

OPINNÄYTETYÖ
HEIKKI KOPAKKA
TOMMI KOKKO 2013

MAASTOLIIKENTEEN VALVONTAJÄRJESTELMÄ



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences
LUC

TIETOTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences
LUC

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

TEKNIikka JA LIIKENNE

Tietotekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

MAASTOLIIKENTEN VALVONTAJÄRJESTELMÄ

Heikki Kopakka ja Tommi Kokko

2013

Toimeksiantaja Rovaniemen ammattikorkeakoulu, Arctic Power
Ohjaaja Tauno Tepsa

Hyväksytty _____ 2013 _____

Työstä on kirjastossa lukusalikappale ja se on luettavissa Theseus-
verkkokirjastossa



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences
LUC

Tekniikka ja liikenne
Tietotekniikan
koulutusohjelma

Opinnäytetyön
tiivistelmä

| | | | |
|----------------------------|---|-------|------|
| Tekijät | Heikki Kopakka ja Tommi Kokko | Vuosi | 2013 |
| Toimeksiantaja | Rovaniemen ammattikorkeakoulu, Arctic Power | | |
| Työn nimi | Maastoliikenteen valvontajärjestelmä | | |
| Sivu- ja liitemäärä | 53+1 | | |

Opinnäytetyö on toteutettu toimeksiantona Arctic Powerille, joka on Rovaniemen ammattikorkeakoulun alainen tutkimus-, kehitys- sekä testauspalveluyksikkö. Työn tarkoituksena on selvittää moottorikelkkojen liikennekäyttämistä Rovaniemen seudulla. Tarkoitus oli suunnitella ja toteuttaa liikenteenvalvontajärjestelmä talvella 2012–2013 valitulla moottorikelkka-reitillä. Liikenteenvalvontajärjestelmän tulee mitata seuraavat suureet: nopeus, päivämäärä, ajoneuvon pituus ja kellonaika.

Valvontajärjestelmä on toteutettu käyttämällä Viacount II -liikennelaskuria, joka toimii kantaalgoritmin periaatteella. Datan lähetys Arctic Powerin tietokantapalvelimelle on toteutettu HCP Roadstar -modeemilla ja modeemi on ohjelmoitu Java-ohjelmointikielellä tarkoitukseen sopivaksi. Ohjelmoinnissa käytettiin Netbeans-ohjelmaa.

Tuloksena saatiin tietoa moottorikelkkojen liikennekäyttämisestä nopeuksien ja ajomäärien muodossa. Ajonopeudet ja -määrät viittasivat maltilliseen ajokäyttämiseen moottorikelkkareitillä. Tulokset antavat myös viitteitä ajonopeuksien ja -määrien kehittymisestä kelkkareitin kunnostuksen ja sääolosuhteiden osalta.

Tulevaisuuden kehittymismahdollisuuksien tarkasteleminen osoitti, että liikenteenvalvontajärjestelmää on mahdollista jatkossa kehittää lähes huoltovapaaksi.

Avainsanat

Doppler-tutka, liikenteenlaskenta, Java-koodi, Viacount II, Netbeans, HCP Roadstar

| | | | |
|--------------------------|--|------|------|
| Author | Heikki Kopakka and Tommi Kokko | Year | 2013 |
| Commissioned by | Rovaniemi University of Applied Sciences, Arctic Power | | |
| Subject of thesis | Monitoring System of Terrain Traffic | | |
| Number of pages | 53+1 | | |

This thesis was commissioned by Arctic Power. Arctic Power is part of Rovaniemi University of Applied Sciences and it works as a research, development and testing center. The goal of this work was to examine how the traffic behavior of snowmobiles works in Rovaniemi. The purpose was to design and implement a traffic control system in the winter of 2012 and 2013 on a chosen snowmobile route. The traffic control system had to measure the speed, the date, the length of the vehicle and the time.

The traffic control system was implemented with Viacont II, which operates with the CW radar. The data transmission to the database server of Arctic Power was implemented with the HCP Roadstar modem. The modem was coded with Java programming to meet the requirements. The Netbeans program was used in the programming.

The results gave information about the amounts and the speeds of the snowmobiles. The Speed and the driving amounts indicated that the driving behavior on the snowmobile route was quite calm. The results also indicated the development of the speeds and the amounts after the route maintenance and weather conditions.

In the future it will be possible to develop the traffic control system to make it nearly maintenance free.

Key words Doppler radar, traffic calculation, Java code,
Viaccount II, Netbeans, HCP Roadstar

SISÄLTÖ

| | |
|---|-----------|
| KUVIOLUETTELO | 1 |
| ESIMERKKIKOODI-LUETTELO | 2 |
| 1. JOHDANTO | 3 |
| 2. TUTKATEKNIikka..... | 4 |
| 2.1 Tutkan historia..... | 4 |
| 2.2 Doppler-ilmiö | 5 |
| 2.3 Kantoaalto tutkan rakenne..... | 7 |
| 3. LIIKENTEENLASKENTA..... | 11 |
| 3.1 Liikenteenlaskutekniikat..... | 11 |
| 3.2 Valittu liikenteenlaskutekniikka | 12 |
| 4. LIIKENNELASKURIN KÄYTTÖÖNOTTO, TESTAUS, ASENNUSPAIKKA JA HUOLTO | 18 |
| 4.1 Käyttöönotto | 18 |
| 4.2 Testaus | 22 |
| 4.3 Asennuspaikka..... | 22 |
| 4.4 Huolto ja tarkkailu..... | 25 |
| 5. LIIKENNELASKURIN DATAN KÄSITTELY JA SIIRTO | 28 |
| 5.1 Java-koodin toiminta | 28 |
| 5.2 Java-koodin rakenne | 30 |
| 5.3 Java-koodin simulointi | 33 |
| 6. TULOSTEN ANALYSOINTI JA TEKNISET ONGELMAT | 36 |
| 6.1 Tulosten analysointi..... | 36 |
| 6.2 Tuloksiin vaikuttaneet virhemarginaalit ja tekniset ongelmat..... | 44 |
| 7. KEHITYSSUUNNITELMAT TULEVAISUUDESSA | 47 |
| 8. LÄHTEET | 50 |
| 9. LIITTEET | 51 |

KUVIOLUETTELO

| | |
|--|----|
| Kuvio 1. Tutkan rakenne..... | 7 |
| Kuvio 2. Etumerkin määrittäminen..... | 8 |
| Kuvio 3. Viacount II -rakenne..... | 13 |
| Kuvio 4. Kaapelin kytkentä | 14 |
| Kuvio 5. Laitteen toimintaperiaate modeemilla | 14 |
| Kuvio 6. Tietokantapalvelimeen lähetettävät tiedot | 16 |
| Kuvio 7. Liikennelaskurin toimintaperiaate..... | 16 |
| Kuvio 8. Viacount II -päävalikko..... | 18 |
| Kuvio 9. Test functions -valikko | 18 |
| Kuvio 10. Parametri-valikko | 19 |
| Kuvio 11. Asennus 45° kulmaan..... | 20 |
| Kuvio 12. GSM (GPS) -modem -valikko | 21 |
| Kuvio 13. Liikennelaskurin asennuspaikka | 23 |
| Kuvio 14. Liikennelaskurin kiinnityspaikka | 24 |
| Kuvio 15. Periaatekuva asennuspaikalta | 24 |
| Kuvio 16. Liikennelaskurin kiinnitysosat..... | 25 |
| Kuvio 17. Modeemin toiminnan lohkokaavio | 28 |
| Kuvio 18. Toiminnot modeemissa..... | 29 |
| Kuvio 19. Java-koodin simulointi ulkoisilla laitteilla | 34 |
| Kuvio 20. Koko kauden ajonopeusjakauma | 36 |
| Kuvio 21. Koko kauden ajonopeudet ja keskinopeuden vaihtelut | 37 |
| Kuvio 22. Ajonopeuksien jakauma suunnittain | 38 |
| Kuvio 23. Ajomäärät viikoittain..... | 39 |
| Kuvio 24. Viikoittaiset keskinopeudet..... | 40 |
| Kuvio 25. Viikonlopun ajot suhteessa koko viikon ajoihin | 40 |
| Kuvio 26. Reitin kunnostamisen vaikutus ajonopeuksiin..... | 41 |
| Kuvio 27. Ajojen jakautuminen vuorokaudessa | 42 |
| Kuvio 28. Lämpötilan vaikutus ajomääriin..... | 42 |
| Kuvio 29. Ulkoisen antennin kiinnitys..... | 45 |
| Kuvio 30. Havaintokuva huoltovapaasta liikennelaskurista..... | 47 |

ESIMERKKIKOODI-LUETTELO

| | |
|--|----|
| Esimerkkikoodi 1. Sarjaportin avaaminen..... | 30 |
| Esimerkkikoodi 2. Modeemin tekemät asetuksen muutokset | 31 |
| Esimerkkikoodi 3. Modeemin muodostaa datan ja lähettää..... | 32 |

1. JOHDANTO

Opinnäytetyömme on osana Matkailukäytössä olevien maastoajoneuvojen turvallisuus -esiselvityshanketta. Hankkeella haluttiin selvittää moottorikelkkojen liikennekäyttämistä Rovaniemen seudulla. Hanketta toteutettiin projektityönä yhteistyössä Arctic Powerin kanssa. Arctic Power on tutkimus-, kehitys- sekä testauspalveluita tuottava yksikkö, joka toimii Rovaniemen ammattikorkeakoulun alaisuudessa. Arctic Power on erikoistunut talveen ja kylmään liittyviin haasteisiin.

Tehtävämme oli suunnitella projektiin valvontajärjestelmä, jonka tuli täyttää toimeksiantajan eli Arctic Powerin tavoitteet hankkeen osalta. Tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa liikenteenvalvontajärjestelmä talvella 2012–2013 Rovaniemen seudulla valitsemaamme kelkkareitillä. Liikennelaskurin tehtävä oli laskea valitun reitin moottorikelkkaliikenteen määrät ja ajonopeudet. Liikennelaskurista täytyy löytyä ominaisuus, joka mahdollistaa mittausdatan tallentamisen järjestelmän muistiin, jotta sitä voidaan käyttää myöhempään tarkasteluun. (Liite 1.)

Opinnäytetyössä esitellään käytettyä tutkatekniikkaa ja sen rakennetta sekä tutkatekniikan historiaa. Tämän jälkeen esitellään eri liikenteenlaskutekniikoita sekä eritellään opinnäytetyöhön valikoitunut tekniikka perusteluineen. Liikennelaskuria tarkastelemme laskurin käyttöönoton, testauksen, asennuspaikan valinnan sekä huollon ja tarkkailun vaatimien toimenpiteiden näkökulmista. Tämän jälkeen esitellään liikennelaskuriin tarvittavan modeemin Java-koodi, jota hyödynnetään datan käsittelyssä ja siirrossa. Datan käsittelyn ja siirron myötä opinnäytetyö etenee tulosten ja teknisten ongelmien esittelyyn. Lopuksi käsitellään tulevaisuuden kehityssuunnitelmat laitteiden ja tekniikan osalta.

2. TUTKATEKNIikka

2.1 Tutkan historia

Doppler-ilmiön selitti vuonna 1842 itävaltalainen matemaatikko Christian Doppler. Doppler-ilmiö on näennäinen muutos, joka tapahtuu aaltoliikkeen taajuudessa, vaiheessa ja aallonpituudessa. Edellä mainittu johtuu aaltojen lähteen ja havaitsijan välisestä liikkeestä toisiinsa nähden. Doppler-ilmiössä kohteen lähestyessä impulssit vastaanotetaan lyhyempinä kuin etääntyessä. (Doppler-ilmiö 2013.)

Christian Hülsmeyeria pidetään tutkan keksijänä. Hülsmeyer sai kipinän tutkan kehittelyyn, kun hän tapasi laivaonnettomuudessa poikansa menettäneen äidin. Toinen tapaus, joka saattoi vaikuttaa tutkan kehittämiseen oli, kun Hülsmeyer oli törmätä pimeällä autollaan tiellä olleeseen veräjään. Hülsmeyer kehitti ensimmäisen tutkansa 1900-luvun alussa, mitä kutsuttiin Telemobiloskoopiksi. Hän sai patentin laitteellensa 22.9.1904. (Klemola–Lehto 1998, 9–10.)

Telemobiloskooppia käytettiin laivoissa törmäyksenestolaitteena. Laitteessa käytetty tekniikka perustui 650 MHz:n kipinävälillä tehtyihin radioaaltoheijastuksiin. Radioaallot heijastettiin parabolisella heijastimella, jolloin toisesta laivasta saatu kaiku vastaanotettiin vastaanottoantennin kautta. (Klemola–Lehto 1998, 9–10.)

1920-luvulla CW-tutkan eli kanta-aaltotutkan tekniikka oli alkutekijöissä. Tekniikan hyödyntämisessä ei päästy korkeammille taajuuksille, mihin vaikuttivat kehitykseen tarvittavien mikroaaltokomponenttien puuttuminen. Ennen vuotta 1930 tutkatekniikassa ei siis tapahtunut suurta kehitystä, mihin saattoi vaikuttaa ilmahyökkäysten alhainen uhkataso. 1930-luvun alkupuolella ilmahyökkäysten uhka kuitenkin kasvoi, mistä syystä Yhdysvaltain laivaston tutkimuslaboratoriossa (Naval Research Laboratory, NRL) alettiin kehittää tutkaa lentokoneiden havaitsemiseksi. (Klemola–Lehto 1998, 10.)

Ensimmäinen pulssitutka rakennettiin vuonna 1934. Tällä onnistuttiin mittaamaan ilmamaaleja 25 mailiin asti. Vuotta aikaisemmin Hyland, Taylor ja Young hakivat patenttia keksimälleen pulssitutkalle. Englantilainen Robert Watson kehitti ja rakensi vuonna 1935 ensimmäisen bistaattisen CW-tutkan, joka toimi 6 MHz:n taajuudella ja havaitsi koneita kahdeksan mailin päästä. Seuraavaan vuoteen tutkalla oli saavutettu jo 90 mailin kantavuus. (Klemola–Lehto 1998, 10–11.)

1930-luvun lopun suuntautuminen oli, että pyrittiin siirtymään korkeammille taajuuksille ja saavuttamaan suurempia tehoja. Vuonna 1940 brittiläiset Randall ja Boot saavuttivat erään merkkipaalun, sillä he keksivät ontelomagnetronin. Sillä mahdollistettiin pääsy suuriin pulssitehoihin suurilla taajuuksilla. Ontelomagnetronin tekniikkaa käytettiin tutkan prototyypissä, jossa hyödynnettiin 10 GHz:n lähetyspulssia. (Klemola–Lehto 1998, 11.) Edellä mainitut tutkatekniikat ja niiden kehitysasteet ovat olleet käytettyinä osana sodan käyntiä. Tästä esimerkkinä on toinen maailmansota.

2.2 Doppler-ilmiö

CW-tutkalla eli kantoaaltotutkalla tehty nopeuden mittaaminen perustuu doppler-ilmiöön. Doppler-ilmiö perustuu lähteen ja havaitsijan väliseen liikkeeseen. Jos säteilyn aiheuttaja ja havaitsija liikkuvat toistensa suhteen, ei havaitsijan vastaanottama signaali ole enää taajuudeltaan sama kuin alkuperäinen lähetetty signaali. Tällöin signaali eroaa alkuperäisestä dopplertaajuuden verran. (Klemola–Lehto 1998, 21–22.)

Havaitsija määrittää taajuuden muutoksen positiiviseksi tai negatiiviseksi kohteen loittonemisen tai lähenemisen perusteella. Tutkatekniikassa vastaanottimesta käytetään nimitystä havaitsija ja kohteesta heijastunutta kaikusignaalia pidetään lähteenä. (Klemola–Lehto 1998, 21–22.)

Tutkatekniikan toiminnassa tulee huomioida kohteen etäisyyden muuttuminen. Kohteen liikkuminen tarkoittaa etäisyyden muuttumista ja näin ollen myös vaiheen muuttumista. Vaiheen muutos lasketaan Klemolan ja Lehdon (1998, 22) mukaan yhtälöstä

$$\omega_D = 2\pi f_D = \frac{d\phi}{dt} = \frac{4\pi}{\lambda} \frac{dR}{dt} = \frac{4\pi v_r}{\lambda} \quad (1)$$

missä

ω_D on dopplerkulmataajuus

f_D on dopplertaajuus

ϕ on vakio vaiheensiirto

v_r on kohteen säteittäinen nopeus tutkaan nähden

λ on signaalin aallonpituus

R on kohteen etäisyystutkasta

t on aika,

jossa vaihe derivoidaan ajan suhteen. Yhtälö (1) sisältää dopplertaajuuden ja kohteen säteittäisen nopeuden välisen yhteyden. Näin ollen dopplertaajuudeksi saadaan yhtälöstä (1)

$$f_D = \frac{2v_r}{\lambda} \quad (2)$$

missä

f_D on dopplertaajuus

v_r on kohteen säteittäinen nopeus tutkaan nähden

λ on signaalin aallonpituus.

Signaalit on jaoteltu kaikupulssin dopplersiirtymän perusteella nopeusportteihin, joista on mahdollista mitata nopeus. Nopeusportit on toteutettu dopplersuodattimia hyväksi käyttäen. Näin ollen nopeusresoluutio riippuu dopplersuodattimien kaistasta. Nopeusresoluution ratkaisemiseen käytetään yhtälöä (2), josta ratkaistaan säteen suuntainen nopeus. Dopplertaajuus korvataan dopplersuodattimen kaistanleveydellä. Näin saadaan nopeusresoluutioksi eli säteittäiselle nopeudelle kaava

$$v_{res} = \frac{B\lambda}{2} \quad (3)$$

missä

v_{res} on nopeusresoluutio

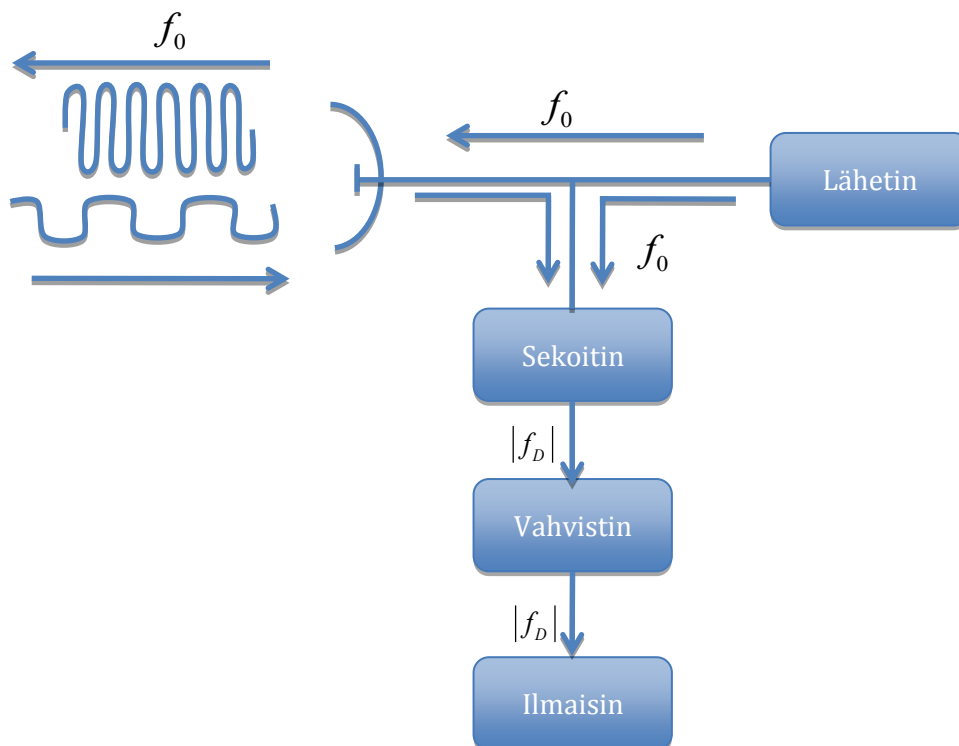
B on dopplersuodattimen kaistanleveys

λ on signaalin aallonpituus.

Varsinainen nopeusvektori voidaan laskea, kun tiedossa ovat nopeusvektorin suunta ja kohteen paikka. (Klemola–Lehto 1998, 22.)

2.3 Kantoaaltotutkan rakenne

Kuviossa 1 on esitelty kantoaaltotutkan yksinkertainen lohkokaavio. Lähetin lähettää signaalia (f_0 taajuus) ja kohteeseen osuessaan osa signaalista palautuu/heijastuu takaisin vastaanottimeen. Takaisin heijastunut lähtösignaali on muuttunut palatessaan vastaanottimeen dopplertaajuuden f_D verran. (Klemola–Lehto 1998, 22–23.)

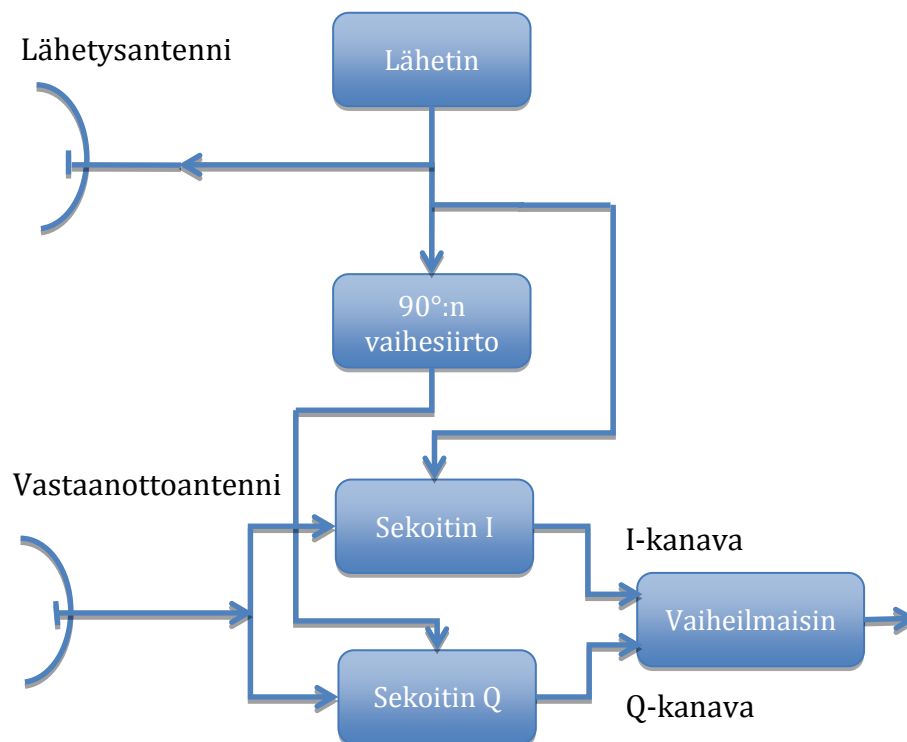


Kuvio 1. Tutkan rakenne (mukaillen Klemola–Lehto 1998, 23)

Takaisin heijastuneesta signaalista poistetaan sekoittimessa alkuperäinen taajuus f_0 , jäljelle jää dopplertaajuus f_D , josta voidaan määrittää kohteen nopeus. Vahvistimella pyritään vahvistamaan signaali ilmaisun vaatimalle tasolle. Vahvistimella on myös toinen tehtävä: poistaa DC-komponenttien

signaalia, jota kiintokohteet aiheuttavat. Tämä on mahdollista, kun vahvistimen taajuusvastetta muotoillaan sellaiseksi, että DC-komponentilla ei ole mahdollista läpäistä suodatinta. (Klemola–Lehto 1998, 22.)

Dopplertaajuuden etumerkin mukaan voidaan määrittää, kummasta suunnasta kohde on tullut. Kun kohde lähestyy tutkaa, f_D on positiivinen. f_D on puolestaan negatiivinen, kun kohde loittonee tutkasta. (Klemola–Lehto 1998, 23.)



Kuvio 2. Etumerkin määrittäminen (mukaillen Klemola–Lehto 1998, 24)

Tutkaan rakennetun vastaanottimen avulla voidaan määrittää dopplertaajuuden etumerkki kuvion 2 mukaan. Lähetin lähettää lähetyssignaalia, joka yhtälössä 4 on muotoa

$$E_t = E_0 \cos \omega_0 t \quad (4)$$

missä

E_0 on lähetetyn signaalin amplitudi

ω_0 on lähetetyn signaalin kulmataajuus

t on aika.

Lähetin lähettää jatkuvaa signaalia, joka kuvataan yhtälössä 4. Signaalin kohdatessa kohteen, se palaa vastaanottoantenniin muodossa, jota kuvataan yhtälössä 5. Vastaanottoantenniin saapunut signaali on muuttunut dopplertaajuuden verran ja signaali on saanut vakio vaiheensiirron kuviossa 2. Vakio vaiheensiirto määräytyy kohteen välimatkasta vastaanottimeen signaalin saapumishetkellä.

$$E_r = k_1 E_0 \cos[(\omega_0 + \omega_D)t + \phi] \quad (5)$$

missä

k_1 on vaimennuksesta johtuva kerroin

E_0 on lähetetyn signaalin amplitudi

ω_0 on lähetetyn signaalin kulmataajuus

ω_D on dopplerkulmataajuus

ϕ on vakiovaiheensiirto.

Seuraavaksi signaalit menevät kahteen sekoittimeen I ja Q. Sieltä saadut signaalit ovat yhtälössä 6 muotoa

$$E_I = k_2 E_0 \cos(\omega_D t + \phi) \quad (6)$$

missä

k_2 on vaimennuksesta johtuva kerroin

E_0 on lähetetyn signaalin amplitudi

ω_D on dopplerkulmataajuus

ϕ on vakiovaiheensiirto.

Sekoittimesta saadut signaalit menevät vaiheilmaisimeen. Tieto siitä, että signaali on vaiheeltaan 90° edellä I- tai Q-kanavassa, riittää määrittämään dopplertaajuudelle etumerkin. (Klemola–Lehto 1998, 23–24.)

Edellä kerrotun perusteella voidaan tulkita, että $\omega_D > 0$, jolloin kohde lähestyy tutkaa ja kanavien I ja Q signaaleiksi saadaan

$$E_1 = k_2 E_0 \cos(\omega_b t + \phi)$$

$$E_2 = k_1 E_0 \cos(\omega_b t + \phi + \pi) \quad (7)$$

kohteen loitotessa tutkasta $\omega_D < 0$, kanavien signaalit ovat

$$E_1 = k_2 E_0 \cos(\omega_b t - \phi)$$

$$E_2 = k_1 E_0 \cos(\omega_b t - \phi + \pi) \quad (\text{Klemola-Lehto 1998, 24.}) \quad (8)$$

3. LIIKENTEENLASKENTA

3.1 Liikenteenlaskutekniikat

Liikenteenlaskutekniikat vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Opinnäytetyössä tekniikan valintaan vaikuttivat laitteen helppo asennus, mahdollisuus akun käyttöön ja verkkojännitelitaintään. Lisäksi etuna oli mahdollisuus lähettää laskurilta dataa Arctic Powerin tietokantapalvelimelle.

Liikennelaskureiden etsiminen aloitettiin määrättyjen tavoitteiden ja kriteerien perusteella. Sopivien tekniikoiden löytyttyä, etsintä siirtyi yrityksiin, jotka valmistavat laskureita opinnäytetyön tarkoituksiin soveltuvalla tekniikalla. Sopivan tekniikan löytymisessä oli toisaalta mahdollisuus laitteen rakentamiseen, mutta tiukan aikataulun ja kelkkakauden lähestymisen vuoksi päätökseksi muodostui yritysten kilpailuttaminen tarjousten perusteella. Vaatimukset täyttävät liikenteenlaskutekniikat olivat induktiivinen silmukka, dopplertutka ja pietsosähköinen ilmaisim.

Induktiivisen silmukan toiminta periaate perustuu ilmaisinsilmukassa tapahtuvaan induktanssin muutokseen, jonka ajoneuvo aiheuttaa ajaessaan silmukoiden yli. Ilmaisinsilmukassa tapahtuvat induktanssimuutokset mitataan ilmaisinvahvistimella. Induktiivisista silmukoista saatava data sisältää aikaleiman, nopeuden, ajoneuvon pituuden ja tulosuunnan. Silmukat asennetaan ajorataan eli upotetaan maantiehen. (Borgernström–Vilkman-Vartia–Juhala–Sainio 2002.)

Opinnäytetyössä induktiivinen silmukka -tekniikka vaatisi toimiakseen mittauslaitteiston lisäksi sellaisen järjestelmän rakentamisen, joka lähettäisi dataa tietokantapalvelimelle. Haasteen toteutukseen toisi laitteen virran saannin mahdollisuus maasto-olosuhteissa. Lisäksi kelkkareitti vaatisi alustan rakentamisen silmukoita varten. Toinen tekniikassa mietityttänyt asia oli, vaikuttaisiko talven aikana mittausalustaan kertynyt paksu lumikerros silmukoiden toimintaan.

Doppler-tutkatekniikka perustuu tutkan lähettämään jatkuvaan lähetyssignaaliin. Kun signaali kohtaa ajoneuvon, se palaa tutkan vastaanottimeen vaimentuneena. Tästä voidaan laskea ajoneuvon nopeus, pituus ja tulosuunta. Tutka muodostaa eteensä kiilamaisen keilan. Tutka tunnistaa keilaan saapuvan ajoneuvon ja laskee ajoneuvon nopeuden, pituuden ja suunnan. Yleensä nopeutta ilmaisevissa tutkissa käytetään doppler-tutkatekniikkaa. (Borgernström ym. 2002; Klemola–Lehto 1998.)

Edellä mainitulla tutkatekniikalla on mahdollista toteuttaa opinnäytetyö asiakkaan vaatimalla toiminnallisuudella. Tutka tarvitsee kuitenkin järjestelmän, jolla kerätää data aikaleimalla ja lähettää se tietokantaan. Etuna tekniikassa on, että mittausalustoja ei tarvitse erikseen rakentaa. Tällöin riittää, kun rakentaa järjestelmän, jonka voi asentaa moottorikelkkareitin viereen.

Pietsosähköisen ilmaisimen toiminta perustuu kaapeliin, joka sisältää dielektristä ainetta. Ajoneuvon ajaessa yli kaapelista, siihen muodostuu sähköinen pulssi renkaan paineesta, joka välittyy mittajärjestelmään. Asennettaessa kaksi kaapelia peräkkäin mahdollistetaan ajoneuvon nopeuden mittaus ja akselivälin mittaus. (Borgernström ym. 2002.)

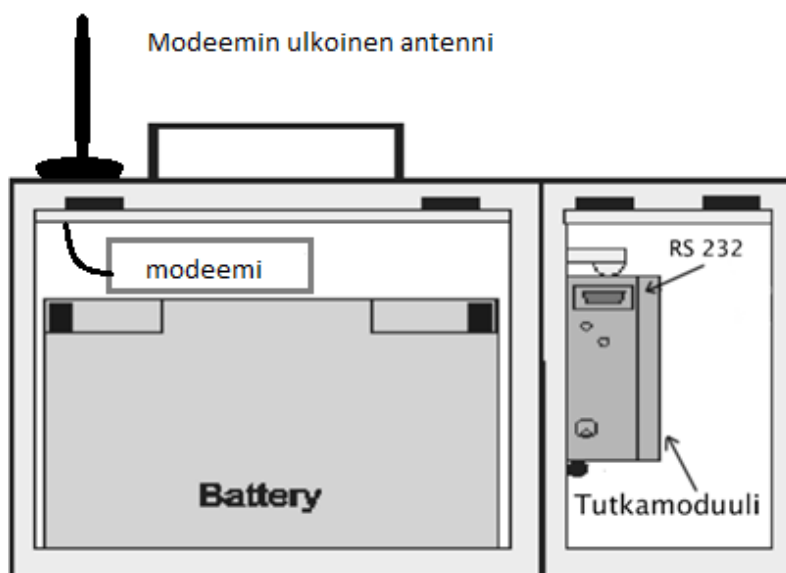
Pietsosähköinen ilmaisimien -tekniikka toteuttaisi osan vaatimuksista, joita valvontajärjestelmä vaatisi. Tekniikka vaatisi kuitenkin järjestelmän, joka lähettäisi dataa tietokantapalvelimelle. Lisäksi tekniikka vaatisi mittausalustan rakentamisen ilmaisimille sekä virran saannin mahdollisuuden laitteelle. Ongelmia saattaisi aiheuttaa mittausalustaan kertynyt lumikerros, joka tiivistyessään kaapelin ympärille aiheuttaisi sen, että järjestelmä ei havaitsisi kaikkia yli ajavia moottorikelkkoja.

3.2 Valittu liikenteenlaskutekniikka

Opinnäytetyöhön valittiin liikennelaskutekniikaksi doppler-tutkatekniikka, jota liikennelaskuri Viacount II käyttää. Viacount II sopi myös muiden ominaisuuksien osalta Arctic Powerin ennalta antamiin kriteereihin. Saadut tarjoukset eri liikennelaskureista puolsivat myös Viacount II valintaa.

Viacount II -rakenne

Viacount II -liikennelaskimen käyttämä tekniikka perustuu 24.165 GHz:n taajuutta käyttävään doppler-tutkaan, johon on integroitu Flash RAM -muisti. 4 MB Flash RAM -muisti mahdollistaa 360 000 ajoneuvon tallentamisen laitteeseen. (Trafino Oy 2008.)



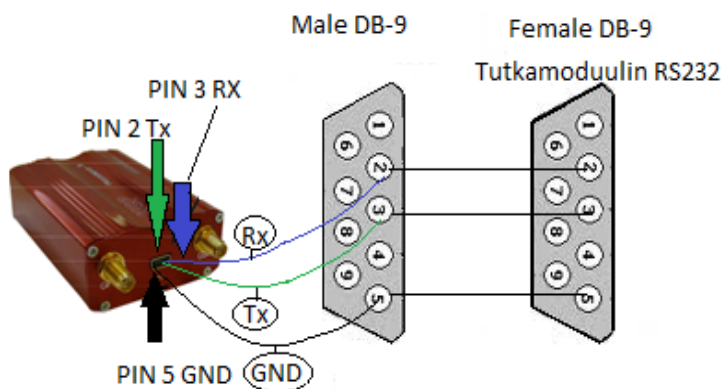
Kuvio 3. Viacount II -rakenne (mukaan Viacount II käyttöohje, 1)

Rakennekuva Kuvio 3 esittää Viacount II -koteloa, jossa on akulle oma tila ja tutkamoduulille omansa. Laitteen pakkasen kestoja parannettiin lisäämällä akkukoteloon roudan estoon tarkoitettua vaahtomuovia. Tutkamoduuli sisältää tutkan lisäksi reaalikellon *RTC* (Real Time Clock), joka lisää mittausdataan aikaleiman jokaiselle ohi menevälle ajoneuvolle. Tutkamoduulista löytyy myös RS232-sarjaportti, josta voidaan ottaa yhteys laitteeseen, muuttaa asetuksia tai ottaa muistiin tallennettu data talteen. Tutkamoduulin sivussa on vihreä led-valo, joka välkähtää aina laitteen rekisteröityä ohiajavan ajoneuvon. Led-valon vieressä on liikennelaskurin On/Off-kytkin. (Trafino Oy 2008.)

Modeemin asennus ja toiminta

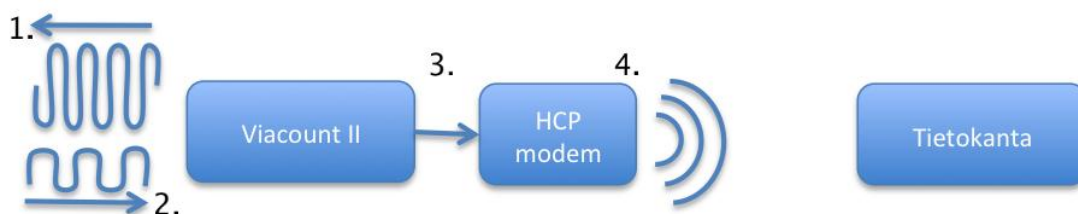
Liikennelaskuriin lisättiin HCP roadstar -modeemi siirtämään dataa Arctic Powerin tietokantaan. Ensimmäisessä vaiheessa etsittiin tietoa tavoista, joilla

modeemin voisi ohjelmoida hakemaan ja lähettämään tutkasta saatua dataa tietokantaan. Seuraavassa vaiheessa simulointi toteutettiin Netbeans-ohjelmointiympäristössä Java-ohjelmointikielellä. Ohjelmointiympäristössä pystyi myös tarvittaessa testaamaan koodin toimivuutta. Koodin vaiheittaisella testaamisella pyrittiin varmistamaan koodin toimivuus osaluaitteittain. Samalla pyrittiin vähentämään virheiden määrää. Kun valmis koodi siirrettiin modeemiin, asennettiin modeemi Viacount II -akkukotelon yläosaan. Modeemille lisättiin ulkoinen antenni parantamaan lähetys yhteyttä. Modeemi liitettiin sarjakaapeli *Male DB-9* liittimellä tutkamoduulin RS232-sarjaportti *Female DB-9* liittimeen kuvion 4 mukaan.



Kuvio 4. Kaapelin kytkentä

Laitteen ajoneuvon havaitsemista ja tietojen tietokantaan lähettämistä testattiin Arctic Powerilla ennen laitteen siirtämistä moottorikelkkareitille. Alla oleva Kuvio 5 havainnollistaa edellä mainittua tutkan toimintaa.



Kuvio 5. Laitteen toimintaperiaate modeemilla

Viacount II -laite toimii modeemiin yhdistettynä kuvion 5 osoittamalla tavalla. Kuviossa 5 kohdassa 1 Viacount II lähettää jatkuvaa lähetys-signaalia, kunnes signaalin osuessa kohteeseen se palaa vaimennettuna takaisin vastaanottimeen. Kuviossa 5 kohdassa 2 Viacount II käsittelee

vastaanottimeen tulleen signaalin, ja data tallennetaan ASCII-merkistöä hyväksikäyttäen laitteen muistiin (Trafino Oy 2008). Samalla, kun Viacount II saa tallennettua datan muistiinsa, se on myös siirtynyt modeemin kautta tietokantaan reaaliajassa. Modeemin toiminta perustuu siihen, että se on kytketty sarjaporttikaapelilla tutkamoduuliin kuviossa 5 kohdassa 3. Aina laitteen käynnistyessä modeemi asettaa tutkamoduuliin asetukset, joilla se pystyy reaaliaikaisesti lähettämään datan tietokantaan. Kuviossa 5 kohdassa 4 modeemi lähettää dataa tietokantaan. Ennen datan lähettämistä modeemi lisää liikennelaskurilta saadun datarivin jatkoksi vielä akulta otetun jännitetiedon, jonka avulla voidaan seurata akun jännitetasoa sekä akun vaihtamisen aikataulua.

Datan rakenne

Data, jota liikennelaskuri tallentaa muistiinsa, rakentuu 31-tavuisesta ASCII-merkistöä käyttävästä rivistä. Yksi rivi vastaa yhtä moottorikelkkaa, joka on mennyt ohi liikennelaskurista. Esimerkki laitteeseen tallentuneesta datarivistä: 23; 296; 247.92; 19.12.12; 14:14:25. Jokainen Liikennelaskurin tallentama datarivi päättyy merkeillä "<CR><LF>". Merkeillä erotetaan datarivit toisistaan laitteen muistissa. Esimerkistä nähdään datarivin sisältämät arvot, jotka ovat erotettuina toisistaan puolipisteellä. Ensimmäinen luku kertoo ajonopeuden. Positiivinen arvo kertoo kohteen lähestyneen laskuria, kun taas nopeusarvon ollessa negatiivinen kohde on loittoneva laskuriin nähden. Toinen luku kertoo ajoneuvon suhteellisen pituuden. Kolmas arvo ilmoittaa etäisyyden edellä ajavaan ajoneuvoon sekunteina. Ensimmäisen laskuriin tulleen ajoneuvon arvoksi tulee nolla. Mikäli aikaa on kulunut yli 10 minuuttia ensimmäisen ajoneuvon jälkeen, tulee tämänkin ajoneuvon arvoksi nolla. Neljäs ja viides arvo antavat päivämäärä- ja kellonaikaleiman ajoneuville. (Trafino Oy 2008.)

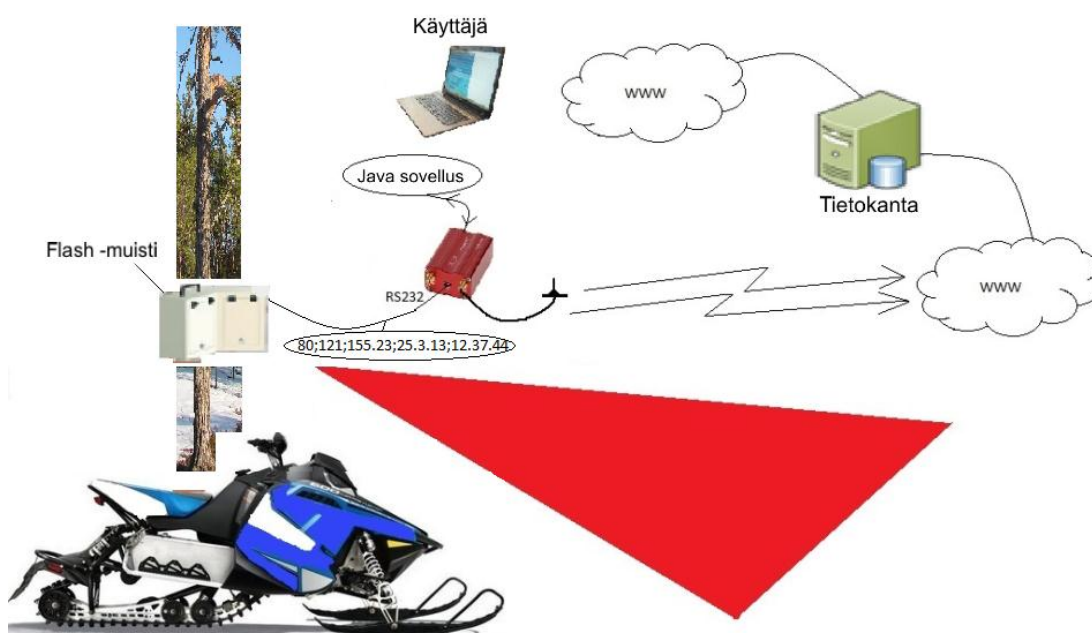
Modeemin lähettämään dataan lisätään tunnisteita, esimerkiksi locationID, jotta datan tunnistaminen tietokannasta helpottuisi. Tietokantaan lähetettävä data sisältää kuviossa 6 olevat tiedot.

| deviceID | locationID | dataID | Aika |
|----------|------------|--------|---------------------|
| 26 | 24 | 15 | 2013-03-18_20:44:38 |

| Nopeus | Pituus | Aikaero | PVM | Aika | Akku jännite |
|--------|--------|---------|-----------|----------|--------------|
| 70 | 245 | 0 | 18.3.2013 | 20:44:38 | 12.49 |

Kuvio 6. Tietokantapalvelimeen lähetettävät tiedot

Kuviossa 6 olevat deviceID-, locationID- ja dataID-arvot ovat vakioita ja näillä arvoilla pystytään hakemaan tietokantapalvelimesta laskurin lähettämä data kokonaisuudessaan. Ennen datarivin lähettämistä tietokantaan, modeemi muuttaa liikennelaskurilta saadun datarivin päivämäärä- ja aikaleiman helpommin luettavaksi tietokannassa. Edellä mainittujen arvojen jälkeen modeemi lisää ajoneuvoista saadut tiedot. Modeemissa on mahdollisuus jännitteiden mittaukseen. Tämän ominaisuuden avulla pystyttiin lisäämään tietokantaan lähetettävään datariviin akun jännitearvo. Tietokantapalvelin lisää jokaiselle modeemin lähettämälle datariville oman ID:n eli tunnisteen. Tunnisteen avulla pystytään seuraamaan saapuvien datarivien lukumäärää.



Kuvio 7. Liikennelaskurin toimintaperiaate

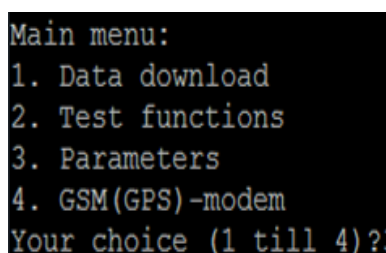
Kuviossa 7 esitellään havaintokuvalla liikennelaskurin toimintaa. Moottorikelkan saapuessa tutkan säteeseen liikennelaskuri tallentaa datan laitteen muistiin. Modeemissa oleva Java-sovellus ottaa saapuneen datan

liikennelaskurilta ja lähettää sen tietokantapalvelimelle. Tietokannasta voidaan laskennan loputtua ottaa saatu data jatkokäsittelyä varten. Sivustolta mittaus.ramk.fi/viacount.php voidaan seurata reaaliajassa liikennelaskurin lähettämää dataa tietokantapalvelimelle.

4. LIIKENNELASKURIN KÄYTTÖÖNOTTO, TESTAUS, ASENNUSPAIKKA JA HUOLTO

4.1 Käyttöönotto

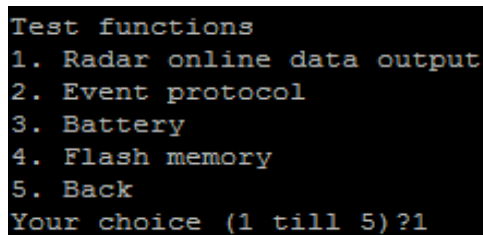
Liikennelaskurin käyttöönotto mahdollistetaan yhdistämällä RS232-sarjaporttikaapeli tietokoneen sarjaporttiin. Tietokoneeseen asennetaan liikennelaskurin mukana tullut Viaterm- tai Putty-ohjelma. Ohjelmia käytetään Viacount II muistiin tallennetun datan tiedonkeruuseen ja liikennelaskurin asetusten muuttamiseen.



```
Main menu:  
1. Data download  
2. Test functions  
3. Parameters  
4. GSM(GPS)-modem  
Your choice (1 till 4)?
```

Kuvio 8. Viacount II -päävalikko

Asetuksien muuttaminen onnistuu, kun Viacount II on yhdistetty tietokoneeseen. Kuviossa 8 on Viacount II -päävalikko, jossa yhteys laitteeseen on avattu Putty-ohjelmalla. Päävalikon kohdassa 1 ladataan liikennelaskuriin tallentunut data.



```
Test functions  
1. Radar online data output  
2. Event protocol  
3. Battery  
4. Flash memory  
5. Back  
Your choice (1 till 5)?1
```

Kuvio 9. Test functions -valikko

Test functions -valikko on päävalikon toinen kohta. *Test functions* -valikko sisältää kuviossa 9 olevat valikot. *Radar online* -valikossa pystytään muodostamaan reaaliaikainen yhteys liikennelaskuriin. Laskuriin saapunut data nähdään näin ollen heti tietokoneen näytöllä. *Event protocol* -valikossa pystytään seuraamaan laitteen rekisteröimiä virhekoodeja. Esimerkki virhekoodista: 21;15.03.13;13:25:08 ensimmäinen arvo on rekisteröity virhe-

koodi. Seuraavat arvot kertovat milloin virhe-koodi on rekisteröitynyt laitteeseen. *Battery*-valikossa voidaan tarkistaa akun jännite. *Flash memory*-valikossa liikennelaskurin muisti voidaan tyhjentää. Tätä kohtaa voidaan käyttää, kun haluttu mittauskausi on loppunut ja tallentunut data on siirretty tietokoneelle. (Trafino Oy 2008.)

```
Parameters:
1. System time = 10:12:22
2. System date = 20.03.13, Wednesday
3. Start of measurement = immediately
4. Detected direction = bidirectional
5. Correction factor = 1.4142
6. Radar distance range = 6%
7. COMMENT: not set
8. Back
Your choice (1 till 8)?
```

Kuvio 10. Parameters -valikko

Käyttöönoton kannalta parametri-valikko (*parameters*) kuvio 10 on tärkein valikko, koska valikossa tehdään asennuspaikan määrittämiä muutoksia ja datan tallennukseen liittyviä muutoksia. Kuviossa 10 valikon kohdat 1, 2, 3 ja 4 ovat datan tallennukseen liittyviä valikkoja. Valikon kohdissa 1 ja 2 asetetaan kellonaika ja päivämäärä liikennelaskurille. Kellonaika on hyvä tarkistaa kuukausittain, koska liikennelaskurin järjestelmässä olevan reaaliaikakellon toleranssi lämpötilalla 25 °C on +5/ -23 ppm. Reaaliaikakello jättää edellä mainitulla toleransilla 73 sekuntia/ kuukausi. Muilla lämpötiloilla toleranssi voi olla vielä suurempi. Valikon kohdassa 3 määritetään aloittaako liikennelaskuri liikenteen laskennan välittömästi vai viiveellä. Asetuksella *immediately* liikennelaskuri aloittaa laskennan välittömästi. Valikon kohdassa 4 asetetaan liikennelaskurille laskentasuunnat, jossa valittavina asetuksina ovat molemmista suunnista tapahtuva laskenta (*bidirectional*), lähestyvän liikenteen laskenta (*coming*) tai loittonevan liikenteen laskenta (*going*).

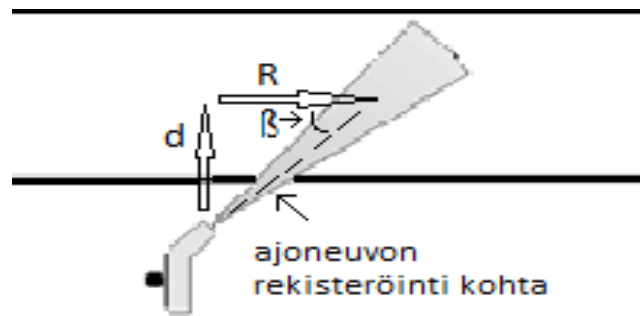
Kuviossa 10 valikon kohdat 5, 6 ja 7 ovat asennuspaikkaan liittyviä valikkoja. Valikon kohdasta 5 asetetaan liikennelaskurille oikaisukerroin kolmesta esimääritellystä vaihtoehdosta, jotka ovat seuraavat:

Sidefire(45°) 1.4142

Sidefire-overhead (45°,20°) 1.4407

Overhead(33°) 1.1936.

Oikaisukerroin opinnäytetyössä on 1.4142, koska liikennelaskuri on asennettu 45° kulmassa kelkkareittiin nähden kuvion 11 mukaan. (Trafino Oy 2008.)



Kuvio 11. Asennus 45° kulmaan (mukaillen Trafino 2008)

Liikennelaskurissa oleva Doppler-tutka mittaa ajoneuvon liikettä säteen mukaisesti. Mitattu nopeus tulee oikaista, koska tutkan säteen ja siihen saapuvan ajoneuvon välille muodostuu mittauskulma. Kun mittauskulma kasvaa liian suureksi, on suhteellinen nopeus pienempi kuin todellinen. Tämä aiheuttaa pienemmän nopeuslukeman kuin ajoneuvon todellinen nopeus. Mitattu nopeus tulee oikaista nopeuden oikaisukertoimella kaavalla

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{d}{R}\right) \quad (9)$$

missä

β on kulmakerroin

d on liikennelaskurin etäisyys reitistä.

R on matka d :stä ajoneuvon rekisteröinti kohta

\tan^{-1} on arcus tangent. (Trafino Oy 2008; Copradar 2013.)

Todellisen ja mitatun nopeuden suhde lasketaan seuraavasti:

$$v = v_{mess} / \cosinus \quad (10)$$

missä

v on korjattu nopeus

v_{mess} on ajoneuvon mitattu nopeus

\cosinus on liikennelaskurin ja liikennelaskuriin ajavan ajoneuvon välinen kulma. (Trafino Oy 2008.)

Kuviossa 10 valikon kohdassa 6 asetetaan tutkalle toimintaetäisyyden kerroin. Valikosta on valittavissa viisi eri numeroarvoa 1, 2, 4, 8 ja 16 toimintaetäisyydelle riippuen asennetaanko liikennelaskuri ajoneuvon tasolle vai yläpuolelle. Toimintaetäisyyskerroin on todennäköisesti suhdeluku, jolla ei ole yksikköä. Jokainen toimintaetäisyyden arvo vastaa tiettyä tutkasäteen leveyttä. Opinnäytetyössä liikennelaskuri asennettiin moottorikelkkojen tasolle, mikä määräsi toimintaetäisyydeksi arvon 16, eli tutkasäteen arvo on tällöin 6 %. Jos arvo olisi suurempi, niin tutkan säde voisi saada heijastuksia kelkkareitin ulkopuolelta. Mitattaessa ajoneuvoja yläpuolelta toimintaetäisyys arvoksi asetetaan numero 4, joka vastaa 25 % tutkasäteen arvoa. Kuviossa 10 valikon kohdassa 7 voidaan asettaa mittauspaikalle nimi. (Trafino Oy 2008.)

```

Enter password:****
GSM(GPS)-modem
1. Set password
2. Set on-time
3. Set SIM-PIN
4. GSM(GPS)-modem status
5. SMS setup
6. GPRS setup
7. EMAIL setup
8. SMTP server setup
9. Get GPS position
0. Back
Your choice (1 till 0)?

```

Kuvio 12. GSM (GPS) -modem -valikko

Liikennelaskurissa on paikkatietojen ja datan lähetysmodeemi. Datan lähettäminen onnistuu laitteen omalla modeemilla vain sähköpostiin. Lähettämisen jälkeen liikennelaskuri poistaa laitteeseen tallentuneen datan, joten tätä ominaisuutta ei voitu käyttää opinnäytetyössä. Kuviossa 12 on GSM (GPS) -modeemin asetuksiin tarkoitettuja valikkoja.

4.2 Testaus

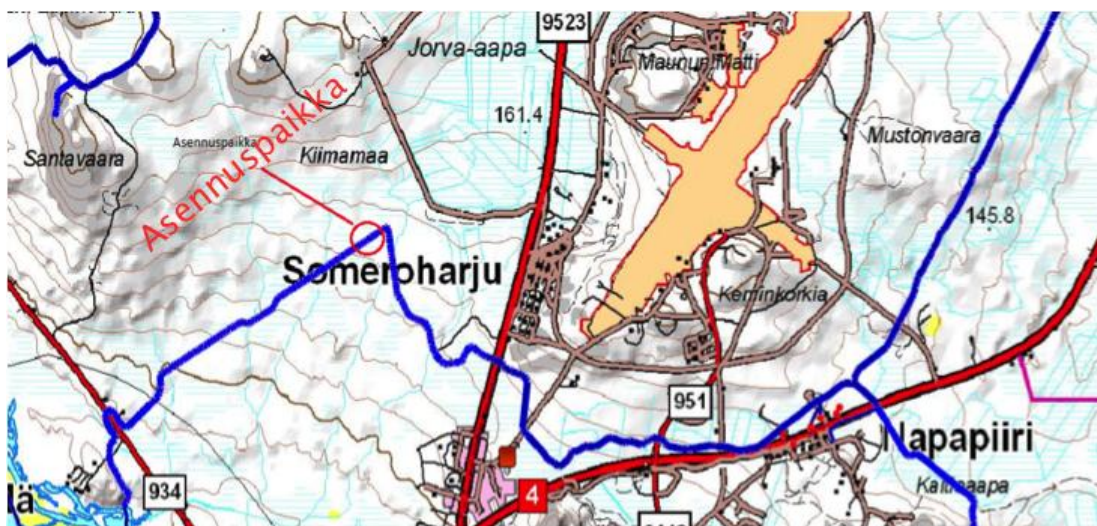
Viacount II -liikennelaskurin toiminta ja testaus toteutettiin pääosin Arctic Powerin tiloissa. Ulko-olosuhteissa testaaminen toteutettiin mönkijällä, koska testausajankohtana ei ollut lunta. Testaamisessa pyrittiin luomaan samanlaiset asennuskorkeudet ja -etäisyydet, jotta ne vastaisivat maastoon asennettavan laskurin paikkaa. Testauksen jälkeen laskuriin tullut data analysoitiin, minkä myötä pystyttiin arvioimaan ajoneuvon pituuden muutokset eri asennusetäisyyksillä.

Ensimmäinen testi moottorikelkalla tehtiin 15.12.2012 metsätiellä. Testin tarkoitus oli hakea laskurille oikea asennuskorkeus ja toimintaetäisyys ajamalla laskurin ohi 3, 6 ja 9 metrin etäisyyksillä. Aluksi asennuskorkeus oli 1,5 metriä, mutta testin lopuksi laskurin korkeutta laskettiin metrin korkeuteen. Kyseiseen johtopäätökseen päädyttiin laitteen valmistajan teknisen konsultin kanssa. Maanpinnasta metrin korkeudelle asennettu laskuri pystyi parhaiten havaitsemaan liikenteen laitteen ollessa samalla tasolla ajoneuvon kanssa. Maanpinnan korkeuden muuttuminen talviolosuhteiden myötä vaikutti näin ollen laskurin asennuskorkeuteen kelkkareitin lumimäärästä riippuen.

4.3 Asennuspaikka

Asennuspaikan valintaan vaikutti kolme mittaukselle tärkeää seikkaa. Huomioitavat seikat olivat moottorikelkkareitin suuret ajomäärät, reitillä oleva mahdollinen suora ja huollon helppous. Kelkkareitin valintaan vaikutti reitin mahdollisimman suuri ajomäärä, jotta saataisiin laaja tilastollinen otanta analysointia varten. Valitulla reitillä oleva suora takaisi suuret nopeuden vaihtelut verrattuna mutkaiselle reittiosuudelle. Liikennelaskurin tulisi sijaita Arctic Powerin läheisyydessä, jotta huoltoajot ja akun vaihdot voisi hoitaa joustavasti ilman, että siihen kuluisi monta tuntia. Liikennelaskurin liittämistä verkkojännitteeseen pidettiin yhtenä vaihtoehtona. Tämä ratkaisu poistaisi akun vaihdot laitteesta, mutta verkkojännitteisen asennuspaikan löytyminen ja edellä mainittujen seikkojen täyttyminen ei ollut mahdollista.

Sopivaksi paikaksi valikoitui Rovaniemen kaupungin nimeämä reitti 1: Ketavaara-Napapiiri-Norvalampi. Reitin valinnassa konsultointiapua saimme Rovaniemen kaupungin reitin kunnossapitohenkilöltä. Valitulla asennuspaikalla nopeudet nousevat suuriksi, eikä moottorikelkkoja ehditä pysäyttää ennen tiukasti oikealle kääntyvää mutkaa. Tästä syystä kyseisellä paikalla on tapahtunut onnettomuuksia.



Kuvio 13. Liikennelaskurin asennuspaikka (ks. Rovaniemen karttapalvelu)

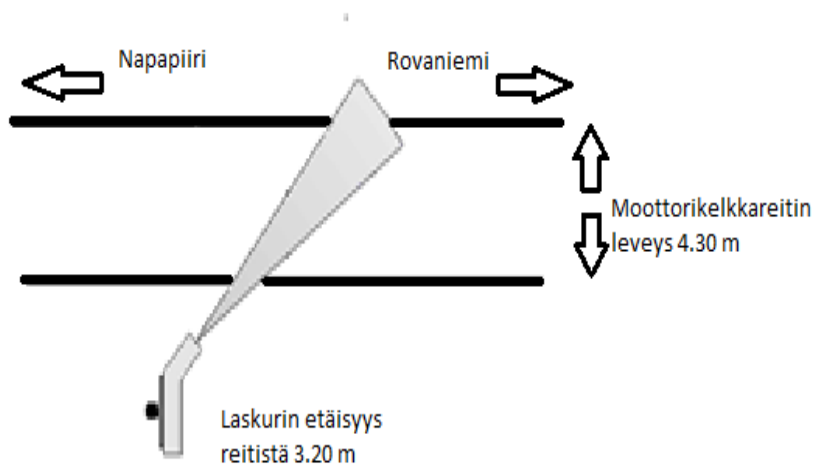
Kuvio 13 esittää paikkaa, jonne liikennelaskuri on asennettu. Liikennelaskuri sijaitsee pitkän suoran varrella noin 200 metriä tiukasti oikealle kääntyvästä mutkasta etelän suuntaan. Liikennelaskurin asennuspaikan koordinaatit ovat 66°33'28.27"N ja 25°45'37.57"E

Valittua asennuspaikkaa käytiin katsomassa 27.11.2012. Tuolloin katsottiin sopivaa kiinnityspaikkaa liikennelaskurille. Liikennelaskurin tuli olla hieman suojassa, ettei sitä havaittaisi helposti ja ettei se joutuisi ilkeivallan kohteeksi. Reitin vieressä oleva puu valikoitui asennuspaikaksi, koska sen oksisto antoi samalla suojaa laitteelle satavalta lumelta ja näkösuojan kelkkareitille. Muita kiinnitysvaihtoehtoja olisi ollut myös tarjolla. Esimerkiksi yhtenä vaihtoehtona pidettiin liikennelaskuri kiinnittämistä maahan upotettavaan metallitolppaan, mutta myöhäisen ajankohdan vuoksi metallitolpan kaivaminen jäiseen maahan olisi ollut turhan vaivalloista.



Kuvio 14. Liikennelaskurin kiinnityspaikka

Liikennelaskuri asennettiin puuhun noin metrin korkeudelle, kuten kuviossa 14. Tarvittaessa laskuria voidaan nostaa, jos lunta kertyy kelkkareitille paljon. Puusta karsittiin hieman oksia, jotta liikennelaskuri saatiin kiinnitettyä tukevasti ja suoraan. Myös laitteen yläpuolelta poistettiin oksia etteivät ne talvella lumen painosta roiku laskurin edessä häiritsemässä mittaamista. Kuviossa 15 esitetään asennetun liikennelaskurin etäisyydet kelkkareittiin nähden.



Kuvio 15. Periaatekuva asennuspaikalta



Kuvio 16. Liikennelaskurin kiinnitysosat

Asennusteline kiinnitettiin kahdella 30 cm putkiklemmarilla puuhun. Liikennelaskuri kiinnitettiin asennustelineeseen kahdella Abloy-lukolla ja varmuuden vuoksi myös rautaketjulla puun ympäri kuviossa 16. Liikennelaskurin asentaminen puuhun oli tietoinen riski, koska puun katkaiseminen käy helposti ja sitä kautta varastaminen onnistuu.

4.4 Huolto ja tarkkailu

Huolto ja tarkkailu toteutettiin ensimmäisen kuukauden aikana viikoittain, koska laitteen toiminnasta pitkällä pakkasjaksoilla ei ollut tietoa. Jokaisella huoltokerralla akku vaihdettiin ja liikennelaskuriin kertynyt data siirrettiin muistitikulle. Jännitemittarilla mitattiin uuden akun ja paikalla olleen akun jännite. Näin selvitettiin, kuinka paljon akun jännite oli pudonnut liikennelaskurissa. Liikennelaskurissa on oma akun jännitteen mittausta, joka sammuttaa liikennelaskurin jännitteen laskiessa alle 10,7 voltin. Akun vaihtoväliä pystyttiin pidentämään viikosta noin kahteen viikkoon, koska akun jännitteen tarkkaileminen ja mittaaminen osoitti jännitteen pysyvän edellä mainitun 10,7 voltin yläpuolella noin kahden viikon mittaisen ajan (ks. Taulukko 1). Kovat lumisateet lisäsivät huoltokertoja, koska liikennelaskurin päälle kertynyt lumi voisi vaikuttaa liikennelaskurin toimintaan.

Taulukko 1. Akunvaihto

| Akun vaihto PVM | Uuden akun jännite (V) | Vanhan akun jännite (V) | Toiminta-aika |
|-----------------|------------------------|-------------------------|---------------|
| 28.1.2013 | | | 8 |
| 5.2.2013 | 12.98 | 12.24 | 7 |
| 14.2.2013 | 13.19 | 11.98 | 9 |
| 26.2.2013 | 12.98 | 11.92 | 12 |
| 13.3.2013 | 13.08 | 11.77 | 15 |
| 15.3.2013 | 12.88 | 12.40 | 3 |
| 18.3.2013 | 12.98 | 12.60 | 2 |
| 20.3.2013 | 13.28 | 12.40 | 2 |
| | | | |

Kun modeemi oli ohjelmoitu ja asennettu, liikennelaskurin akun jännitteen seuranta helpottui, koska seurannan pystyi toteuttamaan Arctic Powerin tietokantapalvelimelta. Akun toiminta-aika lyheni modeemin virran tarpeen vuoksi noin kuuteen päivään. Akun kesto pystyttiin laskemaan, mutta saatu tulos oli vain viitteellinen arvio akun kokonaiskestosta. Talvella kovat lämpötilan vaihtelut rasittavat liikennelaskurin toimintaa, koska kovilla pakkasilla liikennelaskurin sisällä olevat komponentit kuluttavat enemmän virtaa mitä lämpötilan ollessa plussan puolella. Toiminta-aika lasketaan seuraavasti: akun ampeeritunnit jaetaan laitteen virrankulutuksella, josta saadaan akunkesto tunneissa sekä päivissä. Laskutoimituksena toiminta-aika saadaan seuraavan kaavan avulla: $17 \text{ Ah} / 50 \text{ mA} = 340 \text{ tuntia} = 14 \text{ päivää}$.

Taulukko 2. Akun jännitteen vaihtelut eri mittaus menetelmillä

| Akun jännitteen(V) seuranta yleismittarilla, liikennelaskurilla ja modeemilla | | | | | | |
|---|---------------------|-----------------|---------|--------------|-----------------|---------|
| Pvm | Paikalla ollut akku | | | Uusi akku | | |
| | Yleismittari | Liikennelaskuri | Modeemi | Yleismittari | Liikennelaskuri | Modeemi |
| 27.3.2013-28.3.2013 | 12.84 | 12.40 | 12.66 | 13.21 | 12.90 | 13.11 |
| 28.3.2013-2.4.2013 | 11.85 | 11.40 | 11.59 | 12.98 | 12.60 | 12.74 |

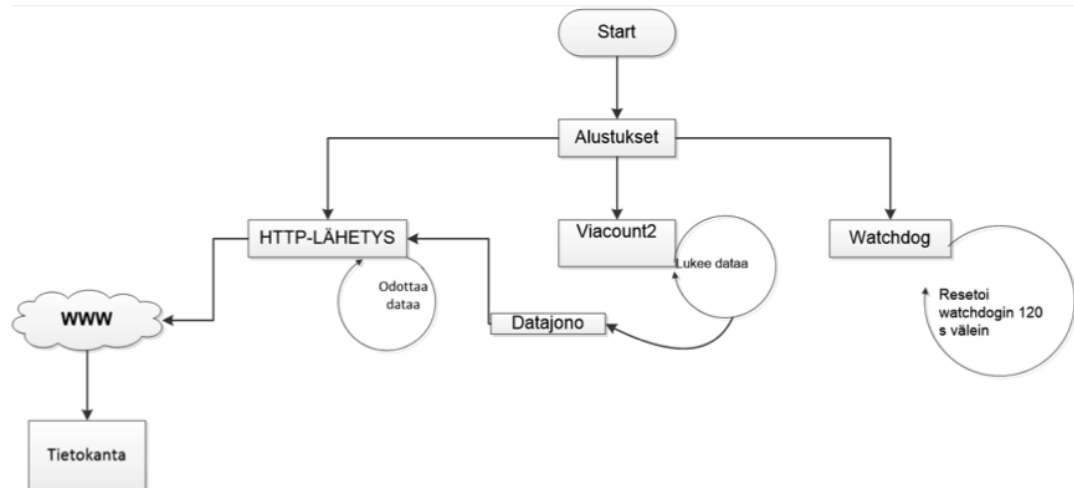
Taulukkoa 2 tarkastellessa on huomioitava liikennelaskurin antama 0,3–0,5 voltia pienempi jännitearvo paikalla olleelle ja uudelle akulle, kuin yleismittarin ja modeemin antamat arvot. Akun jännitteen seurannassa oli

muistettava liikennelaskurin sammutustoiminto, jonka rajaksi edellä mainittiin 10,7 voltia.

5. LIIKENNELASKURIN DATAN KÄSITTELY JA SIIRTO

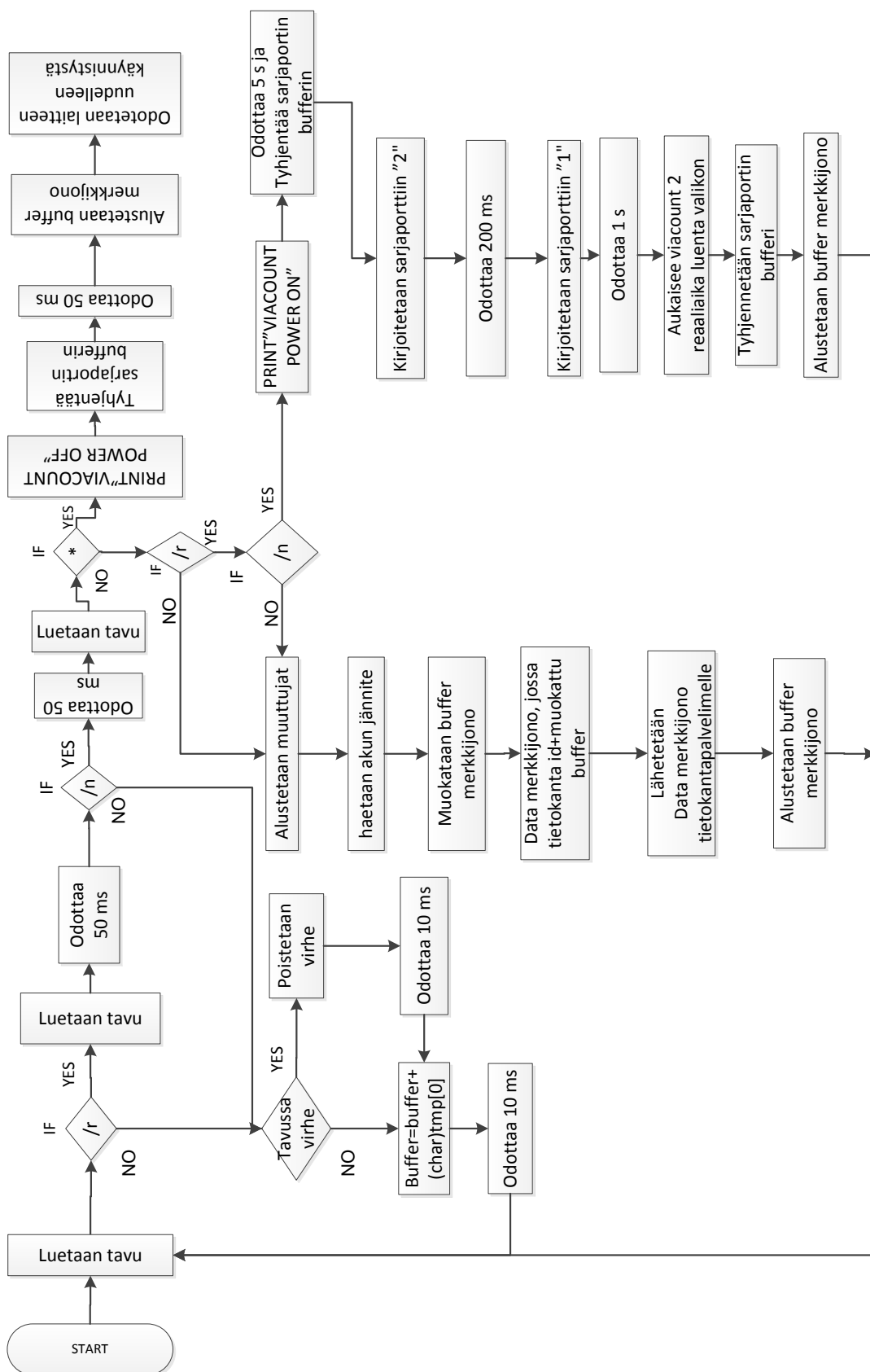
5.1 Java-koodin toiminta

Java-koodin toiminnassa esitetään modeemiin ohjelmoidun Java-koodin toimintaperiaate. Kuviossa 17 pyritään yksinkertaisella toimintalohkokaaviolla kertomaan liikennelaskurin ja modeemin toiminnasta.



Kuvio 17. Modeemin toiminnan lohko-kaavio

Kuviossa 17 esitetään modeemissa tapahtuva vaiheittainen eteneminen. Modeemin käynnistyttyä se alustetaan datan lähetystä varten. Alustamisen jälkeen järjestelmä on käyttövalmiina. Modeemiin ohjelmoitu Viacount 2 niminen Java-ohjelma odottaa liikennelaskurilta dataa, josta data siirtyy jonoon ja sitten http-lähetysten kautta tietokantaan. Data siirtyy jonoon ja siitä http-lähetysten kautta tietokantaan. Modeemissa oleva *watchdog*-toiminto resetoit modeemin 2 minuutin välein siltä varalta, jos Java-ohjelma olisi jumissa. Modeemin vaiheittainen toiminta alustuksesta datan lähettämiseen on esitelty kuviossa 18. Kuvion 18 avulla pystytään selkeästi tulkitsemaan modeemissa tapahtuvat toiminnot.



5.2 Java-koodin rakenne

Java-koodin rakenteessa esitetään, mitä modeemi tekee annetuilla komennoilla ja missä järjestyksessä modeemi toteuttaa kyseiset komennot. Hyvin tehdystä rakenteesta pystytään helposti lukemaan ja ymmärtämään, mitä eri vaiheissa tehdään. Selkeästä rakenteesta on paljon hyötyä ohjelmoijalle, koska virheet ovat tällöin helpommin havaittavissa. Esimerkkikoodissa 1–3 on poimintoja tärkeimmistä modeemin toimintakohdista.

```
public void run()

try
{
System.out.println("SerialThread running..");
serial.openSerial("COM0", "on", "115200");
Thread.sleep(5000);
serial.resetBuffer();
System.out.println("reading data");

serial.writeSerial("2");
Thread.sleep(500);
serial.writeSerial("1");
Thread.sleep(500);
serial.resetBuffer();
}
catch (Exception e)
{

System.out.println("run.openconnection: " + e.getMessage());
}
```

Esimerkkikoodi 1. Sarjanportin avaaminen

Esimerkkikoodissa 1 modeemi toteuttaa sille annetut komentorivit. Modeemi avaa yhteyden liikennelaskurille sarjaporttiyhteyttä hyväksikäyttäen. Yhteys avataan komennolla *serial.openserial*. Sarjaportissa oleva sarjaporttipuskuri tyhjenetään, kun yhteys on avattu. Käynnistyessään liikennelaskuri ilmoittaa *gps*-paikkatietoja, jotka sekoittavat ohjelman toiminnan. Tämän jälkeen liikennelaskuri on tilassa, jossa sille voidaan syöttää haluttuja komentoja. Liikennelaskurille syötetään komento "2", joka toteuttaa päävalikossa siirtymisen *test functions* -välilehdelle. Kyseisellä välilehdellä modeemi antaa

uuden komennon "1", joka toteuttaa siirtymisen *radar online data output* -tilaan. Edellä mainitussa tilassa liikennelaskuri pystyy siirtämään ulkoiselle laitteelle, tässä tapauksessa modeemille, reaaliaikaista dataa.

```
while (true)
{
try
{
tmp = serial.readBytes(1);
if (tmp[0] == '\r')
{
Thread.sleep(50);
tmp = serial.readBytes(1);
if (tmp[0] == '\n')
{
Thread.sleep(50);
tmp = serial.readBytes(1);
if (tmp[0] == '*')
{
System.out.println( "power off");
http.addData("viacount power off");
Thread.sleep(50);
serial.resetBuffer();
buffer = "";
}
}
}
}
}
```

```
else if (tmp[0] == '\r')
{
Thread.sleep(50);
tmp = serial.readBytes(1);
if (tmp[0] == '\n')
{
System.out.println( "power on");
http.addData("viacount power on");
Thread.sleep(5000);
serial.resetBuffer();
serial.writeSerial("2");
Thread.sleep(200);
serial.writeSerial("1");
Thread.sleep(1000);
serial.resetBuffer();
buffer= "";
}
}
}
```

Esimerkkikoodi 2. Modeemin tekemät asetuksen muutokset

Modeemiin ohjelmoitiin toiminto, jossa modeemi lähettää viestin tietokantaan siitä, kun liikennelaskuri sammutetaan tai käynnistetään. Kytettäessä virta pois liikennelaskurista modeemi toteuttaa esimerkkikoodissa 2 olevat komennot. Komennolla `tmp=serial.readbytes` luetaan tavuja. Jos tavut `'\r'`, `'\n'` ja `'*'` löytyvät, niin modeemissa oleva ohjelma tulostaa "power off". Modeemi lähettää tietokantaan viestin, että liikennelaskurista on virta pois päältä. Kun liikennelaskuriin kytketään virta, toteuttaa modeemi uudelleen tavujen lukemisen `tmp=serial.readbytes` -komennolla. Modeemi edellyttää ennen "viacount power on" -viestin lähettämistä, että tavut `'\r'` ja `'\n'` ovat löytyneet. Lähetettyään edellä mainitun viestin tietokantaan, modeemi asettaa komennolla "2" ja "1" liikennelaskurin tilaan, jossa dataa pystytään lähettämään tietokantaan.

```
battery_voltage = userMath.round((this.ADC_FACTOR * ADC1.getValue()) / 1000);
System.out.println(time.getJVMTime() + ": ADC1 value: " + battery_voltage + " V");

eka = buffer.indexOf(';');
toka = buffer.indexOf(';',eka+1);
kolmas = buffer.indexOf(';',toka+1)+1;
vika = buffer.lastIndexOf(';')+1;

time1 = buffer.substring(vika, vika+8);
date = buffer.substring(kolmas,vika-1);
date2= date.substring(6, 8) + "-" + date.substring(3,5)+"-" + date.substring(0,2);
System.out.println( buffer );
Data = "ID=26+24+15+" + "20" + date2 + " " + time1 + "+" + buffer.replace(';', '+')+
"+" + Double.toString(battery_voltage);
System.out.print(Data);
http.addData(Data);
buffer = "";
if (tmp[0] == -1)
```

Esimerkkikoodi 3. Modeemi muodostaa datan ja lähettää

Merkkijonon muodostaminen tietokantaan lähettämistä varten käydään läpi esimerkkikoodissa 3. Ensimmäiseksi esimerkkikoodissa 3 määritetään puolipisteiden paikat, jotka erottavat liikennelaskuriin tallennetun datarivin arvot toisistaan. Ensimmäinen komento määrittää ensimmäisen puolipisteen paikan datarivistä. Toisella komennolla jatketaan seuraavan puolipisteen etsimistä paikasta mistä ensimmäinen löytyi. Tätä jatketaan niin kauan, kunnes kaikki puolipisteen paikat ovat tiedossa. Puolipisteiden paikkojen

määrittäminen on tärkeä osa merkkijonon muodostumista, koska tietojen poimiminen toteutetaan puolipisteiden avulla.

Seuraavaksi komennoilla *time1*, *date* haetaan tieto oikeista kohdista datarivin rakenteesta. Esimerkiksi komennolla `date=buffer.substring(kolmas,vika-1);` haetaan päivämäärän paikka datarivissä, joka alkaa datarivin kolmannesta puolipisteestä. Tätä kuvataan sanalla "kolmas" ja se jatkuu neljänteen puolipisteeseen, joka vastaa sanaa "vika". Päivämäärän sekä aikaleiman rakenne ja pituus pysyvät datarivissä samana. Tämä helpottaa edellä mainittujen arvojen hakemista, koska tällöin tarvitsee vain tietää mistä puolipisteestä haluttu tieto alkaa ja loppuu. Aikaleiman kohdalla ei pystytä toteuttamaan tiedon hakua puolipisteestä puolipisteeseen, koska aikaleima on datarivin viimeinen arvo. Hakeminen toteutetaan seuraavalla komennolla: `time1=buffer.substring(vika,vika+8);` jossa "vika" kuvaa datarivin viimeistä puolipistettä ja "vika+8" tarkoittaa, että viimeisestä puolipisteestä aikaleima jatkuu 8 tavun verran. Aikaleiman pituus on 8 tavun mittainen. Seuraavaksi määritetään tietokantaan lähetettävän datarivin rakenne.

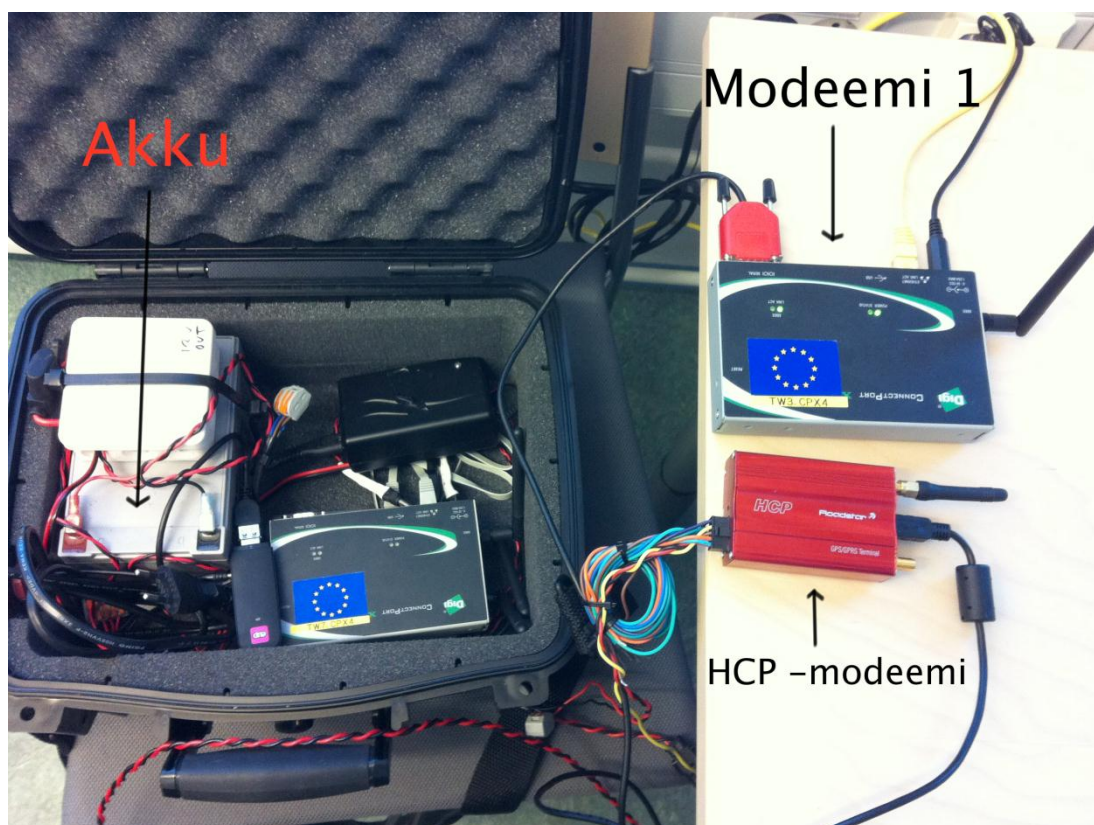
Esimerkkikoodin 3 komennossa `"Data = "ID=26+24+15+" + "20" + date2..."` muodostaa tietokantaan lähetettävän datarivin rakenteen. Rivin alkupää rakentuu vakioarvoista. "Date2" on ensimmäinen muuttuva arvo datarivissä, joka tuo riviin päivämääräleiman. Seuraavaksi lisätään kellonaika, jonka jälkeen sarjaporttipuskurissa ollut liikennelaskurilta saatu data moottorikelkoista lisätään kellonajan perään. Datarivin viimeiseksi arvoksi lisätään akun jännitearvo. Komennolla `"http.addData(Data);"` lähetään datarivi tietokantapalvelimelle.

5.3 Java-koodin simulointi

Java-koodin tekovaiheessa simuloinnilla oli suuri merkitys. Valmiiksi kirjoitettuja toimintoja pystyttiin testaamaan ilman, että Java-koodi siirrettäisiin modeemiin ja modeemia liikennelaskuriin. Ohjelmalla oli mahdollisuus testata Java-koodia vaiheittain. Java-koodin kirjoittamiseen käytetyssä Netbeans-ohjelmointiympäristössä oli oma projekti nimeltä

Viacount_PC. Projekti oli alustettu liikennelaskurin Java-koodin testausta varten.

Viacount_PC -projekti oli tehty sarjaporttiliikennettä varten eli se sisälsi valmiit *thredit* sarjaporttikomennoille. Erillinen simulointiprojekti oli sitä varten, että koodia voitiin kokeilla nopeasti ja muuttaa tarvittaessa virheiden ilmettyä. HCP-modeemin käyttäminen simuloinnissa pitkitti koodin valmistumista, koska Java-koodin siirtäminen modeemiin oli aikaa vievää. HCP roadstar Viacount II on pääprojekti, jota käytettiin vasta, kun simuloitu koodi toimi ja liikennelaskuri oli haettu pois mittauspaikalta modeemin asennusta varten. HCP roadstar Viacount II -projektissa olivat valmiit *thredit* modeemin eri toimintoja varten eli esimerkiksi datan lähetys (*http*) ja modeemin *watchdog* alustukset olivat valmiina.



Kuvio 19. Java-koodin simulointi ulkoisilla laitteilla

Kuviossa 19 pyrittiin simuloimaan liikennelaskurin toimintaa, joka vastaa opinnäytetyöhön saatuja kriteereitä. Simulointi toteutettiin Digi Esp for Python -ohjelmaa hyväksi käyttäen. Ohjelmalla pystytään seuraamaan tarkasti, mitä

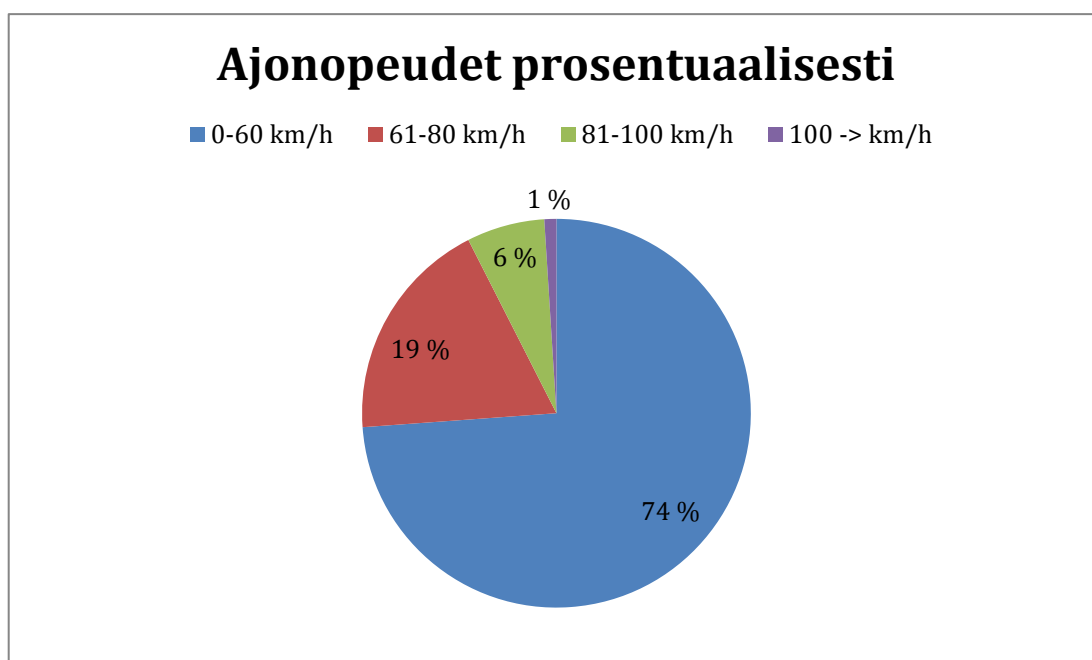
HCP-modeemiin ohjelmoitu koodi tekee, koska se tulostaa näytölle kaikki simuloinnissa tapahtuvat vaiheet. Kuviossa 19 modeemi 1 ohjelmoitiin lähettämään satunnaisin väliajoin dataa HCP-modeemille, joka taas lähettää datarivin tietokantaan, tässä tapauksessa Digi Esp for Python -ohjelmaan. Kuviossa 19 HCP-modeemi ottaa virran mustassa laatikossa olevalta akulta. Akun käytöllä simuloitiin jännitteen mittausta ja yön läpi tehdyllä simuloinnilla seurattiin ohjelman toimivuutta.

6. TULOSTEN ANALYSOINTI JA TEKNISET ONGELMAT

6.1 Tulosten analysointi

Liikenteenlaskennan tarkoituksena oli seurata moottorikelkkojen ajokäyttäytymistä. Tuloksissa käsitellään ajonopeuksia ja -määriä, keskinopeuksia, lämpötilan vaikutusta nopeuksiin ja ajomääriin sekä kelkkareitin kunnostamisen vaikutusta nopeuksiin.

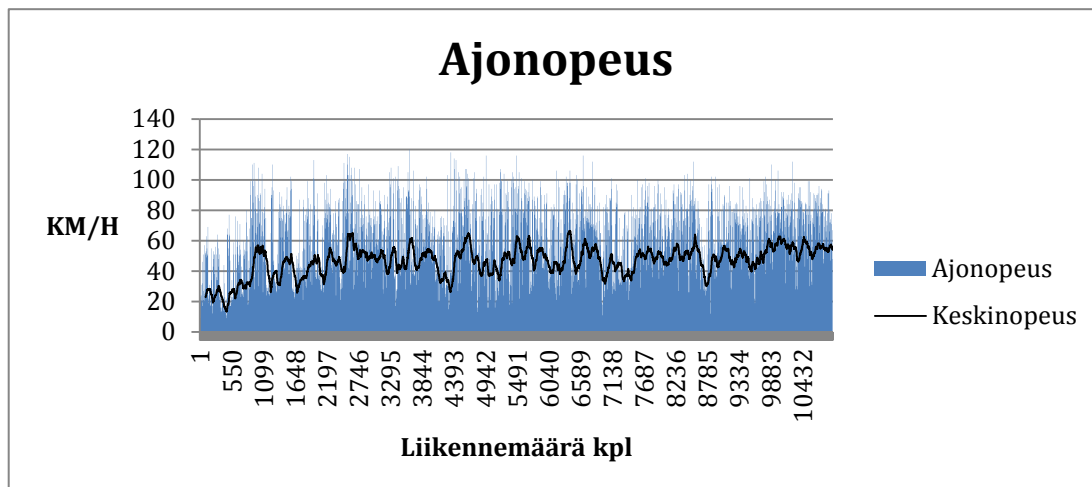
Rovaniemen moottorikelkkareitillä 1: Ketavaara-Napapiiri-Norvalampi tehtiin talvella 2012–2013 koko kauden kestävä liikenteenlaskenta. Opinnäytetyössä liikenteenlaskennan kautta saatu data rajattiin 19.12.2012–1.4.2013 väliselle ajalle. Edellä mainitulta aikaväliltä saatu data koostui 10 956 moottorikelkasta. Reitin ajomäärät jakoutuivat seuraavasti: Rovaniemeltä Napapiirin suuntaan tulevien kelkkojen määrä oli 4462 ja vastaavasti Napapiiriltä Rovaniemelle suuntaavien kelkkojen määrä oli 6494.



Kuvio 20. 19.12.2012–1.4.2013 välisen ajan ajonopeusjakauma

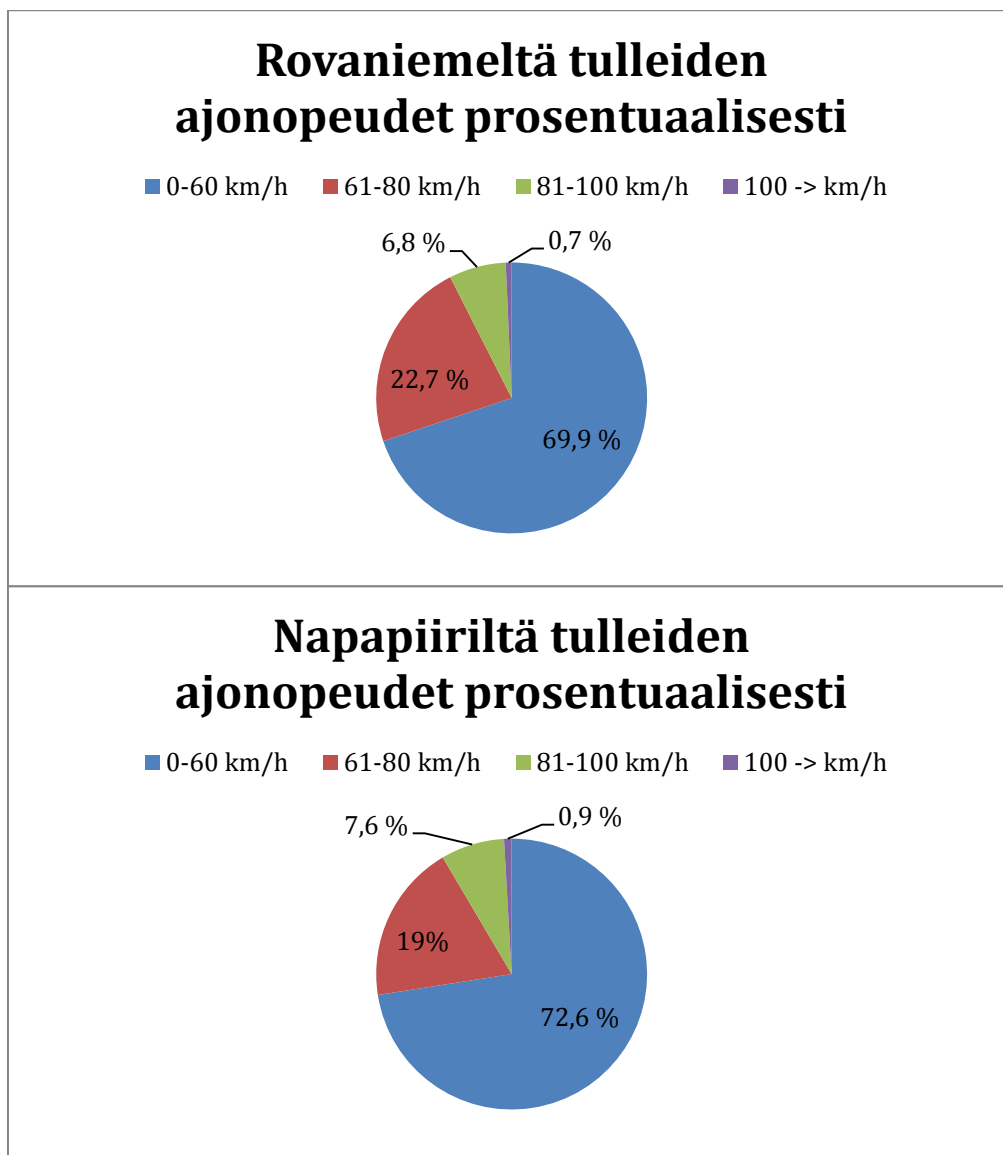
Kuviosta 20 nähdään, kuinka talven aikana nopeudet ovat jakautuneet eri nopeusalueille. Ylinopeutta ajavien osuus on neljäsosa kauden ajoista. Kaudella tarkoitetaan opinnäytetyöhön rajattua aikaväliä. Ylinopeutta ajavien

prosentuaalinen osuus yllätti liikennelaskurin asennuspaikkaan nähden. Liikennelaskurin sijainti suoran varrella mahdollistaisi suuretkin ylinopeudet.



Kuvio 21. Kauden ajonopeudet ja keskinopeuden vaihtelut

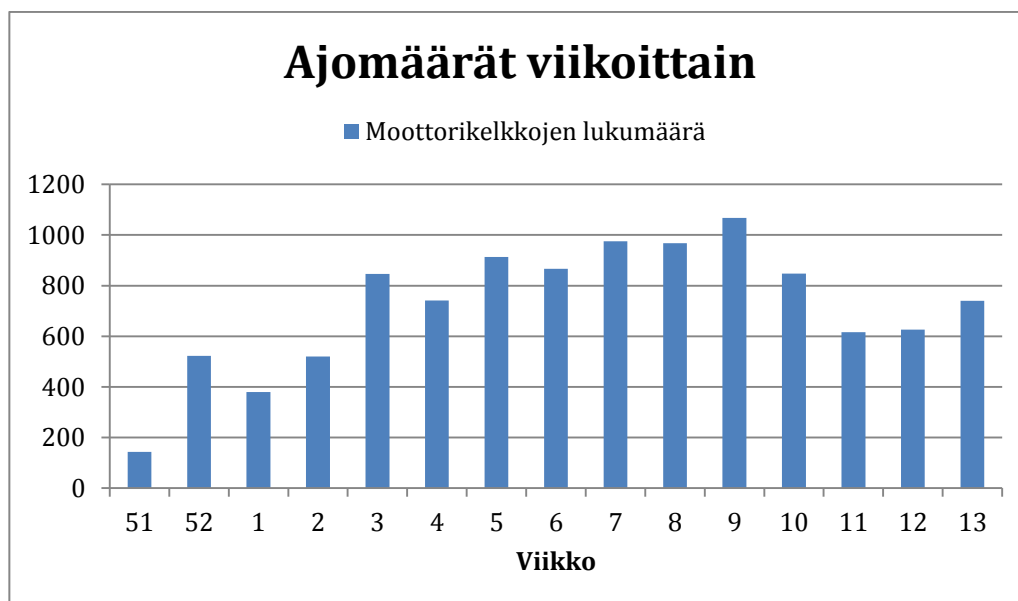
Kuviosta 21 voidaan seurata ajo- ja keskinopeuden vaihteluja kauden aikana. Alkukaudesta ajonopeudet olivat alhaisia kelkkareitin huonon kunnan vuoksi. Huonoon kuntoon vaikuttavat lumen vähäisyys sekä leudot kelit. Olosuhteiden parannuttua tammikuun puolella keskinopeudet kelkkareitillä alkoivat kasvaa liikennemäärien noustessa yli tuhannen kelkkailijan. Lämpötilan vaihteluilla, etenkin pakkasjaksoilla, oli vaikutusta ajonopeuksiin, minkä voi havaita kuviosta 21 liikennemäärien 4047 ja 8671 kohdilta. Suurimmat ylinopeudet ovat havaittavissa nopeuskäyrän piikeistä, jotka ilmenivät kauden aikana satunnaisina huippuarvoina.



Kuvio 22. Ajonopeuksien jakauma suunnittain

Kuviossa 22 on eritelty ajonopeuden jakaumat suunnittain. Tällä on pyritty selventämään ajokäyttäytymistä, koska tulo liikennelaskurille Rovaniemeltä ja Napapiiriltä on erilainen. Napapiiriltä tultaessa ennen liikennelaskuria on 90° mutka, jonka jälkeen alkaa suora. Mutkasta on mittauskohtaan 200 metrin matka. Rovaniemeltä tultaessa liikennelaskurin mittauskohtaan on kahden kilometrin suora. Kuvion 22 kaaviot on tehty 18.1–1.4 välisestä datasta, koska alkukaudesta liikennelaskurissa oli kolmen viikon ajan väärä asetus, jolla mitattiin vain toisen suunnan liikennettä. Tästä syystä vertailu tehtiin ajanjaksosta, jossa liikennelaskurin asetukset olivat oikeat ja tulosten kannalta merkittävät.

Vertailtaessa kuviossa 22 olevia kaavioita selviää, että korkeampien nopeuksien osuus on suurempi napapiiriltä tultaessa, mikä saattoi johtua kelkkareitillä mutkaisen osuuden jälkeen alkavasta suorasta. Rovaniemeltä tultaessa pitkä suora mahdollistaa tasaisen kovaa ajamisen, mikä näkyy suurempana prosentuaalisena osuutena 61–80 km/h alueella. Ajomäärä Rovaniemen suunnasta on 4239 moottorikelkkaa ja Napapiirin suunnasta vastaava luku on 4859.



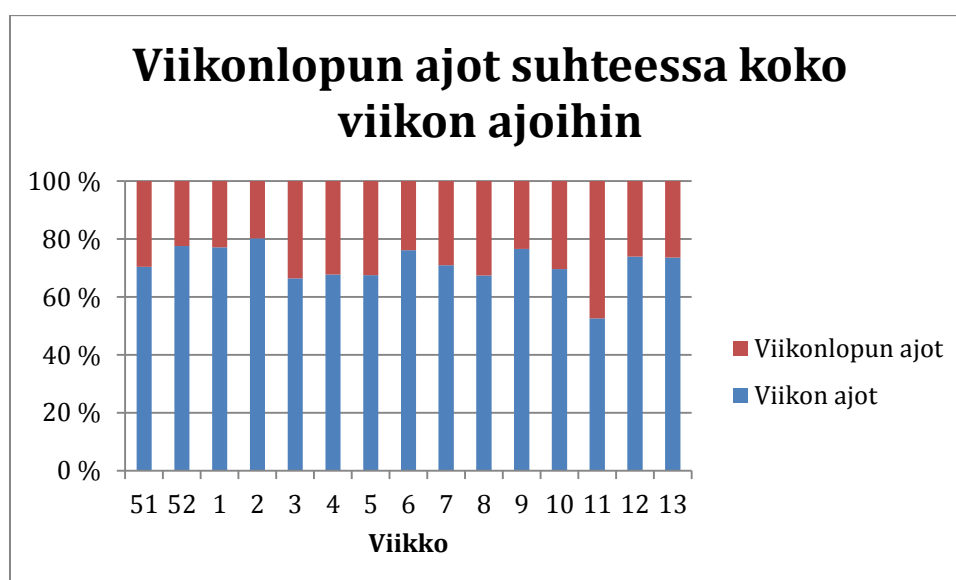
Kuvio 23. Ajomäärät viikoittain

Moottorikelkkojen ajomäärät viikoittain selviävät kuvioista 23. Kuvio 23 kuvastaa hyvin kelkkareitin parantuneita olosuhteita, minkä voi todeta kelkkamäärien tasaisesta kasvusta. Viikoittaiset ajomäärät esimerkiksi hiihtolomaviikoilla 8 ja 9 näyttäisi ajomäärien puolesta parhaimmilta viikoilta. Hiihtolomaviikko Lapissa (viikko 10) ei kuitenkaan ajomäärien puolesta erottunut kauden aiemmista viikoista. Maaliskuun pakkasjaksot viikoilla 11 ja 12 erottuivat selkeästi alhaisempina ajomäärinä.



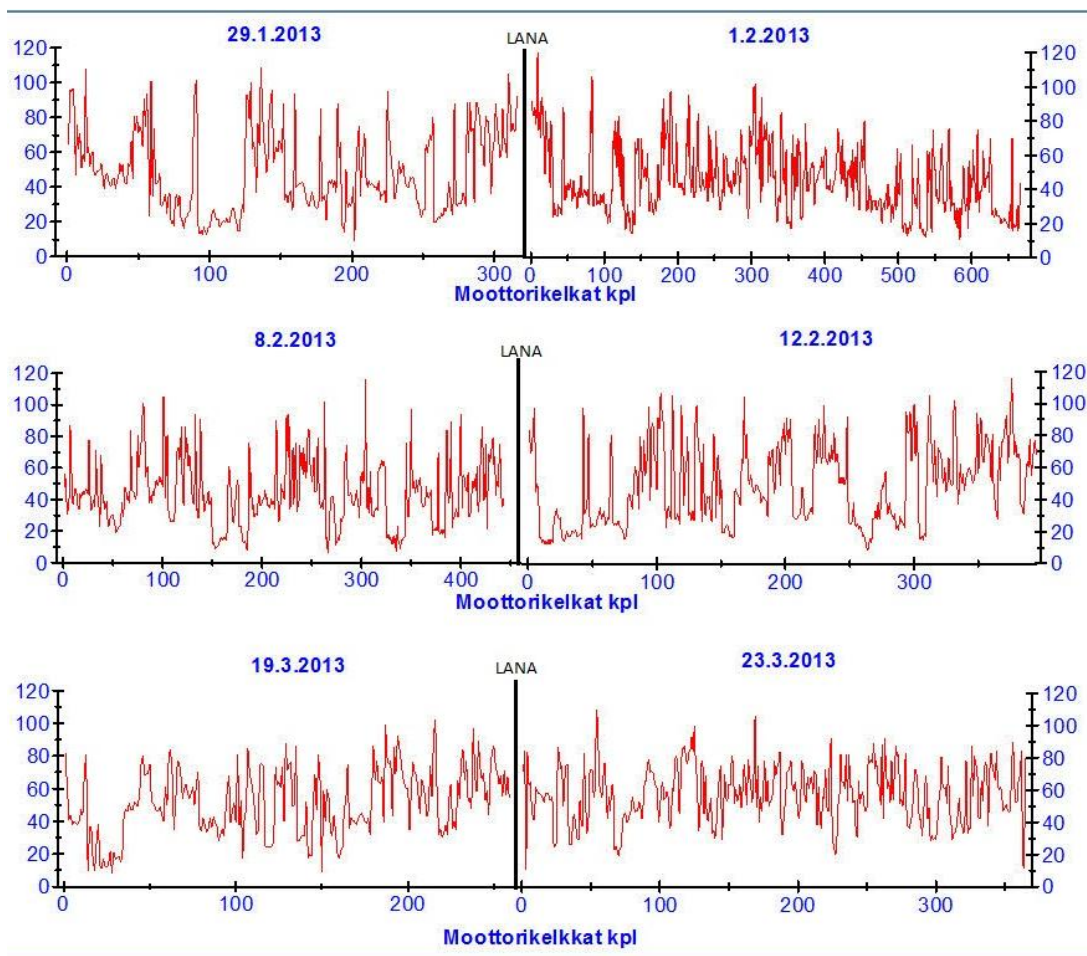
Kuvio 24. Viikoittaiset keskinopeudet

Keskinopeuden kehittyminen on suoraan verrannollinen kelkkareitin kuntoon nähden. Reitin parantuminen ja huoltaminen on luonnollisesti nostanut keskinopeuksia mittauksen alkutaipaleen heikoista oloista. Huomattavaa on, että kuviossa 24 viikolla 9 keskinopeus on muita viikkoja alhaisempi, vaikka se on ollut yksi kauden viikkaimmista viikoista ajomäärällisesti (vrt kuvio 23.) Huolimatta ajomäärien alhaisuudesta kauden aiempiin viikkoihin verrattuna, ovat keskinopeudet viikoilla 11–13 kauden korkeimmat.



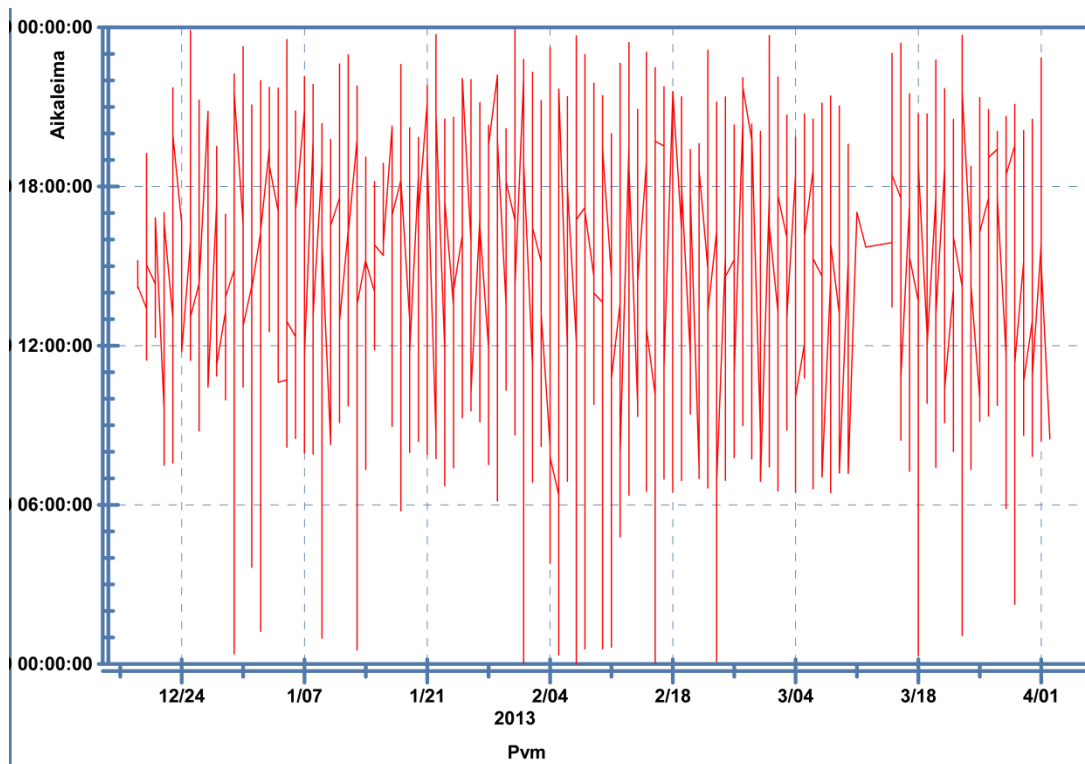
Kuvio 25. Viikonlopun ajot suhteessa koko viikon ajoihin

Viikonlopun ajojen osuus koko viikon ajoihin on kuvattu kuviossa 28. Viikonlopun ajoihin on laskettu lauantain ja sunnuntain ajot. Päivän osuus tasaisesti jakautuneessa kaaviossa on noin 14 % ja näin ollen viikonlopun osuus on noin 28 %. Alkupalvesta ei ole suuria eroja viikonlopun ja viikon ajojen suhteessa. Viikosta kaksi eteenpäin viikonloppuajojen suhde on hieman kasvanut koko viikon ajoihin verrattuna. Syy tähän saattaa olla parantuneet ajo-olosuhteet ja valoisan ajan pidentyminen päiväsaikaan.



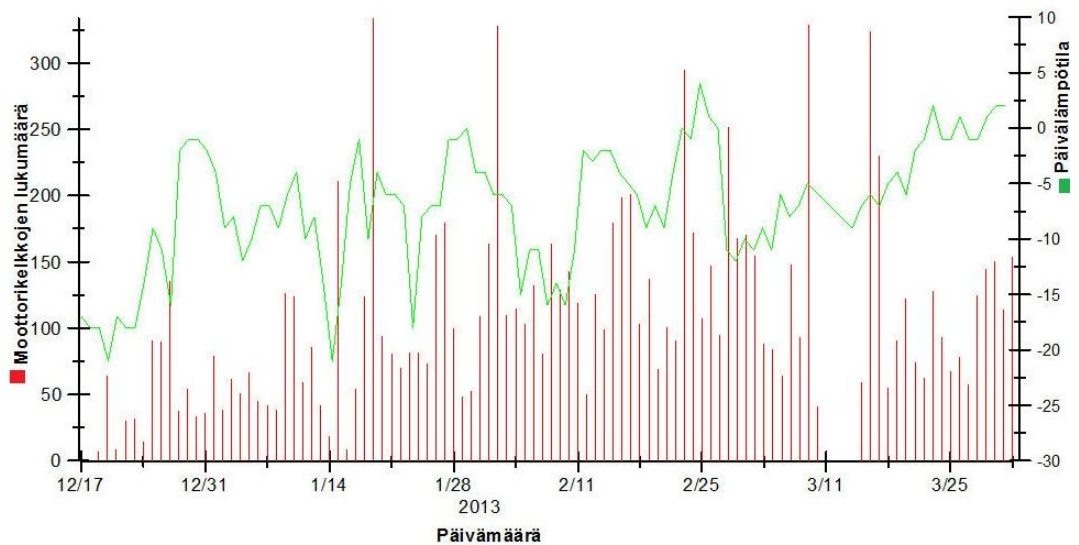
Kuvio 26. Reitin kunnostamisen vaikutus ajonopeuksiin

Kuviossa 26 nähdään reitin kunnostamisen vaikutus ajonopeuksiin. Kaaviot alkavat lanauksesta ja jatkuvat seuraavaan lanaukseen. Lanauksen jälkeen voidaan havaita nopeuksien kasvaminen hetkellisesti, mutta yleisesti nopeudet pysyvät rajoituksen sisällä. Kuvion 26 viimeisestä kaaviosta voidaan tulkita reitin olevan hyvässä ajokunnossa, koska lanauksen jälkeen nopeuden vaihtelut eivät ole suuria.



Kuvio 27. Ajojen jakautuminen vuorokaudessa

Ajojen jakautuminen vuorokaudessa on esitelty kuviossa 27. Alkutilvesta suurimmat ajomäärät keskittyivät klo 11:00–17:00 väliselle ajalle, joka on suurin piirtein valoisa aika päivästä tammikuussa. Helmikuusta huhtikuun alkuun ajomäärät ovat painottuneet välille klo 10:00–20:00, syyt tähän ajoajan pidentymiseen ovat valoisan ajan lisääntyminen ja parantuneet ajo-olosuhteet.



Kuvio 28. Lämpötilan vaikutus ajomääriin

Lämpötilan vaikutusta ajomääriin on kuvattu kuviossa 28. Lämpötilakäyrässä on käytetty vain päivän aikana olleita lämpötiloja. Yölämpötilat eivät ole mukana käyrässä, koska illan ja yön aikana liikenne on vähäistä. Lämpötilan ollessa päivällä alle -20 °C ajomäärät laskevat, mikä on huomattavissa päivämäärän kohdassa 1/14. Kuvioista voidaan tehdä havainto, että lämpötilan ollessa lähellä 0 °C ajomäärät eivät ole oleellisesti nousseet.

Johtopäätökset

Liikennelaskennan tulokset osoittavat, että reitillä Ketavaara-Napapiiri-Norvalampi moottorikelkkojen liikennekäyttäytyminen on suhteellisen hyvällä tasolla. Tästä osoituksena on sallittua nopeutta ajaneiden kelkkailijoiden 74 % osuus. Ajomäärään nähden ylinopeuksien osuus on näin ollen suhteellisen pieni. Ajonopeuksien keskinopeudet tukevat sallittua nopeutta ajavien kelkkailijoiden ajokäyttäytymisosuutta, sillä keskinopeudet ovat linjassa reitillä olevan nopeusrajoituksen kanssa.

Viikoittain mitatut keskinopeudet ovat suoraan verrannollisia kelkkareitin kuntoon. Tulosten perusteella kelkkareitin parantuneet olosuhteet ovat nostaneet kelkkojen ajonopeuksia ja näin ollen myös keskinopeudet ovat kasvaneet. Ajonopeuksia hetkellisesti nostanut tekijä oli ajoittainen kelkkareitin kunnostaminen. Kelkkareitin kunnostaminen näkyi ajonopeuksien tasaisena kasvuna loppukautta kohden mentäessä, mutta lanauksien pitkästä huoltovälistä johtuva reitin kunnan heikentyminen näkyi nopeuksien laskuna.

Ajomäärä 19.12.2012–1.4.2013 välisenä aikana oli 10 956 moottorikelkkaa. Ajomäärät kasvoivat tasaisesti hiihtolomaviikoille asti, minkä jälkeen tullut pakkasjakso laski kelkkailijoiden määrää. Tulokset osoittivat, että kelkkakaudella 2013 parhaimmat ajoviikot määrällisesti osuivat viikoille 5–10 ajomäärien keskiarvon ylittäessä 900 moottorikelkan rajan. Suurimmat ajomäärät mitattiin viikolla 9, jolloin ajomäärä nousi yli 1000 moottorikelkan.

Opinnäytetyössä ajokäyttäytymistä verrattiin myös viikonlopun ja koko viikon ajojen suhteen sekä analysoitiin ajojen jakautumista vuorokauden aikana.

Viikonlopun ajot eivät merkittävästi erottuneet koko viikon ajoista. Alkukaudesta ajot jakoutuivat klo 11:00–17:00 väliselle ajalle. Kauden edetessä suurimmat ajomäärät keskittyivät klo 10:00–20:00 välille. Lämpötilalla ei ollut suurta vaikutusta päivittäisiin ajomääriin. Ainoastaan Lämpötilan laskiessa alle -20 °C moottorikelkkojen ajomäärät laskivat päiväsaikaan.

6.2 Tuloksiin vaikuttaneet virhemarginaalit ja tekniset ongelmat

Virhemarginaalit

Tulosten analysoinnissa on hyvä ottaa huomioon laitteen valmistajan ilmoittamat nopeuden ja ajoneuvojen lukumäärään vaikuttavat virhemarginaalit. Nopeuden virhemarginaali on $\pm 3\text{ km/h}$, kun nopeus on alle 100 km/h . Nopeuden ollessa yli 100 km/h , on virhemarginaali $\pm 3\%$. Ajoneuvon lukumäärän virhemarginaali on alle 1% . Liikennelaskuriin rinnakkain saapuvista ajoneuvoista toinen jää rekisteröimättä, koska liikennelaskuri ei pysty erottamaan rinnakkain saapuvia ajoneuvoja. (Trafino Oy 2008.)

Tekniset ongelmat

Ensimmäinen tuloksiin vaikuttanut ongelma kävi ilmi 18.1.2013, kun akkua vaihdettaessa otettiin talteen myös liikennelaskuriin tallentunut data. Dataa tarkastellessa huomattiin, että liikennelaskuri ei ollut tallentanut 27.12.2012–18.1.2013 väliseltä ajalta Rovaniemen suunnasta tulleita moottorikelkkoja. Virhe oli tapahtunut 27.12.2012, kun akkua vaihdettaessa oli myös data otettu talteen kannettavalla tietokoneella. Datan talteenoton yhteydessä tarkistettiin myös liikennelaskurin asetukset. Tarkistuksen yhteydessä oli vahingossa tapahtunut asetuksen muutos kohdassa, jossa määrätään tallennettava ajosuunta.

Maaliskuun kovat yöpakkaset aiheuttivat sammumiseen johtaneita ongelmia liikennelaskurille. Liikennelaskurin toiminnan lämpötila-alue on $-20\text{ °C} < T < 60\text{ °C}$. Useampana yönä oli pakkasta yli -30 °C , mikä on reilusti toiminta-alueen alapuolella. Syitä liikennelaskurin sammumiseen voi olla akun jäätyminen tai tutkamoduulissa olevien komponenttien toimintahäiriö kovassa

pakkasessa. Maaliskuun kovien yöpakkasten aikaan liikennelaskuri ilmoitti useasti vikatilanne lokissa virheilmoitusta: Error no.21 =”Brownout reset”. Tämä tarkoitti muistipiirin alhaista tallennusjännitettä ja liikennelaskurin uudelleen käynnistymistä. (Trafino Oy 2008.)

Modeemin toiminnalle aiheutti häiriötä liikennelaskurin GSM-modeemin toiminta. GSM-modeemi kytkeytyi päälle aina kello 13:00 ja sammui kello 00:00. Kyseinen toiminto sekoitti liikennelaskuriin asennetun HTC-modeemin toimintaa sammuttamalla sen samalla, kun GSM-modeemi sammui. Virhekoodi tallentui liikennelaskurin virhelokiin koodilla **31;16.03.13;00:00:40**. Kyseistä koodinumeroa ei ollut laitteen virhelistassa, mutta valmistajan mukaan kyseinen koodi tarkoittaa GSM-modeemin päälle/pois-toimintoa. Ongelma korjaantui asettamalla GSM-modeemi jatkuvasti päällä olevaan tilaan eli kellon aika muutettiin 00:00–23:59.

HTC-modeemin lisääminen liikennelaskuriin aiheutti aluksi suuren virran kulutuksen ja akku tyhjeni parissa päivässä. Syy tähän löytyi modeemin käyttämästä antennista, joka tarvitsi suuren lähetystehon datan lähettämiseen. Ongelma ratkaistiin asentamalla liikennelaskuriin ulkoinen antenni, joka ei vaadi niin suurta lähetystehoja.



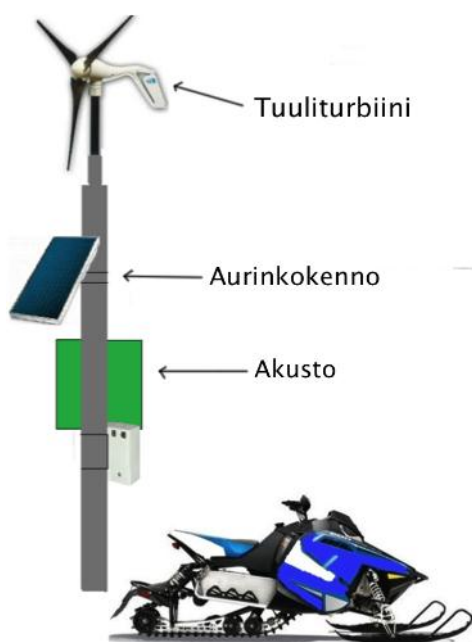
Kuvio 29. Ulkoisen antennin kiinnitys

Ulkoisen antenni asennettiin liikennelaskurin kiinnitystelineeseen magneetilla kuviossa 29. Antenni kiinnitettiin liikennelaskurin kotelon pohjaan poratun reiän kautta modeemiin.

7. KEHITYSSUUNNITELMAT TULEVAISUUDESSA

Huoltovapaa liikennelaskuri

Nykyinen liikennelaskuri vaatii huoltoa viikoittain, akun vaihdon ja mahdollisen lumen puhdistuksen takia. Tulevaisuudessa vähemmän huoltoa vaativa liikennelaskuri olisi ratkaisuna parempi. Huoltovapaan liikennelaskurin kehittäminen poistaisi viikoittaiset huoltokäynnit, mutta edelleen liikennelaskuri vaatisi tarkkailu käyntejä.



Kuvio 30. Havaintokuva huoltovapaasta liikennelaskurista

Huoltovapaaseen liikennelaskuriin voisi rakentaa suuremman akuston, jolla taataan pidempi toiminta-aika. Akuston lataamisen voisi toteuttaa tuulivoima- ja aurinkokennotekniikalla, kuten kuviossa 33 tai verkkovirralla. Tuulivoimatekniikan hyödyntäminen liikennelaskurin akuston lataamisessa mahdollistaisi ympärivuotisen käytön ja pidemmän toiminta-ajan. Haasteen tuulivoimalaitteistolle saattaa tuoda talven kovat pakkasjaksot. Aurinkokennotekniikalla toteutetun liikennelaskurin akuston lataaminen takaa keväästä syksyyn pitkän latausjakson. Haasteen aurinkokennoilla toteutetulle akuston lataamiselle tuo talven kaamosaika.

Akuston lataamisessa voisi hyödyntää sekä tuulivoima- että aurinkokennotekniikkaa. Näin pystyttäisiin hyödyntämään vuodenaikoihin

parhaiten soveltuvaa lataustekniikkaa. Esimerkiksi kesäaikaan runsaasta valon määrästä johtuen latauksessa käytettäisiin vain aurinkokennoja. Syksyllä tekniikoita voisi vaihdella riippuen säästä. Talvella pääpaino olisi tuulivoimalla toteutettava lataaminen.

Akusto kotelon tulisi olla lämmitetty, jotta akkujen hyytymiseltä vältyttäisiin. Tutkamoduuli sisältää herkkää elektroniikkaa, jota voisi lämmityksen avulla suojella. Lämmitykseen voisi käyttää esimerkiksi vastuslankaa, joka alkaisi lämmittää akustoa ja tutkamoduulia ulkolämpötilan laskiessa alle -20 °C.

Kelkkareittien turvallisuus

Kelkkareittien turvallisuutta voitaisiin parantaa esimerkiksi nopeusnäytöillä ja kelkkareittien kunnosta ilmoittavilla näytöillä. Näillä lisäyksillä voitaisiin parantaa kelkkareittien turvallisuutta.

Nopeusnäytöt voisi liittää liikennelaskureiden yhteyteen ja niillä näytettäisiin moottorikelkkailijoille heidän nopeutensa 60 km/h asti. Ylinopeutta ajaville kuljettajille näytettäisiin vain teksti "Hiljennä vauhtia". Varoitusviestiä nopeuden sijaan näyttämällä pyritään välttämään nopeusnäytölle turhat kiihdyttämiset. Nopeusnäytön toivottu vaikutus olisi herättää ylinopeutta ajavat hiljentämään ajonopeuttaan.

Kelkkareittien kunnosta ilmoittavat näytöt lisääisivät turvallisuutta eritoten alkutalvesta, kun lumen puutteen vuoksi reitistö on vielä huonossa kunnossa. Turvallisuuden kannalta myös kevätkausi on huomioitava, koska lumien sulaminen vaikuttaa kelkkareittien kuntoon. Näytöt olisi hyvä asentaa reittien alkupäähän, jotta tieto reitistön kunnosta saavuttaisi kelkkailijat.

Liikennelaskuriin kehittäminen

Liikennelaskuriin asennetun modeemin koodia voisi kehittää jatkossa toiminnoiltaan monipuolisemmaksi. Modeemin sisältämä koodi tekee nykyisin vain oleelliset toiminnot eli ajodatan ja akun jännitearvon lähettämisen tietokantaan.

Monipuolisuutta voisi lisätä esimerkiksi ohjelmoimalla modeemin lähettämään tekstiviestillä tiedon akun jännitteen alhaisesta tasosta. Näin liikennelaskurin huollosta vastaava henkilö tietäisi käydä vaihtamassa uuden akun. Lisäksi tekstiviestillä voisi lähettää mahdollisen vikatilasta ilmoittavan koodin. Liikennelaskuriin voitaisiin kiinnittää lämpötila-anturi mittaamaan ulkolämpötilaa. Modeemiin ohjelmoidulla toiminnon, kerättäisiin lämpötila-anturilta näytteitä ulkolämpötilasta ja lähetettäisiin ne tunnin välein tietokantaan. Tällöin saataisiin tulosten analysointia varten mittauspaikkakohtainen lämpötiladata.

Etäkäytön mahdollisuus olisi varteenotettava idea liikennelaskuria kehitettäessä. Etäkäytöllä toteutettu liikennelaskurin asetusten vaihdos ja vikatilän tarkistaminen tai tyhjentäminen olisi ideana parempi, koska nykyisin asetusten vaihdot ja vikatilän lukeminen tehdään maastossa kannettavan tietokoneen avulla. Etäkäytön avulla tehdyillä asetusten muunnoksilla voidaan toteuttaa esimerkiksi päiväkohtaisia ajoneuvolaskentoja vain yhteen suuntaan ilman, että liikennelaskurilla olisi käyty muuttamassa asetuksia.

8. LÄHTEET

Borgernström, J.T – Viikman-Vartia, A., – Juhala, M., – Sainio, P. 2002.

Automaattivalvonnan tekniset ratkaisut. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. Osoitteessa

http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fits/julkaisut/hanke7/fits9_2002.pdf
f. 18.3.2013.

Doppler-ilmiö 2013. Osoitteessa

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Doppler-ilmiö>. 3.4.2013

Klemola, O. – Lehto, A. 1998. Tutkatekniikka. Helsinki: Otatieto.

Rovaniemen karttapalvelu. Osoitteessa

<http://kartta.rovaniemi.fi/Web/Default.aspx?layers=Opaskartta&lon=Moottorikelkkareitistö&cp=7383840,3446336&z=32&title=moottorikelkkareitit&language=fin>. 19.3.2013.

Sawicki, D. S. 2013. Copradar. Osoitteessa: <http://www.copradar.com/>

Trafino Oy. 2008. Viacount II käyttöohje. Via traffic controlling GmbH.

9. LIITTEET

Projektityö CASE 1, Valvontajärjestelmä

Liite 1



Arctic Power
Innokaari 10
96910 Rovaniemi

matti.vatanen@arcticpower.fi
+358 20 798 5786

Sivu 1 / 1

asiakirja
1.10.2012

Projektityö CASE 1, Valvontajärjestelmä

Matkailukäytössä olevien maastoajoneuvojen turvallisuus –esiselvityshanke

Projektipäällikkö: *Matti Vatanen, 020-7985786*

Liikenteenvalvontajärjestelmän suunnittelu, hankinta, asennus ja testaus

Työn tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa liikenteenvalvontajärjestelmä Rovaniemen seudun tietyille kelkkareitille talveksi 2012–2013. Järjestelmän tulee kyetä laskea liikennemäärät ja ajonopeudet moottorikelkkaliikenteestä yhden määritellyn ajoreitin varrelta. Järjestelmän täytyy pystyä tallentamaan mittausdata (liikennemäärät ja ajonopeudet) muistiinsa, jotta sitä voidaan myöhemmin analysoida.

Työn sisältö:

- Perehtyminen tarvittavaan tekniikkaan/laitteistoon
 - o Minkälainen laite/ohjelmisto tarvitaan?
 - o Toimintaperiaate
 - o Miten datan tallentaminen onnistuu?
 - Lähetetäänkö nettiin vai tallennetaanko laitteen muistiin?
- Järkevän asennus/valvontapaikan suunnittelu
 - o Mihin kannattaa asentaa?
 - o Mielellään runsas liikenteinen reitti...
 - o Onko sähköliityntää lähellä vai käytetäänkö akkua?
- Sopivan laitteiston hankinta



Arctic Power
Innokaari 10
96910 Rovaniemi

matti.vatanen@arcticpower.fi
+358 20 798 5786

Sivu 1 / 1

asiakirja
1.10.2012

- o Laitteistovaihtoehtojen ominaisuuksien vertailu
 - o Hintavertailu
 - o Hankinta
- Laitteiston asennus ja testaus
 - o Laitteiston testaus Arctic Powerin ympäristössä
 - o Laitteiston asennus kelkkareitille ja toiminnan varmistaminen
- Työn raportointi

- Datan analysointi
 - o Datan koonti
 - o Ajonopeudet eri ajankohtina
 - o Liikennemäärät eri ajankohtina
 - o Havainnollistavat kuvaajat
 - o Tiivistelmä (power point)
 - o Lanaustiedon hankkiminen - ajonopeudet
 - o Sääolosuhteet- ajonopeudet