

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond
Arvutisüsteemide instituut

Üllar Raud 040776IASB

KODUSE NUTISAUNA ARENDAMINE ARDUINO PLATVORMIL

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Priit Ruberg
MSc
Nooremteadur

Tallinn 2017

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Üllar Raud

26.05.2017

Annotatsioon

Selle töö eesmärgiks on arendada kodune nutisaun, mis juhib külmal ajal tsirkulatsioonipumpa ja võimaldab mõõteandmeid (temperatuur, niiskus) kuvada nii lokaalselt kui ka üle veebi. Töö käigus leitakse sobiv arendusplaat ja valitakse sobivad andurid, mis taluvad saunas olevaid ekstreemseid tingimusi nagu temperatuur ja niiskus. Seejärel luuakse vajalik kood ja võetakse kasutusele asjade interneti platvorm (IoT), et näha ja säilitada mõõteandmeid. Andmete saatmine IoT platvormile toimub üle olemasoleva traadita andmesidevõrgu (Wi-Fi).

Töö tulemuseks on toimiv juhtimissüsteem, mis juhib tsirkulatsioonipumpa ning hoiab sellega ära veetorude külmumise. Juhtimissüsteem kuvab mõõteandmeid süsteemiga ühendatud ekraanile ning mõõdetavad väärtused saadetakse üle Wi-Fi IoT platvormile ja on nähtavad veebist.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 25 leheküljel, 6 peatükki, 19 joonist, 5 tabelit.

Abstract

Smart Home Sauna Development on Arduino Platform

The purpose of this work is to develop a smart home sauna solution that operates the circulation pump during cold weather periods and allows measurement data to be shown on the sauna wall screen as well as over the Internet. The development board for the development has to be compatible with the Arduino platform.

For the main task different Arduino capable development boards were researched and the best possible solution for this work was selected. The thesis also covers 1-Wire temperature sensor DS18B20, temperature and humidity sensor DHT22, relay control, communication between the development board and the LCD screen for such kind of sauna combined monitoring and control system. The work involves finding the suitable open source IoT platform and describing how to send measurement data to selected platform. Sending and synchronizing measurement data with the cloud is transmitted over Wi-Fi network.

The results of the work consist of a functioning hardware and software combined control system, capable of operating the circulation pump in order to avoid water freezing in the stove during cold weather periods. Live data is shown on the device display and sent to the IoT platform which can be monitored over the Internet.

The thesis is in Estonian and contains 25 pages of text, 6 chapters, 19 figures, 5 tables.

Lühendite ja mõistete sõnastik

1-Wire	Ühe-juhtme-liides, mis võimaldab ühe juhtme paariga ühendada mitmeid seadmeid
ADC	<i>Analog-to-Digital Converter</i> , analoog-digitaalmuundur on seade, mis muudab analoogsignaali digitaalsignaaliks
API	<i>Application Programming Interface</i> , rakenduse programmeerimisliides
Arduino IDE	<i>Arduino Integrated Development Environment</i> , arenduskeskkond, mis võimaldab arendada koodi ja seda riistvarale laadida
Bit	<i>Binary digiT</i> , bitt on informatsiooni põhiühik, saab olla kas 1 või 0
CPU	<i>Central Processing Unit</i> , keskprotsessor
CS	<i>Chip Select</i> , SPI seadme valik
D/C	<i>Data/Command select</i> , SPI andmete/käsustiku valik
DC	<i>Direct Current</i> , alalisvool
DELETE	HTTP meetod andmete kustutamiseks
DI	<i>Digital Input</i> , digitaalne sisend
DO	<i>Digital Output</i> , digitaalne väljund
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i> , elektriliselt eemaldatav programmeeritav lugemiskaitstud mälu
GET	HTTP meetod andmete pärimiseks
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i> , hüpertexti edastusprotokoll
HTTPS	<i>HTTP over SSL</i> , turvalise kommunikatsiooni protokoll
I/O	<i>Input/Output</i> , Sisend/väljund
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i> , mitme võimaliku ülemaga jadasiin
IoT	<i>Internet of things</i> , asjade internet ehk värkvõrk on interneti kaudu seatud asjade võrk
MISO	<i>Master Input Slave Output</i> , SPI liidese port
MOSI	<i>Master Output Slave Input</i> , SPI liidese port
MQTT	<i>Message Queue Telemetry Transport</i> , on seadmetevahelise ühenduvuse protokoll

OpenWRT	<i>Open Wireless Router</i> , Linuxil põhinev operatsioonisüsteem traadita ruuteritele
POST	HTTP meetod andmete lisamiseks
PUT	HTTP meetod andmete lisamiseks
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> , pulsilaiusmodulatsioon on modulatsiooni liik, kus väljundpinge reguleerimiseks muudetakse impulsside laiust
RAM	<i>Random access memory</i> , muutmälu ehk suvapöördusmälu
REST	<i>Representational State Transfer</i> , tarkvaraarhitektuuri stiil
SCLK	<i>Serial Clock</i> , SPI andmete sünkroniseerimise taktsignaal
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i> , sünkroonne järjestikliides
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i> , staatiline juhupöördlusega mälu
SSL	<i>Secure Sockets Layer</i> , krüptograafiline protokoll turvamaks võrgusuhtlust
TFT LCD	<i>Thin Film Transistor Liquid Crystal Display</i> , vedelkristall kuvari tüüp, mis kasutab õhukeste kiletransistoride tehnoloogiat
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i> , asünkroonne järjestikühenduse liides

Sisukord

1 Sissejuhatus	10
2 Riistvara.....	12
2.1 Arendusplaadi valik.....	13
2.1.1 Arduino/Genuino Micro	13
2.1.2 Arduino Yun Mini	14
2.1.3 Cactus Micro Rev2	15
2.1.4 Arendusplaadi lõplik valik	16
2.2 Temperatuuriandurid	18
2.3 Temperatuuri- ja niiskusandur.....	18
2.4 Relee	19
2.5 LCD ekraan.....	19
2.6 Toitemoodul.....	20
2.7 Ühendusskeem.....	21
3 Tarkvara.....	22
3.1 Suhtlus 1-Wire anduritega	22
3.2 Suhtlus temperatuuri- ja niiskusanduriga	23
3.3 Suhtlus releega.....	24
3.4 Suhtlus LCD ekraaniga.....	25
3.5 Suhtlus Wi-Fi mooduliga.....	26
3.6 Relee juhtimise loogika	27
3.7 Arendusplaadile loodud programm	28
4 IoT platvorm	30
4.1 ThingSpeak.....	30
4.2 Suhtlus ThingSpeak platvormiga.....	31
5 Võimalikud edasiarendused.....	33
6 Kokkuvõte	34
Kasutatud kirjandus	35
Lisa 1 – Cactus Micro Rev2 kanalid	38

Jooniste loetelu

Joonis 1. Sauna põhiplaan ja andurite paiknemine.....	12
Joonis 2. Genuino Micro arendusplaat.	13
Joonis 3. Arduino Yun Mini arendusplaat.....	14
Joonis 4. Cactus Micro Rev2 arendusplaat.....	16
Joonis 5. Temperatuuriandur DS18B20.	18
Joonis 6. Temperatuuri- ja niiskusandur DHT22/AM2302.....	19
Joonis 7. Relee SRD-DC03V-SL-C.	19
Joonis 8. 2.8" 240x320 SPI TFT LCD.	20
Joonis 9. Toitemoodul LM2596S.	20
Joonis 10. Juhtimissüsteemi ühendusskeem.....	21
Joonis 11. Programmikood: 1-Wire temperatuurianduriga näidiskood.....	23
Joonis 12. Programmikood: DHT22 anduriga näidiskood.	24
Joonis 13. Programmikood: Relee juhtimise näidiskood.	25
Joonis 14. Programmikood: Kommunikatsioon LCD ekraaniga.	26
Joonis 15. Tsirkulatsioonipumba juhtimise plokskeem.....	27
Joonis 16. Töökäigus valminud juhtimisseade.	29
Joonis 17. Katteta juhtimisseade.	29
Joonis 18. Kuvatõmmis ThingSpeak keskkonnas visualiseeritud graafikust.....	30
Joonis 19. Programmikood: Näidiskood andmete saatmisest ThingSpeak platvormile.	32

Tabelite loetelu

Tabel 1. Arendusplaadi Genuino Micro tehnilised andmed.	14
Tabel 2. Arendusplaadi Yun Mini tehnilised andmed.	15
Tabel 3. Arendusplaadi Cactus Micro Rev2 tehnilised andmed.	16
Tabel 4. Arendusplaatide vastavus seatud nõuetele.	17
Tabel 5. Ühenduste seletused.	21

1 Sissejuhatus

Etnoloog Ants Viires on kirjutanud 2008. aastal ilmunud Tamara Habicht'i raamatu „Eesti saun“ 2. trüki eessõnas, et „Saunal on juba muinasajast peale nii ehitisena kui institutsioonina olnud eestlaste ja teiste läänemeresoome rahvaste elus oluline koht. Regulaarne saunaskäik, kerisekividelt kerkinud kuum leil ja vihtlemine kuuluvad tänapäevani iga õige eestlase puhtusenõuete hulka.“ ning sellega tuleb nõustuda [1].

Käesolev töö kasvas välja vajadusest automatiseerida sauna veetorustiku külmumise vältimist talvel. Külmal ajal on otstarbekas hoida soojana vaid üks ruum, milleks on antud juhul keset hoonet paiknev sanitaarsõlm (Joonis 1). Sooja vett toodetakse kerisega ja talvisel ajal on oht, et leiliruumis langeb temperatuur alla 0°C ning vesi võib jäätuda ja lõhkuda ühendustorud või kerise. Vee külmumise vältimiseks on lisatud boileri ja kerise vahele tsirkulatsioonipump, mis peab alustama tööd kui temperatuur leiliruumis langeb alla 3°C ning lõpetab töötamise kui temperatuur leiliruumis tõuseb üle selle.

Teine lahendamistvajav ülesanne on kuvada sauna temperatuuri nii sauna puhkeruumis kui ka elumajas, mis paikneb saunast eemal, kasutades selleks mõnda IoT platvormi. Sauna kaugus elumajast on ligikaudu 50 m ning sinna on laiendatud majas oleva Wi-Fi võrgu leviala. Tulenevalt juba olemasolevast Wi-Fi levialast peaks loodav süsteem suutma andmeid edastada üle Wi-Fi võrgu.

Kolmas soov, mida praeguses töös ei lahendata, kuid millega arvestatakse on see, et võimaldada tulevikus ennustada eeldatavat aega, millal leiliruumis olev temperatuur on saavutanud soovitud väärtuse, tuginedes selleks varasematele mõõtmistele.

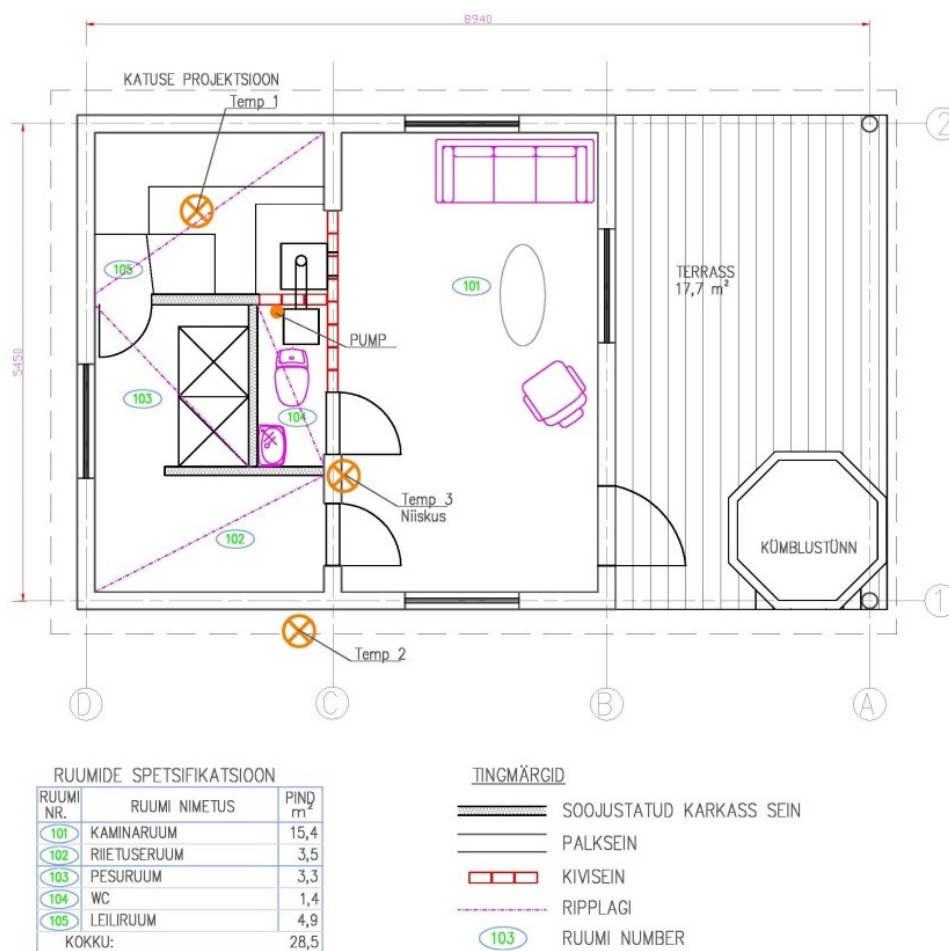
Antud töö on jagatud neljaks osaks, mille esimeses osas räägitakse riistvarast. Valitakse sobiv arendusplaat ning kirjeldatakse teisi kasutatud komponente. Teises osas tuleb juttu tarkvarast ning sellest, kuidas valitud arendusplaat ja erinevad töös kasutatud komponendid omavahel suhtlevad. Kolmas osa räägib asjade interneti (IoT) platvormi valimisest ning selle kasutamisest valitud arendusplatvormiga. Neljandas osas

arutletakse selle üle, mida tulevikus võiks edasi arendada, et saavutada veelgi suurem mugavus.

Töö ülesandeks on luua Arduino platvormil toimivale arendusplaadile selline juhtimissüsteem, kus kasutatakse erinevaid andureid. Andurid peavad taluma saunas olevat temperatuuri ja niiskust. Arendusplatvorm peab olema hinnapoolest soodne, väikeste mõõtmetega, kuid võimaldama kõikide andurite-täiturite ühendust ilma lisa loogikata ning omama Wi-Fi tuge. Süsteemi abil peab saama juhtida tsirkulatsioonipumpa, mis väldib talvel veetorude lõhki külmumise. Mõõteandmed kuvatakse arendusplaadile lisatud ekraanile ning need saadetakse üle Wi-Fi vabavaralisele IoT platvormile, mis on lisaks andmete kuvamisele võimeline neid ka pikaajaliselt säilitama.

2 Riistvara

Selles peatükis tuleb juttu kasutatud riistvarast. Leitakse antud ülesandele sobivaim arendusplaat ja kirjeldatakse kasutatud andureid, täitureid ning teisi komponente. Kuna tänapäeval on turul palju erinevaid temperatuuri- ja niiskusandureid, releesid ning toitemoduleid, siis on lõpliku valiku tegemisel lähtunud ennekõike nende hinnast ja sobivusest sauna keskkonda. Andurite paiknemine saunas on näha Joonis 1. Saunas on 5 ruumi ning lisaks kümblustünniga terrass. Üks temperatuuriandur paikneb leiliruumis ja teine räästa all. Niiskus- ja temperatuuriandur paikneb puhkeruumis. Juhitav tsirkulatsioonipump WC-s.



Joonis 1. Sauna põhiplaan ja andurite paiknemine.

2.1 Arendusplaadi valik

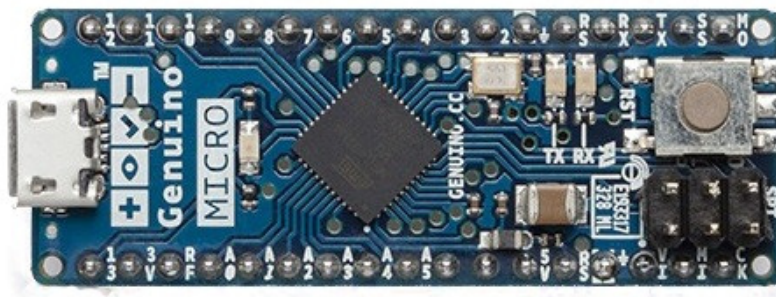
Arendusplaadil oleva mikrokontrolleri ülesandeks on juhtida kogu protsessi, kasutades selleks anduritelt saadud mõõteandmeid. Tuginedes mõõteandmetele peab mikrokontroller:

1. juhtima läbi relee tsirkulatsioonipumpa
2. kuvama mõõtetulemusi ekraanil
3. edastama need andmed üle Wi-Fi IoT platvormi

Järgnevalt uuritakse erinevaid Arduino platvormil töötavaid arendusplaate.

2.1.1 Arduino/Genuino Micro

Arduino/Genuino Micro [2] on väikeste mõõtmetega arendusplaat (Joonis 2). Plaat kasutab ATmega32U4 [3] mikrokontrollerit. Koodi sellele kontrollerile saab programmeerida ja laadida Arduino IDE tarkvaraga [4]. Arendusplaadi hind Arduino veebipoes on 18 € [5].



Joonis 2. Genuino Micro arendusplaat [6].

Tabel 1 sisaldab arendusplaadi Genuino Micro tehnilisi andmeid [2]. Selleks, et seda arendusplaati praeguses töös kasutada, tuleb juurde tellida Wi-Fi moodul. Üks lihtsamaid ja soodsamaid Wi-Fi mooduleid on ESP8266 [7], mille hinnaks eBay keskkonnas on ligikaudu 2 € [8].

Tabel 1. Arendusplaadi Genuino Micro tehnilised andmed.

Mikrokontroller	Atmel ATmega32U4
Tööpinge	5V
Toite sisendpinge (soovituslik)	7-12V
Toite sisendpinge (limiitid)	6-20V
DI/DO	20
PWM kanaleid	7
ADC	12
Alalisvool ühe sisendi/väljundi kohta	20 mA
Alalisvool 3.3V väljundile	50 mA
Välkmälu	32KB
SRAM	2.5KB
EEPROM	1KB
Taktsagedus	16 MHz
Arendusplaadi mõõtmed	48 x 18 mm

2.1.2 Arduino Yun Mini

Arduino Yun Mini [9] on kompaktne arendusplaat, mis koosneb mikrokontrollerist ja mikroprotsessorist (CPU) (Joonis 3). Arendusplaadile on juba sisseehitatud Wi-Fi moodul. Selle plaadi mikrokontrolleriks on ATmega32U4 [3], mida kasutatakse I/O-de juhtimiseks. Mikroprotsessoriks on Atheros AR9331 [10], mis võimaldab suhelda internetiga. Atheros mikroprotsessor toetab Linux'i distributsiooni, mis põhineb OpenWRT'1 [11] ja kannab nime Linino. Tarkvara Arduino Yun Mini kontrollerile saab kirjutada ja laadida Arduino IDE tarkvaraga [4]. Arduino Yun Mini arendusplaadi maksumus on 61,50 € [12].



Joonis 3. Arduino Yun Mini arendusplaat [13].

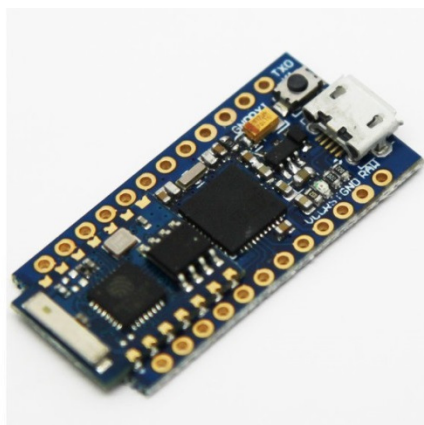
Tabel 2 sisaldab arendusplaadi Arduino Yun Mini tehnilisi andmeid [9].

Tabel 2. Arendusplaadi Yun Mini tehnilised andmed.

Mikroprotsessor	Atheros AR9331
CPU vahemälu	16MB
CPU RAM	64MB DDR2
CPU taktsagedus	400 MHz
Mikrokontroller	Atmel ATmega32U4
Tööpinge	5V
Toite sisendpinge	5V
DI/DO	20
PWM kanaleid	7
ADC	12
Alalisvool sisendi/väljundi kohta	40 mA
Alalisvool 3.3V väljundile	50 mA
Välkmälu	32KB
SRAM	2.5KB
EEPROM	1KB
Taktsagedus	16 MHz
Arendusplaadi mõõtmed	23 x 71.1 mm

2.1.3 Cactus Micro Rev2

Hiina ettevõtte April Brother'i arendusplaat Cactus Micro Rev2 [14] on väikeste mõõtmetega (34 x 18 mm) ja sisseehitatud ESP8266 Wi-Fi mooduliga (Joonis 4). Plaat kasutab sama mikrokontrollerit, mis on olemas Arduino Micro's ja Yun Mini's. Seega saab kasutada koodi kirjutamiseks ja kontrollerisse laadimiseks Arduino IDE tarkvara [4]. Cactus Micro Rev2 arendusplaadi hind on \$11 [15], mis teeb ligikaudu 10 €.



Joonis 4. Cactus Micro Rev2 arendusplaat [16].

Tabel 3 sisaldab arendusplaadi Cactus Micro Rev2 tehnilisi andmeid [14].

Tabel 3. Arendusplaadi Cactus Micro Rev2 tehnilised andmed.

Mikrokontroller	Atmel ATmega32U4
Wi-Fi moodul	ESP8266 (ESP-03)
Tööpinge	3.3V
Toite sisendpinge	5V (USB)/4.3-6V (RAW)
Taktsagedus	8 MHz
Andmesideühendus	Wi-Fi, micro-USB, UART, I2C, SPI
Välkmälu	32 KB
SRAM	2.5 KB
EEPROM	1 KB
Arendusplaadi mõõtmed	34 x 18 x 4 mm
I/O-d	18
ADC	4/9
Digitaalsed I/O-d	12 (5 võimaldavad PWM'i)

2.1.4 Arendusplaadi lõplik valik

Arendusplaadi valimise kriteeriumid tulenesid nii komponentidest (andurid, relee ja LCD ekraan) kui ka lähteülesandest. Kriteeriumid on seega järgmised:

- minimaalselt 2 analoogsisendit temperatuuride ja niiskuse mõõtmiseks

- 1 digitaalne väljund relee juhtimiseks
- 5 kanalit SPI toega ekraani juhtimiseks
- Wi-Fi võimekus
- võimalikult väikesed mõõtmed, et paigutatuna seinale koos teiste kasutatud komponentidega (v.a. andurid) oleks süsteem võimalikult kompaktne (väiksem kui valitud ekraan)
- hind

Arendusplaadiks valiti Cactus Micro Rev2. Valik langes sellele arendusplaadile, kuna temale ei pea eraldi Wi-Fi moodulit juurde lisama, sest see on tal juba olemas. Samuti täidab antud plaat kõiki teisi tingimusi (vajalik arv kanaleid, SPI tugi, väikesed mõõtmed), mis on esitatud valitavale arendusplaadile (Tabel 4). Samuti on tegu valikus olnud arendusplaatidest kõige soodsama plaadiga.

Tabel 4. Arendusplaatide vastavus seatud nõuetele.

Tingimus	Genuino Micro	ArduinoYun Mini	Cactus Micro Rev2	Hetkel on töös tarvis
ADC sisend	12	12	9	2
DI/DO	20	20	15	3
Wi-Fi	-	+	+	+
SPI tugi	+	+	+	+
Mõõtmed	48 x 18 mm	71.1 x 23 mm	34 x 18 mm	
Hind	18 €	61,50 €	10 €	

Kuna vajalike I/O kanalite arv on Cactus Micro Rev2 arendusplaadil suurem kui hetkel tarvis, siis jätab see võimaluse teha tulevikus laiendusi ning vajadusel lisada komponente. Cactus Micro Rev2 arendusplaadi erinevate kanalite paigutus on toodud Lisas 1 [17].

2.2 Temperatuuriandurid

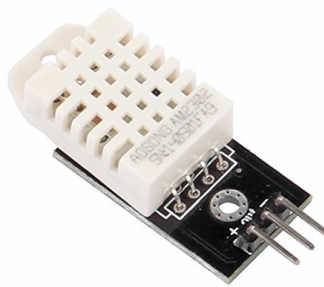
Leiliruumi ja välistemperatuuri mõõtmiseks on valitud veekindlad 1-Wire tüüpi temperatuuriandurid DS18B20 (Joonis 5), mis taluvad ka saunas olevat kuumust. Igal anduril on unikaalne 64-bitine kood, mis teeb võimalikuks mitme anduri ühele ja samale andmesiinile ühendamise. DS18B20 temperatuurianduri toiteallikas peab jääma vahemikku 3.0V – 5.5V. Valitud arendusplaadi Cactus Micro Rev2 puhul on toide 3.3V. Mõõtesiini ja toite vahele tuleb panna takisti, mis enamasti on 4.7 k Ω aga võib olla ka väiksem. Maksimaalne voolutarve on 1.5 mA. Anduri mõõtevahemik on -55°C – +125°C ja vahemikus -10°C – +85°C on mõõtetäpsus $\pm 0.5^\circ\text{C}$ [18]. Anduri ühendamiseks tuleb must juhe ühendada maaga (GND), punane juhe toitega (VCC). Kollane juhe on andmesiin (DATA).



Joonis 5. Temperatuuriandur DS18B20 [19].

2.3 Temperatuuri- ja niiskusandur

Niiskusandurina on kasutusel DHT22/AM2302, mis mõõdab ka temperatuuri (Joonis 6). Anduri toiteallikas peab olema vahemikus 3.0V – 5.5V, antud juhul on toide 3.3V. Maksimaalne voolutarve on 2.5 mA. Andur suudab mõõta relatiivset niiskust vahemikus 0% – 99.9%. Temperatuuri mõõtevahemik on -40°C – +80°C [20]. Selline andur sobib väga hästi siseruumi kliima seireks.



Joonis 6. Temperatuuri- ja niiskusanur DHT22/AM2302 [21].

2.4 Relee

Tsirkulatsioonipumba juhtimiseks on kasutusel relee SRD-DC03V-SL-C (Joonis 7). Relee tööpinge on 3V/3.3V ning suudab juhtida kuni 10A 250V vahelduvvoolu. Releele on sisse ehitatud optopaar, mis kaitseb mikrokontrollerit läbilöögi eest [22].



Joonis 7. Relee SRD-DC03V-SL-C [23].

Kasutuses oleva tsirkulatsioonipumba, milleks on Seperoni SCR 25/60-130, maksimaalne voolutarve on 0.35A [24, p. 8]. Seega valitud relee on piisav olemasoleva tsirkulatsioonipumba juhtimiseks.

2.5 LCD ekraan

Puhkeruumis paikneval juhtimissüsteemil on ekraanina kasutusel värviline 2.8 tolline SPI TFT ekraan (Joonis 8). Ekraan kasutab ILI9341 draiverit. Nähtav ala on 6.5x4.5 cm

ja resolutsioon on 320x240 pikslit ning töötab nii 5V kui ka 3.3V toitega [25]. Valitud ekraan on piisav, et kuvada mõõteandmeid ja pumba olekut.



Joonis 8. 2.8" 240x320 SPI TFT LCD [26].

2.6 Toitemoodul

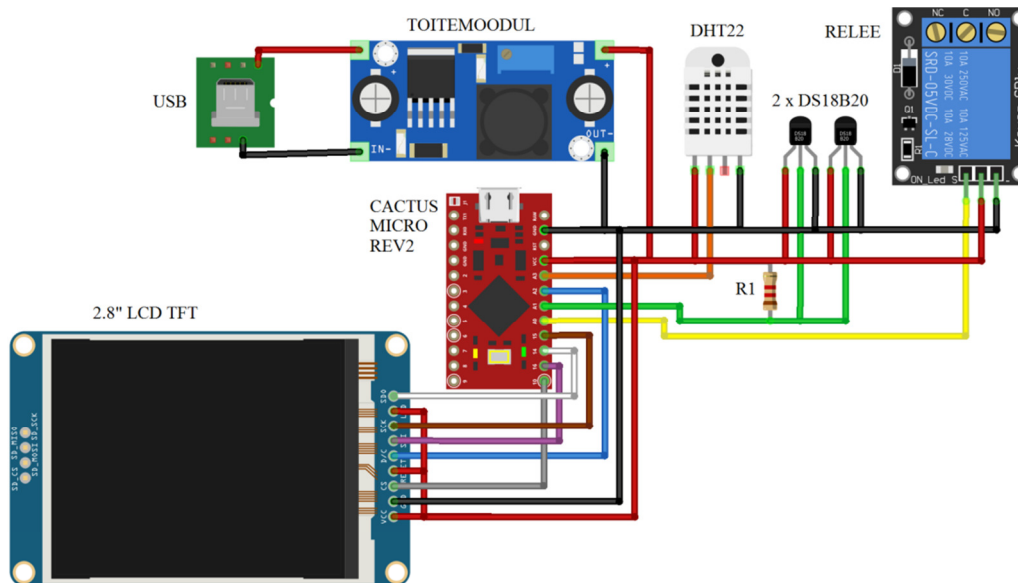
Toitemoodulina on kasutuses LM2596S DC-DC toitemoodul (Joonis 9). Sisendpinge võib olla vahemikus 3.2V – 40V ja väljundpinge saab olla 1.25V – 35V. Maksimaalne väljundvool on 3A [27]. Eraldi toitemoodul sai lisatud selleks, et mitte liigselt koormata arendusplaadi enda toitemoodulit ning kindlustada vajaliku toite olemasolu. Tulenevalt valitud arendusplaadist, mille toitepinge on 3.3 V, sai valitud ka teised komponendid sama pingega ning toitemoodul häälestatud sobivaks, reguleerides selleks potentsiomeetrit ja mõõtes samal ajal väljundpinget voltmeetriga.



Joonis 9. Toitemoodul LM2596S [28].

2.7 Ühendusskeem

Kogu süsteemi ühendusskeem on toodud järgmisel joonisel (Joonis 10).



Joonis 10. Juhtimissüsteemi ühendusskeem.

Tabel 5 on toodud ühendusskeemil (Joonis 10) olevate ühenduste seletused.

Tabel 5. Ühenduste seletused.

Värvus	Seletus
punane	VCC (+3.3 V)
must	GND (maa)
oranž	DHT22 andmesiin, ühendatud kontrolleri porti 21
roheline	1-Wire andurite andmesiin, ühendatud porti 19
kollane	relee juhtsiin, ühendatud porti 18
sinine	LCD D/C siin, ühendatud porti 20
pruun	LCD SCK siin, ühendatud porti 15 (SCLK)
valge	LCD SDO siin, ühendatud porto 14 (MISO)
lilla	LCD SDI siin, ühendatud porti 16 (MOSI)
hall	LCD CS siin, ühendatud porti 10

3 Tarkvara

Selles peatükis käsitletakse Arduino IDE keskkonnas loodud tarkvara. Tarkvara ülesandeks on suhelda anduritega, juhtida läbi relee tsirkulatsioonipumpa, saata mõõtetulemused ekraanile ning edastada andmeid läbi ESP8266 Wi-Fi mooduli IoT platvormile.

3.1 Suhtlus 1-Wire anduritega

Joonis 11 kirjeldab 1-Wire temperatuurianduritega suhtlemist. Esmalt on kasutatud avatud lähtekoodina saadavat teeki `OneWire.h` [29]. Selleks, et andurist saadud tulemust ei peaks ise hakkama kümnendsüsteemi konverteerima, on lisatud `DallasTemperature.h` [30] teek. Real 6 initsialiseeritakse 1-Wire andur, parameetriks on anduri port. Real 8 antakse 1-Wire andur üle `Dallas Temperature`'le ning real 12 käividakse andur. Rida 13 võimaldab määrata anduri resolutsiooni, mis vaikesi on 12 aga siin saab väärtuseks 9. Lahutusvõime saab olla vahemikus 9-12 bitti, kus 12 bitti on täpsem aga 9 bitti kiirema andmeedastusega. Real 17 loetakse pordi kõik temperatuurid ning real 19 küsitakse juba kindlat temperatuuri, andes parameetrina ette seadme aadressi. Temperatuuri küsimiseks võib parameetrina anda ka indeksi.

Kuna 1-Wire süsteem lubab samale siinile lisada mitu seadet, siis tuleb kindlustada, et küsitud temperatuur on saadud õigest seadmest. Võimalik on kasutada indeksit või seadme aadressi. Viimast on kindlam kasutada, sest see on igal seadmel unikaalne. Aadressi leidmiseks on kasutatud olemasolevat koodi [31].

```

1  #include <OneWire.h>                // OneWire Library
2  #include <DallasTemperature.h>     // DallasTemperature Library
3
4  #define ONE_WIRE_BUS 19            // Dallas pin
5
6  OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);     // Setup an OneWire instance
7
8  DallasTemperature sensors(&oneWire); // Pass OneWire reference to
Dallas Temperature.
9  DeviceAddress OutAddress = { 0x28, 0xFF, 0xBE, 0xBC, 0x62, 0x15,
0x01, 0x81 };
10
11 void setup(void) {
12     sensors.begin();                // Start sensors
13     sensors.setResolution(OutAddress, 9); // IC Default 12 bit, can
be 9 to 12
14 }
15
16 void loop() {
17     sensors.requestTemperatures();  // Read all temps on the
pin
18
19     tempOut = sensors.getTempC(OutAddress); // Temp (outside)
20 }

```

Joonis 11. Programmikood: 1-Wire temperatuuranduriga näidiskood.

3.2 Suhtlus temperatuuri- ja niiskusanduriga

Joonis 12 kirjeldab DHT22 anduri tööd, kus real 1 lisatakse DHT.h teek [32]. Real 6 initsialiseeritakse DHT andur, andes parameetritena ette pordi numbri ja selle pordiga ühendatud anduri tüübi. Kuna kasutuses on DHT22 andur, siis tüübiks on määratud DHT22 (rida 4) ning anduri andmesiin on ühendatud arendusplaadi porti 21 (rida 3). Real 9 käivitatakse sensor ning real 13 salvestatakse muutujale h andurist saadud niiskuse väärtus. Real 14 salvestatakse muutujatele t andurist saadud temperatuuri väärtus (°C). Fahrenheitides saadakse temperatuur kui anda ette parameetrina „true“ (dht.readTemperature(true)).

```

1  #include <DHT.h>                // DHT library
2
3  #define DHTPIN 21                // DHT sensor
connected to bin 21
4  #define DHTTYPE DHT22           // DHT sensor type is
DHT22
5
6  DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE)        // Initialize sensor
7
8  void setup(void) {
9      dht.begin();                // Start sensor
10 }
11
12 void loop() {
13     float h = dht.readHumidity(); // Read humidity
14     float t = dht.readTemperature(); // Read temperature
15 }

```

Joonis 12. Programmikood: DHT22 anduriga näidiskood.

3.3 Suhtlus releega

Releed saab juhtida läbi digitaalse väljundi, sest relee saab olla olekus sees või väljas. Joonis 13 kirjeldab relee juhtimist, kus real 5 esmalt määratakse releega ühendatud pordi režiimiks „OUTPUT“, kasutades funktsiooni `pinMode`. Edasine juhtimine käib funktsiooniga `digitalWrite`, kas siis „HIGH“ või „LOW“. Funktsiooni esimene parameeter on juhitava pordi number. Real 10 juhitakse relee kontaktid kokku, et käivitada tsirkulatsioonipump. Real 12 juhitakse relee kontaktid lahku, et seisata tsirkulatsioonipump.


```

1  int rel = 19;                // Relay connected to
digital pin 19
2
3  void setup(void)
4  {
5      pinMode(ledPin, OUTPUT); // Sets the digital pin as
output
6  }
7
8  void loop()
9  {
10     digitalWrite(rel, HIGH); // Sets the relay on
11     delay(10000);           // Waits for 10 seconds
12     digitalWrite(rel, LOW); // Sets the relay off
13     delay(10000);           // Waits for 10 seconds
14 }

```

Joonis 13. Programmikood: Relee juhtimise näidiskood.

3.4 Suhtlus LCD ekraaniga

Joonis 14 kirjeldab kontrolleri suhtlust LCD ekraaniga. Käesolevas töös on ekraanina kasutusel SPI liidesega seade, mis kasutab ILI9341 draiverit, seega tuleb esmalt lisada SPI.h [33] ja Adafruit_ILI9341.h [34] teegid. Cactus Micro arendusplaadil tuleb SPI ühenduse tarvis määrata vaid CS ja D/C pordid. MISO, MOSI ja SCLK on juba eeldefineeritud. Real 7 initsialiseeritakse ekraan ning real 10 see käivitatakse.

Kui ekraan on käivitatud, siis määratakse ekraani erinevad parameetrid nagu ekraani rotatsioon, teksti värv, taustavärv jne (Joonis 14, read 12 – 15). Teksti kuvamiseks tuleb seada kursori alguspunkt (Joonis 14, rida 19) ning väljastada soovitud tekst (Joonis 14, rida 20).

```

1  #include <Adafruit_ILI9341.h> // TFT Library
2  #include <SPI.h> // SPI Library
3
4  #define TFT_DC 20 // D/C connected to digital pin 20
5  #define TFT_CS 10 // CS connected to digital pin 10
6
7  Adafruit_ILI9341 tft = Adafruit_ILI9341(TFT_CS, TFT_DC); //
Initialize LCD
8
9  void setup(void) {
10     tft.begin(); // Start LCD
11     tft.fillScreen(ILI9341_BLACK); // Fill the
screen black
12     tft.setRotation(0); // 1 - land; 0 - port // Set rotation
to portrait
13     tft.setTextColor(ILI9341_WHITE, ILI9341_BLACK); // White text and
black background
14     tft.setTextWrap(false); // Don't wrap
text
15     tft.setTextSize(4.5); // Letters size
16 }
17
18 void loop() {
19     tft.setCursor(100, 100); // Set cursor position
20     tft.print("Tere!"); // Print text to the LCD
21 }

```

Joonis 14. Programmikood: Kommunikatsioon LCD ekraaniga.

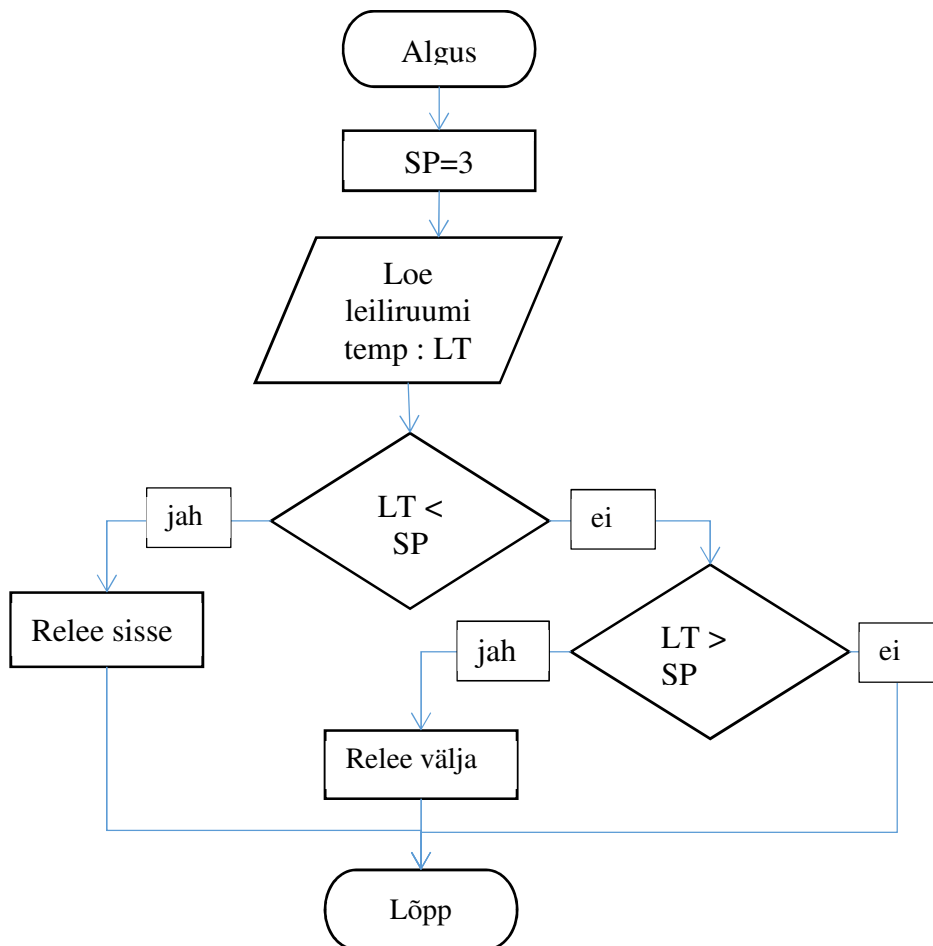
3.5 Suhtlus Wi-Fi mooduliga

Cactus Micro Rev2 arendusplaadil olev ESP8266 on vaikumisi espduino püsivaraga [35], mis on Arduinole loodud Wi-Fi teek. ESP8266 Wi-Fi mooduli kasutamiseks tuleb lisada espduino.h teek [36]. Järgmised sammud on Wi-Fi mooduli initsialiseerimine ning ühendamine olemasolevasse Wi-Fi võrku. Ühenduse loomiseks tuleb anda võrgu nimi ja parool. Kui ühendus on loodud, siis saab hakata andmeid üle Wi-Fi saatma.

Näidise loomiseks on kasutatud April Brother'i nädiskoodi [37], mis sai aluseks ka antud tööks.

3.6 Relee juhtimise loogika

Tsirkulatsioonipumba juhtimiseks on kasutusel relee, mis juhib tsirkulatsioonipumba toiteahelat. Kui leiliruumis olev temperatuur (LT) on etteantud temperatuurist ehk seadesuurusest (SP) madalam, siis tuleb tsirkulatsioonipumba käivitamiseks toiteahel sulgeda. Kui aga temperatuur leiliruumis on etteantust kõrgem, siis tuleb toiteahel avada ning tsirkulatsioonipumba töö peatub. Et vältida tsirkulatsioonipumba sagedast sisse- ja väljalülitamist on kasutusel hüsterees. Selline olukord võib tekkida siis kui temperatuur leiliruumis on etteantud seadesuuruse juures kõikumamas. Hüsterees saavutatakse anduri eraldusvõimega, mis on konfigureeritud kõige madalamaks (0.5°C). See tagab olukorras kus temperatuuri kõikumisel alla $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ relee olekut ei muudeta (Joonis 15).



Joonis 15. Tsirkulatsioonipumba juhtimise plokkskeem.

3.7 Arendusplaadile loodud programm

Arendusplaadile loodud programm, mis on lisatud tööle CD-plaadiga, hõlmas kõiki eelmistes alapeatükkides kirjeldatud koodilõike, lisaks tuli luua loogika relee juhtimiseks, mis on sõltuv leiliruumi temperatuurist. Teiseks oli vaja edastada mõõtetulemusi IoT platvormile, millest tuleb lähemalt juttu järgmises peatükis.

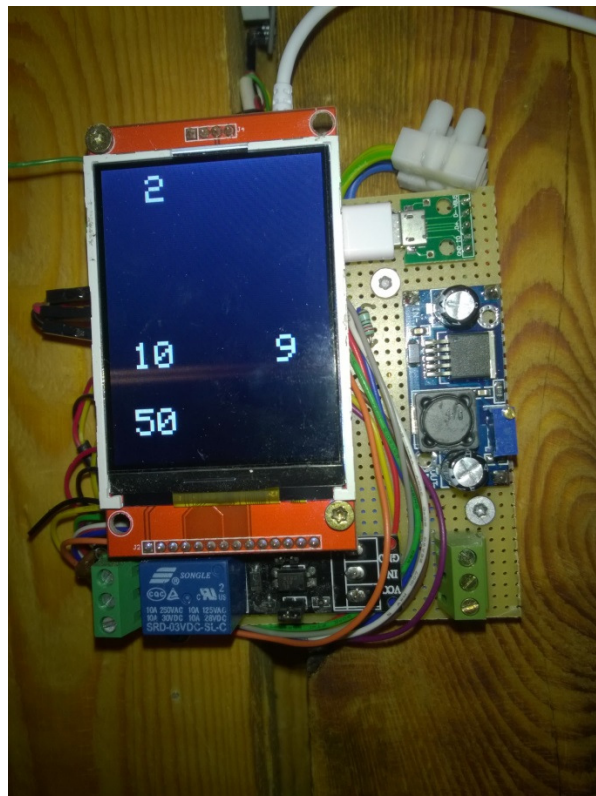
Loodud põhiprogrammi sisu on järgmine:

- Kui Wi-Fi ühendus on olemas, siis loe uued andmed anduritelt ning kuva need ekraanil. Juhul kui leiliruumis on temperatuur väiksem kui etteantud temperatuur, siis lülita relee sisse või kui on kõrgem kui etteantud, siis lülita relee välja. Kui andmed on loetud ja ekraanile kuvatud ning on kontrollitud leiliruumi temperatuur ja vastavalt näidule on juhitud releed, siis kontrolli, kas on aeg saata uusi andmeid IoT platvormile. Kui aeg on selleks käes, siis saada andmed IoT platvormile.
- Kui Wi-Fi ühendust pole, siis loe uued andmed anduritelt ning kuva need ekraanil. Juhul kui leiliruumis on temperatuur väiksem kui etteantud temperatuur, siis lülita relee sisse või kui on kõrgem kui etteantud, siis lülita relee välja.

Valminud juhtimisseade on näha Joonis 16. Seadme esiküljeks on õhuke metallplaat, millele on kleebitud pilt saunast. Plaadile on tehtud sisse avad, kust näeb mikrokontrollerist ekraanile edastatud andmeid nagu temperatuur õues (1), temperatuur leiliruumis (5), temperatuur puhkeruumis (2), niiskus puhkeruumis (3). Pumba tööst annab märku ruut (4), mis on pumba töötamise ajal punast värvi. Seadme välismõõtmed on: laius 181 mm, kõrgus 164 mm ja sügavus 45 mm. Juhtimisseade ilma katteta on Joonis 17.



Joonis 16. Töökäigus valminud juhtimisseade.



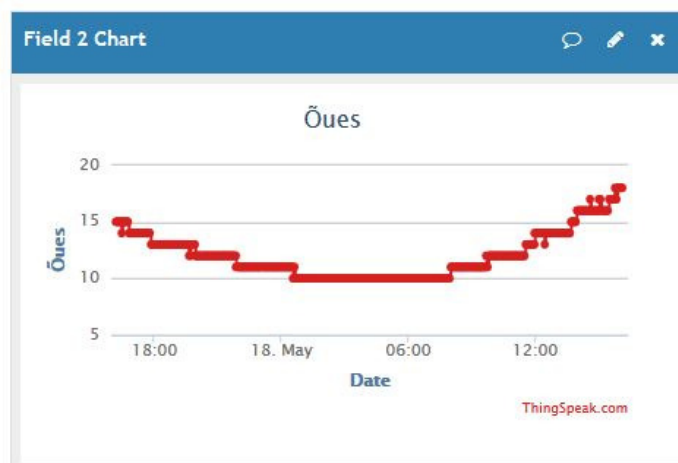
Joonis 17. Katteta juhtimisseade.

4 IoT platvorm

Antud peatükis käsitletakse valitud IoT platvormi. Platvormi valikul on lähtunud põhimõttest, et see oleks tasuta, lihtsasti rakendatav ja võimaldaks säilitada andmeid. Seatud tingimustele vastava platvormi valimisele oli abiks Rasmus Lelumees'i magistritöö „Vabavaraliste IoT pilveplatvormide võrdlus ja valitud platvormi rakendamine“, mille üks osa oligi vabavaraliste IoT pilveplatvormide võrdlus [38]. Tuginedes selle töö võrdluse kokkuvõttele [38, p. 35] ning käesolevas töös seatud tingimustele sai valitud IoT platvormiks ThingSpeak.

4.1 ThingSpeak

ThingSpeak on asjade interneti platvorm, mis võimaldab koguda ning salvestada erinevaid mõõteandmeid, mida seadmed sinna saadavad. Salvestatud andmeid on võimalik analüüsida ja visualiseerida MathWorks'i tarkvaraga MATLAB ning selleks pole eraldi litsentsi tarvis [39]. Esmalt tuleb ThingSpeak lehel ennast registreerida ning seejärel kanal luua. Kui kanal on loodud, saab hakata seda seadistama. Igal kanalil saab olla kuni 8 andmeid hoidvat välja. Lisaks on võimalik ka määrata, kas antud kanal on avalik või privaatne [40]. Edasi saab kujundada vaate. Joonis 18 näitab kuvatõmmist õues oleva temperatuurianduri mõõteandmetest, mis kuvab viimase 24 tunni jooksul kogutud andmed.



Joonis 18. Kuvatõmmis ThingSpeak keskkonnas visualiseeritud graafikust.

4.2 Suhtlus ThingSpeak platvormiga

Selleks, et saata mõõteandmeid arendusplaadilt ThingSpeak keskkonda on võimalik kasutada kas REST või MQTT protokoll. Nende kasutamiseks on loodud ThingSpeak keskkonnas nii REST API kui MQTT API.

1) REST API'ga on kasutusel järgmised päringud:

- GET
- POST
- PUT
- DELETE

Veel saab luua kanali ja uuendada selle sisu, uuendada juba eksisteerivat kanalit, tühjendada kanali sisu ning kustutada kanali.

2) MQTT API *Publish* meetodiga saab uuendada kanali sisu [41].

Lühidalt öeldes on kasulik REST API't kasutada siis, kui soovitakse kanalit luua või andmeid edastada ning MQTT API't siis, kui on ainult andmeid vaja edastada. Käesolevas töös on kasutusel REST API, kuigi piisaks ka MQTT kasutamisest, sest kontrolleri hetkel kanalit ei seadistata, vaid saadetakse uusi andmeid.

Joonis 19 [42]. kirjeldab suhtlust ThingSpeak platvormiga. Selleks, et kasutada REST päringuid on lisatud `rest.h` teek. Järgmiseks initsialiseeritakse REST ning tehakse REST kliendi algseadistus, määrates server ja suhtluskanal. Suhtluseks serveriga kasutatakse tavalise HTTP asemel turvalist HTTPS'i, mis kasutab 443 kanalit (rida 6). Edasi pannakse kokku päring, mis sisaldab tehtavat toimingut, kirjutamise API võtit ning väljasid koos väärtustega (rida 17). Kui päring on koos, siis see saadetakse (rida 19) ning kui saadetud päring õnnestub, saab vastuseks mitmes sisestus see oli (rida 21).

```

1  #include <rest.h>                // REST library
2  #define API_KEY "THINGSPEAKKEY" // ThingSpeak Write key
3  REST rest(&esp);                 // Initialize REST
4
5  void setup() {
6    if(!rest.begin("api.thingspeak.com", 443, true)) { // Use SSL
connection
7      Serial.println("ARDUINO: failed to setup rest client");
8      while(1);
9    }
10 }
11
12 void loop() {
13   char response[266];             // Define response
14   char buff[64];                 // Define request
15   char led[5];                   // LED
16   dtostrf(digitalRead(5), 0, 0, led); // Convert
17   sprintf(buff, "/update?api_key=%s&field1=%s", API_KEY, led);
// Generate request
18   Serial.println(buff);          // Print request
19   rest.get((const char*)buff);   // Send request
20
21   if(rest.getResponse(response, 266) == HTTP_STATUS_OK){
22     Serial.println(response);    // Print
response
23   }
24 }

```

Joonis 19. Programmikood: Näidiskood andmete saatmisest ThingSpeak platvormile.

5 Võimalikud edasiarendused

Võimalike edasiarendustena saab lisada temperatuurianduri sauna terrassil paiknevasse kümblustünni. Samuti vajab arendamist kontrollsüsteem, juhaks kui leiliruumi temperatuuriandur töötamast lakkab. Seda on ennekõike tarvis olukorraks, kus andur lakkab töötamast ajal kui köetakse sauna ja küttetorus liikuva vee temperatuur võib olla palju kõrgem kui 100°C. Selline olukord ei pruugi tsirkulatsioonipumbale hästi mõjuda, sest pumba maksimaalne töötamistemperatuur on 110°C.

Märksa huvitavam edasiarendus on ennustada ligikaudset aega, millal saunalaval on saavutatud soovitud temperatuur, kasutades selleks antud ajahetkel olevaid temperatuure. Ennustus põhineks IoT platvormile saadetud andmetel, mis on varem kogutud. Hetkel toimub selleks edasiarenduseks andmete kogumine.

Esmalt aga tuleks uurida ThingSpeak'i olemasolevaid võimalusi nagu React, ThingHTTP [43], et teavitada näiteks sellest kui saunalaval on soovitud temperatuur saavutatud ning aeg on minna sauna või hoopis sellest, et leiliruumis on temperatuur langenud nii madalale ja tsirkulatsioonipump lülitati tööle.

6 Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö käigus loodi saunahoonesse Arduino platvormil toimiv juhtimissüsteem, mis aitab vältida talvisel ajal kütmata leiliruumis olevate veetorude lõhkikülmumist. Samuti suudab süsteem kuvada arendusplaadiga ühendatud ekraanile mõõteandmeid ning neid ka üle Wi-Fi võrgu edastada IoT platvormile, mis teeb võimalikuks jälgida hetkeseisu üle veebi. Lisaks hetketulemustele saab näha ka varasemaid mõõtetulemusi.

Töös leiti esmalt sobiv arendusplaat, milleks osutus Hiina ettevõtte April Brother'i arendusplaat Cactus Micro Rev2. Edasi leiti valitud arendusplaadile sobilikud andurid ning täiturid, mis taluvad niiskust ja kuumust. Kõige lõpuks arendati tarkvara, mis loeb andurite mõõteandmeid ning edastab need arendusplaadiga ühendatud ekraanile. Kasutades leiliruumis oleva temperatuurianduri mõõtetulemusi juhitakse külmal ajal tsirkulatsioonipumba tööd, et vältida torus oleva vee külmumist. Andmete veebis kuvamiseks ja säilitamiseks valiti IoT platvorm nimega ThingSpeak, kuhu andmed jõuavad läbi arendusplaadil oleva Wi-Fi mooduli, kasutades selleks olemasolevat kodust Wi-Fi võrku.

Sellela on töös täidetud kõik sissejuhatuses püstidatud ülesanded ja kitsendused.

Kasutatud kirjandus

- [1] Habicht, T. Eesti saun. 3. ümbertöötatud ja uuesti kujundatud trükk. Tallinn : TEA Kirjastus, 2014.
- [2] Arduino MICRO & Genuino MICRO. [WWW] <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMicro> (14.05.2017)
- [3] ATmega16U4/ATmega32U4. [WWW] http://www.atmel.com/Images/Atmel-7766-8-bit-AVR-ATmega16U4-32U4_Datasheet.pdf (14.05.2017)
- [4] Arduino - Software. [WWW] <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> (25.04.2017)
- [5] Arduino Micro - Arduino Genuino. [WWW] <https://store.arduino.cc/arduino-micro> (14.05.2017)
- [6] Genuino Micro foto. [WWW] https://store-cdn.arduino.cc/uni/catalog/product/cache/1/image/f8876a31b63532bbba4e781c30024a0a/G/B/GBX00053_featured_2.jpg (14.05.2017)
- [7] ESP8266 Datasheet. [WWW] <http://download.arduino.org/products/UNOWIFI/0A-ESP8266-Datasheet-EN-v4.3.pdf> (14.05.2017)
- [8] ESP8266 ESP-03 Serial WIFI Module. [WWW] <http://www.ebay.com/itm/1PCS-ESP8266-ESP-03-Serial-WIFI-Module-Wireless-Transceiver-Send-Receive-NEW-/381374501949> (15.05.2017)
- [9] Arduino YUN MINI. [WWW] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYunMini> (15.05.2017)
- [10] Atheros AR9331 Data Sheet. [WWW] https://www.openhacks.com/uploads/productos/ar9331_datasheet.pdf (15.05.2017)
- [11] OpenWrt. [WWW] <https://openwrt.org> (16.05.2017)
- [12] Arduino Yun Mini. [WWW] <https://store.arduino.cc/arduino-yun-mini> (15.05.2017)
- [13] Arduino Yun Mini foto. [WWW] https://store-cdn.arduino.cc/uni/catalog/product/cache/1/image/1800x/ea1ef423b933d797cfca49bc5855eef6/A/0/A000108-Arduino_Yun_Mini_1front_2.jpg (15.05.2017)
- [14] Cactus Micro Rev2. [WWW] http://wiki.aprbrother.com/wiki/Cactus_Micro_Rev2 (14.05.2017)
- [15] Cactus Micro Rev2. [WWW] <https://blog.aprbrother.com/product/cactus-micro-rev2> (14.05.2017)
- [16] Cactus Micro Rev2 foto. [WWW] https://d3s5r33r268y59.cloudfront.net/43582/products/thumbs/2015-07-03T08:03:38.429Z-cactusN1-.jpg.855x570_q85_pad_rcrop.jpg (14.05.2017)
- [17] Cactus Micro Rev2 Pinouts. [WWW] <http://7fvk57.com1.z0.glob.clouddn.com/pinouts-txt.jpg> (13.05.2017)

- [18] DS18B20 Datasheet. [WWW] <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/DS18B20.pdf> (09.05.2017)
- [19] DS18B20 foto. [WWW] http://www.esp8266basic.com/uploads/1/2/6/2/12629375/s959248005716299134_p8_i1_w500.jpeg (09.05.2017)
- [20] Temperature and humidity module AM2302 Product Manual. Aosong, [WWW] <http://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/AM2302.pdf> (09.05.2017)
- [21] DHT22/AM2302 foto. [WWW] <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/41UifghujKL.jpg> (12.05.2017)
- [22] eBay, 3V 3.3V Relay High Level Driver Module optocoupler Relay Module for Arduino. [WWW] <http://www.ebay.com/itm/3V-3-3V-Relay-High-Level-Driver-Module-optocouple-Relay-Module-for-Arduino-/361970407697> (14.05.2017)
- [23] Relee foto. [WWW] <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/41owZyeWfzL.jpg> (09.05.2017)
- [24] Circulating Pump. Seperoni, 2013. [WWW] http://www.speroni.it/force-download-catalog.php?file=_docpdf/Speroni_Catalogo_Circolatori_2013.pdf (22.05.2017)
- [25] eBay, New 2.8" 240x320 SPI TFT LCD Serial Port Module With PCB ILI9341 5V/3.3V. [WWW] <http://www.ebay.com/itm/New-2-8-240x320-SPI-TFT-LCD-Serial-Port-Module-With-PCB-ILI9341-5V-3-3V-/351336989066> (16.05.2017)
- [26] 2.8" TFT LCD foto. [WWW] <http://imgs.inkfrog.com/pix/ebayimage2012/37445-1.jpg> (16.05.2017)
- [27] Oomipood, Toitemoodul DC/DC step-down 3.2..40V/1.25..35V 15W LM2596S. [WWW] https://www.oomipood.ee/product/ps_step_down_2596_toitemoodul_dc_dc_step_down_3_2_40v_1_25_35v_15w_lm2 (16.05.2017)
- [28] Toitemooduli foto. [WWW] https://www.oomipood.ee/image/cache/catalog/PS-STEP-DOWN-2596_1-450x450.jpg (16.05.2017)
- [29] GitHub - PaulStoffregen/OneWire: Library for Dallas/Maxim 1-Wire Chips. [WWW] <https://github.com/PaulStoffregen/OneWire> (09.05.2017)
- [30] GitHub - milesburton/Arduino-Temperature-Control-Library: Arduino plug and go library for the Maxim (previously Dallas) DS18B20 (and similar) temperature ICs. [WWW] <https://github.com/milesburton/Arduino-Temperature-Control-Library> (09.05.2017)
- [31] Arduino 1-Wire Address Finder. [WWW] <https://www.hacktronics.com/Tutorials/arduino-1-wire-address-finder.html> (18.05.2017)
- [32] GitHub - adafruit/DHT-sensor-library: Arduino library for DHT11DHT22, etc Temp & Humidity Sensors. [WWW] <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library> (18.05.2017)
- [33] Arduino - SPI. [WWW] <https://www.arduino.cc/en/Reference/SPI> (18.05.2017)
- [34] GitHub - adafruit/Adafruit_ILI9341: Library for Adafruit ILI9341 displays. [WWW] https://github.com/adafruit/Adafruit_ILI9341 (18.05.2017)
- [35] Cactus Micro Starter Guide - Wiki for April Brother. [WWW] http://wiki.aprbrother.com/wiki/Cactus_Micro_Starter_Guide (18.05.2017)
- [36] GitHub - AprilBrother/espduino: Modified version espduino library network

- client (mqtt, restful) for Cactus Micro Rev2. [WWW]
<https://github.com/AprilBrother/espduino> (18.05.2017)
- [37] espduino/thingspeak.ino at master · AprilBrother/espduino · GitHub. [WWW]
<https://github.com/AprilBrother/espduino/blob/master/examples/thingspeak/thingspeak.ino> (18.05.2017)
- [38] Lelumees, R. Vabavaraalaste IoT pilveplatvormide võrdlus ja valitud platvormi rakendamine. Tallinn, Tallinna Tehnikaülikool, 2017.
- [39] IoT Analytics - ThingSpeak. [WWW] <https://thingspeak.com/> (18.05.2017)
- [40] Collect Data in a New Channel - MATLAB & Simulink - MathWorks Nordic. [WWW] <https://se.mathworks.com/help/thingspeak/collect-data-in-a-new-channel.html> (18.05.2017)
- [41] Channels and Charts API - MATLAB & Simulink - MathWorks Nordic. [WWW] <https://se.mathworks.com/help/thingspeak/channels-and-charts-api.html> (21.05.2017)
- [42] espduino/thingspeak.ino at master · AprilBrother/espduino · GitHub. [WWW]
<https://github.com/AprilBrother/espduino/blob/master/examples/thingspeak/thingspeak.ino> (18.05.2017)
- [43] Apps - ThingSpeak. [WWW] <https://thingspeak.com/apps> (21.05.2017)

Lisa 1 – Cactus Micro Rev2 kanalid

