



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Rabar Hassan

# Työkoneen akkupaketin mekaaninen suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

20.10.2021

|  |  |
|--|--|
| Tekijä   | Rabar Hassan   |
| Otsikko  | Työkoneen akkupaketin mekaaninen suunnittelu                               |
| Sivumäärä<br>Aika  | 22 sivua + 1 liitettä<br>08.11.2021  |
| Tutkinto   | insinööri (AMK)  |
| Tutkinto-ohjelma   | Konetekniikka  |
| Ammatillinen pääaine   | Koneensuunnittelu  |
| Ohjaajat   | Jyrki Kullaa<br>Juha Porvali   |
| <p>Insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella maastoajoneuvon runkoon kiinnitys kolmelle Smart ForFour korkeajännite -akkumoduleille.</p> <p>Insinööriyön teoriaosuudessa tutustutaan sähköajoneuvon akkuteknologiaan ja käsitellään sen kierrätettävyyttä.</p> <p>Insinööriyön toiminallisessa osuudessa suunniteltiin kiinnitys ja kotelointi Smart ForFour 2020 korkeajännite -akkumoduleille, nämä muodostavat akkupaketin, joka tulee liitettäväksi maastoajoneuvon runkoon. Suunnitelmassa pääpainoina on ollut rungon keveys ja että akkupaketti on helppo vaihtaa ja huoltaa.</p> <p>Insinööriyön tuloksena saatiin suunniteltu akkupaketti, jonka runkoon kiinnitetään korkeajänniteakkumoduulit. Akkupaketti on helposti liitettävissä käyttökohteeseen. Insinööriyön tulokset ovat myös tarkoitus toimia pohjana jatkokehitystä varten.</p> |  |
| Avainsanat   | akkumoduulin uusiokäyttö, Smart, Harvesterin muuttaminen sähkökäyttöiseksi |

|  |   |
|--|---|
| Author   | Rabar Hassan  |
| Title  | Mechanical Design of a Vehicle's Battery Pack                             |
| Number of Pages<br>Date  | 22 pages + 1 appendix<br>08 November 2021                                 |
| Degree   | Bachelor of Engineering   |
| Degree Programme   | Mechanical Engineering  |
| Professional Major   | Machine Design  |
| Instructors  | Jyrki Kullaa, Principal lecturer<br>Juha Porvali,                         |
| <p>The purpose of the Bachelor's thesis was to design an attachment to the body of an off-road vehicle for Smart ForFour high-voltage battery modules.</p> <p>In the theoretical part of the thesis, the battery technology of an electric vehicle is introduced, and its recyclability is discussed as well.</p> <p>In the functional part of the study, the mounting and enclosure for the Smart ForFour 2020 high-voltage battery modules was designed. Together they form a battery pack that will be attached to the body of an off-road vehicle. In the design process the main focus has been on the lightness of the body and that the battery pack is easy to replace and maintain.</p> <p>As a result, a battery pack was created with high-voltage battery modules attached to the frame. The battery pack can be easily connected to the application. The results of the thesis are also intended to serve as a basis for further development.</p> |   |
| Keywords   | reuse of battery modules, smart, converting a harvester to electric power |

# Sisällys

## Lyhenteet

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Johdanto  | 1  |
| 2     | Yleistä tietoa liikenteessä käytetyistä akuista | 3  |
| 3     | Akkupaketin suunnittelu                         | 6  |
| 3.1   | Suunnittelun periaatteet                        | 8  |
| 3.2   | Akkupaketin runko                               | 9  |
| 3.3   | Akkupaketin sisältö                             | 11 |
| 3.4   | Akkupaketin kotelointi                          | 13 |
| 3.4.1 | Akkumoduulien suojakotelo                       | 13 |
| 3.4.2 | Sähkölaitteiden kotelointi                      | 15 |
| 3.5   | Akkupaketin kiinnittäminen metsäkoneen runkoon  | 17 |
| 4     | Yhteenveto                                      | 19 |
|       | Lähteet   | 21 |

Liite 1 kappaleiden määrä ja nimi

## 1 Johdanto

Lähivuosina sähkön käyttö on kasvanut huomattavasti paljon autoissa sekä myös muissa laitteissa, ja sen rinnalla sähköteknologia on myös menestynyt hyvin. Lähes kaikkien autojen valmistajat ovat tähän asti käyttäneet Litium-ioni -kennoja sähköauton korkeajänniteakuissa, joita käytetään myös pienelektronikassa, kuten esimerkiksi älypuhelimissa ja tableteissa. Akkujärjestelmän tehtävä on varastoida ja vapauttaa energiaa.

On erityisen tärkeää nykyaikana olla tehokas resurssien käytössä. Sähköistetyllä koneella saadaan mahdollisesti koneen päästöjä vähennettyä ja tehdä sen käyttö taloudelliseksi ottaen huomioon ladattavan energian tulolähteen.

Tämän työn tilaaja on pääkaupunkiseudulla toimiva Metropolia Ammattikorkeakoulun koneensuunnittelun osasto. Idea on syntynyt siitä, kun Metropolialla on projekti, mistä puuttuu sähköistetyn metsäkoneen energiasäiliö.

Metsäkone on jo muutettu sähkökäyttöiseksi, sen alkuperäisen polttomoottorin ja lisälaitteiden tilalle on jo asennettu sähkömoottori, invertteri ja laturi. Nyt siitä puuttuu vain akusto.



**Kuva 1. Kuvassa näkyy metsäkone, joka tunnetaan myös nimellä harvesteri (1).**

Metropolian Myyrmäen kampuksella on purettu Smart ForFour -mallin sähköautoja. Niistä saadut akkumoduulit ovat olleet käytössä toisessa projektissa, mutta nyt ne ovat vaille uutta käyttökohdetta.

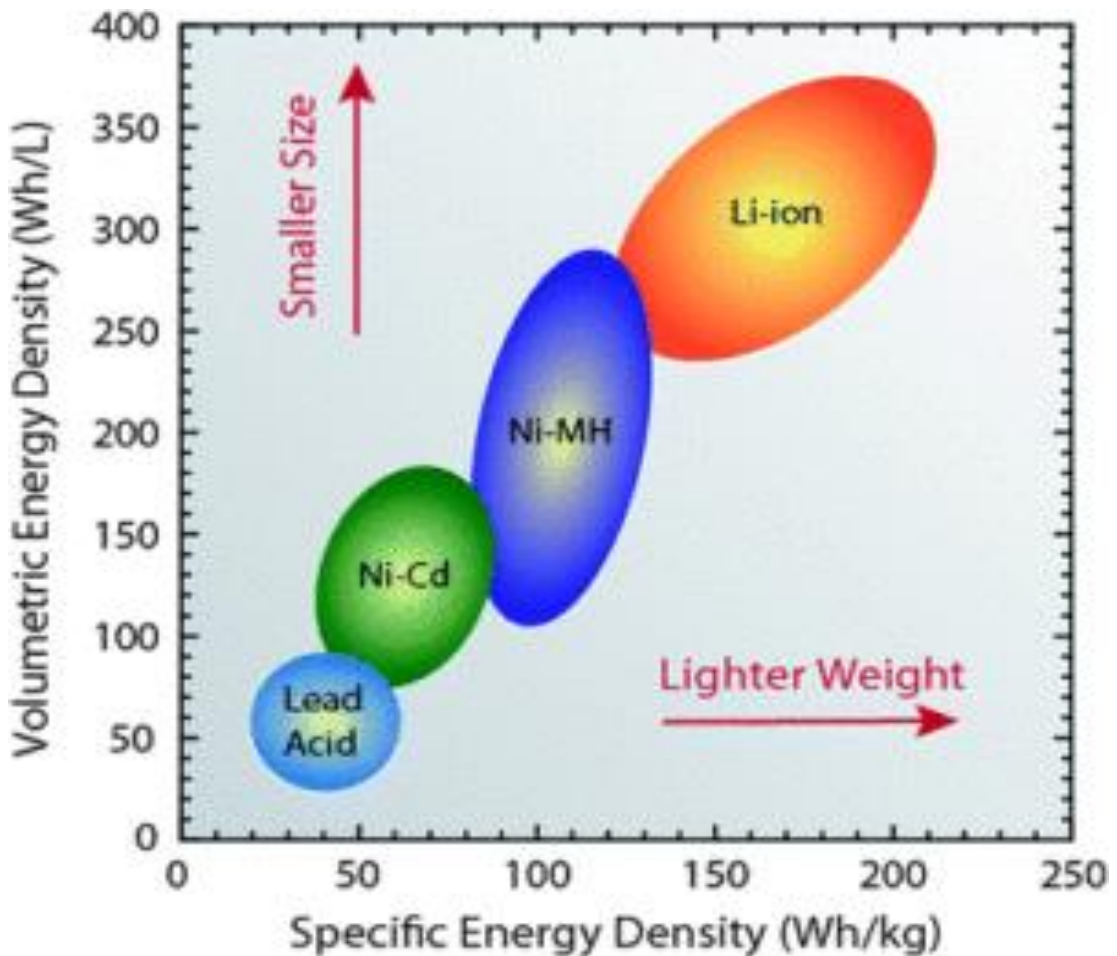
Tämän insinöörityön tavoitteena on suunnitella kolmelle akkumoduulille runko ja kiinnitys, mikä asennetaan metsäkoneeseen (Kuva 1). Suunnittelussa otetaan huomioon, että akkumoduulit olisivat helposti huollettavissa ja liitettävissä kestävään runkoon. Suunnittelussa on myös tarkoitus jättää tilaa muille komponenteille, joita ovat lämmitin, jäähdytin ja sähkölaitteet. Nämä kaikki yhdessä muodostavat akkupaketin.

Työn ensimmäisessä vaiheessa avataan hieman akkuteknologian käyttöä ajoneuvoissa. Toisessa vaiheessa kartoitetaan käytössä olevia resursseja. Viimeisessä vaiheessa selvitetään suunnittelun polku ja sen lisäksi sen jatkokehitystä.

Tätä työtä saa hyödyntää jatkossa myös muissa saman tyyppisissä projekteissa. Tämän työn sivutavoitteena on myös inspiroida tulevia sukupolvia energiatehokkuuden parantamisessa sekä sen kehityksessä.

## 2 Yleistä tietoa liikenteessä käytetyistä akuista

Sähkökäyttöiset ajoneuvot ovat olleet viimeisimmät lähikymmenvuodet kasvavassa trendissä. Litiumioniakku on kaikista yleisimmin käytetty akku, koska se pystyy varastoimaan paljon energiaa sen painoonsa nähden verrattuna muihin akkutyyppeihin (Kuva 2) (2).



**Kuva 2. Kaavio eri akkutyyppeiden erityisestä energiatiheydestä ja tilavuusenergian tiheydestä. Li-ion-akut ovat tässä suhteessa useimpia muita akkutyyppejä edellä (3).**

Litiumioniakku on useasti ladattava akku. Sen haittapuolina on sen herkkyys lämpötilalle. Korkeammassa lämpötilassa sen energian varastointikapasiteetti kasvaa. Korkeat lämmöt vähentävät akun elinikää (4).

Kun lämpötila laskee, akun sisäinen vastus kasvaa. Tämä tarkoittaa, että akku kuluttaa enemmän energiaa, mikä puolestaan vähentää kapasiteettia. Akkujen käytössä on siis tärkeätä pitää lämpötilat kurissa, jotta akku ei vaurioituisi ja että sillä olisi mahdollisimman korkea hyötysuhde.

Kun akussa jokin solu tai useampi solu vaurioituu, se vahingoittaa lähellä olevia soluja ja vapauttaa lämpöä ketjureaktiossa. Tämä tunnetaan nimellä terminen karkaaminen. Tuloksena on siis usein tulipalo tai räjähdys. Litiumioniakkujen suuri energiatiheys tekee niistä alttiimpia näille reaktiolle. Tämän takia kaikissa akkusovelluksissa on otettava huomioon vaurion estäminen sekä lämpötilojen pitäminen optimaalisessa välissä.

Sähköllä toimivia ajoneuvoja mainostetaan usein, että ne ovat ympäristöystävällisempi kuin polttomoottorilla toimivat koneet. Tämä on kuitenkin kiistanalainen aihe koska on väitteitä, että akkujen valmistuksessa syntyy paljon päästöjä ja myös raakamateriaalien hankkimisella on vaikutus lähiympäristöön. (5) (6) (7). Raakamateriaalien hankinnassa käytetään usein myös halpaa työvoimaa, joiden työolosuhteet ovat kyseenalaista (8).

Litiumioniakun elinkaari koostuu karkeasti määriteltynä: valmistus, käyttö ja tuotteen elinkaaren loppu. Kun tarkastellaan asiaa akun koko elinkaaren näkökulmasta, niin huomataan, että litiumioniakun valmistuksessa syntyy eniten päästöjä ((7), kpl 3).

Akkujen valmistuspäästöihin vaikuttaa eniten raakamateriaalien hankkimiseen ja valmistus tehtaan käyttämä energianlähde. On selvää, että jos valmistuksessa käytetään ei-uusiutuvia energialähteitä, niin kasvihuonepäästöt ovat huomattavasti suurempia.

Käytössä oleva akku varmasti vähentää kasvihuonepäästöjä, jos ladattava energia valmistetaan uudelleen käytettävistä energialähteistä. Laadukkaasti valmistettu litiumioniakku on pääosin turvallista käyttää, kun seurataan valmistajan

käyttöohjeita ja huoltosuunnitelma (9). Useammat ajoneuvojen valmistajat lupavat 5–8 vuoden takuun tai 100 000–150 000 km, sen mukaan kumpi täyttyy ensin (10).

Useasti takuuseen sisältyy myös, että akun kapasiteetti ei laske alle 70 % takuuajana (10, 11, 12). Kuten takuuajoista huomataan niin, kilometrimäärät ovat vielä rajoittava tekijä. Verrattuna polttomoottoria täyteen tankkiin, niin täydellä akulla ei pääse yhtä pitkälle. Keskimääräisesti täydellä akulla pääsee tällä hetkellä 320 km:n matkan (13).

Jatkuvan sääntelyn ja uusien EU-direktiivien myötä, tämä on edesauttanut liikenteen sähkö- ja akkuteknologian kasvua ja kehitystä (14).

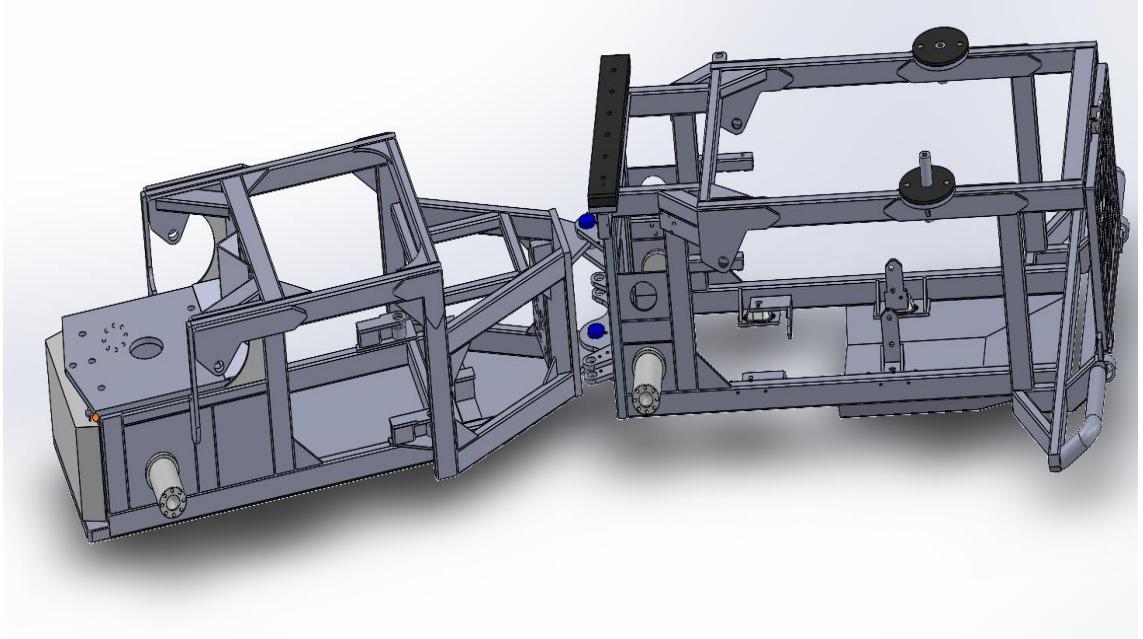
### 3 Akkupaketin suunnittelu

Tässä työssä on käytettävissä sähköauto Smart EQ ForFour vuosimallin 2020 -akkumoduulit (Kuva 4) ja Harvesteri-mallinen metsäkone (Kuva 3).

Käytössä on kolme kappaletta akkumoduuleja. Yhteenlaskettu kapasiteetti on 17.6kWh ja yhden moduulin jännite on n. 130V.

Asiakas on määrittänyt metsäkoneen toimivan hydraulisella voimansiirrolla, mikä on keskeltä nivelöity. Metsäkone on miehittämätön ajoneuvo ja sähköistetty. Asiakas ei ole määrittänyt tarkkaa merkkiä, mallia tai vuosilukua metsäkoneelle, vaan on tarjonnut 3D-mallin (Kuva 3), jonka pohjalta suunnitellaan metsäkoneeseen akkumoduuleille kotelointi ja kiinnitys.

Kuvassa 3 näkyy metsäkoneen runko, joka koostuu kahdesta osasta. Etupuolella on alun perin ollut kuskille paikka, mutta nyt kun se on suunniteltu toimimaan ilman miehistöä, siihen jää tilaa muille asennuksille. Tässä työssä keskitytään kuvassa 3 oikeanpuoleiseen osuuden, missä rungon sisäpuolella on aikaisemmin ollut polttomoottori. Nyt sen tilalle on asennettu sähkömoottori, mikä on vaille virtaa. Tähän tarkoitukseen voidaan soveltaa kolme sähköauton akkumoduulia (Kuva 4), mitkä meillä on käytössä.



**Kuva 3. 3D-malli metsäkoneen rungosta.**

Purettuja Smart-akkumoduuleita (Kuva 4) ei pystytä suoraan asentamaan metsäkoneeseen eikä rungossa ole kiinnityspaikkoja niille. Maksimi raja-arvot akkumoduulien kiinnitykselle ovat määritelty seuraavasti: 1270 x 720 x 295 mm. Akkupakettia suunniteltaessa tilaa pitää myös olla sähkölaitteille ja -osille. Sähköiseen toimintaan ei varsinaisesti puututa tässä työssä.



**Kuva 4. Smart ForFour EQ 2020 -akkumoduuli ja taustalla itse ajoneuvo.**

### 3.1 Suunnittelun periaatteet

Akkupaketin suunnittelu on jaettu neljään osioon, nämä ovat: runko, akkupaketin sisältö, kotelointi ja kiinnitykset. Nämä osiot yhdistämällä saadaan akkupaketti, minkä voidaan asentaa asiakkaan määrittämään metsäkoneeseen.

Akkupaketin on oltava kevyt mutta myös kestävä. Akkupaketin on kestävä omaa painoa sekä myös raskuuksia, jotka syntyvät maastoajoneuvon liikkuessa. Suunnittelussa on pyritty käyttämään mahdollisimman paljon valmiita osia, mikä on kustannuksen näkökulmasta halvempaa. On tärkeää myös, että akkupaketin materiaaliluettelo on mahdollisimman lyhyt, tämä vähentää kokoonpanon ja

asennus aikaa sekä myös mahdollistaa valmistuksen Metropolian laboratorio tiloissa. Akkupaketti on suunniteltu käytettäväksi Suomessa, eli suunniteluissa on otettu huomioon myös eri sääolosuhteet.

Koska akut ovat herkkiä lämmölle, ja tuottavat lämpöä, kun niitä ladataan ja käytetään, on sitä varten suunniteltu malli jäähdytyksestä, joka jättää tilaa tämän osan jatkokehitykseen. Tässä työssä näiden on ajateltu myös toimivan lämmittiminä.

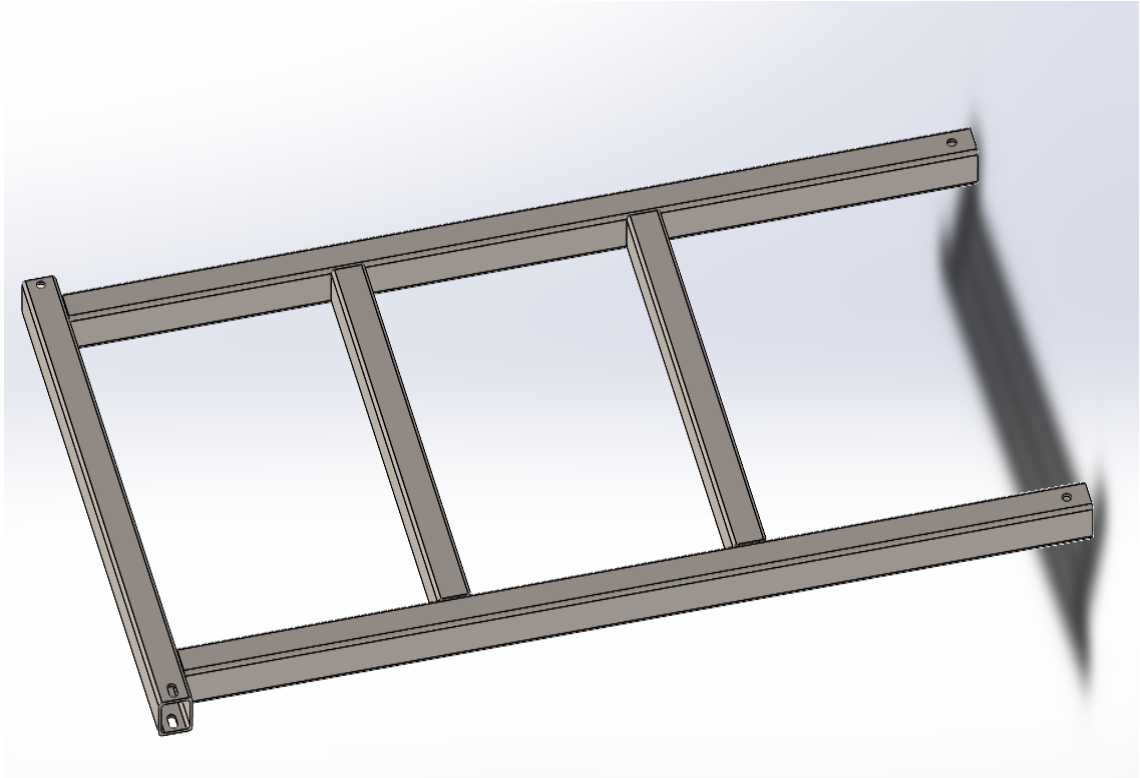
Kolme jäähdytysyksikköä on suunniteltu asennettavaksi koteloinnin päälle. Kotelointi eristää jäähdytysyksiköt akkumoduulista. Tämän tarkoitus on minimoida vahinkoja, mitä voi olla esimerkiksi jäähdytysyksikön vuoto tai vesivahinko.

Vaihtoehtoisesti jäähdyttimet voidaan asentaa myös rungon alapuolelle, jos käytännössä akku vaatiikin toimiakseen korkeampaa lämpötilaa. Silloin ne toimivat tehokkaammin lämmittiminä. Samoin olisi pienempi mahdollisuus nestevuodon aiheuttamille vaurioille. Tässä on kuitenkin lähdetty siitä lähtökohdasta, että sähkömoottorin toiminta yhdessä akun ja muiden oheislaitteiden kanssa tuottaa tarpeeksi tai jopa liikaa lämpöä.

### 3.2 Akkupaketin runko

Akkumoduuleiden kiinnitysrungon suunnittelussa on hyödynnetty monista teräskaupoista usein hyllystä löytyvää 40 x 40 x 3 mm:n rakenneteräs putkipalkkeja. Teräs on laadultaan S355.

Runko koostu viidestä palkista, joiden pituudet ovat seuraavasti: 2 x 1,08 m, 1 x 0,66 m ja 2 x 0,52 m. Kokonaispituus on näin ollen 3,86 m. Leikkaamalla nämä osat 4m:n palkista, jää hyvin myös tilaa toleransseille. Putkipalkit kytketään yhteen hitsaamalla, näin perustuu akkupaketin runko (Kuva 5).

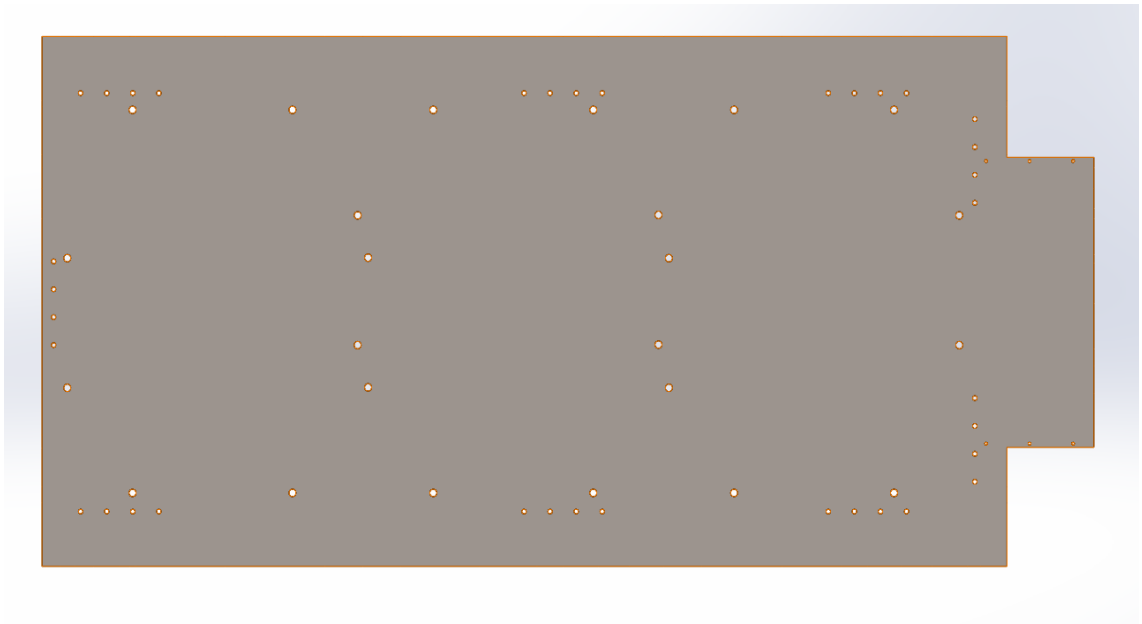


**Kuva 5. Akkupaketin pohjarunko hitsattuna yhteen.**

Rungon päälle tulee rungon kokoinen 8 mm paksuinen teräslevy (Kuva 6), joka hitsataan kiinni runkoon. Levy valmistetaan samasta rakenneteräksestä kuin runko, eli S355. Runko ja rungon päällä oleva levy ei tarvitse varsinaista huoltoa, sen takia on valittu tähän kytkentätavaksi hitsaus. Hitsaus on myös lujaa ja kestävä.

Levyssä on oltava kolme eri kokoista reikää pulttikiinnityksiä varten, näiden määrä ja koko on seuraavasti: 24 x 8 mm, 32 x 5 mm ja 6 x 3 mm. Reikien koon valinnassa on otettu huomioon liitettävien osien paino.

Levyyn kiinnitetään kaikki akkupaketin osat. Pulttikiinnitys on helppo huollon kannalta. Pulttikiinnitys on altis tärinälle ja voi löystyä tai jopa avautua sen syystä. Tämä voidaan estää lukitusliimalla. Kiinnitykset on tarkistettava tietyllä aikavälillä, sillä jos akkumoduulit tai muut osat pääsevät liikkumaan, ne voivat vaurioitua.

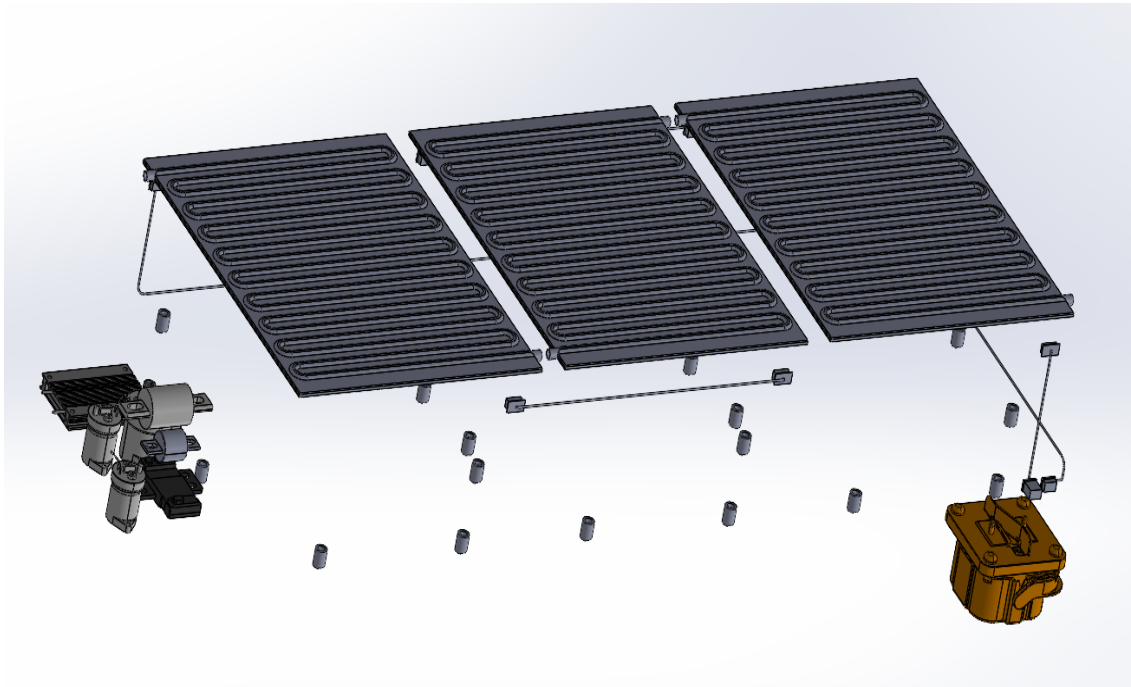


**Kuva 6. Pohjarungon päälle asennettava ohut teräslevy, johon on porattu reiät akkumoduulien sekä koteloinnin asentamista varten.**

### 3.3 Akkupaketin sisältö

Akkupaketin sisällössä on sähkölaitteita, kytkimiä, jäähdyttimiä ja johtoja (Kuva 7). Tässä työssä ei olla sähköistä toimintaa tarkasti määritelty, vaan tämän osuuden suunnittelu on vaan alustavaa, sitä varten on kuitenkin jätetty tilaa

suunnitelmissa. Tämän työn tavoitteena on keskittyä enemmän mekaaniseen osuuteen

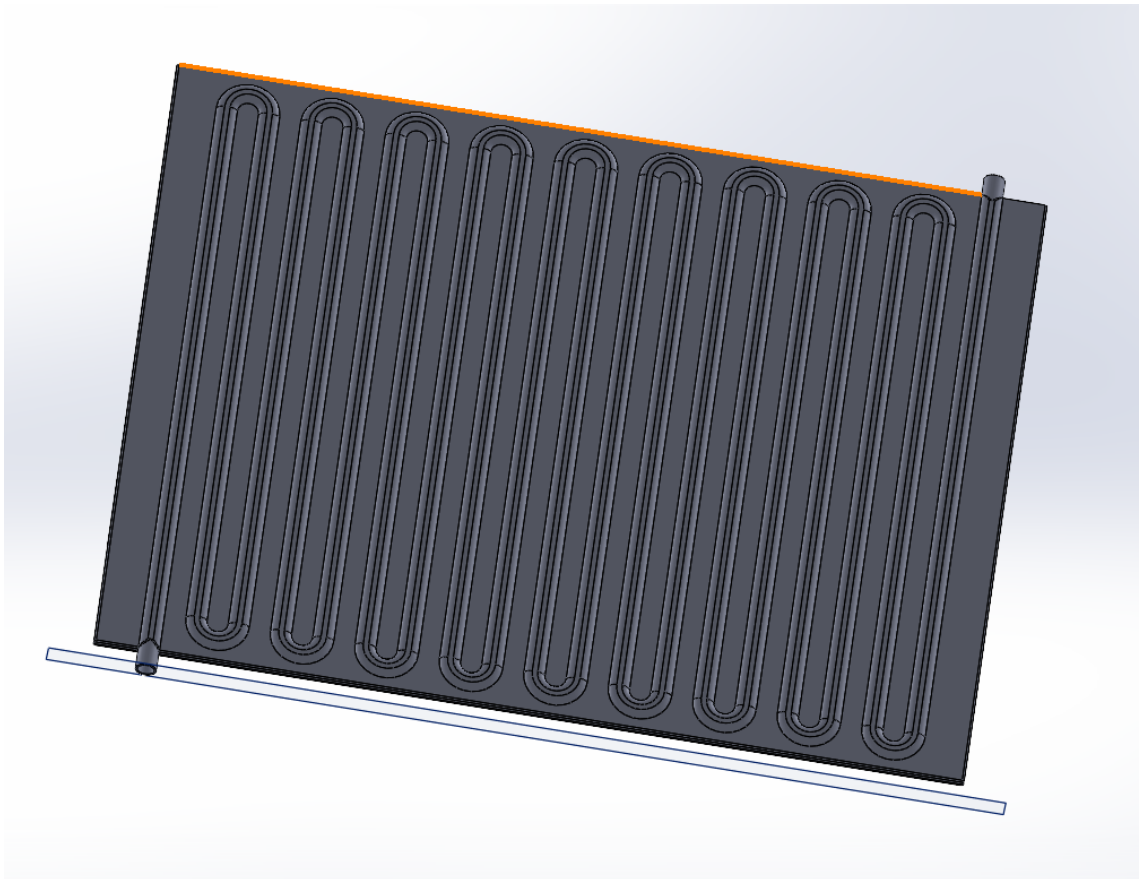


**Kuva 7. Kuvassa näkyy akkupaketin sisältö ilma akkumoduuleita ja kotelointia. Vasemmalla puolella näkyy sähkölaitteita ja oikeassa alanurkassa pääkytkin.**

Sähkölaitteiden ja niiden osien varteen on suunnittelussa varattu tilaa akkumoduulien eteen. Tämä mahdollistaa helpon huoltopääsyn sekä myös eristää akkumoduulit muista sähköisistä osista. Vähentääkseen vahinkoja, niille on suunniteltu oma kotelointi.

Pääkytkimelle on varattu tilaa akkupaketin alapuolelle, jotta akkupaketista voitaisiin turvallisesti kytkeä sähköt pois päältä, vaikka hätätilanteessa tai huollon yhteydessä.

Suunnittelussa on otettu huomioon akkumoduulien lämpeneminen (Kuva 8), sitä varten on suunniteltu perusmuotoinen kylmäaineella toimiva jäähdytysyksikkö ja siihen liittyvät kiinnitykset (Kuva 10).



**Kuva 8. Perusmallinen kylmäaineella toimiva jäähdytinsikkö.**

### 3.4 Akkupaketin kotelointi

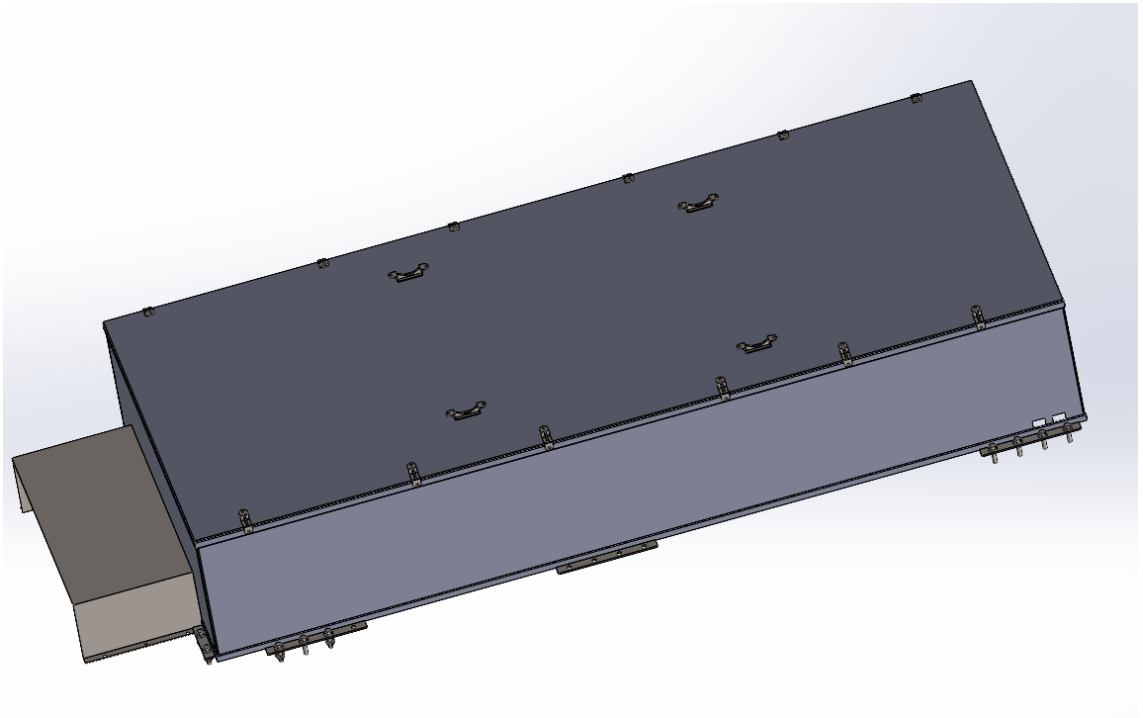
Akkupakettiin sisältyy kaksi koteloa, jotka ovat eri kokoa. Isompi kotelo suojaa akkumoduuleita ja pienempi kotelo edessä vastaavasti suojaa sähkölaitteita ja siihen liittyviä osia.

#### 3.4.1 Akkumoduulien suojakotelo

Isomman kotelon rakenne koostuu L-muotoisista palkeista ja ohutlevyistä (Kuva 9). L-palkkeja tarvitaan 12 kappaletta, joiden pituudet ovat seuraavasti: 4 x 180 mm, 4 x 426 mm ja 4 x 1047 mm. Yhteensä L-palkkia tarvitaan 6612 mm.

Levyjen koot ovat seuraavasti (mm): 2 x (160 x 1041), 2 x (160 x 432) ja 1 x (436 x 1045,55).

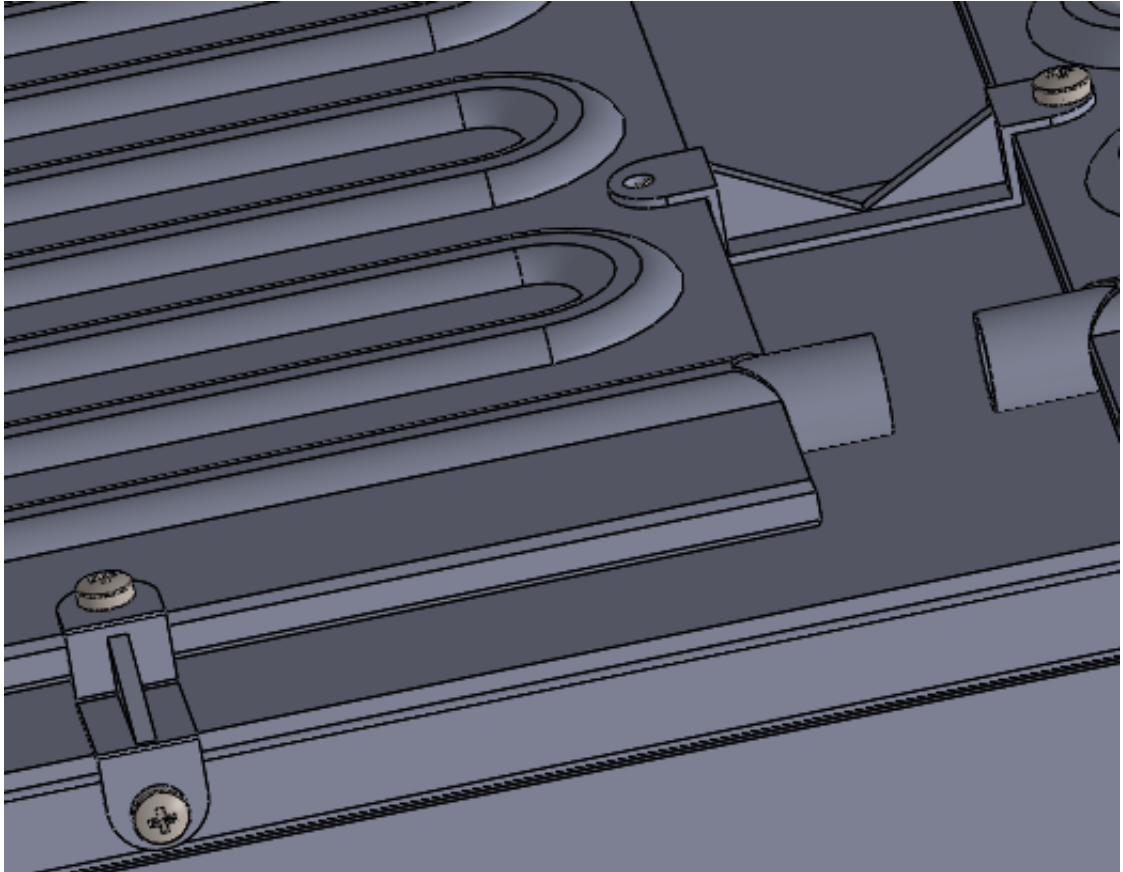
L-palkit ja ohutlevyt yhdistetään yhteen hitsaamalla. Hitsaustapa on valittu tähän, koska tämä on tiiviimpi kuin esimerkiksi ruuvi kiinnitys. On tärkeää, että kotelo on jäykkä eikä sen muoto muutu sen päällä olevista jäähdytysyksikköjen painosta. Tämän takia tässä on sovellettu L-palkkeja, joista kotelon runko perustuu. Kotelo on kokonainen, koska on epätodennäköistä, että jos vain yksi sivupelti irrotetaan, niin huoltoa ei päästä suorittamaan tarpeeksi hyvin.



**Kuva 9. Kuvassa näkyy akkumoduulin suojakotelo.**

Kotelon päälle on suunniteltu tilaa jäähdytysyksiköille, jotka kiinnitetään kiinnityspaloilla. Kiinnityspalat on erikseen suunniteltu, jotka ovat helppoa valmistaa ja muokattavissa. Kiinnityspalat ruuvataan koteloon ja jäähdytysyksikköön.

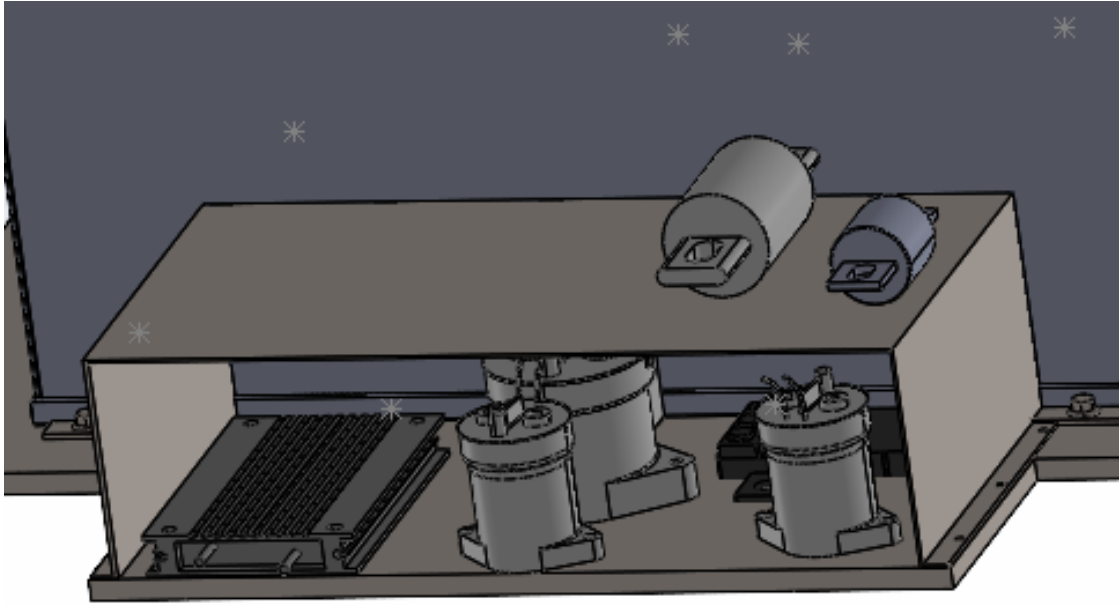
Kotelon valmistusvaiheessa on porattavaa reiät ruuvien kiinnityskohdilla sekä hitsata mutterit kiinni kotelon sisäpuolelle. Tämän suunnittelun pohjana on huollon kannalta helppo pääsy jäähdytysyksiköihin sekä niiden irrottaminen tarpeen vaatiessa.



**Kuva 10. Kuvassa näkyvät kiinnityspalat.**

### 3.4.2 Sähkölaitteiden kotelointi

Sähkölaitteita ja siihen liittyvien osien varten on suunniteltu pienempi kotelo, mikä valmistetaan 1 mm:stä teräs ohutlevystä (Kuva 11). Teräksen laatua voisi olla S235 tai vahvempi, jos lujuuslaskenta sellaisen vaatii. Kotelo on helppo valmistaa, sillä se vaatii vain muutaman taivutuksen. Kotelon asennus on suunniteltu siten, että se ruuvataan rungon aluslevyyn.



Kuva 11. Kuvassa näkyy sähkölaitteiden suojakotelo.

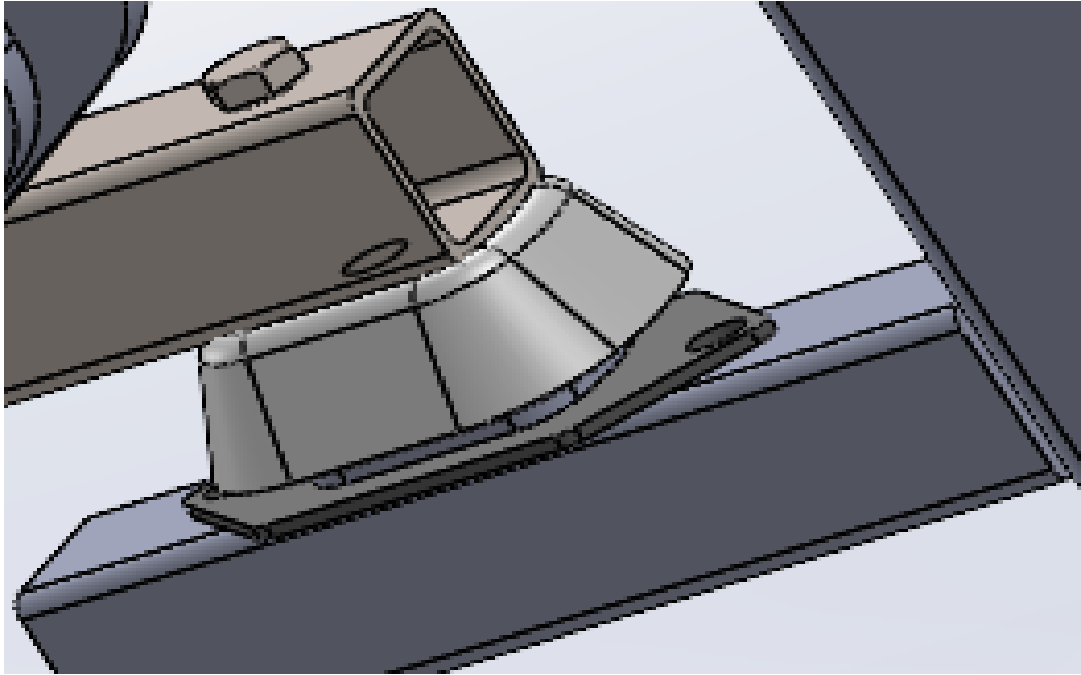
### 3.5 Akkupaketin kiinnittäminen metsäkoneen runkoon

Akkupaketti on suunniteltu asennettavaksi metsäkoneen rungon etuosassa olevien korvien päälle (Kuva 12). Korvia täytyy kuitenkin muokata 60 mm alaspäin, jotta paketti mahtuu metsäkoneen runkoon.

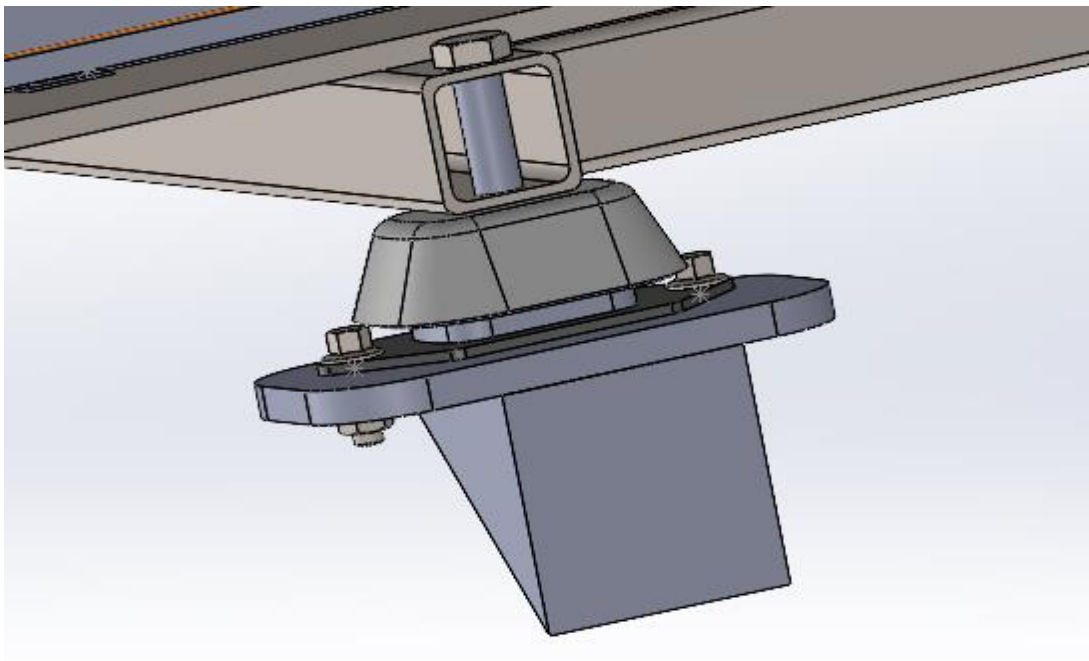
Koska rungon takaosassa nämä korvat puuttuvat (Kuva 12), on sitä varten suunniteltu kaksi kappaletta tukikorvia (Kuva 13), jotka hitsataan rungon takaosaan.

Tukikorvien päälle asennetaan alkuperäiset polttomoottorin vaimennukset vähentääkseen tärinää. Asennusta varten on porattava kaksi M10 -reikää tukikorviin. Vaimennukset kiinnitetään kahdella M10 x 25 x 25 pulteilla.

Vaimennuksen päälle tulee akkupaketti. Akkupaketti kiinnitetään neljällä M11 x 60 x 25 pulteilla vaimentimiin. Vaimentimissa on kiertet pultteja varten. Akkupaketti on näin helposti asennettavissa ja irrotettavissa.



Kuva 12. Akkupaketin kiinnitys metsäkoneen rungon etuosassa rungosta tulevan korvan päälle.



Kuva 13. Akkupaketin kiinnitys metsäkoneen rungon takaosassa.

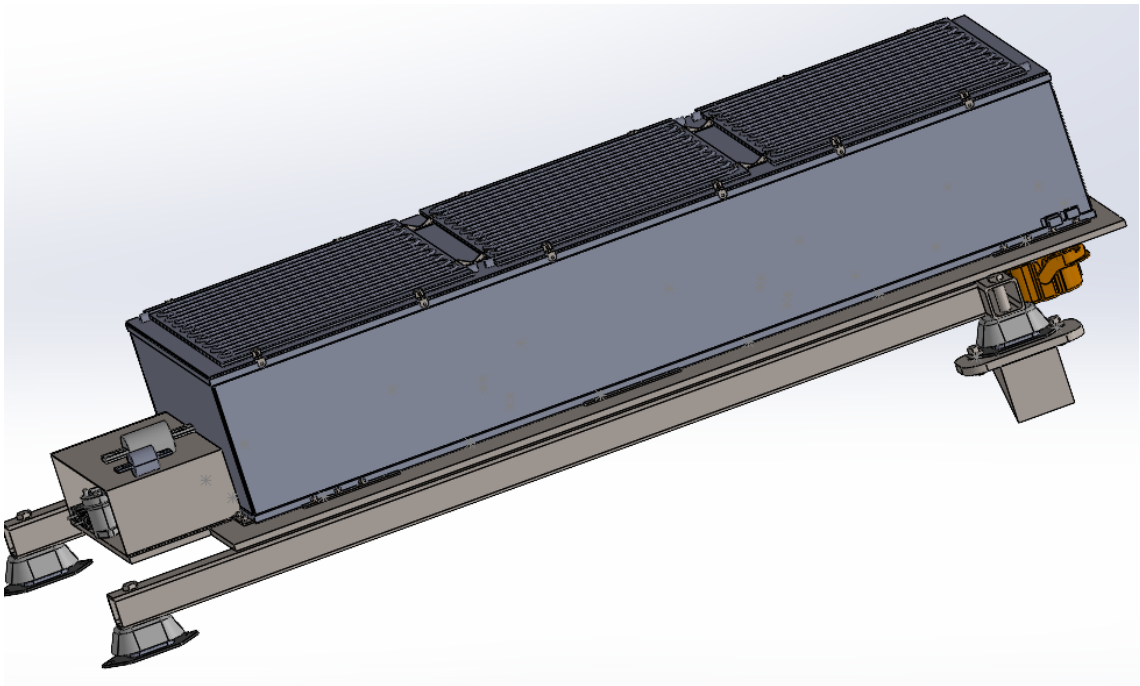
## 4 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä on aiheena ollut metsäkoneen muokkaaminen sähköllä toimivaksi hyödyntäen purettujen sähköautojen korkeajänniteakkumoduuleja.

Työ on rajattu mekaaniseen osuuteen, mutta suunnitelmissa on annettu tilaa myös sähköosuudelle, sekä kylmätekniikalle.

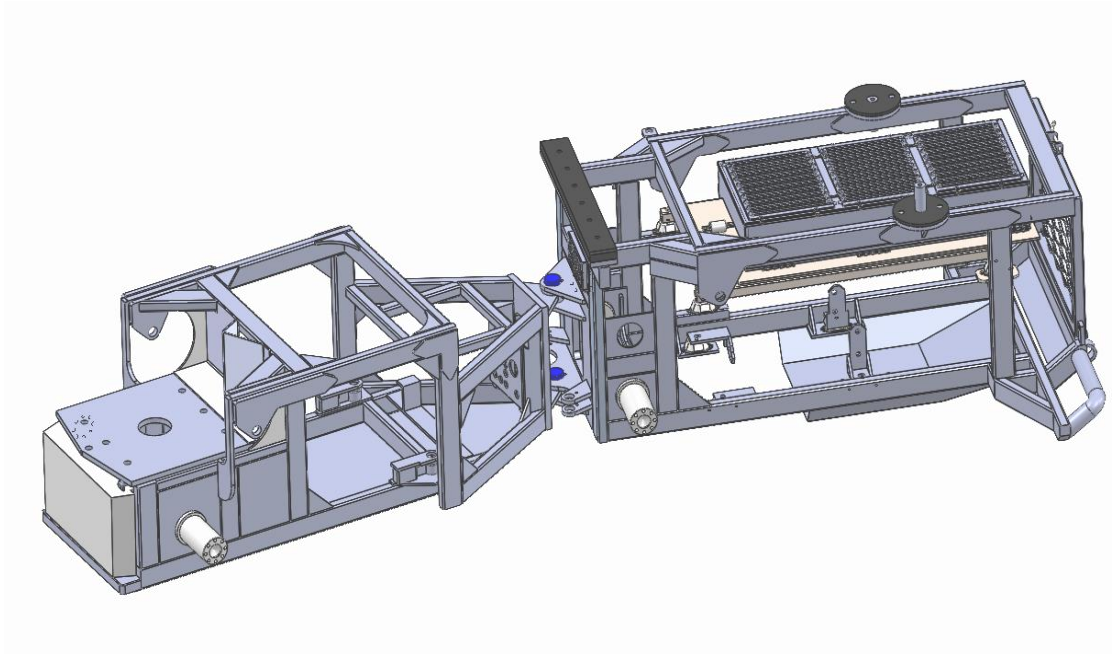
Insinööriyön tavoitteena on ollut suunnitella kolmelle Smart ForFour EQ 2020 -korkeajänniteakkumoduuleille kiinnitysmekanismi asennettavaksi maastoajoneuvoon.

Insinööriyön tavoitteet saavutettiin luomalla toimiva pohja korkeajänniteakkumoduulien pakettille, joka on helposti valmistettavissa sekä asennettavissa. Akkupaketti on kevyt ja kestävä.



**Kuva 14.** Kuvassa on valmis akkupaketti.

Insinööriyön tuloksena saatiin toimiva ja kestävä kiinnitysmekanismi sekä suunniteltu akkumoduuleille kestävä suojakotelo, mikä on helposti irrotettavissa huoltoa varten. Akkupaketin lopulliset mitat ovat 1200 x 730 x 240 mm. Kuvassa 14 näkyy suunniteltu akkupaketti ja kuvassa 15 näkyy akkupaketti sijoitettuna metsäkoneeseen. Tulokset ovat hyvää pohjaa ja helposti jalostettavissa jatkokehitystä varten.



**Kuva 15. Kuvassa on asennettu työssä suunniteltu akkupaketti metsäkoneeseen.**

## Lähteet

- 1 Ermell. 2016. Harvesteri työssään (Ponsse Scorpion King). Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Hakkuukone#/media/Tiedosto:Bruderwald-Ponsse-P8053659-PS-PS.jpg>>. 5.8.2016. Luettu 13.10.2021.
- 2 Iclodean, Calin; Varga, Bogdan; Cimerdean, Denisa; Burnete, Nicolae; Jurchiș, Bogdan-Manolin. 2017. Comparison of Different Battery Types for Electric. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, s. 2.
- 3 Lithium-Ion Battery. Verkkoaineisto. Clean Energy Institute, University of Washington. <<https://www.cei.washington.edu/education/science-of-solar/battery-technology/>>. Luettu 10. 09 2021.
- 4 How Does Temperature Affect Battery Performance? 2020. Verkkoaineisto. CED GreenTech. <<https://www.cedgreentech.com/article/how-does-temperature-affect-battery-performance>>. Luettu 21. 9 2021.
- 5 Rolander, Niclas; Starn, Jesper; Behrmann, Elisabeth. 2018. Lithium Batteries' Dirty Secret: Manufacturing Them Leaves Massive Carbon Footprint. Verkkoaineisto. IndustryWeek. <<https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/article/22026518/lithium-batteries-dirty-secret-manufacturing-them-leaves-massive-carbon-footprint>>. 16.10.2018. Luettu 22.9.2021.
- 6 Lithium mining what you should know about the contentious issue. Verkkoaineisto. Volkswagen AG. <<https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2020/03/lithium-mining-what-you-should-know-about-the-contentious-issue.html>>. Luettu 09.10.2021.
- 7 Jännes, Jalmari. 2020. Onko sähköauto ratkaisu liikenteen? Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 8 Congo cobalt mining for lithium ion battery. Verkkoaineisto. The Washington Post. <<https://www.washingtonpost.com/graphics/business/batteries/congo-cobalt-mining-for-lithium-ion-battery/>>. Luettu 09.10 2021.

- 9 Litiumioniakkujen turvallinen käyttäminen. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/litiumioniakkujen-turvallinen-kayttaminen>>. Luettu 21.9.2021.
- 10 Gilmore, Ryan. 2021. How long do electric car batteries last? Verkkoaineisto. CAR Magazine. <<https://www.carmagazine.co.uk/electric/how-long-do-electric-car-batteries-last/>>. 22.3.2021. Luettu 21.9.2021.
- 11 Ajoneuvon takuu. Verkkoaineisto. Tesla Suomi. <[https://www.tesla.com/fi\\_FI/support/vehicle-warranty](https://www.tesla.com/fi_FI/support/vehicle-warranty)>. Luettu 21.9.2021.
- 12 Electric Battery Maintenance and Warranty. Verkkoaineisto. Volkswagen UK. <<https://www.volkswagen.co.uk/en/electric-and-hybrid/should-you-go-electric/servicing/battery-maintenance-and-warranty.html>>. Luettu 21.9.2021.
- 13 Range of full electric vehicles cheatsheet. Verkkoaineisto. EV Database. <<https://ev-database.org/cheatsheet/range-electric-car>>. Luettu 21.9.2021.
- 14 Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA. 2020. Verkkoaineisto. European Commission; Ricardo Energy & Environment. <[https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/2020\\_study\\_main\\_report\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/2020_study_main_report_en.pdf)>. 13. 7 2020. Luettu 21.9.2021.

**Taulukko 1 kappaleiden määrä ja nimi****Rungon osat**

| kappaleen nimi | kappaleen määrä |
|----------------|-----------------|
| pisin putki    | 2               |
| keskiputki     | 1               |
| lyhyin putki   | 2               |
| levy           | 1               |
| holkit         | 24              |

**Kinnityksen osat**

| kappaleen nimi | kappaleen määrä |
|----------------|-----------------|
| vaimennukset   | 4               |
| tukilevy       | 2               |
| kulmalevy      | 2               |
| holkit         | 4               |

**Koteloinnin osat**

| kappaleen nimi                   | kappaleen määrä |
|----------------------------------|-----------------|
| sivulevy                         | 2               |
| etulevy                          | 1               |
| takalevy                         | 1               |
| katosivu                         | 1               |
| L-putki                          | 4               |
| L-putki                          | 4               |
| L-putki                          | 4               |
| sähkölaitteiden kotelointi levy  | 1               |
| kotelointi kiinnityspalkki       | 9               |
| pattereiden keskikiinnityspalkki | 4               |
| pattereiden sivu kiinnityspalkki | 18              |