

Olli Männistö

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULUN  
SÄHKÖAUTOPROJEKTIN AKUSTONVALVONTA,  
KÄYTTÖLIITTYMÄ JA AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

2014

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULUN SÄHKÖAUTOPROJEKTIN  
AKUSTONVALVONTA, KÄYTTÖLIITTYMÄ JA  
AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Männistö, Olli  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Marraskuu 2014  
Ohjaaja: Pulkkinen, Petteri  
Sivumäärä: 27  
Liitteitä: 1

Asiasanat: sähköautomuunnos, käyttöliittymä, akustonvalvonta,  
automaatiojärjestelmä

---

Opinnäytetyön aiheena on Satakunnan ammattikorkeakoulun sähköautoprojektin akustonvalvonta, käyttöliittymä ja automaatiojärjestelmä.

Opinnäytetyössä käydään läpi laitteiston valintaa, sen integroimista ajoneuvoon, akustonvalvonnan ja käyttöliittymän toteuttamista sekä järjestelmien yhteensopivuutta.

SATAKUNTA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES ELECTRIC CAR  
PROJECTS BATTERY MONITORING, USER INTERFACE AND  
AUTOMATION SYSTEM

Männistö, Olli

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Engineering

December 2014

Supervisor: Pulkkinen, Petteri

Number of pages: 27

Appendices: 1

Keywords: electric car conversion, user interface, battery monitoring,  
automation system

---

The purpose of this thesis is Satakunta university of applied sciences' electric car projects battery monitoring, user interface and automation system.

The thesis will go through selection of the equipment, integrating it to the vehicle, creating battery monitoring and user interface as well as compability of the different systems.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	LAITTEISTO .....	6
2.1	Akusto, latauksenhallintajärjestelmä ja laturi .....	6
2.2	Moottori ja moottorinohjain .....	9
2.3	Tietokoneen väyläliityntä .....	10
2.4	Ohjelmoitava logiikka .....	10
2.5	Logiikan lisäkortit .....	11
2.6	Kosketusnäyttö .....	12
2.7	Nopeudenmittaus .....	13
3	AKUSTONVALVONTAOHJELMISTO SAMKEVBMS .....	14
3.1	Tiedonkeruu akustolta .....	14
3.2	Valvontaohjelmisto .....	16
3.3	Tiedon jakaminen .....	17
5	LOGIIKKAOHJELMISTO .....	19
5.1	Järjestelmän tulot, lähdöt sekä jaetut ja julkiset muuttujat	Error! Bookmark not def
5.2	Laitteistoryhmät .....	19
5.2.1	Moottori ja sen laitteet .....	19
5.2.2	Valaistus .....	20
5.2.3	Turvatoiminnot .....	20
6	KÄYTTÖLIITTYMÄOHJELMISTO .....	21
7	YHTEENSOPIVUUS JA KEHITYS .....	23
7.1	Akusto, BMS ja laturi .....	23
7.2	Näyttö .....	24
7.3	Moottori ja moottorinohjain .....	24
7.4	Nopeuden mittaus .....	25
8	LOPPUSANAT .....	26
	LÄHTEET .....	27
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö kuvaa Satakunnan ammattikorkeakoulun sähköautoprojektin akustonvalvonnan, kuljettajan käyttöliittymän ja niihin liittyvien järjestelmien suunnittelua ja toteutusta.

Pääkohteina opinnäytetyössä käsitellään akustonvalvontajärjestelmän käyttöönottoa uuteen erilaiseen ympäristöön, tämän ympäristön laitteiden valintaa, ajoneuvon ohjauksen turvallista toteuttamista, sopivan käyttöliittymän toteutusta ja työn aikana esiintyneitä suurimpia ongelmia.



Kuva 1. Sähköauto valmiina Suomi Areenan käyttöön (Sähkö-Kleinbus SAMK:n Facebook-sivu 3.11.2014)

## 2 LAITTEISTO

### 2.1 Akusto, latauksenhallintajärjestelmä ja laturi

Akusto järjestelmineen ostettiin työkoneiden prototyyppejä valmistavalta yritykseltä projektista, jossa sillä ei ollut enää käyttöä. Ostettu akusto oli vain puolet alkuperäisen järjestelmästä, mutta silti kapasiteetiltaan riittävä sähköautoon. Riittävästä kapasiteetista huolimatta puolikkaan järjestelmän käyttäminen aiheutti suuria ongelmia, joita käsitellään tarkemmin yhteensopivuuskappaleessa.

Akusto sisälsi 60 International Battery Incorporatedin valmistamaa litiumrautafoosfaattikennoa, joista jokainen on 160 ampeeritunnin kapasiteettinen 3,2 voltin nimellisjännitteellä (Lintula 2014, 31). Sarjaan kytkettynä akuston jännite on noin 192 voltia, ja sen antama maksimivirta rajoitettiin sulakkeella 350 ampeeriin.

Jokaiseen akkukennoon on liitetty jännitteen ja lämpötilan mittaus FEVT:n (Finnish Electric Vehicle Technologies) mittalaitteilla, jotka ovat yhdistettyinä BMS:ään (Battery Management System). Laitteet näkyvissä kuvissa 2, 3 ja 4 akkukennojen päällä.

Latauksenhallintajärjestelmä, BMS (kuvassa 5), sisältää monia eri toimintoihin keskittyviä laitteita. Näitä toimintoja ovat muunmuassa kennojännitteiden tasapainotus, yli- ja alijännitteiden sekä lämpötilojen tarkkailu, laturin käyttö ja akuston käytön salliminen.

Laturina toimii Powerfinnin yhden vaiheen 3200 watin Powerfinn PAP 3200 (Powerfinn Oy:n [www-sivut](#) 2014). Laturiin oli lisäksi lisätty jälkeempään CANOpen-liityntä käyttöä, hallintaa ja diagnostiikkaa varten.



Kuva 2. Etummainen akkukotelo (Lintula 2014)

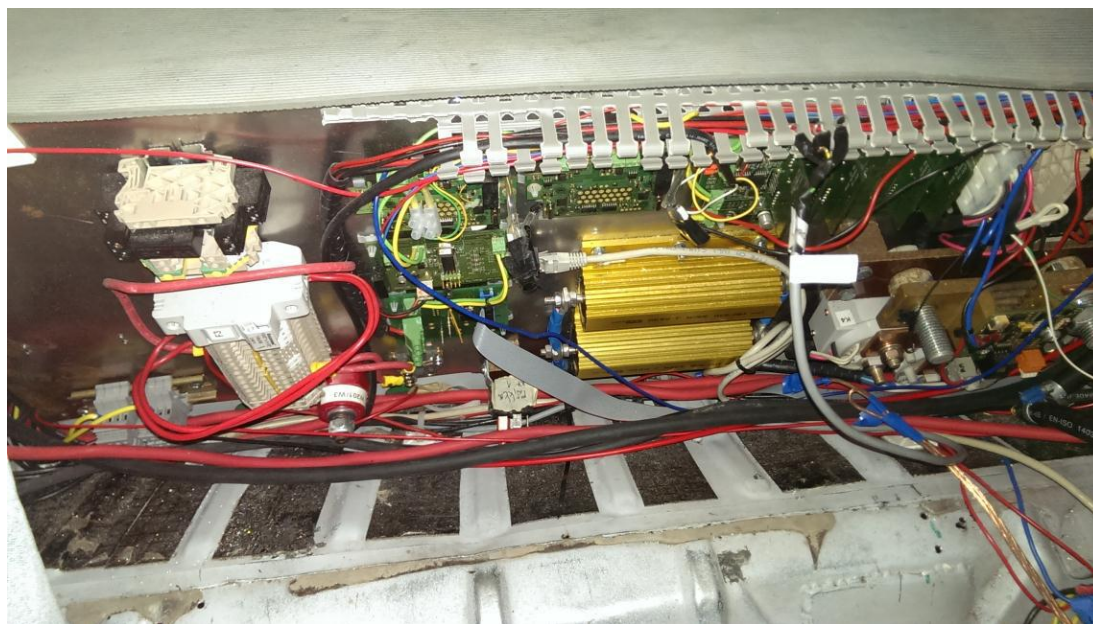


Kuva 3. Takimmainen akkukotelo (Lintula 2014)





Kuva 4. BMS-järjestelmän yksittäinen BMS-moduuli (Lintula 2014)



Kuva 5. BMS-järjestelmän komponentit asennuslevyllä (Lintula 2014)



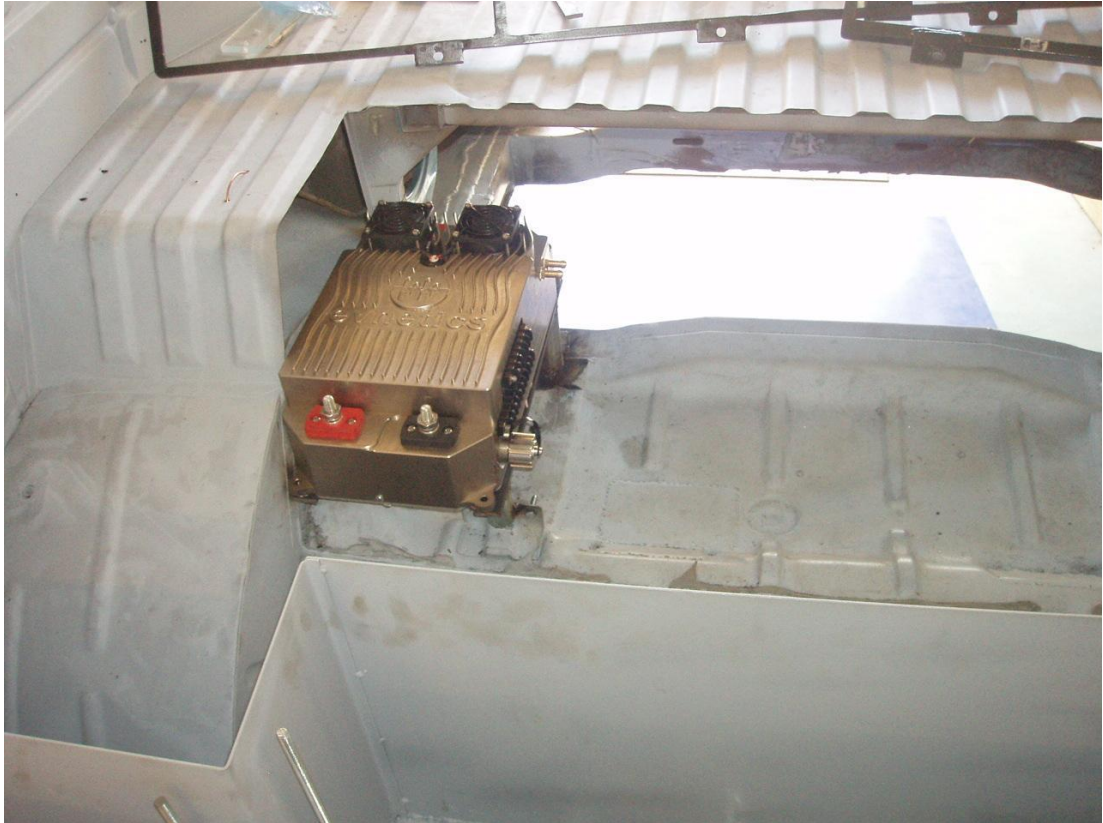
## 2.2 Moottori ja moottorinohjain

Moottoriksi autoon valittiin alankomaalaisen Rebblin toimittama bulgarialainen Kostov K11” Alpha, joka on nimensä mukaisesti 11 tuumainen tasavirtasähkömoottori. Siitä saimme tarvittavan väännön liikuttamaan melko raskasta koriamme. Moottorin maksimivääntö on 85Nm, joka on heti käytössä kaasupoljinta painaessa, ja maksimiteholtaan se on 50kW.

Koska moottoreita tulee autoon vain yksi, oli riittävä moottorinohjain käyttöön saman yhtiön toimittama 150kW:n EVNetics Soliton JR. Se tarjoaa 9-340 voltin käyttöjännitteen, 600 ampeerin piikkivirran ja 450-500 ampeerin jatkuvan virransyötön (Evnetics LLC [www-sivut](http://www.evnetics.com) 2014). Lisäksi ohjaimessa kolme ohjelmoitavaa tulo- ja lähtöliityntää esimerkiksi peruuttamista, rajoittimia, käynnistämistä, mittareita ja jäähdytyspumpun käyttöä varten.



Kuva 6. Moottori ja vaihdelaatikko kiinnitettynä (Myntti, 2013)



Kuva 7. Moottoriohjain sijoitettuna. (Myntti, 2013)

### 2.3 Tietokoneen väyläliityntä

Päästäkseen tutkimaan tarkemmin tietoja, joita latauksenhallintajärjestelmä jakaa, piti hankkia liityntälaite. Tätä varten tilattiin ruotsalaisen Lawicel Ab:n CANUSB adapteri, joka muuntaa CAN-liikenteen sarjaliikenteeksi, jota emuloidaan USB-portissa (Lawicel AB [www.tuotesivut](http://www.tuotesivut) 2014).

### 2.4 Ohjelmoitava logiikka

Koska arvioitiin, että projektilla tulisi olemaan hieman kiire valmistua, pääitimme valita ohjausjärjestelmäksi ohjelmoitavan logiikan. Se sisältäisi riittäviä ominaisuuksia ja olisi tarpeeksi nopea- ja varmakäyttöinen. Toinen parempi vaihtoehto olisi ollut ohjelmoida itse tarvittavat mikrokontrollerit, mutta koska tarvittavaa opetusta tai tuntemusta ei ollut ollut saatavilla, emme todennäköisesti olisi saaneet projektia valmiiksi aikataulussa.

Väyläsovitin oli ostettu ja akustonvalvontaohjelmiston koodaus oli aloitettu logiikan ostopäätöstä tehdessä, ja tätä ohjelmistoa ja väyläsovitinta haluttiin käyttää myöhemminkin projektissa, joten päädyttiin logiikkaan, johon olisi sulautettu myös perinteinen tietokone. Tämän kaltaisia sulautettuja järjestelmiä ei ollut samassa hintaluokassa tarjolla monella toimittajalla, ja Beckhoffin CX9020 vaikutti jo paperilla hyvältä vaihtoehdolta. Se sisälsi tarvittavat liitännät, sopivan arkkitehtuurin, laajennettavuuden sekä pienen virrankulutuksen, joiden lisäksi se oli melko edullinen. (Beckhoffin verkkosivut 2014)



Kuva 7. Logiikka sijoitettuna etupenkkien alle (2013, Taberman)

## 2.5 Logiikan lisäkortit

Tarkoituksena oli pitää ajoneuvossa käytössä normaali autoissa käytettävä jännite, 12 voltia. Tämä päätös rajasi helposti tarvittavat kortit. Lisäkortteina otettiin käyttöön neljä kappaletta 12 voltin digitaalisia nelikanavaisia input-sekä output-kortteja. Lisäksi otettiin käyttöön varmuuden vuoksi yksi 12 voltin analoginen output- ja input-kortti.

Digitaaliset kortit tulisivat käyttöön ajoneuvon normaaleille kytkimille ja releiden ohjauksille. Analogisten korttien käyttökohteista ei ollut tilauksen



aikana vielä varmuutta, mutta mahdollisuuksina on mm. kaasupolkimen asento sekä moottorinohjaimen ohjaus.

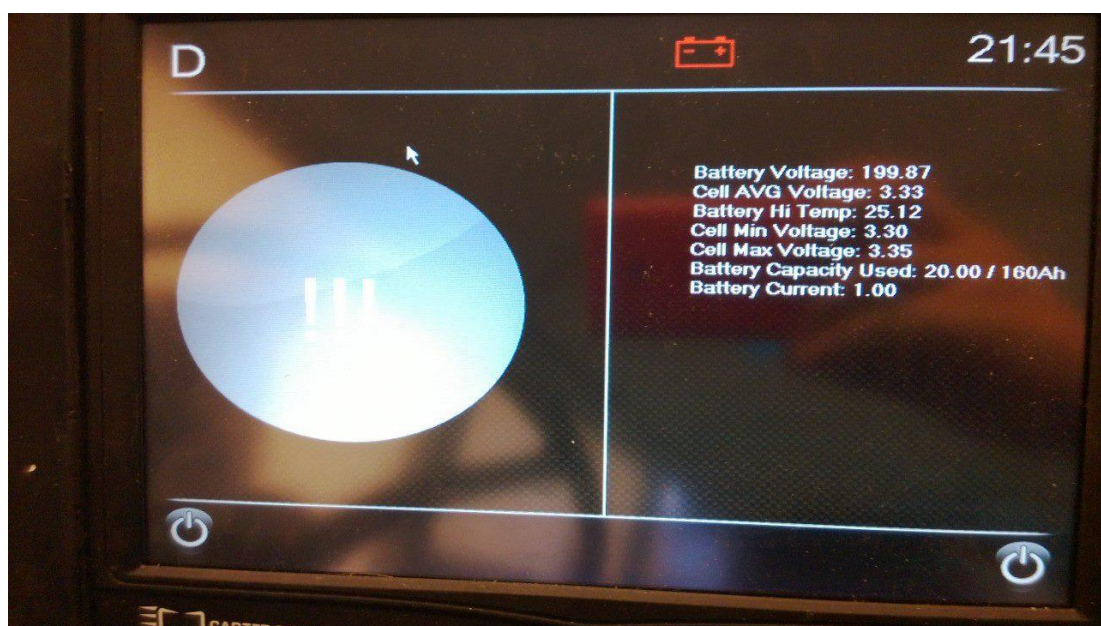
Logiikan lisäkortit:

- Neljäkanavainen digitaalinen sisääntulo EL1144
- Neljäkanavainen digitaalinen ulostulo EL2024
- Neljäkanavainen analoginen sisääntulo EL3164
- Neljäkanavainen analoginen ulostulo EL4104

## 2.6 Kosketusnäyttö käyttöliittymälle

Sopivaa kosketusnäyttöä etsittiin lähinnä ulkomaalaisista autohifiverkkokaupoista hintaerojen vuoksi. Tarkoituksena oli löytää näyttö, jossa olisi riittävän suuri koko, resoluutio, kirkkaus ja kontrasti. Kirkkaus ja kontrasti olivat todella tärkeitä, jotta näytön luettavuus pysyisi aurinkoisellakin kelillä hyvänä.

Sopivan hintainen näyttö löytyi ulkomaalaisesta verkkokaupasta. 10-tuumainen malli oli koollaan täydellinen käyttöömmä ja tarjosi myös ohuet reunukset ja helpon kiinnityksen.



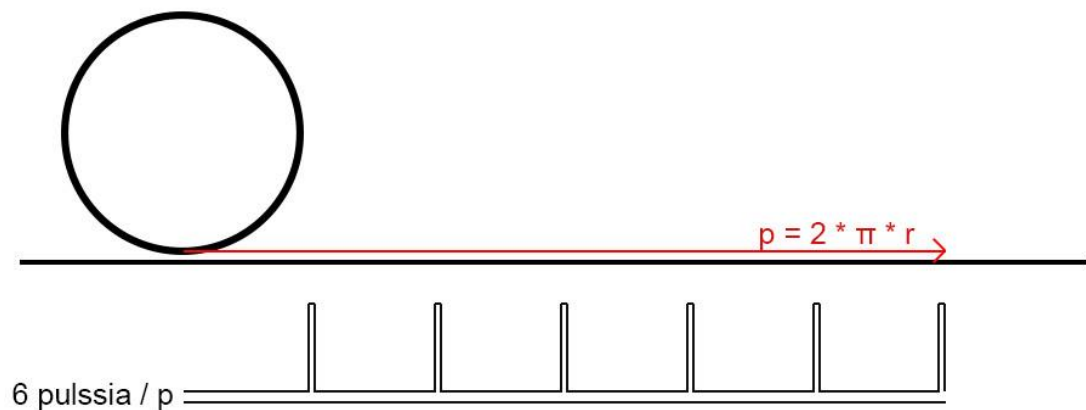
Kuva 8. Käyttöliittymän ulkonäkö projektin kehitysvaiheessa. (Lintula 2014)

## 2.7 Nopeuden mittaus

Nopeuden mittausta varten ajoneuvoon tilattiin adapteri, joka muuntaa vaijerin kiertymisen sähköisiksi pulsseiksi, joita mittaamalla voidaan määrittää nopeus. Yksi vaijerin täysi pyörähdys tuottaa kuusi pulssia, ja vaijeri pyörähtää samalla tahdilla renkaan kanssa. Kahden pulssin välissä on siis kuljettu  $2 \pi r / 6$  matka. Pulssien nousevien reunojen välinen aika on  $t$ , joka on mitattavissa. Nopeus on siis

$$v = \frac{\frac{2 \pi r}{6}}{t}$$

jossa  $r$  on renkaan säde.



Kuva 9. Adapterin antamat pulssit renkaan pyöriessä

### 3 AKUSTONVALVONTAOHJELMISTO SAMKEVBMS

(SAMK Electric Vehicle Battery Monitoring System)

#### 3.1 Tiedonkeruu akustolta

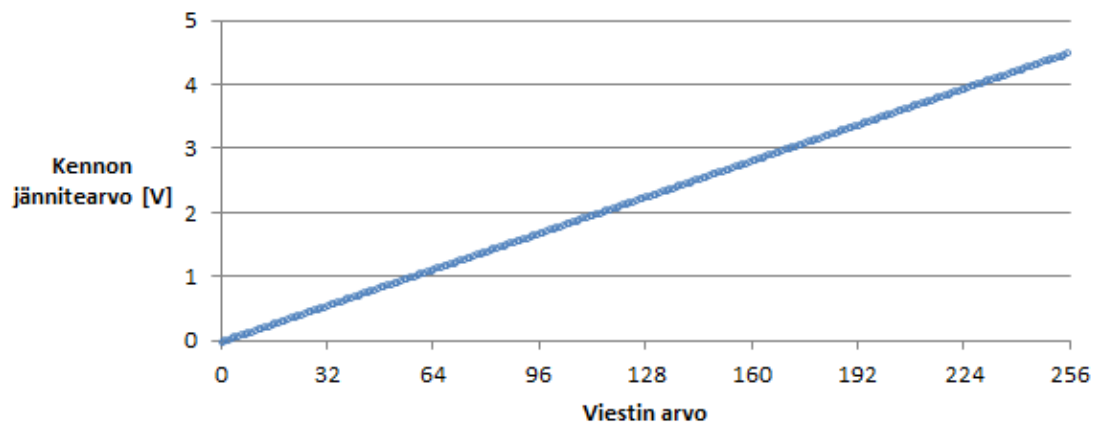
Saadut tekniset tiedot akustosta eivät olleet aivan riittäviä eikä yksiselitteisiä, minkä takia jouduttiin käyttämään todella paljon aikaa käänteisen suunnittelun parissa. Erillistä ohjelmistoa jouduttiin käyttämään, jotta saataisiin kerättyä riittävän paljon dataa akuston tietoliikenteestä täydentämään puuttuvia tietoja.

Riittävän suuren datamäärän saatuaamme saatettiin analysoida sen sisältöä. Hyvin nopeasti huomattiin kahdenlaiset viestit, joita molempia oli 60 kappaletta. Näitä viestejä päivitettiin tiheään. Toinen näistä viesteistä sisälsi suurimmaksi osaksi tyhjiä tavuja, mutta ensimmäinen sisälsi valtavasti tietoa.

Akkujen päällä oleviin antureihin oli kiinnitetty tarrat, jotka kertoivat kennon numeron heksadesimaalina. Kennojen järjestys tunnettiin kuten tiedettiin myös viestien määrän olevan 60. Ensimmäisestä kennosta irrotettiin anturi ja etsittiin vastaavaa tavua viestistä. Eräs tavu saikin arvokseen nolla anturin irrotuksen jälkeen ja vastasi takaisinkiinnityksessäänkin todellista arvoaan. Akun jännitetieto oli löytynyt.

Seuraavaksi oli vuorossa anturin skaalausten tarkistus. Tätä varten otettiin käyttöön tarkka säädettävä jännitelähde. Jännitettä muutettiin portaittain, ja viesteistä otettiin ylös kyseinen arvo. Kun oli kerätty tarpeeksi mittauksia, saatiin arvoista piirrettyä lineaarinen kuvaaja, joka helpotti suuresti skaalauksen tekemistä.

## Kennon jännitearvo viestin arvon funktiona



Kuva 10. Kuvaaja kennon jännitetiedosta viestin funktiona.

Kennon jännite seurasi yhtälöä:

$$V = \frac{x}{255} * 4,5$$

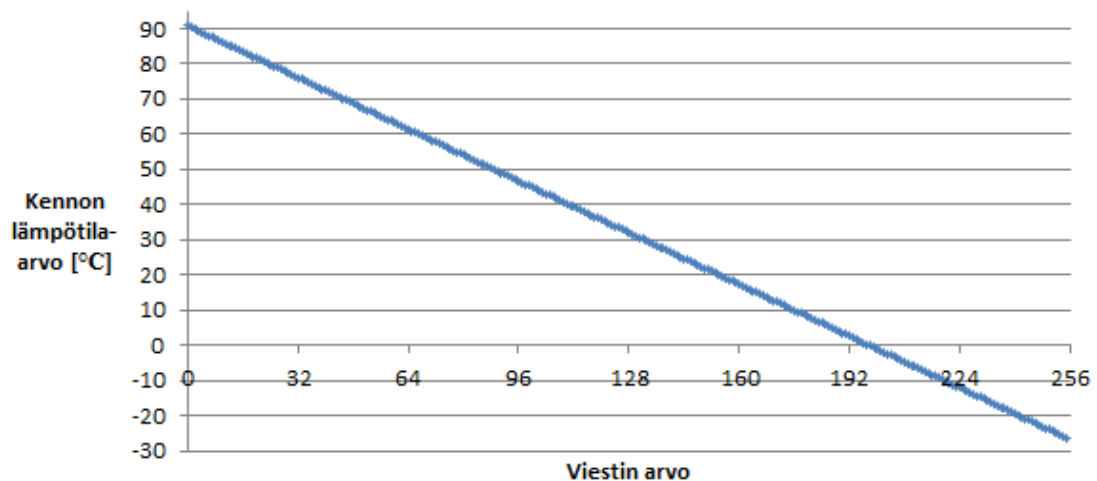
jossa x on viestin arvo.

Antureissa on myös lämpötilanmittaus, jonka tiedot meidän tuli myös kerätä. Termosastioihin otettiin erilämpöistä vettä ja näin löydettiin tavu, joka vastasi lämpötilan muutosta.

Skaalauksen tarkistus lämpötilasta ei ollut aivan tarkka johtuen suurimmaksi osin puutteellisista työkaluista. Anturi upotettiin kylmään veteen, ja samalla mitattiin toisella mittarilla veden lämpötilaa. Lämpötilan tasaannuttua hetkeksi, kirjattiin tiedot ylös. Mittausten välissä lisättiin kuumaa vettä astiaan ja sekoittamalla tasattiin veden lämpötila. Näin portaittaisesti kerättiin tarvittava määrä näytteitä, joista muodostettiin kuvaaja ja funktio.



## Kennon lämpötila-arvo viestin arvon funktiona



Kuva 11. Kuvaaja jännitetiedosta

Kennon lämpötila seurasi melko tarkasti yhtälöä:

$$T = -4,59 * x + 90,76$$

jossa x on viestin arvo.

### 3.2 Valvontaohjelmisto

Valvontaohjelmiston pohjana käytettiin Datalink Engineerin avoimen lähdekoodin CANopen Interface SDK:ta (DataLink Engineering www-sivut 2014), jossa oli valmiina toteutettu mm. viestien vastaanotto, lähetys ja puskurointi. Oli suuri hyöty saada käyttöön valmis pohja, jotta laitteiston testaaminen oli mahdollista aloittaa ilman kommunikoinnin ohjelmointia itse.

Seuraavaksi ohjelmistopohjaa aloitettiin muokkaamaan omiin tarpeisiimme soveltuvammaksi. Viestien sisältöjä oli aikaisemmin tutkittu ja saatu tutkittua kennojen tärkeimpien tietojen sijainti. Pohjaan lisättiin koodia, jolla luettiin puskurin antamista viesteistä ensin viestinumero, jota verrattiin ennalta annettuihin tärkeisiin viestinumeroihin. Vastaavuuden löytyessä, luettiin viestistä tarvittavat tavut. Tavujen luvun jälkeen kutsuttiin funktiota, joka muuttaa ensin merkkijonon vastaavaksi heksaluvuksi sekä muuttaa

heksaluvun väliltä 00-FF kokonaisluvuksi väliltä 0-255. Palautetut kokonaisluvut kirjataan taulukkoon akun kennoa vastaaviin soluihin. Taulukkoon kirjatut arvot kirjataan monitorointivälilehteen aina arvojen muuttuessa. Välilehteen luotiin näkymä, josta selviää helposti kunkin kennon jännite sekä graafisesti että numeerisena arvona ja myös kennon lämpötila.

Cell	Value 1	Value 2	Value 3
Cell 01	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 02	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 03	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 04	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 05	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 06	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 07	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 08	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 09	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 10	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 11	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 12	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 13	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 14	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 15	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 16	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 17	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 18	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 19	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 20	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 21	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 22	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 23	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 24	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 25	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 26	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 27	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 28	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 29	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 30	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 31	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 32	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 33	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 34	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 35	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 36	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 37	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 38	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 39	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 40	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 41	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 42	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 43	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 44	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 45	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 46	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 47	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 48	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 49	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 50	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 51	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 52	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 53	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 54	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 55	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 56	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 57	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 58	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 59	N/A	N/A V	N/A °C
Cell 60	N/A	N/A V	N/A °C

Kuva 12. Kuva monitorointiohjelmistosta testivaiheessa.

### 3.3 Tiedon jakaminen

Akuston tietoja tarvitaan myös muualla. Valvontaohjelmistoon lisättiin yhteys suoraan logiikan tietoihin TwinCAT ADS –kirjaston (Automation Device Specification) avulla. Tämän yhteyden luonti oli hyvin yksinkertaista: otettiin kirjasto käyttöön, luotiin yhteys IP-osoitteen (Internet Protocol Address) perusteella, luodaan kahva ja luetaan tai kirjoitetaan tieto tämän kahvan kautta.

Akuston tiedot siirrettään taulukkona ADS:n avulla suoraan logiikan globaaleihin muuttujiin vastaavanlaiseen taulukkoon aina taulukon tietojen muuttuessa, jotta logiikalla olisi reaaliaikainen tieto akuston tapahtumista.

Lisäksi muutamia tietoja esikäsitellään valvontaohjelmiston itsensä sisällä ja nämä tiedot lähetetään logiikalle erikseen. Näin tehtiin, koska suuri määrä laskutoimituksia oli todella paljon helpompi suorittaa C#-ohjelmoinnilla, kuin logiikan käyttämillä kielillä. Esilaskettuja tietoja olivat muunmuassa suurin ja pienin kennojännite sekä lämpötila, jännitteiden summa ja jännitteiden sekä lämpötilojen keskiarvot. Tärkeimmät jaetut muuttujat tyyppeineen ovat nähtävillä liitteessä yksi.

## 4 LOGIIKKAOHJELMISTO

### 4.1 Järjestelmän tulot, lähdöt sekä jaetut ja julkiset muuttujat

Järjestelmän fyysiset tulot ja lähdöt on listattu liitteessä yksi tyyppineen ja suuntineen.

### 4.2 Laitteistoryhmät

Järjestelmä haluttiin ohjelmoinnissa jakaa omiin luokkiinsa olio-ohjelmoinnin periaatteiden mukaisesti, mikä helpottaa ylläpitoa, virheiden korjausta ja testausta. Kukin seuraavista aliotsikoista muodostaa oman olionsa sisältäen mm. arvot sekä metodit niiden muutoksiin.

#### 4.2.1 Moottori ja sen laitteet

Vaikka moottorinohjainta ja suunnanvaihtokontaktoria ei vielä käyttöönnotossa ohjattu logiikan kautta, ohjelmoitiin niiden ohjaus valmiiksi sekä varattiin muuttujat, tulot ja lähdöt myöhempää käyttöä ja mahdollista vakionopeudensäädintä sekä robottivaihteistoa ajatellen. Käytännössä tällä hetkellä kaasupolkimen, potentiometrin, asentotieto vain välitetään sisääntulosta ulostuloon.

Suunnanvaihtokontaktorin kytkin kertoo asentonsa myös logiikalle, jotta tarpeelliset vaihteiston tilatiedot sekä mahdolliset hälytykset osataan välittää kuljettajalle. Samoilla tiedoilla käytetään myös peruutusvaloja. Myös kontaktorin ohjaus logiikan kautta ohitettiin toistaiseksi käyttöönnoton nopeuttamiseksi, vaikka ohjelmointi olikin tältä osin valmis.

#### 4.2.2 Valaistus

Ajoneuvossa on ympäriinsä sijoiteltuna kytkimiä, jotka ohjaavat sen ulkoisia ja sisäisiä valaisimia. Ovien kytkimet käyttävät sisävalaisimia, vilkkuviiksi sekä hätävalopainike vilkkuja, moniasentoinen kytkin ajovaloja. Koska ajoneuvo sisältää monia ajovalovaihtoehtoja, ohjelmoitiin kytkimen eri asennot käyttämään kuhunkin tilanteeseen kuuluvia valoja.

Poikkeuksena logiikan kautta ohjautuviin valoihin ovat hätävilkut, joiden toiminta pitää tilanteesta riippumatta taata. Tämän takia hätävilkkutoiminto ohjaa vilkkuja suoraan kuitenkin ilmoittaen logiikalle hätävilkkujen olevan päällä. Tämän tiedon avulla käyttöliittymä kertoo hätävilkkujen olevan päällä ja estetään vilkkujen normaali käyttö.

#### 4.2.3 Turvatoiminnot

Turvatoiminnot on toteutettu rautapohjaisesti, jotta niiden toimiminen olisi taattu sekä ohjelmistollisissa virhetilanteissa että muun vahingon tapahtuessa.

Turvallisuutta valvotaan kolarikytkimellä sekä hätä-seis-painikkeella, jotka katkaisevat ajo-neuvon latauksen sekä avaavat pääkontaktorin. Näiden piirien avautuminen ilmaistaan käyttöliittymässä hälytyksenä. Hälytyksen lisäksi osa ajoneuvon logiikan kautta kulkevista ohjauksista katkaistaan tai muutetaan. Katkaistaviin ja muutettaviin signaaleihin kuuluu muunmuassa suunnanvaihtokontaktorin asetus nollatilaan, moottorinohjaimen ohjauksen nollaus sekä tarvittavien hälytyksien esittäminen kuljettajalle.

## 5 KÄYTTÖLIITTYMÄOHJELMISTO

Käyttöliittymästä tulisi saada mahdollisimman informatiivinen ja kompakti kuitenkin säilyttäen sen selkeys. Se jaettiin kolmeen alueeseen: yläosa, jonne ilmoitukset ja hälytykset tulisivat, keskiosa, jonne nopeus ja akuston tiedot tulisivat sekä alaosa, joka haluttiin jättää varalle mahdollisia navigointeja ja valikoita varten.

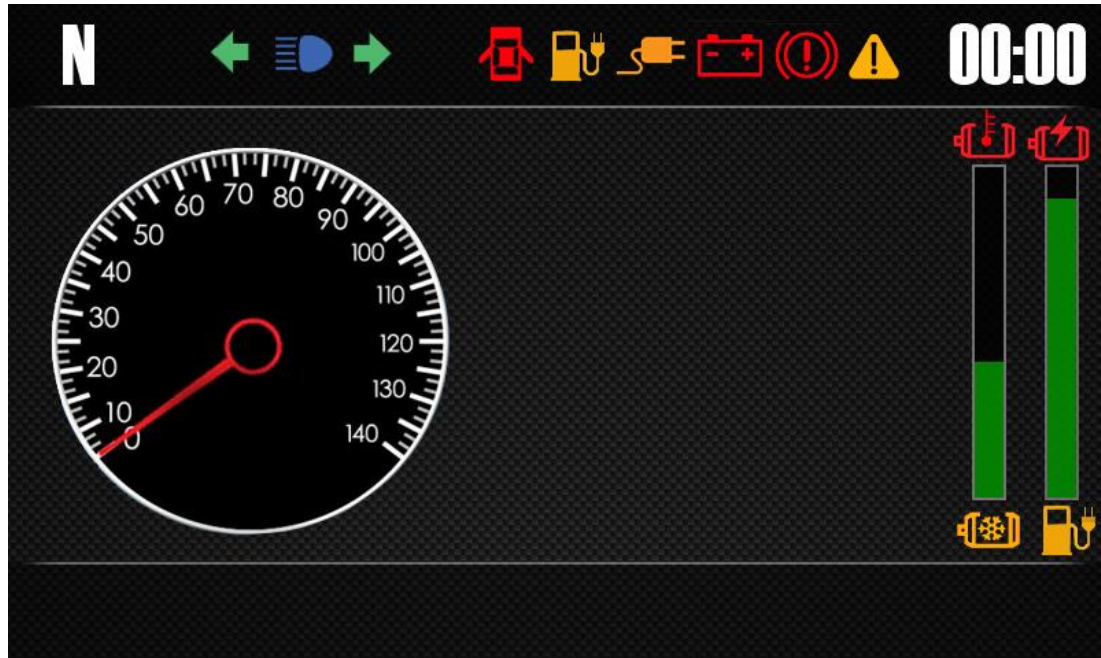
Yläreunan alue käsittää ilmoituksen moottorin sähköisen suunnanvaihtimen tilasta, vilkut, ajovalojen asennon, avoimien ovien ilmoituksen, latauksen tarpeen ilmoituksen, latauksen ilmoituksen, akustohälytyksen, käsijarrun ilmoituksen, yleisen virheilmoituksen sekä kellon.

Keskialueen oli tarkoitus sisältää nopeus, akuston lämpötila sekä varaus. Päädyttiin ilmoittamaan normaalisti akuston lämpötilojen keskiarvo, paitsi tilanteessa, jossa akuston jonkin kennon lämpötila on 30% suurempi kuin keskiarvo. Tällöin ilmoitettaisiin tämän kennon lämpötila sekä ilmaistaisiin sen olevan juuri tietyltä kennolta. Nämä tiedot esitettäisiin sekä graafisesti että tekstinä.

Akuston kapasiteetin ilmoittaminen on hankalaa ilmoittaa. Tulisi ilmoittaa jäljellä oleva kapasiteetti, mutta ladatun akuston oikeaa kapasiteettia on hankala mitata tai tietää, kuten myös kulutettua kapasiteettia olisi hankala reaaliaikaisesti mitata. Päädyttiin laskemaan kennojen jännitteiden summa ja käyttämään graafisen esityksen nollakohtana samaa jännitettä, jossa moottorinohjain toteaa akuston olevan liian tyhjä ajoneuvon kuljettamiseen, koska tähän pisteeseen asti jännite laskee melko lineaarisesti. Asteikon maksimina käytettiin arvoa, joka vastasi ladatun akuston maksimijännitettä, ja miniminä arvoa, jossa kennojen jännite romahtaa nopeasti.

Kuten valvontaohjelmistossa myös käyttöliittymässä käytettiin ohjelmiston logiikan tietoihin liittämiseen TwinCAT ADS:ia. Valvontaohjelmistosta poiketen kaikki tiedot lähetettiin yksittäisinä tietojen muuttuessa. Ilmoitukset,

varoitukset ja hälytykset lähetetään binäärisinä ja arvotiedot kokonaislukuina. Liitteessä yksi on esitelty tulot, lähdöt ja muuttujatiedot, jotka esitetään kuljettajalle.



Kuva 13. Käyttöliittymän ulkonäkö suunnitteluvaiheessa.



## 6 YHTEENSOPIVUUS JA KEHITYS

Laitteistojen yhteensopivuus on tämänkaltaisissa projekteissa suuri ongelma, koska valinnanvaraa ei ole juurikaan olemassa. Käytetty akusto ohjaa hintansa puolesta valitsemaan sen, sähkömoottoritarjonta ajoneuvokäyttöön varsinkaan tässä hintaluokassa ei ole kovin laaja saati tarvikkeiden hankkiminen kyseisille malleille. Etenkin nykyisessä digitaalisessa maailmassa, jossa monet valmistajat käyttävät omia protokolliaan, tulee suuria ongelmia yhteensopivuuden kanssa.

### 6.1 Akusto, BMS ja laturi

Ensimmäinen havaittu ongelma ei ollut varsinaisesti yhteensopivuusongelma, mutta siihen läheisesti liittyvä. Ostettu akusto oli vain toinen osa edellisessä laitteessa olleesta akustosta. Olimme olettaneet, että tämä akuston puoli osaisi toimia itsenäisesti, mutta todellisuus ei ollut näin. Akuston eri osat kommunikoivat toisiinsa kanssa ja ilman toista liki identtistä BMS-järjestelmän osapuolta kaikki toiminnot eivät olleet käytössä. Ilman toista puolikasta järjestelmän pääkontactoria ei saanut suljettua, eikä myöskään latausta aloitettua.

Laturi muotoutui uudelleen ongelmaksi jälkiasennettun Can-Open -kortin ja laturin muokatun firmwaren takia. Latausta ei voinut kytkeä päälle pakotetusti, eikä siltä saatu diagnostiikkaa ulos. Jotta pystyimme käyttämään laturia, piti se lähettää valmistajalle huoltoon, jossa alkuperäinen firmware palautettaisiin sekä Can-Open -piiri poistettaisiin.

Koska BMS:n sisäisiä ongelmia oli mahdotonta kiertää, päätettiin käyttää alkuperäistä järjestelmää vain valvontaan ja akuston kennojen varauksen tasaamiseen. Uuden BMS-järjestelmän saapuessa toivotaan saatavan käyttöön kehittyneempää latauksenhallintaa ja diagnostiikkaa.

Uusi BMS-järjestelmä tulee todennäköisesti olemaan ensimmäisiä uudistettavia kohteita ajoneuvossa. Nykyinen tiedonhakumenetelmä on hyvin kömpelö, eikä siitä saada maksimaalista hyötyä vaillinaisen dokumentaation ja toimintansa lopettaneen valmistajansa takia. Lisäksi vajaa järjestelmä poistaa käytöstä tai rajoittaa normaalikäyttöön sekä turvallisuuteen liittyviä ominaisuuksia paljon. Tarpeellisia ominaisuuksia uudessa järjestelmässä olisi automaattinen latauksen ohjaus ja katkaisu, kennojen automaattinen tasapainotus, eristysvastusmittaus sekä hyvä mittausdatan hallinta ja jakaminen.

## 6.2 Näyttö

Näytön liittäminen järjestelmään muodostui pieneksi ongelmaksi, koska logiikan näyttöliityntä oli digitaalinen DVI-D ja tilattu näyttö oli huomaamattomasti tilattu analogisella DVI-I-liitännällä. Tämä virhe pakotti meidät tilaamaan muuntimen laitteiden välille. Muuntimen laatu ei ollut toivottu ja kuvanlaatu kärsi muunnoksesta. Laitteistoa päivitettäessä analogisella ulostulolla varustettu lähde parantaisi käyttömukavuutta huomattavasti.

## 6.3 Moottori ja moottorinohjain

Olisi ollut mahdollista käyttää moottorin kierrosnopeuden antamista moottorinohjaimelle ja sieltä sen välittämistä käyttöliittymään, mutta moottorin antama pulssimäärä ei ollut tuettu moottorinohjaimella. Tätä tietoa olisi voitu käyttää nopeuden mittauksessa sekä nopeuden rajoittamisessa.

Moottorinohjaimessa on tuki ohjelmoitaville ulostuloille, joista saisi tiedot muunmuassa akustolta otettavasta virrasta ja moottorin tehosta. Kuitenkaan moottorinohjaimen ohjeessa ei ilmaistu kovinkaan tarkasti, missä muodossa tämä tieto annettaisiin ulos, eikä se myöskään selvinnyt mittausten jälkeen. Mittauksista päätettiin luopua julkaisuun asti, mutta ne tulisi ottaa käyttöön mahdollisimman pian. Moottorinohjain osaa suojata akustoa keskeyttämällä

ajon akuston jännitteen laskiessa liian alas, mutta kuljettajalle se ei tätä ilmoita. Toinen vaihtoehto olisi mittamuuntajan asentaminen syöttökaapeleihin ja laskennallisesti päätellä akuston kapasiteettia.

#### 6.4 Nopeuden mittaaminen

Nopeutta päätettiin mitata ajoneuvon eturenkaalta alkuperäisestä vaijerista, jotta mahdolliset vaihteiden käytöt eivät vaikuttaisi nopeuden mittaukseen, kuten olisi käynyt mitattaessa moottorin pyörimistä. Nopeusmittarin vaijerin päähän tilattiin anturi, joka muuntaa vaijerin pyörimisen pulssitiedoksi.

Halparakenteinen ja huonosti suojattu anturi antoi käyttökelvottomia pulssimääriä ja nopeuden mittausta tällä tavalla päätettiin lykätä, kunnes löydettäisiin parempi mittaustapa.

Vaijerin pyörimisen mittaaminen ja muuntaminen digitaaliseksi ei ole optimaalinen mittaaminen jo pelkästään vaijerin nykimisen vuoksi. Moottorin pyörimisestä mitattu nopeus toimii vain yhdellä välityksellä ja kytkintä käyttämättä. GPS-perusteinen nopeuden mittaaminen sopisi sähköauton tyyliin, mutta sen käyttö pelkästään nopeuden mittaamiseen ei ole sallittua. Koska ajoneuvo on näin vanha, ei pyörillä ole ABS-anturointeja, joilta nopeuden olisi saanut helposti kerättyä. Paras vaihtoehto olisi todennäköisesti tämän kaltaisen mittauksen luominen itse.

## 7 LOPPUSANAT

Ajoneuvo valmistui käyttökuntoiseksi kesäksi 2013, jolloin sillä aloitettiin testiajot ja käyttö tapahtumissa, joista suurimpina SuomiAreena Porissa, Pori Jazz ja Volkswagen West Fest Porin Reposaassa. Näissä käytöissä ajoneuvossa löydettiin jokaisella osa-alueella puutteita ja muutosta vaativia ongelmia. Käyttökokemuksien perusteella osa ongelmista korjattiin ja saatiin ajoneuvo käyttökelpoisemmaksi.

Projektin muiden osioiden venähtäessä suunniteltua pidemmiksi tarkoitti se kaiken tämän yli menneen ajan olevan pois testikäytöistä. Käyttökokemukset puuttuivat tyystin, joka ei mahdollistanut syvällisempää vikojen ratkontaa ennen käyttöä. Tästä syystä muunmuassa nopeuden mittaus, automaattinen latauksen katkaisu, akuston kapasiteetin mittaus ja kuljettajan käyttöliittymän parannukset jäivät tekemättä.

Tulevaisuuden suuria muutoksia tulee olemaan uuden BMS:n asennus, joka tuo kaivatun ominaisuuden, kennojen balansoinnin, käyttöön. Samalla se toivottavasti helpottaa kennojen kapasiteetin arviointia.

Projekti oli todella opettavainen alusta loppuun monipuolisuutensa ansiosta. Käyttöön annettu laitteisto pakotti suunnittelemaan hankinnat tarkkaan, jotta yhteensopivuus säilyisi. Sekä omat että muiden virheet aiheuttivat muutosten suunnittelua projektin kriittisissä vaiheissa. Osan ohjelmistoissa sai muokkaamalla soveltuviksi ja osa piti toteuttaa alusta loppuun itse, minkä vuoksi tiedonhakutaidotkin piti asettaa äärimmilleen.

## LÄHTEET

Sähkö-Kleinbus SAMK -Facebook-sivu. 2014. Viitattu 20.10.2014  
<https://www.facebook.com/SahkoKleinbusSamk/photos/pb.370200396394887.-2207520000.1417090933./494303093984616>

*Beckhoff verkkosivut. 2014. Viitattu 12.2.2014*  
[http://www.beckhoff.fi/english/embedded\\_pc/cx9020.htm?id=5563118742705](http://www.beckhoff.fi/english/embedded_pc/cx9020.htm?id=5563118742705)

*Lintula, T. 2014. Satakunnan Ammattikorkeakoulun sähköautoprojektin akusto ja BMS-järjestelmä. AMK-opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 14.9.2014.*  
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201405096848>

*Myntti, 2013. Satakunnan ammattikorkeakoulun sähköautoprojektin moottori, moottoriohjain ja latauksenohjaus. AMK-opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 14.9.2014.*  
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014052710482>

*Powerfinn www-sivut. 2014. Viitattu 7.8.2014*  
<http://www.powerfinn.fi/3200W>

*Evnetics LLC www-sivut. 2014. Viitattu 8.8.2014*  
<http://www.evnetics.com/evnetics-products/soliton-detailed-specifications/>

*Datalink Engineerin www-sivut. 2014. Viitattu 15.10.2014*  
<http://www.datalink.se/index5.php>

*Lawicel AB www-sivut. 2014. Viitattu 15.10.2014*  
[http://www.can232.com/?page\\_id=16](http://www.can232.com/?page_id=16)