



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Riku Itänen

Valaistuksenpimennysjärjestelmän suunnittelu kahdeksannen sukupolven Toyota Hiluxiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

20.8.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Riku Itänen Valaistuksenpimennysjärjestelmän suunnittelu kahdeksannen sukupolven Toyota Hiluxiin 28 sivua 20.8.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Ajoneuvosuunnittelu
Ohjaajat	Lehtori Pasi Kovanen Korjaamopäällikkö Ville Manninen, Arctic Trucks Finland Oy
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella kahdeksannen sukupolven (2015 -) Toyota Hilux -ajoneuvoon valaistuksenpimennysjärjestelmä Arctic Trucks Finland Oy:lle. Valaistuksenpimennysjärjestelmän tarkoituksena on saada ajoneuvon huomiota herättävät valaistukset pois päältä, siten että niiden toimintaa voidaan ohjata erillisellä katkaisimella. Valaistuksenpimennysjärjestelmää tarvitaan ajoneuvon pysymiseen vaikeammin huomattavana pimeässä ja hämärässä.</p> <p>Tarkoituksena oli suunnitella sellainen valaistuksenpimennysjärjestelmä, joka ottaa huomioon valaistusjärjestelmiin tehtävät muutokset, niin etteivät kyseiset muutokset mahdollisesti vaikuta ajoneuvon muiden toimintojen ja järjestelmien toimintaan. Suunniteltaessa tuli myös ottaa huomioon asennuksen kannalta olennaisia asioita, kuten kuinka helposti muutostyöt virtapiireihin on toteutettavissa sekä kuinka kustannustehokkaita ne ovat. Yrityksessä suunnitelmaa tullaan mahdollisesti käyttämään asennusohjeen laatimiseen valaistuksenpimennysjärjestelmän tekemisestä.</p> <p>Valaistuksenpimennysjärjestelmän ohjaamiseen käytetään Awimex Elcentral Microcontroller SRC-9012 Standard -mikro-ohjainta, jolla ohjataan mikro-ohjaimen kanaville tulevien valaistusjärjestelmien toimintaa. Mikro-ohjaimen ohjaamiseen käytetään ohjauspiiriin tulevaa katkaisinta.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena on suunnitelma kahdeksannen sukupolven Toyota Hiluxiin toteutettavasta valaistuksenpimennysjärjestelmästä, joka ottaa huomioon niin teknilliset ratkaisut kuin kustannustehokkuuden. Suunnitelmassa on etsitty toimivia ratkaisuja ja mietitty niiden soveltuvuutta ajoneuvoon. Suunnitelmaa voidaan käyttää järjestelmän tekemiseen ja asennusohjeiden pohjana.</p>	
Avainsanat	Valaistuksenpimennysjärjestelmä, Toyota Hilux

Author Title	Riku Itänen Planning a Lighting Dimming System for an Eight Generation Toyota Hilux
Number of Pages Date	28 pages 20 August 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	Automotive Design Engineering
Instructors	Pasi Kovanen, Lecturer Ville Manninen, Workshop Manager, Arctic Trucks Finland Oy
<p>The objective of this thesis was to design a lighting dimming system for an eight generation Toyota Hilux vehicle for Arctic Trucks Finland Oy. The purpose of lighting dimming system is to get all the eye-catching lighting off, so that their operation can be controlled by a separate switch. The lighting dimming system is essential for keeping the vehicle less prominent in dark and twilight.</p> <p>The purpose was to design a lighting dimming system that considers changes made in various lighting systems, so that those changes do not affect other functions and systems. When designing it is also necessary to consider issues relevant to installation, such as how easily work on circuits can be carried out and how cost-effective the changes are. The final plan may be used to make installation instructions by the company.</p> <p>Awimex Elcentral Microcontroller SRC-9012 Standard-microcontroller is used for controlling the lighting dimming system, which controls various lighting systems connected to the outputs by a switch connected to input circuit.</p> <p>The result of this thesis is a plan of lighting dimming system for an eight generation Toyota Hilux that consider technological solutions as well cost-effectiveness. Workable solutions and their application in the vehicle were essential requirements in the plan. The plan can be used to make the system and as a basis of installation instructions.</p>	
Keywords	Lighting dimming system, Toyota Hilux

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yleistä	2
2.1	Valaistuksenpimennysjärjestelmä	2
2.2	Ajoneuvo	3
2.3	Yleistä mikro-ohjaimista	3
2.3.1	Awimex Elcentral Microcontroller SCR-9012 Standard	4
2.3.2	Addio Control Centre -ohjelma	5
2.4	Johtimet	5
2.5	Liittimet	9
3	Huomiot suunnitelmaa tehtäessä	10
3.1	Tekniset huomiot	10
3.2	Kustannustehokkuus	11
4	Ratkaisut valojärjestelmille	11
4.1	Jarruvalot	11
4.2	Peruutusvalo	12
4.3	Suunta- ja hätävilkut	13
4.4	Ajovaloautomaatiikka, ajovalot ja seisontavalot	14
4.5	Sisävalaistukset	16
4.6	Lisävalot	17
5	Suunnitelma ja ratkaisut	17
5.1	Mikro-ohjaimen sijainti	17
5.1.1	Mikro-ohjaimen virta- ja maajohdin	18
5.1.2	Mikro-ohjaimen kanavien ohjaus	18
5.2	Johtimille vaadittavan poikkipinta-alan laskeminen	19
5.3	Liitokset	21
5.4	Mikro-ohjaimeen tehtävät ohjelmoinnit ja kytkentöjen kohdat	24

6 Yhteenveto

25

Lähteet

27

Lyhenteet

ECM	Engine control module, moottorinohjainlaite
ECU	Electronic control unit, elektroninen ohjausyksikkö
EMC	Electromagnetic compatibility, sähkömagneettinen yhteensopivuus
PVC	Polyvinyl chloride, polyvinyylikloridi
QVM	Qualified Vehicle Manufacturers, Fordin valtuuttama korinrakentaja

1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on suunnitella kahdeksannen sukupolven (2015 -) Toyota Hilu-xiin valaistuksenpimennysjärjestelmä Sipoossa sijaitsevalle Arctic Trucks Finland Oy:lle. Valaistuksenpimennysjärjestelmää tarvitaan ajoneuvon pysymiseen vaikeammin huomattavana pimeässä ja hämärässä.

Valaistuksenpimennysjärjestelmän ohjaamiseen on tarkoituksena käyttää mikro-ohjainta, jolla pystytään katkaisemaan virran kulku halutuissa virtapiireissä katkaisinta käyttämällä. Lähtökohtaisena suunnitelmana on käyttää Awimex Elcentral Microcontroller SCR-9012 Standard -mikro-ohjainta, jonka käytöstä yrityksellä on kokemusta ennestään.

Valaistuksenpimennysjärjestelmän suunnittelussa on tarkoituksena löytää halutuista valaistusjärjestelmistä sellaiset kohdat, joista virtapiirit voidaan muuttaa kulkevaksi mikro-ohjaimen kautta. Virtapiireihin muutoksia suunnitellessa tulee huomioida, ettei niistä aiheudu häiriöitä muiden virtapiireissä kytköksissä oleviin toimintoihin ja järjestelmiin. Suunnitelmaa tehdessä myös huomioidaan toteuttamisen kannalta kustannustehokkaat ja järkevät ratkaisut, jolloin voidaan myös tehdä kompromisseja valaistuksenpimennysjärjestelmän toimintojen osalta.

Valmista johtosarjaa ei ole ajoneuvoon tarkoitus suunnitella, koska mikro-ohjaimen sijainti voi vaihdella tapauskohtaisesti, jolloin johtimien reititykset ja pituudet vaihtelevat. Tässä insinööriyössä mikro-ohjain sijoitetaan tilan, sijainnin ja ympäristön perusteella, jolloin pystytään laskemaan mikro-ohjaimelle menevien johtimien pituuksien avulla johtimille tarvittavat poikkipinta-alat.

Arctic Trucks Finland Oy on vuonna 2009 perustettu, valtuutettu Toyota- ja Isuzu-merkkihuolto, virallinen korinrakentajakumppani Nissanille sekä Ford QVM -valtuutettu yritys. Yritys keskittyy pääsääntöisesti uusien nelivetoisten ajoneuvojen, usein lava-autojen, varusteluun ja muokkaamiseen. Arctic Trucks Finlandin toimirakennus (kuva 1) sijaitsee Sipoonlahdella valtatie 7:n varrella.



Kuva 1. Arctic Trucks Finland Oy:n toimirakennus Sipoonlahdella.

Itsenäinen Arctic Trucks Finland Oy kuuluu osaltaan kansainväliseen Arctic Trucks International yhtiöön, jolla on Suomen lisäksi toimintaa Islannissa, Iso-Britanniassa, Norjassa, Puolassa, Venäjällä ja Arabiemiirikunnissa. Etelämanner on myös yksi suurimmista toimialueista. Arctic Trucks International ja sen toimipisteet keskittyvät pääasiassa nelivetoisten ajoneuvojen muokkaamiseen ja maastokelpoisuuden parantamiseen.

2 Yleistä

2.1 Valaistuksenpimennysjärjestelmä

Ajoneuvon tehtävän valaistuksenpimennysjärjestelmän tarkoituksena on pitää pimeällä ja hämärässä ajoneuvo huomaamattomana valaistuksen suhteen, jotta ajoneuvoa ei pystyisi havaitsemaan helposti jo pelkän valonkajon perusteella. Ajoneuvon valaistuksen pimennysjärjestelmiä käytetään ainoastaan viranomaisajoneuvoissa, sillä lakivaatimus edellyttää autoissa olevan mm. ajovalot tai huomiovalot [1, 49 §]. Valaistuksen pimennysjärjestelmässä pyritään yhtä katkaisinta käyttämällä saamaan kaikki ajoneuvon valot pois päältä, jolloin toiminta on nopeampaa kuin käyttämällä useaa yksittäistä katkaisinta. Usein uusissa ajoneuvoissa kaikkia valoja ei saa ajovaloautomaatiikasta johtuen edes laitettua pois päältä, jolloin valaistuksenpimennysjärjestelmä on jo senkin takia tarpeellinen.

2.2 Ajoneuvo

Ajoneuvo, johon valaistuksenpimennysjärjestelmä on tarkoitus suunnitella, on kahdeksannen sukupolven (2015 -) Toyota Hilux (kuva 2), joka on vasemman puoleisella ohjauksella, neliovinen (Double Cab) ja varustettu ajovaloautomatiikalla.



Kuva 2. Toyota Hilux Double Cab [2].

Valaistuksenpimennysjärjestelmää kyseiseen ajoneuvoon suunnitellessa on tärkeää huomioida ajoneuvoon saatavilla olevat erilaiset tekniset vaihtoehdot (kuten manuaalivai automaattivaihteisto yms.), jotka osaltaan vaikuttavat ajoneuvojen samojen sähköjärjestelmien välisiin eroihin, sekä siihen mitä asioita suunnitelmassa tulee huomioida. Eri vaihtoehtojen välillä saattavat vaihdella virtapiiriin liittyvät toiminnot ja järjestelmät, jotka puolestaan saattavat vaikuttaa johtimien reitityksiin ja käytettyihin liittimiin. Nämä yhdessä vaikuttavat siihen, voidaanko muutoksia tehdä tai onko niiden tekeminen kannattavaa.

2.3 Yleistä mikro-ohjaimista

Mikro-ohjain, tai mikrokontrolleri on käytännössä tietokone. Se on integroitu piiri, joka sisältää keskusyksikön, jolla voidaan suorittaa ohjelmia sekä muistia, jotta voidaan tallentaa mikro-ohjaimelle tehtyjä asetuksia. Mikro-ohjain on kytköksissä elektroniisiin laitteisiin tai järjestelmiin, joiden joitain tai kaikkia toimintoja se ohjaa itsenäisesti, tai sen kautta kytkimien avulla ohjataan. [3.]

2.3.1 Awimex Elcentral Microcontroller SCR-9012 Standard

Valaistuksenpimennysjärjestelmän suunnittelussa on tarkoitus käyttää Awimexin Elcentral Microcontroller SCR-9012 Standard -mikro-ohjainta (kuva 3). Kyseessä on ohjelmistopohjainen sähkökeskus 12 voltin tasavirtasähköjärjestelmiin. Sillä voidaan ohjata kahdeksan eri kanavan toimintaa. Mikro-ohjaimelta voidaan myös jakaa virtaa kanavien kautta, jolloin kanavalle ei tarvitse erikseen viedä virtajohdinta. Kanavien ohjaus perustuu siihen, tuleeeko mikro-ohjaimen ohjausliittimen kautta virtaa tai vaihtoehtoisesti maa-doittaako mikro-ohjain sen kautta. Mikro-ohjain siis mittaa, onko virtapiiri avoin vai suljettu. Kanavien ja ohjausliittimien väliset toiminnot voidaan ohjelmoida tietokoneen USB-portin kautta toimimaan haluamallaan tavalla.



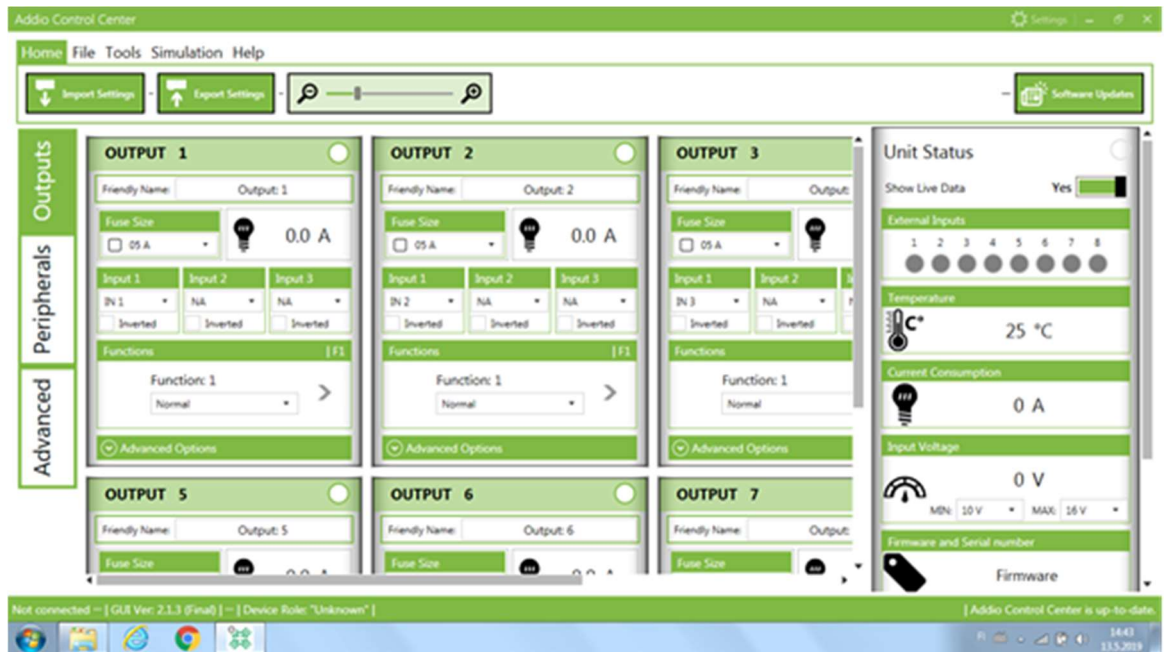
Kuva 3. Awimex Elcentral Microcontroller SRC-9012 Standard [4].

Mikro-ohjaimen sisäinen virrankulutus on 7 mA + 4 mA jokaista toiminnassa olevaa kanavaa kohden sekä lisäksi mikro-ohjaimen kanavien kautta kulkeva virta. Kanaville voi ohjelmoida koot sulakkeille 5 - 20 ampeerin välillä, sekä kanaville U7 ja U8 5 - 25 ampeeria. Suunnittelussa tulee huomioida laitteelle asetetut hetkellisen kokonaisvirran 90 A ja jatkuvan kokonaisvirran 70 A asettamat rajat. Alijännitesuoja on säädettävissä välillä 5 - 13 V, 0,5 V:n askelin. Ylijännitesuoja on säädettävissä välillä 16 - 26 V, 2 V:n askelin. Kaikki asetukset mikro-ohjaimen tehdään tietokoneelta USB-portin kautta käyttäen Ad-dio Control Centre -ohjelmaa. [5.]

Elcentral Microcontroller SCR-9012:sta on saatavilla myös Advanced-malli, jota voidaan ohjata kaukosäätimellä tai älypuhelimella. Siinä on myös H-silta tasavirtamoottorin ohjaamiseen sekä LED-valo ilmoittamaan jokaisesta kahdeksan kanavan toiminnasta. Advancedia voidaan siis käyttää vaihtoehtoisesti muissa tulevilla töissä tarpeen niin vaatiessa. [5.]

2.3.2 Addio Control Centre -ohjelma

Awimex Elcentral Microcontroller SRC-9012 Standard -mikro-ohjaimen tehtävät asetukset tapahtuvat USB-portin kautta tietokoneeseen yhdistettynä Addio Control Centre-ohjelmalla (kuva 4).



Kuva 4. Kuvakaappaus Addio Control Center -ohjelmasta.

Ohjelmalla asetetaan mikro-ohjaimelle asetukset, jotka voidaan myös tallentaa käyttäjälle. Tällöin, jos on tarve käyttää samoja asetuksia useammassa mikro-ohjaimessa, ei niitä tarvitse joka kerta tehdä uudestaan.

2.4 Johtimet

Johtimien tarkoituksena on välittää signaaleja ja johtaa virtaa ajoneuvon sähköisissä järjestelmissä [6, s. 394]. Ajoneuvokäyttöön tarkoitetut johtimet ovat yleensä standardin DIN ISO 6722 mukaisia, PVC-päällysteisiä kuparijohtimia, joita on kahdella eri eristeen seinämäpaksuudella, normaalilla FLY (taulukko 1) ja ohennetulla FLRY (taulukko 2). [7, s. 976 - 977.]

Taulukko 1. FLY-johtimien standardipoikkipinta-alat [7, s. 976].

Taulukko 1.1. Ajoneuvojen kupariset sähköjohtimet
Yksilankaiset, tinaamattomat, PVC-eristyksellä. Tyyppi FLY.

Nimellis- poikki- pinta-ala	Yksitt. lankojen lukumäärä (likim.) ¹⁾	Maksimi- vastus metriä kohti ¹⁾ +20 °C	Johtimen maksimi- halkaisija ¹⁾	Eristyksen seinämän nim. vahvuus ¹⁾	Johtimen maksimi ulkohalk. ¹⁾
mm ²		mΩ / m	mm	mm	mm
0,5	16	37,1	1,1	0,6	2,3
0,75	24	24,7	1,3	0,6	2,5
1	32	18,5	1,5	0,6	2,7
1,5	30	12,7	1,8	0,6	3,0
2,5	50	7,60	2,2	0,7	3,6
4	56	4,71	2,8	0,8	4,4
6	84	3,14	3,4	0,8	5,03
10	80	1,82	4,5	1,0	6,5
16	126	1,16	6,3	1,0	8,3
25	196	0,743	7,8	1,3	10,4
35	276	0,527	9,0	1,3	11,6
50	396	0,368	10,5	1,5	13,5
70	360	0,259	12,5	1,5	15,5
95	475	0,196	14,8	1,6	18,0
120	608	0,153	16,5	1,6	19,7

¹⁾ Normin DIN ISO 6722 osa 3 mukaan.

Yleisesti johtimen eristeen seinämäpaksuudeksi valitaan poikkipinta-alaltaan alle 2,5 mm² ohennettu ja yli 2,5 mm² normaali [7, s. 977].

Taulukko 2. FLRY-johtimien standardipoikkipinta-alat [7, s. 977].

Taulukko 1.2. Ajoneuvojen kupariset sähköjohtimet
Yksilankaiset, tinaamattomat, PVC-eristyksellä, alennetulla seinämäpaksuudella.
Tyyppi FLRY.

Nimellis- poikki- pinta-ala	Yksitt. lankojen lukumäärä (likim.) ²⁾	Maksimi- vastus metriä kohti ²⁾ +20 °C	Johtimen maksimi- halkaisija ²⁾	Eristyksen seinämän nim. vahvuus ²⁾	Johtimen maksimi ulkohalk. ²⁾
mm ²		mΩ / m	mm	mm	mm
0,35	12	52	0,9	0,25	1,4
0,5	16	37,1	1	0,3	1,6
0,75	24	24,7	1,2	0,3	1,9
1	32	18,5	1,35	0,3	2,1
1,5	30	12,7	1,7	0,3	2,4
2,5	50	7,6	2,2	0,35	3,0
4	56	4,7	2,75	0,4	3,7
6	84	3,1	3,3	0,4	4,3

²⁾ Normin DIN ISO 6722 osa 4 mukaan.

Johtimia valittaessa ja reitittäessä on otettava huomioon sellaisia asioita kuten

- johtimen poikkipinta-ala
- soveltuvuus käyttökohteeseen
- johtimien suojaus
- mekaaninen kesto
- EMC-yhteensopivuus
- lämpötilat ja lämmön siirtyminen.

Moottoritalan johtimilta vaaditaan enemmän kuin korin johtimilta, sillä moottoritalassa on suurempi altistus lämmölle, tärinälle ja kemikaaleille. [6, s. 394 - 395.]

Johtimen mitoitus

Johtimen poikkipinta-ala täytyy määritellä, jotta johdin ei lämpene liikaa käytössä (aiheuta tulipalon vaaraa) eikä toisaalta käytetä liian paksua johdinta, jolloin kuluu enemmän resursseja (raaka-aine ja raha) johtimeen kuin on tarpeen.

Johtimen poikkipinta-alaa laskiessa on huomioitava mahdolliset jännitehäviöt ja lämpeneminen. Johtimen pinta-ala lasketaan kaavan 1 mukaisesti. [7, s. 976.]

$$A = \frac{I \cdot \rho \cdot l}{U_{vl}} \quad (1)$$

A = Johdinlangan poikkipinta-ala (mm²)

I = Virta (A)

ρ = Ominaisvastus ($\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$), joka kuparilla laskettaessa on $0,0185 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

l = Johtimen pituus (m)

U_{vl} = Sallittu jännitehäviö eristetyssä johtimessa (V)

Virta ja johtimen pituus määräytyvät aina kohteen mukaan. Usein ne ovat myös mitattava, jollei niistä ole tietoa saatavilla.

Laskennassa käytetään ominaisvastuksena kuparin arvoa, joka on vielä pääasiallisesti käytettävä metalli ajoneuvojen johtosarjoissa. Näin on varsinkin tehtäessä jälkiasennettuja kytkentöjä. Nykyään on myös alumiinin käyttö yleistynyt keveyden ja halvemman hinnan myötä. [8.]

12 voltin nimellisjänniteisissä järjestelmissä sallittuna jännitehäviönä käytetään taulukon 3 mukaisia arvoja.

Taulukko 3. Sallittu jännitehäviö [7, s. 979].

Johtimen laji	Sallittu jännitehäviö plus-johtimessa U_{vl}		Sallittu jännitehäviö koko virtapiirissä U_{vg}		Huomautukset
	12 V	24 V	12 V	24 V	
Nimellisjännite U_N	12 V	24 V	12 V	24 V	
Valojohtimet					Virta nimellisjännitteellä ja nimellisteholla
Valokatkaisimen liittimeltä 30 polttimoille < 15 W perävaunun pistorasiaan perävaunun pistorasialta valoille	0,1 V	0,1 V	0,6 V	0,6 V	
Valokatkaisimen liittimeltä 30 polttimoille > 15 W perävaunun pistorasialle	0,5 V	0,5 V	0,9 V	0,9 V	
Valokatkaisimen liittimeltä 30 valonheittimille	0,3 V	0,3 V	0,6 V	0,6 V	
Muut ohjausjohtimet					Virta nimellisjännitteellä
Katkaisimelta releelle, äänitorvelle jne.	0,5 V	1,0 V	1,5 V	2,0 V	

Laskennan tulokseksi saatavaa poikkipinta-alaa verrataan taulukoiden 1 ja 2 standardi-poikkipinta-aloihin, sekä valitaan poikkipinta-aloista se, joka on laskennassa saatua tulosta ylöspäin pyöristämällä seuraava [7, s. 976 - 977.]. Laskennasta saadusta poikkipinta-alan arvosta riippumatta on suositeltavaa valita suurempia poikkipinta-aloja kuin 0,5 mm², johtuen johtimen mekaanisesta kestävydestä. Poikkipinta-alaltaan 0,5 mm²:n ja pienempien johtimien altistuessa mekaaniselle rasitukselle, taipumiselle ja vedolle voivat johtimen säikeet helposti katketa niiden vähyydestä johtuen.

Lopuksi on vielä hyvä verrata johtimien poikkipinta-aloja, niille taulukossa 4 annetuille virran ohjearvoille jatkuvasta kestoirrasta ja varmuusnimellisarvosta, jotta varmistutaan, että johdin kestää sulakkeen nimellisivirran verran. [7, s. 978.]

Taulukko 4. Johtimien sulamisvarmuuden ohjearvot [7, s. 978].

Taulukko 2. Sulamisvarmuuden tyypilliset varmuusarvot
Pätee sinkitsemättömälle, PVC-eristetyille, yksijohtimiselle FLY- tai FLRY-johtimelle alle 105 °C lämpötilassa ympäristön lämmön ollessa alle 70 °C.

Johtimen poikkileikkauspinta-ala mm ²	Varmuusnimellisarvo A	Jatkuva kestovirta A
0,35	5	4
0,5	7,5	6
0,75	10	8
1	15	12
1,5	20	16
2,5	30	24
4	40	32
6	50	40
10	70	56
16	100	80
25	125	100
35	150	120
50	200	160
70	250	200

2.5 Liittimet

Liittimien tarkoituksena on toimia luotettavana liitoksena sähköisten järjestelmien johtimien ja komponenttien välillä. Liittimiä käyttökohteeseen valitessa tulee huomioida niille koituvat mekaaniset, kemialliset ja lämpötilaan liittyvät rasitukset, jolloin voidaan valita käyttökohteeseen parhaiten sopivat liittimet. [6, s. 396.]

Liittimeltä vaaditaan seuraavanlaisia vaatimuksia:

- matala vastus liittimen ja johtimen kytkennässä
- hyvä eristyskyky vettä ja kosteutta vastaan
- suuri lämpilyöntikestävyys komponenttien välillä
- käyttökohteesta riippuvat vaatimukset, kuten lukituksen selkeä toiminta [6, s. 396].

Liittimiä valittaessa ja tehtäessä liitoksia on huomioitava, että liitoksesta tulee kunnollinen, sillä huonosta liitoksesta syntyvä lämpö voi lähtökohtaisesti siirtyä pois ainoastaan

johdinta pitkin. Tämä saattaa vaikuttaa laskennallisesti oikein valitun johtimen riittämättömyyteen. [6, s. 394 - 395.]

Liitoksia ei tulisi tehdä juottamalla, sillä materiaalin lämmitessä sen kiderakenne muuttuu tullen hauraammaksi, jolloin johdin murtuu helpommin (mekaanisen rasituksen kesto pienenee).

3 Huomiot suunnitelmaa tehtäessä

3.1 Tekniset huomiot

Jotta kaikki valaistukseen liittyvät järjestelmät saadaan halutessa välittömästi pois päältä, on niiden virtapiirin kuljettava mikro-ohjaimen kautta, jolla virtapiiri saadaan muutettua avoimeksi. Mikro-ohjaimen kanavien ohjaus olisi parhainta toteuttaa siten, että sitä pystyisi ohjaamaan pelkästään yhdellä katkaisimella. Tällöin säästyttäisiin ylenmääräisiltä katkaisimilta, mikä myös edesauttaa valaistuksenpimennysjärjestelmän käytön nopeutta.

Tässä suunnitelmassa johtimien reititystä ei ole standardoitu. Suunnitelmasta tulee ennakkotapaus, missä mikro-ohjain voisi käytännöllisesti sijaita, koska sen sijainti voi muuttua tapauskohtaisesti ajoneuvoon tulevista varusteluista ja asiakkaan toiveista johtuen. Kun sijainti on määritetty, voidaan johtimien pituudet mitata. Johtimien pituuksia tarvitaan poikkipinta-alojen laskemiseen. Kohta, josta muutokset tullaan tekemään johtosarjaan, valikoituu sen perusteella mistä teknillisesti ja asennuksellisesti ne ovat järkevin tehdä. Mahdolliset jälkeempäin asennettavat lisävalot ovat helposti asennettavissa suoraan mikro-ohjaimen kautta, sillä edellytyksellä, että mikro-ohjaimessa on vapaita kanavia.

Tämä valaistuksenpimennysjärjestelmä sisältää seuraavien valaistusjärjestelmien toimintoihin tehtäviä muutoksia:

- jarruvalot
- peruutusvalo
- suunta- ja hätävilkut
- ajovaloautomaatiikka, ajovalot ja seisontavalot
- sisävalaistukset

- lisävalot.

Virtapiireihin muutoksia tehdessä on huomioitava, etteivät ne vaikuta muiden virtapiireihin kytköksissä olevien, lähinnä ajoneuvon normaaliin käyttöön vaikuttavien toimintojen ja järjestelmien toimintaan.

On myös huomioitava, että mikro-ohjaimen suurin sallittu jatkuva kokonaisvirta on 70 ampeeria ja suurin sallittu hetkellinen kokonaisvirta 90 ampeeria. Tällöin saatetaan joutua tekemään erillinen releohjaus jollekin valaistusjärjestelmistä, jossa on korkea kokonaisvirta. Myös käytettävän mikro-ohjaimen kanavien sulakkeiden koot voivat olla rajoittavina tekijöinä.

3.2 Kustannustehokkuus

Yksi huomioitavista asioista valaistuksenpimennysjärjestelmää suunniteltaessa on kustannustehokkuus. Kustannustehokkuus vaikuttaa siihen, onko suunnitelman pohjalta järkevää alkaa toteuttamaan tiettyjä valaistuksenpimennysjärjestelmän vaatimia muutoksia ajoneuvoon.

Kustannustehokkuutta mietittäessä on huomioitava valaistuksenpimennysjärjestelmään kuluvia resursseja, kuten komponentit ja liikkeen tuntiveloitus (toisin sanoen muutosten tekemiseen kuluva aika). Nämä yhdessä vaikuttavat valittuihin asennuskohtiin, asennusjärjestykseen, sekä valittuihin komponentteihin ja niiden sijoittamiseen.

4 Ratkaisut valojärjestelmille

4.1 Jarruvalot

Muutos jarruvalojen virtapiiriin voidaan tehdä vasta sen jälkeen, kun jarrupoljinanturilta lähtee johdot haaroitukselle ”No. 1 Junction Connector” ja haaroitukselta taakse jarruvaloille. Muutoksia ei voida tehdä ennen tätä haaroitusta, koska haaroitukselta lähtee automaattivaihteistoilla ajoneuvoilla johdin vaihdelukon ohjainlaitteelle (Shift Lock Control ECU), joka estää vaihteen vaihtamisen pysäköintivaihteelta, silloin kun jarrupoljin ei ole painettuna. Haaroitukselta lähtee myös johtimet sertifiointinohjausyksikölle (Certification

ECU), moottorinohjainlaitteelle (ECM) ja voimansiirronohjausyksikölle (Transmission Control ECU Assemblylle). [9; 10.]

Alkuperäisenä suunnitelmana oli viedä ON2-liittimessä (kuva 5) oleva maajohdin (pinni 3, W-B) mikro-ohjaimen kautta, sillä jarruvalojen lisäksi peruutusvalo maadoittaa kyseisen maadoitusjohtimen kautta. Kokeiltaessa huomattiin kuitenkin valojen maadoittavan myös jonnekin muualle valojen jäädessä palamaan himmeästi. Tämän vuoksi päädyttiin käyttämään samalta liittimeltä, pinnistä 1 lähtevää jarruvalojen johdinta. [10.]

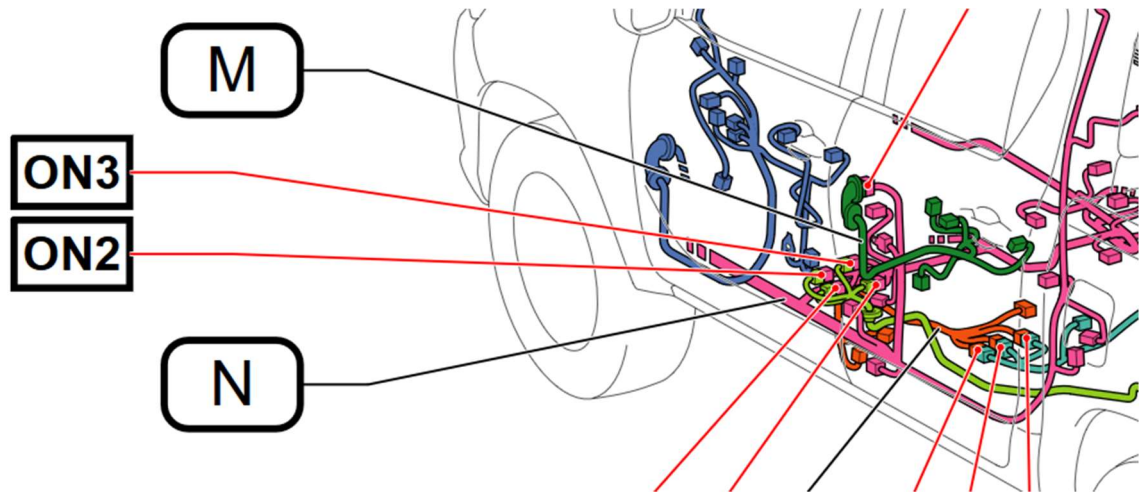


Kuva 5. ON2-liitin.

4.2 Peruutusvalo

Peruutusvalokytkimeltä lähtee haaroituksen ”No. 22 Junction Connector” kautta johtimet voimansiirronohjausyksikölle (Transmission Control Assembly), mittaristolle (Combination Meter Assembly) ja navigointijärjestelmälle (Navigation Receiver Assembly), jotka hyödyntävät tietoa peruutusvaihteen kytkeytymisestä. Jotta virtapiiriin tehtävät muutokset saataisiin vaikuttamaan vain peruutusvalojen toimintaan, täytyy virtapiiriin tehtävät muutokset tehdä vasta kyseisen haaroituksen jälkeen. [11.]

Paras kohta johtimen viemiseksi mikro-ohjaimen kautta on kuljettajan penkin alla sijaitseva ON2-liitin (kuva 6). Liittimen pinniltä 4 lähtee johdin peruutusvalolle, josta virtapiiriin voi viedä mikro-ohjaimelle. [11.]



Kuva 6. Kuvakaappaus EWD Viewer -ohjelmasta, jossa liittimen ON2 sijainti.

4.3 Suunta- ja hätävilkut

Kyseisessä ajoneuvossa ei ole enää releohjattuja suunta- ja hätävilkkuja, vaan niiden ohjaus tapahtuu mittariston sisällä. Muutoksen tekeminen virtapiiriin on paras tehdä mittariston taakse tulevan liittimen G11 pinnille 7 vievän sinisen johtimen kautta (kuva 7), jonne on hyvä pääsy silloin kun mittaristo on irrotettuna. [12; 13.]



Kuva 7. Liitin G11 mittariston takana. Pinnin 7 johdin on liittimessä oikealla alhaalla oleva tumman sininen.

Suunta- ja hätävilkkujen johtimen poikkipinta-alaa laskiessa voidaan saatu tulos jakaa kolmella, koska vilkut syttyvät ja sammuvat 1 - 2 kertaa sekunnin aikana, jolloin johtimen lämpötila ei ennätä nousta niin paljon kuin silloin jos ne olisivat jatkuvasti päällä.

4.4 Ajovaloautomaattikka, ajovalot ja seisontavalot

Ensimmäisenä suunnitelmana oli viedä valokatkaisimen (headlight dimmer switch) maadoitusjohdin mikro-ohjaimen kautta, jolloin olisi saatu ajovaloautomaattikka, ajovalot ja seisontavalot kaikki samalla kertaa tarvittaessa pois päältä. Kuitenkin tarkemman tutkimisen jälkeen, huomattiin valoissa olevan automaattikan pitävän valoja joka tapauksessa päällä tai tarkemmin säätävän niitä ympäristön valaistuksen mukaan, koska korin ohjainlaite (Body ECU) ohjaa niitä. [14.]

Lopulta päädyttiin ratkaisuun, jossa ajovaloautomaattikan, ajovalojen ja seisontavalojen saamiseksi pois päältä, olisi muutokset tehtävä kahdesta eri paikasta.

Ajovaloautomaattikka ja ajovalot

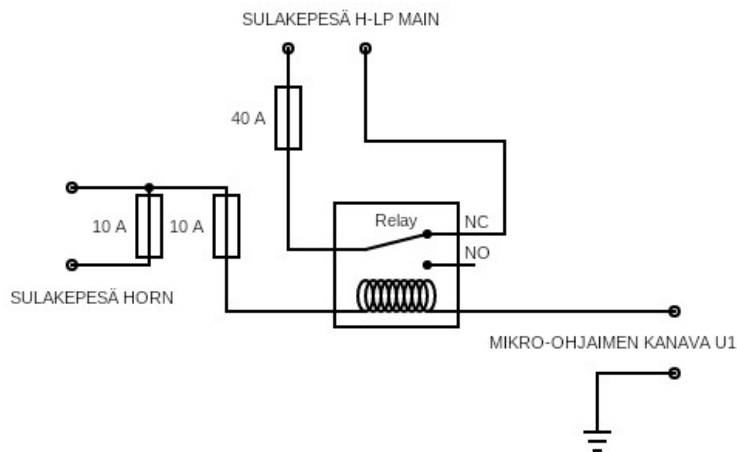
Ajovaloautomaattikka ja ajovalot saadaan pois päältä muuttamalla virtapiiri menemään mikro-ohjaimen kautta sulakkeen H-LP MAIN 40A (kuva 8) jälkeen. Muutos on kaikista helpoin tehdä tästä kohtaa, sillä sulakkeen jälkeen johdin haarautuu rele- ja sulakerasiassa Dimmer ja H-LP -releelle. Releet ovat yhteydessä toisiinsa LED-valollisissa malleissa.



Kuva 8. H-LP MAIN- (punainen ympyrä) ja HORN-sulakkeen (vihreä ympyrä) sijainti konehuoneen rele- ja sulakerasiassa.

Muutoksessa on huomioitava mikro-ohjaimen kanaville ohjelmoitavien sulakkeiden koot, jotka pystyttiin korkeimmillaan ohjelmoimaan 25 ampeeriin. On myös huomioitava suu-

rempi vaatimus johtimen poikkipinta-alalle virran ollessa suuri. Näin ollen ajovaloautomaatiikan ja ajovalojen ohjaus joudutaan tekemään erillisellä releellä, jota mikro-ohjaimella ohjataan. Mikro-ohjain ohjaa releen käämiä, joka tarvittaessa katkoo valojen pääsulakkeelta lähtevää virtaa. Virta releen käämille voidaan ottaa äänimerkin sulakkeelle tehtävästä haaroituksesta (kuva 9). Tällöin korkeavirtaista virtapiiriä voidaan ohjata releellä, käyttäen pienempää ohjausvirtaa.

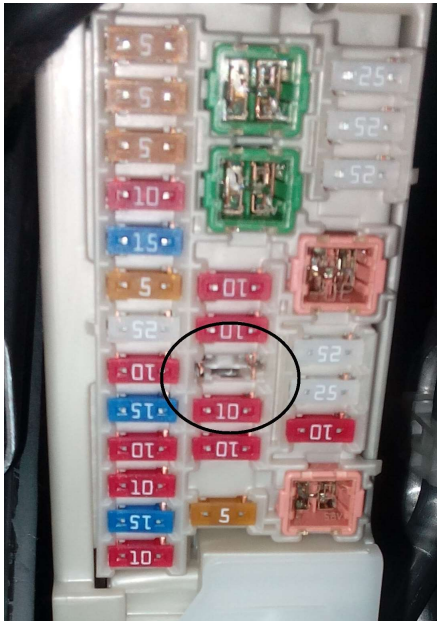


Kuva 9. Piirros releohjauksesta mikro-ohjaimella.

Tällaisessa suunnitelmassa H-LP MAIN -sulake jouduttaisiin irrottamaan sulakepesästä, jotta väliin saadaan johtimet muutoksen tekemiseen. Sulakkeen H-LP MAIN (Japanin mallinen) sulakepesään saa laitettua 6,3 mm:n naaraslattaliittimet ja sulakkeeseen 6,3 mm:n uroslattaliittimet. Sulakepesän liittimeltä johdin menee sulakkeen kautta releelle ja siitä takaisin sulakepesään. Tämä olisi kaikista kustannustehokkain tapa toteuttaa releohjaus ajovaloautomaatiikalle ja ajovaloille.

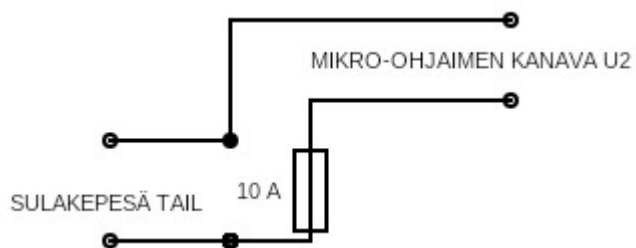
Seisontavalot

Seisontavalojen saamiseksi osaksi järjestelmää, on virtapiiriin muuttaminen kustannustehokkainta seisontavalojen (TAIL 10A) sulakkeen jälkeen (kuva 10), sillä siinä vaiheessa virtapiiri ei ole vielä haarautunut ja sijainti on hyvä.



Kuva 10. TAIL-sulakkeen sijainti, kuljettajan jalkatilan sulakerasiassa.

Yksinkertaisin muutos virtapiiriin on tehdä käyttämällä mini-lattasulakkeille tarkoitettua haaroitinta, jolla saadaan muutettua virtapiiri menemään mikro-ohjaimen kautta (kuva 11).



Kuva 11. Piirros seisontavalojen sulakkeelle tulevasta haaroituksesta.

4.5 Sisävalaistukset

Sisävalaistus huomattiin tutkimisen jälkeen vaikeaksi toteuttaa mittariston ja multimedia-laitteiston ollessa kytkettynä CAN-väylään, sekä ajoneuvon muiden sisustassa sijaitsevien katkaisimien ja vipujen valaistuksen saadessa virtaa useampaa eri reittiä pitkin. Tällöin pelkästään yhden mikro-ohjaimen kanavien paikat eivät olisi riittäneet. Lisäksi se ei olisi ollut kustannustehokasta, joten tutkinnan jälkeen päädyttiin sisävalaistusten jättäminen valaistuksenpimennysjärjestelmän ulkopuolelle. [15; 16.]

4.6 Lisävalot

Ajoneuvoihin mahdollisesti asennettavat lisävalot voidaan viedä suoraan mikro-ohjaimen vapaaksi jäävien kanavien kautta, joita ohjataan kahdella erillisellä ohjauspiiriin sijoitettavalla katkaisimella. Yksi ohjaa lisävalon toimintaa ja toinen koko mikro-ohjaimen. Tässä insinööriyössä ei suunnitella mahdollisten lisävalojen asennukseen liittyviä ratkaisuja.

5 Suunnitelma ja ratkaisut

5.1 Mikro-ohjaimen sijainti

Mikro-ohjaimelle sijaintia valittaessa huomioitiin minne se olisi käytännöllisintä asentaa. Tähän vaikuttivat seuraavat asiat:

- tila; paikka josta löytyi tilaa mikro-ohjaimelle ja sinne vietäville johtimille
- sijainti; mikro-ohjain sijoiteltiin siten, että johtimista saataisiin mahdollisimman lyhyitä
- ympäristö; sijoitus siten, ettei mikro-ohjain joudu kosketuksiin veden kanssa
- lämpötila; mikro-ohjaimen ympärillä tarpeeksi tilaa, ettei se pääse lämpenemään liikaa.

Näillä huomioitavilla seikoilla mikro-ohjaimen paikaksi valikoitui vasemmalla puolella takapenkkien alla oleva lokero (kuva 12), johon pääsee käsiksi nostamalla takapenkin istuinosan ylös ja avaamalla lokeron kannen.



Kuva 12. Tila mikro-ohjaimelle.

Lokerossa on hyvin tilaa mikro-ohjaimelle sekä sille tuleville johtimille ja niiden kytkennöille. Johtimien vieminen lokeroon onnistuu siististi kynnyksistöjen ja lattiamaton alla. Mikro-ohjain kiinnitetään lokeron tasaiseen kohtaan liimattavalla tarranauhalla.

5.1.1 Mikro-ohjaimen virta- ja maajohdin

Mikro-ohjaimelle tulee virtajohdin akun plusnavalta, jonka väliin tulee 40 ampeerin sulake. Maajohdin maadoitetaan samaan paikkaan kuin akun maadoitusjohdin. Johtimille poikkipinta-aloja laskettaessa käytetään virran arvona 35,97 ampeeria. Arvo on saatu laskemalla mikro-ohjaimen sisäinen virrankulutus ja lisäämällä mikro-ohjaimen kanavien kautta kulkeva virta. Lisäksi on arvioitu vapaaksi jäävien kanavien kautta jaettava virta, jottei sulaketta ja johdinta mitoiteta liian pieniksi mahdollisia lisävaloja silmällä pitäen. Tämän takia on lisäksi laskettu neljän 48 W:n työvalon virrankulutus.

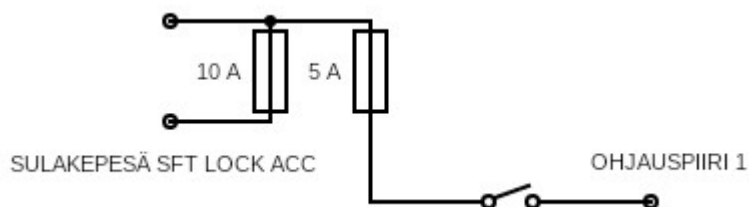
5.1.2 Mikro-ohjaimen kanavien ohjaus

Kanavien ohjausliittimeltä 1 lähtee johdin kuljettajan vasemmalle puolelle kojelaudan katkaisinpaneeliin (kuva 13) sijoitettavalle katkaisimelle, jolla ohjataan mikro-ohjaimen kanavien toimintaa.



Kuva 13. Katkaisinpaneeli kuljettajan vasemmalla puolella.

Katkaisimella luodaan suljettu virtapiiri, jolloin mikro-ohjaimen suoritettujen asetusten perusteella, se tekee avoimen virtapiirin mikro-ohjaimen kanaviin. Ohjainpiirille virta otetaan vaihdelukon (10A SFT LOCK ACC) sulakkeelle tehtävältä haaroitukselta (kuva 14), johon tulee virta vain sytytysvirran ollessa päällä, tällöin mikro-ohjain ei kuluta virtaa sytytysvirran ollessa pois päältä.

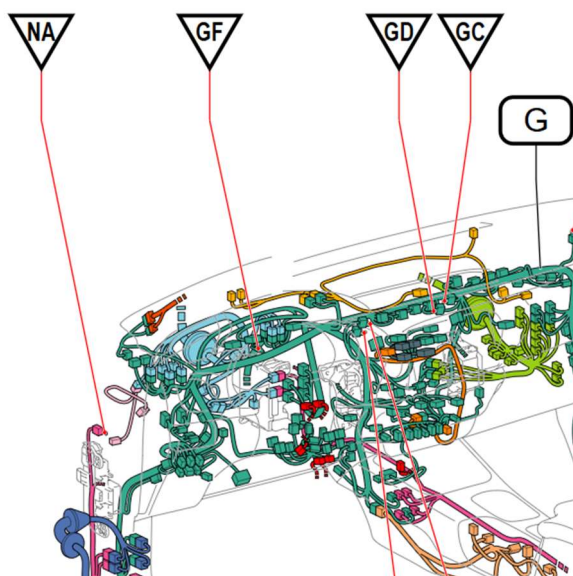


Kuva 14. Piirros vaihdelukon sulakkeelle tulevalle haaroitukselle.

5.2 Johtimille vaadittavan poikkipinta-alan laskeminen

Ennen kuin poikkipinta-ala johtimille voitiin laskea, oli mitattava johtimien pituus ja virtapiireissä kulkeva virta sekä määriteltävä sallitut jännitehäviöt virtapiireille. Johtimien pituudet mitattiin kohdasta, jossa mikro-ohjaimelle vievät johtimet liitetään osaksi valaistusjärjestelmän virtapiiriä, kohtaan, jossa mikro-ohjain sijaitsee. Saatu tulos kerrottiin

kahdella seisontavalojen, suunta- ja hätävilkkujen, peruutusvalon ja jarruvalojen kohdalla, jotta saatiin kokonaispituudet. Ajovaloautomatiikan ohjauspiirin kohdalla mitattiin pituus konehuoneen sulake- ja releerian vierestä mikro-ohjaimelle. Lopuksi lisättiin maadoitusjohtimen pituus mikro-ohjaimelta maadoituspisteeseen NA (kuva 15).



Kuva 15. Kuvakaappaus EWD Viewer -ohjelmasta, jossa maadoituspisteen NA sijainti.

Virta- ja maajohdin laskettiin akun navoilta mikro-ohjaimelle ja kerrottiin kahdella, sillä maadoitus on tarkoitus viedä akun maadoituspisteeseen. Näin varmistetaan riittävä maadoitus mikro-ohjaimelta.

Yhdessä taulukosta 3 saatavilla sallittujen jännitehäviöiden arvoilla ja valaistusjärjestelmien johtimista mitatuilla virtojen arvoilla, johtimien pituudet sijoitettiin kaavaan 1. Laskut suoritettiin taulukkoon 5.

Taulukko 5. Arvojen mittaukset ja Excelissä suoritettut laskut.

	Ajovaloautomatiikan ohjauspiiri	Ajovaloautomattikka * 1	Seisontavalot	Suunta- ja hätävilkut * 2	Peruutusvalo	Jarruvalo	Ohjauspiiriin 1 johdin * 3	Mikro-ohjaimen virtajohdin
Virta (A)	6,01	40	2,35	7,56	1,84	3,47	1	35,97
Cu ominaisvastus ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	0,0185	0,0185	0,0185	0,0185	0,0185	0,0185	0,0185	0,0185
Johtimen pituus (m)	5,64	0,6	4,74	5,66	2,74	2,74	1,98	7,44
Sallittu jännitehäviö (V)	0,5	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5
Johtimen poikkipinta-ala (mm^2)	1,25	4,44	0,69	2,64	0,31	0,59	0,07	9,90
Seuraava standardi poikkipinta-ala	1,5	6	0,75	1,5	0,75	0,75	0,75	10

*1. Laskettu käyttäen H-LP MAIN -sulakkeen arvoa 40 A, jotta johtimen poikkipinta-alaksi saadaan 6 mm^2 , jolloin johtimen ohjearvo jatkuvalle kestovirrälle on riittävä.

*2. Suunta- ja hätävilkuille laskusta saatu tulos voidaan jakaa kolmella, koska vilkut eivät ole koko ajan päällä vaan vilkkuvat, mennessä sekunnin aikana 1 - 2 kertaa päälle ja pois. Täten $2,64 \text{ mm}^2 / 3 = 0,88 \text{ mm}^2 \Rightarrow 1,5 \text{ mm}^2$. Alennettu johtimen poikkipinta-ala ei myöskään ylitä taulukossa 4 annettuja ohjearvoja jatkuvalle kestovirrälle ja varmuusnimellisarvolle.

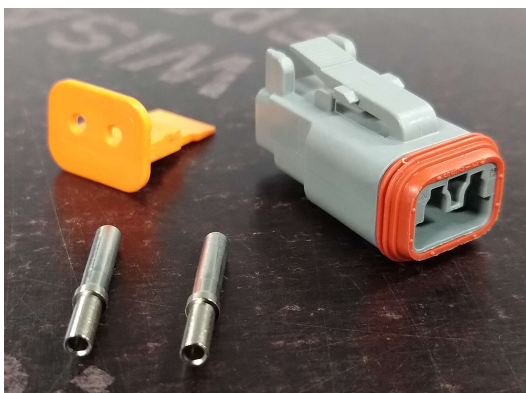
*3. Ohjaukattaisimen johtimen poikkipinta-alaksi voidaan valita $0,75 \text{ mm}^2$, sillä mikro-ohjain mittaa vain onko virtapiiri suljettu, eikä kuluta juurikaan virtaa. Pienempää poikkipinta-alaa ei kannata valita huonon mekaanisen kestävyuden vuoksi.

Saatuja johtimien poikkipinta-alojen arvoja verrattiin vielä taulukon 4 ohjearvoihin jatkuvalle kestovirrälle ja varmuusnimellisarvolle. Virran ei todettu ylittävän näitä arvoja yhdessäkään johtimessa.

5.3 Liitokset

Jarruvalojen, peruutusvalon sekä suunta- ja hätävilkkujen johtimien liitoksissa käytetään pistokkeellisia 2-napaisia Deutsch-liittimiä (kuva 16), jotka ovat IP-luokitusjärjestelmän mukaisen IP68 luokituksen omaavia. Liittimet ovat pölytiivitä ja kestävät vedessä upo-

tuksen yhteen metriin. Johtimet kiinnitetään pistokkeeseen tuleville pinneille puristusliitoksella. Pinneihin sopivat poikkipinta-alaltaan 0,5 - 1,5 mm² olevat johtimet. Pistokkeellisia liittimiä käyttämällä saadaan liitoksista siistit ja selkeät.



Kuva 16. Deutsch-liitin (naaras).

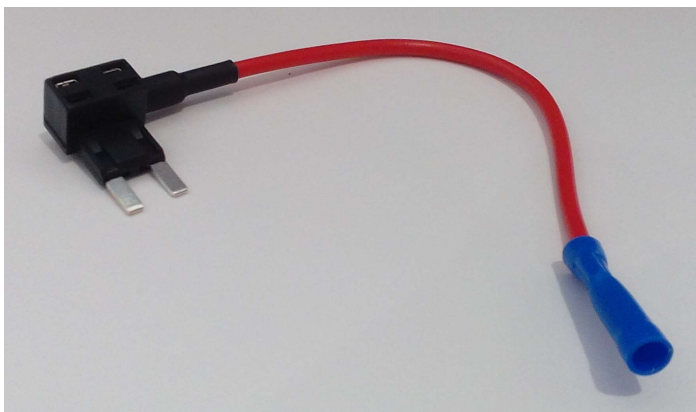
Kolmelle valaistuksenpimennysjärjestelmään tuleville Deutsch-liittimille annettiin nimet taulukon 6 mukaan, kytkentäkaavion selkeyttämisen vuoksi.

Taulukko 6. Deutsch-liittimille annetut nimet.

Valaistusjärjestelmä	Liitin
Suunta- ja hätävilkut	VPJ1
Peruutusvalo	VPJ2
Jarruvalo	VPJ3

Ajovaloautomaatiikkaa ja ajovaloja ohjaavalle releelle tulee pistoke, johon johtimet kiinnitetään. Johtimien liittimiksi tulee lukituskielekkäiset 6,3 mm:n naaraslattiitimet, jotka kiinnitetään pistokkeeseen. H-LP MAIN -sulake joudutaan ottamaan pois sulakepesästä, jotta johtimet saadaan väliin. Sulakepesään tulee suojatut 6,3 mm:n naaraslattiitimet. Sulakkeeseen tulevat johtimet ovat suojattuja 6,3 mm:n uroslattiitimiä.

HORN- ja TAIL -sulakkeiden sulakepesään tulee mini-lattasulakkeille tarkoitettu haaroitin (kuva 17), joka toteutetaan kuvien 9 ja 11 piirrosten tavoin. Haaroittimen sulakepesään menee 2,8 mm:n lattaliitin.



Kuva 17. Haaroitin mini-lattasulakkeille.

Mikro-ohjaimen päähän käytettävät liittimet ovat Awimex Elcentral Microcontroller SRC-9012 Standard -mikro-ohjaimen tarkoitettuja liittimiä (kuva 18), jotka ovat puristussovitteisia naarasliittimiä. Liittimille on liitinpistokkeet.



Kuva 18. Mikro-ohjaimen kanaville tulevat liittimet [17].

Mikro-ohjaimen ohjainkanavan liitos toteutetaan mikro-ohjaimessa olevaan riviliittimeen (kuva 3), johon johdin ruuvataan kiinni. Katkaisimena käytetään keinuvipukatkaisinta, jolle tulee liitin. Virta katkaisimelle tulee vaihdelukon sulakkeelta, jolle tehdään haaroitus (kuva 14) käyttäen haaroitinta mini-lattasulakkeille.

Mikro-ohjaimen maa- ja virtajohtimen liitos toteutetaan puristesovitteisilla kaapelikengillä, jotka kiinnitetään muttereilla ja pulteilla.

5.4 Mikro-ohjaimen tehtävät ohjelmoinnit ja kytkentöjen kohdat

Mikro-ohjaimen tehdään asetukset kanaviin (output), joihin asetetaan sulakkeiden koot ja ohjauspiirien (input) numerot taulukon 7 mukaan. Sulakkeiden koissa otettiin huomioon johtimille taulukossa 4 annetut ohjearvot varmuusnimellisarvosta, jotta sulakkeet toimisivat virtapiirin heikoimpana kohtana.

Taulukko 7. Mikro-ohjaimen kanavien asetukset.

Valaistusjärjestelmä	Kanava	Ohjauspiiri	Sulake
Ajovaloautomatiikka ja ajovalot	U1	1	10
Seisontavalot	U2	1	5
Suunta- ja hätävilkut	U3	1	10
Peruutusvalo	U4	1	5
Jarruvalot	U5	1	5
Lisävalot	U6-8	1 ja 2-8	-

*1 Lisävalot voidaan asentaa suoraan mikro-ohjaimen kautta, jolloin käytetään vapaaksi jääviä kanavia, joita ohjataan kahdella ohjauspiirillä. Ohjauspiiri 1 toimii kaikkien valaistuksenpimennysjärjestelmään kuuluvien valojen eräänlaisena päävirtakatkaisimena. Toista, joistakin vapaista ohjauspiireistä, käytetään lisävalon toiminnallisena katkaisimena.

Mikro-ohjaimen kanavien ohjaus asetetaan toimivaksi siten, että mikro-ohjaimen saadessa virtaa ohjauspiiriin 1, tekee se kanavien virtapiireistä avoimia.

Suunnitelmaa selkeyttäväksi tehtiin pääpiirteinen kytkentäkaavio valaistuksenpimennysjärjestelmään sisältyvistä kytkennöistä (kuva 19).

tus) kohdalla tekemään kompromissi kustannustehokkuuden takia, jolloin se jäi lopullisesta suunnitelmasta pois. Muut valojärjestelmät saatiin sisällytyiksi suunnitelmaan ja niille löydettiin toteuttamiskelpoisia ratkaisuja.

Lähteet

- 1 Tieliikennelaki 10.8.2018/729
- 2 Toyota Hilux 2016 Exterior. 2018. Verkkoaineisto. Toyota. <https://t1-cms-4.images.toyota-europe.com/toyotaone/fifi/toyota-Hilux-2016-exterior-tme-020-a-full_tcm-3018-692378.jpg>.
- 3 Brain, Marshall. 2000. How Microcontrollers Work. HowStuffWorks. <<https://electronics.howstuffworks.com/microcontroller1.htm>>. 1.4.2000. Luettu 27.3.2019.
- 4 SCR-90 v2. 2015. Verkkoaineisto. Awimex International AB. <<https://web-shop.awimex.se/images/products/SCR-90%20v2.png>>.
- 5 The Digital Relay Box. 2018. Verkkoaineisto. Awimex International AB. <https://www.awimex.se/datablad/solarit_scr.pdf>. Luettu 22.3.2019.
- 6 Robert Bosch GmbH. 2014. Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- 7 Bauer, Horst & Haapaniemi, Heikki. 2003. Autoteknillinen taskukirja. Helsinki: Autoalan koulutuskeskus.
- 8 Trends in Automotive Wiring. 2015. Verkkoaineisto. I.C.F – International Cable-makers Federation. <https://www.icf.at/fileadmin/user_upload/News/2015/Issue_76_April_2015/ICF_NL_76-1504.pdf>. Luettu 7.7.2019.
- 9 44 Horn. 2018. Verkkoaineisto. Toyota. <<https://www.techdoc-toyota.com/storage/EN/EM3257/ewd/contents/overall/pdf/44.pdf>>. Luettu 27.12.2018.
- 10 23 Stop Light. 2018. Verkkoaineisto. Toyota. <<https://www.techdoc-toyota.com/storage/EN/EM3257/ewd/contents/overall/pdf/23.pdf>>. Luettu 11.12.2018.
- 11 25 Back-Up Light. 2018. Verkkoaineisto. Toyota. <<https://www.techdoc-toyota.com/storage/EN/EM3257/ewd/contents/overall/pdf/25.pdf>>. Luettu 11.12.2018.
- 12 21 Turn Signal and Hazard Warning Light. 2018. Verkkoaineisto. Toyota. <<https://www.techdoc-toyota.com/storage/EN/EM3257/ewd/contents/overall/pdf/21.pdf>>. Luettu 11.12.2018.
- 13 49 Combination Meter. 2018. Verkkoaineisto. Toyota. <<https://www.techdoc-toyota.com/storage/EN/EM3257/ewd/contents/overall/pdf/49.pdf>>. Luettu 27.12.2018.

- 14 15 Headlight W. Automatic Light Control. 2018. Verkkoaineisto. Toyota. <<https://www.techdoc-toyota.com/storage/EN/EM3257/ewd/contents/overall/pdf/15.pdf>>. Luettu 11.12.2018.
- 15 19 Taillight. 2018. Verkkoaineisto. Toyota. <<https://www.techdoc-toyota.com/storage/EN/EM3257/ewd/contents/overall/pdf/19.pdf>>. Luettu 11.12.2018.
- 16 2 Multiplex Communication System. 2018. Verkkoaineisto. Toyota. <<https://www.techdoc-toyota.com/storage/EN/EM3257/ewd/contents/overall/pdf/2.pdf>>. Luettu 27.12.2019.
- 17 Plintelcentral. 2014. Verkkoaineisto. Awimex International AB. <<https://webshop.awimex.se/images/products/Plintelcentral.png>>.