turi užregistravęs bent vieną avilį.	
<b>Aktoriai</b>	Registruotas naudotojas	
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	PA. Stebėti avilio rodmenų istoriją
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>	Grąžinami avilio rodmenys norimu formatu	



3.6 pav. PA „Eksportuoti avilio rodmenis“ sekų diagrama

10 lentelė. PA „Stebėti avilių būseną“ specifikacija

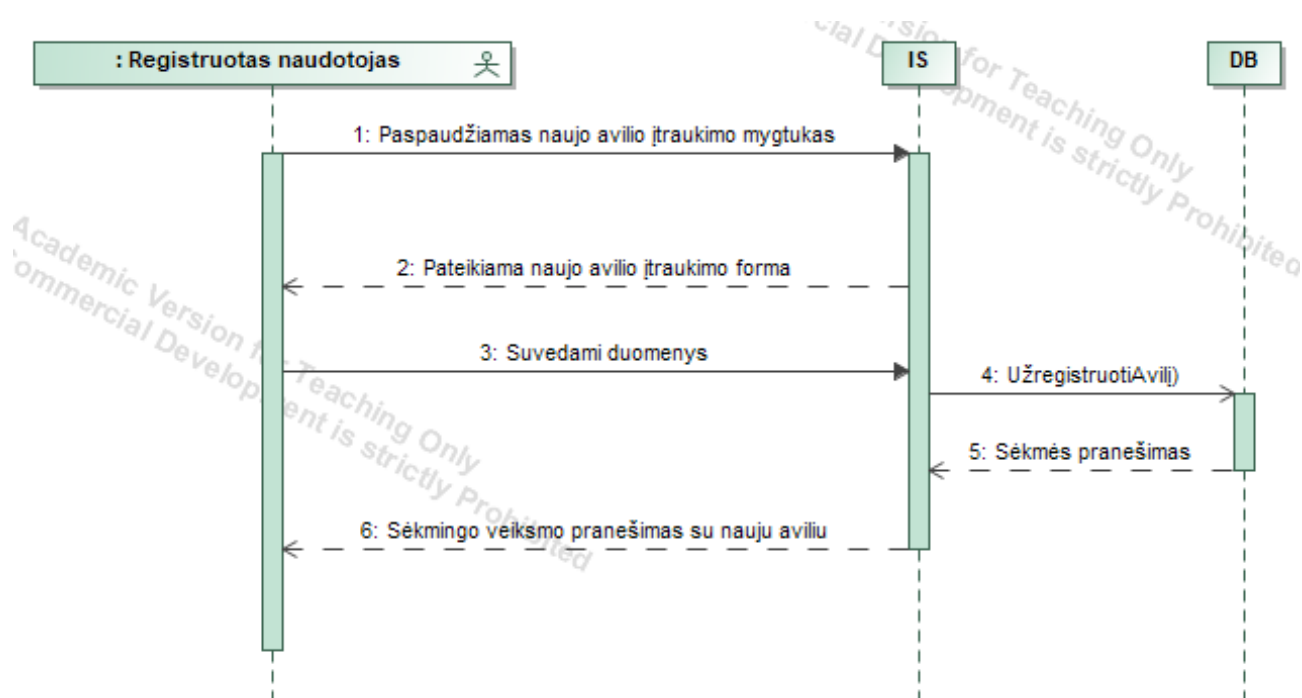
<b>PA.</b> Stebėti avilių būseną		
<b>Tikslas.</b> Leisti sistemos naudotojui stebėti avilių būseną.		
<b>Aprašymas.</b> Naudotojas gali stebėti turimų avilių būseną, pavyzdžiui, ryšio kokybę ar baterijos įtampą.		
<b>Prieš sąlyga</b>	Naudotojas yra prisijungęs sistemoje ir turi užregistravęs bent vieną avilį.	
<b>Aktoriai</b>	Registruotas naudotojas	
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	-
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>	Atvaizduojami avilio būsenos duomenys	



3.7 pav. PA „Stebėti avilių būseną“ sekų diagrama

11 lentelė. PA „Užregistruoti avilius“ specifikacija

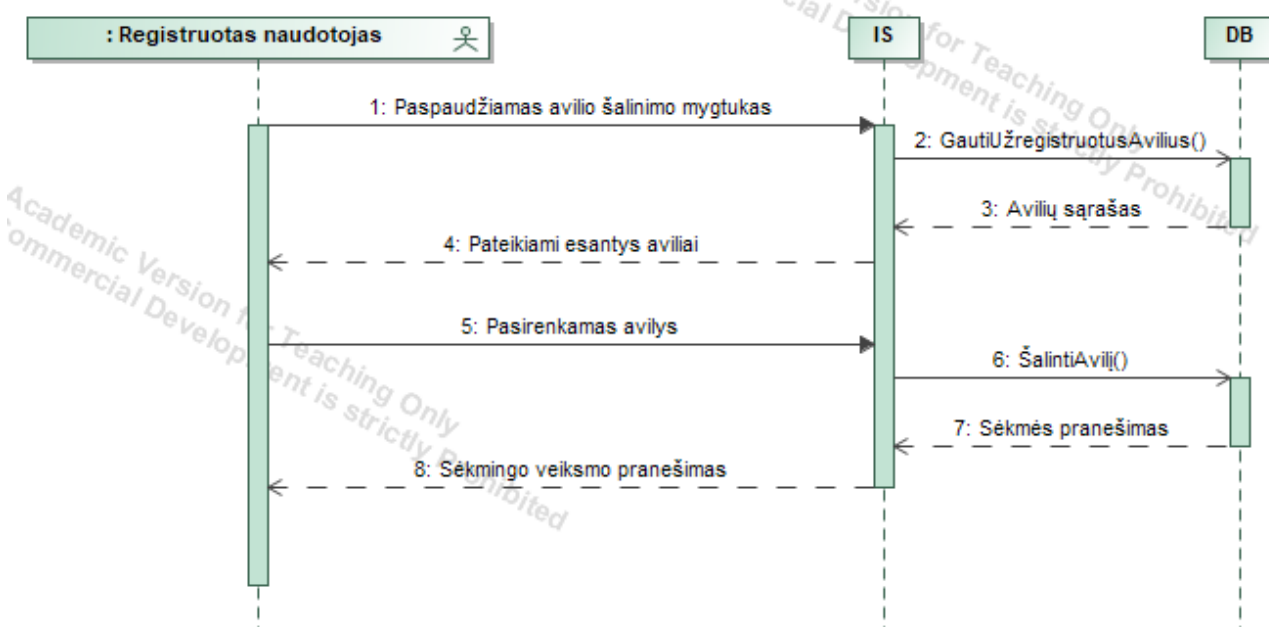
<b>PA.</b> Užregistruoti avilius		
<b>Tikslas.</b> Leisti sistemos naudotojui užregistruoti naujus avilius.		
<b>Aprašymas.</b> Naudotojas gali užregistruoti savo paruoštus avilius į sistemą ir gauti jų duomenis.		
<b>Prieš sąlyga</b>	Naudotojas yra prisijungęs sistemoje ir turi bent vieną neužregistruotą avilį.	
<b>Aktoriai</b>	Registruotas naudotojas	
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	-
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>	Į sistemą pridamas naujas avilys.	



3.8 pav. PA „Užregistruoti avilius“ sekų diagrama

## 12 lentelė. PA „Šalinti avilius“ specifikacija

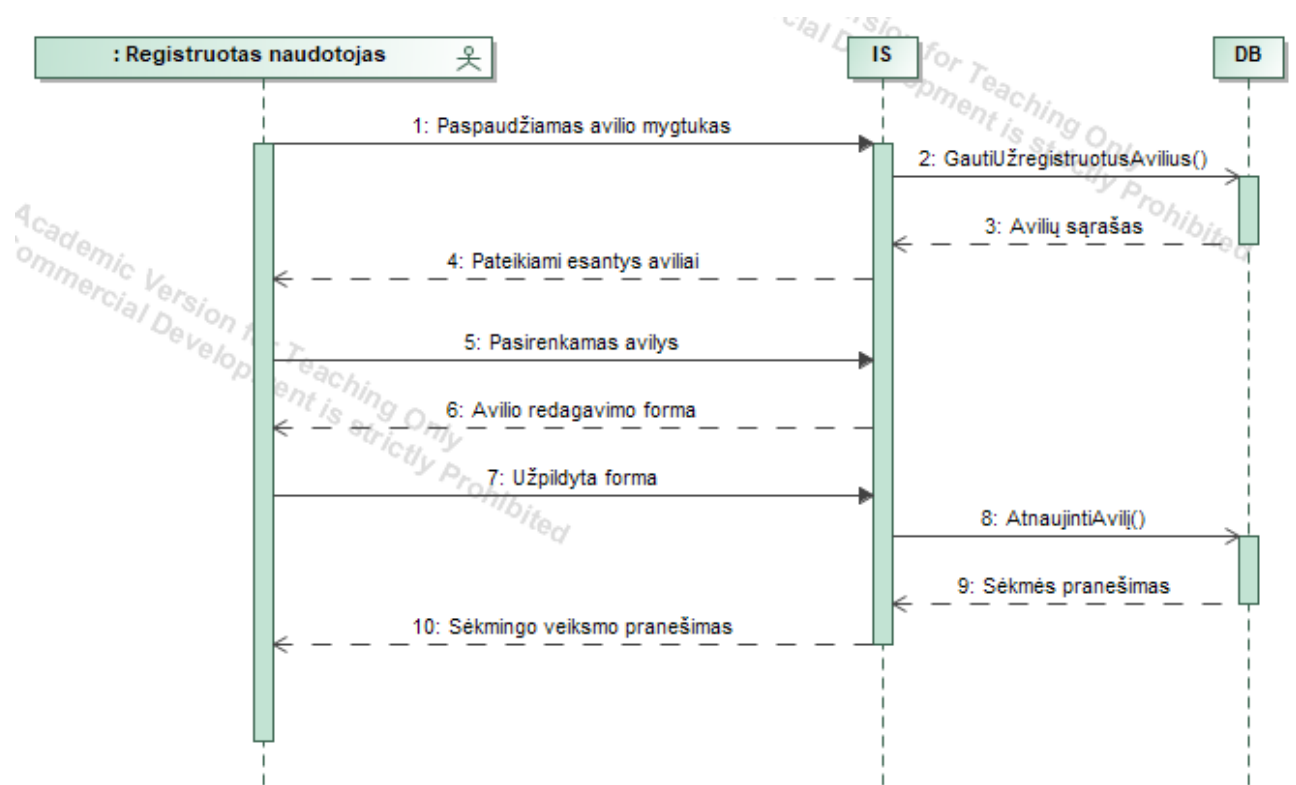
<b>PA.</b> Šalinti avilius		
<b>Tikslas.</b> Leisti sistemos naudotojui šalinti avilius.		
<b>Aprašymas.</b> Naudotojas gali pašalinti nebereikalingus avilius iš sistemos. Tokiu atveju iš avilio nebebus gaunami nauji duomenys.		
<b>Prieš sąlyga</b>	Naudotojas yra prisijungęs sistemoje ir turi užregistravęs bent vieną avilį.	
<b>Aktoriai</b>	Registruotas naudotojas	
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	-
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>	Pašalinami pasirinkti aviliai	



3.9 pav. PA „Šalinti avilius“ sekų diagrama

## 13 lentelė. PA „Redaguoti avilius“ specifikacija

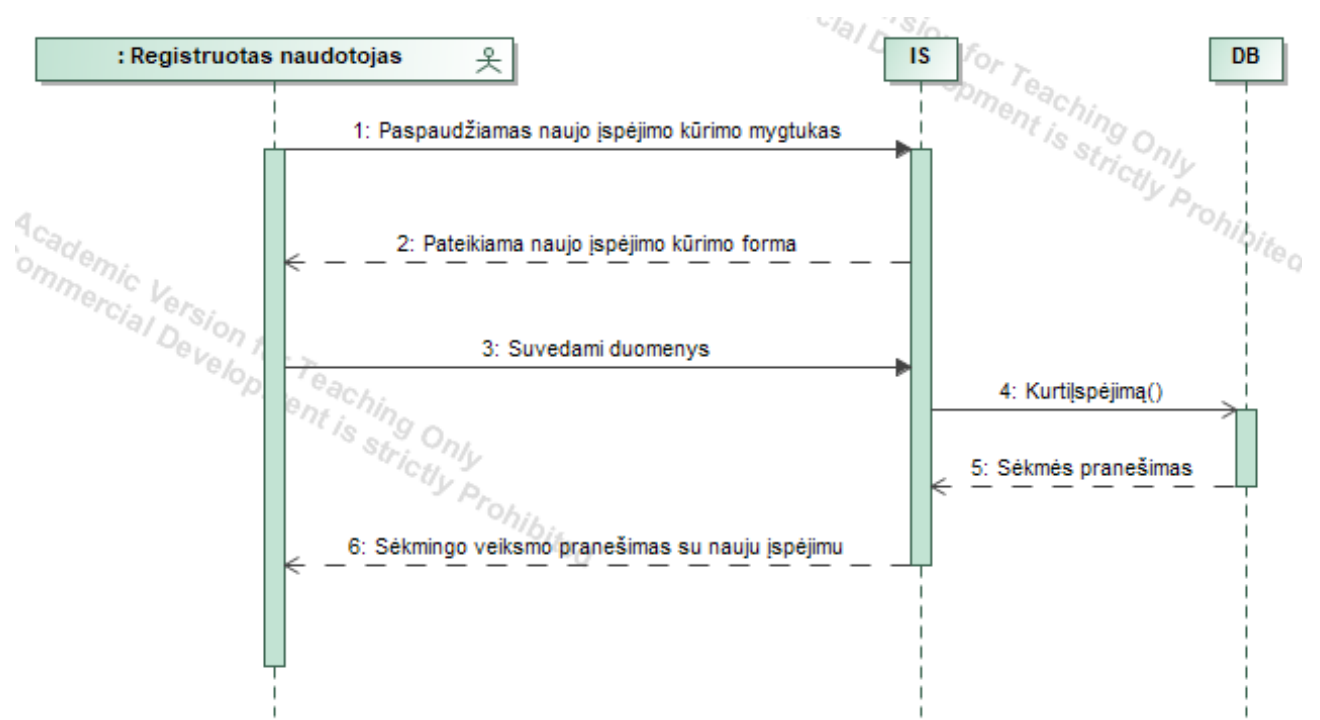
<b>PA.</b> Redaguoti avilius		
<b>Tikslas.</b> Leisti sistemos naudotojui redaguoti avilius.		
<b>Aprašymas.</b> Naudotojas gali redaguoti norimus avilius sistemoje, pavyzdžiui, pakeisti jų pavadinimą.		
<b>Prieš sąlyga</b>	Naudotojas yra prisijungęs sistemoje ir turi užregistravęs bent vieną avilį.	
<b>Aktoriai</b>	Registruotas naudotojas	
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	-
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>	Avilio konfigūracija atnaujinama pagal užpildytą formą	



3.10 pav. PA „Redaguoti avilius“ sekų diagrama

14 lentelė. PA „Kurti išpėjimų taisykles“ specifikacija

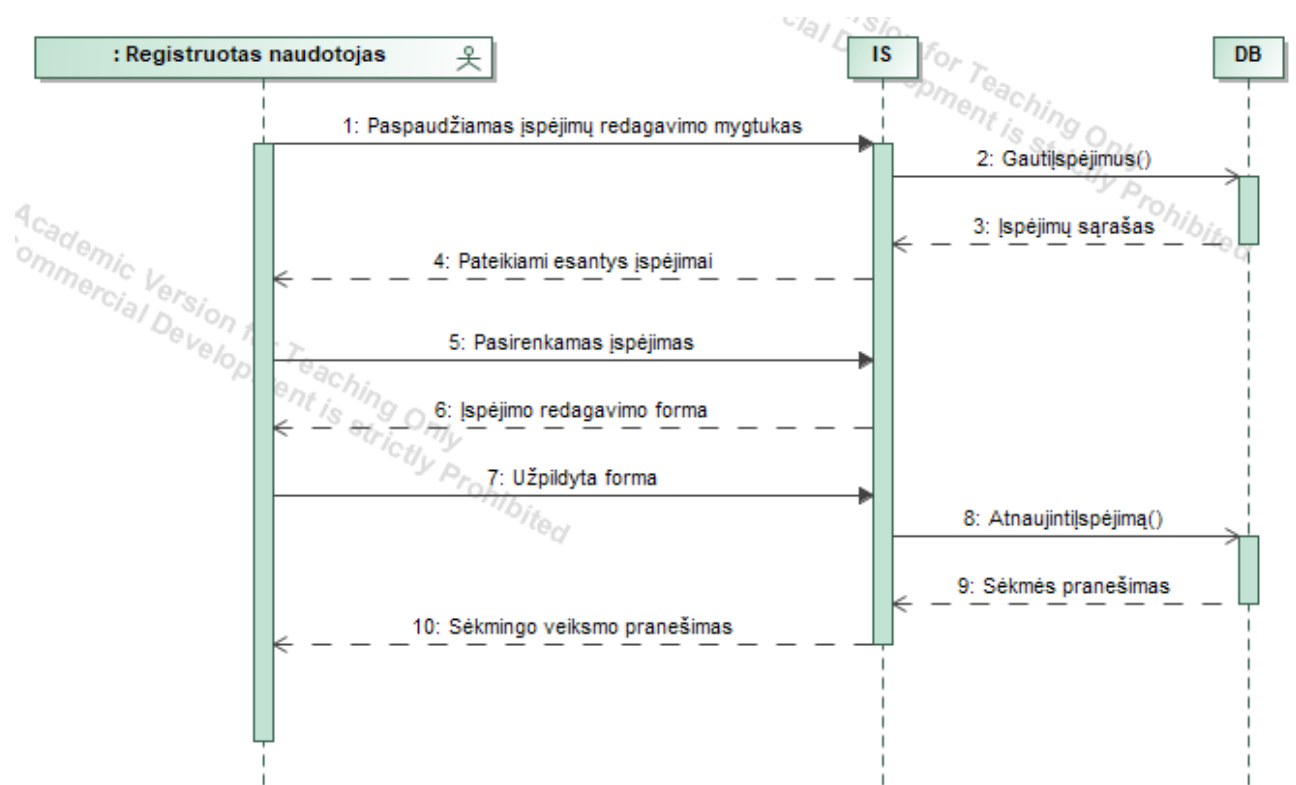
<b>PA.</b> Kurti išpėjimų taisykles		
<b>Tikslas.</b> Leisti sistemos naudotojui kurti išpėjimų taisykles.		
<b>Aprašymas.</b> Naudotojas gali kurti išpėjimų taisykles, taip nuroydamas, kada jis nori gauti tam tikrus išpėjimus.		
<b>Prieš sąlyga</b>	Naudotojas yra prisijungęs sistemoje.	
<b>Aktoriai</b>	Registruotas naudotojas	
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	-
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>	Sukuriama nauja išpėjimų taisyklė	



3.11 pav. PA „Kurti įspėjimų taisykles“ sekų diagrama

15 lentelė. PA „Redaguoti įspėjimų taisykles“ specifikacija

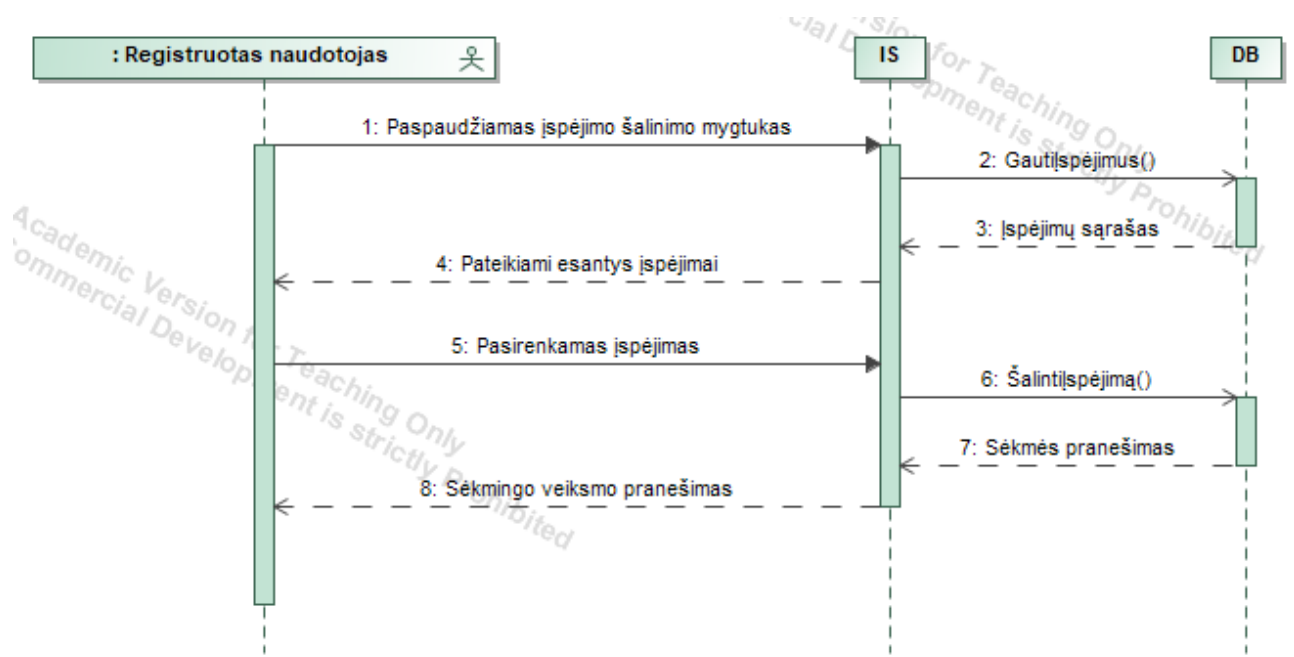
<b>PA.</b> Redaguoti įspėjimų taisykles		
<b>Tikslas.</b> Leisti sistemos naudotojui redaguoti įspėjimų taisykles.		
<b>Aprašymas.</b> Naudotojas gali redaguoti įspėjimų taisykles, taip patikslindamas ribas, nuo kurių įspėjimas turėtų būti siunčiamas.		
<b>Prieš sąlyga</b>	Naudotojas yra prisijungęs sistemoje.	
<b>Aktoriai</b>	Registruotas naudotojas	
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	-
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>	Atnaujinama įspėjimų taisyklė	



3.12 pav. PA „Redaguoti įspėjimų taisykles“ sekų diagrama

16 lentelė. PA „Šalinti įspėjimų taisykles“ specifikacija

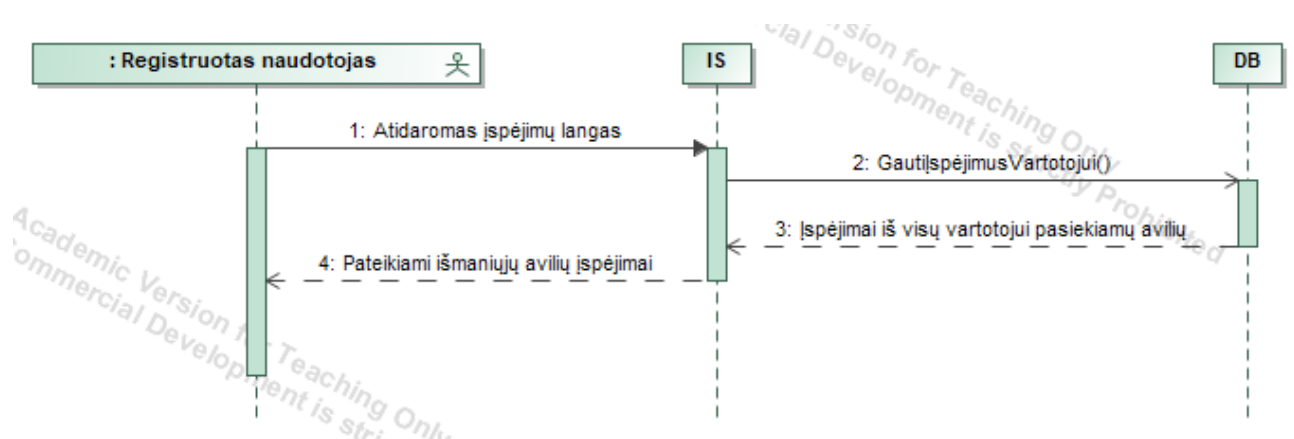
<b>PA.</b> Šalinti įspėjimų taisykles		
<b>Tikslas.</b> Leisti sistemos naudotojui pašalinti įspėjimų taisykles.		
<b>Aprašymas.</b> Naudotojas gali pašalinti įspėjimų taisykles, kurios yra daugiau nebereikalingos.		
<b>Prieš sąlyga</b>		Naudotojas yra prisijungęs sistemoje.
<b>Aktoriai</b>		Registruotas naudotojas
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	-
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>		Ištrinama pasirinkta įspėjimų taisyklė



3.13 pav. PA „Šalinti įspėjimų taisykles“ sekų diagrama

17 lentelė. PA „Peržiūrėti įspėjimus“ specifikacija

<b>PA. Peržiūrėti įspėjimus</b>		
<b>Tikslas.</b> Leisti sistemos naudotojui peržiūrėti gautus įspėjimus.		
<b>Aprašymas.</b> Naudotojas gali peržiūrėti įspėjimus, kurie buvo atsiųsti pagal iš anksto numatytas įspėjimų taisykles.		
<b>Prieš sąlyga</b>	Naudotojas yra prisijungęs sistemoje.	
<b>Aktoriai</b>	Registruotas naudotojas	
<b>Susiję panaudojimo atvejai</b>	<b>Apimami PA</b>	-
	<b>Išplečiantys PA</b>	-
	<b>Specializuojami PA</b>	-
<b>Po sąlyga</b>	Atvaizduojamas įspėjimų sąrašas	



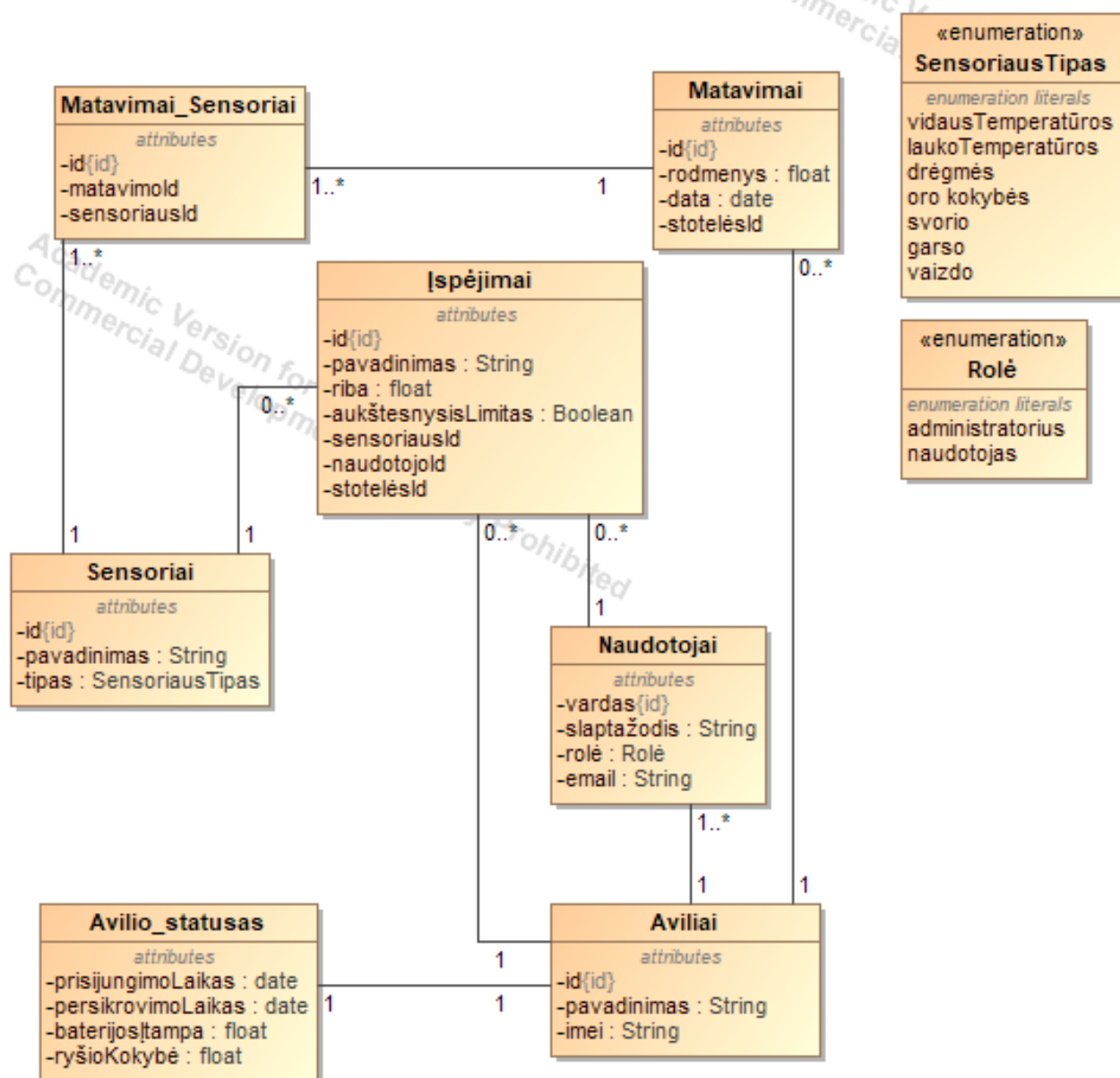
3.14 pav. PA „Peržiūrėti įspėjimus“ sekų diagrama

3.4. Pasirinkta technologija IS realizavimui

Informacinei sistemai buvo pasirinkta „PostgreSQL“ duomenų bazė. Šį sprendimą lėmė sistemos naudojami duomenys, kurie struktūruoti, todėl jie puikiai tinka reliacinėms duomenų bazėms. Be to,

ši atvirojo kodo programinė įranga yra plačiai naudojama pasaulyje, todėl ji užtikrina lankstumą ir suderinamumą su įvairiais debesijos paslaugų teikėjais, nesukeliant migracijos problemų ateityje.

Duomenų bazei suprojektuota esybių ryšių diagrama:



3.15 pav. Esybių ryšių diagrama

Aplikacijos programavimo sąsajai buvo pasirinkta „.NET 10“ technologija. Ši technologija, taip pat kaip ir „PostgreSQL“, yra plačiai palaikoma ir lanksti, todėl galima lengvai projektą ateityje praplėsti.

Naudotojo sąsajai buvo pasirinktas „Node.js“ su „Angular v21“ karkasu. Naudojant šią technologiją galima sukurti modernią svetainę, kuri užtikrina greitą ir sklandų veikimą, nepriklausomai nuo vartotojo įrenginio.

Stiliams ir komponentams papildomai buvo pasitelkta „PrimeNG“ biblioteka. Šie integruoti komponentai leidžia greičiau sukurti svetainės elementus, kurie prisitaiko prie įvairaus ekrano dydžio.

### **3.5. Skyriaus išvados**

1. Informacinei sistemai suprojektuota dviejų sluoksnių architektūra: REST API serveris ir progresyvi žiniatinklio (PWA) klientinė programa, kuri leidžia naudoti sistemą be papildomo diegimo įvairiuose įrenginiuose.
2. Identifikuota 13 panaudojimo atvejų, kurie aprėpia autentifikavimą, avilių valdymą, rodmenų stebėjimą, įspėjimų taisyklių kūrimą ir duomenų eksportą. Pagal tai išskirti ir suprojektuoti 4 atskiri posistemiai.
3. Įspėjimų posistemė atlieka esminį vaidmenį siejant aparatinės įrangos duomenis su mokomąja verte. Taisyklėmis pagrįsti automatiniai įspėjimai paverčia neapdorotus jutiklių rodmenis pradedančiajam bitininkui suprantamais signalais. Be šios posistemės IS liktų tik duomenų peržiūros priemonė.

## 4. Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos diegimas

Šiame skyriuje pateikiamos suprojektuotos sistemos diegimo instrukcijos: nuo serverio infrastruktūros paruošimo iki įrenginių fizinio sumontavimo ir avilio registracijos informacinėje sistemoje. Aprašyti žingsniai sudaro nuoseklią seką, leidžiančią įdiegti tiek aparatinę, tiek programinę projekto dalis savarankiškai.

### 4.1. Informacinės sistemos serverio infrastruktūra

Informacinės sistemos diegimui reikalinga ši programinė aplinka:

- „.NET 10 Runtime“ – „ASP.NET Core“ API vykdymui;
- „Node.js 22 LTS“ ir „npm“ paketų tvarkyklė „Angular“ sąsajos kompiliavimui;
- „PostgreSQL 16“ reliacinė duomenų bazė;
- viešas IP arba domenas – bičių stotelės jungiasi prie serverio per GPRS ryšį, todėl API turi būti pasiekiamas iš interneto.

#### 4.1.1. API diegimas

Siekiant įdiegti API, reikalinga atlikti šiuos žingsnius:

1. įdiegti „.NET 10 Runtime“ ir „PostgreSQL 18“
2. kūrimo aplinkoje sukompiliuoti API: „dotnet publish -c Release -o ./publish“
3. nukopijuoti „publish“ katalogą į serverį
4. sukonfigūruoti „appsettings.Production.json“
5. paleisti API – duomenų bazės migracijos pritaikomos automatiškai paleidimo metu

„Appsettings.Production.Json“ konfigūracijai reikalingi šie raktai:

- *ConnectionString:Default* - įrašome „PostgreSQL“ prisijungimo duomenis;
- *Jwt:Key* - sugeneruojame JWT pasirašymo raktą (bent 32 atsitiktinių simbolių);
- *Jwt:Issuer, Jwt:Audience* - įvedame duomenis pagal domeną, kuriame diegiama sistema;
- *Vapid:Subject, PublicKey* ir *PrivateKey* reikšmėms sugeneruojami nauji raktai komanda „npx web-push generate-vapid-keys“.

#### 4.1.2. Naudotojo sąsajos diegimas:

Siekiant sukonfigūruoti naudotojo sąsają, reikalinga atlikti šiuos žingsnius:

1. aplinkoje įdiegti „Node.js 22 LTS“ versiją
2. kompiliuoti sąsają: „npm install && ng build --configuration production“
3. nukopijuoti „dist/BeeUI/browser/“ katalogą į serverį (pvz. „/var/www/beekeeper/“)
4. sukonfigūruoti serverį statiniams failams aptarnauti ir „/api/“ užklausoms nukreipti į API

## 4.2. Programinės įrangos įkėlimas į valdiklius

Kiekviena avilio stotelė turi būti užprogramuota įkeliant programinę įrangą ir konfigūracijos failą prieš fizinį montavimą.

### 4.2.1. Kūrimo aplinkos paruošimas

Programinei įrangai kompiliuoti ir įkelti reikalinga:

- „Arduino IDE“ su „ESP32“ plokščių palaikymo paketu („Espressif Systems ESP32 Arduino core“);
- bibliotekos (įdiegiamos per „Arduino Library Manager“):
  - „OneWire + DallasTemperature“ – temperatūros jutikliams;
  - „DHT sensor library (Adafruit)“ – drėgmės jutikliams;
  - „HX711\_ADC (Olav Kallhovd)“ – svorio jutikliui.

#### 4.2.2. Matavimo stotelės konfigūravimas ir įkėlimas

Matavimo stotelė nereikalauja jokios tinklo konfigūracijos. Duomenys siunčiami ESP-NOW transliavimo adresu – centrinė stotelė priima paketus iš bet kurio siuntėjo automatiškai. Vienintelis pasirinktinis parametras yra „PAIRING\_CODE\_OVERRIDE“ – skirtas norint susikurti individualų unikalų avilio kodą. Konfigūruojamas „Config.h“ byloje.

Matavimo stotelės programinė įranga įkeliama per USB jungtį, naudojant „Arduino IDE“ funkciją „Upload“.

#### 4.2.3. Centrinės stotelės konfigūravimas ir įkėlimas

Centrinė stotelė reikalauja „Config.h“ dokumente nurodyti serverio adresą:

- *API\_HOST* „jusu-serveris.lt“
- *API\_PORT* „80“
- *API\_PATH* „/api/bee hive“

Svarbu: „SIM800L“ modulis nepalaiko TLS, todėl reikia naudoti HTTP (prievidas 80). Rekomenduojama konfigūruoti Nginx atvirkštinį įgaliojantį serverį, kad nukreiptų HTTP užklausas į vidinio tinklo HTTPS API.

Taip pat reikalingi ir prieigos taško nustatymai (angl. Access Point Name). Jei nežinoma, pasiteirauti operatoriaus.

- *SIM\_APN* „bite.lt“

Paskutinis parametras yra toks pat kaip matavimo stotelėje – unikalus avilio kodas, kuriuo avilyi prijungiamas prie profilio

- *PAIRING\_CODE\_OVERRIDE* „AB3XKPQ7“

### 4.3. Fizinis aparatūros montavimas

#### 4.3.1. Matavimo stotelės montavimas

Montavimo seka:

Svarstyklių elementas tvirtinamas po avilio dugnu platforma taip, kad avilio svoris tolygiai pasiskirstytų per keturis taškus.

Temperatūros jutikliai išdėstomi skirtinguose avilio lygiuose: vienas šalia avilio viduryje, kitas – avilio krašte (nebūtina), vienas lauko jutiklis po aviliu. Visi jutikliai jungiami prie vienos 1-Wire magistralės.

Drėgmės jutiklis montuojamas avilio viduryje šalia vidaus temperatūros jutiklio.

Mikrofonas tvirtinamas viduje netoli lakos.

Mikrovaldiklio plokštė dedama į hermetiškai uždara dėžutę, apsaugančią nuo drėgmės. Montuojama išorėje, šalia lauko temperatūros jutiklio

#### **4.3.2. Centrinės stotelės montavimas**

Centrinė stotelė atlieka dvigubą funkciją: ji atlieka visas funkcijas kaip ir matavimo stotelė, tuo pačiu veikdama kaip avilių grupės duomenų perdavimo taškas. Todėl centrinė stotelė montuojama viename iš avilių identišškai kaip matavimo stotelė. Papildomas „SIM800L“ modulis su 18650 elementu montuojamas toje pačioje dėžutėje su mikrovaldikliu. Pageidautina, jog laidai jungiantys GSM modulį su mikrovaldikliu būtų kuo trumpesni, jog išvengti duomenų triukšmo. SIM kortelė su aktyviu GPRS duomenų planu įdedama į GSM modulio lizdą prieš maitinant prietaisą.

#### **4.3.3. Maitinimo grandinė**

Mikrovaldikliai maitinami 5 V šaltiniu per USB jungtį arba baterija per „VIN“ jungtį (rekomenduojama naudoti 18650 tipo bateriją).

Centrinė stotelė turi papildomą nepriklausomą maitinimo grandinę „SIM800L“ moduliui: 18650 formato Ličio jonų elementas prijungiamas tiesiogiai prie „SIM800L“ maitinimo kontakto. Tai yra privalomas sprendimas siekiant suderinti tinkamą įtampą ir pakankamą srovės kiekį.

Esant poreikiui, prie baterijų galima prijungti atskirą saulės modulį ir įkrovimo valdiklį, tačiau eksperimento metu tai nebuvo naudojama.

#### **4.4. Avilio registravimas informacinėje sistemoje**

Kiekvienas avilys turi savo unikalų poravimo kodą, sugeneruotą automatiškai. Kodas atsispausdinamas serijiniu ryšiu kiekvieno įrenginio pirmojo paleidimo metu. Nenaudojant serijinio ryšio, kodą reikia susigeneruoti naudotojui, apie tai plačiau 4.2.2 skyriuje.

Norint prijungti avilį prie IS, kiekvienam įrenginys priregistruojamas avilio pridėjimo formoje įvedus unikalų kodą. Atlikus šiuos veiksmus, sistema pradeda priimti to įrenginio siunčiamus rodmenis pagal atpažintą kodą.

#### **4.5. Skyriaus išvados**

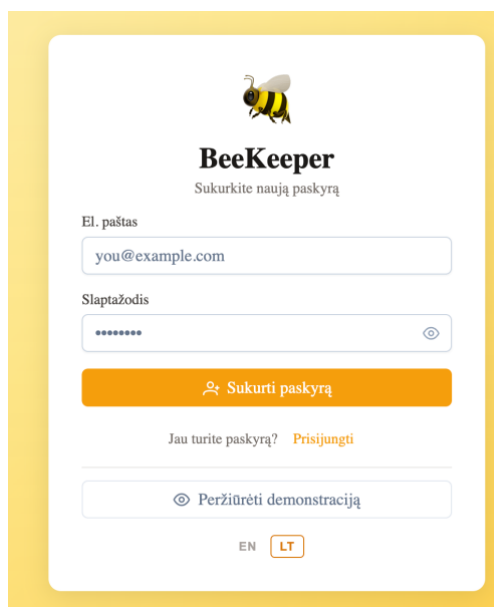
1. Diegimo architektūra vertikalčiai integruota: API serveris, klientinė programa ir HTTPS atvirkštinis tarpininkas talpinami vienoje virtualioje mašinoje, be specializuotų IoT platformų ar žinučių brokerių. Toks sprendimas užtikrina nepriklausomybę nuo konkretaus debesijos paslaugų tiekėjo, neapriboja sistemos prie konkrečios platformos.
2. „SIM800L“ modulio TLS nepalaikymo apribojimas išspręstas serverio pusėje panaudojus „Nginx“ atvirkštinį tarpininką. Tokiu atveju saugumas užtikrinamas nepažadinant aparatinės įrangos kainos kiekvienam aviliui, kas leido išlaikyti aparatinės dalies kainą nustatytuose rėmuose (iki 50€).
3. Avilio poravimo kodo mechanizmas susieja fizinį įrenginį su naudotojo paskyra be rankinio konfigūravimo avilyje. Toks sprendimas atskiria įrenginio tapatybę nuo paskyros – fizinis avilys gali būti perregistruotas kitai paskyrai be aparatinės įrangos pakeitimų.

## 5. Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos naudotojo vadovas

Šiame skyriuje aprašomas informacinės sistemos naudojimas iš galutinio naudotojo. Vadovas apima visus pagrindinius sistemos darbo srautus: nuo registracijos iki kasdienės avilių stebėsenos.

### 5.1. Registracija ir prisijungimas

Sistemos naudojimui pradėti reikalinga paskyra. Naujam naudotojui reikalinga naršyklėje atidaryti prisijungimo langą ir pasirinkti registracijos formą.

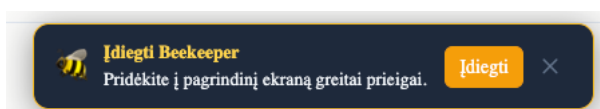


5.1 pav. Registracijos langas

Užpildžius formą ir patvirtinus registraciją, sistema automatiškai prisijungia ir nukreipia į pagrindinį langą.

### 5.2. Sistemos įdiegimas kaip programėlė

Sistema sukurta kaip progresyvioji žiniatinklio programėlė (angl. Progressive Web App, PWA) – ją galima įdiegti į telefono ar kompiuterio pagrindinį ekraną ir naudoti kaip įprastą programėlę be naršyklės sąsajos. Įdiegta programa veikia visame ekrane be naršyklės juostų, gauna išpėjimų pranešimus apie suveikusius išpėjimus net ir neįjungus naršyklės. Taip pat, įdiegta programa įjungiamą net ir esant labai silpnam interneto ryšiui – visi ištekļiai jau yra atsiųsti, interneto ryšys reikalingas tik statistikai gauti. Tai labai pranašu esant atokiame bityne su silpnu interneto ryšiu.



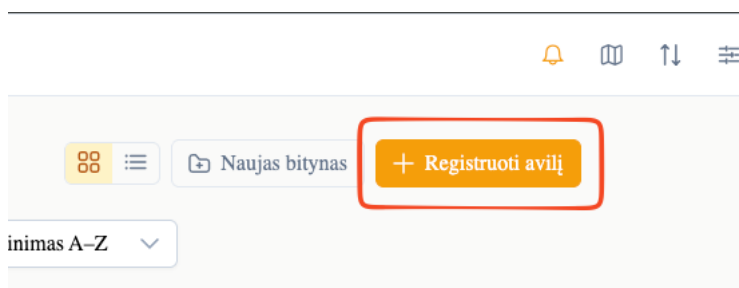
5.2 pav. Diegimo pasiūlymo lentelė

Diegimas neprivalomas – sistema veikia ir įprastoje naršyklėje. PWA versija suteikia greitesnę prieigą ir pilno ekrano vaizdą mobiliuose įrenginiuose.

### 5.3. Avilio pridėjimas

Prieš pradėdant stebėseną, kiekvieną avilį būtina užregistruoti sistemoje. Registracijai naudojamas unikalus susiejimo kodas, kuris yra nustatomas matavimo stotelėse.

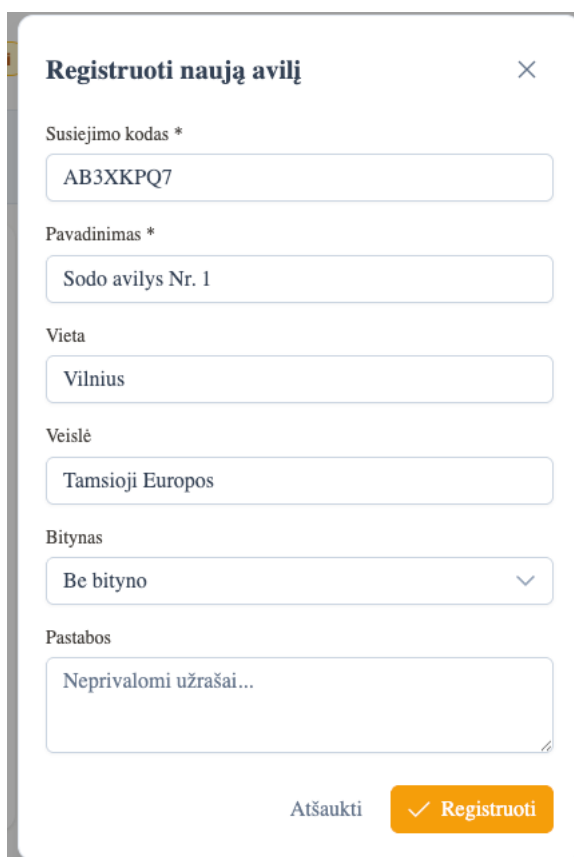
Naują avilį pridėti iš valdymo skydo paspaudus mygtuką „Pridėti avilį“.



5.3 pav. Avilio registravimo mygtukas

Atsidariusioje formoje privaloma įvesti:

- Avilio pavadinimas – laisvas pavadinimas (pvz., „Sodo avilys Nr. 1“);
- Susiejimo kodas – 8 simbolių unikalus kodas (pvz., AB3XKPQ7);

The image shows a modal form titled 'Registruoti naują avilį'. It contains several input fields: 'Susiejimo kodas \*' with the value 'AB3XKPQ7', 'Pavadinimas \*' with the value 'Sodo avilys Nr. 1', 'Vieta' with the value 'Vilnius', 'Veislė' with the value 'Tamsioji Europos', and 'Bitynas' with a dropdown menu showing 'Be bityno'. At the bottom, there is a 'Pastabos' field with the placeholder text 'Neprivalomi užrašai...'. Two buttons are at the bottom right: 'Atšaukti' and 'Registruoti' (with a checkmark icon).

5.4 pav. Avilio registracijos forma

Sėkmingai pridėjus avilį, jis atsiranda valdymo skyde. Jei įrenginys veikė jau anksčiau, matomi istoriniai duomenys.

### 5.3.1. Pagrindinio sistemos langų apžvalga

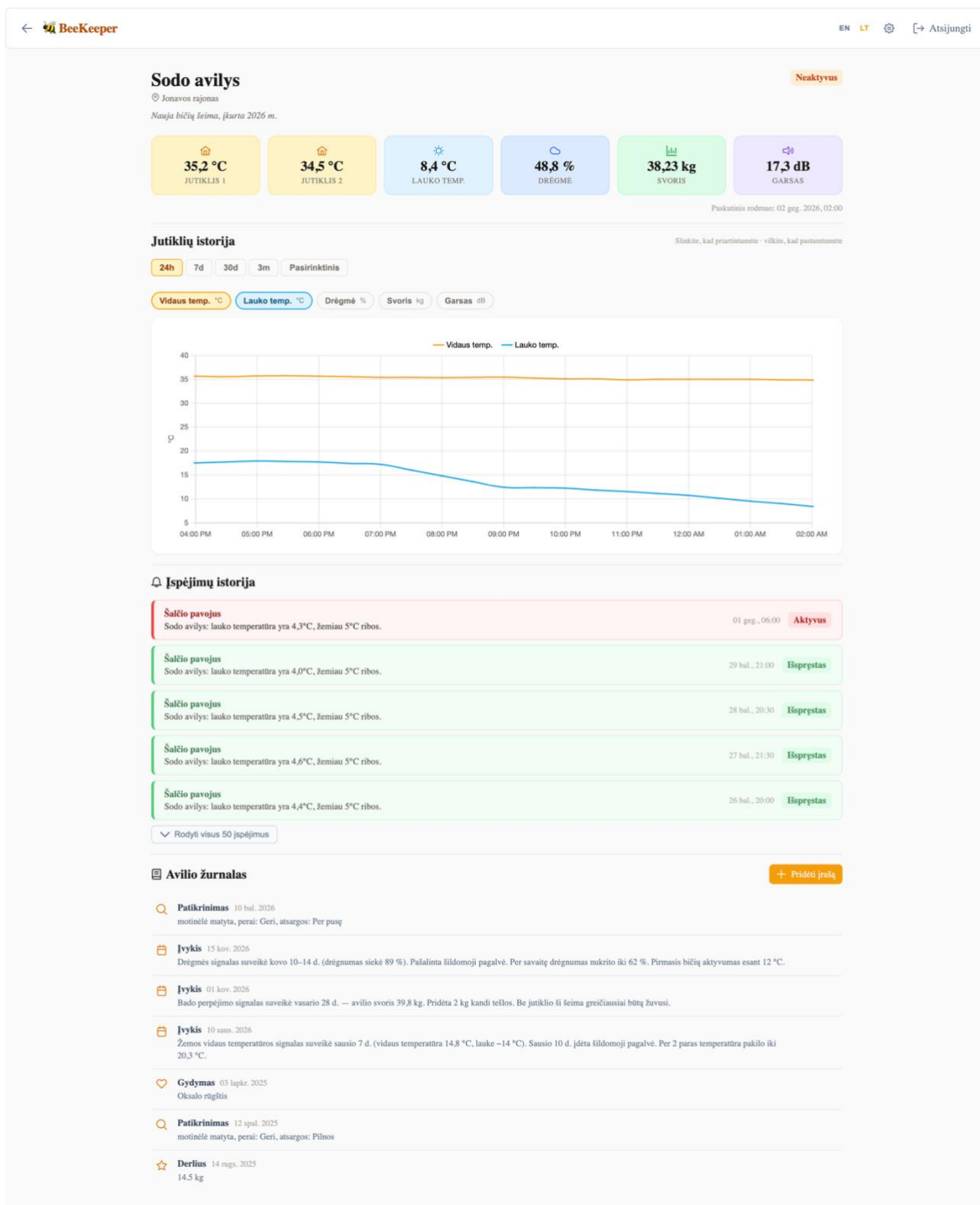
The screenshot displays the BeeKeeper application interface. At the top, there's a navigation bar with the logo and user profile. The main section is titled "Jūsų aviliai" (Your Hives) and includes a search bar and filter tabs. Two hives are listed: "Draugo sodyba Jonavoje" and "Panevėžio sodo bitynas". Each hive card shows a "Sodo avilys" (Hive) status, current temperature (32.2°C and 35.5°C), humidity (49%), weight (38.2 kg and 48.9 kg), and noise level (17 dB). Below the hives, there's a "Sezono apžvalga" (Seasonal Review) section with buttons for "Sodo avilys" and "Slygų sodo avilys". The "Aktyvūs įspėjimai" (Active Alerts) section shows two alerts about temperature drops. A "Palyginti avilius" (Compare Hives) section features a line graph comparing the two hives over a 24-hour period. At the bottom, there's a "Sezoninio patarimas" (Seasonal Tip) and a "3 dienų prognozė" (3-day forecast) for both hives.

5.5 pav. Pagrindinis langas

Prisijungus prie sistemos rodomas pagrindinis langas su pagrindiniais skydeliais, suteikiantis vienu žvilgsniu matomą visų registruotų avilių būseną. Lange vaizduojami elementai:

- avilių ir bitynų suvestinė. Prie kiekvieno avilio vaizduojama paskutinė užfiksuota vidaus bei lauko temperatūra, drėgmė, svoris bei garsas. Papildomai parodomas avilio statusas, ar nėra kokių nors aptiktų anomalijų. Siekiant pateikti avilius organizuotai, jie yra skirstomi į atskiras grupes – bitynus;
- sezono apžvalga. Rodoma, kada paskutinį kartą buvo gyvai stebėtas avilys. Tai paryškina, kurie aviliai buvo seniausiai lankyti ir rekomenduoja bitininkui atlikti profilaktinį patikrinimą;
- aktyvių įspėjimų skydelis. Vaizduojamas sąrašas nepatvirtintų įspėjimų, leidžiantis iš karto matyti visų avilių problemas neatveriant atskirų puslapių;
- sezono patarimai. Bitininkystės patarimai, automatiškai atrinkti pagal dabartinį kalendorinį mėnesį. Skydelio apačioje esanti 12 mėnesių juosta atvaizduoja, kuriais mėnesiais patarimą aktualu taikyti;
- 3 dienų orų prognozė. Kreipiamasi į „OpenMeteo“ servisą, kuriame gaunamos artimiausių dienų prognozės pagal bityno buvimo vietą. Papildomai rodomi perspėjimai – pavyzdžiui, esant lietingai dienai nerekomenduojama atidarinėti avilių, o itin šaltomis dienomis rekomenduojama apšiltinti avilį.

## 5.3.2. Detalios avilio informacijos langas



5.6 pav. Avilio peržiūros langas

Paspaudus ant vienos iš suvestinėje esančių avilių kortelių, atidaromas išsamios avilio statistikos rodinys. Pateikiamas dabartinis statusas, o apačioje interaktyvi diagrama leidžia pasirinkti stebimą rodiklį bei laiko intervalą. Pasirenkant kelis rodiklius vienu metu, galima stebėti vieno rodiklio įtaką kitiems, pavyzdžiui avilio vidinės temperatūros ir lauko temperatūros santykius.

Apačioje vaizduojama visa įspėjimų istorija šiam aviliui, galima matyti iki 50 paskutinių įspėjimų

Paskutinė dalis puslapyje yra avilio žurnalas. Čia galima pridėti įrašus apie avilio patikrinimus, gydymą ar nuimtą derlių, visa tai yra registruojama į istoriją apačioje. Siekiant informacijos vedimą padaryti efektyvesnį naujokams, galima rašyti įrašus laisva forma, tačiau yra ir papildoma forma dažniausiems statusams patikrinti – ar matomi perai, ar nėra erkučių, ar dar pakankamai liko atsargų ir kt. Taip pat, į periodinius patikrinimus atsižvelgiama pagrindinio lango sezono apžvalgos skydelyje – skaičiuojamas paskutinis žurnalo įrašas.

Šių duomenų kaupimas sudaro galimybę ateityje sujungti bičių elgsenos stebėjimus su jutiklių duomenimis – tai yra sistemos mokymosi funkcionalumo pagrindas. Pavyzdžiui, žurnalo įrašas apie matytą spietimosi požymį gali būti palygintas su garso ir temperatūros rodikliais tą dieną.

### 5.3.3. Išpėjimų valdymas

← BeeKeeper
EN LT [→] Atsijungti

#### Išpėjimų taisyklės

Taisyklės tikrinamos kas kart, kai avilys atsiunčia duomenis.

⊞ Sisteminės taisyklės 21
⌵

Pavadinimas	Sąlyga	Taikoma	Aktyvūs išpėjimai	Įjungta
<b>Aktyvus meduonis</b> Svorio padidėjimas 2 kg ar daugiau per 24 valandas reikšia, kad prasidėjo meduonis – biūs sunela žymiai daugiau nektaro, nei suvartoja. Tai puo produktyvumui būtiną sezonui. Užtikrinkite, kad avilyje būtų pakankamai našlių korių, ir prireikus uždėkite meduog, kad išvengumėte spietimo.	SVORIS > 2 kg / 1d	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Kritikiai žema temperatūra</b> Žemiau 20 °C bičių šeima galėjo būti arba palikti avily. Žemą tai gali būti normalu toje avilio dalyje, kuri yra toli nuo bičių kameros, tačiau kartu su tyra ir nekontinuiniu svoriu tai yra rimtas pavojus signalas. Patikrinkite avilį, kai bus pakankamai filta į saugiai atidaryti.	VIDAUS TEMPERATūra < 20°C	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Kritikškas bado pavojus</b> Svorio kritimas žemiau 12 kg, bičių šeima gresia tiesioginis pavojus mirti iš bado. Neįskaitus, per kelias dienas šeima žus. Nedelsiant maininkite kamdį teliu arba sirupu – faktu ora padėkite maistą tiesiai ant rėmelio virš bičių kameros, kad biūs į lengvai pasiekti.	SVORIS < 12 kg	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Trūkdo arba pleirūno perspėjimas</b> Garsas virš 70 dB paprastai reikšia, kad bičių šeima patiria ūmų stresą – ją puola pleirūnas (vapovos, klamni ar melika), laila yra stiprus triukšys arba avilys buvo grubiai atidarytas. Skubiai aptankykite bičių ir patikrinkite, ar nėra padaryta žalos.	GARSO LVGIS > 70 dB	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Ekstremalus karštis</b> Temperatūrai pakilus virš 40 °C, vėikas pradeda tirpti ir koriai gali išalydyti bei sugrūsti, o tai gali pralalyti peras ir įalinti biūs. Tai skubus avyjus nedelsiant suteiktie lešų, papildomą ventilaciją ir švarus vandens. Per ligas karštie bangas apvarstykite galimybę perkelti avilį į vėsesnę vietą.	VIDAUS TEMPERATūra > 40°C	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Ekstremalus karštis lauke</b> Kai temperatūra lauke viršija 35 °C, net gerai vėdinamas avilys rizikuoja korių lydymuisi ir perų žūtimui, jei biūs nepavyksta ju atvėsinoti. Tiesioginio saulėje tai yra labai pavojinga. Nedelsiant suteiktie lešų (uždėkite lentą, skėtį ar maistą ant stogo), pripilkite šviežio vandens ir apvarstykite galimybę perkelti avilį į vėsesnę vietą, jei karštie nesitauka.	LAUKO TEMPERATūra > 35°C	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Šalčio pavojus</b> Nukritus žemiau -5 °C, biūs negali skraidyti – jos užsidora avilyje ir maitinasi atargomis. Igi šalčiai žiemos pabaigėje ar pavasarį greitai išleikvoja maisto resursus. Kasdien tikrinkite avilio svorį ir duokite kamdį šilumos, jei atsargų trūksta.	LAUKO TEMPERATūra < 5°C	Visi aviliai	2	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Stiprus šaltis</b> Nukritus žemiau -5 °C, bičių kameros turi intensyviai dirbti, kad išlaikytų šilumą, todėl greičiau degina žiemos atsargas. Užtikrinkite, kad avilyje būtų apsaugotas nuo vėjo, laka sumontuota iki vienos biūs plokštes, o stogas turėtų pakankamą ventilaciją, kad neuosidarytų kondensatas – drėgmė šaltyje biūs dažnai yra mirtinga.	LAUKO TEMPERATūra < -5°C	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Aukšta drėgmė</b> Drėgmė virš 85 % sukuria idealias sąlygas grybelinėms ligoms, tokioms kaip kalkiniai perai (Ascosphaera apis) ir nozematozė. Tai taip pat gali sukelti neužadukoito medaus fermentaciją. Pagarinkite ventilaciją atidarydami lakos kamdį ir patikrinkite stogo ventilaciją.	DRĖGMĖ > 85%	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Aukštas garso lygis</b> Igalakis dūlmas virš 55 dB dažnai pramačauja spietimą. Biūs tampa garsesnis, kai šeima trūksta erdvės, o biūs žvalgis pradeda šerkti maistą namų. Patikrinkite avilį, ar nėra motininių lopelių, ir apvarstykite galimybę uždėti meduog arba padidinti šilumą.	GARSO LVGIS > 55 dB	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Avilio tyla</b> Garsas lygis žemiau 10 dB ne žiemos metu yra neįprastas ir reikalauja patikrinimo. Tylius avilys gali reikšti, kad biūs į pakilo, žuvo, arba sugedo šaltis. Žiemą tylus avilys yra normalus – biūs susibūra į žiemojimo kamuoį ir taupo energiją. Prieš atidarydami avilį faktu ora, patikrinkite svorio ir temperatūros duomenis.	GARSO LVGIS < 10 dB	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Žema perų temperatūra</b> Nukritus žemiau 32 °C, perams sunku išlaikyti šilumą. Prizlasytas gali būti mažas ar silpnas bičių šeima, faktu skersvėjis, prasta izoliacija ar sena motinėle. Patikrinkite bičių šeimos stiprumą ir, jei reikia, geriau apilinkite avilį.	VIDAUS TEMPERATūra < 32°C	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Žemas avilio svoris – bado perspėjimas</b> Bendras avilio svoris žemiau 20 kg rodo, kad maisto atsargos baigiasi, ypač žiemos pabaigėje ar ankstyvą pavasarį prieš pirmą spieškusydymą. Išadus yra dažniausias bičių šeimų žuvimo prizlasytas žiemą. Kasdien stebėkite svorio tendencijas ir maininkite cukranis sirupu ar kamdį šilumos, jei atsargų trūksta.	SVORIS < 20 kg	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Žema drėgmė</b> Nukritus žemiau 40 %, biūs sunkiau palaikyti drėgmę, reikalauja perams auginti ir nektaru brandinti. Karštesnis sausorogomis dienas biūs darbininkai makrepiamos į vandens rinkimui, o ne nektaru. Užtikrinkite fvarų, lengvai pasiekiamą vandens falių bent 50 m atstumu.	DRĖGMĖ < 40%	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Išorinio karščio streso pavojus</b> Temperatūrai lauke viršija 30 °C, biūs darosi sunku atvėsinoti avilį vėdinant ir garinant vandens. Biūs darbininkai makrepiamos į vandens, o ne nektaru rinkimui. Užtikrinkite, kad fvarus vandens fališnis būtų pasiekiamas bent 50 m atstumu ir kad avilyje būtų apsaugotas nuo tiesioginio saulės spindulių karštesniu dienos metu. Apvarstykite galimybę lik tiek pakelti stogą geresnei ventilacijai.	LAUKO TEMPERATūra > 30°C	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Perkaitimas</b> Sveikams perams reikia 34–36 °C šilumos. Virš 38,5 °C vaikiniai koriai gali suminkštėti, o perai žūti. Biūs intensyviai vėdina ir neša vandens į avilį atvėsinoti – jei joms nepavyksta, šeima gresia pavojus. Suteiktie lešų, pagrinkite ventilaciją ir pasitpinkite vandens fališnis faktu.	VIDAUS TEMPERATūra > 38.5°C	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Staigus svorio kritimas</b> Svorio sumažėjimas 2 kg ar daugiau per vieną valandą yra stiprus rodiklis, kad spiečius ką tik paliko avilį – tikėtina, vienas metu iškremačius bičių pavilksis į staigų kritimą. Veiktie greitai: suteiktie spiečius netoliese ant medžių lakų ir nuspręskite, ar jį surinkti.	SVORIS i 2 kg / 1h	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Reikšmingas svorio kritimas (24 val.)</b> Praradus 5 kg ar daugiau per parą, galima žarti spietimą, lik bičių plėšikavimų arba vagnystę. Nektaru trūkumo laikotarpiais plėšikavimas yra įprastas reiškinys – stipresnių šeimų biūs apilėptie stipnesnes. Sumažinkite laką ir patikrinkite, ar nėra kevos požymių ant lakos lentelės.	SVORIS i 5 kg / 1d	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Stiprus meduonis</b> Svorio padidėjimas 5 kg ar daugiau per dieną signalizuoja apie iškirtinį meduonį – netoliese gausiai žydi rapai, lėpos ar viršai. Bičių šeima skubiai reikia erdvės. Aktyviai dėkite meduoves: per stiprų meduonį biūs gali užpildyti meduog vos per kelias dienas ir pradoti spiesti, jei prietrkis vienos.	SVORIS i 5 kg / 1d	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Igalakis svorio mažėjimas (7 dienos)</b> Nuolatini 8 kg praradimas per septynis dienas be atkūrimo (pvz., spietimo ar medaus kopinėjimo) rodo, kad šeima suvartoja atsargas greičiau nei spėja sunašti. Tai gali reikšti vasaros meduonies pabaigą, seną motinėle arba ligą, maistines bičių darbininkų skaitį. Iškirkite šeimos sveikatą.	SVORIS i 8 kg / 7d	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Labai aukšta drėgmė</b> Virš 90 % ant korio gali atsirasti pelėsis ir smarkiai išaugti perų mirtingumas. Tai dažnai atsitinka po ilgų lietingų orų ar užkūlimus ventilacijos angoms. Pabalinkite klėtis iš lakos, jei įmanoma, naudokite tinklų dugą ir patikrinkite, ar nėra ligos požymių.	DRĖGMĖ > 90%	Visi aviliai	–	<input checked="" type="checkbox"/>

🔍 Jūsų taisyklės 0
⌵
+ Nauja taisyklė

+

Dar nėra asmeninių taisyklių. Sukurkite vieną specifiniams rodikliams stebėti.

+ Nauja taisyklė

5.7 pav. Sistemos išpėjimų sąrašas

Sistemoje naudotojas gali sukurti neribotą kiekį įspėjimų taisyklių. Kiekvienai taisyklei nustatomi šie parametrai:

- rodiklis: temperatūra, drėgnumas, svoris ar garso lygis;
- sąlyga: reikšmė viršija arba nukrenta žemiau nustatytos ribos, arba reikšmė pakito daugiau nei nurodytu kiekiu per nustatytą laikotarpį;
- riba, kurią peržengus sukuriamas įspėjimas;
- atsistatymo laikotarpis: minimali pertrauka minutėmis tarp pasikartojančių to paties tipo įspėjimų. Tai apsaugo nuo pranešimų pertekliaus esant periodiškams nukrypimams. Pavyzdžiui, pavasario ar rudens metu šiltos dienos ir šaltos naktys priverstų kasdien išsiųsti žemos temperatūros įspėjimą. Todėl temperatūros įspėjimams rekomenduojamas papildomas atsistatymo laikotarpis.

Tačiau didžiausią svarbą turi jau iš anksto nustatytos sisteminės taisyklės. Yra sukurtos 21 taisyklės, apimančios kiekvieno jutiklio ribines reikšmes. Siekiant teikti kuo didesnę mokymosi naudą, kiekviena taisyklė turi ilgą aprašymą su galimais pavojais ir patarimais, kaip reikėtų šią problemą išspręsti. Taisyklės yra sukurtos pagal dažniausiai sutinkamus rodiklius (pavyzdžiui, maksimali temperatūra, minimali drėgmė ir t.t.). Tačiau gali atsirasti poreikis pritaikyti tai pagal kitą bičių veislę arba kitokias, nebūdingas Lietuvai klimato sąlygas. Įspėjimų sistemą galima lengvai tam pritaikyti redaguojant sisteminės taisykles. Pakeitus tokias taisykles, sistema rodo statusą ir atsiranda naujas mygtukas atstatyti originalius parametrus



5.8 pav. Redaguotas sisteminis įspėjimas

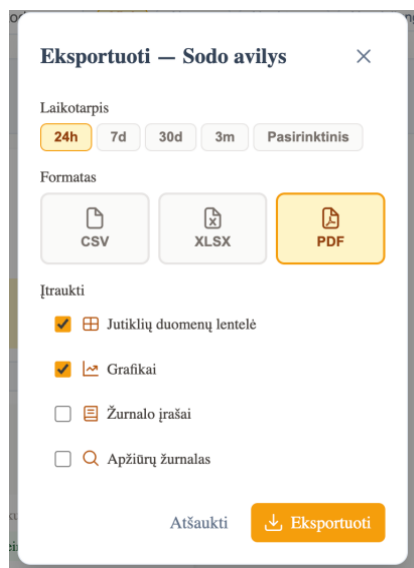
Kai avilys nusiunčia savo matavimo rodmenis į serverį, iš karto yra patikrinama, ar parametrai atitinka kokią nors taisyklės sąlygą. Jei kokia nors taisyklė yra pažeidžiama, sistema akimirksniu sukuria įspėjimo įrašą duomenų bazėje ir išsiunčia pranešimą į visus registruotus naudotojo įrenginius, net jei naršyklė yra uždaryta. Tai yra ypač naudinga, jei sistemos naudotojas priregistravo savo išmanųjį telefoną. Tokiu atveju sistema siunčia pranešimus ir jie pasirodo telefono naršyklės pranešimų skiltyje.

### 5.3.4. Duomenų eksportavimas

Kiekvienas avilys taip pat turi ir eksportavimo funkcionalumą. Sistema leidžia eksportuoti surinktus duomenis trimis formatais:

- CSV – duomenų analizės įrankiams;
- XLSX – Excel dokumentas
- PDF – ataskaita su rodmenų lentele, žurnalo bei įspėjimų istorija ir grafikais.

Prieš eksportą naudotojas ekrane mato dialogo langą, kuriame pasirenka, kuriuos skyrius įtraukti į ataskaitą, ir nurodo datos intervalą. Visi eksporto stulpelių pavadinimai pateikiami naudotojo pasirinkta kalba (lietuvių arba anglų).



5.9 pav. Eksportavimo pasirinkimo lentelė

### 5.3.5. Nustatymai ir profilio valdymas

Profilio valdymo lange naudotojas gali keisti šiuos parametrus:

- Rodomą vardą;
- Matavimo vienetų sistemą (metrinė arba imperinė);
- Naudotojo sąsajos kalbą (lietuvių / anglų); kalbos pakeitimas nedelsiant pritaikomas visai sąsajai be puslapio perkrovimo;
- Slaptažodį;
- Paskyros ištrynimą.

← BeeKeeper
EN **LT** [-> Atsijungti]

### Paskyros nustatymai

**Rodomas vardas**  
 Rodomas sveikinime prietaisų skydelio įrankių juostoje (pvz., „Sveiki, Mantvydas“). Jei nenustatyta – naudojamas el. pašto adresas.

---

**Matavimo sistema**  
 Veikia temperatūros, svorio ir ribinių reikšmių rodinį visoje programoje.

Metrinė (°C, kg)
Imperinė (°F, lbs)

---

**Rodyti sezoninius patarimus**  
 Rodyti sezoninių patarimų juostą prietaisų skydelyje.

---

**Keisti slaptažodį**

---

**Ištrinti paskyrą**  
 Visam laikui pašalina jūsų paskyrą, visus avilius, rodmenis ir įspėjimus. Šio veiksmo atšaukti negalima.

**5.10 pav.** Nustatymų langas

#### 5.4. Skyriaus išvados

1. Sistemos naudotojo sąsaja organizuota aplink keturis pagrindinius darbo srautus: avilio susiejimą, būsenos stebėjimą, įspėjimų valdymą ir duomenų eksportavimą. Tai tiesiogiai atitinka 3.3 skyrelyje suformuluotų panaudojimo atvejų grupes.
2. Įspėjimų taisyklių sistema dvilypė: biologiškai pagrįstos numatytosios reikšmės pateikia pradedančiajam bitininkui veikiantį pradinį tašką be konfigūravimo, o galimybė kurti rankines taisykles palaiko gilesnį mokymąsi. Naudotojas gali formuluoti hipotezes apie bičių elgseną ir jas tikrinti savo avilio duomenimis.
3. Sistemos prieiga naudotojui nereikalauja papildomos infrastruktūros: viena nuoroda atveria tiek naršyklės, tiek įdiegiamą PWA versiją, o iššokantys pranešimai apie kritinius įvykius pasiekia naudotoją net tada, kai sistema nėra aktyviai naudojama.

## 6. Nuotolinės avilių stebėjimo sistemos mokymuisi efektyvumo tyrimas

Šiame skyriuje pateikiamas eksperimentinis tyrimas, kurio metu vertinamas sukurtos nuotolinės avilių stebėjimo sistemos taikymas bičių elgsenos stebėjimui ir bitininkystės mokymuisi. Tyrimas suskirstytas į tris kryptis: techninių sistemos parametrų patikimumo vertinimą, surinktų duomenų sąsajos su faktine bičių elgsena analizę ir sistemos teikiamos informacijos tinkamumo pradedančiajam bitininkui įvertinimą.

### 6.1. Tyrimo tikslas ir uždaviniai

**Eksperimentinio tyrimo tikslas** – įvertinti sukurtos nuotolinės avilių stebėjimo sistemos taikymą bičių elgsenos stebėjimui ir nustatyti jos tinkamumą bitininkystės mokymuisi.

#### Tyrimo uždaviniai:

1. ištestuoti jutiklių (temperatūros, drėgmės, svorio) tikslumą ir duomenų perdavimo į informacinę sistemą stabilumą realiomis lauko sąlygomis;
2. nustatyti koreliaciją tarp sistemos užfiksuotų duomenų (pavyzdžiui, staigus svorio pokytis, pakilusi drėgmė) ir informacinės sistemos spėjimų dėl bičių elgsenos;
3. pagrįsti, kad sistemoje pateikiami vizualūs duomenys yra pakankami pradedančiajam bitininkui pasirūpinti aviliais, atkreipiant dėmesį vien tik į informacinės sistemos siunčiamus įspėjimus.

### 6.2. Techninės sąlygos ir metodika

Tyrimas atliktas realiomis sąlygomis, stebint vieną skaitmenizuotą avilį viso bitininkystės sezono metu. Duomenys buvo automatiškai renkami kas 30 minučių ir perduodami į informacinę sistemą, kurioje buvo kaupiami ir apdorojami.

Analizė atlikta trimis etapais, atitinkančiais tyrimo uždavinius:

1. vertinant techninį sistemos veikimą,
2. analizuojant duomenų ir bičių elgsenos ryšį,
3. vertinant sistemos pritaikomumą mokymuisi.

Sistemos tinkamumas mokymuisi vertintas modeliuojant pradedančiojo bitininko veiklą, kai sprendimai priimami remiantis tik sistemos pateikiamais duomenimis ir įspėjimais.

Duomenų rinkimo laikotarpis: pagrindinis bitininkystės sezonas (2025 m. vasario 1 d. – 2025 m. rugpjūčio 31 d.).

### 6.3. Sistemos techninių parametrų vertinimas

#### 6.3.1. Duomenų surinkimo ir perdavimo stabilumas

Per visą 212 dienų stebėjimo laikotarpį sistema užregistravo 9688 duomenų įrašus iš teorinio 10176 maksimalaus (duomenų vientisumas 95,2%). Trūkstanti 488 įrašai pasiskirstė keliuose atskiruose intervaluose:

**18 lentelė.** Prarasti avilio duomenų įrašai

Data	Prarastų įrašų kiekis	Priežastis
2025-02-18	72	Stotelės trikdžiai dėl stiprių šalčių – buvo fiksuojama -10 °C temperatūra. Šiek tiek atšilus orui, stotelė vėl pradėjo siųsti duomenis.

2025-07-03	241	Išsikrovė akumulatorius, skirtas GSM moduliui. Pastebėta tik po kelių dienų. Pakrovus akumuliatorių sistema vėl veikė tvarkingai.
2025-08-12	13	Tikslus trikdys nenustatytas, bet perkrovus stotelę duomenys vėl pradėjo būti siunčiami. Įtariama, kad „SIM800L“ modulis užstrigo bloge būsenoje po per greitai paduotos „AT“ komandos.

Kiti 162 trūkstami įrašai buvo trumpalaikiai. Galimos priežastys:

- Pigesnio tipo „SIM800L“ modulis yra jautresnis triukšmui. Reikėtų naudoti aukštesnės klasės versiją (pavyzdžiui, „SIM800C“ arba prijungti didesnę anteną;
- Moduliai yra sujungti vienas su kitu maketavimo plokščių laidais. Tai užtikrina lengvą klaidų ištaisymą prototipo stadijoje tačiau ne visada užtikrina stabilų kontaktą. Galima išspręsti problemą lituojant laidus, tačiau rekomenduojama perkelti kiekvieną modulį į SMD plokštės dizainą, taip užtikrinant kad komunikacija ir maitinimas būtų daug stabilesnis;
- Negalima pasitikėti vien atskiru 18650 tipo ličio jonų elementu dėl didelės elektros srovės užtikrinimo GSM moduliui. Reikėtų pasirinkti ir įdėti papildomą kondensatorių į plokštės dizainą.

Šios 3 priežastis yra iš dalies persidengiančios. Išsprendus visas išvardintas problemas būtų užtikrinamas ne tik geresnis stabilumas, tačiau ir sukuriama SMD plokštės dizainas, leidžiantis lengvai pagaminti išmaniąsias stoteles ir kitiems bitininkams.

Nepaisant techninių trikdžių, 95,2 % duomenų vientisumas buvo pakankamas pilnai sezono analizei atlikti. Tai rodo, kad net prototipinio lygio sistema gali suteikti pakankamą informacijos kiekį prasmingam bitininkystės mokymuisi.

## 6.4. Duomenų ryšio su bičių elgsena analizė

### 6.4.1. Bičių elgsena šaltu laikotarpiu

2025 m. vasario pradžioje avilio stotelė užfiksavo ypač šaltą periodą: žemiausia fiksuota lauko temperatūra buvo -10,6 °C. Nors bičių šeimos geba gana gerai palaikyti avilio vidaus temperatūrą, esant ekstremaliai šalčiui jautriai fiksuoja ryškų temperatūros kritimą.

Žemos lauko ir žemos perų temperatūros taisyklė per šį laikotarpį buvo suaktyvinta kelis kartus. Pažvelgus į statistiką, situacija buvo valdoma – bičių šeima dar žiemojo ir nedėjo perų, o kritiškai žemos vidaus temperatūros taisyklė dar nebuvo aktyvuota. Vis dėl to buvo atliktas vizitas patikrinti, ar avilys yra gerai izoliuotas, ar neiškrito į lauką temperatūros matavimo jutiklis. Kadangi jau buvo įdėtos pagalvės aviliui apšiltinti, kitų veiksmų nebuvo imtasi.



**6.1 pav.** Avilio temperatūra ir drėgmė vasario-kovo laikotarpiu

Tuo pačiu laikotarpiu suveikė ir aukštos drėgmės taisyklė, nes buvo viršyta 85% riba. Dėl izoliuojančių pagalvių drėgmės kiekis avilyje tapo daug didesnis, tačiau tuo pat metu buvo aktyvi ir žemos temperatūros taisyklė, tad nieko negalima padaryti tuo laikotarpiu.

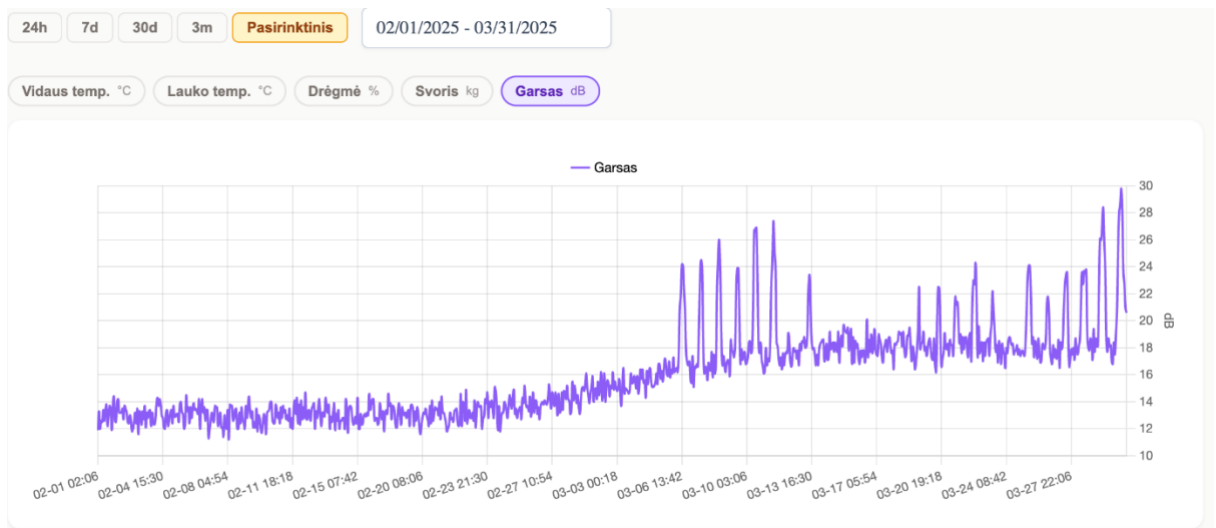
Iš vasario mėnesį rinktos informacijos galima aiškiai matyti, kaip lauko temperatūra daro įtaką avilio vidaus temperatūrai. Bitės, bandydamos išlaikyti šilumą, padidina ir drėgmę nuo 80% iki 88%. Išėmus izoliacines pagalves ir praplatus angą drėgmės problemos turėtų išnykti, tačiau grafike matoma, kad bitės kol kas dar stengiasi palaikyti šilumą, ir bet koks iš šių veiksmų joms pakenktų.

Kovo pradžioje buvo gautas žemo avilio svorio perspėjimas su rekomendacija papildyti maisto atsargų. Kovo 1 dieną avilys buvo papildytas 2 kilogramais kandi tešlos. Sekančio matavimo metu avilio stotelė parodė 2 kg šuolį, kas patvirtino teisingus matavimus.



**6.2 pav.** Avilio svoris vasario-kovo laikotarpiu

Nuo kovo 6 dienos, lauko temperatūrai pakilus virš 10 °C ribos, garso lygio jutiklis pirmą kartą per sezoną užfiksavo ryškų aktyvumo augimą: dienos valandomis garso lygis pakilo iki 25–35dB.



**6.3 pav.** Avilio garsas vasario-kovo laikotarpiu

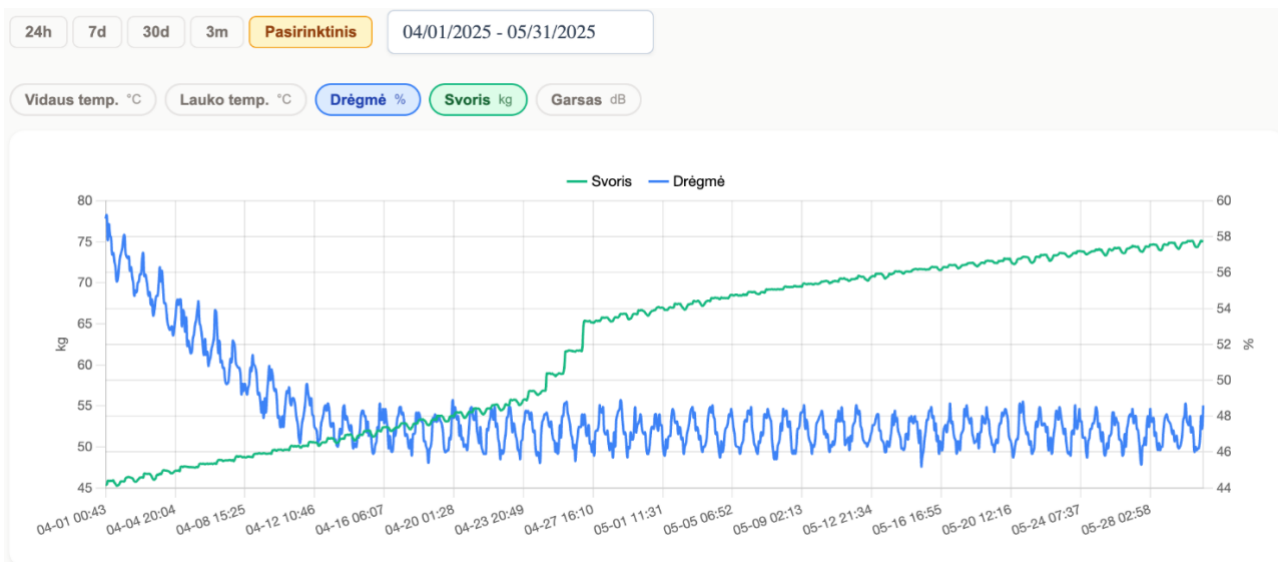
Sistema įspėjimų nesuaktyvino – garso lygis liko žemiau aukšto aktyvumo ribos – tačiau vizualus rodiklio pokytis grafike suteikė aiškų signalą apie sezono pradžią be fizinio vizito. Tai yra pavyzdys, kaip IS teikia mokymosi vertę ne tik per įspėjimus, bet ir per nuolatinį rodiklių stebėjimą.

Suaktyvėjus bitėms ir atšilus orams, vidaus temperatūra peržengė 32 °C ribą ir stabiliai laikėsi kelias dienas. Žemos vidaus temperatūros taisyklė nebebuvo aktyvi, todėl nuspręsta išimti izoliacines pagalves iš avilio, atidaryti laką plačiau ir įdėti 6 tuščius rėmelius. Grafikuose aiškiai galima matyti, kaip dėl šių prižasčių kovo 15 dieną svoris pakilo maždaug 1 kg, o drėgmės rodikliai stabiliai pradėjo kristi žemyn. Kadangi net po pagalvės išėmimo vidaus temperatūra išliko stabili, galima daryti išvadą, kad avilyje motinėle pradėjo dėti perus. Bičių šeima yra stabili.

Šis laikotarpis yra ypač vertingas mokymuisi, nes visa žiemojimo proceso eiga – nuo kritinio šalčio iki pavasarinio atbudimo – buvo stebima nuotoliniu būdu, neatveriant avilio. Pradedantysis bitininkas galėjo išmokti atpažinti žiemojančios šeimos požymius, suprasti temperatūros ir drėgmės sąveiką bei suvokti, kada tiksliai reikia atlikti kiekvieną pavasarinį darbą pagal sistemos rodiklius, o ne vien patirtį.

#### **6.4.2. Kylančio bičių aktyvumo stebėjimas pavasarį**

Balandžio 25 dieną sistema užfiksavo spartų svorio augimą – prasidėjo vaismedžių žydėjimo laikotarpis. Per šį laikotarpį aktyvaus medunešio taisyklė (svoris paaugo daugiau nei 2 kg per 24 val.) suveikė 2 kartus.



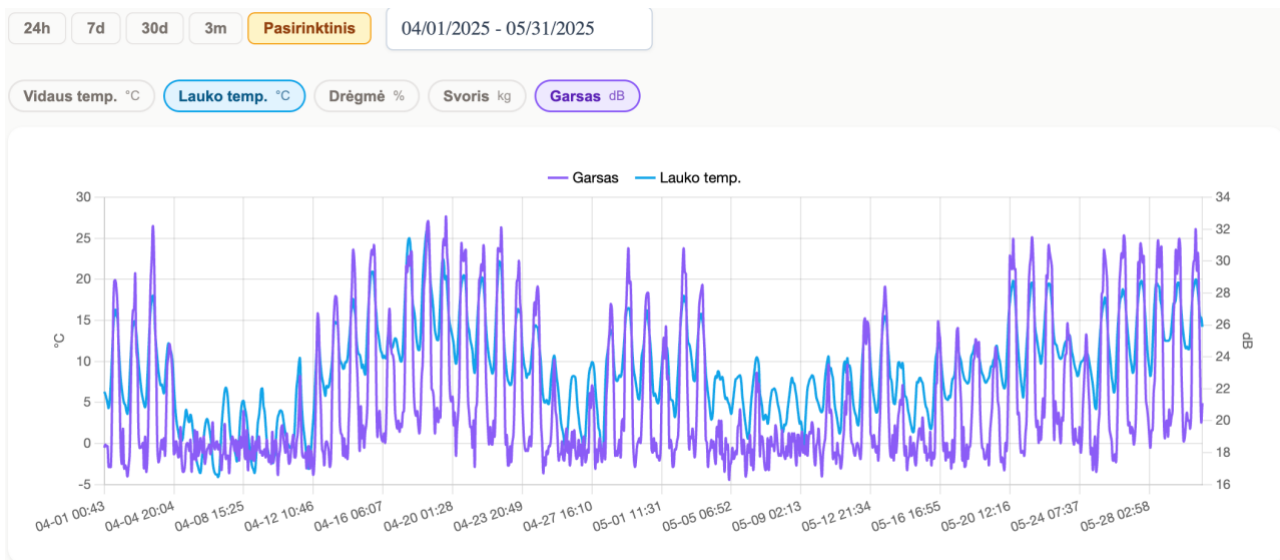
**6.4 pav.** Avilio svoris ir drėgmė balandžio-gegužės laikotarpiu

Sureagavus į perspėjimą buvo atlikta avilio apžiūra. Pastebėta, jog ištis vaismedžiai sode pradėjo žydėti, bitės aktyviai rinko nektarą. Atlikti veiksmai pagal įspėjimo rekomendacijas: įdėtos papildomos meduvės. Tai matoma dėl dar didesnio svorio šoktelėjimo balandžio 27 dieną.

Taip pat svarbu pastebėti, jog bitėms pradėjus rinkti nektarą drėgmė nukrito iki rekomenduojamos normos. Tai rodo, jog šeima yra stipri ir rodikliai yra normos ribose.

Ignoravus šį perspėjimą neišplėstas avilys greitai taptų perpildytas medumi, kas paskatintų spietimosi šansus. Tokiu atveju šeima išleistų spiečių, prarandant apie pusę darbinių bičių ir ateinančių savaičių produktyvumą vaismedžių žydėjimo piko metu. Todėl galima teigti, jog sistema padėjo išvengti šių problemų pranešdama apie rodiklius laiku.

Taip pat įdomus pastebėjimas – balandį garsas avilyje tiesiogiai koreliavo su lauko temperatūra. Matoma, jog temperatūrai lauke nukrentant žemiau 8 °C bitės apimdavo. Daroma prielaida, kad tai vyko dėl avilio vidinės temperatūros palaikymo. Kadangi pavasarį naktys šaltesnės, didesnis bičių aktyvumas buvo matomas tik dienos metu.



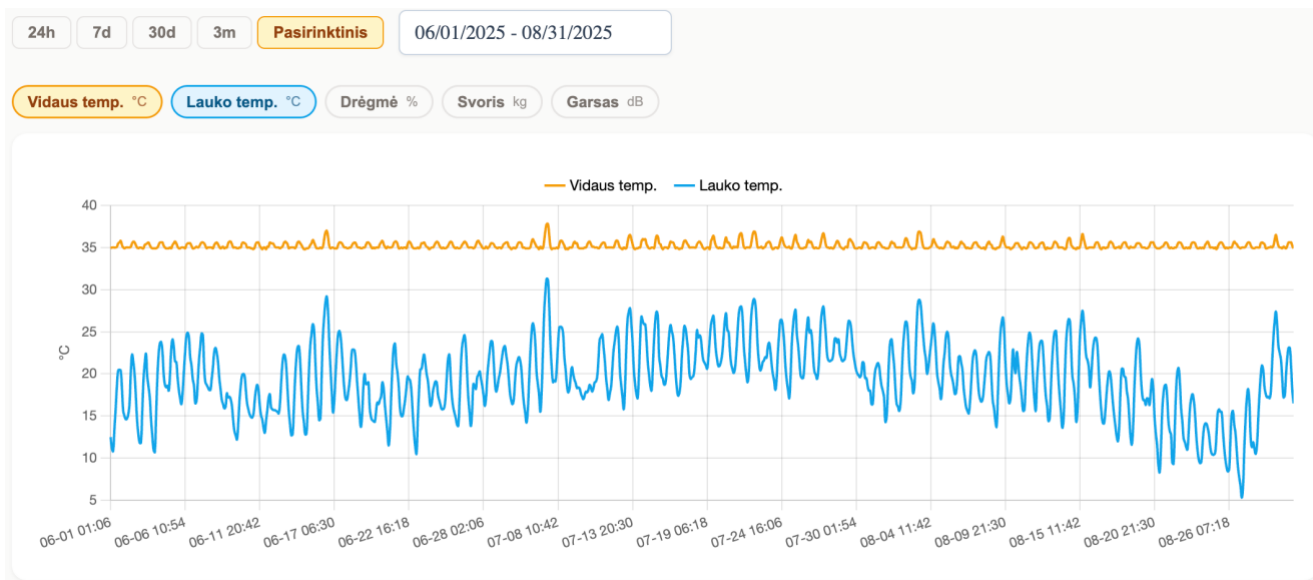
**6.5 pav.** Ryšys tarp lauko temperatūros ir garso rodiklių

Tokia vizuali garso ir temperatūros koreliacija suteikia pradedančiajam bitininkui galimybę išmokti atpažinti bičių aktyvumo priklausomybę nuo aplinkos sąlygų. Tradiciškai bitininkai tokią patirtį įgauna per daugelį sezonų, o sistema leidžia ją pamatyti aiškiai grafike per vieną pavasarį.

### 6.4.3. Bičių elgsena per karščio bangas

Pirmosiomis liepos dienomis lauko temperatūra viršijo 30 °C. Liepos 2 dieną suveikė išorinio karščio pavojaus taisyklė – lauko temperatūra pasiekė 30 °C. Šis perspėjimas informavo, kad bitės palaispniui pereina nuo nektaro rinkimo prie vandens surinkimo aviliui vėsinti, o medunešio intensyvumas mažėja. Perspėjimo aprašyme buvo patarimas, jog reikia pasirūpinti, ar netoliese yra gėlo vandens šaltinis. Vizito metu pastebėta, jog bitės išties skrenda į kaimyno teritoriją, nes ten yra baseinėlis. Buvo pasirūpinta, kad šalia avilio stovėtų nedidelė vonelė vandens.

Ignoravus šį perspėjimą: bičių vėsiniamosi būseną būtų sumažinusi medunešio efektyvumą kaip tik prieš svarbiausią sezono laikotarpį – liepą. Taip pat nepatikrintas vandens šaltinis reiškia, kad bitės ir toliau eikvoja išteklius vandens transportui vietoj nektaro rinkimo ir trukdo šalia esantiems kaimynams.



6.6 pav. Avilio temperatūra birželio-rugpjūčio laikotarpiu

Pažvelgus į grafikus matomos karštesnės vasaros dienos, tačiau bitės sėkmingai geba išlaikyti temperatūrą. Kadangi avilyje buvo pavėsyje, vidaus temperatūros kritinis slenkstis ( $> 38,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) nebuvo peržengtas ir išpėjimų nebuvo gauta.

Šis scenarijus moko pradedantį bitininką, kad tinkama avilio vieta gali savaime užkirsti kelią kritinėms situacijoms. Kartu išorės temperatūros stebėjimas ir išpėjimų aprašymai padeda suprasti bičių fiziologinius poreikius vasarą – vandens svarbą, vėsinimo mechanizmus ir medunešio intensyvumo priklausomybę nuo aplinkos temperatūros.

#### 6.4.4. Svorio pokyčių analizė

Liepos 1 dieną, pamačius, jog bendras avilio svoris jau pasiekė 76 kilogramus, buvo išsuktas pirmasis medus. Skaičiuojama, jog derlius buvo apie 14 kg, tačiau sistema nurodė 15 kg kritimą. Taip yra todėl, jog skaičiuojamas buvo tik medaus svoris, o svarstyklės išmaniajame avilyje parodė tikrą kiekį, įskaičiuodamos ir vaško nuostolį.



6.7 pav. Avilio svoris birželio-rugpjūčio laikotarpiu

Liepos gale sistema užfiksavo stipriausią sezono svorio augimą. Aktyvaus medunešio taisyklė suveikė 2 kartus iš eilės – liepos 21 ir 23 dieną. Per šį laikotarpį avilio masė padidėjo beveik 10 kg, pasiekdama sezono piką.

Gavus šiuos perspėjimus, buvo dar papildomai išplėstas avilyš nerimaujant dėl perkrovimo ir norint atlikti spietimosi prevenciją. Ignoravus šį perspėjimą galėjo stipriai sumažinti derliaus kiekį, nes šalia avilio esančių liepų žydėjimas trunka tik kelias savaites. Pritrūkus meduvių ne tik sumažėtų derliaus kiekis, bet įmanoma prarasti pusę bičių šeimos. Sekantis panašaus lygio medunešis gali būti tik po metų.

Rugpjūtį avilio svorio augimas beveik sustojo ir net pradėjo kristi. Taip yra todėl, nes pagrindinis nektaro šaltinis buvo sode esantys vaismedžiai ir krūmai, o rugpjūtį beveik neliko nektaro šaltinių. Todėl rugpjūčio gale buvo atliktas medaus rinkimas. Išsukta apie 25 kilogramus. Buvo palikta mažiau atsargų bitėms, išimtos kelios meduvės. Sistema šį įvykį dokumentavo įspėjant dėl kritinio svorio sumažėjimo – buvo aptikta, kad per dieną svoris nukrito net 27 kilogramais. Sistema įtarė, kad svorio kritimas daugiau nei 5 kg galėjo įvykti dėl spietimosi arba bičių plėšikavimo, buvo pateiktos rekomendacijos sumažinti lakos angą. Tačiau tai tiesiog atspindėjo greitą avilio masės sumažėjimą renkant medų. Tačiau įspėjimo aprašyme vis vien paklaustyta rekomendacijų ir šiek tiek sumažinta laka, jog išvengti galimų bičių plėšikavimo sezono pabaigoje.

Rugpjūtį avilyš svėrė panašiai kaip ir liepą prieš medaus sukimą. Tai parodo, kad kelios papildomos meduvės nebuvo būtinos, tačiau tai leido išvengti blogiausio scenarijaus, ypač nerimaujančiam pradedančiajam bitininkui. Todėl galima manyti, kad sistemos patarimai vis vien buvo naudingi.

Taip pat sistema leido patogiai apskaičiuoti likusių atsargų kiekį be spėlionių – grafike galima palyginti rugpjūčio ir vasario avilio svorius. Matoma, jog avilyš dar yra 5 kilogramais sunkesnis negu žiemą, tad atsargų yra tikrai pakankamai.

Derliaus laikotarpis demonstruoja vieną iš vertingiausių sistemos mokymosi aspektų: svoris leidžia priimti pagrįstus sprendimus dėl derliaus laiko ir likusių atsargų kiekio be spėliojimų. Taip pat netikslūs svorio kritimo perspėjimai po derliaus nuėmimo moko kritiškai vertinti sistemos pranešimus ir suprasti, kad duomenys visada turi būti interpretuojami kontekste.

## **6.5. Įspėjimų sistemos vertinimas**

Per visą stebėjimo laikotarpį sistema sugeneravo 50 automatinių įspėjimų. Daugelis šių įspėjimų yra besikartojantys – pavyzdžiui, vasarį kiekvieną naktį lauko temperatūra krisdavo žemiau  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , todėl įspėjimai buvo pasikartojantys kasdien. Šios problemos sprendimui vėliau buvo sukurtas atidėjimo laikotarpis sisteminėse taisyklėse – viršijus ribą įspėjimas nesikartos nustatyta laiką. Dėl temperatūros ir drėgmės svyravimo paros metu atidėjimo laikotarpiai buvo uždėti vien ant šių taisyklių.

Keli pranešimai, susiję su svorio pakitimais buvo netikslūs, tačiau jie buvo sukelti dėl bitininko įsikišimo: derliaus nuėmimo, atsargų papildymo ir kitų priežasčių. Tačiau, jei šie įspėjimai būtų sutikti neatliekant tokių darbų, tai reikštų rimtas problemas į kurias labai svarbu reaguoti iš karto.

Likę įspėjimai buvo tikslūs ir atspindėjo realias problemas, į kurias reikėjo sureaguoti laiku: itin aukšta drėgmė, žema vidaus temperatūra, itin žemas avilio svoris, aktyvus medunešis, karščio pavojus ir kt.

Be įspėjimų taip pat naudos suteikė ir tiesiog grafiko stebėjimas – diagramos suteikė galimybę matyti, kada bičių vidaus temperatūra stabilizavosi, kada jos pradėjo būti aktyvesnės bei užtikrinti, jog avilyje yra pakankamai atsargų neatidarinėjant avilio žiemą.

## 6.6. Sistemos tinkamumo mokymuisi vertinimas

### 6.6.1. Nuotolinio stebėjimo nauda

Per visą tyrimo laikotarpį prie avilio apsilankyta 9 kartus: 6 kartai inicijuoti sistemos įspėjimų, likę 3 vizitai buvo savarankiški. Visų 6 įspėjimų inicijuoti vizitai buvo pagrįsti – kiekvieną kartą buvo atliktas konkretus veiksmas.

**19 lentelė.** Atlikti avilio vizitai

Mėnuo	Vizitų skaičius	Vizitai dėl įspėjimų	Rezultatas
Vasaris	1	1	Patikrinta avilio izoliacija
Kovas	2	1	Papildytos atsargos, išimtos izoliacinės pagalvės
Balandis	1	1	Įdėti nauji rėmeliai į meduves
Gegužė	0	0	
Birželis	0	0	
Liepa	3	2	Išsuktas medus, pasirūpinta vandeniu šalia avilio, įdėti papildomi rėmeliai
Rugpjūtis	2	1	Nuimtas derlius, susiaurinta laka

### 6.6.2. Mokymosi ir duomenų interpretavimo galimybės

Be sistemos pradedantysis bitininkas norėdamas suprasti bičių šeimos būseną privalėjo fiziškai atidaryti avilį, tai sukeldavo riziką įgėlimams, bitėms stresą, o tarp vizitų informacijos nebūdavo.

Su sistema:

- įspėjimai dėl kritinės būsenos gaunami per 30 minučių;
- didžioji dalis avilio būsenos informacijos pasiekama nuotoliniu būdu be fizinio kontakto;
- visi įspėjimų inicijuoti fiziniai vizitai buvo kryptingi – tyrėjas žinojo tiksliai, ko ieškoti ir ką daryti. Tai yra esminis mokymosi efektas dėka išsamių įspėjimų;
- sistemos teikiami duomenys – temperatūros pokyčiai, svorio kilimo kreivės, garso ir svorio koreliacija medunešio metu – suteikia mokymosi vertę, kurios tradicinė apžiūra negali suteikti;
- sezono ritmo supratimas: duomenų kreivės tai parodo vizualiai. Matoma, kada pradedami dėti perai, kada nektaro kaupimas baigiasi. Tai yra mokymosi priemonė, leidžianti pradedančiajam bitininkui suvokti sezono struktūrą be patyrimo.

## 6.7. Skyriaus išvados

1. Sistema sėkmingai išsprendė iškeltą probleminę situaciją. Pradedantysis bitininkas, naudodamasis IS, gali aktyviai stebėti bičių šeimos būseną visą sezoną be dažnų fizinių vizitų. Todėl kontaktiniai vizitai tampa retesni, ir informatyvesni, o rizika įgėlimams bei bičių stresui – reikšmingai sumažėja.
2. Duomenų perdavimo vientisumas siekė 95,2%. Šie trikdžiai atskleidė problemas su GSM modulio stabilumu, buvo nuspręsta avilio stotelę ateityje patobulinti net keliais būdais.

3. Didžioji dalis avilio būsenos informacijos pasiekama nuotoliniu būdu. Tik motinėlės patikra ir erkučių testas reikalauja fizinio patikrinimo.
4. Sistema sumažino reakcijos į kritines situacijas laiką iki 30 minučių. Visi įspėjimų inicijuoti fiziniai vizitai buvo pagrįsti ir baigėsi konkrečia intervencija.
5. Žemo avilio svorio įspėjimas kovo mėnesį demonstruoja vieną iš svarbiausių sistemos vertės scenarijų: pradedantysis bitininkas, be stebėsenos, tipiškai tuo metu neaplankytų avilio – perspėjimas leido laiku aptikti kritiškai mažas atsargas ir išvengti galimos šeimos žūties.

## Išvados

1. Išanalizavus bitininkystės mokymosi problematiką nustatyta, kad pagrindiniai sunkumai yra ribota prieiga prie avilių, praktinių įgūdžių trūkumas ir saugumo rizikos. Taip pat nustatyta, kad esami nuotolinio mokymosi sprendimai dažniausiai nesuteikia galimybės dirbti su realiais duomenimis, todėl praktinis mokymasis yra apsunkintas.
2. Atliktas tyrimas parodė, kad nuotolinės avilių stebėjimo sistemos poreikis tarp bitininkų yra didelis. Nustatyta, kad bitininkams svarbiausia galimybė nuotoliniu būdu stebėti avilio rodiklius, gauti įspėjimus ir analizuoti duomenų pokyčius.
3. Išanalizavus esamus technologinius sprendimus nustatyta, kad šiuolaikinės mikrovaldiklių ir jutiklių technologijos leidžia sukurti ekonomiškai prieinamą ir praktiškai pritaikomą nuotolinę avilių stebėjimo sistemą, tinkamą naudoti realiomis sąlygomis.
4. Suprojektuota nuotolinės avilių stebėjimo sistemos architektūra, apimanti dviejų tipų jutikliais aprūpintus avilius, duomenų perdavimo sprendimus ir informacinę sistemą, leidžiančią kaupti, analizuoti ir vizualizuoti duomenis.
5. Įgyvendinta nuotolinė avilių stebėjimo sistema užtikrina stabilų duomenų surinkimą ir perdavimą, o surinkti duomenys leidžia stebėti bičių šeimų būklę ir identifikuoti jų elgsenos pokyčius.
6. Eksperimentinio tyrimo metu nustatyta, kad sistemos techniniai parametrai yra patikimi, o duomenys tinkami bičių elgsenos analizei. Taip pat nustatyta, kad sistemos generuojami įspėjimai padeda identifikuoti reikšmingus pokyčius avilyje.
7. Nustatyta, kad nuotolinė stebėjimo sistema sumažina fizinio lankymosi prie avilių poreikį, nes didžioji dalis informacijos apie avilio būklę gali būti gaunama nuotoliniu būdu.
8. Įvertinus sistemos pritaikomumą nustatyta, kad informacinėje sistemoje pateikiami duomenys, jų vizualizacijos ir įspėjimai sudaro galimybes pradedančiajam bitininkui suprasti bičių elgseną ir priimti sprendimus, todėl sistema gali būti naudojama kaip priemonė bitininkystės mokymuisi.

## Literatūros sąrašas

1. HYVÄRINEN, P. Beekeeping Expertise as Situated Knowing in Precarious Multispecies Livelihoods, 2019.
2. HAMEED, K. and SIRWAN, K. Effects of Training on Beekeepers Performance. *Journal of Agricultural Economics and Social Sciences*, 2019, vol. 10, no. 11. pp. 589–593.
3. MATSUZAWA, T. and KOHSAKA, R. Status and Trends of Urban Beekeeping Regulations: A Global Review. *Earth*, 2021, vol. 2, no. 4. pp. 933–942.
4. MIKOLAJUK, Z. A Computer-Based Knowledge Delivery System for Rural Communities—a Case Study using Beekeeping, 2006.
5. FERRER, J.C. and CORRES, J.C. Online Learning Attitudes and Basic Computer Literacy of Teacher Education Students. *Premiere Educandum: Jurnal Pendidikan Dasar Dan Pembelajaran*, 2022, vol. 12, no. 1. pp. 106–124.
6. LORENZ, S. The Endangerment of Bees and New Developments in Beekeeping: A Social Science Perspective using the Example of Germany. *International Journal of Environmental Studies*, 2016, vol. 73, no. 6. pp. 988–1005.
7. GUINÉ, R.P., et al. Professional Training in Beekeeping: A Cross-Country Survey to Identify Learning Opportunities. *Sustainability*, 2023, vol. 15, no. 11. pp. 8953.
8. SCHOUTEN, C.N. and CALDEIRA, J. Improving the Effectiveness of Beekeeping Training: A Case Study of Beekeeping Instructors in Fiji. *Bee World*, February 5, 2021, vol. 98, no. 2 [žiūrėta Oct 29, 2023]. pp. 57–62. Pasiukiama internete: <https://doi.org/10.1080/0005772X.2021.1885199> ISSN 0005-772X. DOI 10.1080/0005772X.2021.1885199.
9. TULU, D., et al. Improved Beekeeping Technology in Southwestern Ethiopia: Focus on Beekeepers' Perception, Adoption Rate, and Adoption Determinants. *Cogent Food & Agriculture*, 2020, vol. 6, no. 1. pp. 1814070.
10. STANHOPE, J., CARVER, S. and WEINSTEIN, P. Health Outcomes of Beekeeping: A Systematic Review. *Journal of Apicultural Research*, March 15, 2017, vol. 56, no. 2 [žiūrėta Oct 28, 2023]. pp. 100–111. Pasiukiama internete: <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1291208> ISSN 0021-8839. DOI 10.1080/00218839.2017.1291208.
11. ANTHONY JNR, B. and NOEL, S. Examining the Adoption of Emergency Remote Teaching and Virtual Learning during and After COVID-19 Pandemic. *International Journal of Educational Management*, 2021, vol. 35, no. 6. pp. 1136–1150.
12. LAU, P., et al. The Impact of COVID-19 on Beekeepers in Texas and Louisiana. *Journal of Apicultural Research*, 2022, vol. 61, no. 3. pp. 309–314.
13. DURANT, J.L. Where have all the Flowers Gone? Honey Bee Declines and Exclusions from Floral Resources. *Journal of Rural Studies*, 2019, vol. 65. pp. 161–171.
14. MUKHTAR, K., JAVED, K., AROOJ, M. and SETHI, A. Advantages, Limitations and Recommendations for Online Learning during COVID-19 Pandemic Era. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 2020, vol. 36, no. COVID19-S4. pp. S27.
15. BOUILHERES, F., et al. Defining Student Learning Experience through Blended Learning. *Education and Information Technologies*, 2020, vol. 25. pp. 3049–3069.
16. MACINTYRE, R. and MACDONALD, J. Remote from what? Perspectives of Distance Learning Students in Remote Rural Areas of Scotland. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 2011, vol. 12, no. 4. pp. 1–16.
17. HURT, J. The Advantages and Disadvantages of Teaching and Learning on-Line. *Delta Kappa Gamma Bulletin*, 2008, vol. 74, no. 4.

18. DUNG, D.T.H. The Advantages and Disadvantages of Virtual Learning. *IOSR Journal of Research & Method in Education*, 2020, vol. 10, no. 3. pp. 45–48.
19. NGO, T.N., WU, K., YANG, E. and LIN, T. A Real-Time Imaging System for Multiple Honey Bee Tracking and Activity Monitoring. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019, vol. 163. pp. 104841.
20. BOZEK, K., et al. Markerless Tracking of an Entire Honey Bee Colony. *Nature Communications*, 2021, vol. 12, no. 1. pp. 1733.
21. MARCHAL, P., et al. Automated Monitoring of Bee Behaviour using Connected Hives: Towards a Computational Apidology. *Apidologie*, 2020, vol. 51. pp. 356–368.
22. DEBERRY, S., CROWLEY, J. and ELLIS, J.D. Swarm Control for Managed Beehives, 2019.
23. ZACEPINS, A., KVIESIS, A., KOMASILOVS, V. and BRODSCHNEIDER, R. When it Pays to Catch a Swarm—Evaluation of the Economic Importance of Remote Honey Bee (*Apis Mellifera*) Colony Swarming Detection. *Agriculture*, 2021, vol. 11, no. 10. pp. 967.
24. FERRARI, S., SILVA, M., GUARINO, M. and BERCKMANS, D. Monitoring of Swarming Sounds in Bee Hives for Early Detection of the Swarming Period. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2008, vol. 64, no. 1. pp. 72–77.
25. HRISTOV, P., SHUMKOVA, R., PALOVA, N. and NEOV, B. Factors Associated with Honey Bee Colony Losses: A Mini-Review. *Veterinary Sciences*, 2020, vol. 7, no. 4. pp. 166.
26. ARKAN, F., GUSA, R.F., JUMNAHDI, M. and KURNIAWAN, R. *Design of System for Setting the Temperature and Monitoring Bees in and Out the Hive*. IOP Publishing, 2020.
27. TERENCE, A., CECCHI, S. and SPINSANTE, S. On the Importance of the Sound Emitted by Honey Bee Hives. *Veterinary Sciences*, 2020, vol. 7, no. 4. pp. 168.
28. FARRINGTON, W.E. No Title. *Means for Detecting and Indicating the Activities of Bees and Conditions in Beehives*, 1957.
29. TERENCE, A., CECCHI, S. and SPINSANTE, S. On the Importance of the Sound Emitted by Honey Bee Hives. *Veterinary Sciences*, 2020, vol. 7, no. 4. pp. 168.
30. ZACEPINS, A., et al. Solution for Automated Bee Colony Weight Monitoring. *Agronomy Research*, 2017, vol. 15, no. 2.
31. KVIESIS, A., et al. Automated System for Bee Colony Weight Monitoring. *Agrofor*, 2020, vol. 5, no. 2.
32. CECCHI, S., SPINSANTE, S., TERENCE, A. and ORCIONI, S. A Smart Sensor-Based Measurement System for Advanced Bee Hive Monitoring. *Sensors*, 2020, vol. 20, no. 9. pp. 2726.
33. NTAWUZUMUNSI, E., KUMARAN, S. and SIBOMANA, L. Self-Powered Smart Beehive Monitoring and Control System (Sbmacs). *Sensors*, 2021, vol. 21, no. 10. pp. 3522.
34. OCHOA, I.Z., GUTIERREZ, S. and RODRÍGUEZ, F. *Internet of Things: Low Cost Monitoring Beehive System using Wireless Sensor Network*. IEEE, 2019.
35. HAMZA, A.S., et al. BeeLive: The IoT Platform of Beemon Monitoring and Alerting System for Beehives. *Smart Agricultural Technology*, 2023. pp. 100331.
36. SANDARS, J., et al. Twelve Tips for Rapidly Migrating to Online Learning during the COVID-19 Pandemic, 2020.
37. MITCHELL, J.E. How do we Think about Labs and Practical Skills in an Online Context. *Emerging Stronger: Lasting Impact from Crisis Innovation*, 2020. pp. 35–50.
38. GROSS, B. Women in Beekeeping: Impacts of a Beekeeper Educational Program, 2020.
39. HONG, W., et al. Long-Term and Extensive Monitoring for Bee Colonies Based on Internet of Things. *IEEE Internet of Things Journal*, 2020, vol. 7, no. 8. pp. 7148–7155.

40. AWTRY, D. and SEMICONDUCTOR, D. The 1-Wire Weather Station. *Sens(Peterborough, Nh)*, 1998, vol. 15, no. 6. pp. 34.
41. MAMAT, N.H., SHAZALI, H.A. and OTHMAN, W.Z. *Development of a Weather Station with Water Level and Waterflow Detection using Arduino*. IOP Publishing, 2022.
42. PATEL, H.K., MODY, T. and GOYAL, A. *Arduino Based Smart Energy Meter using GSM*. IEEE, 2019.
43. AFIFIE, N.A., et al. Evaluation Method of Mesh Protocol Over ESP32 and ESP8266. *Baghdad Science Journal*, 2021, vol. 18, no. 4 (Suppl.). pp. 1397.
44. OSKIN, S.V., BOGATYREV, N.I. and KUDRYAVTSEVA, A.A. *Automatic Temperature Control System for a Bee Hive*. Springer, 2020.
45. JA'AFAR-FURO, M.R., SULAIMAN, A. and DANA'ILU, G. Field Trip as an Effective Method of Teaching Apiculture/Beekeeping among University Students. *International Journal of Social Sciences & Educational Studies*, 2017, vol. 3, no. 3. pp. 36.
46. GUINÉ, R.P., et al. Characterization of Beekeepers and their Activities in Seven European Countries. *Agronomy*, 2021, vol. 11, no. 12. pp. 2398.
47. *Arduino Nano*. [žiūrėta Jun 20, 2024].Pasiukiama internete: <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano>.
48. *Arduino® Nano ESP32*. [žiūrėta Jun 20, 2024].Pasiukiama internete: <https://store.arduino.cc/products/nano-esp32>.
49. R.P. LTD. *Raspberry Pi 5*. [žiūrėta Jun 20, 2024].Pasiukiama internete: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-5/>.
50. R.P. LTD. *Raspberry Pi Pico*. [žiūrėta Jun 20, 2024].Pasiukiama internete: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-pico/>.

## Priedai

### 1 Priedas. Dirbtinio intelekto (toliau – DI) įrankių naudojimas rengiant baigiamąjį darbą

Rengiant šį baigiamąjį darbą buvo naudojami dirbtinio intelekto įrankiai: Claude (gamintojas: Anthropic) ir Gemini (gamintojas: Google). Toliau pateikiama suvestinė, kaip šie įrankiai buvo taikyti darbo rengimo procese.

DI įrankis	Panaudojimo sritis	Aprašymas
Claude	Kalbos redagavimas	Teksto gramatinių klaidų, rašybos bei stiliaus tikrinimas lietuvių kalba
Claude	Santrumpų sąrašas	Santrumpų ir terminų sąrašo struktūrizavimas ir formatavimas
Claude	Techninė peržiūra	Darbo turinio tikrinimas dėl techninių netikslumų (pvz., programinės aplinkos reikalavimų išsamumas, aparatūros specifikacijos)
Claude	Programinė įranga	Pagalba kuriant sistemos programinę įrangą: kodo peržiūra, klaidų paieška ir pasiūlymai realizuojant serverio („NET 10“ API), kliento sąsajos ir mikrovaldiklių („ESP32“ aparatinės įrangos) komponentus
Gemini Pro	Vertimai	IS sąsajos eilučių vertimas į lietuvių kalbą

Visi DI įrankių sugeneruoti ar pasiūlyti teksto bei vertimų fragmentai buvo peržiūrėti, patikrinti ir prireikus pataisyti autoriaus. Esminės darbo idėjos, tyrimų išvados, sistemos projektavimo bei realizavimo sprendimai yra autoriaus savarankiško darbo rezultatas. DI įrankiai nebuvo naudojami literatūros šaltinių paieškai ar analizei.

## 2 Priedas. Tyrimo apklausos šablonas

### Nuotolinės bičių elgsenos mokymosi platformos poreikio tyrimas

Koks jūsų sąryšis su bitininkyste?

- Bitininkas kaip pagrindinė profesija
- Bitininkystė kaip hobis
- Bitininkystė tyrimų tikslams

Kiek laiko jau bitininkaujate?

- Nebitininkauju, tačiau domiuosi
- Mažiau nei metus
- 1-3 metus
- 3-5 metus
- 5-10 metų
- 10-20 metų
- 20 metų ir daugiau

Kiek avilių turite savo bityne?

[atsakymas įrašomas ranka]

Kaip toli laikomas jūsų tolimiausias bitynas nuo gyvenamosios vietos?

- 0-5 km
- 5-15 km
- 15-100 km
- 100-300 km

Kaip vertinate savo bitininkystės įgūdžius?

[atsakymas pasirenkamas nuo 1 iki 10]

Kokių įgūdžių labiausiai norėtumėte įgyti?

- Bičių šeimos veiksmų numatymas pagal jų elgseną
- Praktiniai įgūdžiai kontaktuojant su bitėmis
- Bičių spietimosi prevencija
- Bičių ligų gydymas
- Bičių šeimos prižiūrėjimas
- Gaunamos produkcijos padidinimas
- [vieta savo varianto įrašymui]

Kaip dažnai atliekate avilių apžiūrą?

- Kasdien
- Kartą į savaitę
- Kartą kas dvi savaites
- Kartą į mėnesį
- Kas 3 mėnesius
- Kas 6 mėnesius

Ar esate patyrę nuostolių, tokių kaip prastesnis derlius, ar bičių šeimos sumažėjimas?

- Taip

- Ne

Ar manote, kad jei artimiau stebėtumėte bites, bitininkystės rezultatai būtų geresni?

- Taip
- Ne

Kas lemia retesnę bičių stebėjimą?

- Laiko trūkumas
- Atstumas
- Pasisaugojimas dėl bičių įgėlimų
- Varginantis darbas
- Sunkiai prieinama vietovė
- Vengimas trukdyti bitėms, ypač jautriu sezono metu
- [vieta savo varianto įrašymui]

Ar jus domintų galimybė stebėti bičių šeimos statusą iš namų elektroninėje sistemoje?

- Taip
- Ne
- Taip, ir dabar naudoju panašią sistemą
- Ne, nors ir dabar naudoju panašią sistemą

Kokios sistemos savybės jums būtų patrauklios?

- Avilių palyginimas
- Galimybė matyti tiesioginius avilio duomenis
- Įspėjimai apie aptiktas anomalijas
- Duomenų istorijos matymas
- Pasiūlymai, kokia veikla gali būti atlikta, siekiant pagerinti statusą
- Tolimesnių rodiklių prognozė
- Galimybė filtruoti duomenis
- [vieta savo varianto įrašymui]

Kaip dažnai norėtumėte matyti šiuos duomenis?

- Kas valandą
- Kas 4 valandas
- Kas 8 valandas
- Kas 12 valandų
- Kartą į parą
- [vieta savo varianto įrašymui]

Kokiame prietaise jums būtų patogiu pasiekti šiuos duomenis?

- Išmanusis telefonas
- Planšetinis kompiuteris
- Kompiuteris

Kokį biudžetą galėtumėte skirti stebėjimo sistemai (kaina vienam aviliui)

- 0-25€
- 25-50€
- 50-100€

- 100-200€
- 200-300€
- 300-500€

Kokie rodikliai šioje sistemoje jus domintų?

- Garso lygis
- Garso dažnis
- Avilio vidaus temperatūra
- Lauko temperatūra
- Drėgmė
- Krituliai
- Svoris
- Bičių judesių stebėseną video formatu
- Oro kokybė
- Vėjuotumas
- Saulės spinduliuotės kiekis
- [vieta savo varianto įrašymui]

Ar jus domintų papildomas avilio valdymas?

- Kaitinimo elemento valdymas
- Lakos valdymas (uždarymas)
- [vieta savo varianto įrašymui]

Kokios papildomos sistemos funkcijos jums būtų pravarčios?

- Įspėjimai apie ligas ir jų sąrašas, kaip jas atpažinti
- Mokomoji medžiaga
- Derliaus numatymas
- [vieta savo varianto įrašymui]

Kaip naudinga ši sistema būtų jūsų bitininkystės įgūdžių lavinimui?  
[atsakymas pasirenkamas nuo 1 iki 10]