



MAANTEEAMET



AUTONOOMSEL TOITEL ILMAJAMAD JA TEEKAAMERAD

ARUANNE

Töö on koostatud Maanteeameti tehoiu arendamise osakonna tellimusel

Tallinn

2021-6

Projektijuht:

Stanislav Metlitski, AS Teede Tehnokeskus

Töös osalesid:

Andres Teder, AS Teede Tehnokeskus

Tanel Jairus, AS Teede Tehnokeskus

Märt Puust, AS Teede Tehnokeskus

Mihkel Tedremaa, Superhands OÜ

Alvar Pällo, Superhands OÜ

Alari Õis, Superhands OÜ

© Transpordiamet, 2021

Töö tellija on Transpordiamet, kuid töö tulemus ei pea olema kooskõlas Transpordiameti seisukohaga ega väljenda Transpordiameti poolt heakskiidetud arvamusi. Vastutus antud dokumendis toodud informatsiooni ja esitatud arvamuste eest lasub täies mahus töö teostajal. Tööd võib vabalt tervikuna tasuta kasutamiseks välja anda või tsiteerida allikale viidates.

Sisukord

Sisukord	3
1. Sissejuhatus	4
2. Seadmete valimise põhimõtted	5
3. Andurid	6
4. Teekaamera	7
5. Kontroller ja sideseade	9
6. Seadmete juhtimistarkvara loomine	9
7. Toiteseadmed	10
8. Andmeedastus	11
9. Andmeformaad	12
10. Seadmete paigaldus	13
9.1. Lõuna regiooni autonoomne teeilmajaam	13
9.2. Lääne regiooni autonoomne teeilmajaam	16
9.3. Ida regiooni autonoomne teeilmajaam	18
9.4. Põhja regiooni autonoomne teeilmajaam	20
10. Teeilmajaamade ja teekaamerate liidestamine	22
11. Tehniline analüüs	24
11.1. Voolutarbe mõõtmised	24
11.2. Andmeedastuse kvaliteet	26
11.3. Andmete kvaliteet	27
11.4. Kasutajate tagasiside	34
11.5. Seadmete tehnilised parameetrid	35
12. Kokkuvõtte	37

1. Sissejuhatus

Maanteeameti hooldevaldkonna tegevusprogrammis on aastateks 2019-2021 püstitatud eesmärgiks välja selgitada riigiteede korrashoiu ülesehituse võimalused tulevikus. Ühe tegevusena on kavandatud talviste ilmaolude ja teeseisundi jälgimine ajutistes mõõtmispunktides teisaldatavate seadmetega.

Talvisel maanteehooldusel on otsuste tegemisel olulise tähtsusega ilmastikuolude pidev jälgimine. Selleks on teemeistritel ja järelevalve töötajatel abiks teeilmajaamade (TIJ) infosüsteem (IS), mille rajamist alustati 1995. aastal. Alates 1999. a hakati varustama teeilmajaamu teekaameratega. Hiljem jätkati teekaamerate võrgustiku arendamisega teeilmajaamade võrgust eraldi, et tagada teedevõrgu parem kattuvus. Seoses kiire tehnoloogilise arenguga videokaamerate valdkonnas on oluliselt paranenud pildi kvaliteet ja nüüd isegi odavama klassi seadmetel on see piisav ilma- ja teeolude jälgimiseks. Selline olukord võimaldab oluliselt kasvatada teekaamerate võrku kasutades olemasolevat taristut. Näiteks kaamera kasutamine teeilmajaama lisasensorina aitab paremini tõlgendada teeilmajaama mõõtmisandmeid.

2020. a seisuga koosnes TIJ IS 76 teeilmajaamast ja 96 teekaamerast, mis asuvad peamiselt põhi- ja tugimaanteedel. Keskmiselt kahe teeilmajaama vahele jääb 25-30 km ja kahe teekaamera vahele 30-35 km. Vaatamata suhteliselt väikestele vahemaadele jäävad siiski mõned regioonid ja teed täiesti katmata. Isegi mõne põhitee puhul, kus on võrdlemisi suur liiklus, võib seadmete paigaldustihedus olla oluliselt madalam eelpool toodud keskmistest numbritest. Teedevõrgu ühtlane katmine võib olla omaette eesmärk, kuid see ei jõua kunagi sellise tasemini, et kõik vajalikud kohad on täiuslike ilmajaamadega varustatud. Esiteks selleks puudub finantsiline võimekus ning teiseks täisvarustuses ilmajaamade vastu ei ole igal pool vajadust.

Seadmete vajaduste kaardistamisel lähtutakse tavaliselt andmete potentsiaalsete kasutajate soovidest. Algselt toimus teeilmajaamade ja teekaamerate võrgu arendus Maanteeameti talihoole nõuete tagamise vajadustest lähtuvalt. Seadme asukoha valikut mõjutasid peamiselt tehnilised tingimused, näiteks kui lihtne on saada elektri- või sideühendust või kui turvaline on ümbritsev keskkond. Alati kõrvutati vajadusi ja võimalusi ning kui soovitud kohas sobivaid tingimusi ei olnud, siis jäi teeilmajaam paigaldamata või paigaldati see soovitud kohast eemale. Mõnikord teeilmajaam sattus kliimaatiliselt sobilikku kohta ja iseloomustas suuremat ala, teinekord aga ekstreemsemasse kohta ning iseloomustas väiksemat ala. Teadmine asukoha sobivusest tekkis alles siis kui jaam oli juba mõnda aega töötanud.

Tulenevalt liiklusjuhtimise vajadustest on TIJ IS arendamise fookus mõnevõrra laienenud. Uusi seadmeid paigaldatakse rohkem liiklusjuhitavatele lõikudele, kus seadmed mängivad olulist rolli kiiruspüüangute juhtimisel ja liiklejate hoiatamisel. Sellisel juhul võib teinekord täisvarustuses teeilmajaam sattuda kohta, mis ei ole kõige esinduslikum ümbritseva teedevõrgu suhtes.

Liiklusjuhitavad lõigud on peamiselt 3 ja 3+ seisunditasemega põhimaanteedel, kus juba täna on tagatud suhteliselt hea kattuvus teeilmajaamadega. 3 ja 3+ seisunditasemega teelõikude maht on viimastel aastatel kahekordistunud, kuid teeilmajaamade arv ei ole märkimisväärselt suurenenud. Tugi- ja kõrvalmaanteed on madalama seisunditasemega, seal ei ole liiklusjuhitavaid lõike ning ka liiklussagedus on väiksem. Sellegipoolest vajab ka seal teehooldaja nõuetekohase ja ühtlase talihoolduse kvaliteedi tagamiseks rohkem andmeid ilmastiku ja teeolude kohta.

Üks võimalus selliste kohtade katmiseks, kui täisvarustuses teeilmajaama paigaldus ei ole otstarbekas, on täiendavate mõõtmispunktide rajamine lihtsamate seadmetega.

Antud töö eesmärk oli leida optimaalne pool-autonoomne teeilmajaama lahendus, mis ei eeldaks liitumist elektrivõrguga, mis oleks suuteline töötama kasutades vaid tänavavalgustuse elektritoidet ja

mida oleks vajadusel suhteliselt lihtne ümber paigaldada. Töö käigus tarniti ja paigaldati riigiteedele neli uut teeilmajaama, igasse Maanteeameti regiooni üks teeilmajaam.

Kasutades käesoleva töö käigus saadud kogemusi, toite optimeerimise lahendusi ning seades seadmete üheks valikukriteeriumiks nende energiatarbimise, on tulevikus võimalik luua seadmete komplekt, mis tagab selle autonoomsuse pikema aja jooksul. Sellise komplekti saab paigaldada täpselt sinna, kuhu soovitatakse. Kogutud andmestiku pealt saab juba edasi otsustada täisvarustuses teeilmajaama paigalduse vajadust.

Teeilmajaamade võrk vajab kaasajastamist, nii olemasolevate seadmete uuendamise kui ka uute mõõtepunktide rajamise näol. Uute mõõtepunktide rajamine on vajalik riigiteedel valitsevate teeolude kohta kvaliteetsema info saamiseks. Autonoomsed seadmed on kiirem ja majanduslikult soodsam lahendus antud eesmärkide saavutamiseks.

Projekti raames komplekteeriti teeilmajaamad mõõtmis-, toite-, ja sideseadmetega ning kaameratega, loodi seadmete juhtimistarkvara ja andmekogumise süsteem. Kogutud andmed ja pildid suunati teemastikku kajastatavatele veebilehtedele.

Käesolev aruanne annab ülevaate kasutatud tehnilistes lahendustes ja nende toimimisest ning soovitusi seadmete tehniliste parameetrite kohta.

2. Seadmete valimise põhimõtted

Töö eesmärgist lähtuvalt tuli leida optimaalne teeilmajaama lahendus, mis ei vaja püsitoidet, on lihtne paigaldada ja vajadusel ümber tõsta.

Teeilmajaama poolt mõõdetud andmed peavad lisaks ilmastikule iseloomustama ka teeolusid. See tähendab, et teeilmajaama koosseisu peab kuuluma vähemalt üks teeandur, mis mõõdab vähemalt teepinna temperatuuri. Tavaliselt mõõdetakse teepinna temperatuuri anduriga, mis on teepinnaga pidevas kontaktis. Alternatiiviks on kontaktivaba soojuskiirguse intensiivsuse mõõtmine. Sellisel mõõtmisel on omad eelised võrreldes traditsioonilise meetodiga. Kontaktivaba termomeetri kasutamisel on tagatud teeilmajaama paigalduse lihtsus ja mobiilsus ning seda on võrdlemisi lihtne ka hooldada.

Tavalise teeanduri puhul on vaja teeanduri kaabel vedada ilmajaama seadmekapist teekattes, millega alati kaasnevad kaevetööd ja teekatte lõikamine. Lisaks peab teeanduri paigalduse ajal tagama nõuetekohase ajutise liikluskorralduse. Teekattes paigaldatud teeandur fikseeritakse ning vuugid täidetakse. Selliselt paigaldatud teeanduri eemaldamine ja ümbertõstmine ei ole praktiliselt võimalik. Juhul, kui peaks tekkima vajadus teeilmajaama ümberpaigalduseks, tuleb alati arvestada uue teeanduri soetamisega ja paigaldusega ning kaasnevate kuludega.

Võttes arvesse eeltoodud asjaolusid, otsiti teeandur, mis mõõdab teepinna temperatuuri kontaktivabalt. Teeanduri valiku järel sobitati sellega teised andurid ja kaamera, et lahendus moodustaks ühtse terviku. Muude seadmete puhul lähtuti eeskätt nende tehnilistest näitajatest.

3. Andurid

Loodud teeilmajaam on varustatud õhutemperatuuri ja õhuniiskuse anduritega ning teepinna temperatuuri anduriga. Andurid on ühendatud kontrolloriga, millel on RS232 väljund ja 12/24 VDC toite sisend.

Andurid moodustavad kontrolloriga ühe terviku, mis lisaks eeltoodud parameetritele suudab määrata kastepunkti temperatuuri. Kastepunkti temperatuuri arvutus põhineb õhutemperatuuri ja niiskuse mõõtmistulemustel ja on tasakaalus ümbritseva õhu suhtes.

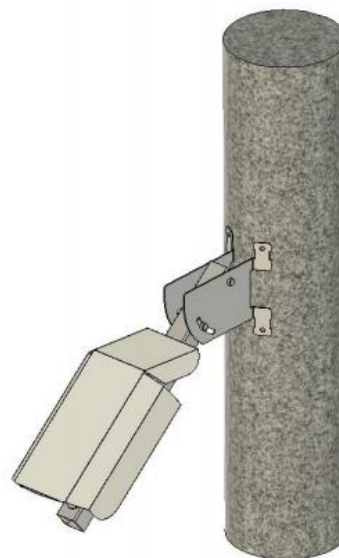
Andurite komplekt on spetsiaalselt toodetud Soome ettevõtte Teconer Oy poolt käesoleva projekti jaoks ja sellele on omistatud mudeli number RTD411RS.

Andurite elemendid on kaitstud ilmastiku ja päikese mõjude eest ning on kinnitatud roostevabast materialist reguleeritava nurgaga poomile. Poomi kinnitus võimaldab komplekti paigaldust praktiliselt igale kandurile (metallist koonusmastile, puupostile, sõrestikpostile jms).

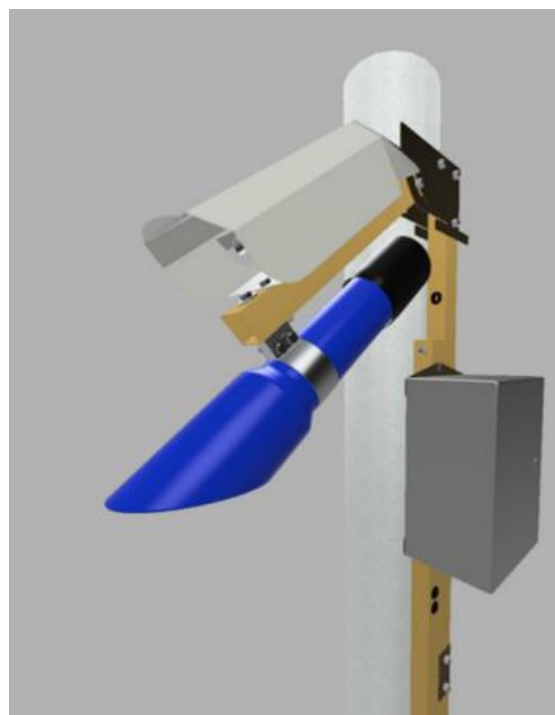
Andurite valiku tegemisel sai otsustavaks varasem kogemus Teconer Oy seadmetega, hea tootjapoolne tugi, avatud andmeside protokoll ja lihtne andmeformaad.

Valitud seadme tugevuseks on ka selle integreerimise võimalus mitu aastat Eestis kasutusel olnud ja hästi ennast õigustanud optiliste teeseisundi mõõteseadmetega RCM411.

Selliselt täiustatud seadmete komplekt võimaldab lisaks eelpool toodud parameetritele hinnata teeseisu (kuiv, niiske, märg, jää, lumi), mõõta vee- ja jääkihi paksust ning anda hinnangut teepinna karedusele. Sisuliselt muutuks teeseisu anduriga täiustatud komplekt teeilmajaamaks, mis rahuldaks ka liiklusjuhtimise vajadusi.



Joonis 1. Teconer RTD411RS postile kinnitatuna



Joonis 2. Teconer Oy optiline teeilmajaam

Tabel 1. RTD411RS olulisemad parameetrid

Temperatuuride mõõtetäpsus	+/- 0.3 °C
Õhuniiskuse mõõtetäpsus	+/- 2 %
Väljundid	RS232
Sisendpinge	12 / 24 VDC
Voolutarve	1 W
Mõõtmed	210 x 130 x 70 mm (L x W x H)
Töötemperatuur	-40 °C kuni 50 °C

4. Teekaamera

Teekaameraks valiti Uniview IPC2324EBR 4MP VF võrgukaamera, millel on nii päeva- kui ka öörežiimid ja integreeritud infrapuna valgusti. Kaamerast on võimalik küsida üksikuid pilte ja samal ajal oskab kaamera saata ka pilte eeldefineeritud FTP serverisse. Seejuures on failinimi vabalt konfigureeritav.

Tegemist on „Bullet“ tüüpi kaameraga, mis ei vaja täiendavat korpust ja samal ajal on mõeldud välitingimustesse, omab kõrget IP- kaitseastet ning talub madalaid temperatuure ilma lisakütteta, mis on olulise tähtsusega käesoleva töö eesmärkide juures.



Joonis 3. Uniview IPC2324EBR kaamera

Kaamera jagab ilmajaamaga sama kinnitust, millele on lisatud täiendav roostevabast materialist tugipoom. Kaamera vaatenurka saab vabalt reguleerida ja suunata nii otse teekattele kui ka näidata kaugemat perspektiivi.

Kaamera kasutab sideseadet piltide saatmiseks, mis on ühtlasi ka kaamera „päästik“. Selle rakendamisel saadab kaamera hetkepildi kokkulepitud kujul FTP serverisse. Sideseade vastutab piltide tegemise sageduse eest, edastades signaali kaamera "alarm in" sisendile.

General
Smart

Server Parameters

Server IP
217.146.69.34

Port No.
21

Username
d78962f206322

Password

Upload Images
☒

Overwrite Storage
☐

Overwrite At(image)
1000

Test
Test succeeded.

Snapshot Image

Save To

Root Directory

Disable \ \ Disable \ \ Disable \ \ Disable

File Name[400_][Date-YYYY][Date-MM][Date-DD][Time-HourMin].jpg

Separator Custom

No.	Naming Element
1	400_
2	Date-YYYY
3	Date-MM
4	Date-DD
5	Time-HourMin

Note:Overwrite will take place in the current directory.

Save

Joonis 4. Kuvatõmmis kaamera FTP seadistustest

Tabel 2. IPC2324EBR kaamera olulisemad parameetrid

Sensor, toetatud resolutsioonid	4MP, 2592×1520 pikslit, 2560×1440 pikslit, 1920×1080 pikslit
Säriaeg	1/100000 sekundit
Tundlikus	0.001 / F1.4
Sisendpinge	12 VDC
Voolutarve	9 W maksimaalne
Mõõtmed	253 x 86 x 72 mm (L x W x H)
Töötemperatuur	-35 °C kuni 60 °C
IP-kaitseaste	67

5. Kontroller ja sideseade

Sideseadmena kasutati Teltonika RUT955 tööstuslikuks otstarbeks mõeldud mobiilside ruuterit. Sideseadme valiku põhikriteeriumiteks olid töötemperatuur, operatsioonisüsteem ning laiad liidestamise võimalused.

RUT955 on mõeldud talvistes tingimustes kasutamiseks, toimib Linux operatsioonisüsteemi baasil ning omab erinevaid tööstuslikke sisendeid-väljundeid andurite ja kaamera liidestamiseks (RS-232, Digital I/O jm).

Selline tehniline valmidus loob eeldused sideseadme kasutamiseks ka tööstusliku kontrollerina. Integreeritud lahendus vähendab teeilmajaama voolutarvet, võimaldab kompaktsemat paigaldust ning vähendab teeilmajaama kogumaksumust.

Lisaks oli valiku tegemisel otsustavaks varasem kogemus Teltonika seadmetega, aktiivne tootjapoolne tugi ning digitaalsete SIM kaartide (eSIM) kasutamise võimalus tulevikus.



Joonis 5. Teltonika RUT955 ruuter

Sideseadmed varustati SIM kaartidega. Selleks sõlmiti andmeside lepingud mobiilsideteenuse pakkujaga ning täiendavalt telliti staatilise IP teenus, mis võimaldab pöörduda seadmetele otse, seadistada tööparameetreid ning ühendada seadmed kaughalduse rakendusega.

Tabel 3. Teltonika RUT955 ruuteri olulisemad näitajad

Mobiilside	4G (LTE), 3G, 2G
LAN	3 x LAN port, 10/100 Mbps
RAM	128 MB, DDR2
Välkmälu	16 MB SPI Flash
Positsioneerimine	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo ja QZSS
RS232	DB9 konnektor, RS232 koos RTS, CTS-iga
Sisendid	1 x digitaalsisend (0 - 3 V), 1 x galvaaniliselt eraldatud digitaalsisend (0 - 30 V), 1 x analoogsisend (0 - 24 V)
Väljundid	1 x transistorväljund (30 V, 250 mA), 1 x SPST releeväljund (40 V, 4 A)
Sisendpinge	9 – 30 VDC, kasutusel ka vastupolaarsuskaitse
Voolutarve	< 2 W ooteseisundis, < 7 W maksimaalne
Mõõtmed	100 x 110 x 50 mm (L x W x H)
Töötemperatuur	-40 °C kuni 75 °C

6. Seadmete juhtimistarkvara loomine

Kontrolleri eesmärk on juhtida kaamera tööd, pärida anduritest andmeid, seirata teeilmajaama toimimist ja aku pinget ning pidada sidet andmekogumise serveriga vastavalt seadistatud intervallile.

Tarkvara loomise juures tuli otsustada andmete kogumise ja edastamise põhimõtted. Kuna käesoleva uuringu eesmärgiks ei olnud serveripoolse andmekogumise tarkvara loomine, vaid teeilmajaama lahendus, mis edastab mõõtmistulemusi ja teekaamera pilti eeldefineeritud aadressidele, siis otsustati kasutada protokoll, mille puhul teeilmajaam loob ise ühenduse serveriga.

Täiendava funktsionaalsuse loomiseks kasutati Teltonika poolt võimaldatud tarkvara ja tööriistu:

- RUT955 User Scripts¹ – tehtud kasutades Bash-i. Eesmärk seadmete töö juhtimine, mõõtetulemuste kogumine, andmevahetuse tagamine.
- RUT955 Startup Script Management – eesmärk teeilmajaama käivitamisel mõõteprotsesside ja suhtluse käivitamine.

7. Toiteseadmed

Toiteseadmete valiku põhikriteeriumiteks olid nominaalpinge ja mahtuvus. Aku laadimiseks kasutatakse toidet tänavavalgustuse võrgust. Aku peab tagama lahenduse töö päevasel ajal, siis kui tänavavalgustus on välja lülitatud. Aku peab võimaldama laadimist ka miinuskraadidega.

Teeilmajaama põhikomponentide voolutarve on toodud järgmises tabelis. Voolutarve on mõõdetud keskmise väärtusega sisendpinge 12 V korral.

Tabel 4. Teeilmajaama komponentide voolutarve

Sideseade + andurid + kaamera (ilma IR valgusega) pildi tegemise hetkel	0,50 A
Sideseade + teeandur + kaamera (koos IR valgusega)	0,60 A
Sideseade + kaamera	0,19 A
Sideseade + andurid	0,20 A

24 tunni testi tulemusena valiti aku nominaalpingega 12 V ja mahtuvusega 18 Ah.

Aku laadija valiti lähtuvalt võimsusest, mis on vajalik seadmete toiteks ning aku laadimiseks kriitilistel hetketel. Aku laadimist teostab Victron Energy Blue Smart Charger 5A. Laadimiseks kasutatakse paigalduskohas olevat 230 V vahelduvvoolu.

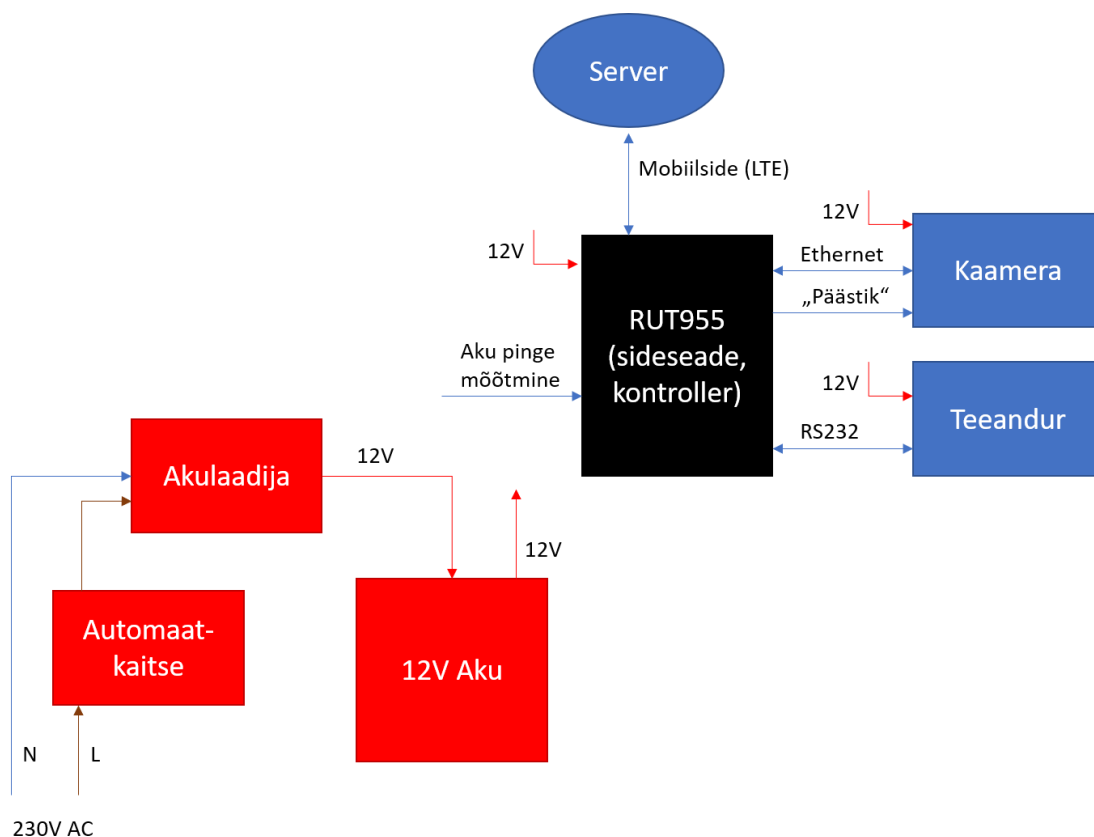


Joonis 6. Victron Energy Blue Smart Charger laadija

¹ https://wiki.teltonika-networks.com/view/RUT955_User_Scripts

Akupinget mõõdetakse RUT955 seadme analoogsisendi kaudu. Aku kaitsmiseks on süsteem varustatud alapinge kaitsmega. Voolutugevuse liigsul suurenemisel katkestatakse vooluahel automaatselt.

Teeilmajaama ühendusskeem on toodud joonisel 7



Joonis 7. Teeilmajaama ühendusskeem

8. Andmeedastus

Andurite poolt registreeritud andmed edastatakse RS232 jadaliidese kaudu RUT955 seadmele. Sisselülitamisel RTD411RS toodab CSV formaadis andmeid iga 10 sekundi tagant.

```
21.91, 22.25, 23.8, 1.0, 1 21.9, 12.94, 28.96, 56.9, 5.8, 3.3, 29.6,1018.0, 5.8, 7.8
21.93, 22.25, 23.8, 1.0, 1 21.9, 12.96, 29.52, 57.0, 5.7, 4.7, 29.6,1018.0, 5.7, 7.8
21.93, 22.23, 23.8, 1.0, 1 21.9, 12.96, 29.90, 56.9, 5.7, 4.0, 29.6,1018.0, 5.7, 7.7
... ..
```

Joonis 8. RTD411RS näidisandmed

Parameetrid S6, S7, S8 ja S9 vastavad õhu temperatuurile kraadides, kastepunkti temperatuurile kraadides, teepinna temperatuurile kraadides ning õhu suhtelisele niiskusele %-s.

Kaamera pilt edastatakse RUT955 seadmele üle Ethernet liidese. Pildi tegemine käivitatakse RUT955 poolt vastavalt eelseadistatud ajaintervallile releega kaamera alarmi sisendi lülitamise teel.

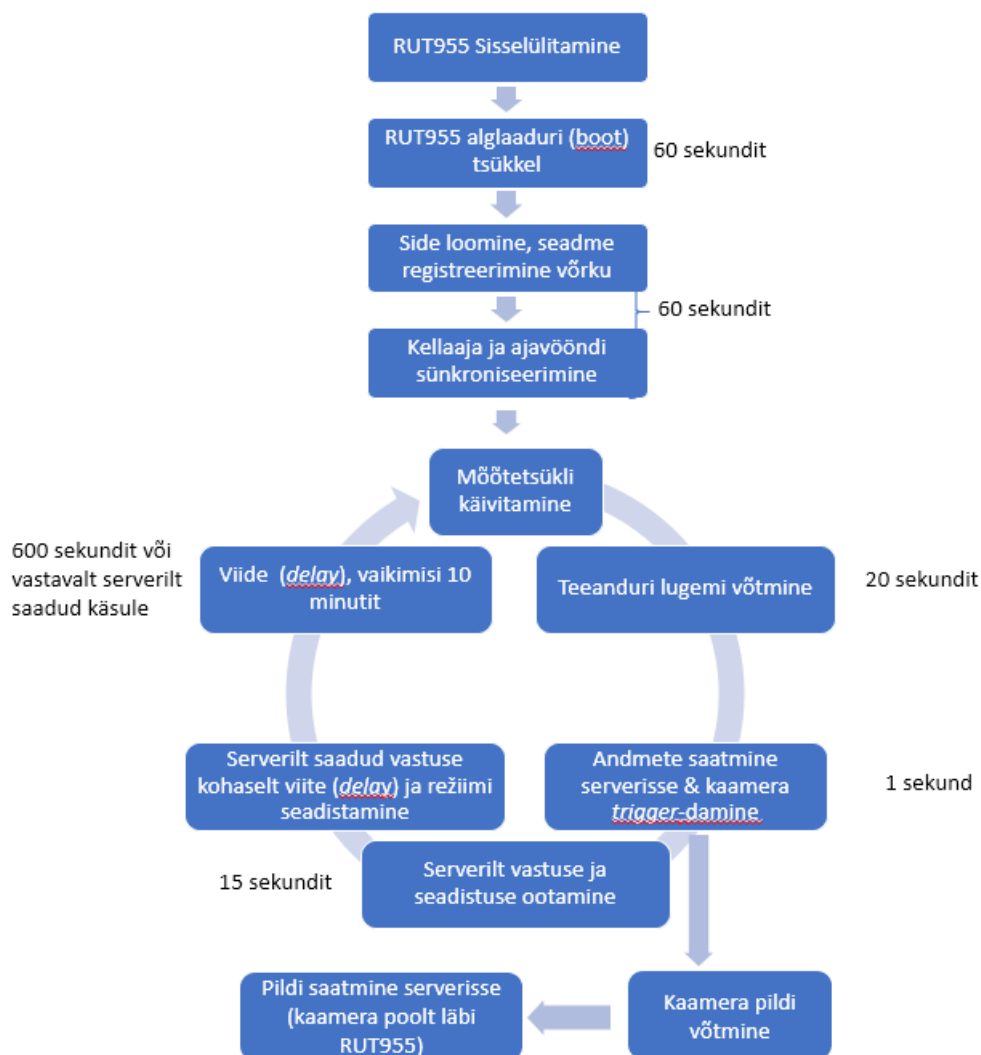
Andmed ja pilt saadetakse läbi mobiilside kanali (3G / 4G) FTP serverisse.

Mõõtetulemused edastatakse vastuvõtjale kindla intervalliga. Vastuvõtja asub aadressil <https://maant.ee/weatherlistener.php> Saadud andmed talletatakse andmelattu ning tehakse kättesaadavaks teeilmajaamade andmevärava kaudu <https://socket.teeilm.ee/>

Tagasiside kaudu on võimalik seadistada andmete edastuse intervalli, piltide edastuse intervalli ja muuta teeilmajaama staatust (katseline funktsioon, teeilmajaam püsib üleval järgmise postituseni/teeilmajaam läheb „magama“ järgmise postituseni).

Teekaamera pilt edastatakse FTP serverisse teeilm.teeinfo.ee ja tehakse kättesaadavaks teekaamerate andmevärava <http://socket.teeinfo.ee> kaudu. Andmeväravast laetakse pilt kõikidesse teistesse Maanteeameti süsteemidesse ja veebilehtedele olemasolevate liidestuste abil.

Teeilmajaama seadmete töövoog on toodud järgmisel diagrammil.



Joonis 8. Teeilmajaama töövoog diagramm

9. Andmeformaad

Mõõtmistulemuste edastamisel serverisse ja seadistuste küsimisel kasutatakse kokkulepitud JSON formaati.

POST to server { "data": string, "id": string, "ts": int, "ip": string, "whatIsMyIp": string }, kus

- "data": string, toored RTD411RS andmed;
- "id": string, seadme ID;
- "ts": int, UTC timestamp;
- "ip": string, WAN IP;
- "whatIsMyIp": string, avalik IP.

Näidis: {"data":"18.96, 19.17, 19.4, 1.0, 1, 17.7, -4.00, 1.30, 22.4, 2.2, 3.6, 13.4,1019.0, 2.2, 5.8","id":"400","ts":1607968065,"ip":"10.30.64.50","whatIsMyIp":"87.119.178.181"}

RESPONSE { "power": string, "intervalCamera": int, "intervalPost": int, }, kus

- "power": OFF -> seade läheb „magama” ON -> seade püsib üleval;
- "intervalCamera": mitme sekundi tagant kaamera pildi teeb ja edastab;
- "intervalPost": mitme sekundi tagant seade mõõtetulemusi edastab.

Näidis: {"power":"OFF","intervalCamera": 600,"intervalPost":600}

Pildi edastamisel FTP serverisse kasutatakse järgmist faili nime formaati:

xxx_YYYYmmddHHii.jpg , kus

- xxx = seadme ID;
- YYYYmmddHHii – aasta, kuu, päev, tund, minut.

Näidis: „400_202012161810.jpg“

10. Seadmete paigaldus

Vastavalt lähteülesandele tuli teeilmajaamad paigaldada nelja erineva regiooni riigiteedele. Ettepanekute kogumiseks küsitleti iga regiooni ühte riigiteede hooldajat. Soovitud teeilmajaamaade asukohtade ettepanekud kontrolliti kaardimaterjali alusel. Kontrolli tulemusena valiti kokku 3 asukohta Lõuna, Lääne ja Ida regioonis. Põhja regiooni teeilmajaama asukoht valiti lähtuvalt Transpordiameti teise uuringu „Erinevate haardetegurit ja teekatte olekut mõõtvate seadmete võrdlus” sõidukite marsruutidest. Enne teeilmajaamade paigaldust käidi kõik asukohad läbi, täpsustati tingimusi, tehti pilte ja mõõtmisi ning kooskõlastati paigaldused vastavate valdade esindajatega.

9.1. Lõuna regiooni autonoomne teeilmajaam



Joonis 9. Tee 36 Jõgeva-Mustvee maantee km 12.24 teeilmajaama asukoht

Teeilmajaama asukoht: Lat,Long: 58.806489, 26.523799; AKÖL 1480, talvine ST3.

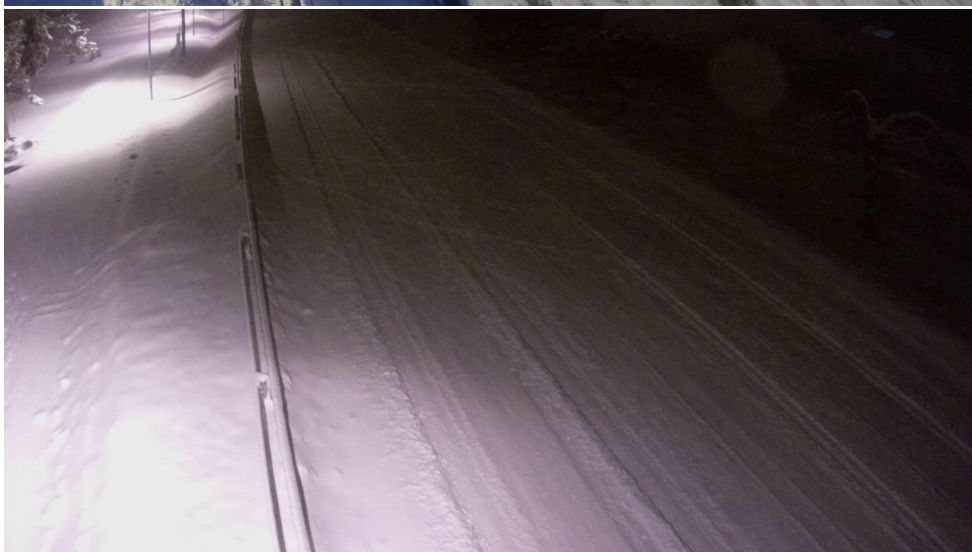
Ettepaneku esitas: AS TREV-2 Grupp.

Teeilmajaam paigaldati 2020.a detsembris tänavavalgustuse postile, kooskõlastades eelnevalt paigalduse Jõgeva vallaga. Toide võeti tänavavalgustuse liinist (valla finatseeritav). Teeilmajaam nimetati asukoha järgi „Laiusevälja“ ja ID numbriks määrati ID 401.



Joonis 10. Teeilmajaam ja teekaamera „Laiusevälja“ paigaldatuna tänavavalgustuse postile

Juba esimesel ööl selgus, et valgustus lülitatakse sisse öhtul kui valguse hulk langeb alla teatud läve ja välja kesköö paiku. Hommikul valgustus lülitakse sisse kell 6:15 ja välja siis kui valguse hulk ületab teatud läve. Vaatamata sellele, et valguse juhtimise tõttu jäi aku laadimistsükkel lühemaks, oli see siiski piisav, et tagada jaama vajalik autonoomsus.



Joonis 11. Valik „Laiusevälja“ teekaamera piltidest (päeval / öösel valgustus sees / öösel valgustus väljas)

9.2. Lääne regiooni autonoomne teeilmajaam



Joonis. 12 Tee 11230 Harju-Risti-Riguldi-Võntküla km 55.22 teeilmajaama asukoht

Teeilmajaama asukoht: Lat: Long 59.043676, 23.623202; AKÖL 1162, talvine ST2.

Ettepaneku esitas: OÜ Warren Safety.

Teeilmajaam paigaldati 2020.a detsembris tänavavalgustuse postile eelnevalt kooskõlastades paigaldust Lääne-Nigula vallaga. Toide võeti tänavavalgustuse liinist (valla finantseeritav). Teeilmajaam nimetati asukoha järgi „Sutlepa“ ja ID numbriks määrati ID 400.



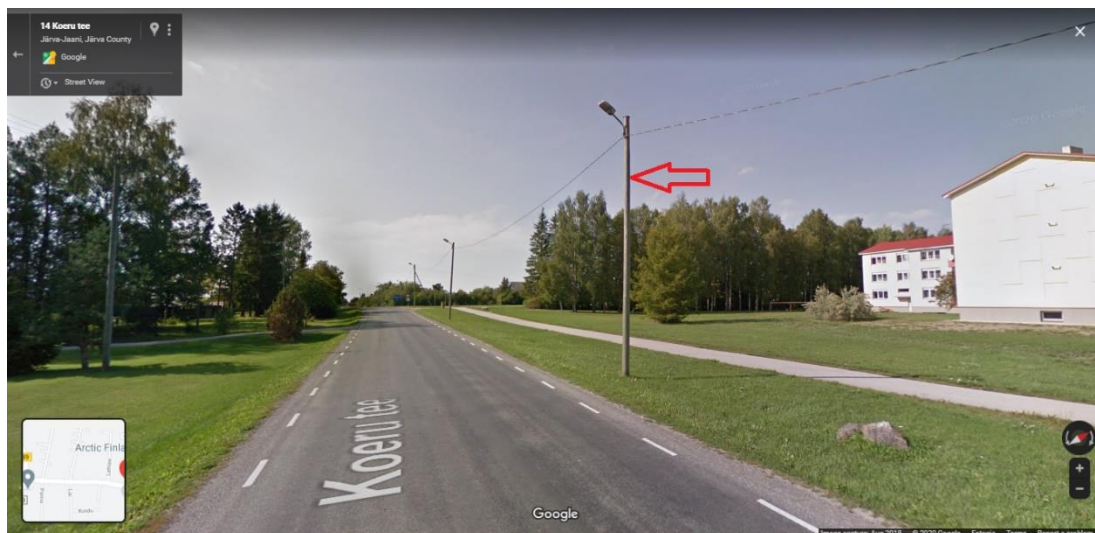
Joonis 13. Teeilmajaam ja teekaamera „Sutlepa“ paigaldatuna tänavavalgustuse postile



Joonis 14. Valik „Sutlepa“ teekaamera piltidest (päeval / öösel / kaamera objektiiv kaetud lumega).

Joonisel 14 toodud alumine pilt iseloomustab olukorda, millal suure lumesaju ajal on kaamera objektiiv kinni tuisanud. Kuna kaamera objektiivil puudub aktiivne soojendus, siis taolist pilti võib näha ka mitu tundi peale lumesaju lõppu. Soojendusega kaamerate kasutamine mõjutab oluliselt seadmete voolutarvet ja autonoomsust. Antud projekti raames ei oleks selliste kaamerate kasutamine olnud eesmärgipärane. Olukorda võib mõnevõrra parandada kaamera suuna ja nurga reguleerimisega.

9.3. Ida regiooni autonoomne teeilmajaam



Joonis 15. Tee 39 Tartu-Jõgeva-Aravete km 93.39 teeilmajaama asukoht

Teeilmajaama asukoht: Lat, Long: 59.033096, 25.884762; AKÖL 1633, talvine ST3.

Ettepaneku esitas: AS Tariston.

Teeilmajaam paigaldati 2020.a detsembris tänavavalgustuse postile eelnevalt kooskõlastades paigaldust Järva vallaga. Toide võeti tänavavalgustuse liinist (valla finantseeritav). Teeilmajaam nimetati asukoha järgi „Järva-Jaani“ ja ID numbriks määrati ID 402.



Joonis 16. Teeilmajaam ja teekaamera „Järva-Jaani“ paigaldatuna tänavavalgustuse postile



Joonis 17. Valik „Järva-Jaani“ teekaamera piltidest (päeval / öösel must valge valgustus sees / öösel värviline valgustus sees).

Järva-Jaanis lülitatakse valgustus sisse / välja võttes aluseks valguse hulka, erinevalt Laiuseväljast, kus öösel lülitati valgustus välja.

9.4. Põhja regiooni autonoomne teeilmajaam



Joonis 18. Tee 13 Jämsä – Käräville km 17.3 teeilmajaama asukoht

Teeilmajaama asukoht: Lat, Long: 59.378730, 25.456520; AKÖL 1847, talvine ST3.

Ettepaneku esitas: AS Teede Tehnokeskus

Teeilmajaam paigaldati 2021.a jaanuaris olemasoleva teekaamera postile. Toide võeti teekaamera toite liinist, tagades teeilmajaama püsitoide. Teeilmajaam nimetati asukoha järgi „Raudoja“ ja ID numbriks määrati ID 403.



Joonis 19. Teeilmajaam ja teekaamera „Raudoja“ paigaldatuna „Soodla“ teekaamera postile



Joonis 20. Valik „Raudoja“ teekaamera piltidest (päeval / öösel).

Teekaamerate tehnoloogilist arengut iseloomustavad hästi „Raudoja“ ja „Soodla“ teekaamerate pildid. Soodlas on kasutusel IQEye752 2MP IP päev/öö kaamera koos eraldiseisva IR valgustiga.



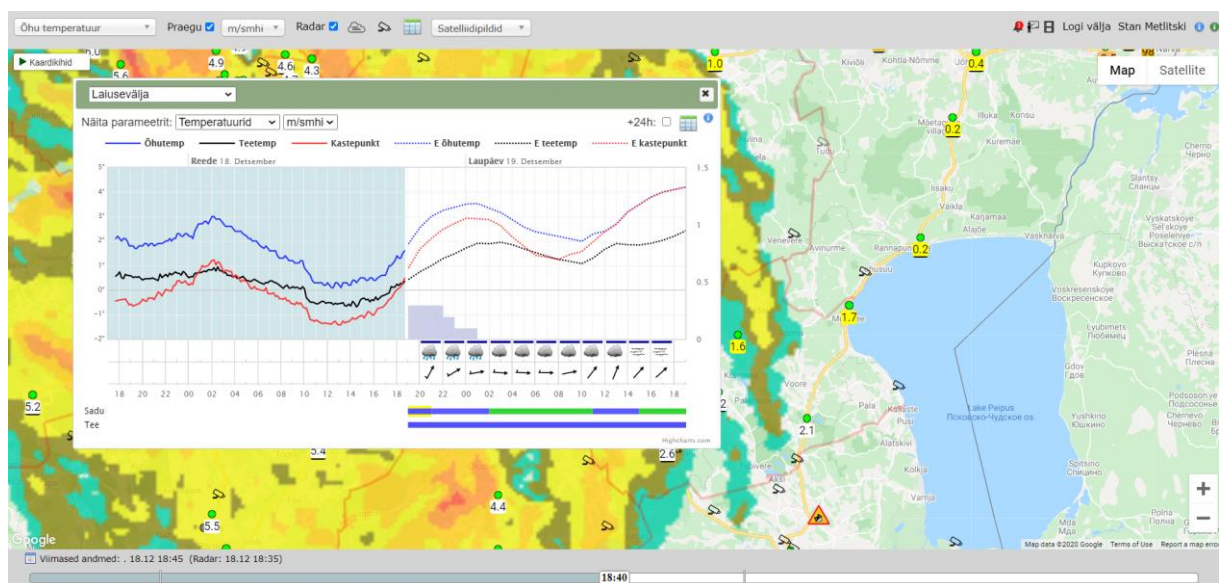
Joonis 21. „Soodla“ teekaamera pilt (öösel).

10. Teeilmajaamade ja teekaamerate liidestamine

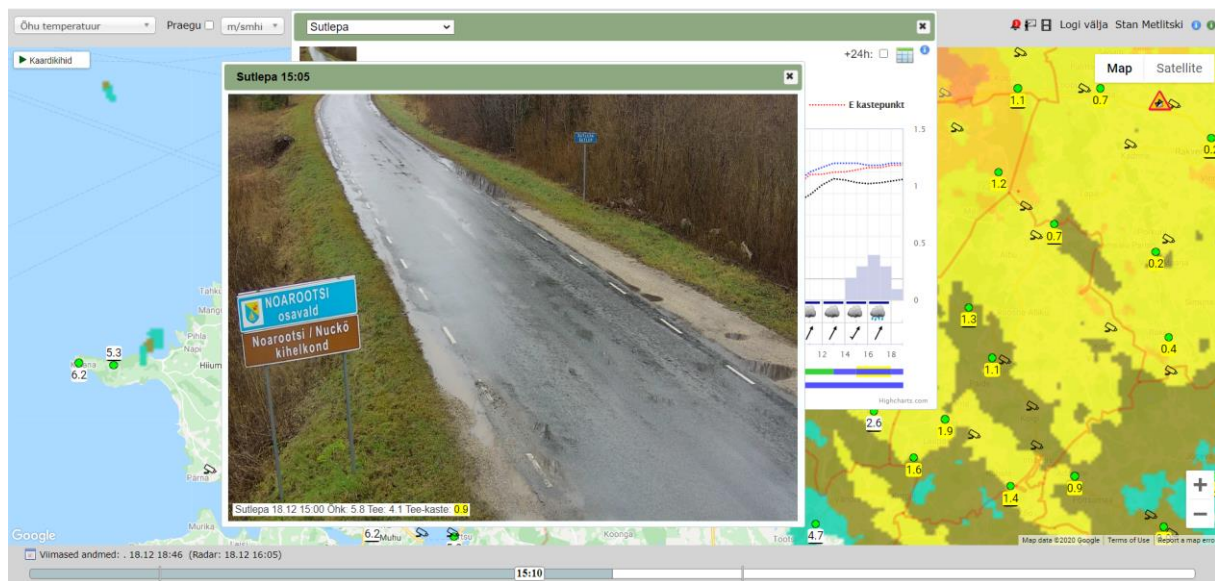
Teeilmajaamade mõõtetulemused edastatakse kindlale veebiaadressile seadistatud intervalliga. Saadud andmed talletatakse andmelattu ning tehakse kättesaadavaks teeilmajaamade andmevärava <https://socket.teeilm.ee/> kaudu.

Teekaamerate pildid edastatakse Transpordiameti FTP serverisse <ftp://teeilm.teeinfo.ee> ja tehakse kättesaadavaks teekaamerate andmevärava <http://socket.teeinfo.ee> kaudu.

TIK veebikeskkonna <https://tik.teeilm.ee> andmekorje teenus pärib andmeid ja pilte eelpool toodud andmeväravatest kasutades teeilmajaama ID koodi. Vastused talletatakse andmelattu ja kuvatakse veebirakenduses.

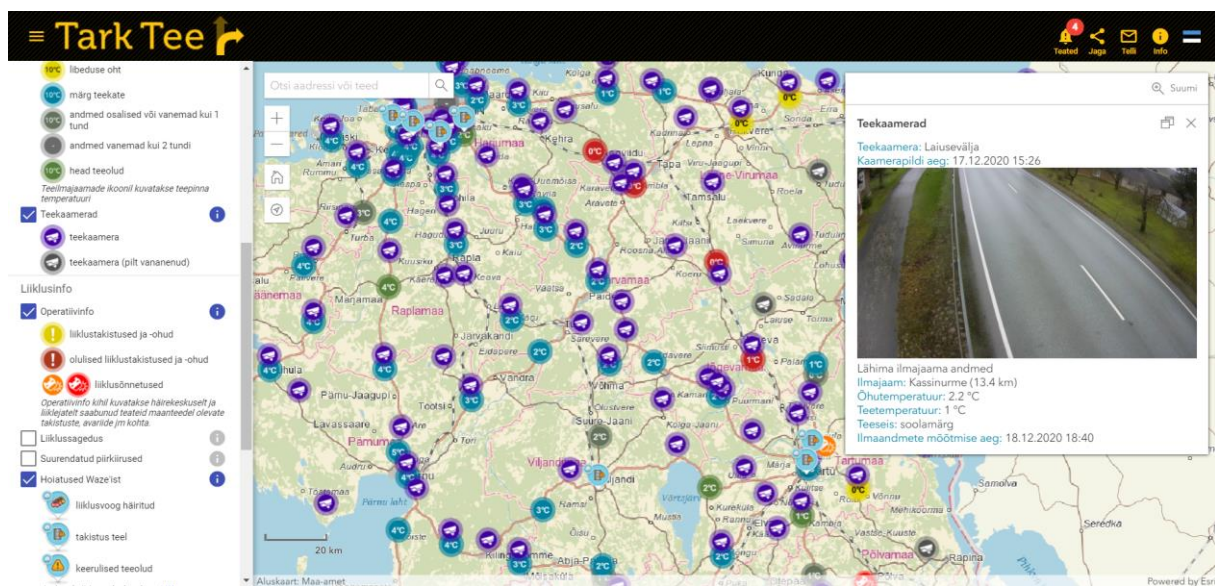


Joonis 22. Kuvatõmmis TIK veebikeskkonnast, „Laiusevälja“ teeilmajaam



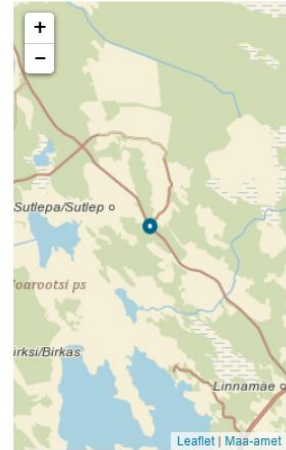
Joonis 23. Kuvatõmmis TIK veebikeskkonnast, „Sulepa“ teekaamera

Lisaks näidatakse teekaamerate pilte TarkTee <https://tarktee.mnt.ee/> ja Transpordiameti veebilehtedel. Mõlemad lehed kasutavad teekaamerate andmevõravat. Uute kaamerate lisandumisel päritakse nende pildid automaatselt.



Joonis 24. Kuvatõmmis TarkTee veebiportaalist, „Laiusevälja“ teekaamera

Sutlepa



Sutlepa

autonoomne

(18. detsember 2020 - 14:45)

Joonis 25. Kuvatõmmis Transpordiameti (Maanteeameti) veebilehelt, „Sutlepa“ teekaamera

Teeilmajaamade andmete näitamiseks Tark Tee lehel tuleb seadistada andmekorje <https://socket.teeilm.ee/> ja defineerida veebirakenduse poolel uute teeilmajaamade ID-d.

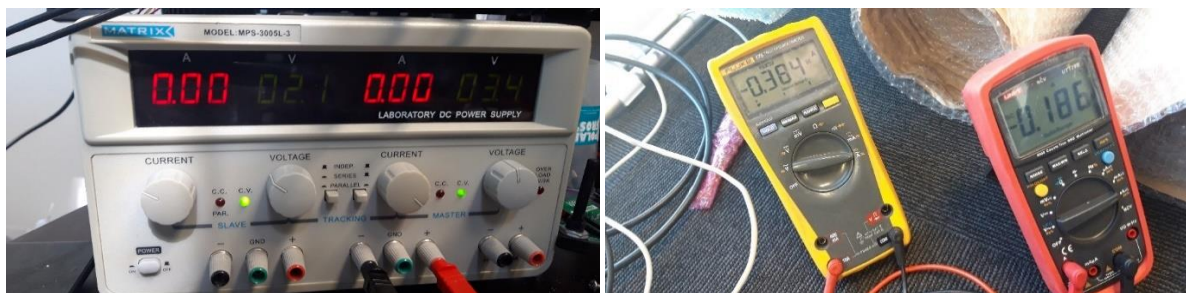
Maanteeameti teeilmajaamade veebilehel näol on tegemist vana süsteemiga, mis kasutab sisendiks kindlas formaadis andmeid esitatud eraldi TXT failidena FTP serveri kaudu. Tehnoloogiline võlg teeilmajaamade veebilehe puhul on küllaltki suur ning selle tasumine antud lahenduse juures ei ole otstarbekas, seda enam, et Transpordiamet planeerib lähiajal luua uue veebilehe.

11. Tehniline analüüs

11.1. Voolutarbe mõõtmised

Selgitamaks lahenduse ja selle võimalike laienduste voolutarvet viidi läbi akukestuse analüüs. Analüüsi tegemisel kasutati järgmised mõõtevahendid:

- Laboratoorne toiteplokk Matrix MPS-3005L-3
- Professionaalsed multimeetrid Fluke 175 ja UNI-T UT139B



Joonis 26. Mõõtevahendid

Mõõtmised ja arvutused näitasid, et teeilmajaam koos kaameraga on suutelised töötama autonoomselt, kasutades ainult aku toidet, sõltuvalt töötemperatuurist 30 - 37 tundi. Sisseehitatud infrapuna valgusti juhtimine annab täiendavalt 7 – 9 tundi autonoomsust.

Täiendavalt uuriti voolutarve muutust teoreetilise 20W infrapuna valgusti lisamisel ja selle kasutamise võimalikkust autonoomse toite puhul. Selgus, et täiendava valgusti lisamine kui seda lülitada sisse lühiajaliselt, vaid pildi tegemise ajal, ei mõjuta märkimisväärselt kogu lahenduse voolutarvet. Akukestvus väheneb alla 1 tundi. Sarnaselt mõjutas voolutarvet ka andmeedastuse intervalli vähendamine.

Akukestvuse arvutused on tehtud 12 V ja 18 Ah aku põhiselt.

Tabel 5. Voolutarve mõõtmistulemused ja akukestvuse arvutuse tulemused.

Lahendus	Nominaal, A	Pildistamisel, A	Pildistamise kestvus, s	Pildistamiste arv tunnis	Tarbimine tunni jooksul, A	Akukestvus, h	Akukestvus (-20%), h
TIJ + KAM ilma IR-ta, 10 min	0.39	0.50	2	6	0.39	46	37
TIJ + KAM + 1W IR pildistamisel, interval 10 min	0.39	0.58	2	6	0.39	46	37
TIJ + KAM + 1W IR pidevalt, interval 10 min	0.39	0.58	2	6	0.49	37	30
TIJ + KAM + 20 W IR pildistamisel, 10 min	0.39	2.16	3	6	0.40	45	36
TIJ + KAM + 20 W IR pidevalt, 10 min	0.39	2.16	3	6	1.28	14	11
TIJ + KAM ilma IR-ta, 1 min	0.39	0.50	2	60	0.39	46	37
KAM eraldi, 10 min	0.19	0.27	2	6	0.19	95	76
TIJ eraldi, 10 min	0.20	0.23	2	6	0.20	90	72

Pikemat akukestvust on võimalik saavutada kogu vooluahela juhtimisega. Sellise lahenduse puhul lülitatakse kõik teeilmajaama energiatarbijad mõõtmiste vaheliseks ajaks füüsiliselt vooluvõrgust välja ning lülitatakse tarkvaraliselt seadistatud aja möödumise järel mõõtmiste tegemiseks taaskord sisse.

Täiendava toitejuhtimise rakendamisel on võimalik 10 minutilise andmekogumise ja andmeedastuse intervalliga saavutada ligikaudu 6x pikem akukestvus ning ainult 1.7x pikem akukestvus ühe minutilise intervalliga.

Toitejuhtimislahenduse kasutuselevõtmisel tuleb hinnata nii juhtimistarkvara kui ka seadmete töökindlust. Seadmete pidev sisse-välja lülitamine ei tohi tekitada tarkvaralisi tõrkeid, veaolukordi jms. Aktiivsed protsessid tuleb lõpetada enne voolu väljalülitamist.

Tarbimist sisse-välja lülitamist juhtiv seade peab tarbima suurusjärgu võrra vähem voolu, kui tarbijad ise. Andmeedastuse intervalli seadistamisel tuleb veenduda, et lüliti sai õiged seadistused kätte ja on need salvestanud.

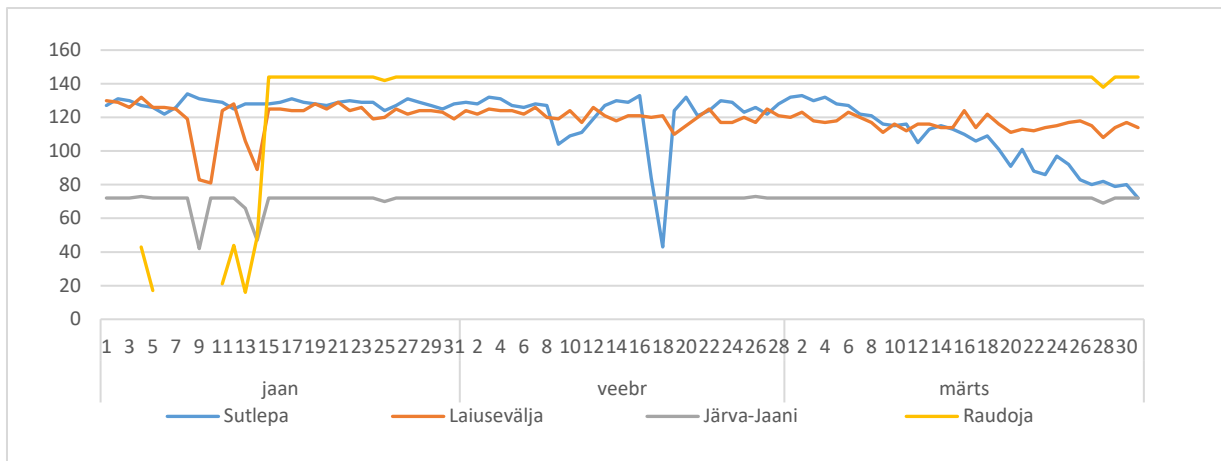
Antud projektis ei ole toitejuhtimist rakendatud etteantud parameetritega seadmete töökindluse tagamise keerukuse tõttu. Voolujuhtimisega lahenduse teoreetilised akukestvused on toodud järgmises tabelis.

Tabel 6. Akukestvuse arvutuse tulemused vooluahela juhtimise lisamisel

Lahendus	"DeepSleep" vool, A	Nominaal, A	Ärkveloleku aeg, s	Pildistamisel, A	Pildistamise kestvus, s	Pildistamiste arv tunnis	Tarbimine tunni jooksul, A	Akukestvus, h	Akukestvus (-20%), h
TIJ + KAM ilma IR-ta, 10 min	0.05	0.40	30	0.50	2	6	0.0678	265	212
TIJ + KAM + 1W IR pildistamisel, interval 10 min	0.05	0.40	30	0.58	2	6	0.0681	264	211
TIJ + KAM + 1W IR pidevalt, interval 10 min	0.05	0.40	30	0.58	2	6	0.0721	250	200
TIJ + KAM + 20 W IR pildistamisel, 10 min	0.05	0.40	30	2.16	3	6	0.0763	236	189
TIJ + KAM + 20 W IR pidevalt, 10 min	0.05	0.40	30	2.16	3	6	0.1115	161	129
TIJ + KAM ilma IR-ta, 1 min	0.05	0.40	30	0.50	2	60	0.2283	79	63
KAM eraldi, 10 min	0.05	0.40	30	0.27	2	6	0.0671	268	215
TIJ eraldi, 10 min	0.05	0.20	30	0.23	2	6	0.0576	313	250

11.2. Andmeedastuse kvaliteet

Andmeside kvaliteeti saab hinnata laekunud andmepakettide arvu alusel, võrreldes seda eeldatava andmepakettide arvuga. Võttes aluseks 10 minutise andmeedastuse intervalli on eeldatav pakettide arv ööpäevas 144. Järva-Jaanis kasutati 20 minutist andmeedastuse intervalli, millest tulenevalt on eeldatav pakettide arv 72. Andmeedastust iseloomustab järgmine graafik.



Joonis 27. Laekunud andmepakettide arv ajavahemikus 01/01/2021 – 31/03/2021

„Raudoja“ ja „Järva-Jaani“ teeilmajaamade andmeedastus oli stabiilne kogu vaadeldava perioodi jooksul. Jaamad olid alati kättesaadavad ning andmeedastus toimis laitmatult. Erinevalt sellest oli täheldatud 10% - 15% andmepakettide kadu „Sutlepa“ ja „Laiusevälja“ teeilmajaamade töös, mis oli seotud peamiselt mobiilside levi tugevusega valitud kohas.

„Sutlepa“ teeilmajaama tööd iseloomustab täiendav andmepakettide kadu alates märtsist, mis tulenes katkisest aku kaitse elektroonikast. Probleemse komponendi eesmärk on kaitsta akut liigse tühjenemise ning sellega seotud tagajärgede eest. Katkine kaitseheli oli jäänud piirpinge peale kinni ning ei lülitanud akut tagasi energiatarbimise režiimi, millest tingituna ei onud jaam osa ajast kättesaadav ning ei saatnud andmeid.

11.3. Andmete kvaliteet

Andmete kvaliteeti osas saab teha vaid üldiseid järeldusi, kuna samas kohas referentsandmestik puudus. Autonoomsete jaamade mõõtmistulemusi võrreldi kahe lähima statsionaarse teeilmajaamaga. Järgnevate graafikute lugemisel tuleb arvestada, et erinevates kohtades ilmaolud kuigivõrd erinevad ning mõõtmistulemused ei peagi täielikult kokku langema. Siiski üldised trendid peavad olema sarnased. Süstemaatiliste erinevuste tuvastamiseks tuleb neid täiendavalt uurida, korraldades võrdlusmõõtmisi nii labori- kui ka välitingimustes võimalikult erinevate temperatuuride juures.

Graafikutel 28 – 36 jaanuarikuu esimesel poolel ilmnenud piigid on seotud andmete vastuvõtutarkvaraga, mis luges saabuval andmeid valesti olukorras, kui vähemalt üks parameetritest oli andmepaketist puudu. Vastuvõtjat täiendati ja edaspidi seda tüüpi vigu ei täheldatud.

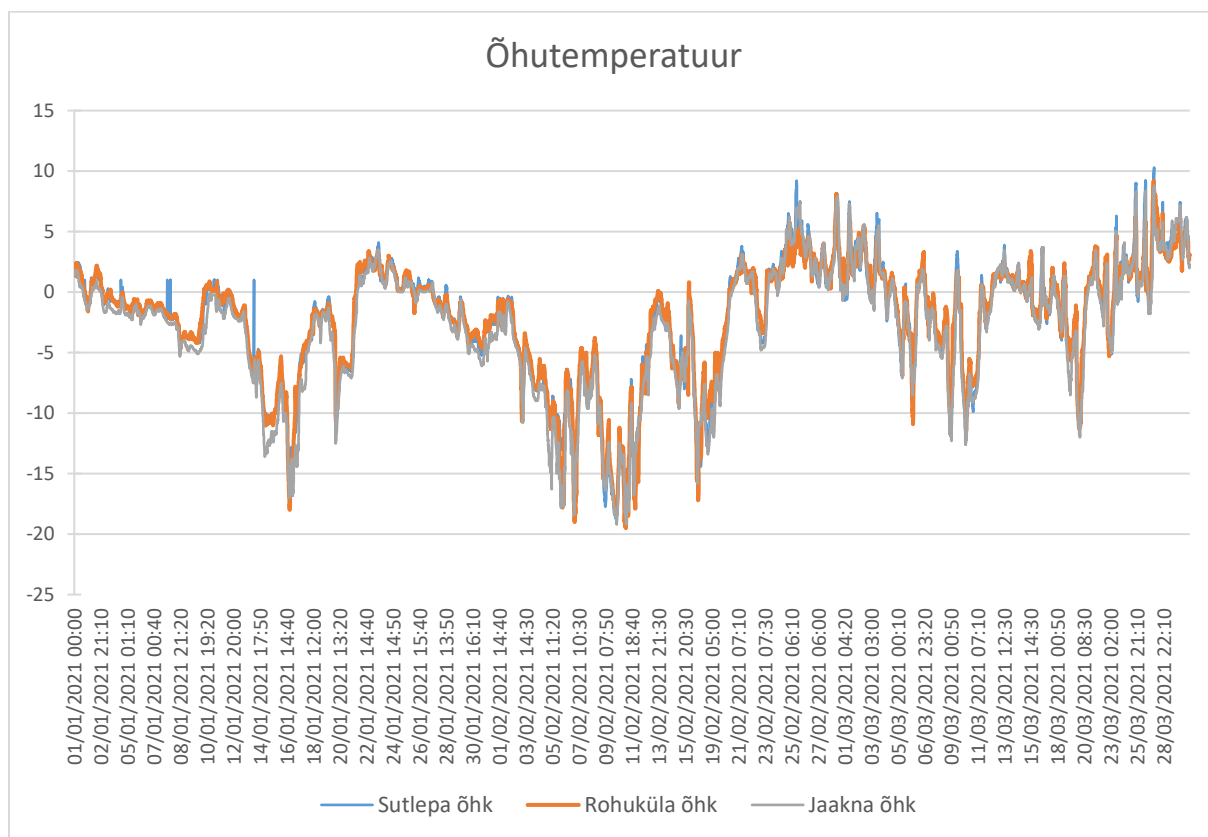
Õhutemperatuuri andmetes olulisi erinevusi ei täheldatud.

Tee temperatuuride võrdlemisel näitasid autonoomsed jaamad ümbritsevatest jaamades mõnevõrra madalamaid temperatuure. „Raudoja“ jaama puhul paistis erinevus rohkem välja. Tee temperatuuride võrdlusele tuleb arvestada, et statsionaarsed jaamad mõõdavad temperatuuri asfaltkatte pinnalt, optilised jaamad aga mõõdavad teepinna peal oleva kihi (nt vee- või lumekihi) temperatuuri. Objektivsete hinnangute andmiseks tuleb kaasata võrdlusesse vaid tee temperatuuri mõõtmise tulemused, mis on saadud kuiva teekatte korral.

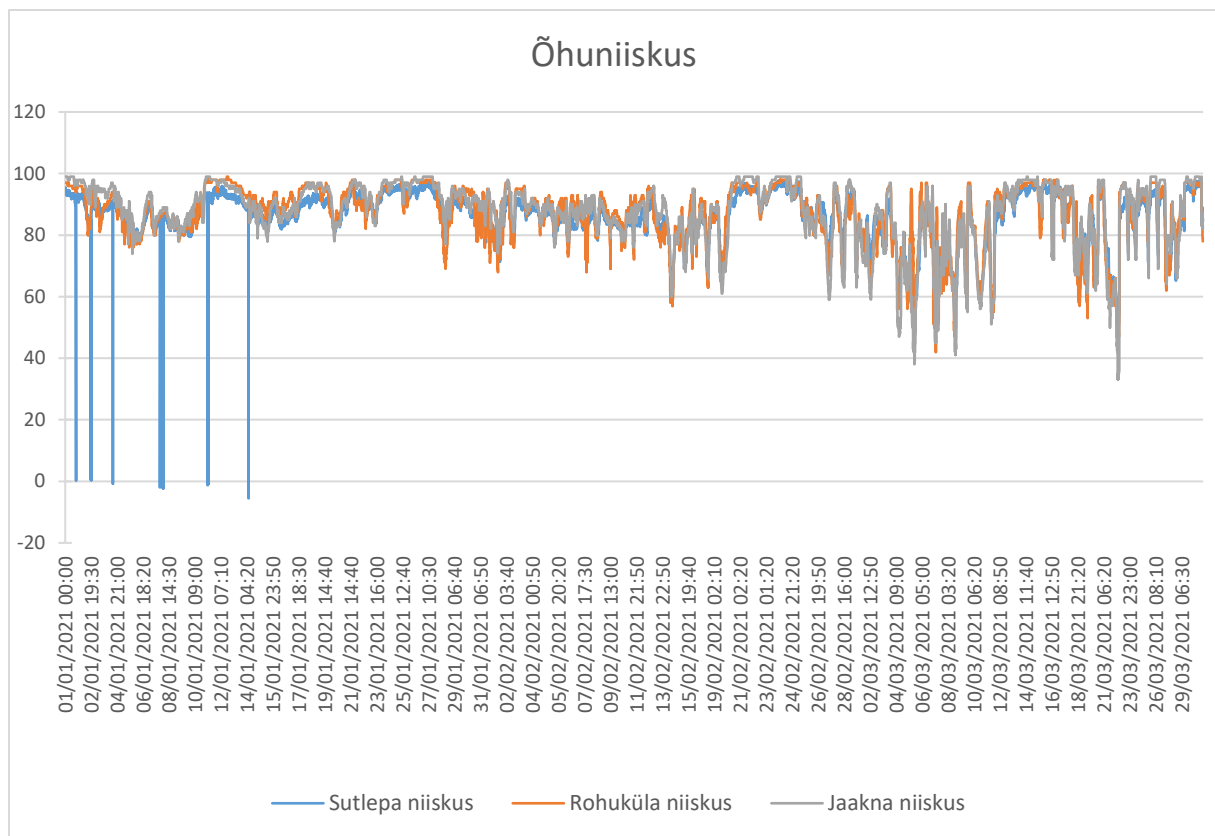
Õhuniiskuse võrdlemisel näitasid autonoomsed jaamad madalamaid väärtusi kui neid ümbritsevad jaamad. Kõige suurem oli erinevus „Raudoja“ teeilmajaama juures. Lisaks reageerisid autonoomsed jaamad õhuniiskuse muutustele aeglasemalt kui teised jaamad. Võrdluse tegemisel märgati ka

tõsisemaid anomaaliaid Emumäe teeilmajaama õhuniiskuse andmetes. Andur saavutas liiga kergelt õhuniiskuse väärtuse 100% ja püsis selle juures põhjendamatult kaua.

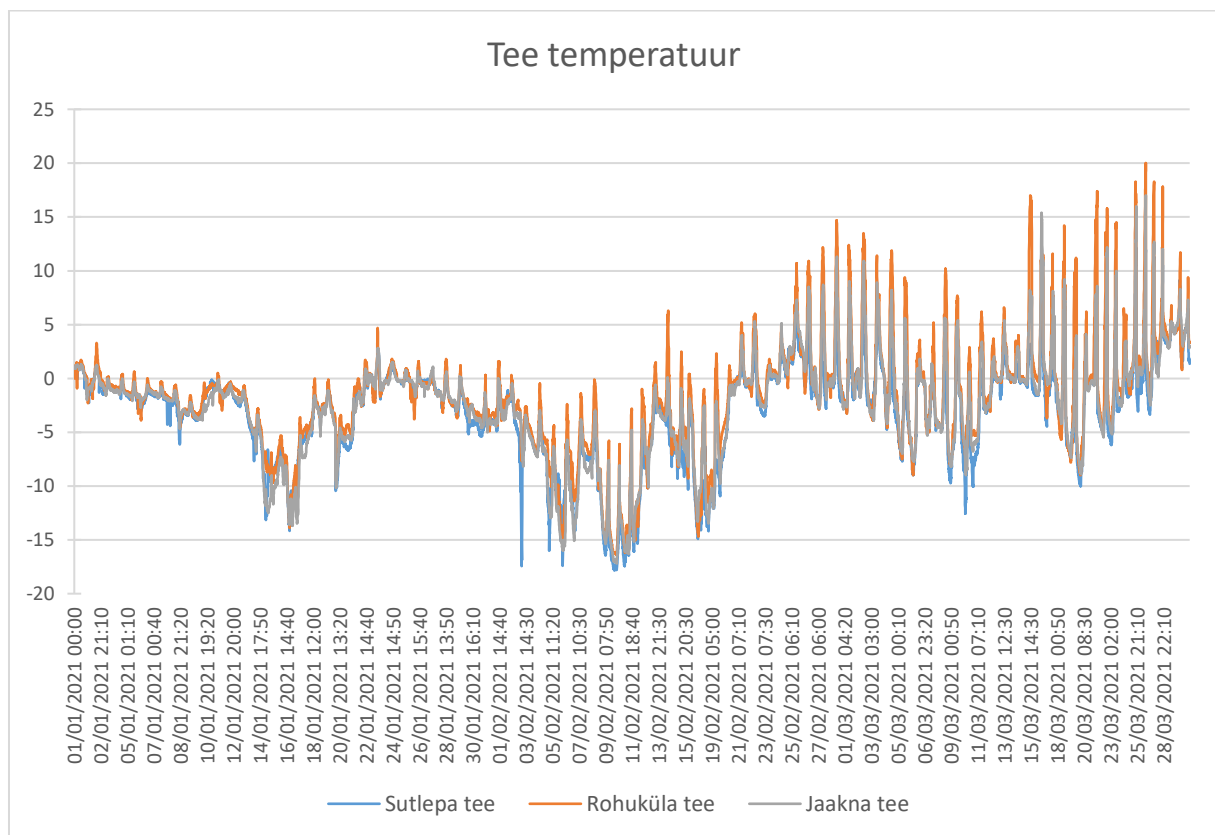
Õhutemperatuuri, õhuniiskuse ja tee temperatuuri dünaamika on toodud joonistel 28 – 39.



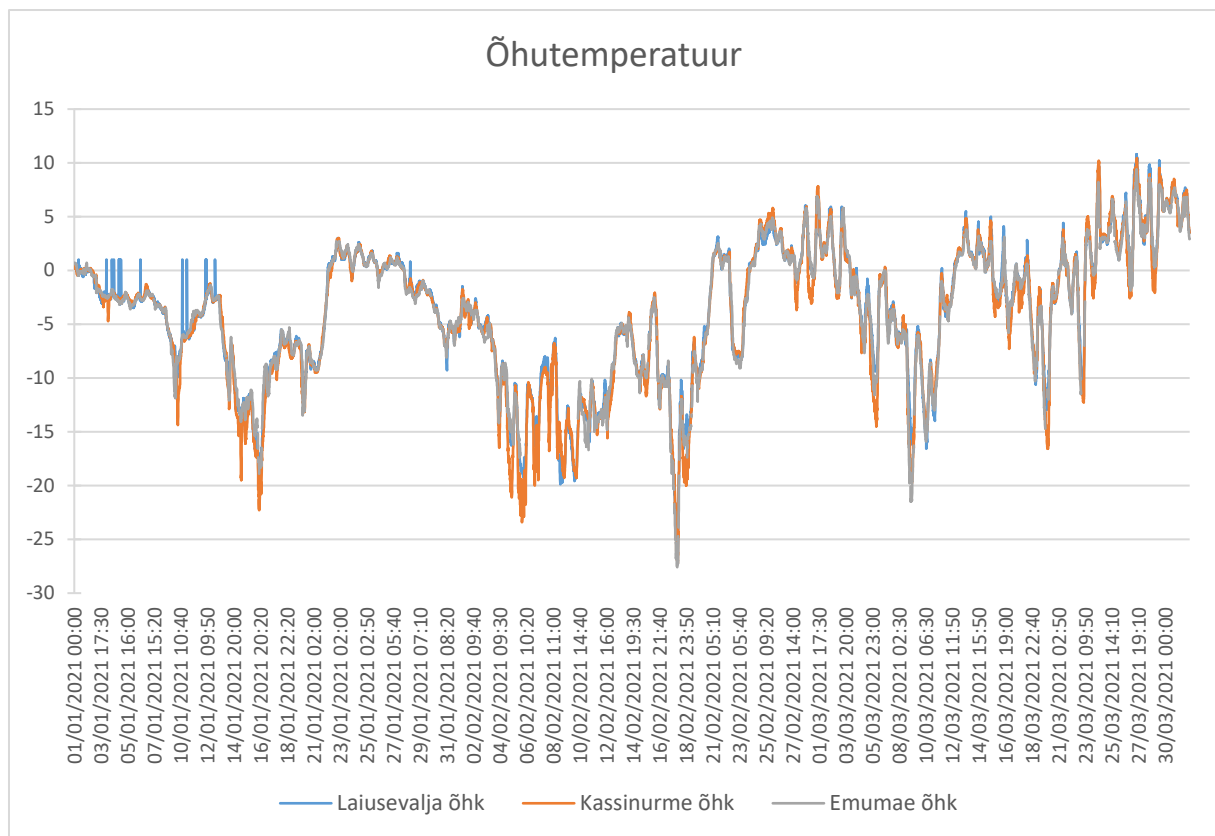
Joonis 28. „Sutlepa“ teeilmajaama õhutemperatuuri dünaamika



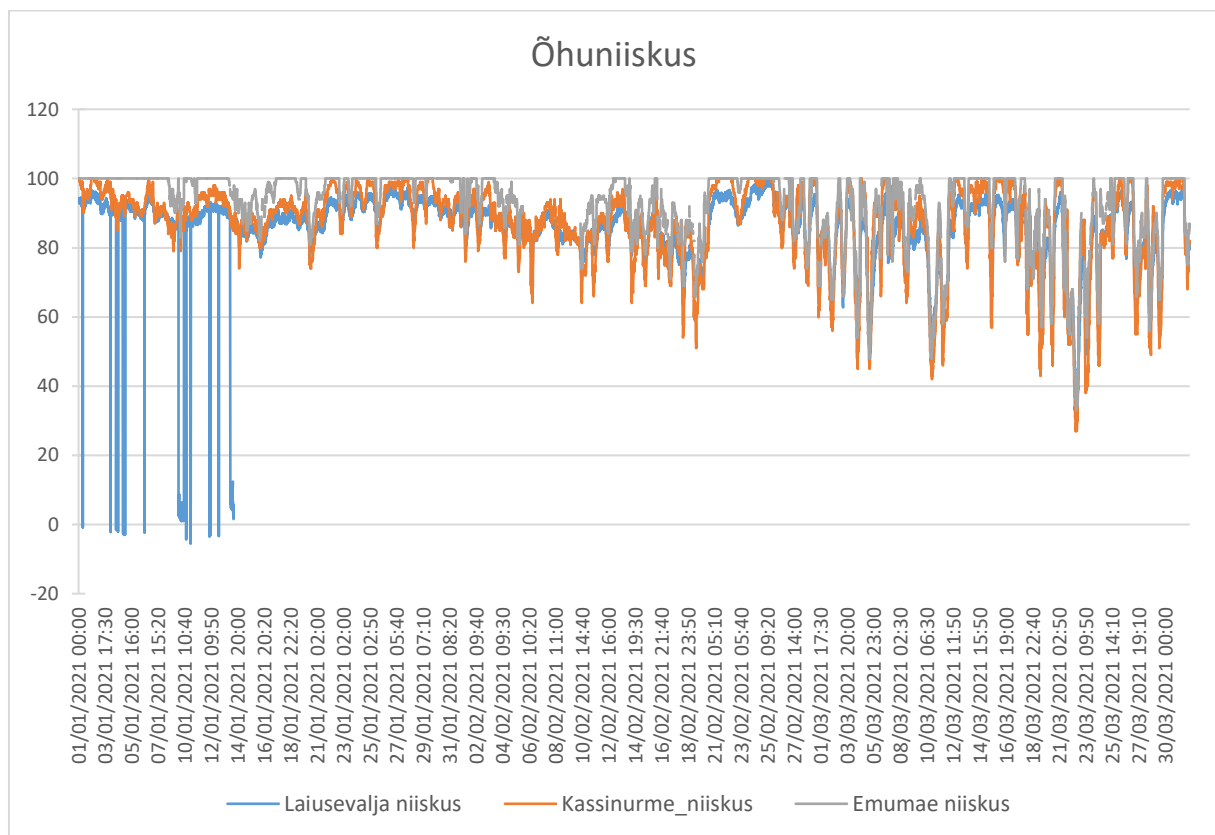
Joonis 29. „Sutlepa“ teeilmajaama õhuniiskuse dünaamika



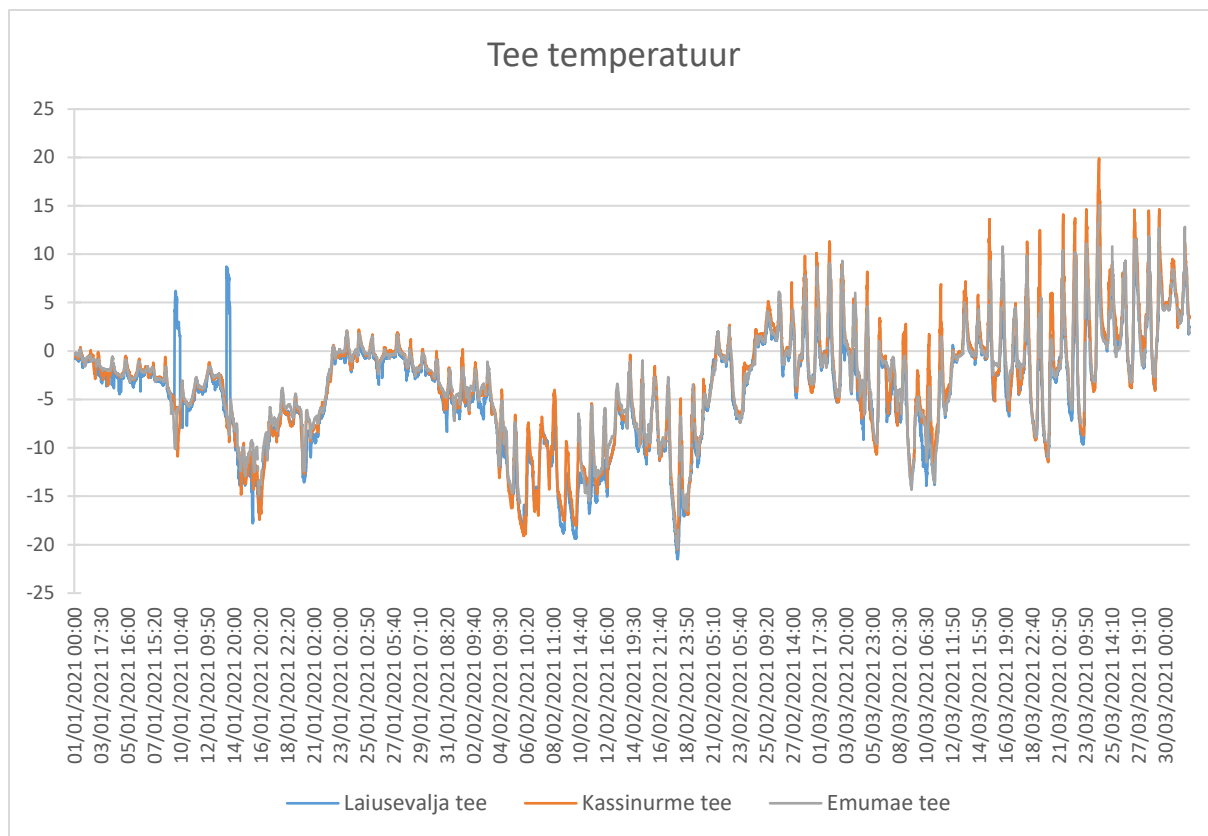
Joonis 30. „Sutlepa“ teeilmajaama tee temperatuuri dünaamika



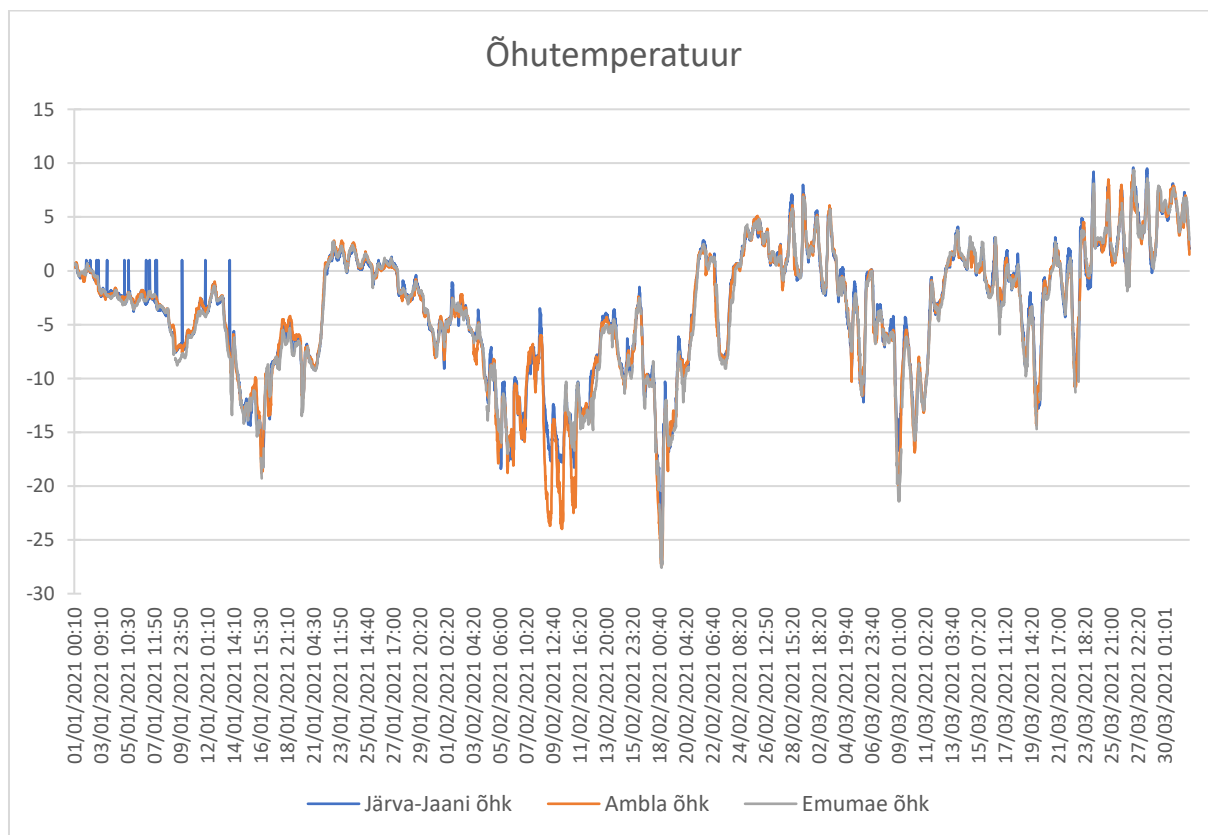
Joonis 31. „Laiusevälja“ teeilmajaama õhutemperatuuri dünaamika



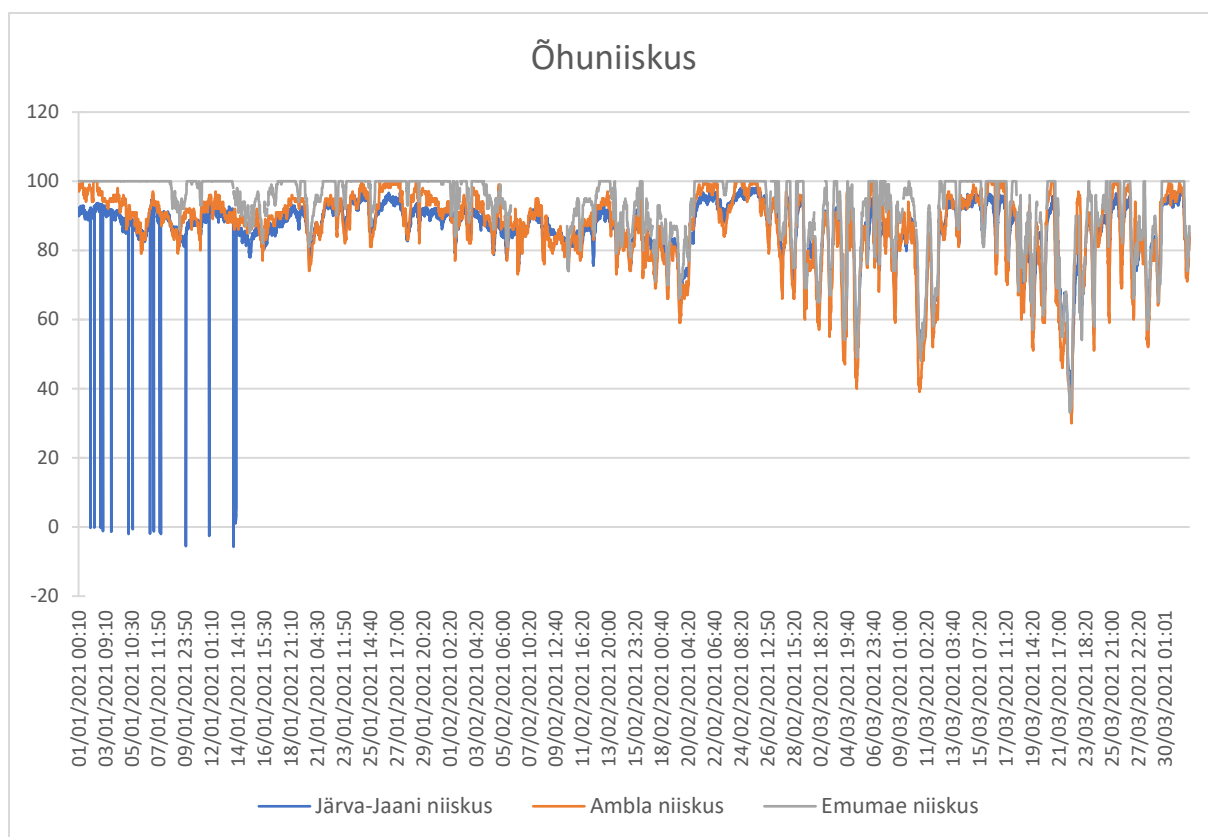
Joonis 32. „Laiusevälja“ teeilmajaama õhuniiskuse dünaamika



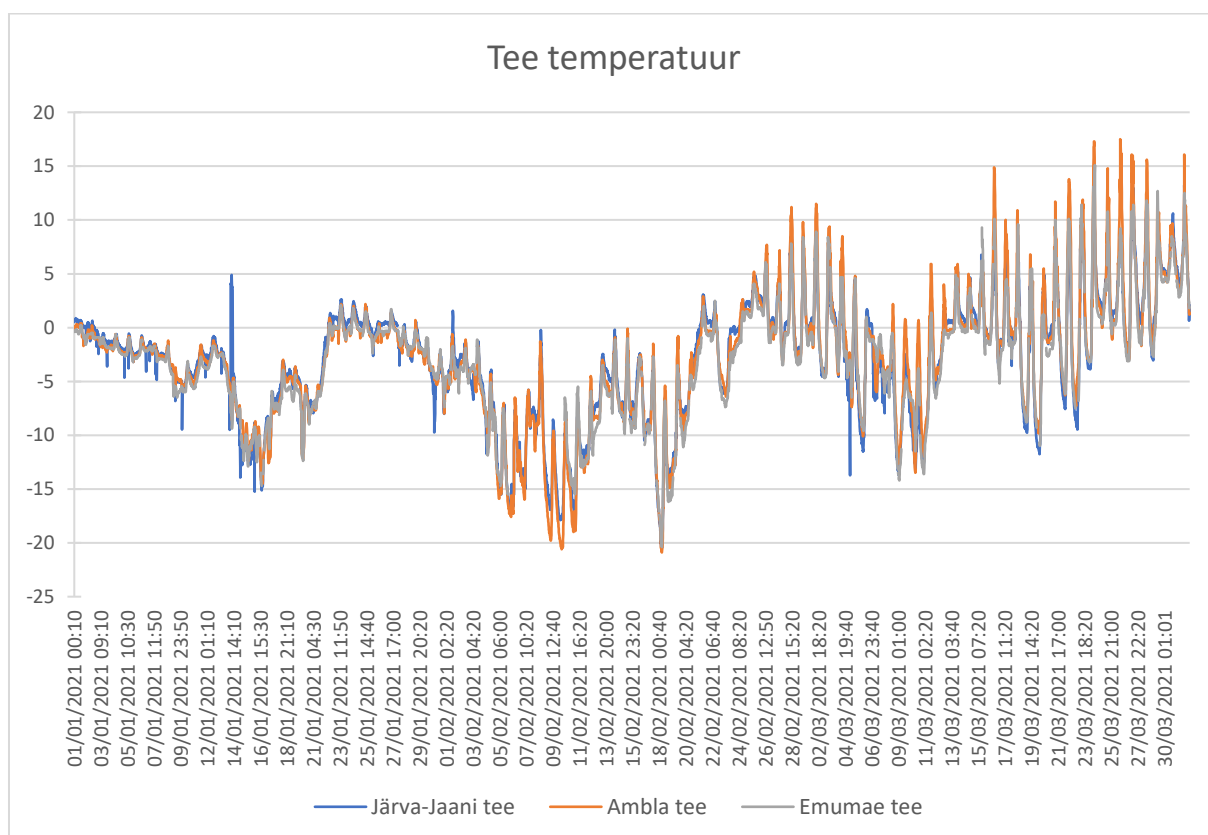
Joonis 33. „Laiusevälja“ teeilmajaama tee temperatuuri dünaamika



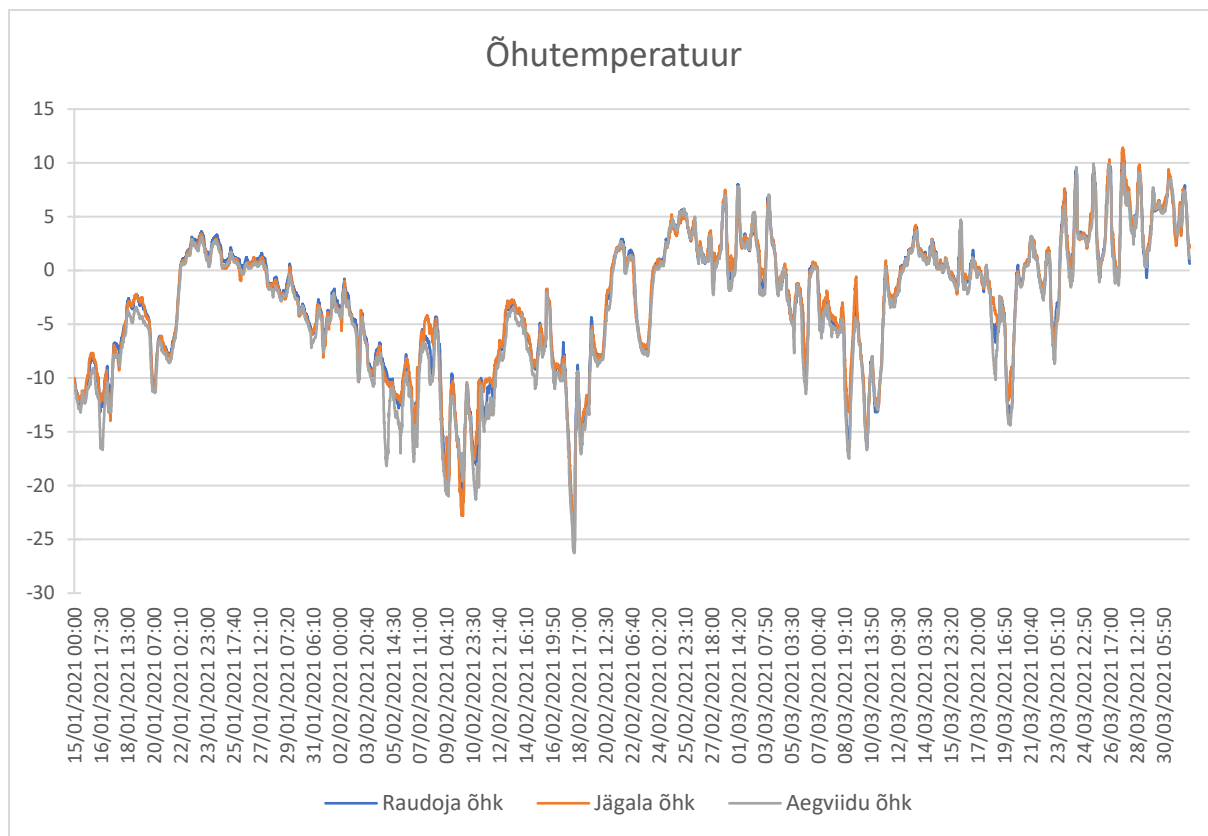
Joonis 34. „Järva - Jaani“ teeilmajaama õhutemperatuuri dünaamika



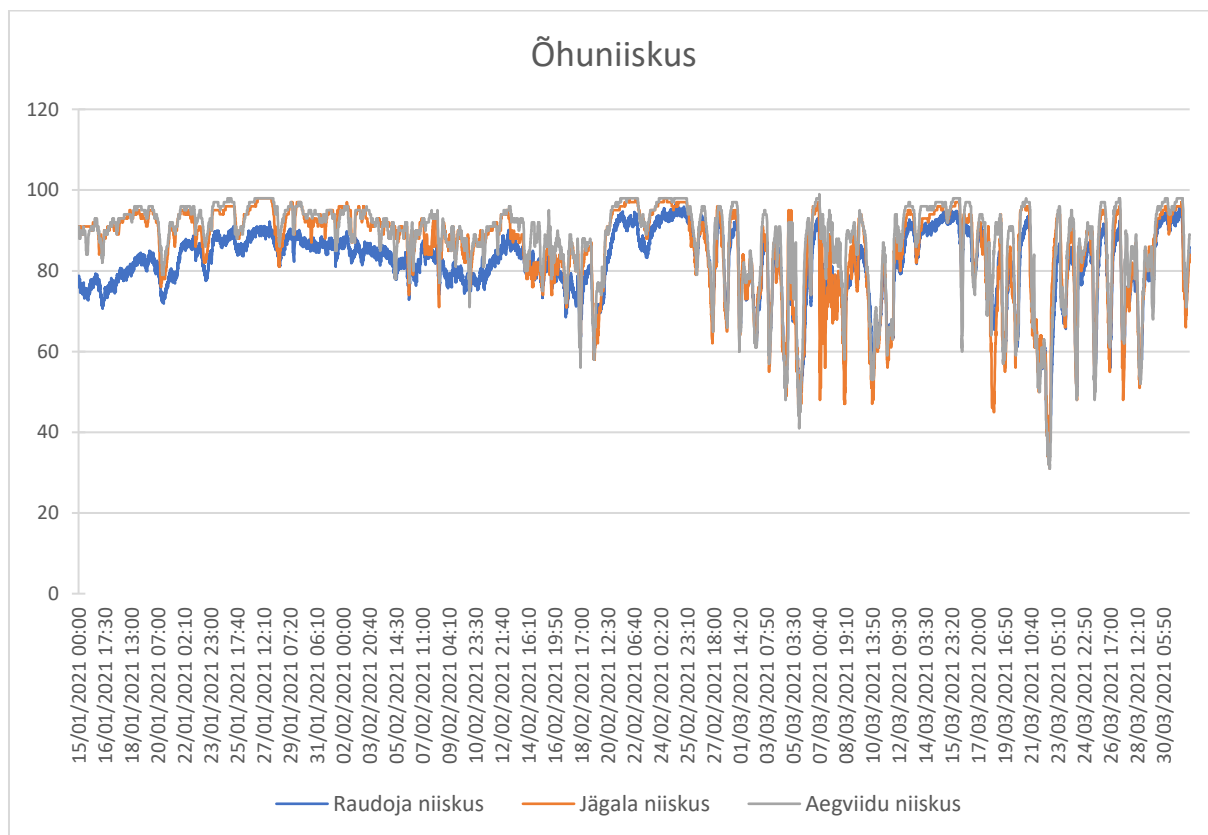
Joonis 35. „Järva - Jaani“ teeilmajaama õhuniiskuse dünaamika



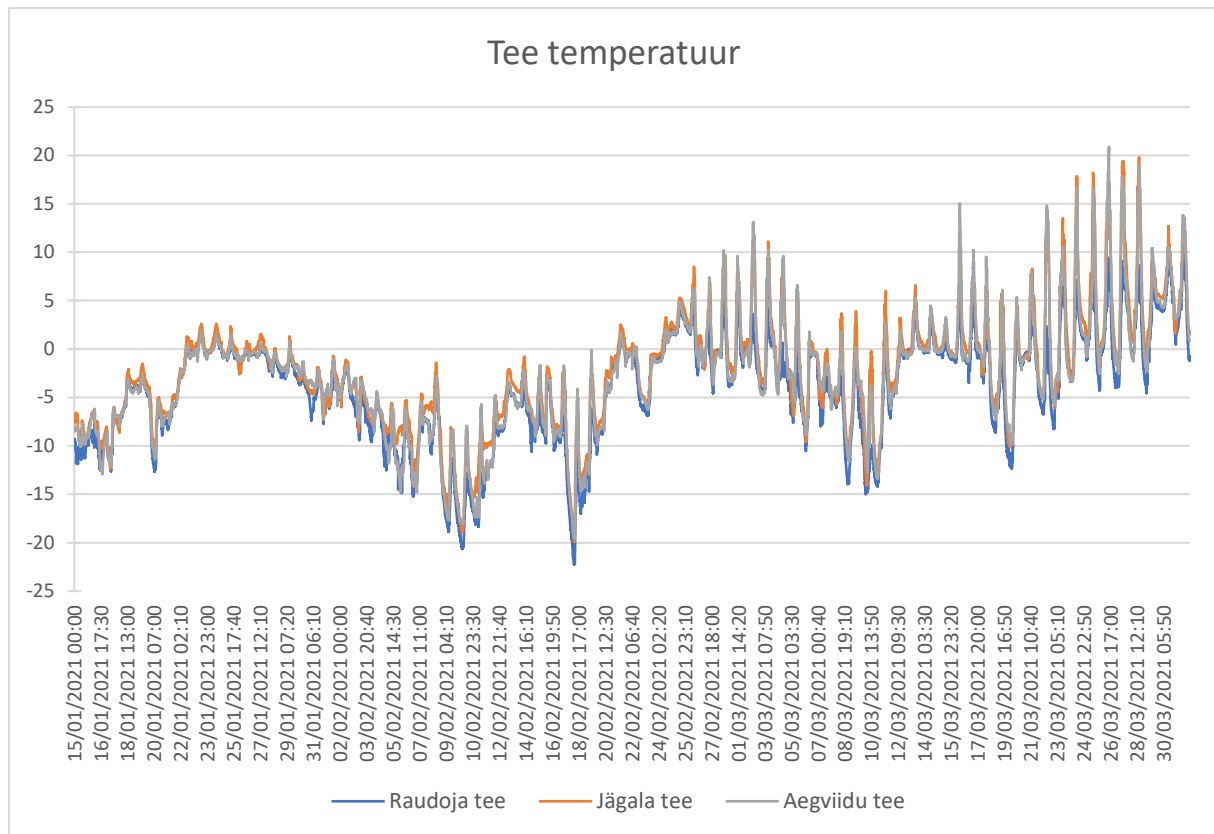
Joonis 36. „Järva - Jaani“ teeilmajaama tee temperatuuri dünaamika



Joonis 37. „Raudoja“ teeilmajaama õhutemperatuuri dünaamika



Joonis 38. „Raudoja“ teeilmajaama õhuniiskuse dünaamika



Joonis 39. „Raudoja“ teeilmajaama tee temperatuuri dünaamika

11.4. Kasutajate tagasiside

Autonoomsete teeilmajaamade andmete ja teekaamera piltide peamiseks kasutajateks olid vastavate riigiteede hoolduse eest vastutavad ettevõtted. Teeilmajaamade kasulikkuse hindamiseks küsitleti talve möödumisel teehooldajaid. Küsitlus sisaldas järgmisi küsimusi:

1. Kas autonoomsest teeilmajaamast oli kasu?
2. Millised olid antud lahenduse positiivsed küljed?
3. Millised olid antud lahenduse negatiivsed küljed?
4. Millised on teie ootused sarnaste lahenduste kasutamiseks tulevikus?

AS TREV-2 Grupp esindaja tagasiside „Laiusevälja“ teeilmajaama kohta:

1. Kindlasti on kasu.
2. Tehnilist lahendust ei oska kommenteerida. Kõik andmed mida ilmajaam edastab on teehooldajale abiks. Kaamerapilt hea võrreldes Kodaverega.
3. Võiks näha ajalugu (saju summat ja liiki).
4. Selliseid võiks rohkem olla.

Tariston AS esindaja tagasiside „Järva-Jaani“ teeilmajaama kohta:

1. Järva-Jaani ilmajaamast oli väga palju kasu, asukoht ka hea.
2. Hea oli näha, mis seal asulavahel toimub, palju lund jne.
3. Negatiivset ei ole, sest ilmajaam töötas laitmatult.

4. Kokkuvõtteks võin öelda, et selliseid autonoomseid võiks ju rohkemgi paigaldada. Kindlasti neid süsteeme ka pidevalt täiustatakse.

Leonhard Weiss Viater Ehitus AS esindaja tagasiside „Sutlepa“ teeilmajaama kohta:

1. Jah oli, kui seadmed olid töökorras.
2. Täiendav kaamerapilt, täiendavad andmed ilmastiku kohta.
3. Tihti olid seadmed rivist väljas.
4. Kindlasti kasutada ka edaspidi, teehooldajale kindlasti abiks. Töökindlus peaks olema parem.

11.5. Seadmete tehnilised parameetrid

Autonoomsete teeilmajaamade lahenduse edasiarendamisel tuleb palju rohkem pöörata tähelepanu teeilmajaamade autonoomsusele, kuna see annab võimaluse paigaldada jaamu täpselt sinna, kuhu on teehoolde seisukohalt tarvis. Andes teeilmajaama põhikomponentidele ette tehnilised nõuded põhimõttel „parim, mis on turul saadav“, võib see oluliselt piirata sobivate seadmete valikut ja saadav lahendus ei pruugi olla eesmärgipärane.

Seades volutarvet ja lihtsust teeilmajaamade komponentide valiku põhikriteeriumiteks, on võimalik oluliselt vähendada sõltuvust püsielektrist. Seadmete, mis on mõeldud töötama püsivalt sisse-välja lülitamise režiimides ja ei oma keerulist sisemist tarkvara, käivitamisele ja andmete lugemisele kuulub vaid mõni sekund. Selliste seadmete puhul on võimalik kasutada intelligentseid toitejuhtimise lahendusi, suurendada oluliselt teeilmajaama autonoomsust ja parandada töökindlust.

Vähendades seadmete seost taristuga kasvab seadmete mobiilsus. Vastavalt vajadusele saab suhteliselt lihtsasti ja soodsalt tõsta teeilmajaamu ühest kohast teise.

Soodsad energiaefektiivsed ja mobiilsed lahendused avavad uued võimalused teeilmastiku seirevõrgu laiendamiseks. Näiteks uute teeilmajaamade ostmise ja hoolduse tellimise asemel saab hankida täiendavaid mõõtepunkte täisteenusena teehooldaja käest hooldelepingu raames. Teine variant on autonoomsete seadmete rent, mis toimiks hästi olukorras, kus lisanduva jaama täpne asukoht selgitatakse välja esimese hooaja mõõtmiste põhjal. Vaatamata sellele, et tänapäeval teeilmaseire baasvõrk on suures osas välja arendatud, teehooldenõuete ja teekasutajate ootuste muutustega vajadus uute mõõtepunktide järele ei vähene. Autonoomsed seadmed on parim lahendus vajaduste (sh ka lühiajaliste vajaduste) täitmiseks.

Edasi on toodud teeilmajaama ja teekaamera tehniliste parameetrite kohta soovitusel lähtuvalt eelpool toodud põhimõtetest.

Teekaamera:

- Tuleb eelistada juhitavaid ja hästi integreeritavaid kaamera mooduleid valmis kaameratele.
- Pildi resolutsioon peab olema piisav tee- ja ilmaolude hindamiseks. Statsionaarsete teekaamerate puhul kasutatakse resolutsiooni 1280 x 720 pikslit, mis võiks olla ka autonoomse kaamera baasresolutsiooniks.
- Kuna tegemist ei ole otseses mõttes videokaameraga ja vajadus videopildi järele üldjuhul puudub, siis kaadrite arv sekundis ja väljundstriimide arv ei ole olulised. Antud parameetrite kõrgemad väärtused vähendavad kaamerate autonoomsust ja valikut.

- Tundlikus ja säriaeg mõjutavad kõige rohkem saadava pildi kvaliteeti, eriti vähese valguse tingimustes. Nõutud parameetrid 0,06/f1.5 ning 1/10000 sobivad hästi antud rakenduse puhul. Nendest kõrgemad väärtused võivad kitsendada kaamerate valikut.
- Piltide parandamise tehnoloogiaid (WDR jt) eeldavad tihti kaamera sisemist tarkvara ja võivad vähendada kaamera autonoomsust.
- Päev / öö funktsionaalsus on vajalik. Kaamera peab tundma infrapuna valgust.
- Tuleb eelistada madala voolutarbega juhitavaid infrapuna valgusallikaid.

Teeilmajaam:

- Baas-, side-, toiteseadmed ja andurid peavad toetama toitejuhtimist.
- Tuleb eelistada madalaga voolutarbega täisintegreeritavaid modulaarseid lahendusi.
- Teeilmajaama parameetrite seadistamine ja andurite korrasoleku kontroll eeldab kahepoolset andmesidet või keerulisemaid seadmete sisse- ja väljalülitamise protokolle. Andurite korrasoleku kohta info kogumine teeilmajaamas ei ole otseselt vajalik juhul, kui andmete vastuvõtmise pool toimub andmete kvaliteedi kontroll. Teeilmajaama parameetrite seadistamine peab olema selgelt defineeritud. Tuleb nimetada, millised teeilmajaama parameetrid on vajalik seadistada. Kui selgub, et seadistavate parameetrite arv ei ole suur, siis lahenduse töökindluse ja lihtsuse tagamiseks tuleb kaaluda sellest nõudest loobumist.
- Andmeedastuse juures tuleb eelistada lahendust, kus ühenduse loob seade.
- Andurite parameetrite valikul tuleb lähtuda tavapärasest praktikast ja mõistlikkuse põhimõtetest. Kui jaam on ette nähtud ainult talviseks teeolude seireks, siis ei ole mõistlik piirata valikut nõuetega, mis kirjeldavad seadmete võimekust kõrgematel temperatuuridel. Jaama poolt mõõdetavad parameetrid peavad olema selgelt defineeritud, iga parameetri kohta tuleb tuua välja töötingimused, mõõtevahemik ja vajalik mõõtmistäpsus.
- Kui mõõdetavad parameetrid on need, mida analüüsitakse ja mille alusel tehakse otsuseid, siis andurite kirjeldamisel tuleb piirduda vaid nende kirjeldamisega, jättes analüütilised parameetrid kirjeldamata. Juhul kui analüütilised parameetrid kujundavad endast jaama mõõtmistulemust, siis tuleb neid kirjeldada kasutades mõõdetavaid parameetrid (mõõtevahemik, mõõtmistäpsused, seosed).

12. Kokkuvõtte

Antud töö eesmärk oli leida optimaalne autonoomse teeilmajaama lahendus, mis ei eeldaks liitumist elektrivõrguga, oleks suuteline töötama kasutades vaid tänavavalgustuse tsüklilist elektritoidet ja mida oleks vajadusel suhteliselt lihtne ilma suuremate kulutusteta ümber paigutada.

Eesmärgi täitmiseks valmistati seadmete komplekt, mis on võimeline mõõtma õhutemperatuuri, õhuniiskust, tee temperatuuri, näitama kastepunkti, tegema pilti ja edastama kogutud andmed andmelattu. Tee temperatuuri mõõtmine toimub kontaktivabalt, kasutades infrapuna termomeetrit. Kontaktivaba termomeetri rakendamisel on tagatud teeilmajaama paigalduse lihtsus ja mobiilsus ning seda on võrdlemisi lihtne hooldada.

Kokku valmistati 4 teeilmajaama komplekti, mis paigaldati nelja erineva regiooni riigiteedele, eelnevalt kooskõlastades paigaldused vastavate riigiteede hooldajate ja valdade esindajatega.

Teeilmajaamade mõõtetulemused edastati veebiaadressile seadistatud intervalliga. Andmed talletati andmelattu ning tehti kättesaadavaks kõikidele huvitatud osapooltele teeilmajaamade andmevärava <https://socket.teeilm.ee/> kaudu. Teeilmajaamade mõõtmistulemused avaldati Teedeinfokeskuse veebilehel <https://tik.teeilm.ee>

Teekaamerate pildid edastati Transpordiameti FTP serverisse <ftp://teeilm.teeinfo.ee> ja tehti kättesaadavaks teekaamerate andmevärava <http://socket.teeinfo.ee> kaudu.

Läbiviidud analüüs näitas, et teeilmajaam koos kaameraga on suuteline töötama autonoomselt aku toitel sõltuvalt välisõhu temperatuurist 30 - 37 tundi. Sisseehitatud infrapuna valgusti juhtimine võib anda täiendavad 7 - 9 tundi autonoomsust. Pikemat akukestvust on võimalik saavutada kogu vooluahela juhtimisega. Tavapärase 10 minutilise andmeedastuse intervalli puhul taoline lahendus annaks 200 - 250 tundi täisautonoomsust.

Toitejuhtimise lahenduse kasutuselevõtmisel tuleb hinnata nii juhtimise tarkvara kui ka seadmete töökindlust. Seadmete pidev sisse-välja lülitamine ei tohi tekitada tarkvaralisi tõrkeid, veaolukordi jms. Antud projektis ei rakendatud toitejuhtimist etteantud parameetritega seadmete töökindluse tagamise keerukuse tõttu.

Andmeedastuse kvaliteet oli peamiselt tingitud mobiilside levitugevusest valitud asukohas. Sõltuvalt asukohast kõikus andmekadu 0 %-st Järva-Jaanis kuni 15 %-ni Sutlepa, mis peegeldus ka kasutajate hinnangutes.

Mõõtmistulemuste kvaliteedi osas saab teha vaid üldiseid järeldusi seadmete mõõtmisvõimekuse kohta, kuna samas kohas referentsandmestik puudus. Autonoomsete jaamade mõõtmistulemusi võrreldi kahe lähima statsionaarse teeilmajaama andmetega. Õhutemperatuuri võrdlemisel olulisi erinevusi ei täheldatud. Õhuniiskuse ja tee temperatuuride võrdlemisel näitasid autonoomsed jaamad ümbritsevatest jaamadest mõnevõrra madalamaid väärtusi. „Raudoja“ teeilmajaama puhul paistsid erinevused rohkem välja.

Autonoomsete teeilmajaamade kasulikkuse hindamiseks korraldati teehooldajate lühiküsitlus. Kokkuvõtvalt võib öelda, et autonoomsete jaamade projekt oli edukas. Paigaldatud teeilmajaamad ja teekaamerad täitsid oma rolli hästi. Täideti teeilmajaamade ja teekaamerate võrgustiku tühje kohti ja oli võimalus pakkuda kasutajatele täiendavaid andmeid. Väljakutseid aga ka kasulikke kogemusi pakkus „Sutlepa“ jaama töökindluse küsimuste lahendamine. Tulevikus sooviksid kasutajad näha rohkem taolisi seadmeid. Samuti sooviti, et lisaks olemasolevatele parameetritele suudaks jaam tarnida infot sademete kohta.