

Auton sähkökonversion tuotteistaminen

Lasse Saarinen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2012

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) SAARINEN, Lasse	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 09.05.2012
	Sivumäärä 36	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi AUTON SÄHKÖKONVERSION TUOTTEISTAMINEN		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn ohjaaja(t) VIITALA, Jaakko		
Toimeksiantaja(t) TURUNEN, Mikko		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää mitä auton sähkökonversio vaatii ja olisiko sähkökonversiota mahdollista hyödyntää kaupallisesti. Auton sähkökonversio on auton voimanlähteen muuttamista sähköksi. Opinnäytetyössä käsitellään mitä sähköauto on ja millaisia etuja sähköautolla on. Sähköautolla on luonnollisesti myös heikkouksia ja Suomen kylmät olosuhteet luovat omat haasteensa.</p> <p>Opinnäytetyössä keskitytään konversiossa käytettävään autoon, millainen auton tulisi olla ja miten sähköautoa verotetaan. Konversioautossa käytetyt sähkömoottorit poikkeavat huomattavasti polttomoottoreista ja sähkökonversiota suunnittelevalla on mahdollisuus valita usean eri moottorityypin väliltä.</p> <p>Moottorin lisäksi sähköautoon tarvitaan moottorin kanssa yhteensopiva ohjain sekä akusto, josta ohjain ja moottori saa tarvitsemansa virran. Akkuina käytetään lyijyakkuja tai litiumpohjaisia LiFePO4-akkuja. Konversioprosessi aloitetaan konversion suunnittelulla, jossa määritellään konversion tavoitteet. Käytettävät komponentit valitaan ja konversio tehdään työvaihe työvaiheelta, jonka jälkeen auton toimivuus testataan ja auto katsastetaan. Tämän jälkeen autoa voidaan lähteä kehittämään edelleen.</p> <p>Sähkökonversion asiakaslähtöinen tuotekehitys on oleellinen osa kaupallista toimintaa. Autoja ryhmiteltiin käyttötarkoitusten perusteella ja pohdittiin miten tällaisiin käyttötarkoituksiin pystytään tarjoamaan sähköisiä vaihtoehtoja. Sähköauto tarjoaa pieniä kilometrikustannuksia, mutta konversiokustannukset syövät säästyneen hyödyn. Kustannukset vaikuttavat paljon siihen miten kannattavasti eri tarkoituksiin suunniteltuja autoja kannattaa tarjota.</p> <p>Markkinointi on oleellinen osa tuotekehitystä ja se on paljon muutakin kuin myymistä ja mainostamista. Markkinoinnin perusidea on asiakaslähtöisyys. Pelkkiin kustannuksiin ja säästöihin on vaikea perustaa ostopäätöstä. Sähköauton kaupallinen kannattavuus riippuu monesta asiasta. Jos vahvaa osaamista alalta ei löydy valmiiksi, auton tuotekehitys ja oman osaamisen kartuttaminen vaatii runsaasti investointeja.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Sähkö, tuotteistus, polttomoottorit, sähkömoottorit, markkinointi, laatu		
Muut tiedot		



Author(s) SAARINEN, Lasse	Type of publication Bachelor's / Master's Thesis	Date 09.05.2012
	Pages 36	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title PRODUCTIZATION OF THE ELECTRIC CAR CONVERSION		
Degree Programme Mechanical and production engineering		
Tutor(s) VIITALA, Jaakko		
Assigned by TURUNEN, Mikko		
Abstract <p>The aim of this thesis was to find out what electric car conversion requires and if there is any possibility to use it commercially. Electric car conversion means a process of turning a regular car into an electric car. What an electric car is and what kind of benefits it has? Of course an electric car has weaknesses and Finland's cold climate brings its own challenges.</p> <p>In this thesis the purpose was to focus on what kind car is needed for conversion and how an electric car is taxed. Electric motors used in conversion cars differ greatly from combustion engines and those designing their conversion can choose from multiple different motor types. To control the motor you need a compatible controller and batteries. Mostly used batteries are lead acid batteries or lithium based LiFePO4 batteries.</p> <p>The conversion process starts with designing which defines the goal of the conversion. Components used in the car are selected and after that the conversion is made step by step. When the conversion is done the car is tested and inspected. After that there is a possibility to further develop the car.</p> <p>Customer based product development of electric conversion cars is an important part of the commercial business. Cars were grouped according to the purpose of use and then it was considered what kind of electric cars could be offered for these uses. An electric car offers lower costs per kilometer but the price of conversion diminishes that benefit. Costs affect a lot how cost-effective solutions could be offered for different kinds of purposes.</p> <p>Marketing is an important part of product development and it is a lot more than sales and advertising. The basic principle of marketing is being customer oriented. It is very hard to justify the purchase based just on expenses and savings. A commercial and profitable electric car is a sum of many parts. If you do not have the required skills and knowledge, product development and attaining the needed skills require a lot of investment.</p>		
Keywords Electricity, productization, internal-combustion engine, electric motor, marketing, quality		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 Johdanto.....	3
1.1 Tavoitteet.....	3
1.2 Työn rajaus.....	3
2 Sähkökonversio.....	3
2.1 Konversio.....	3
2.2 Sähköauton edut.....	4
2.3 Sähköauton heikkoudet.....	5
2.4 Suomen olosuhteet.....	6
3 Sähkökäyttöiseksi muutettava auto.....	7
3.1 Auto.....	7
3.2 Verotus.....	7
4 Moottori.....	8
4.1 Ominaisuudet.....	8
4.2 Moottorityypit.....	9
5 Ohjain.....	10
6 Akut.....	11
6.1 Ominaisuudet.....	11
6.2 Lyijyakut.....	12
6.3 Litiumakut.....	13
6.4 Akkujen lataus.....	14
6.5 BMS.....	15
7 Konversioprosessi.....	16
7.1 Konversion suunnittelu.....	16
7.2 Työn vaiheet.....	19
7.3 Konversion jälkeen.....	23
7.4 Auton kehittäminen.....	23
7.5 Harrasteauto ja kaupallinen auto.....	24
8 Laadun varmistaminen.....	25
8.1 Epävarmuus.....	25
8.2 Laatu.....	26

	2
9 Tuotteistaminen.....	27
10 Tuote-ideoiden kehittäminen.....	27
10.1 Auton käyttötarkoitukset.....	27
10.2 Kustannukset.....	29
10.3 Markkinointi.....	30
10.4 Tekniikan kehittäminen.....	31
10.5 Konversion kannattavuus.....	32
11 Pohdinta.....	33
12 Lähteet.....	35

1 JOHDANTO

1.1 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää mitä auton sähkökonversio vaatii ja kuinka sähkökonversio-osaamista voisi hyödyntää kaupallisesti. Sähköauto on tehnyt tuloaan jo pitkään, mutta tuntuu, että sähköauton todellinen tuleminen hämmöittää vielä tulevaisuudessa. Useat sähköautoista kiinnostuneet ihmiset ovatkin alkaneet tuomaan omaa panostaan sähköautojen yleistymiseen ja sama ajatus on myös tällä opinnäytetyöllä. Tarkoitukseni on selvittää mitä polttomoottorikäyttöisen auton muuntaminen sähköautoksi vaatii ja olisiko autojen sähköistämisessä myös kaupallista potentiaalia. Opinnäytetyön taustalla ei ole valmista yritystoimintaa.

1.2 Työn rajaus

Opinnäytetyössä perehdytään sähkökonversion komponentteihin, vaatimukseen ja konversioprosessiin sillä tarkkuudella kuin se on lähdemateriaaleja käytettäessä mahdollista. Sähkökonversiotoiminta on pitkään ollut hyvin harrastelijapainotteista, jolloin dokumentointi ei ole ollut kovin tarkkaa. Konversioprosessit, kuten myös käytettävät autot sekä komponentit, ovat monissa tapauksissa hyvin erilaisia, joten käytetyt lähteet eivät tarjoa kovinkaan yksityiskohtaisia neuvoja prosessien kulusta.

2 SÄHKÖKONVERSIO

2.1 Konversio

Auton sähkökonversio tarkoittaa auton voimanlähteen muuttamista sähköksi.

Auto, jolle konversio suoritetaan voi olla käyttövoimaltaan mikä tahansa, mutta yleensä korvattava käyttövoima on bensiini tai diesel. Konversioita voidaan tehdä myös muille kulkuneuvoille, kuten moottoripyörille tai lumikelkoille.

2.2 Sähköauton edut

Sähköauto tarjoaa uudenlaisen tavan liikkua, joka sopii hyvin kaupunkiympäristöön. Kun liikennevaloissa odottava tavallinen auto kuluttaa paikallaankin ollessaan polttoainetta, sähköauton kuljettaja voi hymyillä. Sähkömoottori ei kulu energiaa kun auto ei liiku. Myös alati kohoavat polttoaineiden hinnat eivät huoleta, sillä sähköauton akut voi ladata suoraan sähköpistokkeesta. Uusiutuville energiamuodoilla tuotettua sähköä käytettäessä ajaminen ei lisää hiilidioksidipäästöjä. Ja vaikka käytettävä sähkö olisi tuotettu fossiilisia polttoaineita käyttävin menetelmin, vaikuttavat sen aiheuttamat ilmansaasteet tehdasalueilla eivätkä pakokaasuna taajamissa.

Sähköauto poikkeaa toimintaperiaatteeltaan huomattavasti perinteisestä poltomoottorikäyttöisestä autosta, mutta silti se on yhtä helppo ajettava, ehkä jopa helpompi, kuin tavallinen auto. Vaikka autossa olisi tavallinen manuaalinen vaihdelaatikko, liikkeelle lähdössä ei tarvitse käyttää kytkintä. Sähkömoottorin ei tarvitse pyöriä jatkuvasti ja moottorin vääntö riittää pysähtyneen auton liikuttamiseen. (Leitman & Brant 2009, 10.)

Sähkömoottori perustuu magneettikentässä pyörivään laakeroituun akseliin, joka pyöriessään ei hankaa moottorin seinämiä, joten kuluvia osia on vähän. Koska moottori ei pyöri auton ollessa seisahduksissa, sähkökäyttöisyys mahdollistaa ja osittain myös vaatii hinnalla toimivien laitteiden, kuten ohjaustehostimen ja käyttöakun laturin korvaamisen sähköllä toimivilla laitteilla. Mekaanisen yksinkertaisuutensa puolesta sähköauton kuluvimmat osat ovat siis kestävämpiä tai parhaimmillaan ne on poistettu kokonaan, jolloin huollon tarve ja yllättävien hajoamisten määrä vähenee.

Koska konversioprosessi vaatii auton purkamista, kynnyksellä auton muunlaiseen modifiointiin laskee. Sähkökonversion, joka on aikaa ja rahaa vievä prosessi, lisäksi auton ulkoasua voi parantaa käyttötarkoitusta vastaavaksi tai enemmän esteettistä silmää miellyttäväksi. Auton käyttömukavuutta tai käyttöliittymää voidaan kehittää enemmän sähköautoon sopivaksi. Autosta voi taten tulla hyvinkin erottuva ja omanlainen.

2.3 Sähköauton heikkoudet

Sähköauton suurin heikkous ovat kalliit akut, jotka määräävät hyvin pitkälti auton kantaman sekä vaikuttavat suuresti auton suorituskykyyn. Akkujen lataaminen kestää pitkään ja pitkän latausajan päätteeksi ajomatka on melko lyhyt. Normaali latausteho on normaalista pistokkeesta noin 1.5kW sekä voimavirtapistokkeesta 3kW. Näillä lataustehoilla esimerkiksi 30kWh akuston, joka mahdollistaa, hieman autosta riippuen, yli 150km ajon, lataus tyhjästä täyteen kestää 10 tuntia voimavirralla tai 20 tuntia verkkovirralla.

Monet akut tukevat myös pikalatausta, mutta parhaillaan puolesta tunnissa tapahtuva lataus vaatii erittäin paljon virtaa, jota ei tavallisesti ole saatavilla ilman suuria investointeja. Akut myös kuluvat käytössä, jolloin niiden kapasiteetti pienenee.

Akkujen lataamiseen vaadittavaa verkkovirtaa ei myöskään ole aina helposti saatavilla. Lämmitystolpista saatava sähkö peritään usein asukkaiden vuokris- tai yhtiövastikkeissa, joten yhteisesti maksetun sähkön käyttäminen oman sähköauton lataamiseen ei välttämättä katsota hyvällä. Lämpötolpat voivat olla myös ajastettuja, jolloin autoa voidaan ladata korkeintaan kaksi tuntia kerrallaan, sekä liiallinen virran kulutus voi myös laukaista lämpötolppien sulakkeen.

Akkujen käyttö voimanlähteenä kannustaa energian säästämiseen ja energiaa kuluttavien laitteiden käytön hillitsemiseen. Kaikki sähkökäyttöiset laitteet ku-

luttavat energiaa, joten sähköauto ei voi välttämättä tarjota kaikkia niitä mukavuuksia, mitä vastaavassa polttomoottorikäyttöisessä autossa on.

Konversioautojen myynnissä ongelmana on epävarmuus käytettyjen komponenttien kestosta. Varsinkin soveltuvaa tietoa eri komponenttien, kuten akkujen tai ohjainten, todellisista kestävyydestä ei ole helposti saatavilla. Valmistajat lupaavat komponenteille eliniänodotteita, mutta täyttä varmuutta näiden väitteiden todenpitävyydestä ei ole, ennen kuin tuotteet testataan.

Valmistajien omien sähkö- tai plugin-hybridiautojen huolto suoritetaan valmistajien merkkihuolloissa, mutta konversioautot ovat omanlaisiansa ja jokaisessa autossa voi olla hyvinkin erilaista teknisiä toteutuksia. Koulutuksen, laitteiston, lupien, kysynnän puutteen sekä konversioautojen erilaisten teknisten ratkaisujen vuoksi autokorjaamot eivät välttämättä pysty huoltamaan näitä autoja. (Leitman & Brant 2009. 18.)

2.4 Suomen olosuhteet

Suomen olosuhteet aiheuttavat omat vaatimuksensa sähköautolle. Sähköauto toimii hyvällä hyötysuhteella, joten moottori ei tuota tarpeeksi lämpöä, jota tarvitaan talvella auton lämmittämiseen. Lämmittäminen on toteutettava suoralla sähkölämmityksellä, joka ottaa virtansa akuista joita käytetään myös auton liikkuttamiseen, tai erillisellä polttoainetta käyttävällä lämmittimellä. Auton lämmittäminen siis kuluttaa auton akkuja, joka pienentää auton hyötysuhdetta ja lisää kilometrikustannuksia tai vaatii jotakin poltettavaa ja näin lisää auton hiilidioksidipäästöjä ja komponentteja, jotka tuovat painoa ja lisäävät monimutkaisuutta. Auton lämmitys voidaan hoitaa osittain suoraan verkkovirralla esimerkiksi lämmitystolpasta, mutta autoa joudutaan ulkolämpötilasta riippuen lämmittämään myös ajon aikana ja silloin, kun verkkovirtaa ei ole saatavilla.

Lämpö tai sen puute vaikuttaa auton muiden komponenttien toimintaan. Akkujen ja sähköisten komponenttien toimintakyky ja tehokkuus riippuu myös käyt-

tölämpötilasta. Akkujen antama virta voi olla akkutyypistä riippuen huomattavasti pienempi, jos lämpötila on liian alhainen. (HEV Vehicle Battery Types 2010.)

3 SÄHKÖKÄYTTÖISEKSI MUUTETTAVA AUTO

3.1 Auto

Auton sähkökonversio voidaan toteuttaa teoriassa mille tahansa autolle. Käytännössä minkä tahansa auton konversio ei kuitenkaan ole järkevää. Auton ominaisuudet ja käyttötarkoitukset voivat tukea tai vähentää sähkömoottorin etuja. Pieni kaupunkiauto ja suuri maastoauto liikkuvat erilaisessa ympäristössä. Pieni auto kuluttaa isoon autoon verrattuna vähemmän energiaa liikkuaan esimerkiksi työmatkoilla, mutta isolla autolla pystyy kuljettamaan suurempia määriä tavaraa sekä vetämään helpommin esimerkiksi peräkärryä.

Sähköauto on parhaimmillaan kaupunkiympäristössä ja lyhyillä matkoilla. Kaupunkiajon edut tulevat parhaiten esille hitaissa ja katkonaisissa ajonopeuksissa. Lyhyiden matkojen ajamiseen ei tarvita suurta akustoa ja pienellä akustolla auton hinta alenee huomattavasti. Auto kannattaakin valita omia mieltymyksiä ja sähköautolle asetettuja vaatimuksia huomioiden.

Manuaalivaihteiset autot soveltuvat paljon paremmin sähkökonversioon kuin automaattivaihteiset.

3.2 Verotus

Sähköautosta peritään ennen dieselperona tunnettua käyttövoimaveroa. Vero perustuu ajoneuvon kokonaismassaan ja se on 5,5 senttiä päivältä jokaista alkavaa 100 kiloa kohden. Lisäksi sähköautosta peritään ajoneuvoveroa, joka

on porrastettu vuodesta 2010 lähtien valmistajan ilmoittamien päästöjen, tai ennen vuotta 2001 rekisteröityjen henkilöautojen kokonaismassan mukaan. (Sähköautomuunnoksen viranomaisvaatimukset 2011)

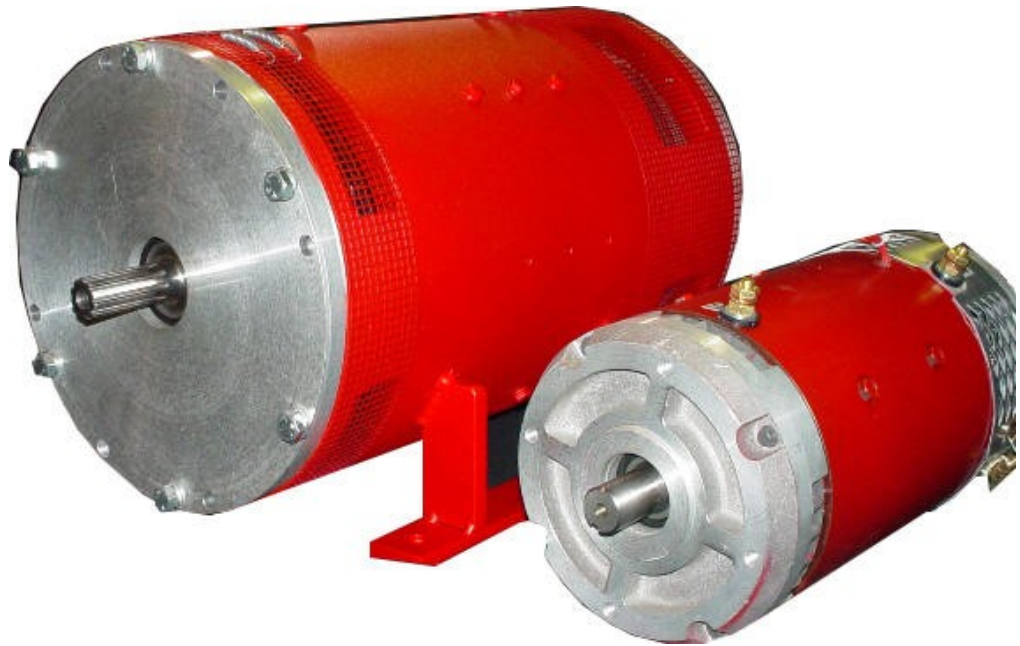
Ajoneuvoveron ja käyttövoimaveron määräytymisperusteet muuttuvat 1.1.2013, jolloin ajoneuvon, jonka ainoa käyttövoima on sähkö, perusvero määräytyy päästötiedon 0 g/km mukaan riippumatta auton iästä, massasta tai valmistajan ilmoittamista päästöistä. Lisäksi käyttövoimaveron laskee sähkökäyttöisten autojen osalta 1,5 senttiin päivältä jokaista alkavaa 100 kiloa kohden. (Trafi 2012)

4 MOOTTORI

4.1 Ominaisuudet

Moottorin valinnassa ja mitoittamisessa on otettava huomioon monia moottorin ominaisuuksia sekä moottoriin liitettäviä suureita. Toisin kuin polttomoottori, sähkömoottori on muodoltaan sylinterimäinen. Voimaa siirtävä akseli on moottorin keskellä (kuvio 1), kun polttomoottorissa akseli voi olla keskipistettä huomattavasti alempana. Moottorien muotoerot voivat vaikeuttaa konversiota tai pahimmillaan estää halutunlaisen moottorin asennuksen täysin, jos auton rakenteet estävät moottorin asettamisen oikealle paikalleen.

Sähkömoottorin momentti- ja tehokäyrät poikkeavat polttomoottorin käyristä. Sähkömoottori tarjoaa suurimman mahdollisen väännön hyvin matalilla kierrosalueilla



Kuvio 1: Warp-merkkisiä moottoreita

Moottoreista puhuttaessa puhutaan usein hevosvoimista. Normaalisti autojen tehot ilmoitetaan huipputehona, siis suurimpana mahdollisena tehona, joka saavutetaan vain tietyllä kierroslukualueella. Sähkömoottorien tehot ilmoitetaan kuitenkin jatkuvana tehona, joka tarkoittaa tehoa, joka on käytössä koko käytössä olevalla kierroslukualueella. Tästä syystä hyvin vaatimattomalta kuulostava moottori voi olla jopa suorituskykyisempi kuin alkuperäinen polttomoottori.

4.2 Moottorityypit

Moottoreita on saatavana tasavirta- ja vaihtovirtamalleina. Suurin osa tasavirtamalleista on harjallisia DC-moottoreita, mutta saatavilla on myös harjattomia malleja.

Tasavirtamoottorit ovat yleisimpiä sähkökonversioissa käytettyjä moottoreita (Chancey 2012). Tasavirtamoottorit toimivat nimensä mukaisesti tasavirralla, jota nopeudensäädin ohjaa akuilta moottorille halutun nopeuden ja voiman saavuttamiseksi. Yleisin konversioissa käytetty tasavirtamoottori on sarjakäämitty moottori, eli Series Dc motor (Chancey 2012). Moottori tarjoaa vahvaa

vääntöä heti liikkeellelähdön alussa sekä moottorin ohjaamiseen käytettäviä ohjaimia on runsaasti saatavilla. Moottorityypin heikkoutena on kuitenkin liikeenergian talteenoton puuttuminen, tai se on hyvin vaikeasti toteutettavissa oleva. Moottorin ongelmana on myös pyörimisnopeuden liiallinen nouseminen, jos moottorille annetaan virtaa kuormittamattomana esimerkiksi kytkin pohjassa (Leitman & Brant 2009,142). Liian nopeasti pyörivä moottori voi vaurioitua.

Muita tasavirtamoottorityyppejä on rinnankäämitty moottori, englanniksi Shunt DC motor, jota ei käytetä juurikaan konversioautoissa (Chancey 2012), koska moottorin liikkeellelähdevääntö on sarjamoottoria heikompi ja nopeuden ohjaus on hankalaa. Kestomagneettimoottorit käyttävät nimensä mukaisesti kestmagneetteja magneettikentän luomiseen. Yleensä nämä moottorit ovat pieniä.

Vaihtovirtaa käyttävät AC-moottorit ovat yleistymässä ja varsinkin autovalmistajien omissa sähköautoissa käytetään yleensä AC-moottoria. Konversioautoissa käyttö ei ole niin yleistä johtuen kalliimmasta hinnasta ja monimutkaisemmasta ohjauksesta. Ohjaimia on vaikeampi löytää, koska suurin huomio keskittyy pitkälti tiettyihin tasavirtamoottoreihin ja ohjaimiin. Vaihtovirtamoottori tarjoaa parempaa tehokkuutta ja moottoria voi myös käyttää energian talteenottoon.

5 OHJAIN

Ohjain, eli nopeudensäädin tai speed controller, vastaa moottorin nopeuden ja suorituskyvyn säätelystä. Ohjain seuraa kaasupolkimen asentoa ja ohjaa moottoria halutun nopeuden saavuttamiseksi. Ohjain voidaan myös asettaa rajoittamaan virtaa, vääntöä tai pyörimisnopeutta mahdollisten vaurioiden välttämiseksi.(Leitman & Brant 2009, 159)

Vaihtovirtamoottorit ja tasavirtamoottorit ovat tekniikaltaan erilaisia ja vaativat ohjaimet, jotka soveltuvat kyseisille moottoreille.

Ohjaimen tyyppi määräytyy halutun moottorin, autolle asetettujen vaatimusten ja budjetin mukaan. Haluttuja ominaisuuksia voi olla esimerkiksi suorituskyky, luotettavuus ja hinta. Kaikkea ei voi saada, vaan näitä ominaisuuksia täytyy arvioida ja painottaa omien tarpeiden mukaan. Halvalla ei saa tehokasta ja luotettavaa.



Kuvio 2: Soliton 1

Ohjainten ominaisuudet ovat kehittyneet ajan kuluessa. Uusissa ohjaimissa löytyy ominaisuuksia, joilla pystyy säätämään auton ajotuntumaa ja estämään moottorin käymisen jarrutuksen aikana. Ohjainten ohella myydään potentiometreja, joita käytetään kaasupolkimen asennon mittaamiseen ja tiedon välittämiseen ohjaimelle. (Soliton detailed specifications 2012)

6 AKUT

6.1 Ominaisuudet

Akut ovat yksi suurimmista sähkökonversion kulueristä ja akuston valinnalla on suurin vaikutus auton toimintasäteeseen sekä suorituskykyyn. Akut ovat siis oleellinen osa sähköautoa ja akkuihin tulisi panostaa, sillä auto saa kaiken sen toimimiseen tarvittavan energian akuista. Jos akusto on alimitoitettu, auto

ei täytä sille asetettuja toimintasäde- ja suorituskykyvaatimuksia. Ylimoitettulla akustolla vaatimuksiin päästään, mutta konversion kustannukset kohoavat ja ylimääräinen akkukapasiteetti lisää auton painoa sekä vaatii tilaa.

Akkujen valinnassa ei tarvitse ottaa huomioon moottorin ja ohjaimen välillä kulkevan virran tyyppiä. Akuston jännite tulee kuitenkin vastata moottorin ja ohjaimen vaatimaa jännitealuetta.

Sähköautossa käytetään usein vähintään kahta akustoa. Yksi 12V järjestelmä auton normaaleille sähkölaitteille kuten radiolle ja valoille sekä toinen järjestelmä moottorin käyttöä varten. Järjestelmät voidaan yhdistää DC/DC-muuntimella, jolloin 12V järjestelmä kuluttaa virtaa tasapuolisesti omasta akustaan sekä auton ajoakuista. Tämä mahdollistaa akkujen tasapainoisen käytön, jolloin ajolaitteiden toiminnan kannalta oleellisen 12V järjestelmän kapasiteetti ei pääse loppumaan ennen moottorin ajoakkuja. 12V järjestelmän kapasiteetin loppuminen ajon aikana merkitsisi valaisimien, ohjaus- ja jarrutehostimen sekä mittarien sammumista. Erillinen 12V järjestelmä on kuitenkin optimaalisen toiminnan kannalta välttämätön, koska järjestelmään kytkettyjen laitteiden tulisi toimia myös silloin, kun ajojärjestelmää ei ole kytketty päälle, sulake katkaisee ajojärjestelmästä virran tai ajojärjestelmän virta joudutaan katkaisemaan pääkytkimestä esimerkiksi ongelmatilanteen vuoksi. (Leitman & Brant 2009, 177)

6.2 Lyijyakut

Lyijyakun yhden kennon ominaisjännite U on noin 2 voltia. Yleisimmin akussa on 6 tai 12 kennoa kytkettynä sarjaan, jolloin akun jännite on 12 tai 24 voltia.

Lyijyakku on yleisin käytetty akkutyyppe. Se on litiumakkuja halvempi ja sietää paremmin yli- ja alijännitettä. Akku on kuitenkin painava. Akun antama energia riippuu vahvasti kuormituksen määrästä. Yhden ampeerin kuormalla akusta voidaan saada esimerkiksi 100 ampeerituntia, mutta virran kasvaessa 10 ampeeriin akusta voidaan saada vain 70 ampeerituntia. (HEV Vehicle Battery Ty-

pes 2012)

Autojen käynnistysakut soveltuvat huonosti sähköauton voimanlähteeksi, koska nämä akut on suunniteltu antamaan suuria virtoja hyvin lyhyitä aikoja esimerkiksi auton käynnistykseen. Rakenteensa vuoksi käynnistysakut kestävät huonosti pitkiä käyttöaikoja ja kuluvat ennenaikaisesti, vaikka normaalikäytössä kestävyys onkin hyvä. (Deep Cycle Battery FAQ n.d.)

Deep cycle -akut ovat suunniteltu pitkäaikaiseen vakaaseen kuormittamiseen ja näitä akkuja voidaan käyttää sähköauton akkuina. Akkuja käytetään paljon UPS-laitteissa, sähkötrukeissa ja golf-kärryissä. (Deep Cycle Battery FAQ n.d.)

Lyijyakku on teknologialtaan hyvin tunnettu. Lyijyakut ovat halpoja ja kestävät hyvin ylilatausta. Ongelmana kuitenkin on lyijyakkujen heikohko elinikä. Tyypillisesti 300 - 500 latausta. (Lead Acid Batteries n.d.)

6.3 Litiumakut

Litiumakulla tarkoitetaan litium-pohjaisia akkuja, joiden ominaisjännite on noin 3,6 volttia, mutta jännite vaihtelee akkutyypin mukaan. Litiumpohjaiset akut on lyijyakkuja uudempaa tekniikkaa.

Litiumakkujen etuja lyijyakkuihin verrattuna on neljä kertaa suurempi energiatiheys. Sähköautokäytössä tämä tarkoittaa huomattavasti kevyempää akustoa. Litiumakut tarjoavat hyvän purkautumisnopeuden, jolla tarkoitetaan kuinka paljon akku pystyy antamaan virtaa omaan kapasiteettiinsa verrattuna. Esimerkiksi 10Ah akku, jolle luvataan 10C purkautumisnopeus pystyy antamaan ulos $10A \cdot 10 = 100A$ virran.

Litiumakku kestää hyvin uudelleenlatausta ja pitkäaikaista käyttöä tasaisella

virralla. Elinikä vaihtelee tuhannesta latauskerrasta ylöspäin.

Litiumakut eivät kestä yli- tai alijännitettä, jolloin latausjärjestelmiltä vaaditaan enemmän. Kennojen jännitettä täytyy seurata jatkuvasti, jotta voidaan välttää jännitteen lasku liian alhaiseksi. Akkujen varaukset täytyy pitää tasapainossa, jolloin vältetään yksittäisten akkujen ajautuminen liian alhaisille jännitteelle.

Sähköautoissa käytetään pääsääntöisesti litium-rautafosfaattiakkuja, LiFePO₄, hyvän vakautensa ja pidemmän elinikänsä ansiosta. LiFePO₄-akun jännite ja energiatiheys on hieman tavallista litium-akkua pienempi, mutta akku on huomattavasti vakaampi ja kestää hyvin häiriötilanteita. (Rechargeable Lithium Batteries n.d.)

6.4 Akkujen lataus

Akkuja täytyy ladata oikein, jotta ne pysyvät hyvässä kunnossa. Virheellisesti suoritettu lataus voi hajoittaa akun ja pahimmassa tapauksessa tuhota koko auton.



Kuvio 3: 1.5 kW LiFePO₄ -laturi

Akkujen kunnan ylläpitämisen vuoksi kunnollinen laturi sekä akkujen tasapainottamiseen ja ylläpidon estämiseen kykenevä bms-laitteisto ovat tärkeitä. Erilaiset akkutyypit vaativat tyypille soveltuvat laturit ja laturin antaman latausjännitteen on vastattava ladattavan akuston jännitettä.

Halvin ja helpoin tapa ladata akkuja on ladata hitaasti. Hitaasti lataamalla alhainen latausvirta ei kuormita akkuja eikä lataukseen tarvita kallista laturia. Lataaminen matalalla virralla kuitenkin kestää pitkään, jopa 10-20 tuntia. Latausajan nopeuttamiseksi täytyy lisätä lataustehoa, joka vaatii myös kalliimman ja kehittyneemmän laturin, joka pystyy tuottamaan enemmän virtaa ja reagoimaan nopeammin akkujen varaukseen. 1,5 kW lataustehoon pystyvä LiFePO4-laturi maksaa tämän opinnäytetyön kirjoittamishetkellä ilman ALV:ia 242,66 euroa ja 3 kW lataustehoon pystyvä malli 652,69 euroa. (EV-Power – Your Complete Power Solutions n.d.)

6.5 BMS

Akkujen hallintajärjestelmä BMS eli Battery Management System tarkkailee akuston tilaa ja pitää akuston hyvässä kunnossa. Järjestelmää käytetään monenlaisiin akkujen hallintaan liittyviin tehtäviin. Näitä tehtäviä on esimerkiksi kennojen suojeleminen vaurioilta, kennojen eliniän pitkittäminen ja akuston tietojen välittäminen kuljettajalle.

Yksinkertaisimmillaan BMS mittaa yksittäisten kennojen tai akkujen jännitettä. Jo pelkästä jännitteestä voidaan päätellä paljon akun tilasta. Matala jännite kertoo akun kapasiteetin vähäisyydestä ja yksittäinen kenno tai akku, jonka jännite on muista poikkeava, kertoo akun epätasapainosta. Järjestelmä voi arvioida akuston kapasiteettia ja laskea arvioiden pohjalta odotettavissa olevan ajomatkan jäljellä olevalla latauksella.

BMS voi myös suojella akkuja, varsinkin litium-pohjaisia, ylläpidon samalla tasapainottaen akuston. Järjestelmä mittaa latauksen aikana kennojen jännit-

teitä. Kun kennon jännite saavuttaa halutun pisteen, kyseisen kennon lataus pysäytetään, mutta muiden kennojen lataus jatkuu kunnes ne ovat saavuttaneet myös saman pisteen. (Battery Management Systems n.d.)

7 KONVERSIOPROSESSI

7.1 Konversion suunnittelu

7.1.1 Tarkoitus

Ennen kuin voidaan lähteä suunnittelemaan sähköautoa, tai auton sähkökonversiota, täytyy ensin määritellä tarkoitus, jonka vuoksi me toimimme ja tavoittelemme sähköautoa. Tarkoitus vastaa kysymykseen ”miksi?” Kysymyksenä tarkoitus on hyvin itsestään selvä, mutta juuri itsestään selvyyden vuoksi se jää usein vaille vastausta. Tarkoitus on se asia mitä me tavoittelemme ja haluamme. Jokainen määrittelee oman tarkoituksensa omien halujensa ja tarpeidensa kautta, eikä ole olemassa yhtä tiettyä oikeaa tarkoitusta, jonka perusteella sähköautoa aletaan suunnittelemaan. Voi käydä myös niin, ettei kunnollista tarkoitusta tai tarvetta sähkökonversiolle ole, jolloin kannattaa miettiä onko rahan investoiminen sähköautoon kannattavaa.

Sähkökonversioharrastajien tarkoitukset vaihtelevat paljon. Joku haluaa säästää liikennekustannuksiin, toinen haluaa pelastaa jääkarhut, kolmas haluaa teknisen ja luovan harrastuksen ja on päätenyt sähköautoon. Jotkut haluavat tarjota muille näitä mahdollisuuksia kustannusten säästöön, ympäristöystävälliseen liikkumiseen tai tekniikkaan, jolla erottua joukosta.

7.1.2 Lopputuloksen hahmottelu

Tarkoitus on tärkeä osa mitä tahansa toimintaa. Seuraava vaihe on toivotun

lopputuloksen hahmottaminen, eli millaiseen tulokseen halutaan päätyä. Visualisointi on tärkeää, koska se kertoo millaisia tavoitteita konversiolle asetetaan. Konversiosuunnitelma pohjautuu asetettujen tarpeiden ja toivottujen tulosten pohjalle. Kun on kuva siitä mitä halutaan saavuttaa, on konversion suunnittelu helpompaa.

Lopputulos voi olla esimerkiksi 100km kantama alle 15000 euron budjettilla, 0 – 100 km/h kiihtyvyys 6 sekuntia tai kokonaishiilidioksidipäästöjen pieneneminen 40% verrattuna vastaavanlaiseen tavalliseen polttomoottorilla toimivaan autoon. Auto auton ulkomuoto kannattaa hahmottaa myös. Se voi olla pieni ja kaupunkiajoon hyvin soveltuva tai urheilullinen ja näyttävä. Myös laadun määrittely on tärkeää niin teknisen laadun ja tuntevan laadun osalta.

Lopputuloksen hahmottelun aikana on hyvä peilata vaadittavaa osaamista tällä hetkellä olevaan osaamiseen. Näin voidaan selkeyttää tulevaa ja saada mahdollisuus kehittää omaa osaamista puutteellisilta alueilta jo ennen kuin itse konversio on ajankohtainen. Osaamisen hankkimisella konversion toteutus helpottuu ja halutun lopputuloksen saavuttaminen on todennäköisempää.

7.1.3 Auton suunnittelu

Kun tiedetään mitä autolta vaaditaan, on konversioitavan auton, komponenttien ja työtapojen valinta huomattavasti helpompaa. Vaatimusten pohjalta voidaan lähteä suunnittelemaan itse autoa. Auton ulkoiset ominaisuudet on määriteltävä, joten seuraava askel on lähteä etsimään autoa, jolle konversio tehdään. Auto voi olla jo valmiina, joten sitä ei tarvitse erikseen hankkia. Yleensä autoa ei kuitenkaan ole käytettävissä, jolloin tulee miettiä mistä haluttu auto hankitaan. Auto voidaan tuoda ulkomailta tai hankkia kotimaasta. Ulkomailta tuotaessa auto täytyy kuitenkin rekisteröidä ja muutoskatsastaa, jolloin toimintatavat näissä tapauksissa poikkeavat tilanteesta, jossa käytetään suomessa jo rekisteröityä autoa (Sähköautomuunnoksen viranomaisvaatimukset 2011). Auto voidaan hankkia käytettynä tai hajonneena. Hajonneen auton tapauksessa tulee olla tarkkana, että vauriot rajoittuvat niihin komponentteihin, jotka korvataan uusilla.

Komponentit valitaan samoin vaatimuksin. Käytettävä auto voi tuoda omia rajoitteitaan komponenttien valinnalle, tai toisin päin, jos komponentit valitaan ennen autoa. Auton rakenteista riippuen tietynlaisten moottorien sijoittaminen omalle paikalleen ei välttämättä onnistu auton tukirakenteiden tullessa tielle. Ongelmia voi tulla myös akkujen sijoittamisen kanssa. Komponenttien valinnassa tärkeää on komponenttien laadun varmistaminen. Sähköauto on kallis investointi, eikä sitä kannata pilata osilla, jotka eivät toimi halutulla tavalla. Kannattaa suosia luotettuja ja käytettyjä komponentteja, vaikka tällaiset ovat yleensä kalliimpia. Laatu ei saa halvalla.

Komponenttien valinnassa tärkeä kriteeri on mistä ja miten komponentit hankitaan. Akkuja valmistetaan Kiinassa ja toimittajia löytyy laidasta laitaan. Osa näistä valmistajista tekee hyvälaatuisia ja paljon sähkökonversioissa käytettyjä ja suosittuja akkuja, mutta markkinoilta löytyy runsaasti halvempia malleja, joista valmistaja antaa hyvin virheellistä tietoa. EU:n veroalueen ulkopuolelta tuotaessa tuotteista täytyy maksaa ALV ja tullimaksut Suomen ALV-prosentin mukaan. Veroalueen sisältä tilatessa verot lisätään hintaan myyjän toimesta

paikallisen veroprosentin mukaan.

Konversioprosessi voi kestää useita kuukausia, jonka aikana täytyy olla käytössä tilat, joissa konversiota tehdään ja autoa säilytetään. Tiloista tulisi löytyä vähintään sähkö. Tavallisessa autotallissa konversiota, kuten ei minkäänlaista muutakaan toimintaa, saa tehdä. Konversion aikana voidaan tarvita muiden ihmisten työpanosta. Komponenttien osien irrottaminen, kiinnittäminen ja siirtely sujuu helpommin useamman ihmisen voimin. Samoin työskentelyteho nopeutuu kun auton parissa työskentelee useampi ihminen. Sähköiset järjestelmät ja niiden kytkennät tulee jättää ammattitaitoisen ihmisen tehtäväksi.

Auton visuaalisen ilmeen tarpeellisuus vaihtelee suuresti ihmisestä toiseen. Sähkökonversio on iso prosessi ja tarjoaa hyvän mahdollisuuden muokata auton visuaalista ilmettä halutunlaiseksi. Kaupallisessa sähkökonversiotoiminnassa auton tulee näyttää viimeistellyltä ja asiakkaan silmää miellyttävältä.

7.2 Työn vaiheet

Auton työstäminen voidaan aloittaa ennen kuin sähkökonversioon käytettävät komponentit ovat saatavilla. Autosta täytyy poistaa kaikki osat, joita ei enää konversion jälkeen tarvita. Moottori, polttoainesäiliö, pakoputki yms. tarpeettomaksi jäävät osat voi kierrättää ja jälleenmyydä. Joitakin osia täytyy irrottaa autosta väliaikaisesti, jotta saadaan autoon tilaa työskennellä. Tässä vaiheessa on hyvä tilaisuus kunnostaa autoa, jos tarvetta siihen on.

7.2.1 Moottori

Seuraava työvaihe on moottorin, akkujen, ohjaimen yms laitteiden ja komponenttien kiinnittäminen autoon. Yleensä mukana ei tule sovitteita, joilla komponentit saadaan kiinnitettyä autoon ja liitettyä muihin komponentteihin. Moottori tulee olla tarkasti sijoitettuna oikealle paikalleen, jotta moottori toimii oikein.

Moottori täytyy kiinnittää vaihdelaatikkoon, suoraan kiinnittäminen ei onnistu vaan tarvitaan sovite moottorin ja vaihdelaatikon välille. Joillekin autotyypeille ja vaihdelaatikoille myydään valmiita sovitteita, mutta jos valmiita ratkaisuja ei löydy, täytyy sovite tehdä itse tai teettää esimerkiksi konepajalla. Sovitteesta täytyy varmistaa, että se on sopiva ja tarpeeksi kestävä. (Leinman & Brant 2009, 242.)



Kuvio 4: Moottorin ja vaihdelaatikon väliin tuleva sovite

Vaihdelaatikkoon kiinnittämisen lisäksi täytyy moottorin akseli kiinnittää vauhtipyörään. Kiinnittäminen ei onnistu suoraan, vaan tarvitaan sovite, joka kiinnitetään akseliin yleisimmin kiilaliitoksella. Vauhtipyörään sovite kiinnitetään pulteilla. Joillekin automalleille näitäkin sovitteita on saatavilla, mutta muille malleille sovite täytyy tehdä itse. (Leintman & Brant 2009, 243.)

Kun moottori on saatu kiinnitettyä tukevasti vaihdelaatikkoon ja auton runkoon, kannattaa moottorin toiminta ja liitokset testata. Nopea testaus voidaan suorittaa asettamalla ensimmäinen vaihde päälle ja kytkemällä auton käynnistysakku moottoriin, jolloin vetävien pyörien pitäisi lähteä pyörimään.

7.2.2 Akut

Akut tulee koteloida ja suojata niin, ettei oikosulkua pääse syntymään. Akujen tulisi olla tukevasti kotelossa, eikä kotelon kansi saa avautua itsestään. Akku-koteloiden sijoittaminen on suunnittelukysymys. Kaikkia akkuja ei tarvitse sijoittaa samaan paikkaan, vaan kotelot voidaan sijoitella ympäri autoa esimerkiksi auton tasapainottamiseksi tai yhden paikan tilanpuutteen vuoksi.

7.2.3 Muut komponentit

Auton laitteet, jotka saavat käyttövoimansa moottorin pyörimisliikkeestä tai esimerkiksi imupaineesta, täytyy korvata sellaisilla laitteilla, jotka toimivat suoraan sähköllä tai laitteiden käyttövoima on tuotettava muilla tavoin. Jarrutehostin toimii alipaineella, joka tuotetaan moottorissa tai erillisellä alipainepumpulla, jota pyöritetään hihnalla.

Hydraulinen ohjaustehostin saa voimansa hihnalta, jolloin myös ohjaustehostimen toiminnan turvaamiseksi tarvitaan jonkinlainen laitteisto tarjoamaan voimaa tehostimen käyttämiseen.

Moottorin hyötysuhde on hyvä, eikä moottori lämpene samalla tavalla kuin polttomoottori, jonka vuoksi moottorin lämpöenergiaa ei voida käyttää auton lämmittämiseen. Auton lämmittämiseen käytetään esimerkiksi sähköisiä vastuksia, jotka lämmittävät tuulettimien kautta puhallettavaa ilmaa.

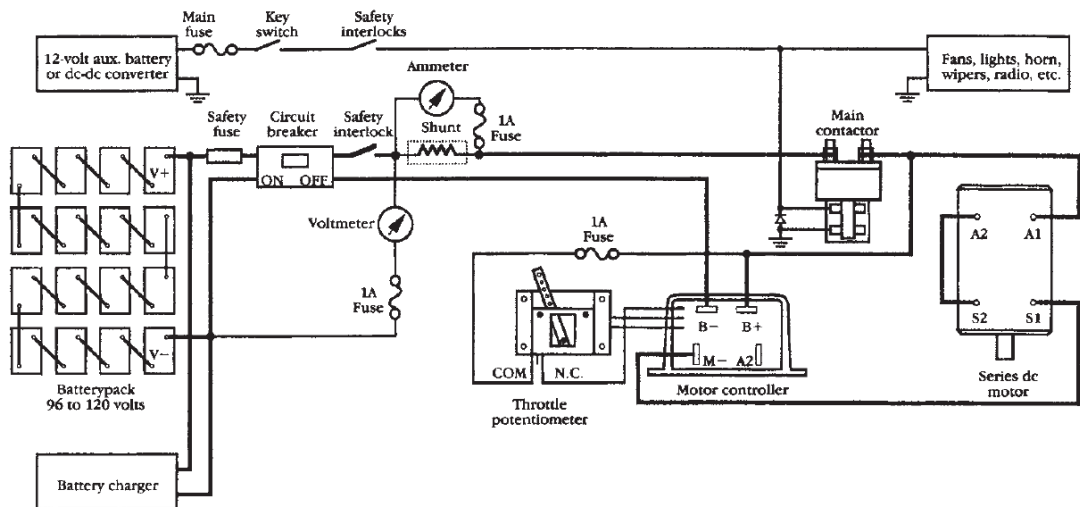
Auton sisäpuolelle tehtäviä asennuksia on esimerkiksi bms-laitteiden hallintapaneelit ja ohjaimen mahdolliset säätö- ja ilmaisineläitteet. Jos tavoitteina on tietynlainen visuaalinen ilme, sijoitetaan nämä ilmettä mukailleen. Turvakytkin, jolla voidaan katkaista akuston virta vaara- tai vikatilanteissa, tulee sijoittaa niin, että se on helposti käytettävissä, mutta kuitenkin niin, ettei kytkintä paineta vahingossa.

7.2.4 Sähköjärjestelmät

Sähköjärjestelmät tulee jättää ammattilaisen hoidettavaksi. Käytettävät jännitteet ovat suuria ja epäpätevä asentaja voi olla hengenvaarassa, jos ei tiedä mitä tekee. Sähkön ja kytkentöjen kanssa työskennellessä tulee olla erittäin tarkka.

Sähköautossa on kaksi sähköjärjestelmää. Korkean jännitteen järjestelmästä löytyvät korkea jännitettä käyttävät laitteet kuten moottori, ohjain, akusto ja turvakytin. Matalan jännitteen järjestelmästä löytyvät ajoakku, virtakytin, kaasupolkimen potentiometri, turvakytimet ja normaalit 12 voltin jännitteellä toimivat laitteet.

Sähkölaitteilta, kuten sähköautolta, vaaditaan sähkömagneettista yhteensopivuutta. Tämä tarkoittaa sitä, että laite ei saa lähettää ympäristöön raja-arvoja ylittävää häiriötä ja sen on siedettävä muualta tullutta häiriötä (Sähkömagneettinen yhteensopivuus 2012). 1.1.1998 jälkeen rekisteröidyiltä ajoneuvoilta vaaditaan EMC-mittaukset. (Sähköautomuunnoksen viranomaisvaatimukset 2011.)



Kuvio 5: Esimerkki sähköauton kytkennöistä.

7.3 Konversion jälkeen

Komponentit on asennettu paikalleen, sähköjärjestelmät on kytketty ja akut on ladattu, joten seuraava askel on auton testaaminen. Ennen katsastusta on tärkeä varmistaa, että kaikki toimii oikein ja suunnitellulla tavalla. Mahdollisten ongelmien ilmetessä ongelmat etsitään ja korjataan.

Onnistuneen konversion jälkeen tieliikennekäyttöön tarkoitettu auto täytyy muutoskatsastaa sähköautoksi, tai tilanteesta riippuen rekisteröidä, yksittäishyväksyä ja suorittaa vaadittavat testit.

7.4 Auton kehittäminen

Sähköautoilun ollessa harrastuksena tarjoutuu hyvä mahdollisuus kehittää omaa osaamista ja tilaisuus luoda uusia ideoita. Oman konversion tekeminen on vasta ensimmäinen askel, jonka jälkeen voi karttuneen kokemuksen ja osaamisen saattamana lähteä jatkokehittämään autoa.

7.5 Harrasteauto ja kaupallinen auto

Harrasteautojen ja myytäväksi tarkoitettujen autojen välillä on iso ero. Harrasteauto voi olla tekniikaltaan ja laadultaan millainen tahansa, kunhan se läpäisee katsastuksen. Asiakkaille tarjottaessa auton tulee olla sellainen, että asiakas haluaa auton ostaa. Auton tulee olla luotettava ja turvallinen. Auton täytyy kestää huollettuna.

Sähköautoharrastajan itselleen rakentamansa auton vaatimukset ovat rakentajan itse päätettävissä. Auto tehdään harrastajaa ja harrastajan näkökulmia varten. Harrastaja on oman sähköautonsa asiantuntija ja pystyy huoltamaan autoaan tai järjestämään huollon. Konversion kustannukset rajoittuvat lähinnä komponenttien hankkimiseen, tilan vuokraamiseen, katsastus- ja muihin testausmaksuihin sekä mahdollisiin ostopalveluihin esimerkiksi sähköasennukset tai sovitteiden teettäminen.

Kaupallisessa toiminnassa sähköauto tehdään asiakkaan näkökulmaa ajatellen. Auton täytyy olla sellainen, mitä asiakas haluaa tai mitä asiakas saadaan haluamaan. Asiakkaan näkökulman lisäksi täytyy ottaa huomioon myös kilpailu. Vaikka sähköautoja ei ole saatavilla runsaasti, kilpailee sähköauto muiden sähköautojen lisäksi tavallisten autojen, sekä myös julkisen liikenteen, moottoripyörien ja mopojen, mopoautojen ja polkupyörien kanssa.

Auton laatu ja turvallisuus ovat erittäin tärkeitä. Auton pitää olla varmatoiminen ja kestävä. Auton käyttöaika on vuosia ja auton tulisi kestää huollettuna pitkiä aikoja. Joillekin autoille valmistaja tarjoaa 7 vuoden takuuta. Lisäksi autolle pitäisi tarjota huoltopalveluita, sillä ilman huoltoa auto ei tule kestävänsä pitkään. Sähkökomponentit ovat kestäviä, mutta auton muut osat kuluvat siinä missä normaalissakin autossa.

Turvallisuusnäkökulmia täytyy tarkastella laajemmin. Auton käyttäjillä ei ole samanlaista tietoa ja taitoa kuin harrastajalla. Jos lapsi tai aikuinen, joka ei

osaa varoa, pääsee käsiksi auton jännitteellisiin osiin, terveys tai henki voi olla vaarassa. Vaaratilanne voi johtua esimerkiksi uteliaisuudesta tai ajattelemattomuudesta. Helposti avattavan akkukotelon sisällä olevaa tyhjää tilaa voi ajattelematon yrittää hyödyntää tavaran säilytykseen, jolloin tuloksena voi olla oikosulku.

Kaupallisen konversion kustannukset ovat huomattavasti harrasteautoa suuremmat isompien vaatimusten, yritystoiminnan kulujen, oheistoiminnan, kuten markkinoinnin, sekä verojen vuoksi. Koska liiketoimintaa tehdään tulojen vuoksi, työtä ei voida tehdä ilmaiseksi. Käytetystä ajasta täytyy saada palkkaa. Mahdollisten muiden työntekijöiden palkat sivukuluineen kasvattavat kokonaiskustannuksia. Harva tuote myy itse itseään, jolloin vaaditaan markkinointia. Takuu- ja huoltoasiat täytyy järjestellä ja tuotekehitys vaatii myös oman panoksensa.

8 LAADUN VARMISTAMINEN

8.1 Epävarmuus

Edellisissä kappaleessa käsitellyt asiat ovat perusteita, joiden perusteella voidaan lähteä suunnittelemaan sähkökonversiota. Asioiden teoreettinen hallinta ei kuitenkaan takaa sitä, että ongelmilta vältytään. On oletettavaa, että asioiden monimutkaistuessa odottamattomien ongelmien määrä kasvaa. Sähköautot, kuten kaikki muutkin ajoneuvot, ovat hyvin monimutkaisia kokonaisuuksia, joiden monimutkaisuutta on vaikea hahmottaa pintapuolisella tarkastelulla. Odotettavissa olevien ongelmien hahmottamiseen tarvitaan perehtyneisyyttä ja kokemusta. Myös kuva siitä, millainen konversio toteutuessaan tulee oikeasti olemaan on hämärän peitossa.

Tiedon, taidon ja kokemuksen puute tuo mukanaan epävarmuuden. Ennakoinnilla voi välttää suuren joukon ongelmia, mutta kaikkea ei voi ennakoida. On-

gelmia on paljon, mutta kaikki ovat ratkaistavissa.

Epävarmuus on suurempi ongelma, kun tähdätään kaupalliseen toimintaan. Esimerkiksi oman sähkökonversioauton vertaaminen muihin autoihin ja auton ominaisuuksien määrittely sisältää oman epävarmuutensa. Epävarmuutta voidaan pienentää kokemusta hankkimalla ja jatkuvalla kehittämisellä. Voi olla myös järkevää kannattavuuksien vertailun sijaan selvittää millaisia vaatimuksia sähköauton on täytettävä esimerkiksi hinnan, kantaman tai kilometrikustannuksien osalta, että sähköauto pystyisi kilpailemaan muiden autojen kanssa.

8.2 Laatu

Laatu on tärkeä osa autoa. Auton tulee olla toimiva ja turvallinen. Laatuvaatimukset ovat kuitenkin kuljettajan asetettavissa ja ne vaihtelevat suuresti. Joissakin harrasteautoissa laatuvaatimukset ovat alhaiset, jos niitä on ollenkaan. Tärkeintä rakentajalle voi olla, että auto on halpa, liikkuu, ei ole vaarallinen ja menee katsastuksesta läpi. Toisessa päässä on autoja, joiden tekniikkaan, ulkoasuun ja laatuun on panostettu suuria määriä rahaa. Harrastekäytössä laatuvaatimukset määrittää itse auton rakentaja ja viranomaiset.

Kaupallisissa autokonversioissa laatu on erityisen tärkeää. Iso osa käytetyn aihion ominaisuuksista periytyy, mutta uudet komponentit ja työskentely vaativat oman panostamisen laadun tuottamiseen. Laatu ei synny sillä, että tekijät kuvittelevat tekevänsä laatua tekemällä hyvää jälkeä. Järjestelmällinen laadun tuottaminen vaatii järjestelmälliset toimintatavat, jotka tukevat laadun tuottamista.

Laatu vähentää kustannuksia, jos toimintatapoja kehitetään hävikin minimoimiseksi. Laatu vaikuttaa myös myyntiin. Laadukkaana ja hyvämaineisena tunnettu brändi on parempi kuin huonolaatuisena tunnettu. Kun auto pysyy kunnossa, asiakkaat pysyvät tyytyväisenä. Monet kuitenkin haluavat huippulaatua

minimihinnalla.

9 TUOTTEISTAMINEN

Tuotteistaminen on olemassa olevan idean tuotekehittelyä ja markkinoille tuomista. Tuotteistamisen tarkoituksena on kehittää jo olemassa olevaa tuotetta, osittain käyttökelpoista tuotetta tai ideatasolla olevaa konseptia sellaiseen muotoon, että tuote saadaan kannattavasti markkinoille. Asiakslähtöisyyteen panostamalla pystytään kehittämään tuotteita, jotka käyvät paremmin kaupaksi. Kun tuotteen määritykset ja luonne on selvitetty, tiedetään valmiista tuotteesta enemmän, jolloin kustannusten määrittäminen helpottuu. (Tuotteistaminen 2009)

10 TUOTE-IDEOIDEN KEHITTELY

Auton sähkökonversion tuotteistaminen alkoi tuoteideoiden kehittämällä. Aluksi selvitettiin millaisiin käyttötarkoituksiin ihmiset hankkivat autoja ja pohdittiin minkä tyyppisiä konversioautoja näihin käyttötarkoituksiin voitaisiin rakentaa ja miten toteutuskelpoinen ja kannattava auton konversio olisi. Auto on kuitenkin iso hankinta, eikä auton tyyppi välttämättä vastaa käyttötarkoitusta.

10.1 Auton käyttötarkoitukset

Autoja voidaan käyttää kaupunkikäytössä työmatkoihin ja kaupungin sisällä liikkumiseen. Tällaisiin tilanteisiin optimaalinen auto olisi pieni, kevyt ja riittävän suorituskykyinen liikenteen rytmissä pysymiseen. Ajomatkat ovat suhteellisen lyhyitä ja säännöllisiä, eikä ajoneuvon nopeus nousisi kohtuuttoman suureksi kuin hetkellisesti. Tällaiseen ajoon sähköauto sopisi etujensa puolesta. Sähköauto on parhaimmillaan kaupunkiajossa. Pieni lyhyisiin matkoihin käytetty auto ei voisi kuitenkaan olla kovin kallis.

Lyhyet matkat eivät vaadi suurta akkukapasiteettia eikä moottori kuluta auton seisossa paikallaan lainkaan energiaa. Tällaisen auton tarjoaminen sähköisenä voi olla mahdollinen vaihtoehto.

Vaikka konversioauto sopiikin hyvin kaupunkiautoksi, kannattavuus voi tulla ongelmaksi. Vaikka akkuja ei tarvitsisikaan suuria määriä, konversio lisää silti auton hintaa. Kilometrikustannuksista syntyy säästöä bensiini-autoon verrattuna, mutta suuret alkuinvestoinnit nollaavat kilometrikustannuksista syntyneen hyödyn pitkäksi aikaa. Akut ja niiden rajoittunut kapasiteetti rajoittaa auton käyttöä yleisesti. Autolla ei voi matkustaa pitkiä matkoja, ellei matkan varrelle varata lataustaukoja, jotka voivat kestää jopa 20 tuntia.

Auto yleiskäytössä on kulkuväline joka paikkaan. Autolla ajetaan lyhyitä matkoja kaupungissa, pitkiä matkoja kaupunkien välillä ja autoa voidaan seisottaa paikallaan kuukausia. Vaihtelua on runsaasti ja vaihtelu luo kovia vaatimuksia sähköautolle. Sähköauto ei tule korvaamaan vielä pitkään aikaan polttomoottorikäyttöistä autoa, koska saatavilla oleva akkuteknologia ei ole vaatimuksiin nähden riittävän kehittyntä. Sähköauton valmistaminen normaalikäyttöön tarkoitetun auton korvaamiseksi ei ole kannattavaa.

Erikoisautot, kuten urheilu-, kilpa- tai harrastusautot laskettiin omaksi ryhmäkseen. Ryhmä on sekalainen ja käyttötarkoitus vaihtelee autosta toiseen hyvin paljon. Erilaisia vaatimuksia on runsaasti, mutta joukosta löytyy myös sellaisia, jotka soveltuvat erinomaisesti sähköautolle. Autolta voidaan toivoa suorituskykyä, jota sähkömoottori pystyy tarjoamaan. Sähköauton erilaisuus voi viehättää myös monia ja tuoda esille omanlaista kuvaa autosta. Sähkökonversioautoja käytetään myös kiihdytysautoina (Wayland n.d.).

Auton käyttö työvälineenä helpottaa auton komponenttien mitoittamista, sillä monesti tällaisen auton käyttö on säännöllistä. Tarkan käyttötarkoituksen tunteminen mahdollistaa hyvin tarkan mitoittamisen juuri kyseiseen käyttötarkoitukseen, jolloin sähköauto voi tuoda suuriakin hyötyjä, varsinkin jos tavallinen

auto soveltuu käyttötarkoitukseen huonosti. Esimerkiksi sanomalehtien jakelu tiheästi rakennetulla alueella sisältää paljon hidasta liikkumista ja pysähtelyä. Auton melu ja päästöt häiritsevät myös asukkaita.

10.2 Kustannukset

Sähköauton yksi suurista myyntivalteista on pienet kilometrikustannukset. Kulutuksen ollessa 15kWh/100km ja sähkön hinnan 9snt/kWh, auton ajaminen sadan kilometrin matkan kasvattaa sähkölaskua 1,35 euroa. Kilometrikustannukset ovat matalat, mutta auton pitäisi olla myös halpa, että sähköauto olisi investointina kannattava. Kuviossa 6 on laskettu miten paljon sähköauto saisi maksaa, että se maksaisi itsensä takaisin viidessä vuodessa. Laskussa ei ole otettu huomioon korkoja, veroja, huoltokustannusten muutoksia tai hintojen muutoksia. Myös vuosittain ajettut kilometrit on arvioitu 15000 kilometriin, joka voi olla sähköautolle isoksi arvioitu. Päivittäistä ajoa näillä arvoilla tulee noin 40 kilometriä päivässä. Arvio on karkea, mutta suuruusluokka on 10 000 euron luokkaa.

	Sähköauto	Auto
Kulutus kWh/100km	15	Kulutus l/100km 7
Sähkön hinta snt/kWh	9	Polttoaineen hinta 1,7
Takaisinmaksuaika	5 vuotta	
Vuoden ajomäärä	15000 km	
Päivän ajomäärä	41,095890411 km	
Sähkökonversion enimmäishinta		7912,5

Kuvio 6: Sähköauton takaisinmaksu

Itse tehtynä auton kustannukset ovat pienet ja auto voidaan rakentaa pelkäästään rahan säästämisen vuoksi, mutta kaupallisessa toiminnassa kustannustekijöitä on huomattavasti enemmän, joten pelkäästään rahan säästämiseen auton markkinointia ei voida perustaa. Auton täytyy luoda jotain lisäarvoa, jolla korkeammat kustannukset voidaan perustella.

Lyhyen matkan ajoon tarkoitettu auto voi olla järkevä ja kannattava valinta, kunhan kustannukset voidaan pitää kurissa ja ohella tarjotaan muuta hyötyä ja lisäarvoa.

Normaalikäyttöön tarkoitettun auton kanssa ei ole järkeä lähteä kilpailemaan. Jotta saavutettaisiin tarpeeksi pitkä kantama, vaaditaan suurta akustoa, joka maksaa paljon. Auton hinta nousisi liian korkeaksi tai vaadittuun kantamaan ei päästäisi.

Erikoisautojen kanssa kustannukset eivät ole niin suuressa merkityksessä vaan enemmänkin se, mitä rahalla saa. Akuston tehon kasvaessa kasvaa samalla myös moottorin teho, jolloin voidaan saavuttaa huippuluokan suorituskykyä sekä pitkä kantama. Korkeamman hinnan ja pienemmän asiakaskunnan takia myyntimäärät eivät ole suuria.

Työkäytössä auton hinnassa ei ole kyse kustannuksista vaan investoinnista. Investoinnin pitää tuottaa säästöjä tai lisätä tehokkuutta, että rahaa kannattaa sijoittaa sähköautoon. Konversiolla voidaan optimoida auto mahdollisimman hyvään soveltuvuuteen kyseisiin tehtäviin. Kannattavuus ei tule pelkästään alemmista matkakustannuksista, sillä tehokkuuden lisääntyminen vaikuttaa myös.

10.3 Markkinointi

Markkinointi on oleellinen osa tuotetta, sillä ilman markkinointia kukaan ei osaisi tai haluaisi ostaa tuotetta. Markkinointi on muutakin kuin pelkkää myyntiä ja mainontaa. Markkinoiden perusidea ei ole myydä sitä, mitä meillä sattuu olemaan, vaan sisällyttää asiakaslähtöisyys jo suunnitteluun ja tuotantoon niin, että myynti sujuu vaivattomammin. (Kotler, Armstrong, Saunders & Wong 1999, 9.)

Asiakaslähtöisyys tarkoittaa asiakkaan kuuntelemista ja ymmärtämistä. Ihmisillä on erilaisia tarpeita ja haluja, jotka ohjaavat ihmisten käyttäytymistä. Jotta voidaan suunnitella asiakkaiden tarpeisiin ja haluihin sopiva tuote, täytyy ymmärtää mitä asiakas haluaa. (Kotler, Armstrong, Saunders & Wong 1999, 10)

Eduilla ja arvoilla perustellaan miksi sähköauto kannattaa hankkia vastaten haluihin ja tarpeisiin. Esimerkiksi asiakkaalla ei ole tarvetta ajaa 150km matkaa, vaan päästä töihin, mökille, sukulaisille ja kauppaan mahdollisimman helposti ja vaivattomasti. Ekologisuus arvona ohjaa ostokäyttäytymistä, jolloin ekologisesti ajatteleva kuluttaja keskittyy arvojaan vastaaviin tuotteisiin ja palveluihin, joten autoa tarvitessaan yksi vaihtoehto voi olla ekologista liikkumista tarjoava sähköauto.

Sähköauto voidaan tehdä helposti myytäväksi, mutta auto täytyy tuoda asiakkaiden tietoisuuteen. Perinteinen mainostaminen, kuten televisio- tai radio-mainokset sekä tuotesijoittelu, on kallista ja vaatii toistoa. Pienellä yrityksellä on harvemmin varaa lähteä mainostamaan suurella volyymilla, joten keskittyminen muunlaiseen mainontaan voi olla kannattavaa. Mainostamisessa tulisi keskittyä etujen ja arvojen mainostamiseen teknisten yksityiskohtien tai ominaisuuksien sijaan. Edut ja arvot pitää pystyä perustelemaan tarvittaessa.

Hyvin toteutetussa markkinoinnissa myynnin tarkoitus on tehdä ostaminen mahdollisimman helpoksi ja vaivattomaksi. Myynnin järjestäminen on kuitenkin pienelle yritykselle hankalaa. Myynti voidaan periaatteessa järjestää netissä, mutta paras tapa on olla siellä missä asiakkaatkin ovat. Jälleenmyynnin järjestäminen antaa asiakkaalle mahdollisuuden kokeilla ja kokea mitä sähköauto ja sähköauton edut todellisuudessa ovat.

10.4 Tekniikan kehittäminen

Harrastesähköautosta kaupallisesti kannattavaan sähkökonversioon on pitkä matka. Kehitys alkaa ensimmäisestä harrastuksena tehdystä autosta jatkuen

osaamisen kehittyessä toiseen edellistä kehittyneempään autoon, kunnes on käytössä tarvittava osaaminen ja teknologia, jonka perusteella voidaan luoda kaupallisesti kannattava auto.

Ensimmäinen konversio on tekniikkaan ja yleisiin ominaisuuksiin tutustumista. Vahva kannattava voima on aito kiinnostus sähköautoja ja konversiota kohtaan. Tuloksena on toimiva auto, jolla kuitenkin on harvemmin kaupallisia edellytyksiä menestyä, eikä ensimmäiseltä prototyypiltä sellaista kannata odottaa. Konversion aikana tulee ratkottua suuri määrä ongelmia ja prosessin aikana syntyy ideoita miten asioita voisi tehdä paremmin. Karttuneen kokemuksen myötä on helppo lähteä suunnittelemaan toista konversiota, jos kiinnostus ja rahatilanne sen sallivat.

Toisen auton kehittämiseen voi ruveta tuomaan jo kaupallisia näkökulmia, jolloin kehittämisen suunnan määrittäminen on helpompaa. Toisen konversion suunnittelu ja toteutus on huomattavasti helpompaa, kun kokemusta ja ymmärrystä on kertynyt aikaisempien kokemusten pohjalta. Pienemmän epävarmuuden ansiosta todellisten kustannusten suuruusluokkaa on helpompi arvioida. Sähköauton edut ja niiden vaikutukset omaan elämään tulevat tutuksi ja näitä asioita voi käyttää hyödyksi markkinoinnissa.

Kun konversiokokemus ja tiedot komponenttien toiminnasta, sopivuudesta ja varmuudesta on siinä vaiheessa, että näiden pohjalta voidaan näiden pohjalta ryhtyä suunnittelemaan kaupallista autoa. Pohjana voidaan käyttää aikaisempia autoja tai voidaan suunnitella uutta.

10.5 Konversion kannattavuus

Konversioautojen tuotantoa ja myyntiä on mahdollista tehdä kaupallisesti, mutta se vaatii paljon työtä ja investointeja ennen kuin kaupallista toimintaa voidaan harjoittaa. Jos vahvaa osaamista alalta ei löydy valmiiksi, kustannuksia syntyy paljon kun tietoa ja taitoa täytyy hankkia sekä tuotekehitykseen täy-

tyy panostaa. Lisäksi toimintaan sisältyy yrittämisen riski, jolloin on mahdollista, että investoinnit eivät tuota lainkaan tulosta. Kannattavuus riippuu siitä kuinka paljon on varaa investoida ja kuinka paljon on varaa hävitä mahdollisten riskien toteutuessa.

Jos sähkökonversiota lähestyy harrastuksena, on harrastus kallis, mutta maksaa itseään takaisin. Harrastaessa kokemus karttuu ja sähköauton parissa työskennellessä voi kehittyä ideoita, joita voi hyödyntää kaupallisesti niin sähköautoilun saralla kuin muuallakin.

11 POHDINTA

Olin kiinnostunut sähkökonversiosta jo ennen kuin aloin tekemään tätä opinnäytetyötä. Opinnäytetyö antoi mahdollisuuden ja tarkoituksen perehtyä sähköautotekniikkaan tarkemmin. Jos rahatilanne olisi ollut sopiva, opinnäytetyön ohella olisin voinut rakentaa myös omaa autoa.

Opinnäytetyön lähteitä oli samanaikaisesti runsaasti ja heikosti käytettävissä. Internetistä löytyy paljon tietoa konversioista ja kaikesta siihen liittyvästä, mutta ongelmana on kyseisen tiedon soveltuvuus lähteiksi. Keskustelupalstoilla käydyt keskustelut sisältävät paljon tietoa, mutta tieto on pirstaloitunut ympäri Internetiä ja sitä on hyvin hankala hakea, jos ei tiedä mitä etsii. Myöskään tiedon luotettavuudesta ei ole tiedon luonteen vuoksi käsitystä.

Onneksi kuitenkin sähkökonversioista on kirjoitettu kirjoja. Tosin ei suomeksi, joten englanti on ollut välttämättömyys tätä työtä tehdessä. Lähteitä käyttämällä pystyy helposti luomaan hahmotelmaa miten konversioprosessi kulkee ja mitä se vaatii, mutta hyvin syvällistä informaatiota lähteitä käyttämällä ei saanut luotua. Jotta näitä prosesseja pystyisi täysin ymmärtämään, pitäisi hankkia kokemusta konversion tekemisestä. Tähän kuitenkin ei ollut mahdollisuuksia.

Epävarmuuden, siis tiedon siitä ettei tiedä tarpeeksi, huomaaminen ei aluksi ollut kauhean rohkaisevaa, mutta silti kaikkein opettavaisinta opinnäytetyön aikana. En voi tietää ennalta mitä kaikkea en osaa, mutta voin varautua siihen.

Epävarmuus kuitenkin vaikuttaa tuotteistamiseen, sillä konversion todellisia kustannuksia on hyvin vaikea määritellä. Opinnäytetyön aluksi kuva oli, että konversioiden tekeminen kaupallisesti ei pitäisi olla vaikeaa. Kuva muuttui kuitenkin nopeasti sellaiseksi, jossa konversiota mahdoton saada kannattavaksi. Lopussa tunnelin päästä näkyy kuitenkin valoa, ja voin sanoa, että konversioita on mahdollista tehdä kannattavaksi, mutta se vaatii paljon enemmän työtä hyvin monella eri alueella. Menestymisen taustalla on varsinkin tehokas markkinointi. Usein ei tule ajateltua mitä kaikkea taloudellisesti kannattava toiminta vaatii, jos sitä ei tarvitse yrittää ajatella.

Suhtautuminen sähkökonversioihin harrastuksena on säilynyt koko opinnäytetyön ajan hyvin samanlaisena. Harrastus on kallis, mutta siitä on myös runsaasti hyötyä monella eri elämän alueella. Sähköauto maksaa itseään takaisin jokaiselta ajatulta kilometriltä ja sitä voi esitellä esimerkiksi oman osaamisen näytekappaleena.

Opinnäytetyön kirjoittaminen on ollut hidasta ja vaikeaa, joten näiden ongelmien ratkaisuun on pitänyt panostaa aikaa, jota opinnäytetyön saisi joskus kirjoitettua. Kirjoittamisen aikana olen huomannut, että kirjoittaminen helpottuu suuresti, jos aluksi määrittelee kappaleen tai otsikon tarkoituksen ja tämän jälkeen ideoidaan kappaleen sisältöä mahdollisimman paljon. Tämän jälkeen vasta aloitetaan kirjoittamaan.

Oman sähkökonversion tekeminen on kuitenkin vielä avoin. Kiinnostusta löytyy, mutta tässä tilanteessa ei ole mahdollisuutta tehdä konversiota.

12 LÄHTEET

Chancey, M. 2012. Motor Types. Sähköautoluettelo - Moottorityypit. Viitattu 23.4.2012. <http://www.evalbum.com>, Search, By Components, Motor type.

Deep Cycle Battery FAQ. n.d. Northern Arizona Wind & Sun. Viitattu 23.04.2012. http://www.windsun.com/Batteries/Battery_FAQ.htm.

EV-Power – Your Complete Power Solution. n.d. Verkkokauppa. Viitattu 23.04.2012. <http://www.ev-power.eu/>.

HEV Vehicle Battery Types. 2010. ThermoAnalytics. Viitattu 23.04.2012. <http://www.thermoanalytics.com/support/publications/batterytypesdoc.html>.

Kotler, P., Armstrong, G., Saunders, J. & Wong, W. 1999. Principles of Marketing. 2. p., Milano: Prentice Hall Europe.

Lead Acid Batteries. n.d. Electropaedia – Battery and Energy Technologies. Viitattu 23.04.2012. <http://www.mpoweruk.com/leadacid.htm>.

Leitman, S. & Brant, B. 2009. Build Your Own Electric Vehicle. 2. p. McGraw-Hill.

Rechargeable Lithium Batteries. n.d. Electropaedia – Battery and Energy Technologies. Viitattu 23.04.2012. <http://www.mpoweruk.com/lithiumS.htm>.

Sähköautomuunnoksen viranomaisvaatimukset. Sähköautot – Nyt! 18.3.2011.

Viitattu 23.04.2012. <http://www.sahkoautot.fi/>, Wiki, Konversion vaatimukset, B) Sähköautomuunnoksen viranomaisvaatimukset.

Sähkömagneettinen yhteensopivuus (EMC). Tekes 18.04.2012. Viitattu 23.04.2012. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/EMC/>.

Trafi 2012. Tiedote 1/2012, Ajoneuvon perusvero nousee 1.1.2013 alkaen. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi.

Tuotteistaminen. Kajaanin AMK opinnäytetyöpakki 16.7.2009. Viitattu 23.04.2012.
http://www.kajak.fi/opari/Opinnaytetyopakki/Teoreettinen_materiaali/Tukimateriaali/Tuotteistaminen/Tuotteistaminen.iw3.

Wayland, J. n.d. Plasmaboy EV Racing. Viitattu 23.04.2012.
<http://www.plasmaboyracing.com/whitezombie.php>.