

03. jūlijs, 2020

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA

Eiropas Jūrlietu un
zivsaimniecības fonds



Elektronikas un
telekomunikāciju fakultāte

Rīgas Tehniskās universitātes
Elektronikas un telekomunikācijas fakultātes
Radioelektronikas institūta
projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un
dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes
kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde
akvakultūras objektu produktivitātes
paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003

Atskaite par projekta uzdevumiem 2.1. - 2.4.

2020

Satura radītājs

1. Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana.....	3
U2.1. Sistēmas aparatūras daļas prototipa izstrāde uz maketēšanas platēm)	3
2.1.1. Prototipa iespiedplate	3
2.1.2. Iegultās programmatūras izstrāde	9
U2.2. Sistēmas programmatūras daļas izstrāde, atbilstoši izvēlētai aparatūras realizācijai.....	16
Lietotāja saskarnes izveide.....	16
Programmatūras arhitektūra	16
Back-end programmatūra	17
Front-end programmatūra.....	18
Komponentu saraksts	19
Datu ievada dialogi.....	20
Providers	20
U2.2.1. Sistēmas realizētie mezgli, to programmatūra un interfeisi	21
U2.2.2. GUI struktūra	21
U2.2.3. Svarīgākās izmaiņas struktūrā un loģikā	31
U2.2.4. Svarīgākie paņēmieni darbam ar MySQL DB	38
U2.2.5. Python servisi.....	38
U2.3. Sistēmas aparatūras daļas testēšanas plāna izstrāde, testēšana	40
Prototipa sistēmas testi.....	40
Saules paneļa mērījumi	43
Prototipa ierīcē atklātās problēmas.....	44
U2.4. Sistēmas programmatūras daļas vienības testu izstrāde, testēšana.....	46

1. Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana

Dotās darba pakas ietvaros, balstoties uz DP1 izstrādātām principiālām shēmām un algoritmisku bāzi tiks izveidotas pirmā sistēmas laboratorijas prototipa aparatūras un programmatūras sastāvdaļas. Tiks veikta atsevišķo moduļu testēšana, salikšana vienotā sistēmā un kopējās kiberfizikālās sistēmas testēšanas slēgtās laboratorijas apstākļos.

U2.1. Sistēmas aparatūras daļas prototipa izstrāde uz maketēšanas platēm)

Darba uzdevuma ietvaros tiks izstrādāta sistēmas aparatūras daļa, kas nodrošinās sekojošu funkcionalitāti: datu nolasīšanu no devējiem, drošu datu pārraidī atbilstoši projekta specifikācijā definētiem parametriem (frekvenču diapazons, darbcikla koeficients utt.), autonomo barošanu no alternatīvās enerģijas avotiem, programmatūras attālināto atjaunošanu, brīdinājuma signālu izsūtīšanu, datu nogādāšanu pielietojuma serverī. Atsevišķi tiks izvērtētas iespējas realizēt arī automātiskās barotavas un aeratora attālinātās vadības moduli, kas kopumā balstīsies uz izstrādāta sensoru tīkla mezgla pamata arhitektūru.

2.1.1. Prototipa iespiedplate

Balstoties uz iepriekšējā darba pakā izstrādāto elektrisko shēmu, tika izveidota prototipa iespiedplate. Principiālā shēma un iespiedplate tika rasētas KiCAD programmā. Prototipa plate tika sagatavota 10x10cm izmērā, kas ir lielākais pieļaujamais lētam Ķīnas iespiedplašu prototipēšanas servisam, kā arī tā tika limitēta uz 2 slāņiem. Prototipa platē nav paredzēts integrēt visus sensorus, bet gan atstāt maksimāli daudz dažādu izvadus, lai tai varētu pieslēgt un testēt dažādus sensorus.

Tā kā uz plates paredzēts novietot GPS un LoRa radio moduļu antenas izvadus, celiņiem ir jābūt ar salāgotu impedanci (50 Omi) attiecībā pret antenas SMA ligzdu un moduļa izvadu. Lai aprēķinātu spiestās plates celiņa gabarītus, vajadzīgs zināt tekstoļīta relatīvo dielektrisko caurlaidību. To var noskaidrot no ražotāja, tika izvēlēts Elecrow serviss, kas pie vajadzīgajām frekvencēm (868 MHz un 1.57 GHz) uzrāda $\epsilon_r = 4$. [1, 2] Tālāk ar mikroslokšņu kalkulatoru var aprēķināt vajadzīgos celiņa gabarītus. [3] Tika iegūti sekojoši parametri:

Impedance, Z	50 Omi
Celiņa augstums, T	35 μ m (1 oz/ft ² vara biezums)
Tekstoļīta biezums, H	0.8 mm
Celiņa platums, W	1.6 mm
Tekstoļīta relatīvā dielektriskā caurlaidība, ϵ_r	4

Lai vēl vairāk mazinātu plates neidealitātes, tika izmantoti sānu montāžas SMA spraudņi (2.1.1. Att.).

03. jūlijs, 2020

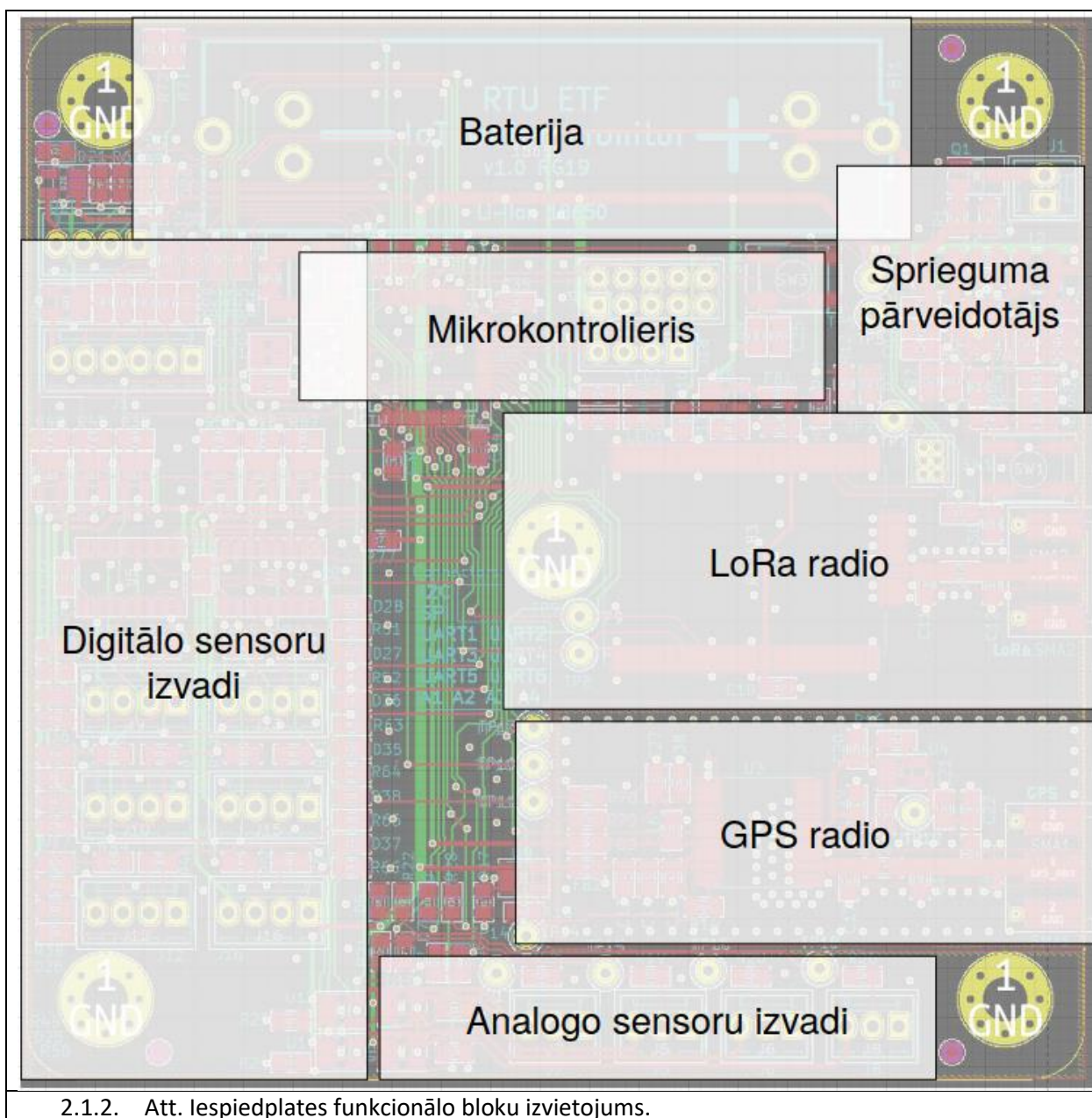
**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**



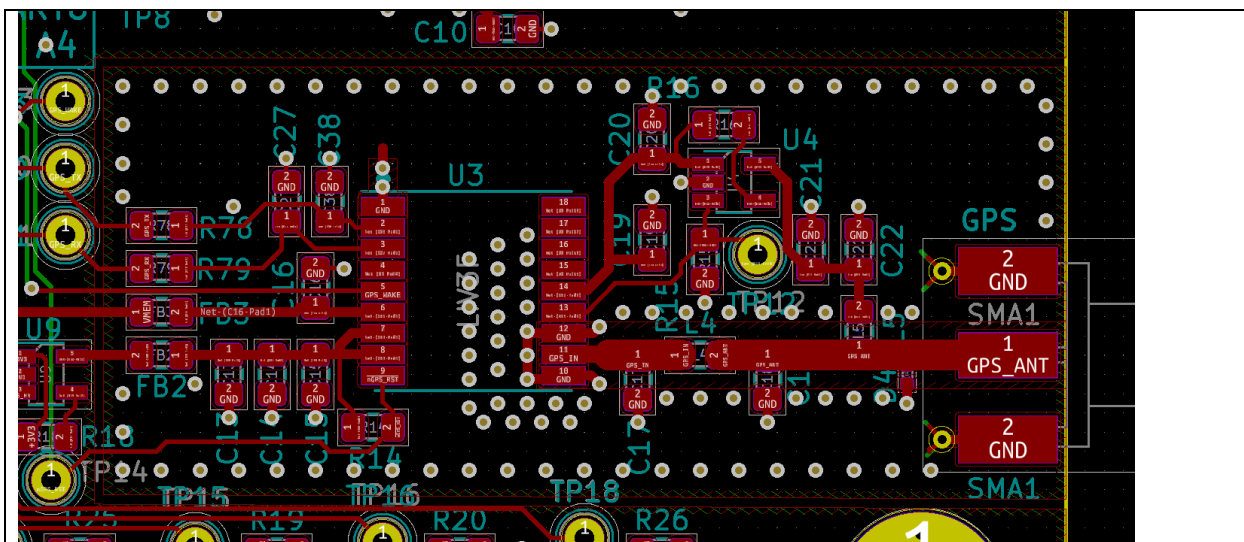
2.1.1. Att. SMA paltes sānu montāžas spraudnis.

03. jūlijs, 2020

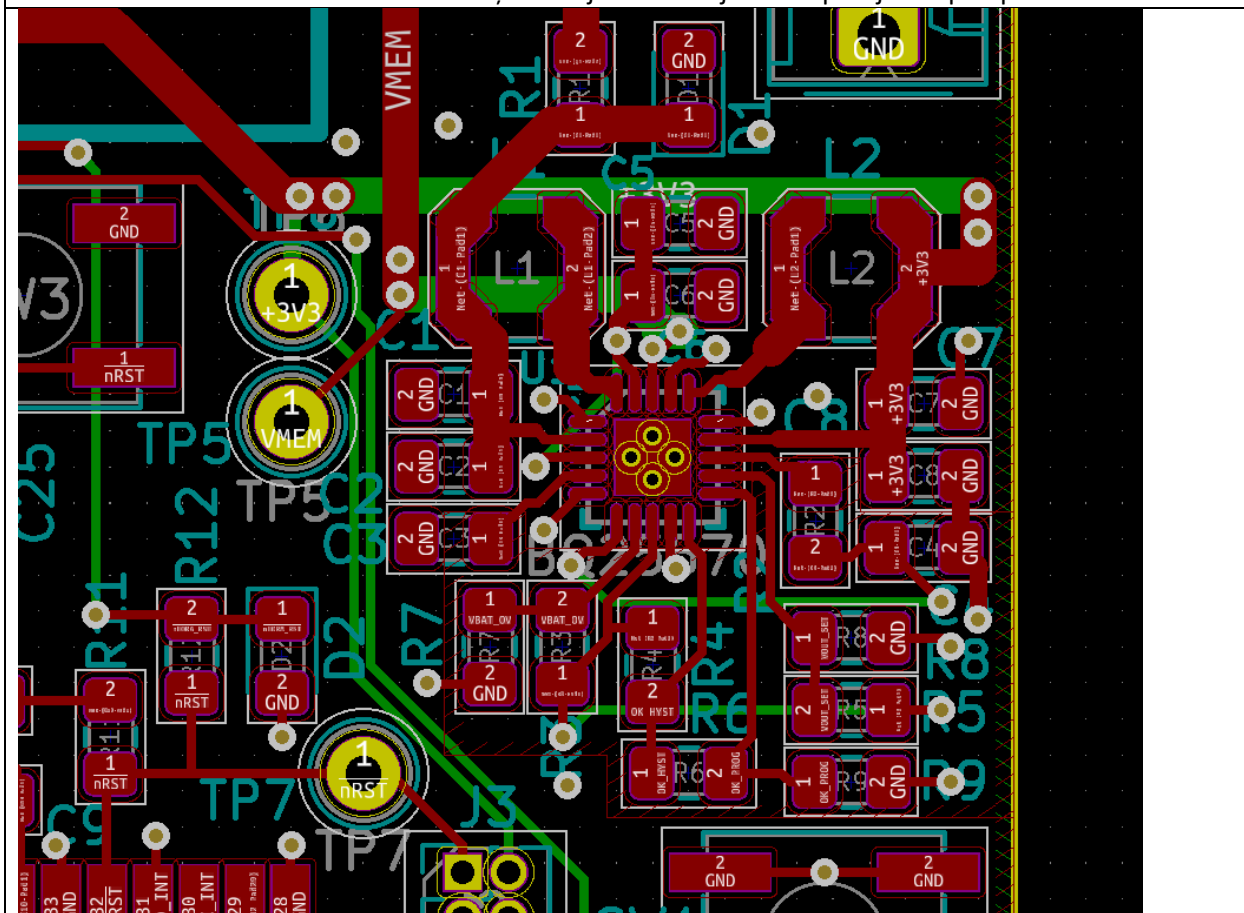
Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003



2.1.2. Att. Iespiedplates funkcionālo bloku izvietojums.



2.1.3. Att. GPS moduļa zemējuma atdalījums no pārējās iespiedplātes.

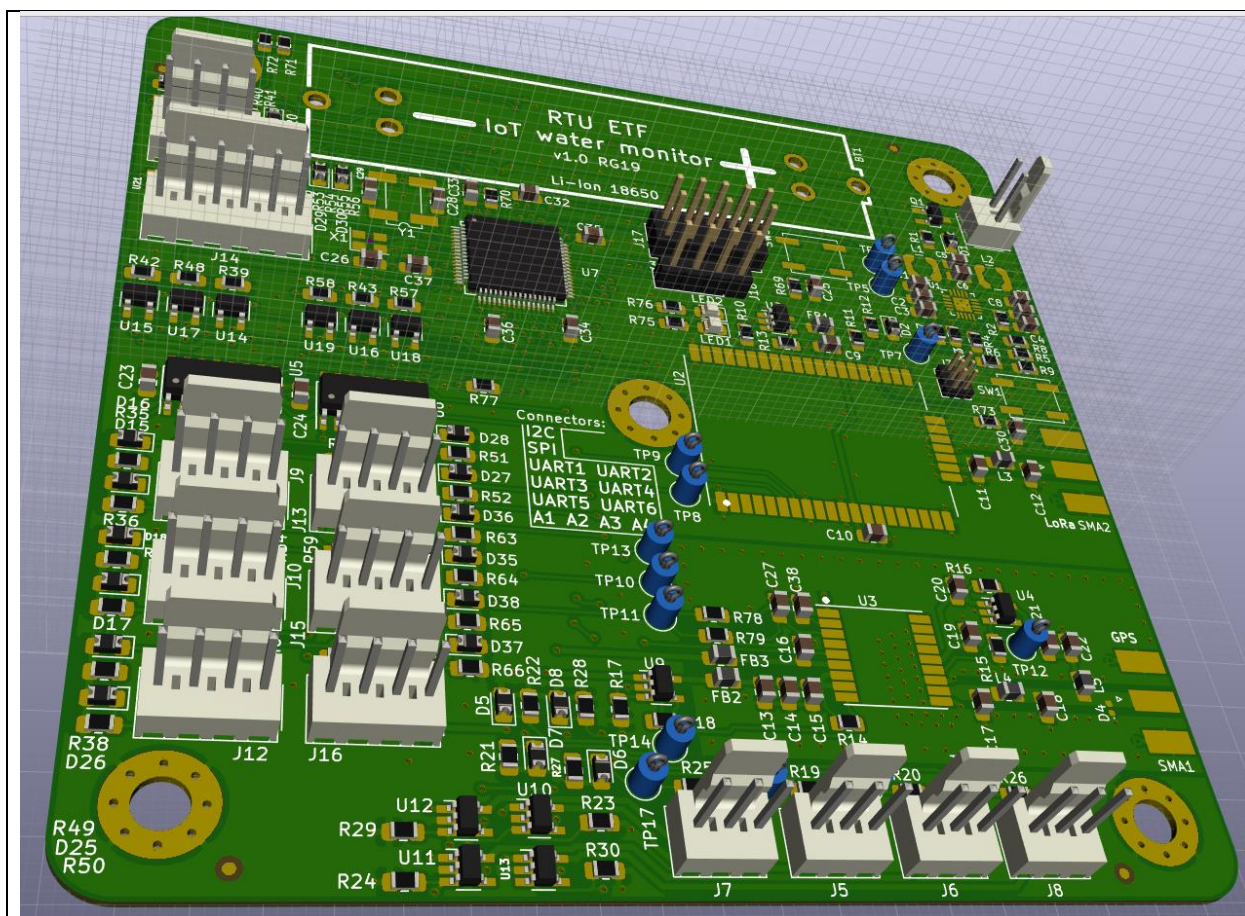


2.1.4.att. Maksimāli ciešs izvietojums ap impulsi spriegumu pārveidotāju, lai mazinātu tā radītos trokšņus.

03. jūlijs, 2020

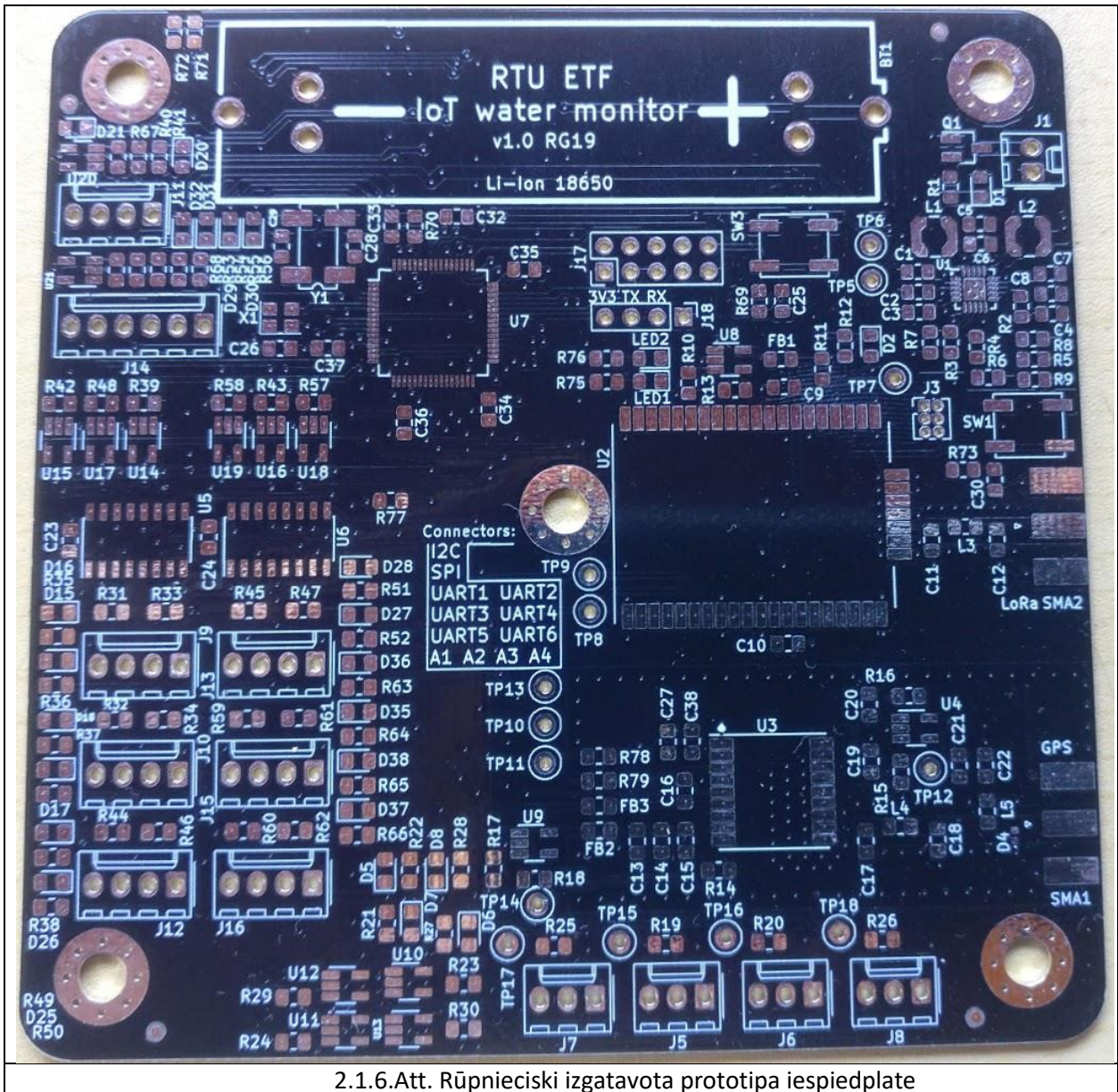
**Projekts „ Īdens kvalitātes monitoringa un dīksaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kibernetiskās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Kopumā uz plates funkcionālie bloki izvietoti, kā parādīts 2.1.4. Att. Plates augšpuse atvēlēta barošanai (baterija un impulsu sprieguma pārveidotājs). Vidusdaļā atrodas mikrokontrolieris, labajā pusē izvietoti izvadi uz ciparu sensoriem, savukārt iespiedplates labā puse atvēlēta radio moduļiem un analoģo signālu izvadiem. Tā kā uz plates ir impulsu sprieguma pārveidotājs, īpaša vērība jāpievērš tā izvietojumam (2.1.3. Att.), lai pēc iespējas samazinātu strāvas cilpu izmērus, jo tās var radīt elektriskus trokšņus visā pārējā platē. Papildus tam, GPS zemējums tika atdalīts no pārējās plates un savienots tikai vienā punktā, lai pēc iespējas mazinātu trokšņus, kas izplatās pa vienotu zemējuma laukumu (2.1.4 Att.).



2.1.5.Att. Prototipa iespiedplates 3D attēlojums

03. jūlijs, 2020



2.1.6.Att. Rūpnieciski izgatavota prototipa iespiedplate

Papildus prototipa iespiedplatei, ierīces funkcionalitātes izstrādei tika izmatots *STM32 Nucleo* izstrādes komplekts, kā arī *Atlas Scientific* ūdens kvalitātes devēju mērpārveidotāji.

[1] <https://www.elecrow.com/pcb-manufacturing.html>

[2] https://www.elecrow.com/download/quote/PCB_Specification_FAQ.pdf

[3] <https://www.eeweb.com/tools/microstrip-impedance>

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

2.1.2. Iegultās programmatūras izstrāde

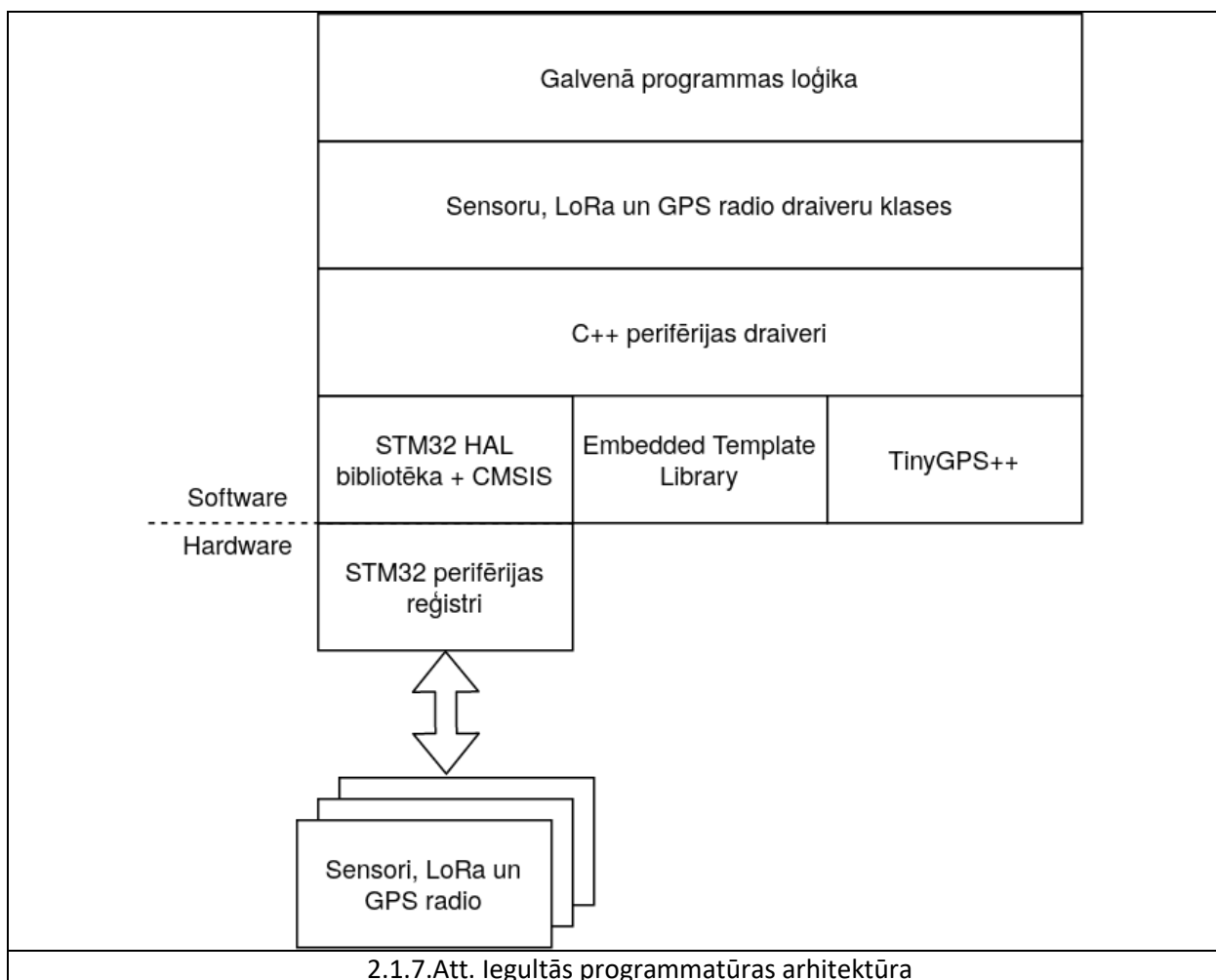
Uz izveidotā prototipa tālāk tika izstrādāta iegultā programmatūra priekš *STM32* mikrokontroliera, kas ir uz plātes. Ierīces galvenais uzdevums ir periodiski nolasīt sensorus un tālāk datus nosūtīt uz centrālu serveri. Visa iegultā programmatūra tiek glabāta uz centralizēta Git versiju kontroles sistēmas servera. Ir vairāki tipiski veidi, kā strukturēt iegulto programmatūru, piemēram, Super-Cilpa, reāllaika operētājsistēma (*RTOS*), notikumvirzīta sistēma (*EDA*) un citas. Tā kā ierīcei ir tikai viens konkrēts uzdevums bez sarežģītām asinhronām komunikācijas iespējām, tika izvēlēta Super-Cilpas arhitektūra. Tas nozīmē, ka visa programma atrodas lielā cilpā un secīgi izpilda visus uzdevumus neatkarīgi no to prioritātes. Cilpas beigās kontrolieris uz kādu laiku tiek nolikts zema enerģijas patēriņa režīmā, lai samazinātu ierīces enerģijas patēriņu. Programmatūras dalījums pa funkcionāliem slāņiem atainots 2.1.6. attēlā.

Programmēšanai tika izvēlēta C++ valodā. Visi programmas moduļi ir rakstīti kā atsevišķas C++ klases, lai pēc iespējas samazinātu koda atkātošanos. Tika izmantotas sekojošas bibliotēkas:

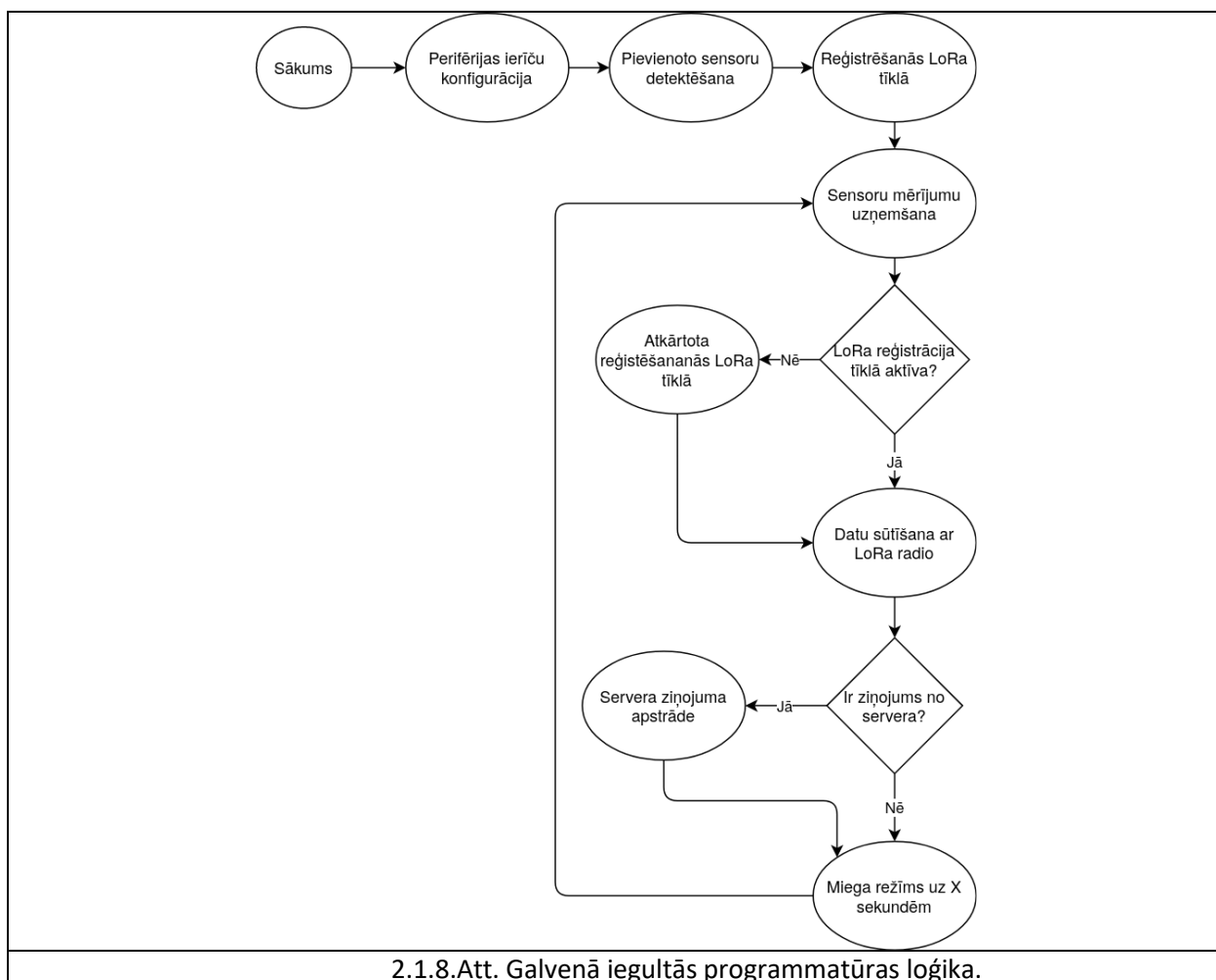
- *ARM CMSIS* – perifērijas ierīču kartējums atmiņā;
- *STM32 HAL* - perifērijas ierīču abstrakcija;
- *Embedded Template Library* – mikrokontrolieriem piemērotas datu struktūras un pārtraukumu organizēšanas iespējas;
- *TinyGPS++* - GPS NMEA ziņojumu interpretēšana.

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**



2.1.7. Att. Iegūtā programmatūras arhitektūra



Augsta līmeņa iegultās programmatūras loģika ir attēlota 2.1.8. attēlā. Ierīcei ieslēdzoties (parādoties pietiekamam darba spriegumam), tā vispirms konfigurē perifērijas ierīces - tiek uzstādīti vajadzīgie takts signāli, un perifērijas ierīces tiek sagatavotas darbam. Tālāk notiek pievienoto *Atlas Scientific* sensoru detektēšana. Tas nodrošina iespēju ierīcei pievienot sensorus brīvi izvēlēta secībā, kā arī var nepievienot visus sensorus, ja konkrētajā mērījumu stacijā kāds no parametriem nav aktuāls. Pēc sensoru detektēšanas notiek OTAA tipa reģistrācija LoRa tīklā. Kad reģistrācija ir veiksmīga, programmapāriet uz galveno Super-Cilpu.

Vispirms tiek veikti sensoru datu lasījumi. Tiek lasīti tikai tie sensori, kas tika detektēti sākumā. Pēc tam ierīce pārbauda, vai LoRa modulis nav pazaudējis savienojumu ar tīklu. Šis solis vajadzīgs, jo izvēlētais *Microchip RN2483* mēdz pārstāt korekti darboties pēc vairākām dienām. Prototipējot tika noskaidrots, ka šāda problēma piemīt visiem RN2483 moduļiem. Ja gadījumā LoRa modulis pārrāvis savienojumu ar LoRa tīklu, tas tiek pārstartēts un tiek veikta atkārtota reģistrācija LoRa tīklā. Pēc tam sensoru dati tiek sapakoti iespējami blīvā

datu struktūrā un nosūtīti uz centrālo serveri. Pēc ziņojuma nosūtīšanas, tiek gaidīta atbilde un, ja tā ir saņemta, tā tiek arī apstrādāta. Cilpas beigās ierīce tiek uz kādu laiku iestatīta miega režīmā.

LoRa datu pārraides kodējums

Tā kā caur LoRa tīklā pārraidāmais ziņojuma garums ir ierobežots un atkarīgs no izkliedes faktora (pie lielākā izkliedes faktora ziņojums var saturēt vien 51 baitu), tika izstrādāta īpaša datu kodēšanas shēma, kas būtiski samazina ziņojuma izmēru.

No ierīces uz serveri nepieciešams periodiski nosūtīt sekojošu informāciju:

- 6 sensoru nolasītās vērtības;
- GPS pozīcija;
- Ierīces statusa apraksts;
- Izejas slēdža stāvoklis.

Visvienkāršākā realizācija ir vienmēr sūtīt visus datus un tiem izmantot ērtākos datu tipus (*float* sensoru datiem un GPS pozīcijai, *bool* izejas slēdža stāvoklim un viens baits ierīces statusam). Tas kopā aizņem $6 * 4 + 2 * 4 + 1 + 1 = 34$ baiti. Tas iekļaujas LoRa ierobežojumos, tomēr ir vērts pārraidāmo datu apjomu pēc iespējas samazināt, jo pārraides laiks ir tieši proporcionāls pārraidāmā ziņojuma garumam un raidīšanas režīmā LoRa radio patērē visvairāk enerģijas.

Ja visa informācija nav vienmēr jānosūta uz serveri, piemēram, ja GPS atrašanās vieta ir jālasa retāk kā sensoru mērījumi, tad jau var ietaupīt vairākus baitus atkarībā no informācijas daudzuma, kas netiek nesūtīts. Tomēr tad ir nepieciešams zināt, kāds ir datu paketes sastāvs. Tā kā datu daudzums ir ierobežots, lauku aprakstus (JSON, MsgPack, YAML) sūtīt nevar. Tas nozīmē, ka nosūtīt var tikai tādus laukus, kuru pozīciju un izmēru datu paketē saņēmējs jau iepriekš zina. Tas tiek realizēts izmantojot viena baita preambuli, kur katrs bits atbilst vienam datu laukam:

- Bit 0: Ierīces statuss
- Bit 1: Sensoru mērījumi
- Bit 2: GPS pozīcija
- Bit 3: Baterijas spriegums
- Bit 4: Rezervēts (0)
- Bit 5: Rezervēts (0)
- Bit 6: Rezervēts (0)
- Bit 7: Rezervēts (0)

Ja konkrētais datu lauks ir pievienots paketei, tad tam atbilstošais bits preambulē ir '1', ja lauks netiek sūtīts, tad bits ir '0'. Tālāk paši dati paketē tiek kārtoti secīgi bez starpniekbaitiem (*padding bytes*). Šāda datu kodēšana ļauj viegli pievienot papildus laukus, ja tie būs vajadzīgi.

Ierīces statuss

Ierīces statuss ir 1 baitu garš, kur katrs bits atbilst kādam noteiktam ierīces parametram vai brīdinājumam.

- Bit 0: Izejas kanāla statuss (ieslēgts vai izslēgts)
- Bit 1: Lejupielādes apstiprinājums
- Bit 2: Lejupielādes ne-apstiprinājums
- Bit 3: Rezervēts (0)
- Bit 4: Rezervēts (0)
- Bit 5: Rezervēts (0)
- Bit 6: Rezervēts (0)
- Bit 7: Rezervēts (0)

Divi biti paredzēti lejupielādes savienojuma atpakaļsaitei. Ja ierīce caur LoRa saņēmusi datus un tie atbilst lejupielādes paketes formātam, tiek ierakstīts '1' nākamajā statusa ziņas laukā "Lejupielādes apstiprinājums". Ja dati saņemti, bet ierīce tos nespēj interpretēt kā datu paketi, tiek ierakstīts '1' laukā "Lejupielādes ne-apstiprinājums".

Sensoru mērījumi

Sensoru mērījumu lauks satur vairāku sensoru datus. Tā kā ne visām ierīcēm ir pievienoti visi sensori, arī šeit tiek izmantots līdzīgs lauku kodējums - ir preambule, kur katrs bits norāda, vai konkrētais sensora rādījums tiks nosūtīts.

- Bit 0: Temperatūras mērījums
- Bit 1: Vadītspējas mērījums
- Bit 2: Oksidēšanās-reducēšanās potenciāla mērījums
- Bit 3: PH mērījums
- Bit 4: Izšķīdušā skābekļa mērījums
- Bit 5: Reserved (0)
- Bit 6: Reserved (0)
- Bit 7: Reserved (0)

Katrs sensora mērījums tiek kodēts vienā baitā sekojoši:

Temperatūra:

Diapazons: -10 līdz +41 Celsija grādi

Izšķirtspēja: 0.2 Celsija grādi

- $0x00 = -10 + 0.2 * 0 = -10$ Celsija grādi
- $0xFF = -10 + 0.2 * 255 = 41$ Celsija grādi

Vadītspēja:

Diapazons: 0 līdz 2550 mikro-Sīmensi uz centimetru (uS/cm)

Izšķirtspēja: 10 uS/cm

- $0x00 = 0 * 10 = 0$ uS/cm
- $0xFF = 255 * 10 = 2550$ uS/cm

Oksidēšanās-reducēšanās potenciāls:

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Diapazons: -500 līdz 520 mV

Izšķirtspēja: 4 mV

- $0x00 = 0 * 4 - 500 = -500 \text{ mV}$
- $0xFF = 255 * 4 - 500 = 520 \text{ mV}$

PH mērījums:

Diapazons: 0 līdz 12.75

Izšķirtspēja: 0.05

- $0x00 = 0 \text{ pH}$
- $0xFF = 0.05 * 255 = 12.75 \text{ pH}$

Izšķīdušā skābekļa daudzums:

Diapazons: 0 līdz 25.5 miligrami litrā (mg/l)

Izšķirtspēja: 0.1 mg/l

- $0x00 = 0 \text{ mg/l}$
- $0xFF = 0.1 * 255 = 25.5 \text{ mg/l}$

GPS pozīcija

GPS pozīcija tiek kodēta kā divi 4-baitus gari skaitļi (platums un garums). Lai vienkāršotu datu atkodēšanu, šie skaitļi nav *float*, bet *int* datu tips. Lai saglabātu izšķirtspēju, gan platums, gan garums tiek reizināts ar 100000 un noapaļots pirms nosūtīšanas (55.1234567 -> 5512346). Tas ļauj saglabāt precizitāti līdz 1 metram.

Baterijas spriegums

Baterijas spriegums tiek kodēts vienā baitā ar diapazonu 2.5 līdz 5.05 voltiem un izšķirtspēju 10 mV.

- $0x00 = 2.5 + 0 * 0.01 = 2.5 \text{ V}$
- $0xFF = 2.5 + 255 * 0.01 = 5.05 \text{ V}$

Datu pārraide no *Network Server*

Lai atvieglotu programmatūras *backend* izstādi, LoRa datu pakete tiek atkodēta tīkla serverī (*Network Server*). Pagaidām par tīkla serveri kalpo *The Things Network*. Katrs saņemtais LoRa ziņojums tiek atkodēts, pārveidots JSON formātā un tad caur HTTP nosūtīts uz programmas *backend* serveri:

```
{
  "status":{
    "output_state":true,
    "downlink_ack":true,
    "downlink_nack":false
  },
  "location":{
    "latitude":50.3,
    "longitude":234.2
  },
  "temperature":30.2,
```

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

```
"conductivity":500.7,  
"dissolved_oxygen":14.2,  
"ph":7.3,  
"orp":19.9,  
"nitrogen":53.5,  
"battery_voltage":3.954  
}
```

Ja kāds no laukiem nav ticis nosūtīts, tas tiek aizstāts ar *null*:

```
{  
  "status":{},  
  "location":{},  
  "temperature":null,  
  "conductivity":null,  
  "dissolved_oxygen":null,  
  "ph":null,  
  "orp":null,  
  "nitrogen":null,  
  "battery_voltage":null  
}
```

[LoRa lejupielādes saite](#)

LoRaWAN standarts paredz datu lejupielādi uz ierīci tikai īsu brīdi pēc datu augšupielādes. Arī šeit kopējais datu pārraides apjoms ir limitēts, tāpēc tiek izmantots līdzīgs kodējums, kā augšupielādes paketei:

- Bit 0: Mērījumu intervāls
- Bit 1: Statusa karogi
- Bit 2: Rezervēts (0)
- Bit 3: Rezervēts (0)
- Bit 4: Rezervēts (0)
- Bit 5: Rezervēts (0)
- Bit 6: Rezervēts (0)
- Bit 7: Rezervēts (0)

Mērījumu intervāls ir 2 baitus garš pozitīvs skaitlis, kas norāda mērījumu biežumu sekundēs:

- 0x000F: Mērījums tiek veikts ik pēc 15 sekundēm
- 0xFFFF: Mērījums tiek veikts ik pēc ~18 stundām

Statusa karogi ir viens baits, kurā katrs bits atbilst noteiktai binārai komandai:

- Bit 0: Ja vienāds ar '1', ierīce uzreiz veiks atkārtotu mērījumu
- Bit 1: Izejas kanāla stāvoklis: '1' - izeja ieslēgta, '0' - izeja izslēgta.
- Bit 2: Rezervēts (0)
- Bit 3: Rezervēts (0)
- Bit 4: Rezervēts (0)
- Bit 5: Rezervēts (0)
- Bit 6: Rezervēts (0)
- Bit 7: Rezervēts (0)

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

U2.2. Sistēmas programmatūras daļas izstrāde, atbilstoši izvēlētai aparatūras realizācijai

Darba uzdevums ir veltīts programmatūras izstrādei, atbilstoši projektā definētai specifiskācijai, balstoties uz DP1 programmatūras arhitektūras izstrādes rezultātiem. Programmatūras beta versija nodrošinās nepieciešamo pamata funkcionalitāti: datu saņemšanu aplikāciju serverī, intelektuālu datu glabāšanu un apstrādi, datu attēlošanu lietotāja pieprasītā formātā, datu par akvakultūras objekta pārvaldību ievadišanas iespēja un sasaiste ar ūdens kvalitātes parametriem.

Lietotāja saskarnes izveide

Dažu IOT GUI Open Source Framework pārskats

Nosaukums	Programmēšanas valoda	Datu glabāšana	Piezīmes
thingsboard.io	Java	PostgreSQL	Komplektā ietilpst arī Gateway. Labi dokumentēts. Ļoti milzīgs projekts, neder adaptācijai var izmantot as-is.
Freeboard.io	Javascript	nav	Tikai JS Frontend bez backend
angular5-iot-dashboard	Javascript (Angular 5)	Mock (tikai imitācija)	Vāji dokumentēts. Var adaptēt un attīstīt. Vairāk kā gadu aizmirsts. Nav datubāzes.
Electric.io	Javascript	?	Cute. Nestrādās bez MS Azure

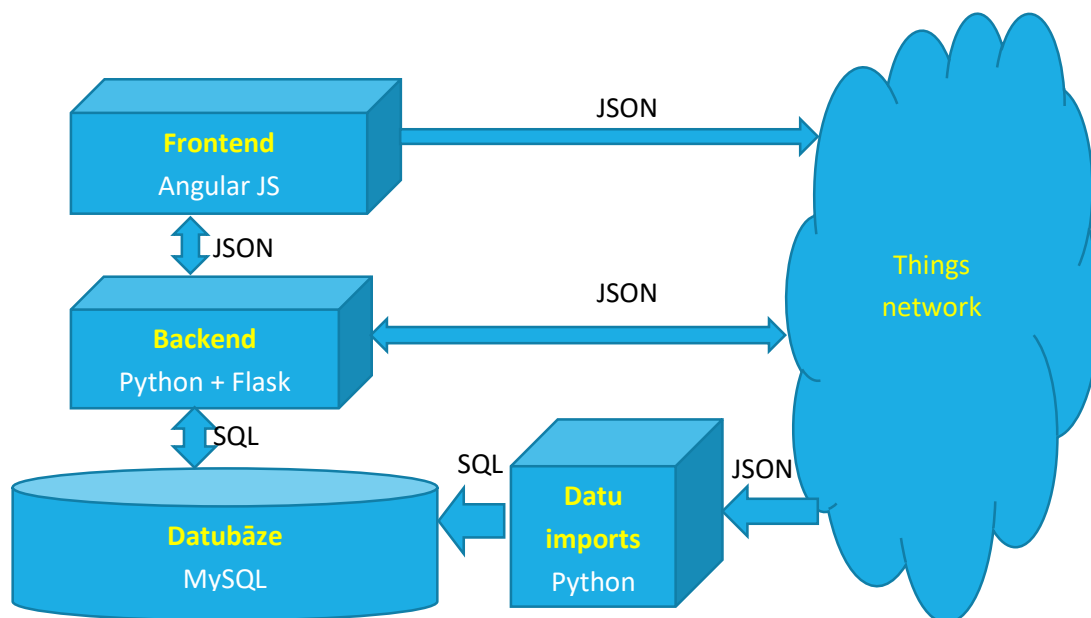
Apskatot visus augstākminētos risinājumus tika nonāks pie secinājuma ka vai nu tie ir slēgti produkti (thingsboard.io), nesatur vajadzīgo funkcionalitāti (freeboard.io), izmanto tehnoloģijas, darbā ar kurām nav pieredzes (angular5-iot-dashboard), izmantoto komerciālas komponentes, kas nav pieejamas (MS Azure). Izanalizējot situāciju, tika nonāks pie secinājuma, ka lietotāja saskarni ir jāveido no jauna.

Programmatūras arhitektūra

Sistēma sastāvēs no sekojošām komponentēm:

Komponente	Tehnoloģija	Saskarne
Datubāze	MySQL	SQL
Back-end	Python, Flask	SQL, JSON
Fron-End	Angular JS	JSON
Datu imports	Python	JSON

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.



Sistēmas arhitektūra ir parādīta attēlā

Back-end programmatūra

Python/flask Back-end

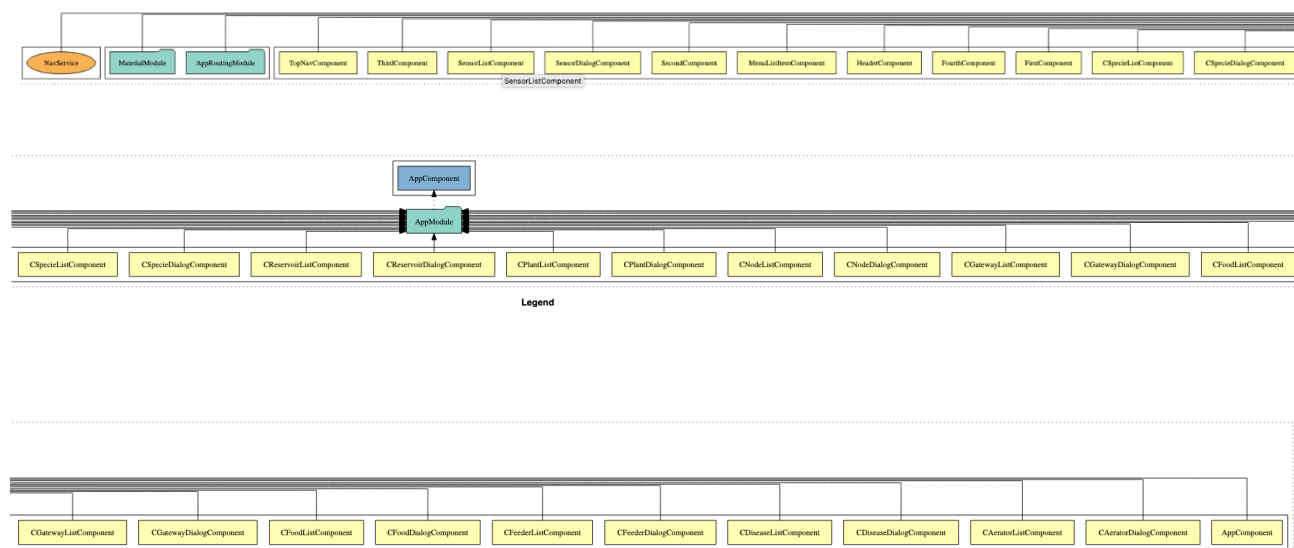
Šī aplikācijas daļa nodrošina pieprasījumu apstrādi no Front-end, kā arī var sūtīt pieprasījumus uz thethingsnetwork.org. Šīs sistēmas komponentes pamatā ir Flask rūteris, kas dinamiski pārveido HTTP JSON pieprasījumus uz SQL pieprasījumus un atgriež rezultātu JSON formātā.

03. jūlijs, 2020

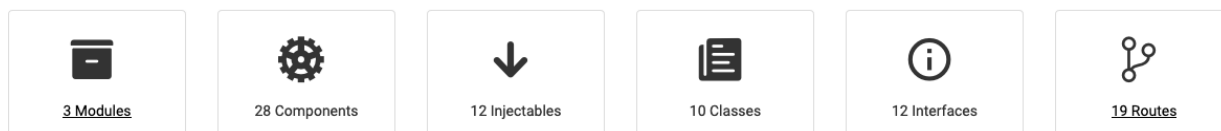
Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kibernetiskās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003

Front-end programmatūra

Front-end programmatūra tiek veidota Angular JS vidē. Šī vide nodrošina ļoti plašas iespējas dinamisku Web aplikāciju izstrādē.



Tekošajā izstrādes stadijā sistēma sastāv no:



1. Izmantotās programmatūras versijas

- @angular-devkit/build-angular : ^0.901.9
- @angular/animations : ~9.1.11
- @angular/cdk : ~9.2.4
- @angular/common : ~9.1.11
- @angular/compiler : ~9.1.11
- @angular/core : ~9.1.11
- @angular/flex-layout : ^9.0.0-beta.31
- @angular/forms : ~9.1.11
- @angular/material : ^9.2.4
- @angular/platform-browser : ~9.1.11

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

- @angular/platform-browser-dynamic : ~9.1.11
- @angular/router : ~9.1.11
- rxjs : ~6.5.5
- tslib : ^1.10.0
- zone.js : ~0.10.2

Komponenšu saraksts

- AppComponent
- CAeratorDialogComponent
- CAeratorListComponent
- CDiseaseDialogComponent
- CDiseaseListComponent
- CFeederDialogComponent
- CFeederListComponent
- CFoodDialogComponent
- CFoodListComponent
- CGatewayDialogComponent
- CGatewayListComponent
- CNodeDialogComponent
- CNodeListComponent
- CPlantDialogComponent
- CPlantListComponent
- CReservoirDialogComponent
- CReservoirListComponent
- CSpecieDialogComponent
- CSpecieListComponent
- HeaderComponent
- MenuItemComponent
- SecondComponent
- SensorDialogComponent
- SensorListComponent
- ThirdComponent
- TopNavComponent

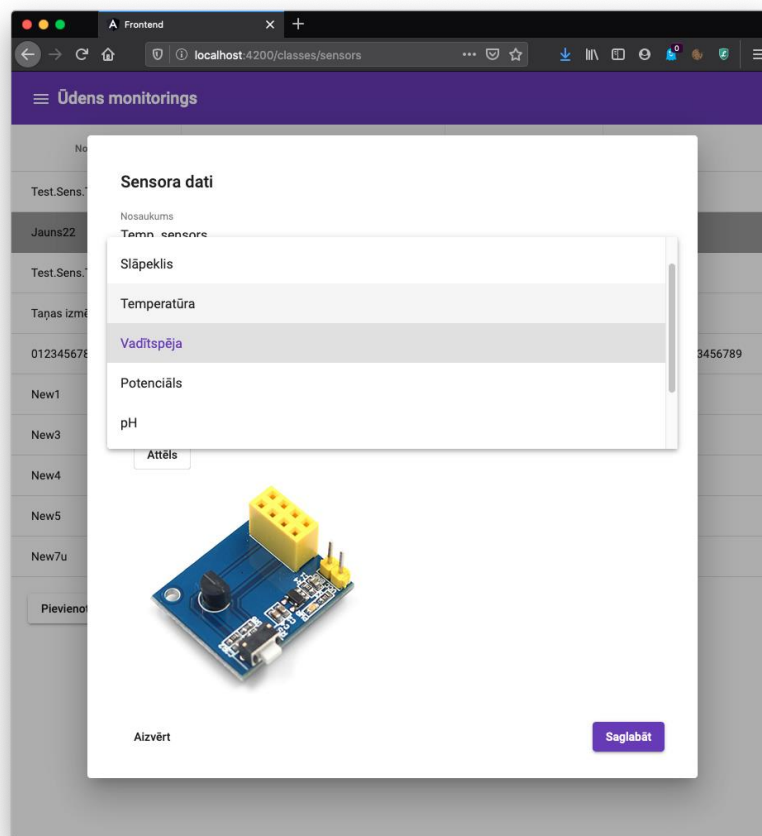
Datu ievada dialogi

- CAeratorDialogComponent
- CDiseaseDialogComponent
- CFeederDialogComponent
- CFoodDialogComponent
- CGatewayDialogComponent
- CNodeDialogComponent
- CPlantDialogComponent
- CReservoirDialogComponent
- CSpecieDialogComponent
- SensorDialogComponent

Providers

- NavService

Zemāk ir dots lietotāja interfeisa paraugs. Ir redzama sensora datu ievada forma

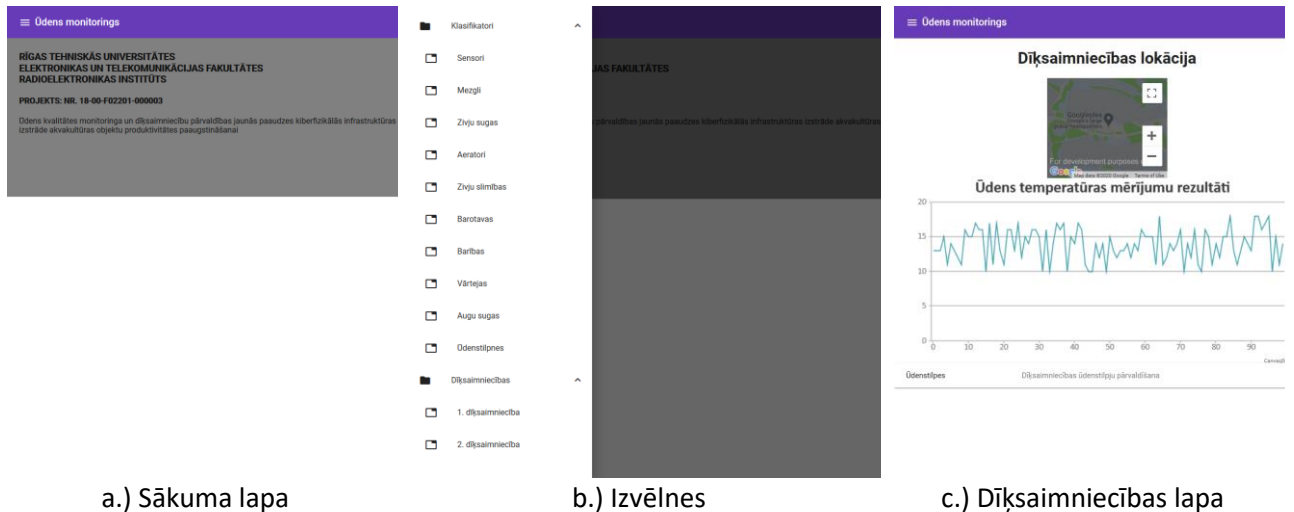


U2.2.1. Sistēmas realizētie mezgļi, to programmatūra un interfeisi

Sistēmas programmatūras galvenais mezgļs visas informācijas apkopošanai un uzglabāšanai ir strukturētas vaicājumuvalodas (SQL) tipa normalizētā datu bāze (DB) uz MySQL pārvaldības sistēmas bāzes. DB aizpildīšana ir realizēta divos veidos – caur lietotāja grafisko interfeisu (GUI), kas ir realizēta kā web-aplikācija uz Angular platformas un Python Flask kopnes bāzes, un ar LoRa vārteju ziņu (datu) apstrādes servisu, kas ir realizēts kā serviss ar Python valodas palīdzību. Serviss ziņojumu sūtīšanai no GUI uz LoRa vārtejām plānots DP3 ietvaros, realizējot devēju un RF daļas testēšanu dīkšsaimniecībās.

U2.2.2. GUI struktūra

Realizēta GUI satur sekojošās galvenās sastāvdaļas – klasifikatoru formas, akvakultūras objekta saimniecības pārvaldības formas, manipulāciju reģistrācijas formas, grafikus ar ūdens kvalitātes parametriem.



2.2.1. att. GUI galvenie skati

U2.2.2.1. Klasifikatoru tabulas

Šajā sadaļā tiks uzskaitīti izveidotas sistēmas stāvokļu klasifikatoru tabulu GUI elementi. Formu aizpildīšana notiek, izmantojot dialoga lodziņu. DB līmenī tabulu pārvaldīšanai tiek izmantotas izveidotas saglabātās procedūras.

U2.2.2.1.1. Sistēmas lietotāji

DB tabula izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.1. (ar modifikācijām).

GUI forma tiks realizēta tikai DP4 ietvaros drošības apsvērumu dēļ. Pašlaik lietotāju pārvaldība notiek pa tiešo DB līmenī.

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

U2.2.2.1.2. Piekļuves darba stacijas un iekārtas

DB tabula izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.2. (ar modifikācijām).

GUI forma tiks realizēta tikai DP4 ietvaros drošības apsvērumu dēļ. Pašlaik darba staciju pārvaldība notiek pa tiešo DB līmenī.

U2.2.2.1.3. LoRa mezglu tipi

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.3.

≡ Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Alien	Neregistrēts LoRa mezgls
Testa ND.Tips Nr.1.	Testa LoRa Node tips Nr.1.
Testa ND.Tips Nr.2.	Testa LoRa Node tips Nr.2.

Pievienot Rediģēt Dzēst

a.) Sākuma skats

≡ Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Alien	Neregistrēts LoRa mezgls
Testa ND.Tips Nr.1.	Testa LoRa Node tips Nr.1.
Testa ND.Tips Nr.2.	Testa LoRa Node tips Nr.2.

Pievienot Rediģēt Dzēst

b.) Izvēlēts ieraksts

2.2.2. att. GUI – LoRa mezglu tipi

Mezglā dati

Nosaukums

Testa ND.Tips Nr.1.

Apraksts

Testa LoRa Node tips Nr.1.

Attēls



Aizvērt

Saglabāt

2.2.3. att. GUI – LoRa mezglu tipa pievienošana / rediģēšana

Parējām klasifikatoru un datu tabulām bez relācijām tiks izmantots līdzīgs dialoga logs, tāpēc turpmāk tas vairs netiks uzrādīts. Dialoga logā ir vadlīnijas aizpildīšanai – nepieciešamais simbolu skaits, attēla faila atļautie tipi un atļautais izmērs.

U2.2.2.1.4. Devēju tipi

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.4. (ar modifikācijām).

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

03. jūlijs, 2020

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003

Ūdens monitorings			
Nosaukums	Apraksts	Tips	TTN id
Test.Sens.TipsNr.1	Testa Sensora Tips Nr.1. Izšķīdušā skābekļa mērīšanai	Izšķīd. skābeklis	dissolved_oxygen
Test.Sens.TipsNr.2	Testa Sensora Tips Nr.2. Slāpekļa mērīšanai	Slāpeklis	nitrogen

Pievienot Rediģēt Dzēst

a.) Sākuma skats

Ūdens monitorings			
Nosaukums	Apraksts	Tips	TTN id
Test.Sens.TipsNr.1	Testa Sensora Tips Nr.1. Izšķīdušā skābekļa mērīšanai	Izšķīd. skābeklis	dissolved_oxygen
Test.Sens.TipsNr.2	Testa Sensora Tips Nr.2. Slāpekļa mērīšanai	Slāpeklis	nitrogen

Pievienot Rediģēt Dzēst

b.) Izvēlēts ieraksts

2.2.4. att. GUI – devēju tipi

Sensora dati

Nosaukums
Test.Sens.TipsNr.1

Apraksts
Testa Sensora Tips Nr.1.Izšķīdušā skābekļa mērīšanai

Tips
Izšķīd. skābeklis

TTN identifikators
dissolved_oxygen

Attēls

Aizvērt

Saglabāt

a.) Sākuma skats

Sensora dati

Nosaukums
Test.Sens.TipsNr.1

Apraksts
Testa Sensora Tips Nr.1.Izšķīdušā skābekļa mērīšanai

Tips
Izšķīd. skābeklis

Slāpeklis

Temperatūra

Vadītspēja

Potenciāls

b.) Ar izvēlni

2.2.5. att. GUI – devēju tipa pievienošana / rediģēšana

Parējām klasifikatoru un datu tabulām ar relācijām tiks izmantots līdzīgs dialoga logs, tāpēc turpmāk tas vairs netiks uzrādīts. Dialoga logā ir vadlīnijas aizpildīšanai – nepieciešamais simbolu skaits, attēla faila atļautie tipi un atļautais izmērs, datuma izvēles rīks; sasaiste ar relācijas objektiem ir realizēta kā nolaižamais kombinētais lodziņš.

U2.2.2.1.5. Ūdenstilpju tipi

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.5. (ar modifikācijām).

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Ezers	Apraksts
Dīķis	Apraksts

Pievienot Rediģēt Dzēst

a.) Sākuma skats

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Ezers	Apraksts
Dīķis	Apraksts

Pievienot Rediģēt Dzēst

b.) Izvēlēts ieraksts

2.2.6. att. GUI – ūdenstilpju tipi

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

03. jūlijs, 2020

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003

U2.2.2.1.6. Augu sugas

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.6. (ar modifikācijām).

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Test.Aug.veids Nr.1.	Apraksts
Test.Aug.veids Nr.2.	Apraksts
Pievienot Rediģēt Dzēst	

a.) Sākuma skats

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Test.Aug.veids Nr.1.	Apraksts
Test.Aug.veids Nr.2.	Apraksts
Pievienot Rediģēt Dzēst	

b.) Izvēlēts ieraksts

2.2.7. att. GUI – augu sugas

U2.2.2.1.7. Zivju sugas

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.7. (ar modifikācijām).

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Testa Ziv.Suga Nr.1.	Apraksts
Testa Ziv.Suga Nr.2.	Apraksts
Pievienot Rediģēt Dzēst	

a.) Sākuma skats

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Testa Ziv.Suga Nr.1.	Apraksts
Testa Ziv.Suga Nr.2.	Apraksts
Pievienot Rediģēt Dzēst	

b.) Izvēlēts ieraksts

2.2.8. att. GUI – zivju sugas

U2.2.2.1.8. Zivju slimību un traumu veidi

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.8. (ar modifikācijām).

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Slimības veids Nr.1.	Apraksts
Slimības veids Nr.2.	Apraksts
Pievienot Rediģēt Dzēst	

a.) Sākuma skats

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Slimības veids Nr.1.	Apraksts
Slimības veids Nr.2.	Apraksts
Pievienot Rediģēt Dzēst	

b.) Izvēlēts ieraksts

2.2.9. att. GUI – zivju slimību un traumu veidi

U2.2.2.1.9. Barības veidi

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.9. (ar modifikācijām).

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Testa Ēd.veids Nr.1.	Apraksts
Testa Ēd.veids Nr.2.	Apraksts
Pievienot Rediģēt Dzēst	

a.) Sākuma skats

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Testa Ēd.veids Nr.1.	Apraksts
Testa Ēd.veids Nr.2.	Apraksts
Pievienot Rediģēt Dzēst	

b.) Izvēlēts ieraksts

2.2.10. att. GUI – barības veidi

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

U2.2.2.1.10. Barotavu tipi

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.10. (ar modifikācijām).

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Testa Bar.Tips Nr.1.	Apraksts
Testa Bar.Tips Nr.2.	Apraksts
Pievienot Rediģēt Dzēst	

a.) Sākuma skats

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Testa Bar.Tips Nr.1.	Apraksts
Testa Bar.Tips Nr.2.	Apraksts
Pievienot Rediģēt Dzēst	

b.) Izvēlēts ieraksts

2.2.11. att. GUI – barotavu tipi

U2.2.2.1.11. Aeratoru tipi

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.11. (ar modifikācijām).

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Testa Aer.Tips Nr.1.	Apraksts
Testa Aer.Tips Nr.2.	Apraksts
Pievienot Rediģēt Dzēst	

a.) Sākuma skats

Ūdens monitorings	
Nosaukums	Apraksts
Testa Aer.Tips Nr.1.	Apraksts
Testa Aer.Tips Nr.2.	Apraksts
Pievienot Rediģēt Dzēst	

b.) Izvēlēts ieraksts

2.2.12. att. GUI – aeratoru tipi

U2.2.2.1.12. Klasifikatoru ierakstu bildes un to apraksti

DB tabula izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.12. (ar modifikācijām).

GUI elements šai tehniskai klasifikatoru tabulai pašlaik nav paredzēts.

U2.2.2.1.13. Manipulāciju veidi

DB tabula izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.1.13.

GUI elements šai tehniskai klasifikatoru tabulai vairs nav paredzēts.

U2.2.2.2. Procedūras klasifikatoru tabulu satura modificēšanai

Tabulu pārvaldīšanai tiek izveidots sekojošo procedūru komplekts: `add_`, `delete_`, `get_`, `list_`, `modify_`

U2.2.2.3. Datu tabulas - akvakultūras objekta saimniecības pārvaldības tabulas

Šajā sadaļā tiks uzskaitīti izveidotas sistēmas stāvokļu datu tabulu GUI formas. Tabulu aizpildīšana notiek, izmantojot dialoga lodziņu. DB līmenī tabulu pārvaldīšanai tiek izmantotas izveidotas saglabātās procedūras.

Apraksts: UDENSTILPE A

Ūdenstilpes saimniecības objekti	Ūdenstilpe A - saimniecības objektu pārvaldīšana	☰ ▼
Manipulācijas ūdenstilpē	Ūdenstilpe A - manipulāciju uzskaite	⚙ ▼
Trauksmes ūdenstilpē	Ūdenstilpe A - trauksmju uzskaite	🔔 ▼

2.2.13. att. GUI – ūdenstilpes apraksta sastāvdaļas (kompakti)

Apraksts: UDENSTILPE A

Ūdenstilpes saimniecības objekti	Ūdenstilpe A - saimniecības objektu pārvaldīšana	☰ ^												
<table> <tr> <td>Ūdenstilpes iekārtas</td><td>Ūdenstilpe A - iekārtu pārvaldīšana</td><td>⚙</td></tr> <tr> <td>Ūdenstilpes aeratori</td><td>Ūdenstilpe A - aeratoru pārvaldīšana</td><td>🌀 ▼</td></tr> <tr> <td>Ūdenstilpes barotavas</td><td>Ūdenstilpe A - barotavu pārvaldīšana</td><td>🍴 ▼</td></tr> <tr> <td>Ūdenstilpes LoRa mezgli</td><td>Ūdenstilpe A - LoRa mezglu pārvaldīšana</td><td>📶 ▼</td></tr> </table>			Ūdenstilpes iekārtas	Ūdenstilpe A - iekārtu pārvaldīšana	⚙	Ūdenstilpes aeratori	Ūdenstilpe A - aeratoru pārvaldīšana	🌀 ▼	Ūdenstilpes barotavas	Ūdenstilpe A - barotavu pārvaldīšana	🍴 ▼	Ūdenstilpes LoRa mezgli	Ūdenstilpe A - LoRa mezglu pārvaldīšana	📶 ▼
Ūdenstilpes iekārtas	Ūdenstilpe A - iekārtu pārvaldīšana	⚙												
Ūdenstilpes aeratori	Ūdenstilpe A - aeratoru pārvaldīšana	🌀 ▼												
Ūdenstilpes barotavas	Ūdenstilpe A - barotavu pārvaldīšana	🍴 ▼												
Ūdenstilpes LoRa mezgli	Ūdenstilpe A - LoRa mezglu pārvaldīšana	📶 ▼												
Nākamā														
Ūdenstilpes zivis	Ūdenstilpe A - zivis uzskaite	🐟												
Ūdenstilpes augi	Ūdenstilpe A - augu uzskaite	🌱												
Barošana ūdenstilpē	Ūdenstilpe A - barošanas uzskaite	🍴												
Ūdenstilpes zivju slimības	Ūdenstilpe A - zivju slimību uzskaite	🦠												
Manipulācijas ūdenstilpē	Ūdenstilpe A - manipulāciju uzskaite	⚙ ▼												
Trauksmes ūdenstilpē	Ūdenstilpe A - trauksmju uzskaite	🔔 ▼												

2.2.14. att. GUI – ūdenstilpes apraksta sastāvdaļas (izvērsti)

U2.2.2.3.1. Ūdenstilpes

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.3.1. (ar modifikācijām).

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Ūdenstilpes

Dīkšaimniecības ūdenstilpju pārvaldīšana



- Ūdenstilpe A [Ezers - 10000m2 un 5m, (56.55,21.43), Jun 29, 2020, 2:32:04 AM]
- Ūdenstilpe B [Dīķis - 100m2 un 2m, (56.56,21.44), Jun 29, 2020, 2:32:04 AM]

Pievienot

Rediģēt

Dzēst

2.2.15. att. GUI – dīkšaimniecības ūdenstilpes

U2.2.2.3.2. LoRa mezgli

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.3.2. (ar modifikācijām).

Ūdenstilpes LoRa
mezgli

Ūdenstilpe A - LoRa mezglu
pārvaldīšana



Pievienot

Rediģēt

Dzēst

2.2.16. att. GUI – ūdenstilpes LoRa mezgli

U2.2.2.3.3. Devēji

Vairs nav paredzēta tāda tehniskā datu tabula DB līmenī un attiecīgi arī GUI forma.

U2.2.2.3.4. Augi

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.3.4. (ar modifikācijām).

03. jūlijs, 2020

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003

Ūdenstilpes augi

Ūdenstilpe A - augu uzskaite



• Augu 1. veids

Pievienot

Rediģēt

Dzēst

[Iepriekšējā](#)

[Nākamā](#)

2.2.17. att. GUI – ūdenstilpes augi

U2.2.2.3.5. Zivis

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.3.5. (ar modifikācijām).

Ūdenstilpes zivis

Ūdenstilpe A - zivis uzskaite



• Zivis 1. veids

Pievienot

Rediģēt

Dzēst

[Iepriekšējā](#)

[Nākamā](#)

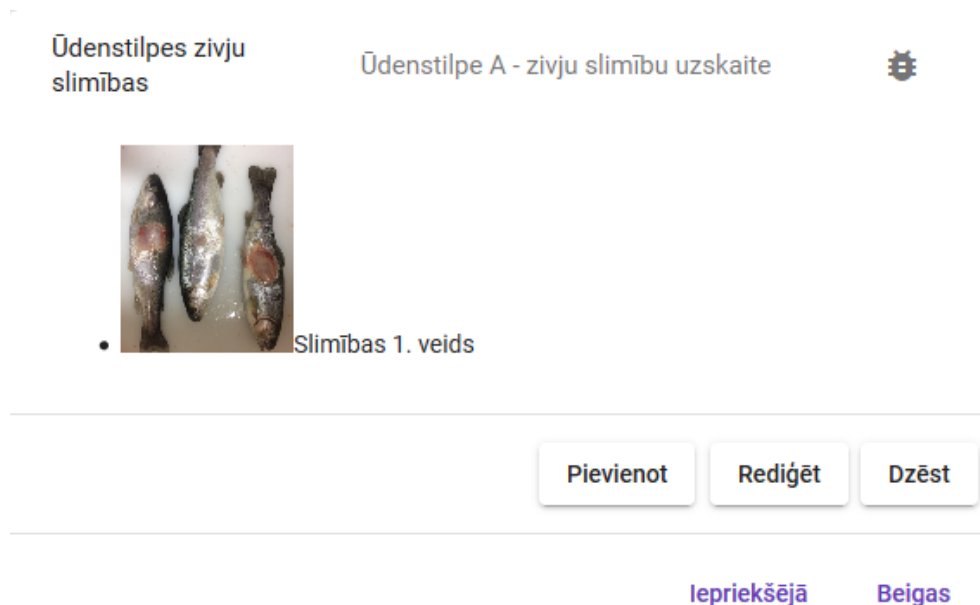
2.2.18. att. GUI – ūdenstilpes zivis

03. jūlijs, 2020

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003

U2.2.2.3.6. Zivju slimības un traumas

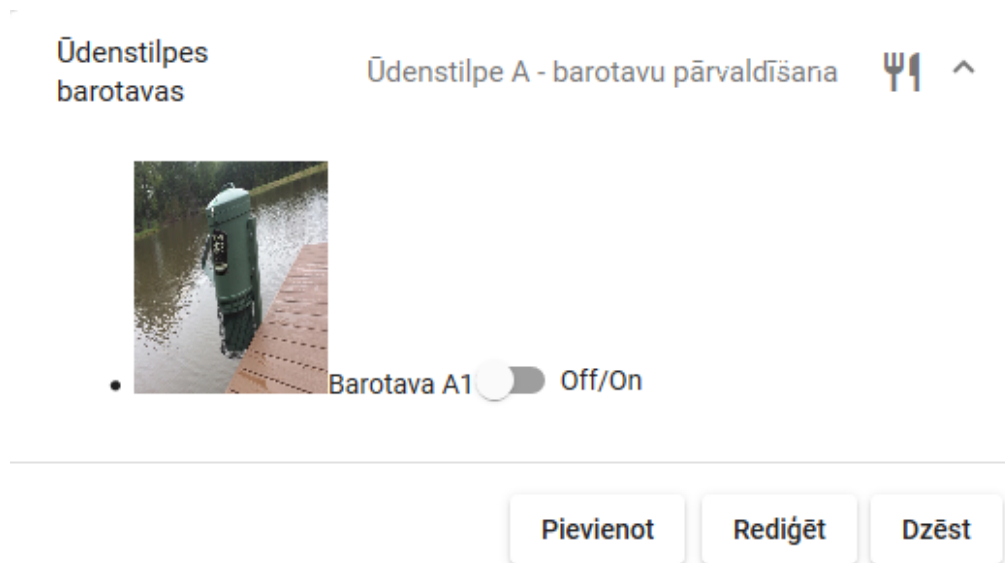
DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.3.6. (ar modifikācijām).



2.2.19. att. GUI – ūdenstilpes zivju slimības

U2.2.2.3.7. Barotavas

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.3.7. (ar modifikācijām).



2.2.20. att. GUI – ūdenstilpes barotavas

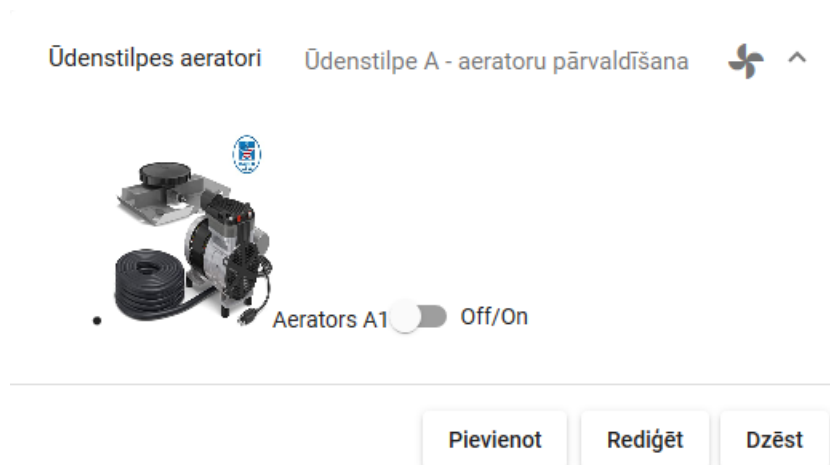
DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kibernetiskās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

U2.2.2.3.8. Aeratori

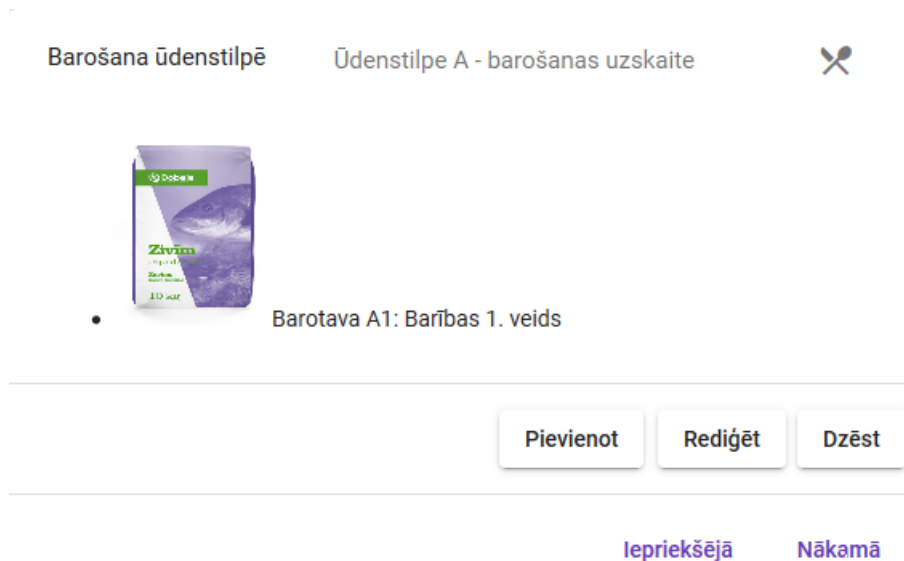
DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.3.8. (ar modifikācijām).



2.2.21. att. GUI – ūdenstilpes aeratori

U2.2.2.3.9. Barošana

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.3.9. (ar modifikācijām).



2.2.22. att. GUI – ūdenstilpes barība

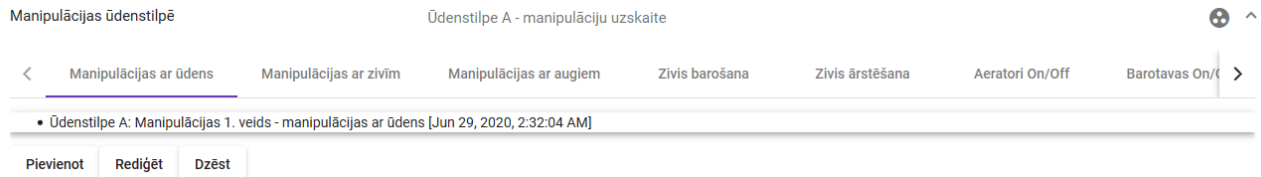
U2.2.2.3.10. Datu ierakstu bildes un to apraksti

GUI elements šai tehniskai datu tabulai pašlaik nav paredzēts.

U2.2.2.3.11. Manipulācijas

GUI elements šai datu tabulai uzreiz tiek sadalīts pēc manipulācijas objekta tipa.

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.3.11. (ar modifikācijām).



2.2.23. att. GUI – manipulācijas ūdenstilpē

U2.2.2.3.12. Mērījumi

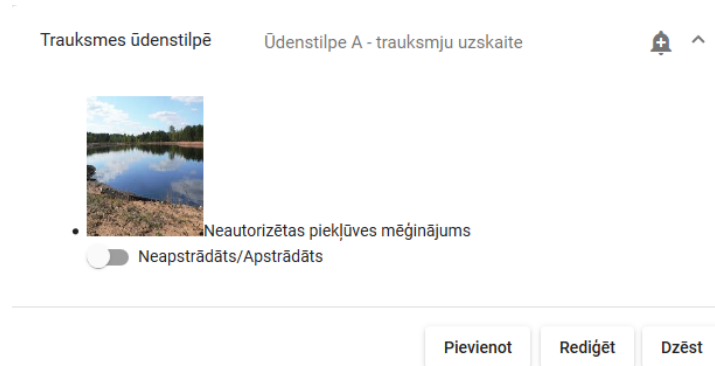
Mērījumu rezultāti tiek atspoguļoti grafiku formā dīkšsaimniecības sākuma logā.

GUI elements šai datu tabulai uzreiz tiek sadalīts pēc sensora tipa. Šis datu tabulas papildināšanas caur GUI nav paredzēta.

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.3.12. (ar modifikācijām).

U2.2.2.3.13. Trauksmes

DB tabula un GUI forma izveidota atbilstoši DP1 U1.4.2.3.3. (ar modifikācijām).



2.2.24. att. GUI – trauksmes ūdenstilpē

U2.2.3. Svarīgākās izmaiņas struktūrā un loģikā

1. Tā kā sensoru tipi atkārtosies daudziem LoRa mezgliem (jau pašā sākumā ir nevis viens sensors, bet sensoru komplekts) un ar laiku sensoru tipi pieejami jaunajos LoRa mezglos mainīsies, tāpēc tiek atcelta sensoru instanču tabulas d_Sensors izmantošana. Turpmāk tiek uzskatīts, ka LoRa mezgla instancē var būt pieejams pilns sensoru komplekts, kas ir aprakstīts sensoru tipu tabulā c_Sensors.
2. LoRa mezgli tiek uzstādīti konkrētās ūdenstilpēs. TTN serveris izplata katra LoRa mezgla ziņojumus atsevišķi. Līdz TTN serverim ziņojuma pārraidīšanā piedalās LoRa vārtejas. LoRa vārtejas DB līmenī netiek savienotas ar konkrētu ūdenstilpni, jo datus no vairākām ūdenstilpēm var pārsūtīt viena un tā

pati LoRa vārteja. Kā arī, no projekta LoRa mezgļiem ziņas saņemt un sūtīt tālāk var arī svešas blakus esošas LoRa vārtejas.

Ziņa satur tikai pašus sensoru mērījumu datus (skaitļus). Atšifrējums, kas tie par datiem, ir aprakstīts TTN serverī. Ziņas saturs ir kodēts. Saskaņā ar LoRa tehnoloģiju, svešas LoRa vārteja īpašnieks nevar atkodēt ziņu adekvātā laikā.

3. Mērījumu tabulu aizpildīšanas princips.

Ar Python servisu tiek saņemts caur TTN API pieteiktais TTN apraides ziņojums. Pirmajā solī no iegūta ziņojuma datu bāzē d_Measurements tabulā tiek piefiksēts iekārtas identifikators no d_Nodes tabulas atbilstoši ziņojuma hardware_serial vērtībai (ja vērtība netiek atrasta d_Nodes tabulā, tabula tiek papildināta ar jaunu iekārtas instanci ar iekārtas tipu no c_Nodes, kuras nosaukums ir Alien, arī d_Nodes lauka Alien vērtība tiek iestatīta – TRUE), porta numurs, TTN skaitītāja vērtība, ziņojuma saturs pirms apstrādes, ziņojuma saņemšanas laiks (tiek uzskatīts par mērījuma veikšanas laiku), iekārtas atrašanas koordināte – ģeogrāfiskais platums, iekārtas atrašanas koordināte – ģeogrāfiskais garums, pārraides darba frekvence, pārraides modulācija, pārraides ātrums, pārraides laiks, papildu pārraides ātrums, tabulas ieraksta izveidošanas datums, lietotājs atbilstoši aplikācijas identifikatoram – app_id – TTN ziņojumā. Atpakaļ servisam tiek atgriezts d_Measurements jaunā ieraksta identifikators. Otrajā solī datu bāzē d_MeasurementsData tabulā tiek ierakstīti paši mērījuma dati, norādot mērījumu ziņojuma identifikatoru no d_Measurements, tad sensora tipa identifikators atbilstoši TTN ziņojuma atslēgas vārdam no c_Sensors tabulas, mērījuma skaitliskā vērtība un/vai mērījuma teksta vērtība.

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

U2.2.3.1. Svarīgāko izmaiņu kopsavilkuma tabula

Ierakstu atšifrējumi – skat. U2.2.3.2. punktu.

Nr.	Izmaiņu apraksta indekss	Klasifikatoru tabulas (kopā 13+3)													Datu tabulas (kopā 13-1+4)																			
		c_PhysicalQuantities (Fizikālie lielumi)	c_Photos (Klasifikatoru ierakstu bildes un to apraksti)	c_Manipulations (Manipulāciju veidi)	c_Aerators (Aeratoru tipi)	c_Feeders (Barotavu tipi)	c_Foods (Barības veidi)	c_Diseases (Zivju slimību un traumu veidi)	c_Species (Zivju sugas)	c_Plants (Augu sugas)	c_Reservoirs (Ūdenstilpju tipi)	c_Sensors (Devēju tipi)	c_Nodes (LoRa mezglu tipi)	c_Gateways (LoRa vārtēju tipi)	c_Workstations (Piekļuves darba stacijas un iekārtas)	c_Users (Sistēmas lietotāji)	d_Reservoirs (Ūdenstilpes)	d_Gateways (LoRa vārtējas)	d_Nodes (LoRa mezgli)	d_Sensors (Devēji)	d_Plants (Augi)	d_Species (Zivis)	d_Diseases (Zivju slimības un traumas)	d_Feeders (Barotavas)	d_Feedings (Barošana)	d_Aerators (Aeratori)	d_Manipulations (Manipulācijas)	d_Measurements (Mērījumu ziņojumi)	d_MeasurementsData (Mērījumu dati)	d_MeasurementsRadio (Mērījumu radio kanāls)	d_Alarms (Trauksmes)	d_Photos (Datu ierakstu bildes un to apraksti)	d_Tables (Datu tabulas)	
01.	4.1.(fkFood -> fkFoodType)																																	
02.	5.1.(Admin, Guard, User, Gate...false)														X																			
03.	5.2.(Created...CURRENT_TIMESTAMP)														X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X		
04.	3.1.(Installed)																X	X																
05.	3.2.(Fixed)																				X	X	X		X		X							
06.	3.3.(State)																X	X					X		X									
07.	1.1.1.(c_PhysicalQuantities)														X																			
08.	2.1.(c_Sensors(fkPhysicalQuantity))											X																						
09.	1.2.1.(add, list, get, modify, delete)										X																							
10.	7.1.(d_Sensors)											X							X															
11.	3.4.(TTNkeyword)										X																							
12.	6.1.(add, list, get, modify)										X																							
13.	1.1.2.(c_Gateways)												X																					
14.	1.1.3.(d_Gateways)																X																	

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Nr.	Izmaiņu apraksta indekss	Klasifikatoru tabulas (kopā 13+3)													Datu tabulas (kopā 13-1+4)																			
		c_Users (Sistēmas lietotāji)	c_Workstations (Pielikmes darba stacijas un iekārtas)	c_Gateways (LoRa vārtēju tipi)	c_Nodes (LoRa mezglu tipi)	c_Sensors (Devēju tipi)	c_Reservoirs (Ūdenstilpiņu tipi)	c_Plants (Augu sugas)	c_Species (Zivju sugas)	c_Diseases (Zivju slimību un traumu veidi)	c_Foods (Barības veidi)	c_Feeders (Barotavu tipi)	c_Aerators (Aeratoru tipi)	c_Manipulations (Manipulāciju veidi)	c_Photos (Klasifikatoru ierakstu bildes un to apraksti)	c_PhysicalQuantities (Fizikālie lielumi)	c_Tables (Klasifikatoru tabulas)	d_Reservoirs (Ūdenstilpes)	d_Gateways (LoRa vārtējas)	d_Nodes (LoRa mezgli)	d_Sensors (Devēji)	d_Plants (Augi)	d_Species (Zivis)	d_Diseases (Zivju slimības un traumas)	d_Feeders (Barotavas)	d_Feedings (Barošana)	d_Aerators (Aeratori)	d_Manipulations (Manipulācijas)	d_Measurements (Mērījumu ziņojumi)	d_MeasurementsData (Mērījumu dati)	d_MeasurementsRadio (Mērījumu radio kanāls)	d_Alarms (Trauksmes)	d_Photos (Datu ierakstu bildes un to apraksti)	d_Tables (Datu tabulas)
15.	4.2.(c_Devices -> c_Workstations)	X																																
16.	4.3.(fkSensor -> fkSensorType)																												X					
17.	8.1.(ValueI)																												X					
18.	3.5.(fkNode)																												X					
19.	3.6.(ValueSs)																												X					
20.	3.7.(Latitude)																												X					
21.	3.8.(Longitude)																												X					
22.	4.4.(visi mērījumu datu lauki)																												X					
23.	3.9.(Alien)																	X																
24.	1.1.4.(c_Tables)															X																		
25.	2.2.(c_Photos(fkType))														X																			
26.	1.1.5.(d_Tables)																																	X
27.	2.3.(d_Photos(fkType))																															X		
28.	8.2.(fkSensorType)																												X					
29.	8.3.(ValueF)																												X					
30.	8.4.(ValueSs)																												X					
31.	1.1.6.(d_MeasurementsData)																													X				
32.	1.1.7.(d_MeasurementsRadio)																													X				

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Nr.	Izmaiņu apraksta indekss	Klasifikatoru tabulas (kopā 13+3)													Datu tabulas (kopā 13-1+4)																			
		c_Users (Sistēmas lietotāji)	c_Workstations (Piekļuves darba stacijas un iekārtas)	c_Gateways (LoRa vārtēju tipi)	c_Nodes (LoRa mezglu tipi)	c_Sensors (Devēju tipi)	c_Reservoirs (Ūdenstilpu tipi)	c_Plants (Augu sugas)	c_Species (Zivju sugas)	c_Diseases (Zivju slimību un traumu veidi)	c_Foods (Barības veidi)	c_Feeders (Barotavu tipi)	c_Aerators (Aeratoru tipi)	c_Manipulations (Manipulāciju veidi)	c_Photos (Klasifikatoru ierakstu bildes un to apraksti)	c_PhysicalQuantities (Fizikālie lielumi)	c_Tables (Klasifikatoru tabulas)	d_Reservoirs (Ūdenstilpes)	d_Gateways (LoRa vārtējas)	d_Nodes (LoRa mezgli)	d_Sensors (Devēji)	d_Plants (Augi)	d_Species (Zivis)	d_Diseases (Zivju slimības un traumas)	d_Feeders (Barotavas)	d_Feedings (Barošana)	d_Aerators (Aeratori)	d_Manipulations (Manipulācijas)	d_Measurements (Mērījumu ziņojumi)	d_MeasurementsData (Mērījumu dati)	d_MeasurementsRadio (Mērījumu radio kanāls)	d_Alarms (Trauksmes)	d_Photos (Datu ierakstu bildes un to apraksti)	d_Tables (Datu tabulas)
33.	6.2.(delete)																																	
34.	3.10.(Alien)																		X															
35.	4.5.(Gate -> TTNapp)	X																																
36.	9.1.(autoTTNapp1)	X																																
37.	9.2.(Alien)																	X																
38.	9.3.(Alien)																	X																
39.	4.6.(c_Food -> c_Foods)									X																								
40.	4.7.(d_Feeding -> d_Feedings)																									X								
41.	3.11.(Description)					X	X	X	X	X	X	X					X	X	X		X	X	X	X	X							X		
42.	1.2.2.(add, list, get, modify, delete)			X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X		X	X	X	X	X						X			
43.	4.8.(TTNdev_id -> TTNgtw_id)																	X																
44.	4.9.(TTNhardware_serial -> TTNdev_id)																		X															

U2.2.3.1. Svarīgāko izmaiņu apraksts

1. DB jaunie objekti

1.1. Jaunās tabulas

- 1.1.1. c_PhysicalQuantities tabulas izveidošana.
- 1.1.2. c_Gateways tabulas izveidošana.
- 1.1.3. d_Gateways tabulas izveidošana.
- 1.1.4. c_Tables tabulas izveidošana.
- 1.1.5. d_Tables tabulas izveidošana.
- 1.1.6. d_MeasurementsData tabulas izveidošana.
- 1.1.7. d_MeasurementsRadio tabulas izveidošana.

1.2. Jaunās procedūras

- 1.2.1. add_c_Sensors, list_c_Sensors, get_c_Sensors, modify_c_Sensors, delete_c_Sensors procedūru izveidošana - izmēģinājums.
- 1.2.2. add_c_Sensors, list_c_Sensors, get_c_Sensors, modify_c_Sensors, delete_c_Sensors procedūru izveidošana – visām atlikušām tabulām ar GUI formām.

1.3. Jaunās funkcijas

DP2 posmā jaunās papildu funkcijas netika veidotas.

2. Izmaiņas DB objektu relācijās

- 2.1. c_Sensors(fkPhysicalQuantity) -> c_PhysicalQuantities(Id) relācijas izveidošana un attiecīgi tiešo fizikālo lielumu lauku noņemšana c_Sensors tabulā.
- 2.2. c_Photos(fkType) -> c_Tables(Id) relācijas izveidošana un attiecīgi tiešo tipa lauka noņemšana c_Photos tabulā.
- 2.3. d_Photos(fkType) -> d_Tables(Id) relācijas izveidošana un attiecīgi tiešo tipa lauka noņemšana d_Photos tabulā.

3. Tabulu jaunie lauki

- 3.1. Lauks – Installed, datu tips – datetime, obligātums – NOT NULL.
- 3.2. Lauks – Fixed, datu tips – datetime, obligātums – NOT NULL.
- 3.3. Lauks – State, datu tips – bool, obligātums – NOT NULL, noklusējuma vērtība – DEFAULT FALSE.
- 3.4. Lauks – TTNkeyword, datu tips – varchar(20), obligātums – NOT NULL.
- 3.5. Lauks – fkNode, datu tips – int, obligātums – NOT NULL.
- 3.6. Lauks – ValueSs, datu tips – varchar(20), obligātums – NULL.
- 3.7. Lauks – Latitude, datu tips – float, obligātums – NULL.

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

- 3.8. Lauks – Longitude, datu tips – float, obligātums – NULL.
- 3.9. Lauks – Alien, datu tips – bool, obligātums – NOT NULL, noklusējuma vērtība – DEFAULT FALSE.
- 3.10. Lauks – Alien, datu tips – bool, obligātums – NOT NULL, noklusējuma vērtība – DEFAULT FALSE.
- 3.11. Lauks – Description, datu tips – varchar(1000), obligātums – NOT NULL.

4. Tabulu nosaukumu, tabulu lauku nosaukumu vai datu tipa vai obligātuma izmaiņas

- 4.1. Lauka vecais nosaukums – fkFood, lauka jaunais nosaukums – fkFoodType.
- 4.2. Tabulas vecais nosaukums – c_Devices, tabulas jaunais nosaukums – c_Workstations.
- 4.3. Lauka vecais nosaukums – fkSensor, lauka jaunais nosaukums – fkSensorType.
- 4.4. Visiem mērījumu datu laukiem ir noņemta obligātuma prasība.
- 4.5. Lauka vecais nosaukums – Gate, lauka jaunais nosaukums – TTNapp.
- 4.6. Tabulas vecais nosaukums – c_Food, tabulas jaunais nosaukums – c_Foods.
- 4.7. Tabulas vecais nosaukums – d_Feeding, tabulas jaunais nosaukums – d_Feedings.
- 4.8. Lauka vecais nosaukums – TTNdev_id, lauka jaunais nosaukums – TTNgtw_id.
- 4.9. Lauka vecais nosaukums – TTNhardware_serial, lauka jaunais nosaukums – TTNdev_id.

5. Tabulu lauku noklusējuma vērtību iestatīšana vai izmaiņas

- 5.1. Lauki – Admin, Guard, User, Gate, noklusējuma vērtība – DEFAULT FALSE.
- 5.2. Lauks – Created, noklusējuma vērtība – DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP.

6. DB procedūru un funkciju aktualizācija

- 6.1. add_c_Sensors, list_c_Sensors, get_c_Sensors, modify_c_Sensors procedūru aktualizācija.
- 6.2. delete_c_Sensors procedūras aktualizācija.

7. DB izdzēstie objekti

- 7.1. d_Sensors tabulas dzēšana.

8. Tabulu izdzēstie lauki

- 8.1. ValueI lauka dzēšana.
- 8.2. fkSensorType lauka dzēšana.
- 8.3. ValueF lauka dzēšana.
- 8.4. ValueSs lauka dzēšana.

9. Tabulu obligātie ieraksti

- 9.1. autoTTNapp1 lietotājs.
- 9.2. Alien LoRa vārteja.
- 9.3. Alien LoRa mezgls.

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

U2.2.4. Svarīgākie paņēmieni darbam ar MySQL DB

Paņēmieni iekš Windows OS

MySQL servisa palaišana - Win + R -> Run services.msc -> Right-click on MySQL80 -> Start the service
root lietotāja atbloķēšana - "C:\Program Files\MySQL\MySQL Server 8.0\bin\mysqld.exe" --skip-grant-tables
root lietotāja ielogošanas - "C:\Program Files\MySQL\MySQL Server 8.0\bin\mysql.exe" -u root -p

Paņēmieni iekš Linux OS

DB izveidošana

mysqladmin create water -u root -p

SQL skripta izpildīšana

mysql -u root -p water < water.sql

DB rezerves kopijas sagatavošana

mysqldump -u root -p water > water.sql

Tiešie paņēmieni iekš SQL

mysql>flush privileges;
mysql>alter user 'root'@'localhost' identified by 'NewPassword';

DB vispārīgie iestatījumi

Latviešu valodas iespējošana

ALTER DATABASE databasename CHARACTER SET utf8mb4 COLLATE utf8mb4_unicode_ci;
ALTER TABLE tablename CONVERT TO CHARACTER SET utf8mb4 COLLATE utf8mb4_unicode_ci;

Objektu statusu noskaidrošana

SHOW DATABASES;
SHOW PROCEDURE STATUS;
SHOW TABLE STATUS;

U2.2.5. Python servisi

Saķēdējumam starp GUI un DB tika izveidots skripts uz Python Flask moduļa bāzes, saķēdējumam starp TTN un DB tika izveidots skripts uz Python TTN un MYSQL moduļu bāzes.

U2.2.5.1. Nepieciešamie moduļi

pip install ttn

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Īdens kvalitātes monitoringa un dīksaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

```
pip install mysql
pip install wheel
pip install flask
pip install flask_cors
pip install flask_mysql
pip install requests_toolbelt
```

U2.2.5.2. Virtuālās vides

Python moduļu testēšanai tika izmantotas Python virtuālās vides. Izmantošanas piemērs:

```
virtualenv -p /usr/bin/python3 myenv_3_6
source ../myenv_3_6/bin/activate
python ttn_POST_write_to_DB.py
deactivate
```

U2.3. Sistēmas aparātūras daļas testēšanas plāna izstrāde, testēšana

Tiks veikta laboratorijas prototipa pamata funkcionalitātes testēšana, nosakot nepieciešamību veikt sistēmas komponentu nomaiņu, izvēlētā risinājuma optimizēšanu. Dotā uzdevuma ietvaros tiks nodrošināta arī projektā izmantojamo devēju testēšana specializētās laboratorijas ietvaros, nosakot to parametru nolasīšanas precizitāti, kalibrēšanas nepieciešamību.

Prototipa sistēmas testi

Ūdens parametru devēju kalibrācija

Katram no izmantotajiem *Atlas Scientific* sensoriem iespējama viena vai vairāku punktu kalibrācija, ko izpildot iespējams sasniegt ražotāja uzdoto sensora precizitāti. Kalibrācijas dati saglabājas katra sensora digitālajā mērpārveidotājā. Ja tiek nomainīts devējs, kas pieslēgts mērpārveidotājam, piemēram, ja sabojāts kabelis, tad ir jāveic atkārtota kalibrācija. Dīkšsaimniecībās un citos industriālos pielietojumos ir būtiski nodrošināt sistēmas nepārtrauktu darbību ar pēc iespējas mazāku regulāro apkopi, tāpēc arī sensoriem ir jābūt tādiem, ko var izmantot vismaz vienu sezonu bez atkārtotas kalibrācijas.

Temperatūras devējs

Tips	A klases PT1000 rezistīvais temperatūras devējs
Mērījumu diapazons	-200 līdz +850 grādi
Precizitāte	+/- (0.15 + (0.002 * t)) Celsija grādi
Reakcijas laiks	13 sekundes
Atkārtotas kalibrācijas laiks	3-5 gadi
Mūža ilgums	15 gadi

Platīna temperatūras sensoru pietiek kalibrēt vienā punktā, jo tā pārveides līkne ir taisne. To visērtāk darīt vārošā ūdenī, jo, atkarībā no augstuma virs jūras līmeņa, ir precīzi zināms, pie kādas temperatūras ūdens vārās.

Oksidēšanās-Reducēšanās potenciāla devējs

Tips	Platīna katalizatora tips
Mērījumu diapazons	+/- 2000 mV
Precizitāte	+/- 1 mV
Reakcijas laiks	95% vienā sekundē
Atkārtotas kalibrācijas laiks	~ 1 gads
Mūža ilgums	2+ gadi

Oksidēšanās-reducēšanās devēju kalibrē vienā punktā ar references šķīdumu, kam ir zināma ORP vērtība. *Atlas Scientific* ORP mērījumu komplektā ietilpst šķīdums ar ORP vērtību 225 mV, kas arī tika izmatots. Būtiski neļaut ORP devējam izžūt, jo tad devējs tiek sabojāts. Ja devēju paredzēts kādu laiku nelietot, tas ir jāglabā speciālā uzglabāšanas šķīdumā. ORP vērtība ir atkarīga no temperatūras, tāpēc kalibrācija ir jāveic istabas temperatūrā. Izmantojot devēju citā temperatūrā, mērpārveidotājā ir jāieprogrammē vides temperatūra, lai sasniegtu uzdoto precizitāti.

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

03. jūlijs, 2020

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Elektriskās vadītspējas devējs

Tips	Pasīvs grafīta devējs
Mērījumu diapazons	5 līdz 200'000 uS/m
Precizitāte	+/- 2%
Reakcijas laiks	90% vienā sekundē
Atkārtotas kalibrācijas laiks	10 gadi
Mūža ilgums	10 gadi

Elektriskās vadītspējas devējs tiek kalibrēts divos punktos ar diviem dažādiem references šķīdumiem. Kalibrācijā tika izmantoti šķīdumi ar 12'800 uS/m un 80'000 uS/m vadītspējām no *Atlas Scientific*. Arī vadītspēja ir atkarīga no temperatūras, tāpēc pēc kalibrācijas mērpārveidotājā ir jāieprogrammē vides temperatūra.

Izšķīdušā skābekļa devējs

Tips	Galvanisks membrānas tipa
Mērījumu diapazons	0 līdz 100 mg/l
Precizitāte	+/- 0.05 mg/l
Reakcijas laiks	~0.3 mg/l sekundē
Atkārtotas kalibrācijas laiks	1 gads
Mūža ilgums	5+ gadi

Izšķīdušā skābekļa sensors arī tiek kalibrēts divos punktos, no kuriem viens ir sauss sensors, kas atbilst 9.1 mg/l vērtībai. Otra ir references šķīdums no *Atlas Scientific* ar izšķīdušā skābekļa daudzumu 0 mg/l. Šis references šķīdums ir īpaši jāglabā bezskābekļa vidē, lai tajā nešķīstu skābeklis no atmosfēras. Arī izšķīdušā skābekļa sensoram nepieciešama temperatūras kompensācija, ko veic mērpārveidotājs.

pH līmeņa devējs

Tips	Stikla membrānas tipa
Mērījumu diapazons	0 – 14 pH
Precizitāte	+/- 0.002 pH
Reakcijas laiks	95% vienā sekundē
Atkārtotas kalibrācijas laiks	1 gads
Mūža ilgums	2.5+ gadi

pH sensors tiek kalibrēts trīs punktos ar trīs dažādiem references šķīdumiem. Kalibrācijā tika izmantoti *Atlas Scientific* šķīdumi ar pH vērtībām 4.0, 7.0 un 10.0. Līdzīgi, kā citiem devējiem, arī pH devējam nepieciešama temperatūras kompensācija, ko programmē tā mērpārveidotājā.

Miega režīma optimizācija

Ar barošanas spriegumu 3.3V, prototipa ierīce dīkstāvē tērē 2.25 mA, un līdz 100 mA, ja reizē aktīvi GPS un LoRa radio. Bez miega režīma 2500 mAh akumulatoru ierīce iztērēs aptuveni 20 dienas. Praksē tas būtu ļoti neērti, ja ik pēc 3 nedēļām visām ierīcēm būtu jāmaina akumulatori, tāpēc nepieciešams optimizēt ierīces gaidīšanas laika strāvas patēriņu.

Ierīcē tiek izmantots STM32L4 sērijas mikrokontrolieris un tam ir pieejami vairāki zema enerģijas patēriņa režīmi (skat. tabulas datus).

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

03. jūlijs, 2020

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003

Mode	Regulator ⁽¹⁾	CPU	Flash	SRAM	Clocks	DMA & Peripherals ⁽²⁾	Wakeup source	Consumption ⁽³⁾	Wakeup time
Run	MR range 1	Yes	ON ⁽⁴⁾	ON	Any	All	N/A	91 µA/MHz	N/A
	SMPS range 2 high					34 µA/MHz			
	MR range2					79 µA/MHz			
	SMPS range 2 low					28 µA/MHz			
LPSleep	LPR	Yes	ON ⁽⁴⁾	ON	Any except PLL	All except USB_FS, RNG	N/A	83 µA/MHz	to Range 1: 4 µs to Range 2: 64 µs
Sleep	MR range 1	No	ON ⁽⁴⁾	ON ⁽⁵⁾	Any	All	Any interrupt or event	21 µA/MHz	6 cycles
	SMPS range 2 high					7.5 µA/MHz			
	MR range2					20 µA/MHz			
	SMPS range 2 low					7 µA/MHz			
LPSleep	LPR	No	ON ⁽⁴⁾	ON ⁽⁵⁾	Any except PLL	All except USB_FS, RNG	Any interrupt or event	83 µA/MHz	6 cycles
Stop 0	MR Range 1	No	OFF	ON	LSE LSI	BOR, PVD, PVM RTC, IWDG COMP1, OPAMP1 USARTx (x=1...3) ⁽⁶⁾ LPUART1 ⁽⁶⁾ I2Cx (x=1...3) ⁽⁷⁾ LPTIMx (x=1,2) *** All other peripherals are frozen.	Reset pin, all I/Os BOR, PVD, PVM RTC, IWDG COMP1 USARTx (x=1...3) ⁽⁶⁾ LPUART1 ⁽⁶⁾ I2Cx (x=1...3) ⁽⁷⁾ LPTIMx (x=1,2) USB_FS ⁽⁸⁾	105 µA	2.47 µs in SRAM 4.1 µs in Flash
	MR Range 2								

Mode	Regulator ⁽¹⁾	CPU	Flash	SRAM	Clocks	DMA & Peripherals ⁽²⁾	Wakeup source	Consumption ⁽³⁾	Wakeup time
Stop 1	LPR	No	Off	ON	LSE LSI	BOR, PVD, PVM RTC, IWDG COMP1, OPAMP1 USARTx (x=1...3) ⁽⁶⁾ LPUART1 ⁽⁶⁾ I2Cx (x=1...3) ⁽⁷⁾ LPTIMx (x=1,2) *** All other peripherals are frozen.	Reset pin, all I/Os BOR, PVD, PVM RTC, IWDG COMP1 USARTx (x=1...3) ⁽⁶⁾ LPUART1 ⁽⁶⁾ I2Cx (x=1...3) ⁽⁷⁾ LPTIMx (x=1,2) USB_FS ⁽⁸⁾	3.25 µA w/o RTC 3.65 µA w RTC	5.7 µs in SRAM 7 µs in Flash
Stop 2	LPR	No	Off	ON	LSE LSI	BOR, PVD, PVM RTC, IWDG COMP1 I2C3 ⁽⁷⁾ LPUART1 ⁽⁶⁾ LPTIMx (x = 1, 2) *** All other peripherals are frozen.	Reset pin, all I/Os BOR, PVD, PVM RTC, IWDG COMP1 I2C3 ⁽⁷⁾ LPUART1 ⁽⁶⁾ LPTIMx (x = 1, 2)	710 nA w/o RTC 950 nA w RTC	5.8 µs in SRAM 8.3 µs in Flash

Mode	Regulator ⁽¹⁾	CPU	Flash	SRAM	Clocks	DMA & Peripherals ⁽²⁾	Wakeup source	Consumption ⁽³⁾	Wakeup time
Standby	LPR	Power ed Off	Off	SRAM 2 ON	LSE LSI	BOR, RTC, IWDG ***	Reset pin 5 I/Os (WKUPx) ⁽⁹⁾ BOR, RTC, IWDG	195 nA	16.1 μs
	OFF			Power ed Off		All other peripherals are powered off. *** I/O configuration can be floating, pull-up or pull-down		105 nA	
Shutdown	OFF	Power ed Off	Off	Power ed Off	LSE	RTC *** All other peripherals are powered off. *** I/O configuration can be floating, pull-up or pull-down ⁽¹⁰⁾	Reset pin 5 I/Os (WKUPx) ⁽⁹⁾ RTC	18 nA	256 μs

2.3.1. Att. STM32L412 mikrokontroliera zema enerģijas patēriņa režīmi

Lai sasniegtu 90 dienu darbību no vienas akumulatora uzlādes, iepriekšējā darba pakā tika aprēķināts, ka miega režīmā maksimālais strāvas patēriņš visai ierīcei drīkst būt līdz 220 uA. Tā kā mikrokontrolieris ir tikai viena no ierīces daļām, tam ir jātērē vēl stipri mazāk, lai kopējais ierīces strāvas patēriņš nepārsniegtu 220 uA.

Visekonomiskākie ir *Standby* un *Shutdown* režīmi, tomēr abiem režīmiem ir ierobežotas pamodināšanas spējas un pēc pamodināšanas tiek zaudēts RAM saturs. Tas nozīmē, ka programmatūra katru reizi tiek sākota no jauna un vajadzīgs no jauna reģistrēties LoRa tīklā.

Nākamie ekonomiskākie ir STOP režīmi, kuros saglabājas RAM saturs. Izmantojot STOP2 režīmu, ierīci var pamodināt ar zemas enerģijas perifērijas taimeri, piemēram, LPTIM1. Tikai izmantojot STOP2 režīmu stāvas patēriņš dīkstāvē no 2.25 mA tika samazināts uz 364 uA.

Papildus miega režīmam, arī kontroliera izvadi ir jākonfigurē tā, lai caur tiem plūstu pēc iespējas mazākas noplūdes strāvas. Nokonfigurējot izvadus, stāvas patēriņš tika samazināts līdz 40 uA, tas nozīmē, ka GPS un LoRa paliek 180 uA.

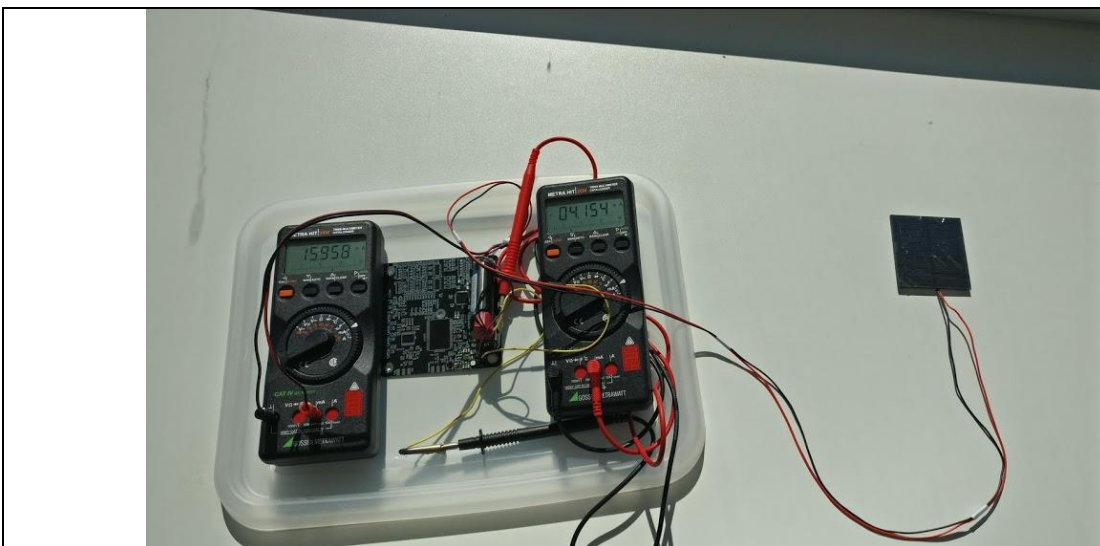
Saules paneļa mērījumi

Lai paildzinātu ierīces akumulatora darbības laiku, tai var pievienot nelielu saules paneli (10. Att.) Pēc aprēķiniem iepriekšējā darba pakā, ierīce dienā vidēji drīkst tērēt līdz 1.3 mA. Ja saules panelis spēj ģenerēt tādu pašu, vai lielāku strāvu, tad akumulators netiek tērēts.

Pirmajā mēģinājumā saulainā dienā saules panelis pēc sprieguma pārveidotāja bez patērētāja spēja lādēt bateriju ar 4 mA lielu strāvu. Nolodējot paralēlo Zēnera diodi D1 un virknes rezistoru R1, izdevās baterijas lādēšanas strāvu palielināt līdz 16 mA. Tas ir 12 reizes vairāk kā ierīces vidējais enerģijas patēriņš. Jāņem vērā, ka tas ir labākais gadījums - naktī un pie apmākušām debesīm saules panelis praktiski nestrādās.

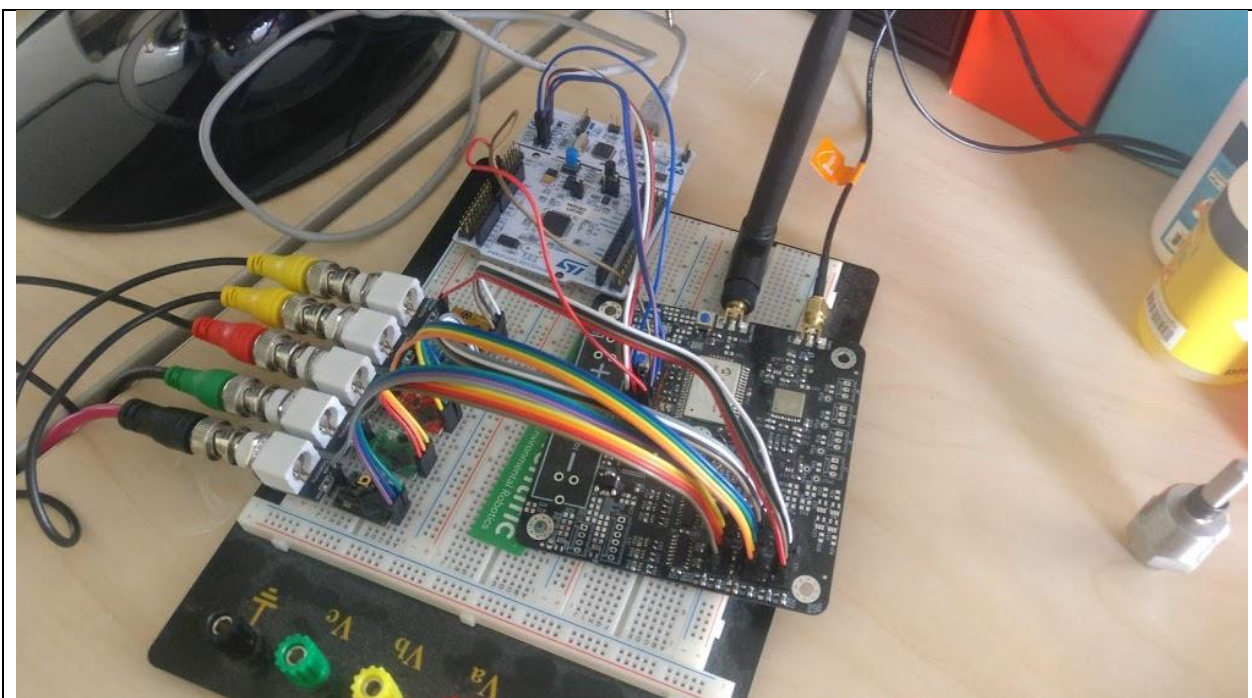
03. jūlijs, 2020

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003



3.2.2. Att. Saules paneļa strāvas mērījuma eksperiments

Prototipa ierīcē atklātās problēmas



DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.



2.3.2. Att. Prototipa ierīces uzstādījums

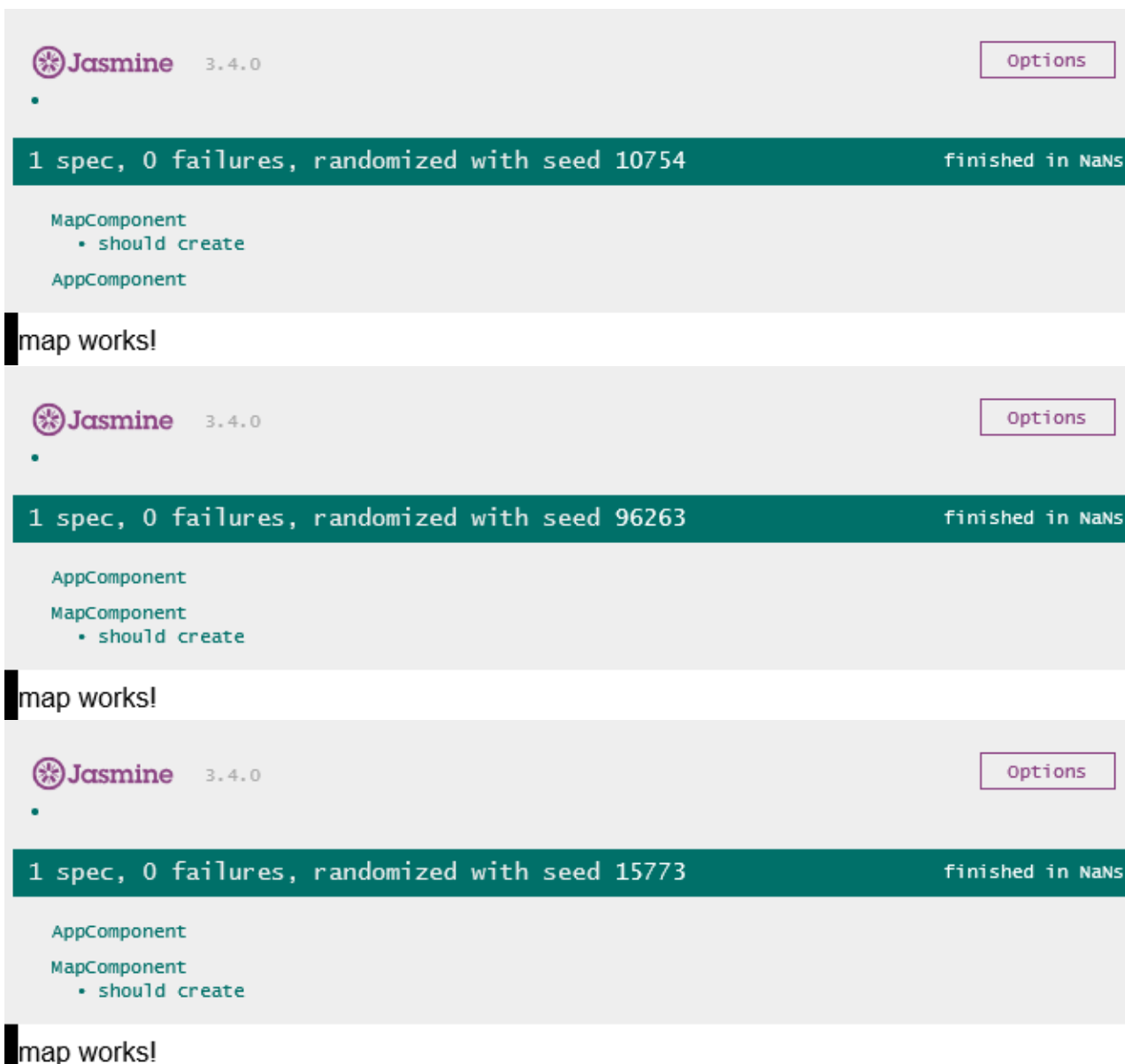
Ierīces prototips jāva izstādāt iegulto programmatūru un notestēt svarīgāko ierīces funkcionalitāti un tajā atklājās vairāki būtiski trūkumi:

- *Atlas Scientific* sensoru mērpārveidotāji šobrīd pieslēgti ar atsevišķiem konektoriem. Tie būtu jānovieto uz plates, lai samazinātu ierīces izmērus un palielinātu savienojumu drošību. Tas pats attiecas uz pašu sensoru SMA vai BNC pieslēgvietām.
- Šobrīd nav iespējams nomērīt baterijas spriegumu, tas nav pievienots pie mikrokontroliera analogā-ciparu pārveidotāja.
- Uz plates ir vairākas Zēnera diodes caur kur katru plūst līdz 50 uA liela noplūdes strāva.
- Lai gan programmatūra atbalsta izejas slēdža kontroli, uz plates šāda slēdža nav. Tas vajadzīgs, lai vadītu, piemēram, aeratoru.
- Tā kā aerators ir relatīvi lielas jaudas ierīce, tas tiek barots no maiņstrāvas tīkla. Ja sensoru mezgla ierīce tiek novietota aeratora tuvumā, to arī varētu ar enerģiju nodrošināt no maiņstrāvas tīkla. Šobrīd prototipa plate paredz tikai barošanu no baterijas un saules paneļa.
- Ierīces nav pastāvīgas atmiņas kur glabāt, piemēram žurnālu failus, ko varētu analizēt gadījumā, ja ierīcei rodas problēmas.
- Lai gan ierīce periodiski nosūta savu atrašanās vietu, to iespējams nozagt brīdī, kad tā atrodas miega režīmā. Tāpēc ierīcei vajadzīgs IMU (inertial measurement unit), kas to pamodinātu brīdī, kad tā tiek kustināta.

U2.4. Sistēmas programmatūras daļas vienības testu izstrāde, testēšana

Darba uzdevuma ietvaros tiks realizēta programmatūras beta versijas testēšana. Tiks izstrādāti atsevišķo sistēmas moduļu testēšanas vienību testi, kas nodrošinās augstas efektivitātes programmas atklādošanu un modificēšanu ar minimālu ietekmi uz kopējo sistēmas funkcionalitāti.

Vienības testu realizācijai tiek izmantots Angular platformas Karma rīks.



2.4.1. att. Galvenā kartēšanas testa rezultāti